



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
ASSESSORADU DE SA DEFENSA DE S'AMBIENTE
ASSESSORATO DELLA DIFESA DELL'AMBIENTE

Allegato 1

METODI E STRUMENTI PER LA STRATEGIA REGIONALE DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Allegato alla Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici
adottata con Deliberazione della Giunta Regionale n. 6/50 del 5 febbraio 2019

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

E

UNIVERSITÀ DI SASSARI

Metodi e strumenti per la Strategia Regionale di
Adattamento ai Cambiamenti Climatici

15 DICEMBRE 2018

Pagina lasciata bianca intenzionalmente

Accordo di collaborazione tecnico-scientifica per la realizzazione di attività istituzionali finalizzate all'elaborazione della "Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici", tra Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato della difesa dell'ambiente, Direzione generale della difesa dell'ambiente (Direttore Generale Paola Zinzula) e Università degli Studi di Sassari (Rettore Massimo Carpinelli).

Per la Regione Autonoma della Sardegna

Donatella Spano

Paola Zinzula

Gianluca Cocco

Giovanni Satta, Filippo Arras, Annalisa Congiu, Emanuela Manca, Nicoletta Sannio, Francesca Cotza, Daniela Utzeri

Per l'Università degli Studi di Sassari

Responsabile scientifico Massimo Carpinelli

Responsabile Amministrativo Attilio Gaetano Sequi. Ufficio Centri e Consorzi: Annalisa Pinna, Marcella Betza, Anna Maria Murtas

Comitato Scientifico: Massimo Carpinelli (presidente), Andrea De Montis, Maurizio Mulas, Pier Paolo Roggero

Gruppo di lavoro e contributo all'elaborazione del testo:

Introduzione: Comitato Scientifico

Capitoli 1 e 3: Maurizio Mulas, Serena Marras, Massimiliano Ventroni, Marcella Sodde, Carla Scarpa, Matteo Cabras, Valentina Bacciu (CMCC), Valentina Mereu (CMCC), Antonio Trabucco (CMCC), Simone Mereu (CMCC), Josè Maria Cosa Saura (CMCC), Giuliana Barbato (CMCC), Paola Mercogliano (CMCC), Veronica Villani (CMCC), Sara Masia (IHE, Delft Institute for Water Education)

Capitoli 2 e 4: Pier Paolo Roggero, Giovanna Seddaiu, Laura Altea, Gianni Bellocchi (visiting scientist UNISS da INRA, F), Kevin Collins (Visiting scientist UNISS da Open University, UK), Luca Doro (visiting scientist UNISS da Texas A&M University, USA), Maria Teresa Melis (UNICA), Laura Mula, Francesco Piras, Antonio Pulina

Capitoli 5 e 6: Andrea De Montis, Antonio Ledda, Elisabetta Anna Di Cesare, Marco Noce, Giovanna Landi, Daniele Trogu, Chiara Cocco, Giuseppe Modica (UniRC).

Pagina lasciata bianca intenzionalmente

Premessa

L'esigenza di proporre anche per la Sardegna una Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici in atto a livello planetario è sicuramente matura, da quando l'evidenza scientifica dei fenomeni in atto ha messo in risalto le criticità che le peculiarità del territorio possono generare. La condizione di insularità, le dimensioni della Sardegna e la sua collocazione geografica, infatti, rendono i cambiamenti in atto particolarmente sensibili nelle interfacce costiere, nelle aree urbanizzate e in tutti i fragili sistemi naturali o naturaliformi delle aree interne.

Le istituzioni scientifiche della Sardegna hanno da diversi decenni conquistato un riconosciuto ruolo di competenza ed eccellenza nello studio dei fenomeni a livello nazionale ed internazionale, per cui è sembrato naturale rispondere, con questo primo documento, alle richieste di orientamento metodologico, studio e proposte di approfondimento strategico presentate dall'Assessorato alla Difesa dell'Ambiente della Regione Autonoma della Sardegna.

Il percorso per un approccio complessivo e dettagliato alle numerose possibilità di analisi delle implicanze dei Cambiamenti Climatici a livello fisico, geomorfologico, idrogeologico, economico, urbanistico, sociale, sanitario o del sistema dei trasporti è sicuramente ancora lungo e impegnativo per la complessità dei fenomeni intersecantisi e delle competenze necessarie. Tuttavia, l'approccio preliminare concordato per una prima analisi focalizzata sui settori agro-forestali e naturali, delle acque interne e degli ecosistemi a rischio idrogeologico, consente di individuare da subito strategie robuste di adattamento in settori per i quali sussiste una correlazione diretta ed evidente con gli effetti indotti dal cambiamento climatico in Sardegna.

Proprio l'aspetto di una collaborazione fattiva e sincera tra ricercatori dell'Università di Sassari e funzionari competenti della struttura amministrativa regionale, realizzata utilmente in questa occasione, sembra un elemento di innovazione nell'ambito di uno spirito di collaborazione tra istituzioni che le necessità dello sviluppo del territorio richiedono in modo sempre più urgente.

Pagina lasciata bianca intenzionalmente

Indice

Glossario	25
Lista degli acronimi.....	31
Sintesi non tecnica	37
Introduzione.....	45
1. Caratterizzazione dei rischi derivanti dai cambiamenti climatici per la Sardegna	55
1.1. Analisi climatica (attuale e futura) e indicatori di pericolosità meteo-indotta per la regione Sardegna.....	55
1.1.1. Gli indicatori climatici	56
1.1.2. Variabilità climatica osservata.....	58
1.1.3. Dataset E-OBS: analisi sul periodo climatico di riferimento	59
1.1.4. Proiezioni climatiche future.....	61
1.2. Appendice A.....	69
1.3. Individuazione preliminare di settori per l'analisi degli impatti	71
1.3.1. Il comparto agro-forestale	71
1.3.2. Il sistema delle acque interne.....	87
1.3.3. L'assetto e i rischi di natura idrogeologica del territorio	93
2. Valutazione della capacità adattativa a livello territoriale	103
2.1. Introduzione e metodologia	103
2.1.1. Approccio integrato per la valutazione della capacità adattativa	106
2.1.2. Analisi degli "stakeholder"	106
2.1.3. Analisi SWOT per ciascun settore di intervento	110
2.1.4. La logica fuzzy: indice sintetico di capacità adattativa	111
2.1.5. Limiti della metodologia	113
2.2. Analisi degli stakeholder per i settori strategici	115
2.3. Analisi SWOT dei settori strategici.....	122
2.3.1. Acque interne	122
2.3.2. Comparto agroforestale.....	139
2.3.3. Foreste	162
2.3.4. Rischio Idrogeologico	171
2.4. Indice di capacità adattativa.....	182
2.4.1. Indicatori di capacità adattativa.....	182

2.4.2.	Analisi fuzzy	191
2.5.	Appendice A. Metodologia Fuzzy: calcolo dell'indice di capacità adattativa.....	200
3.	Valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici e della propensione al rischio per i settori oggetto di studio.....	205
3.1.	Approccio metodologico.....	205
3.1.1.	Concetti e definizioni	205
3.1.2.	Le catene di impatto.....	209
3.1.3.	Calcolo degli indicatori di esposizione, sensibilità e capacità adattiva	213
3.2.	Analisi di vulnerabilità e propensione al rischio	219
3.2.1.	Stato dell'arte su impatti, vulnerabilità, e propensione al rischio in Sardegna ..	219
3.2.2.	Analisi tematiche delle catene di impatto	241
3.2.3.	Risultati dell'analisi.....	303
4.	Strategie di adattamento al cambiamento climatico: opzioni e priorità.....	367
4.1.	Verso una strategia di adattamento al cambiamento climatico: teorie e concetti chiave	367
4.1.1.	Adattamento al cambiamento climatico e apprendimento sociale.....	367
4.1.2.	Adattamento incrementale, trasformativo e sistemico.....	372
4.2.	Metodologia e criteri utilizzati per l'identificazione delle opzioni di adattamento ...	374
4.3.	Proposte d'azione e priorità di adattamento	376
4.3.1.	Macro-obiettivi strategici trasversali	376
4.3.2.	Macro-obiettivi specifici di settore.....	379
4.4.	Criteri per il monitoraggio dell'attuazione della strategia di adattamento	401
4.4.1.	Schema generale, scopo e obiettivi.....	401
4.4.2.	Metodologie	402
4.4.3.	Governance e partecipazione.....	403
4.4.4.	Reporting e utilizzo dei risultati prodotti delle attività di Monitoraggio e Valutazione	404
4.5.	Appendice A. Sviluppo di strumenti integrati per la gestione del rischio climatico in agricoltura	406
4.6.	Appendice B. I modelli matematici come strumenti a supporto alle decisioni: caso di studio in un microbacino imbrifero della Nurra	410
5.	Attuazione delle azioni di adattamento: modelli integrati di <i>governance</i>	429
5.1.	Proposta metodologica per l'elaborazione di un modello di governance per l'implementazione di azioni di adattamento	435

5.2.	Ricostruzione delle competenze dei Servizi della RAS in relazione all'adattamento	440
5.2.1.	Analisi della coerenza delle competenze dei Servizi della RAS con le misure previste nella SNACC e nel PNACC.....	442
5.2.2.	Analisi degli strumenti di pianificazione territoriale a scala regionale rispetto alle azioni di adattamento.....	488
5.3.	Proposta metodologica per la rappresentazione in forma diagrammatica dei processi di implementazione di azioni adattative attraverso l'uso del BPMN	497
5.4.	Valutazione ambientale, pianificazione e adattamento	500
5.4.1.	Integrazione delle considerazioni relative all'adattamento negli strumenti di pianificazione territoriale: il ruolo della VAS	501
5.4.2.	Analisi dei Rapporti Ambientali di Piani e Programmi regionali	503
5.4.3.	Suggerimenti per l'integrazione delle considerazioni relative all'adattamento all'interno della valutazione ambientale strategica.....	510
6.	Il SIRA (Sistema Informativo Regionale Ambientale): utilità, valutazioni, indicatori, metadati e orientamenti per l'armonizzazione degli output e per l'implementazione ulteriore del sistema.....	515
6.1.	Introduzione al SIRA	515
6.2.	Individuazione indicatori	518
6.2.1.	Indicatori principali	521
6.2.2.	Indicatori secondari	522
6.3.	Descrizione del processo di individuazione dell'indicatore del relativo metadato....	523
6.3.1.	Verifica della disponibilità dell'indicatore nel SIRA o altre fonti	523
6.3.2.	Definizione e struttura delle informazioni del processo di ricerca del dato	526
6.4.	Armonizzazione degli indicatori all'interno del SIRA	527
6.5.	Implementazione del SIRA.....	528
	Conclusioni.....	607
	Analisi del clima nel recente passato e proiezioni per il futuro.....	607
	Capacità di adattamento ai cambiamenti climatici.....	608
	Vulnerabilità e rischi potenziali	612
	Obiettivi strategici di adattamento al cambiamento climatico	620
	<i>Governance</i> per l'adattamento ai cambiamenti climatici	625
	Il Sistema Informativo Regionale Ambientale (SIRA) a supporto dell'adattamento al cambiamento climatico.....	627
	Riferimenti bibliografici	631

Sitografia.....	658

Indice delle figure

Figura 1 Mappe degli indicatori di temperatura Tmean, SU95p e FD (E-OBS, 1981-2010).	60
Figura 2 Mappa dell'indicatore CDD (E-OBS, 1981-2010).....	60
Figura 3 Anomalie [°C] della temperatura media per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.	61
Figura 4 Anomalie [giorno/anno] dell'indicatore SU95p per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.	62
Figura 5 Anomalie [giorni/anno] dell'indicatore FD per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.	62
Figura 6 Anomalie [mm/anno] dell'indicatore AP per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.	63
Figura 7 Anomalie [mm/stagione] degli indicatori WP e SP per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.	64
Figura 8 Anomalie [giorni/anno] dell'indicatore R20 per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.	65
Figura 9 Anomalie [mm/giorno] dell'indicatore Rx1day per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.	65
Figura 10 Anomalie [giorni/anno] dell'indicatore CDD per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.	66
Figura 11 Anomalie [mm/giorno] dell'indicatore Rx1day con un tempo di ritorno di 2 e 5 anni per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5	67
Figura 12 Anomalie [giorni/anno] dell'indicatore SC per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.	68
Figura 13 Anomalie [mm/anno] dell'indicatore EVAP per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.	68
Figura 14 Anomalie [mm/giorno] dei percentili di precipitazione per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.	69
Figura 15 Anomalie [giorni/anno] degli indicatori Rxxp (per tutti i percentili considerati) per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 ed RCP8.5.	70
Figura 16 Variazione percentuale della SAU, SAT e del numero di aziende in Sardegna e nelle diverse province registrata mediante confronto dei dati rilevati nei censimenti	

del 2000 e del 2010 (fonte: Il 6° Censimento Generale dell'Agricoltura in Sardegna. Caratteristiche strutturali delle aziende agricole regionali).....	72
Figura 17 Composizione percentuale della SAU secondo le principali forme di utilizzazione dei terreni e tassi di variazione percentuale, riferiti all'anno 2010 (fonte: Il 6° Censimento Generale dell'Agricoltura in Sardegna. Caratteristiche strutturali delle aziende agricole regionali).	73
Figura 18 Aziende per tipologia di allevamento (escluso api e altri allevamenti). Anni 2000 e 2010 (fonte: Il 6° Censimento Generale dell'Agricoltura in Sardegna. Caratteristiche strutturali delle aziende agricole regionali).....	75
Figura 19 Aziende con allevamenti per tipologia di allevamento e provincia. Distribuzione percentuale. Anno 2010 (fonte: Il 6° Censimento Generale dell'Agricoltura in Sardegna. Caratteristiche strutturali delle aziende agricole regionali).....	76
Figura 20 Distribuzione del numero degli incendi (FN) e area bruciata (BA) per classi di ampiezza.	85
Figura 21 Distretti Idrografici e principali invasi della Sardegna.	89
Figura 22 Denominazione sub-bacini regionali.	96
Figura 23 Framework utilizzato per la valutazione della capacità adattativa (modificato da Metzger et al. 2006).	105
Figura 24 Mappa degli stakeholder.	121
Figura 25 Analisi di sensibilità dell'indice di capacità adattativa (AC) rispetto agli indicatori utilizzati nell'analisi fuzzy per i settori Agricoltura, Allevamento, Foreste, Dissesto Idrogeologico e Acqua.	199
Figura 26 Valore dell'indicatore ID25 espresso nelle funzioni di appartenenza F e U. 201	
Figura 27 Schema dei concetti chiave di vulnerabilità e rischio secondo l'ultimo rapporto AR5 dell'IPCC (IPCC, 2014b).	208
Figura 28 Struttura generale di una catena di impatto, con rappresentate le singole componenti che determinano il rischio, secondo l'approccio IPCC (2014b) (da Giz, 2017).	210
Figura 29 Struttura di dettaglio di una catena di impatto secondo l'approccio IPCC (2014b) (da Giz, 2017).....	211
Figura 30 Passaggi seguiti per l'elaborazione di una catena di impatto.	212
Figura 31 Fasi del percorso per il calcolo degli indicatori durante lo sviluppo delle catene di impatto per i singoli settori e rischi analizzati.	214
Figura 32 Schema concettuale dell'allineamento degli indicatori normalizzati (Fonte: Progetto H2020 Soclimpact).....	216
Figura 33 Schema della catena d'impatto per il rischio sulla produttività cerealicola..	242
Figura 34 Schema della catena d'impatto per il rischio sul benessere animale.....	242

Figura 35 Catena di impatto relativa all'aumento del rischio incendi nelle aree rurali, forestali e boscate.	252
Figura 36 Mappa regionale del livello di infiammabilità ai territori boscati e seminaturali della Sardegna estratti dalla CLC 2012 seguendo la metodologia proposta da Xanthopoulos et al. (2012).....	258
Figura 37 Distribuzione territoriale delle stazioni forestali del CFVA, dei nuclei dell'Agenzia Forestas, delle organizzazioni di volontariato e dei punti di avvistamento (Fonte: cartografia associata al Piano Regionale di Previsione, Prevenzione e Lotta attiva contro gli incendi boschivi 2017-2019, aggiornamento 2018).....	261
Figura 38 Catena di impatto su rischio di perdita di funzioni e servizi ecosistemici ..	263
Figura 39 Schema della catena d'impatto per il rischio su risorse idriche.	269
Figura 40 Catena d'impatto 1 - rischio allagamento con perdita vite umane in ambiente urbano.	278
Figura 41 Anomalie assolute dell'indicatore 50p per gli scenari di emissione RCP4.5, RCP8.5 e per le differenze tra i due scenari (RCP8.5 – RCP4.5).....	281
Figura 42 Anomalie assolute dell'indicatore Rmean per gli scenari di emissione RCP4.5, RCP8.5 e per le differenze tra i due scenari (RCP8.5 – RCP4.5).....	281
Figura 43 Anomalie normalizzate dell'indicatore Rx1day per gli scenari di emissione RCP4.5, RCP8.5 e per le differenze tra i due scenari (RCP8.5 – RCP4.5).....	282
Figura 44 Anomalie assolute dell'indicatore Rx1day per gli scenari di emissione RCP4.5, RCP8.5 e per le differenze tra i due scenari (RCP8.5 – RCP4.5).....	283
Figura 45 Anomalie normalizzate per gli indicatori 99p ed Rx1day e differenza dei valori di anomalia (99p – Rx1day) all'interno dello stesso scenario di emissione RCP4.5.	284
Figura 46 Anomalie normalizzate per gli indicatori 99p ed Rx1day e differenza dei valori di anomalia (99p – Rx1day) all'interno dello stesso scenario di emissione RCP8.5.	284
Figura 47 Anomalie normalizzate dell'indicatore Rx1day_LM(RT=20y) per gli scenari di emissione RCP4.5, RCP8.5 e per le differenze tra i due scenari (RCP8.5 – RCP4.5). 286	
Figura 48 Anomalie normalizzate dell'indicatore Rx1day_LM(RT=50y) per gli scenari di emissione RCP4.5, RCP8.5 e per le differenze tra i due scenari (RCP8.5 – RCP4.5). 286	
Figura 49 Anomalie assolute dell'indicatore AP_15gg per gli scenari di emissione RCP4.5, RCP8.5 e per le differenze tra i due scenari (RCP8.5 – RCP4.5).....	290
Figura 50 Anomalie normalizzate dell'indicatore AP_15gg per gli scenari di emissione RCP4.5, RCP8.5 e per le differenze tra i due scenari (RCP8.5 – RCP4.5).....	290
Figura 51 Catena d'impatto 2 – rischio idraulico con danneggiamento e/o interruzione infrastrutture viarie e/o ferroviarie.	297
Figura 52 Catena d'impatto 3 – rischio allagamento con danni alle attività agricole e zootecniche.	298

Figura 53 Catena d’impatto 4 – rischio frana con danneggiamento e/o interruzione infrastrutture viarie e/o ferroviarie.....	298
Figura 54 Catena d’impatto 5 – rischio frana con perdita vite umane in ambito urbano.	299
Figura 55 Catena d’impatto 6 – rischio idraulico con danni alle attività produttive e/o industriali.	299
Figura 56 Confronto anomalie tra l’indicatore 99p e gli indicatori Rx1day_LM(RT=50y), Rx1day, Rx1day_LM(RT=2y), Rx1day_LM(RT=5y), Rx1day_LM(RT=20y) ed Rx1day_LM(RT=100y).	300
Figura 57 Confronto anomalie tra l’indicatore Rx1day_LM(RT=20y) e gli indicatori 99p, Rx1day, Rx1day_LM(RT=2y), Rx1day_LM(RT=5y), Rx1day_LM(RT=50y) ed Rx1day_LM(RT=100y) (RCP8.5).....	300
Figura 58 Confronto anomalie tra l’indicatore Rx1day_LM(RT=50y) e gli indicatori 99p, Rx1day, Rx1day_LM(RT=2y), Rx1day_LM(RT=5y), Rx1day_LM(RT=20y) ed Rx1day_LM(RT=100y) (RCP8.5).....	301
Figura 59 Mosaicature degli involuppi delle aree a pericolosità idraulica, secondo il D-Lgs 49/2010, e delle aree a pericolosità frana PAI (Fonte ISPRA 2017, adattato per la Sardegna, informazioni spaziali in sitografia).	302
Figura 60 Anomalie di resa (%) e suddivisione in classi dei valori normalizzati per il range di variazione a livello comunale per frumento duro, frumento tenero e mais con RCP4.5 e RCP8.5, periodo 2021-2050 vs 1976-2005.....	303
Figura 61 Classi di impatto potenziale per la produttività cerealicola per il periodo 2021-2050 vs 1975-2006 con RCP 4.5 (mappa a sinistra) e con RCP 8.5 (mappa a destra).	304
Figura 62 Superfici a seminativo per la produzione di granella su SAU comunale. La mappa a sinistra indica la percentuale della SAU occupata da seminativi per la produzione di granella, la mappa di destra indica la classe di appartenenza del comune per lo specifico indicatore.	306
Figura 63 Numero di aziende agricole su superficie comunale (num/km2) nella mappa di sinistra e valore della relativa classe nella mappa di destra.....	306
Figura 64 Esposizione per il rischio sulla produttività cerealicola (valore normalizzato nella mappa a sinistra e relativa classe di esposizione nella mappa a destra).	307
Figura 65 Livello di istruzione (% laureati) a livello comunale. La mappa di sinistra indica il valore dell’indicatore normalizzato a livello comunale e la mappa di destra le relative classi di appartenenza.	308
Figura 66 Percentuale di diffusione di sistemi di irrigazione ad alta efficienza rispetto al totale (a sinistra il valore in percentuale e a destra le relative classi di appartenenza dell’indicatore).....	309

Figura 67 Percentuale di area irrigata su SAU per comune (mappa a sinistra) e classe corrispondente (mappa a destra).	309
Figura 68 Percentuale di occupati nel settore agricolo per comune (mappa a sinistra) e relativa classe (mappa a destra).	310
Figura 69 PIL lordo pro capite (€/pro-capite x103) in valore assoluto (mappa a sinistra) e classe relativa (mappa a destra) per comune.	310
Figura 70 Classi di capacità di adattamento a livello comunale per la produttività cerealicola (a sinistra il valore comunale dell'indicatore normalizzato e a destra i valori delle relative classi).	311
Figura 71 Valori per ciascun comune delle classi per le componenti del rischio della catena di impatto sulla produttività cerealicola.....	312
Figura 72 Valori medi per la regione Sardegna delle classi per le componenti del rischio per la catena di impatto sulla produttività cerealicola.....	313
Figura 73 Valori di anomalia dell'indice THI ottenuto con RCP4.5 e RCP8.5, periodo 2021-2050 vs 1976-2005 (mappe a sinistra) e relative classi di appartenenza per ciascun comune (mappe a destra).	315
Figura 74 Numero di capi allevati a livello comunale (mappa a sinistra) e relativa classe di appartenenza (mappa a destra).	316
Figura 75 Valori di esposizione per il rischio sul benessere animale (valore normalizzato nella mappa a sinistra e classi relative nella mappa di destra).....	317
Figura 76 Classi di sensibilità calcolata sulla base della composizione (percentuale delle varie tipologie di animali allevati) degli allevamenti a livello comunale.	318
Figura 77 Classi di capacità di adattamento a livello comunale per il rischio sul benessere animale.....	319
Figura 78 Valori per ciascun comune delle classi per le componenti del rischio della catena di impatto sul benessere animale.....	320
Figura 79 Valori medi per la regione Sardegna delle classi per le componenti del rischio per la catena di impatto sul benessere animale.....	321
Figura 80 Numero medio di giorni al di sopra della soglia critica di FWI per avere un'intensa attività degli incendi: (a) periodo di riferimento 1981-2010 (dati da modello COSMO-CLM); (b) anomalia 2021-2050 con lo scenario RCP4.5; (c) anomalia 2021-2050 con lo scenario RCP8.5.....	322
Figura 81 Dati normalizzati del numero medio di giorni al di sopra della soglia critica di FWI; (a) anomalia 2021-2050 con lo scenario RCP4.5; (b) anomalia 2021-2050 con lo scenario RCP8.5.	323
Figura 82 Gli indicatori di esposizione in Sardegna per l'analisi di vulnerabilità e propensione al rischio di incendi boschivi: (a) densità dei capi di bestiame (DANIM); (b) superfici agricole utilizzate su superficie comunale (%SAU); (c) territori boscati e	

semi-naturali su superficie comunale (%BOSCO); (d) aree protette su superficie comunale (%APROT); (e) densità delle aziende agricole (DAZAGR).....	325
Figura 83 Gli indicatori di sensibilità in Sardegna per l'analisi di vulnerabilità e propensione al rischio di incendi boschivi: (a) indice di infiammabilità (IF); (b) livello di protezione delle aree protette (LIVPROT); (c) superficie agricola irrigata su superficie comunale (%AIRR).....	326
Figura 84 Gli indicatori di capacità adattativa in Sardegna per l'analisi di vulnerabilità e propensione al rischio di incendi boschivi: (a) % laureati sul totale della popolazione residente (%LAU); (b) copertura media stazioni forestali CFVA, nuclei Agenzia Forestas, organizzazioni volontariato, punti avvistamento (COV); (c) presenza di piani comunali AIB (PCAIB); (d) Occupati nel settore primario sul totale della forza lavoro (%OCCAGR); (e) prodotto interno lordo (PIL).....	327
Figura 85 Indicatori normalizzati di pericolosità (a, b; periodo 2021-20150 vs 1980-2010, RCP4.5 e RCP8.5), esposizione (c), sensibilità (d) e capacità adattiva (e) a livello comunale utili per definire la predisposizione al rischio della Regione Sardegna per quanto riguarda gli incendi boschivi.....	328
Figura 86 Valore medio per l'intera Sardegna degli indicatori normalizzati di pericolosità, esposizione, sensibilità e capacità adattiva utili per definire la predisposizione al rischio di incendi boschivi.	329
Figura 87 Mappa della distribuzione dell'esposizione al rischio di riduzione di funzioni ecosistemiche sui comuni della Sardegna.....	330
Figura 88 Distribuzione dell'impatto intermedio per i due scenari RCP4.5 e RCP8.5 sui comuni della Sardegna.	331
Figura 89 Distribuzione del 95° percentile dell' impatto intermedio per i due scenari RCP4.5 e RCP8.5 sui comuni della Sardegna.	332
Figura 90 Mappa della distribuzione della capacità di adattamento sui comuni della Sardegna.	335
Figura 91 Classi di anomalia dell'indice di Aridità ottenuto con RCP4.5 e RCP8.5, periodo 2021-2050 vs 1980-2010.	336
Figura 92 Anomalie di fabbisogni irrigui (%) per diverse colture rappresentative in Sardegna con RCP 4.5, periodo 2021-2050 vs 1980-2010.....	338
Figura 93 Anomalie di fabbisogni irrigui (%) per diverse colture rappresentative in Sardegna con RCP 8.5, periodo 2021-2050 vs 1980-2010.....	339
Figura 94 Anomalia di fabbisogni irrigui (%) su base comunale in Sardegna con RCP 4.5 e 8.5, per il periodo 2021-2050 vs 1980-2010, aggregando i fabbisogni della distribuzione superficiale delle principali colture irrigue presenti sul territorio comunale secondo le statistiche ISTAT del 2010.	340

Figura 95 Indicatori normalizzati di esposizione in Sardegna per l'analisi di vulnerabilità e propensione al rischio su acque interne: Densità Aree Irrigate (ha/km2); Densità Popolazione (persone/km2) e Flussi Turistici (presenze/anno).	342
Figura 96 Indicatori normalizzati di sensibilità in Sardegna per l'analisi di vulnerabilità e propensione al rischio su acque interne: Risposta della resa colturale a stress idrici; Consumo acqua pro capite per uso domestico (m3/anno); Flussi turistici (presenze) su popolazione residente.....	343
Figura 97 Indicatori normalizzati di Capacità di Adattamento in Sardegna per l'analisi di vulnerabilità e propensione al rischio su acque interne: Laureati su popolazione; PIL; Perdite idriche; Diffusione sistemi di irrigazione a basso consumo idrico.....	345
Figura 98 Indicatori normalizzati di Pericolo meteo e meteo-indotto (RCP 4.5 e RCP 8.5), Esposizione, Sensibilità e Capacità di Adattamento, per l'analisi di vulnerabilità e propensione al rischio su acque interne in Sardegna.....	347
Figura 99 Mappe dell'indicatore di pericolosità globale a livello comunale per rischio frana generalizzato. Le immagini (a) e (b) descrivono rispettivamente gli scenari RCP4.5 e RCP8.5 per la combinazione degli indicatori RX1day e WP, aventi stesso peso, mentre le immagini (c) e (d) descrivono rispettivamente gli scenari RCP4.5 e RCP8.5 per la combinazione degli indicatori RX1day_LM(RT=20y) e AP, con pesi del 60% e del 40%.....	348
Figura 100 Mappa dell'indicatore di pericolosità globale a livello comunale per il rischio allagamento in ambiente urbano con perdita vite umane (catena d'impatto 1). Le immagini (a) e (b) descrivono rispettivamente gli scenari RCP4.5 e RCP8.5 per l'indicatore a percentile 99p, mentre le immagini (c) e (d) descrivono rispettivamente gli scenari RCP4.5 e RCP8.5 per l'indicatore a quantile RX1day_LM(RT=50y).....	350
Figura 101 Delimitazione zone d'allerta regionali e localizzazione nodi climatici Database COSMO-CLM.	351
Figura 102 Sub indicatore E01 – Aree urbanizzate: a) dato calcolato, b) dato normalizzato.	353
Figura 103 Sub indicatore E02 – Popolazione residente.	354
Figura 104 Indicatore E –Esposizione.....	355
Figura 105 Sub indicatore S01 – Popolazione sensibile: (a) dato calcolato, (b) dato normalizzato.	356
Figura 106 Sub indicatore S02 – Pericolosità idraulica in aree urbanizzate: (a) dato calcolato, (b) dato normalizzato.	357
Figura 107 Sub indicatore S03 – Strutture strategiche.....	358
Figura 108 Sub indicatore S04 – Canali tombati.	359
Figura 109 S - Indicatore di sensibilità: (a) dato calcolato, (b) dato normalizzato.	360
Figura 110 CA - Indicatore di capacità di adattamento: (a) dato calcolato, (b) dato normalizzato.	362

Figura 111 Apprendimento sociale per determinare l'adattamento in situazioni di incertezza (Ison et al., 2007).	368
Figura 112 Elementi chiave (attività) di un progetto per l'apprendimento sociale per rendere possibile le trasformazioni adattative in situazioni complesse e incerte (da SLIM, 2004 in Collins & Ison, 2009).	370
Figura 113 Processo decisionale come processo iterativo (da Andy Reisinger in Wlasek et al., 2014).	371
Figura 114 Ubicazione dell'area di studio nel distretto della Nurra.	415
Figura 115 Delimitazione del bacino e delle subaree all'interno dell'area di studio. ...	416
Figura 116 Posizione delle celle di estrazione dei dati climatici in riferimento al bacino oggetto di studio.	419
Figura 117 Confronto dei valori mensili medi di temperatura massima (Tmax), temperatura minima (Tmin), e precipitazione cumulata (Prec) tra la stazione di riferimento AHO (Obs) e il punto griglia E-OBS (E-OBS).	420
Figura 118 Confronto dei valori mensili medi di temperatura massima (Tmax), temperatura minima (Tmin), e precipitazione cumulata (Prec) tra la stazione di riferimento AHO (Obs) e il punto griglia E-OBS corretto con la bias – correction (E-OBS_corretto).	421
Figura 119 Precipitazioni medie annuali e <i>runoff</i> totale annuo e medio mensile simulato coi i tre scenari climatici.	424
Figura 120 Schema del modello di governance dell'adattamento ai cambiamenti climatici.	438
Figura 121 Modello di governance: schema del database relazionale.	439
Figura 122 Schema della struttura organizzativa della RAS.	440
Figura 123 BPMN: Categorie di elementi (Fonte: Weske, 2012)	498
Figura 124 Stati Membri dell'UE provvisti di una Strategia Nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici (Fonte https://climate-adapt.eea.europa.eu/countries-regions/countries).	500
Figura 125 Elenco catasti presenti nel SIRA.	523
Figura 126 Esempio di accesso al dato tramite catasto.	524
Figura 127 Modulo Gestione Indicatori Ambientali del SIRA.	524
Figura 128 Visualizzazione della scheda del metadato.	525
Figura 129 Visualizzatore del dato del catalogo di ricerca del metadato.	525
Figura 130 Esempio di struttura del metadato in accordo con il protocollo ISO 19115.	526

Indice delle tabelle

Tabella 1 Indicatori considerati.	56

Tabella 2 Range dei valori medi annuali di temperatura (Tmean), temperatura minima (Tmin), temperatura massima (Tmax) e precipitazione cumulata (Pr) sul periodo 1951-1999.....	59
Tabella 3 Range dei valori medi annuali degli indicatori FD e CDD per il periodo osservato 1951-1999.....	59
Tabella 4 Estensione delle categorie inventariali INFC (2005) in Sardegna.....	79
Tabella 5 Livelli di pericolosità e fenomenologia attesa in caso di incendio.	87
Tabella 6 Puntatori di allerta in funzione degli indicatori di stato degli invasi.	92
Tabella 7 Mappa degli stakeholder per il settore acque interne.	115
Tabella 8 Mappa degli stakeholder per il settore agro-zootecnico.....	117
Tabella 9 Mappa degli stakeholder per il settore forestale.....	118
Tabella 10 Mappa degli stakeholder per il settore dissesto idrogeologico	119
Tabella 11 Analisi SWOT per il settore “acqua per usi civili”	123
Tabella 12 Perdite totali delle reti idriche (rapporto tra volumi erogati e volumi messi in rete) a scala provinciale e posizione nel ranking nazionale delle province (ISTAT, 2017).	128
Tabella 13 Perdite totali e reali (al netto delle mancate tariffazioni per prelievi abusivi o errori dei contatori) nei comuni capoluogo della Sardegna e posizione dei singoli capoluoghi rispetto al ranking nazionale dei comuni capoluogo.	128
Tabella 14 Analisi SWOT per il settore “acque per usi irrigui”.....	132
Tabella 15 Analisi SWOT per il settore “agricoltura”.	140
Tabella 16 Analisi SWOT per il settore “allevamento”.....	154
Tabella 17 Analisi SWOT per il settore “foreste”.....	162
Tabella 18 Analisi SWOT relativa al rischio idrogeologico del territorio.....	172
Tabella 19 Elenco degli indicatori utilizzati per l’analisi secondo la logica fuzzy nei diversi ambiti di attività descritti nel capitolo 2.1. Per ogni indicatore sono riportati il valore e l’unità di misura a scala regionale, le soglie favorevole e sfavorevole, il peso (il peso è stato inserito solo quando l’indicatore è stato effettivamente utilizzato per l’analisi fuzzy entro settore strategico) e l’appartenenza alla determinante e alla componente secondo il framework di cui alla Figura 21.....	184
Tabella 20 Risultati dell’analisi <i>fuzzy</i> per il settore “Agricoltura”.	193
Tabella 21 Risultati dell’analisi <i>fuzzy</i> per il settore “Allevamento”.	194
Tabella 22 Risultati dell’analisi <i>fuzzy</i> per il settore “Foreste”.	195
Tabella 23 Risultati dell’analisi <i>fuzzy</i> per il settore “Dissesto Idrogeologico”.....	196
Tabella 24 Risultati dell’analisi <i>fuzzy</i> per il settore “Acqua”.	197
Tabella 25 Valori, soglie favorevoli (FavT) e sfavorevoli (UnfavT), peso degli indicatori attribuito dal panel di esperti (Expert Weight), peso relativo all’interno del Determinante e valori delle funzioni F e U degli indicatori formanti il determinante Flessibilità nel framework fuzzy utilizzato per il settore Dissesto Idrogeologico.	201

Tabella 26 Procedura di aggregazione al livello gerarchico di determinante (Flessibilità) degli indicatori ID18, ID24 e ID25 e calcolo del valore fuzzy del determinante (y) all'interno del framework adottato per il settore Dissesto Idrogeologico.....	203
Tabella 27 Procedura di aggregazione al livello gerarchico di componente (Azione) dei determinanti Fattori economici, Flessibilità e Governance e calcolo del valore fuzzy del componente (yc) all'interno del framework adottato per il settore Dissesto Idrogeologico.	203
Tabella 28 Procedura di aggregazione al livello gerarchico finale (Indice di Capacità Adattativa) dei componenti Consapevolezza, Azione e Abilità e calcolo del valore fuzzy dell'Indice Finale (AC) all'interno del framework adottato per il settore Dissesto Idrogeologico	204
Tabella 29 Esempi di possibili fonti per le valutazioni di vulnerabilità qualitative e quantitative (da "Linee guida, principi e procedure standardizzate per l'analisi climatica e la valutazione della vulnerabilità a livello regionale e locale", LIFE MASTER-ADAPT, 2018, https://masteradapt.eu/wordpress/wp-content/uploads/2018/03/MA-linee-guida-A1-1.pdf).	209
Tabella 30 Matrice delle classi di rischio.	235
Tabella 31 Aree a pericolosità da frana PAI su base regionale e provinciale.	238
Tabella 32 Aree a pericolosità idraulica su base regionale e provinciale.	240
Tabella 33 Indicatori di pericolosità climatica e sensibilità colturale.....	245
Tabella 34 Indicatori di esposizione.	246
Tabella 35 Indicatori di capacità di adattamento.....	247
Tabella 36 Indicatori di pericolosità climatica.....	249
Tabella 37 Indicatori di esposizione.	250
Tabella 38 Indicatori di sensibilità.	250
Tabella 39 Indicatori di capacità di adattamento.....	250
Tabella 40 Indicatori di esposizione agli incendi boschivi.	255
Tabella 41 Indicatori di sensibilità agli incendi boschivi.	256
Tabella 42 Infiammabilità dei principali tipi di territori boscati e aree seminaturali in Sardegna secondo lo schema di valutazione di Xanthopoulos et al. (2012).....	256
Tabella 43 Indicatori di capacità di adattamento agli incendi boschivi.	259
Tabella 44 Valori del Tratto Funzionale Medio della Comunità (TFMC) per l'Area Specifica Fogliare (asf).	265
Tabella 45 Indicatori di capacità di adattamento al cambio in funzioni ecosistemiche e composizione delle foreste della Sardegna.....	266
Tabella 46 Indicatori di pericolo meteo.	270
Tabella 47 Superficie irrigata per colture in Sardegna (ISTAT, 2010).	271
Tabella 48 Indicatori di pericolo meteo-indotto (impatto intermedio).....	271
Tabella 49 Indicatori di Esposizione ai rischi idrici.....	273

Tabella 50 Sensibilità delle colture irrigue a rischi idrici secondo lo schema di Steduto et al. (2012).....	274
Tabella 51 Indicatori di sensibilità.	275
Tabella 52 Indicatori di capacità di adattamento.....	276
Tabella 53 Scala criticità e fasi operative negli scenari di allerta idrogeologico ed idraulico diramati dalla Protezione Civile Regionale.	288
Tabella 54 Soglie di allerta in funzione del tempo di ritorno e della pioggia cumulata nei gg precedenti l'evento (indicativa dello stato di imbibimento del terreno).	289
Tabella 55 Indicatori di esposizione all'allagamento con perdita di vite umane in ambiente urbano.....	292
Tabella 56 Indicatori di sensibilità all'allagamento con perdita di vite umane in ambiente urbano.....	294
Tabella 57 Indicatori di capacità di adattamento all'allagamento con perdita di vite umane in ambiente urbano.	296
Tabella 58 Valori medi e normalizzati a livello regionale dell'indicatore di pericolosità e sensibilità per il periodo 2021-2050 vs 1976-2005.	305
Tabella 59 Valori medi e normalizzati e classe media a livello regionale degli indicatori di esposizione.....	307
Tabella 60 Indicatori di capacità di adattamento.....	311
Tabella 61 Valori medi e normalizzati a livello regionale dell'indicatore di pericolosità e sensibilità.	315
Tabella 62 Valori medi e normalizzati e classe media a livello regionale degli indicatori di esposizione.....	316
Tabella 63 Indicatori di sensibilità.	318
Tabella 64 Indicatori di capacità di adattamento.....	319
Tabella 65 Valori medi e normalizzati del numero medio di giorni al di sopra della soglia critica di FWI, anomalia 2021-2050 vs 1981-2010, periodo con gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.....	323
Tabella 66 Valori medi e normalizzati a livello comunale degli indicatori di esposizione agli incendi boschivi.	324
Tabella 67 Valori medi e normalizzati a livello comunale degli indicatori di sensibilità agli incendi boschivi.	326
Tabella 68 Valori medi e normalizzati a livello comunale degli indicatori di capacità di adattamento agli incendi boschivi.	327
Tabella 69 Impatto intermedio sulle categorie vegetazionali, espresso in valore medio, 95° percentile e 50° percentile.	332
Tabella 70 Numero di comuni ricadenti in una classe d'impatto intermedio suddivisi per classe di capacità di adattamento per lo scenario RCP 4.5. Il pannello a sinistra	

riporta le classi d'impatto basate sulla media pesata per tipologia forestale mentre il pannello a destra mostra il 95° percentile degli impatti sulle varie tipologie forestali.	333
Tabella 71 Numero di comuni ricadenti in una classe d'impatto intermedio suddivisi per classe di capacità di adattamento per lo scenario RCP 8.5. Il pannello a sinistra riporta le classi d'impatto basate sulla media pesata per tipologia forestale mentre il pannello a destra mostra il 95° percentile degli impatti sulle varie tipologie forestali.	334
Tabella 72 Valori medi e normalizzati a livello regionale dell'indice di Aridità per il periodo 2021-2050 vs 1980-2010.	337
Tabella 73 Valori medi e normalizzati a livello regionale dell'indicatore di Pericolo meteo-indotto per il periodo 2021-2050 vs 1980-2010.	340
Tabella 74 Valori medi, normalizzati e classe media a livello regionale degli indicatori di esposizione.....	342
Tabella 75 Valori medi, normalizzati e classe media a livello regionale degli indicatori di sensibilità.	344
Tabella 76 Valori medi, normalizzati e classe media a livello regionale degli indicatori di capacità di adattamento.....	346
Tabella 77 Pesi attribuiti ai sotto indicatori per il calcolo dell'indicatore di Sensibilità.	359
Tabella 78 Pesi attribuiti ai sotto indicatori per il calcolo dell'indicatore di Capacità di adattamento.	361
Tabella 79 Macro-obiettivi strategici trasversali.	376
Tabella 80 Macro-obiettivi specifici per il settore Acque interne (usi civili e agricoli).	380
Tabella 81 Macro-obiettivi specifici per il settore Agricoltura e Allevamento.	383
Tabella 82 Macro-obiettivi specifici per il settore Foreste.	392
Tabella 83 Caratterizzazione delle macrocategorie selvicolturali considerate in relazione ai diversi livelli di interazione con le principali dimensioni della sostenibilità.	396
Tabella 84 Macro-obiettivi specifici per il settore Dissesto Idrogeologico.	397
Tabella 85 Valori annuali medi di temperatura massima (Tmax), temperatura minima (Tmin), e precipitazione cumulata (Prec) per gli scenari PRESENTE, RCP4.5, RCP8.5 per ciascun punto griglia considerato e le differenze (Δ) tra gli scenari futuri e lo scenario presente.	422
Tabella 86 Dati colturali medi di rese e consumi irrigui per lo scenario PRESENTE e le rispettive differenze per gli scenari futuri RCP45 e RCP85.....	423
Tabella 87 Metodo proposto per giungere alla definizione del modello di governance e fornire suggerimenti per l'integrazione dell'adattamento nelle valutazioni ambientali.	432
Tabella 88 Elementi del modello di <i>governance</i>	435
Tabella 89 Metodo adottato per giungere alla proposta di modello di governance.....	441

Tabella 90 Analisi delle competenze in materia di adattamento nell'amministrazione regionale. Nella quarta colonna, si evidenzia la coerenza delle competenze dei Servizi con le misure contenute nella SNACC (✓) e nel PNACC, macroregione 6 (per i codici, vedi PNACC); Servizio potenzialmente interessato alla definizione di misure, le quali potrebbero essere coerenti con SNACC e PNACC (-).....	443
Tabella 91 Settori di intervento e Servizi competenti: sintesi.	454
Tabella 92 Potenziali obiettivi regionali e macro-azioni: settore risorse idriche.	455
Tabella 93 Potenziali obiettivi regionali e macro-azioni: settore ecosistemi e biodiversità in acque interne e di transizione.	459
Tabella 94 Potenziali obiettivi regionali e macro-azioni: settore zone costiere.	460
Tabella 95 Potenziali obiettivi regionali e macro-azioni: settore dissesto geologico, idrologico e idraulico.	464
Tabella 96 Potenziali obiettivi regionali e macro-azioni: settore ecosistemi terrestri... ..	468
Tabella 97 Potenziali obiettivi regionali e macro-azioni: settore foreste.	469
Tabella 98 Potenziali obiettivi regionali e macro-azioni: settore agricoltura e produzione alimentare.	474
Tabella 99 Potenziali obiettivi regionali e macro-azioni: settore infrastruttura critica – trasporti.....	477
Tabella 100 Potenziali obiettivi regionali e macro-azioni: settore infrastruttura critica – patrimonio culturale.	479
Tabella 101 Potenziali obiettivi regionali e macro-azioni: settore energia.	481
Tabella 102 Potenziali obiettivi regionali e macro-azioni: settore salute.....	485
Tabella 103 Caratteristiche dei processi che sottendono ciascun piano o programma analizzato.....	489
Tabella 104 Caratteristiche dei processi che sottendono ciascun piano o programma analizzato: focus sui piani di gestione siti Rete Natura 2000.	492
Tabella 105 Criteri di valutazione dei piani e programmi (De Montis et al., in stampa, b).	493
Tabella 106 Sintesi dell'analisi dei piani e programmi rispetto alle misure di adattamento ai cambiamenti climatici.....	494
Tabella 107 Criteri di valutazione dei Rapporti Ambientali.	504
Tabella 108 Risultati dell'analisi dei Rapporti Ambientali relativi alle VAS di piani e programmi di livello regionale.....	505
Tabella 109 Risultati dell'analisi degli Studi di Incidenza relativi alle VIncA di alcuni piani e programmi di livello regionale.....	507
Tabella 110 Analisi comparativa tra i risultati ottenuti dall'analisi dei P/P e l'analisi dei rispettivi Rapporti Ambientali.	508
Tabella 111 Aspetti trattati nelle informazioni contenute nel metadato (art. 4 D.lgs 32/2010).	517

Tabella 112 Servizi di rete previsti per i dati territoriali (art. 7 D.lgs 32/2010).	517
Tabella 113 Criteri di ricerca di dati e indicatori.....	518
Tabella 114 Aspetti rilevanti degli indicatori (dopo Saltelli, 2007).....	519
Tabella 115 Descrizione della struttura delle tabelle del metadato.....	521
Tabella 116 Indicatori Climatici primari.	530
Tabella 117 Indicatori di vulnerabilità primari.	536
Tabella 118 Indicatori di Capacità Adattiva primari.....	561
Tabella 119 Indicatori di vulnerabilità secondari.	575
Tabella 120 Indicatori di Capacità Adattiva secondari.	589

Indice dei box

Box 1 Monitoraggio fitosanitario dei boschi.....	82
Box 2 Evoluzione del concetto di vulnerabilità.....	207
Box 3 Migliorare l'efficacia delle politiche dello sviluppo rurale. ^[1]	388
Box 4 I boschi ex cedui della Sardegna (a cura di Roberto Scotti, Università di Sassari).	396
Box 5 Gli strumenti per affrontare efficacemente i rischi idrogeologici delle popolazioni maggiormente esposte.....	399

Pagina lasciata bianca intenzionalmente

Glossario

Adattamento	Processo di adeguamento al clima attuale o atteso e ai suoi effetti. Nei sistemi umani, l'adattamento cerca di limitare o evitare danni e/o sfruttare le opportunità favorevoli. In alcuni sistemi naturali, l'intervento umano può facilitare l'adattamento al clima previsto e ai suoi effetti (IPCC 2014c).
Analisi integrata	(<i>Integrated assessment modelling</i>): può essere definita come “un processo volto a combinare, interpretare e comunicare conoscenze provenienti da diversi settori scientifici, al fine di esaminare un problema ambientale in modo esaustivo, sottolineando le sue concatenazioni causali nella loro interezza” (Rotmans e Dowlatabady, 1998). I Modelli di Valutazione Integrata (<i>Integrated Assessment Models</i>) propongono un'analisi dei cambiamenti climatici che comprende e connette diverse dimensioni: quella climatica, quella ambientale e quella socio-economica.
Bias correction	Rappresenta uno dei metodi di correzione più semplici e immediati da implementare. La bias correction effettua una correzione delle serie giornaliere in modo che nel periodo di calibrazione le medie simulate coincidano con quelle osservate. Questa correzione avviene tramite un fattore di scala (additivo nel caso della temperatura, moltiplicativo per la precipitazione) che registra lo scarto tra serie osservate e simulate nel periodo di calibrazione. Per tener conto del ciclo annuale, la correzione può essere operata sia a livello mensile che stagionale.
Biodiversità	Varietà e variabilità degli organismi viventi e dei sistemi ecologici in cui essi vivono, essa include la diversità a livello genetico, di specie e di ecosistema. Diversità non solo di forma e struttura, ma intesa anche come abbondanza, distribuzione e interazione tra le diverse componenti del sistema.
Calibrazione	La calibrazione consiste nell'adattare un modello ad uno o più set di dati misurati in modo da permetterne l'applicazione in condizioni simili. Nel caso di modelli culturali, significa adattare i parametri che rappresentano caratteristiche morfologiche e fisiologiche a determinate specie e/o varietà.
Cambiamento climatico	Per cambiamento climatico ci si riferisce ad “un cambiamento dello stato del clima che persiste per un periodo di tempo prolungato (solitamente decenni o più), e identificabile (per esempio, attraverso l'uso di test statistici) da cambiamenti della media e/o della variabilità delle sue proprietà. Il cambiamento climatico può essere dovuto a processi naturali interni o a forzanti esterne, come le modulazioni dei cicli solari, le eruzioni vulcaniche, e i ripetuti cambiamenti antropogenici della composizione dell'atmosfera o dell'uso del suolo”.
Capacità di adattamento	Indica "la capacità dei sistemi, delle istituzioni, degli esseri umani, e di altri organismi di adeguarsi ai potenziali danni, di trarre vantaggio dalle opportunità, o di rispondere alle conseguenze."

Dati territoriali	I dati che attengono, direttamente o indirettamente, a una località o un'area geografica specifica.
Esposizione	Presenza di persone, mezzi di sussistenza, specie ed ecosistemi, funzioni ambientali, servizi, e risorse, infrastrutture, o beni economici, sociali, culturali in luoghi e contesti che potrebbero essere negativamente colpiti.
Fuzzy	Sfocato, indistinto, non precisamente definito.
Impatti dei cambiamenti climatici	Effetti di eventi meteorologici e climatici estremi e dei cambiamenti climatici su "persone, abitazioni, salute, ecosistemi, beni e risorse economiche, sociali e culturali, servizi (inclusi quelli ambientali) e infrastrutture dovuti all'interazione dei cambiamenti climatici o degli eventi climatici pericolosi che si presentano entro uno specifico periodo di tempo, e alla vulnerabilità di una società o di un sistema esposti ai cambiamenti climatici stessi. Ci si riferisce inoltre agli impatti come a conseguenze ed esiti. Gli impatti dei cambiamenti climatici sui sistemi geofisici, compresi alluvioni, siccità e innalzamento del livello del mare, rappresentano un sottoinsieme di impatti denominati impatti fisici".
Indicatore	Modello matematico capace di descrivere un aspetto della realtà mediante la combinazione di più variabili.
Interoperabilità	Possibilità per i set di dati territoriali di essere combinati, e per i servizi di interagire senza interventi manuali ripetitivi, in modo che il risultato sia coerente e che il valore aggiunto dei set di dati e dei servizi ad essi relativi sia potenziato.
Logica Fuzzy	Inventata nel 1965 dal Dr. Lotfi Zadeh, si basa su un approccio logico-matematico. Questo approccio assume che la gran parte dei ragionamenti e delle scelte quotidiane si svolgono in condizioni d'incertezza. Partendo da questo assunto, la logica fuzzy elimina la necessità di una definizione precisa di un cambiamento da uno stato all'altro e crea un sistema in grado di valutare e scegliere le regole più opportune da usare nelle diverse circostanze, emulando il modo di agire dell'operatore umano. Questa metodologia codifica quantitativamente l'imprecisione del mondo reale e l'incertezza del nostro giudizio su di esso.
Metadato	Le informazioni che descrivono set di dati territoriali e i servizi relativi ai dati territoriali e che consentono di ricercare, reperire e utilizzare tali dati e servizi.
Modelli di simulazione	Sono strumenti in grado di riprodurre il comportamento di un sistema complesso in modo semplificato, sono basati su equazioni matematiche e algoritmi logici, codificati in un linguaggio di programmazione, che descrivono i fenomeni naturali (fisici, chimici e biologici). Possono essere applicati a diverse scale: campo, azienda e territorio.
Modello	rappresentazione numerica del sistema climatico basato sulle proprietà

climatico	fisiche, chimiche e biologiche delle sue componenti, delle loro interazioni e dei processi di feedback, tenendo conto di alcune delle sue proprietà note. Il sistema climatico può essere rappresentato da modelli di diversa complessità; ossia per ciascuna componente o combinazione di componenti, possono essere identificati lo spettro o la gerarchia di modelli, che differiscono in aspetti come il numero di dimensioni spaziali, la misura in cui sono rappresentati esplicitamente i processi fisici, chimici o biologici, o il livello delle parametrizzazioni empiriche. I modelli di circolazione generale accoppiati atmosfera-oceano (AOGCM) forniscono una rappresentazione del sistema climatico che è vicino allo spettro attualmente disponibile. C'è un'evoluzione verso modelli più complessi con chimica interattiva e biologia. I modelli climatici vengono applicati come strumenti di ricerca per studiare e simulare il clima e per scopi operativi, incluse le previsioni mensili, stagionali e climatiche inter annuali.
Proiezioni climatiche	Una proiezione climatica è la risposta simulata del sistema climatico ad uno scenario di future emissioni o di concentrazioni di gas serra e aerosol, generalmente ricavata utilizzando i modelli climatici. Le proiezioni climatiche sono diverse dalle previsioni climatiche per la loro dipendenza dallo scenario di emissione/concentrazione/forzante radiativo utilizzato, a sua volta basato sulle ipotesi riguardanti, per esempio, i futuri sviluppi socio-economici e tecnologici che potrebbero essere realizzati o no (IPCC 2014c). Gli RCPs generalmente si riferiscono alla porzione della traiettoria di concentrazione che si sviluppa fino al 2100, per la quale i Modelli di Valutazione Integrata (<i>Integrated Assessment Models</i>) forniscono i corrispondenti scenari di emissione. Quattro RCPs sono prodotti dai Modelli di Valutazione Integrata e usati nelle proiezioni del quinto rapporto IPCC: RCP2.6: un percorso dove il forzante radiativo raggiunge l'apice approssimativamente a 3 W m^{-2} prima del 2100 e poi si riduce; RCP4.5 e RCP6.0: due percorsi intermedi di stabilizzazione in cui i forzanti radiativi sono stabilizzati a circa $4,5 \text{ W m}^{-2}$ e 6.0 W m^{-2} rispettivamente; RCP8.5: un percorso alto in cui si raggiunge un forzante radiativo superiore a $8,5 \text{ W m}^{-2}$ entro il 2100 che continua a salire anche successivamente (IPCC 2014c).
Remote sensing	Approccio multidisciplinare allo studio del territorio e dell'ambiente, basato sull'osservazione con finalità diagnostico-investigative per estrarre informazioni dettagliate sulle caratteristiche qualitative e quantitative di superfici o porzioni di territorio, e formulare ipotesi interpretative sul loro stato e sui cambiamenti e i processi dinamici da cui essi sono interessati.
Representative Concentration Pathways (RCPs)	Scenari che includono serie temporali di emissioni e concentrazioni della suite completa di gas e aerosol a effetto serra, aerosol e gas chimicamente attivi, così come l'uso e la copertura del suolo. La parola Representative significa che ogni RCP fornisce solo uno dei tanti possibili scenari di uno specifico forzante radiativo. Il termine Pathways sottolinea che non è importante solo il livello di concentrazione a lungo termine ma anche la

traiettorie seguite per arrivare a quel risultato.

Rischio	Rappresenta “il potenziale associato alle conseguenze, dove qualcosa è in gioco ed il risultato è incerto, riconoscendo la diversità dei valori. Il rischio è frequentemente rappresentato come la probabilità di accadimento di un evento o trend pericoloso moltiplicato per gli impatti in caso tali eventi o trend accadano”. Il rischio risulta quindi dall’interazione tra la vulnerabilità, l’esposizione e la sorgente di pericolo.
Scenari climatici	Rappresentazione plausibile e spesso semplificata del clima futuro, basato su un insieme coerente di relazioni climatologiche che è stata costruita per l’esplicito uso di indagare le possibili conseguenze dei cambiamenti climatici di origine antropica, spesso utilizzati come input per i modelli di impatto. Le proiezioni climatiche spesso servono come materiale di base per la costruzione degli scenari climatici, ma gli scenari climatici di solito richiedono ulteriori informazioni, come il clima attuale osservato. Uno scenario di cambiamento climatico è la differenza tra uno scenario climatico e il clima attuale (IPCC 2013b).
Sensibilità	Rappresenta "il grado in cui un sistema o una specie è affetto, sia negativamente che positivamente, dalla variabilità o dai cambiamenti climatici. L’effetto può essere diretto (ad es. un cambiamento nella resa colturale in risposta ad un cambiamento della media o variabilità della temperatura) o indiretto (ad es. danni causati da un aumento nella frequenza delle inondazioni costiere dovute all’innalzamento del livello del mare)".
Servizi ecosistemici	Per servizi ecosistemici si intendono sia i beni (come cibo, acqua, materie prime, materiali da costruzione, risorse genetiche), sia le funzioni ed i processi degli ecosistemi, molti dei quali sono le proprietà emergenti, cioè l’integrazione funzionale tra gli elementi di un ecosistema che concorrono a produrre un processo o a svolgere una funzione: assorbimento degli inquinanti, protezione dall’erosione e dalle inondazioni, regolazione dello scorrimento superficiale dell’acqua e della siccità, mantenimento della qualità delle acque, controllo delle malattie, formazione dei suoli ecc. (MEA, 2005).
Servizi relativi ai dati territoriali	Le operazioni che possono essere eseguite, con un’applicazione informatica, sui dati territoriali contenuti nei set di dati in questione o sui metadati connessi.
Simulazione	Imitazione delle operazioni eseguite nel tempo da un sistema o un processo reale. La simulazione permette di: generare una storia artificiale, studiare e valutare delle caratteristiche del sistema (analisi delle prestazioni), ottenere risposte su come cambia il sistema se cambia lo scenario.
Sistema informativo	Complesso di persone, strumenti e procedure che permettono l’acquisizione, la validazione e la distribuzione dei dati territoriali.

territoriale

Sorgente di pericolo (hazard)	Definita come “il potenziale verificarsi di un evento fisico naturale o di origine antropica o di un trend o di un impatto fisico che potrebbe causare perdita di vite umane, feriti, o altri impatti sulla salute, così come danni o perdite di proprietà, infrastrutture, mezzi di sussistenza, fornitura di servizi, ecosistemi, e risorse ambientali. Nell’ambito dei cambiamenti climatici questo termine si riferisce ad eventi fisici associati al clima o a trend o ai loro impatti fisici”.
Stakeholder	Portatore di interesse. Può essere un individuo, una organizzazione, un ente.
SWOT, Analisi	Strumento di pianificazione strategica usato per valutare i punti di forza (Strengths), le debolezze (Weaknesses), le opportunità (Opportunities) e le minacce (Threats) di un progetto, una iniziativa, una situazione, una questione o in un'impresa o in ogni altra situazione in cui un'organizzazione o un individuo debba svolgere una decisione per il raggiungimento di un obiettivo. L’analisi può riguardare l'ambiente interno (analizzando punti di forza e di debolezza) o esterno di un’organizzazione o situazione (analizzando minacce ed opportunità).
Vulnerabilità	Rappresenta “la propensione o la predisposizione ad essere negativamente colpiti. La Vulnerabilità comprende una varietà di concetti ed elementi inclusa la Sensibilità o la suscettibilità al danno e la mancanza di capacità di farvi fronte ed adattarsi”.

Pagina lasciata bianca intenzionalmente

Lista degli acronimi

ABI	Associazione Bonifiche Irrigazioni Sardegna
ABBANOA	Gestore unico del Servizio Idrico Integrato in Sardegna
ACC	Adattamento ai cambiamenti climatici
ADIS	Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna
AGRIS	Agenzia per la ricerca in agricoltura della Regione autonoma della Sardegna
AI	Indice di Aridità
ANAC	Autorità Nazionale Anticorruzione
ANPA	Agenzia Nazionale per la Protezione Ambientale
AP	Cumulata delle precipitazioni annuali
APEX	<i>Agricultural Policy/Environmental eXtender</i>
AP_15gg	Cumulata delle precipitazioni di 15 giorni
ARGEA	Agenzia Regionale con funzione di organismo gestore, pagatore e di controllo in materia di finanziamento della politica agricola comunitaria
ASF	Area Specifica Fogliare
BA	Area bruciata
BPMN	Business Process Model and Notation
CDD	Consecutive dry days = Massimo numero di giorni consecutivi all'anno con precipitazione giornaliera inferiore a 1 mm
CFVA	Corpo Forestale di Vigilanza Ambientale
CMCC	Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici
CNR	Consiglio Nazionale delle Ricerche
CREA	Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria
DBGT	Data Base Geo – Topografico
DEM	Modello di elevazione digitale
DOC	Denominazione di Origine Controllata
DOCG	Denominazione di Origine Controllata e Garantita
EEA	Agenzia Europea sull'Ambiente

EFI-MED	<i>European Forest Institute – Mediterranean Regional Office</i>
EFS	Ente Foreste Sardegna
EGAS	Ente di Governo dell’Ambito della Sardegna
EIP-Agri	Partenariato Europeo per l’Innovazione Agricola
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme
ENAS	Ente Acque della Sardegna
EPIC	<i>Environmental Policy Integrated Climate</i>
ETo	Evapotraspirazione di riferimento
Evap	Evaporazione cumulata annua
FD	Frost Days = Numero di giorni con temperatura minima al di sotto di 0°C
FEAGA	Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale
FFPI	Indice di allagamento da pioggia intensa
FI	Indice di infiammabilità
FN	Numero degli incendi
Fo.Re.S.T.A.S.	Agenzia Forestale Regionale per lo Sviluppo del Territorio e dell’Ambiente della Sardegna
FWI	FireWeather Index
GDO	Grande Distribuzione Organizzata
GEV	Generalized Extreme Value
GIS	Sistema Informativo Geografico
IDF	Intensità Durata Frequenza
IFFI	Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia
INFC	Inventario Nazionale delle foreste e dei serbatoi Forestali di Carbonio
INSPIRE	INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IRGA	Irrigazione
ISMEA	Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare
ISTAT	Istituto Nazionale di Statistica

JRC	Join Research Centre
LAORE	Agenzia regionale per l'attuazione dei programmi regionali in campo agricolo e per lo sviluppo rurale
MATTM	Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
MGIA	Modulo Gestione Indicatori Ambientali
MPF	Materiali di Propagazione Forestale
MRV	Monitoring Reporting Verification
OCM	Organizzazione Comune del Mercato
OCSE	Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico
OP	Organizzazione di Produttori
PA	Pubblica Amministrazione
PAAR	Piano di Azione Ambientale Regionale
PAI	Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico
PAPERS2	Piano per gli Acquisti Pubblici Ecologici della Regione Sardegna
PdG	Piano di Gestione
PdG-DIS	Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna
PEARS	Piano Energetico Ambientale della Regione Sardegna
PES	Pagamenti per Servizi Ecosistemici
PFVR	Piano faunistico venatorio regionale
PFAR	Piano Forestale Ambientale Regionale
PFP	Piani Forestali Particolareggiati
PGDI	Piano di Gestione del Distretto idrografico
PGRA	Piano di Gestione Rischio Alluvioni
PLV	Produzione Lorda Vendibile
PIL	Prodotto Interno Lordo
POR FESR	Programma Operativo Regionale 2014-2020 finanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
PNACC	Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici
P/P	Piani e Programmi

PPR	Piano Paesaggistico Regionale
PQA	Piano per la qualità dell'aria ambiente
PRB	Piano regionale di Gestione dei rifiuti – sezione Bonifica delle aree inquinate
Prec	Precipitazione cumulata
PRGRS	Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti Speciali
PRGRU	Piano Regionale di Gestione Rifiuti – Sezione Rifiuti Urbani
PRMC	Piano Regionale della Mobilità Ciclistica
PRT	Piano Regionale dei Trasporti
PSFF	Piano Stralcio delle Fasce Fluviali
PSR FEARS	Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020 finanziato dal Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale
PSRN	Programma di sviluppo rurale nazionale
PSURI	Piano stralcio di bacino regionale per l'utilizzo delle risorse idriche
PTA	Piano di Tutela delle Acque
PUC	Piano Urbanistico Comunale
PUL	Piano di Utilizzo dei Litorali
RA	Rapporto Ambientale
RAS	Regione Autonoma della Sardegna
Rmean	Precipitazione media = Media annuale della precipitazione giornaliera
RNDT	Repertorio Nazionale Dati Territoriali
R20	Giorni di precipitazione intensa = Numero di giorni con precipitazione giornaliera superiore ai 20 mm
Rx1day	Massimo di precipitazione giornaliera = Massimo valore di precipitazione giornaliera
Rxxp	Numero di giorni con precipitazione maggiore del xx° percentile della precipitazione nel periodo 1981-2010
Rx1day(RT=2y)	Quantità massima di precipitazione giornaliera con un periodo di ritorno di 2 anni
Rx1day(RT=5y)	Quantità massima di precipitazione giornaliera con un periodo di ritorno di 5 anni

Rx1day_LM(RT=2y)	Quantile (o valore di ritorno) della distribuzione GEV dei massimi annui locali di precipitazione giornaliera (Rx1day) con tempo di ritorno di 2 anni, calcolati con un'analisi statistica degli eventi estremi usando lo stimatore L-moments per la stima dei parametri
Rx1day_LM(RT=5y)	Quantile (o valore di ritorno) della distribuzione GEV dei massimi annui locali di precipitazione giornaliera (Rx1day) con tempo di ritorno di 5 anni, calcolati con un'analisi statistica degli eventi estremi usando lo stimatore L-moments per la stima dei parametri
Rx1day_LM(RT=5y)	Quantile (o valore di ritorno) della distribuzione GEV dei massimi annui locali di precipitazione giornaliera (Rx1day) con tempo di ritorno di 5 anni, calcolati con un'analisi statistica degli eventi estremi usando lo stimatore L-moments per la stima dei parametri
Rx1day_LM(RT=20y)	Quantile (o valore di ritorno) della distribuzione GEV dei massimi annui locali di precipitazione giornaliera (Rx1day) con tempo di ritorno di 20 anni, calcolati con un'analisi statistica degli eventi estremi usando lo stimatore L-moments per la stima dei parametri
Rx1day_LM(RT=50y)	Quantile (o valore di ritorno) della distribuzione GEV dei massimi annui locali di precipitazione giornaliera (Rx1day) con tempo di ritorno di 50 anni, calcolati con un'analisi statistica degli eventi estremi usando lo stimatore L-moments per la stima dei parametri
Rx1day_LM(RT=100y)	Quantile (o valore di ritorno) della distribuzione GEV dei massimi annui locali di precipitazione giornaliera (Rx1day) con tempo di ritorno di 100 anni, calcolati con un'analisi statistica degli eventi estremi usando lo stimatore L-moments per la stima dei parametri
R&S	Ricerca e Sviluppo
SAU	Superficie Agricola Utilizzata
SAT	Superficie Agricola Totale
SAVI	Servizio Sostenibilità Ambientale e Valutazione Impatti
SC	Copertura nevosa = Numero di giorni per cui l'ammontare di neve superficiale è maggiore di un 1 cm
SDG	<i>Sustainable Development Goals</i>
SIC	Siti di Interesse Comunitario
SIMR	Sistema Idrico Multisetoriale Regionale
SINANET	Sistema Informativo Nazionale Ambientale
SIRA	Sistema Informativo Regionale Ambientale
SNACC	Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici

SP	Precipitazione cumulata estiva = Cumulata delle precipitazioni nei mesi estivi (Giugno, Luglio, Agosto)
SU95p	Summerdays = Numero di giorni con temperatura massima maggiore di 30.1 °C
SWOT	S=strengths (punti di forza), W=weaknesses (punti di debolezza), O=opportunities (opportunità), T=threats (minacce)
TCEV	Two-Component-Extreme-Value
TFMC	Tratti Funzionali Medi delle Comunità
THI	Indice termoigrometrico
Tmean	Temperatura dell'aria media
Tmin	Temperatura dell'aria minima
Tmax	Temperatura dell'aria massima
UE	Unione Europea
UNEP	United Nations Environment Programme
UNESCO	Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Educazione, la Scienza e la Cultura
VAS	Valutazione Ambientale Strategica
VAPI	Valutazione delle Piene in Italia
VIncA	Valutazione di Incidenza Ambientale
WP	Precipitazione cumulata invernale = Cumulata delle precipitazioni nei mesi invernali (Dicembre, Gennaio, Febbraio)
xx°p	xx° percentile della precipitazione
ZPS	Zone di Protezione Speciale

Sintesi non tecnica

L'adattamento ai cambiamenti climatici è oggi annoverato tra le principali emergenze nel panorama delle politiche del pianeta. Secondo una varietà di organismi internazionali e, parallelamente, di studi scientifici, non è più procrastinabile la predisposizione di contromisure che mettano gli stati in grado di rafforzare la propria resilienza, in termini di capacità di reagire positivamente agli stress indotti dal complessivo e sempre più repentivo cambio delle condizioni climatiche. Lungo questo percorso, questo documento rappresenta il primo risultato strutturato intrapreso dall'amministrazione regionale della Sardegna verso la redazione di una Strategia di Adattamento ai Cambiamenti Climatici. I contenuti di questo documento sono stati concordati tra i membri del gruppo di lavoro RAS-UniSS e sono articolati in una sezione introduttiva circa gli aspetti tecnico-scientifici più rilevanti e un corpo principale di sei capitoli. Di seguito, si presentano i contenuti di ciascun capitolo con uno stile semplice e diretto, in modo tale da consentire una facile lettura anche al lettore non esperto.

Il capitolo 1 presenta un'analisi dettagliata della situazione climatica della Regione Sardegna al fine di caratterizzare la variabilità climatica osservata a livello locale e di valutare le anomalie climatiche attese in futuro per effetto dei cambiamenti climatici. Viene quindi riportata l'analisi del clima presente, effettuata principalmente con il dataset grigliato di osservazione E-OBS (28 km di risoluzione), per il trentennio climatico di riferimento 1981-2010, a partire dai dati di temperatura (media, minima e massima) e di precipitazione. Il dataset E-OBS risulta, allo stato attuale, l'unico dataset grigliato omogeneo attualmente disponibile sul territorio nazionale per analizzare e descrivere il trend di precipitazione e temperatura, e rappresenta il dataset di riferimento per tali tipologie di studio a livello internazionale. La descrizione del clima osservato è stata anche integrata riportando studi specifici di caratterizzazione del clima in Sardegna, già presenti in letteratura. La parte centrante del capitolo è rappresentata dalla descrizione delle proiezioni climatiche attese per il trentennio futuro 2021-2050 rispetto al periodo di riferimento (1981-2010). Tale analisi è stata condotta utilizzando il modello climatico regionale COSMO-CLM alla risoluzione orizzontale di circa 8 km, forzato dal modello globale CMCC-CM (risoluzione orizzontale di circa 80 km). Tali proiezioni climatiche a così alta risoluzione sono attualmente disponibili sul territorio italiano e sono state ottenute considerando i due diversi scenari IPCC: RCP4.5 e RCP8.5. L'analisi climatica ha permesso di caratterizzare la variabilità climatica osservata a livello locale e di valutare, ad elevata risoluzione, le anomalie climatiche attese in futuro per effetto dei cambiamenti climatici. Tale analisi è stata effettuata utilizzando indicatori di pericolosità meteo-indotta scelti sulla base di quelli comunemente utilizzati in letteratura per analizzare le caratteristiche del clima locale e per lo studio del cambiamento climatico e dei suoi

principali impatti su cui viene basata la scelta delle strategie di adattamento. Gli indicatori scelti per descrivere particolari caratteristiche della variabilità climatica della regione Sardegna includono sia indicatori della variazione delle caratteristiche medie del clima sia indicatori di estremi climatici. L'analisi climatica ha evidenziato come la Regione Sardegna sarà caratterizzata in futuro da un generale incremento delle temperature (nei valori sia medi sia estremi), da una generale riduzione della quantità di precipitazione a scala annuale ma da una elevata intensità e frequenza di eventi meteorologici estremi (ondate di calore con conseguenti fenomeni a carattere siccitoso e da eventi di precipitazioni intense). Il capitolo presenta, inoltre, un inquadramento dei tre settori strategici per la Regione Sardegna individuati dal gruppo di lavoro UNISS e dalla RAS: il comparto agricolo-forestale, il sistema delle acque interne e l'assetto e i rischi di natura idrogeologica del territorio. Per i tre settori viene fornita una breve descrizione dei principali aspetti legati al singolo settore: ad esempio la caratterizzazione del territorio in termini di estensione delle superfici interessate, rilevanza economica e/o produttiva, ed eventuali vincoli normativi.

Nel capitolo 2, si tratta della capacità di adattamento al cambiamento climatico. Tale capacità si dispiega in un contesto sociale, economico, tecnologico, biofisico e politico che varia nel tempo e rappresenta una delle componenti della vulnerabilità di un sistema. Viene definita come "l'abilità dei sistemi, delle istituzioni, degli esseri umani e di altri organismi di adeguarsi al potenziale danno, trarre vantaggio dalle opportunità, o di rispondere alle conseguenze". La capacità di adattamento è stata valutata rispetto ai settori strategici ritenuti particolarmente rilevanti per il contesto della Regione Sardegna: il comparto agro-forestale (ambiti: Agricoltura, Allevamento e Foreste), il comparto delle acque (ambiti: Acqua per usi civili e irrigui), l'assetto e i rischi di natura idrogeologica del territorio (ambito: Dissesto Idrogeologico). La capacità di adattamento è stata valutata tenendo conto di un *framework* analitico, sviluppato partendo da indicazioni dell'IPCC e della letteratura scientifica, che ha guidato la strutturazione dell'analisi rispetto a diverse determinanti (es., Aspetti economici, capitale sociale, infrastrutture, *governance*, ecc.) a loro volta raggruppate in macro-componenti (Consapevolezza, Abilità e Azione). Per ciascuno dei comparti considerati, l'analisi è stata articolata in diverse fasi: i. coinvolgimento degli stakeholder, ii. analisi dei punti di forza, debolezza, opportunità e minacce (SWOT) del comparto, iii. individuazione di indicatori quantitativi di capacità adattativa, iv. applicazione di una procedura basata sulla logica *fuzzy* per la stima di un indice sintetico di capacità adattativa ottenuto per aggregazioni successive degli indicatori di cui al punto (iii) in determinanti e quindi in macro-componenti. Gli stakeholder coinvolti per ogni settore appartengono a diverse categorie, tra cui dipendenti di Enti pubblici (Agenzie regionali tecniche e politiche, amministrazioni comunali), Organizzazioni di produttori (Es. Coldiretti Regionale e Confagricoltura), Operatori del settore privato e della società civile (Es. Aziende agricole, cooperative, studi privati di pianificazione e

progettazione ambientale, associazioni, ecc.) e Mondo della ricerca. Gli stakeholder sono stati individuati sulla base della loro esperienza e della loro collocazione rispetto alle finalità del documento, all'interno di categorie rappresentative dei settori individuati. Attraverso lo strumento dell'intervista, per ogni settore/ambito, è stata quindi effettuata l'analisi SWOT, che ha reso possibile mettere in risalto i punti di forza e i punti di debolezza di ogni settore, così come le opportunità e le minacce future. I vari punti emersi dall'analisi SWOT sono stati quindi analizzati raggruppando quanto evidenziato secondo le determinanti e le macro-componenti. Questo processo ha permesso di effettuare una valutazione qualitativa della capacità adattativa di ogni settore considerato, mettendo al contempo in risalto la complessità dei sistemi stessi. Infatti, le Determinanti di capacità adattativa sono state identificate, per mezzo dei rispettivi punti emersi dall'analisi, sia come punto di forza o debolezza del sistema sia come opportunità e minaccia per il futuro (es. la Governance nei settori Foreste, Acqua e Dissesto Idrogeologico; i Fattori economici in Agricoltura e Allevamento). L'analisi SWOT integrata con l'*expert knowledge* del gruppo di lavoro e con dati oggettivi provenienti dalla letteratura e dalle banche dati pubbliche hanno informato la successiva fase di individuazione degli indicatori quantitativi di capacità adattativa. La capacità adattativa è risultata medio-basso per i settori Agricoltura, Allevamento e Acqua, mentre quella del settore Foreste e Dissesto Idrogeologico è risultata rispettivamente bassa e estremamente bassa. La Componente che maggiormente ha influenzato il risultato finale in misura trasversale fra i settori analizzati è stata quella della Consapevolezza. I risultati dell'analisi hanno inoltre evidenziato dei limiti di capacità adattativa dovuti a valori tendenzialmente negativi degli indicatori che formano la Determinante Tecnologia, specialmente nei settori Agricoltura e Allevamento, mentre nei settori Foreste, Dissesto Idrogeologico e Acqua i risultati sono stati influenzati dalle performance negative delle determinanti Infrastrutture, Flessibilità e Fattori Economici. Gli indicatori di Governance invece hanno determinato risultati opposti fra i settori strategici: mentre inducono ad una capacità adattativa ottimale nel settore Acqua, e medio-buona nei settori Foreste, Agricoltura e Allevamento, hanno determinato una capacità di adattamento nulla nel settore del Dissesto Idrogeologico.

Il capitolo 3 descrive la metodologia sviluppata e i risultati dell'analisi relativa alla valutazione degli impatti e della propensione al rischio climatico nei tre settori individuati: il comparto agricolo-forestale, il sistema delle acque interne e l'assetto e i rischi di natura idrogeologica del territorio. L'approccio innovativo proposto in questo documento per la valutazione della vulnerabilità della Regione Sardegna ai cambiamenti climatici (riportata nel Capitolo 3) si basa sull'utilizzo di indicatori che riescono, in maniera congiunta, a rappresentare i diversi aspetti del territorio, di natura sociale, economica e ambientale, prendendo spunto dalle recenti linee guida sviluppate a livello internazionale (GIZ, 2014, 2017) e dall'approccio sviluppato e proposto

nell'ambito del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici e dal Progetto LIFE Master-ADAPT, in linea con gli ultimi lavori pubblicati dall'Agenzia Europea sull'Ambiente (EEA). Inoltre, l'approccio scelto per l'analisi permette di effettuare un ulteriore progresso nell'integrazione dei concetti di base relativi alla terminologia legata all'analisi di vulnerabilità e della propensione al rischio come proposto dall'ultimo rapporto dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), l'organismo internazionale preposto allo studio e all'analisi del fenomeno dei cambiamenti climatici e delle sue interazioni con il territorio. Il capitolo descrive la metodologia proposta (e i singoli passaggi seguiti per effettuare l'analisi), basata sullo sviluppo di "Catene di Impatto", specifiche per il territorio, per il singolo fenomeno analizzato e il settore di rilevanza. Tale approccio metodologico utilizza indicatori come *proxy* per descrivere un fenomeno e/o specifiche caratteristiche del sistema o del territorio, per identificare e valutare i principali fattori e beni maggiormente esposti al cambiamento climatico, per valutare la suscettibilità al danno di quel territorio derivante dai cambiamenti climatici e per avere informazioni sulla capacità del territorio di rispondere e/o adattarsi a tali cambiamenti. Per ognuno dei tre settori di rilevanza, sono state sviluppate e analizzate singole catene di impatto, che rappresentano un focus su determinati specifici rischi per singolo settore, con la finalità di fornire una comprensione più dettagliata del rischio climatico e delle sue diverse componenti (a livello comunale per tutto il territorio regionale) che rappresentano la base conoscitiva essenziale per guidare la successiva identificazione di obiettivi e opzioni di adattamento specifiche per rispondere al singolo rischio e settore di rilevanza.

Nel capitolo 4 si affrontano le opzioni e le priorità relative alle strategie di adattamento al cambiamento climatico, intendendo come adattamento un cambiamento nelle pratiche e nei modi di pensare a livello dei governi, delle organizzazioni, delle comunità e degli individui. Tra i concetti chiave utilizzati per la definizione dei macro obiettivi per l'adattamento al cambiamento climatico della Regione Sardegna, viene proposto l'apprendimento sociale come processo chiave per accompagnare gli sforzi e le strategie adattative, da interpretare come cambiamenti dinamici, in continua evoluzione, e non come il passaggio da uno stato stazionario al successivo. L'apprendimento sociale integra diverse modalità di gestione delle questioni socio-ambientali e produce, in quanto aumenta il livello di comprensione, un cambiamento efficace delle pratiche e quindi risultati duraturi. Per promuovere l'adattamento al cambiamento climatico è fondamentale sviluppare una visione condivisa tra i partecipanti su quali processi di cambiamento siano desiderabili, basando le scelte sul co-apprendimento. Nel capitolo, si propone anche una distinzione delle strategie in relazione ai tempi di attuazione (breve, medio e lungo periodo) che, vista la progressione dei fenomeni di cambiamento climatico, corrispondono ad altrettanti livelli di pressione climatica e quindi crescenti implicazioni in termini di

tipologia di adattamento. Da questo punto di vista si propone la distinzione ormai consolidata nella comunità scientifica tra adattamenti incrementali (adatti per piccole variazioni del clima), sistemici (necessari con pressioni climatiche relativamente forti) e trasformativi (necessarie per pressioni climatiche forti). I tre livelli corrispondono anche a una crescente incertezza nelle valutazioni e richiedono quindi un crescente atteggiamento strategico e visionario per la definizione di percorsi adattativi efficaci. Si propongono tre linee guida per individuare le priorità di adattamento: (i) creare un contesto di condizioni opportune per l'adattamento, (ii) creare e sostenere la capacità di adattamento, attraverso le conoscenze e le competenze e la loro circolazione e (iii) indicare percorsi efficaci di adattamento integrando tecniche, tecnologie e metodologie. Si descrivono le tipologie di misure per i processi di adattamento distinguendo misure soft o non-infrastrutturali, misure grey o infrastrutturali e misure green o ecosistemiche. Seguendo questo schema di analisi, sono stati definiti macro-obiettivi di adattamento trasversali o specifici ai settori oggetto di analisi. I macro-obiettivi trasversali e quelli specifici sono stati declinati in obiettivi più specifici che offrono spunti per essere trasformati in altrettanti piani di azione strategici. Per ciascun macro-obiettivo, sono stati inoltre indicati il livello di priorità, l'evoluzione temporale desiderabile e il consenso osservato tra i diversi interlocutori consultati. Per alcuni obiettivi specifici sono stati proposti approfondimenti che offrono un esempio di come ciascun obiettivo specifico possa essere declinato con maggiore dettaglio in modo da costituire la base per lo sviluppo di un piano che, idealmente, dovrebbe seguire le stesse modalità indicate nella parte metodologica descritta nella prima parte del capitolo. Questi approfondimenti sono stati riportati all'interno del capitolo nella forma di box di approfondimento e di un'appendice, nella quale si propone un esempio di analisi dell'impatto dei cambiamenti climatici in agricoltura, basata sull'applicazione di modelli matematici capaci di simulare i processi ecologici a scala di bacino utilizzando come input scenari climatici ad alta risoluzione. Nella stessa appendice sono stati illustrati i potenziali vantaggi associati alla estensione di questo approccio ad alta risoluzione spaziale a tutto il territorio dell'isola. Infine, l'ultimo paragrafo di questo capitolo, illustra sinteticamente i criteri generali proposti per il monitoraggio delle strategie e delle possibili azioni che dovrebbero idealmente scaturire dal successivo piano di adattamento, ispirandosi a quanto previsto dal Piano nazionale di adattamento.

Nel capitolo 5, si costruisce un metodo per ottenere modelli di governance per la pianificazione ed attuazione di opzioni di adattamento ai cambiamenti climatici a livello regionale e locale che permettano di agire in maniera coordinata tra i diversi settori di interesse e in coerenza con la programmazione unitaria. Gli effetti dei cambiamenti del clima, peraltro, interessano tutti gli Stati del mondo e le comunità internazionali, quali fenomeni globali da affrontare. La governance è un fattore chiave in un processo di adattamento e la tipologia delle problematiche da affrontare richiede

nuovi approcci di gestione. Si sono prese le mosse dalle previsioni della Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SRACC) e del relativo Piano attuativo (PNACC). Tali strumenti individuano già azioni tecniche e gestionali, da valutare e ricalibrare quando riferite al territorio regionale specifico. Partendo da uno schema generale del modello, si è sviluppata un'analisi top-down delle competenze dell'amministrazione regionale della Sardegna e delle sue divisioni fornendo solidi elementi per lo sviluppo di una politica regionale che riconosca nell'ente regionale il programmatore e l'attuatore delle soluzioni individuate, accennando peraltro anche alle varie alternative possibili a tale scenario. Confrontando gli indirizzi definiti a livello nazionale dalla SNACC e dal suo piano attuativo con le competenze dei Servizi degli assessorati della RAS, è stato possibile evidenziare quali Servizi hanno già potenziali competenze in materia. Inoltre, sono stati individuati obiettivi specifici calibrati sulle esigenze regionali che potrebbero avviare una strategia regionale in materia di cambiamenti climatici. Sono stati evidenziati sette principali elementi che costituiscono un modello di governance, mettendoli in relazione mediante un "database" relazionale che ne armonizzi rapporti e ne finalizzi le relative attività. A completamento del quadro delle responsabilità, si sono riconosciuti anche alcuni obiettivi nazionali di adattamento che potrebbero essere considerati quali priorità a livello regionale, in considerazione delle sue specifiche condizioni geografiche e territoriali. Inoltre, l'analisi si è rivolta alla verifica della prassi dell'adattamento ai cambiamenti climatici. In questo senso, si sono analizzati i principali piani e programmi regionali approvati con rilevanza ambientale e territoriale per accertare se i contenuti siano coerenti con quanto previsto dalle misure di adattamento ai cambiamenti climatici indicate in campo nazionale. In tale ambito, si sono analizzate le principali procedure di piano e valutazione ambientale delle politiche ambientali: la Valutazione Ambientale Strategica (VAS) e la Verifica d'Incidenza Ambientale (VInCA). In particolare, si è affrontata la questione del ri-indirizzo delle procedure di VAS verso contenuti coerenti con la strategia di adattamento ai cambiamenti climatici e si è proposto uno schema di consigli per il corretto svolgimento delle diverse fasi della VAS, dall'assoggettabilità alle fasi finali di approvazione del documento.

Infine, il capitolo 6 è dedicato alla descrizione delle modalità di selezione e di accesso ai dati e agli indicatori sui cambiamenti climatici, con riferimento specifico alla loro organizzazione e disponibilità nel Sistema Informativo Regionale Ambientale (SIRA) (www.sardegناسira.it). Il SIRA può essere inteso come un'unica banca dati degli indicatori utili alla conoscenza dello stato dell'ambiente della Sardegna, organizzati secondo le direttive del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINANET - www.sinanet.isprambiente.it). Dall'analisi condotta, si evidenzia come, nella sua attuale configurazione, nel SIRA non sia presente uno specifico catasto dedicato ai dati e agli indicatori sui cambiamenti climatici. Parimenti, si rileva come una sua pronta predisposizione sarebbe di significativo supporto per le

amministrazioni locali chiamate a redigere appositi strumenti di pianificazione circa l'adattamento ai cambiamenti climatici. Con riferimento agli indicatori, anzitutto si è proceduto con una loro definizione e selezione, anche presso altre fonti oltre il SIRA, sulla base di una distinzione tra indicatori principali (assolutamente necessari alla descrizione dello stato dei fenomeni indagati ed effettivamente utilizzati nella ricerca) e secondari (capaci di descrivere informazioni complementari ma non attualmente disponibili e dunque non utilizzati). Gli indicatori principali sono stati organizzati in specifiche tabelle e secondo tre insiemi per descrivere l'andamento climatico, la vulnerabilità e la capacità adattativa. Le tabelle riportano, per ciascun indicatore, diverse informazioni utili alla comprensione della natura dell'indicatore, dei dati necessari al popolamento, dei soggetti che producono quel dato e della modalità, in cui il dato viene reso disponibile. Considerati l'elevato numero di indicatori e la loro incompleta disponibilità nel SIRA e l'eterogeneità della loro rappresentazione (mappa, grafico, tabella, etc.), è stata definita una struttura del processo di ricerca delle informazioni necessarie al popolamento degli indicatori. Ciò ha permesso di rendere tracciabile e replicabile il percorso di raccolta dei dati. Ulteriore aspetto rilevante è l'analisi del metadato (ossia l'insieme di informazioni che descrive un dato), finalizzata ad accertare meglio quali siano i soggetti amministrativi (enti, uffici, servizi regionali, etc.) responsabili della produzione, pubblicazione e validazione dei dati da configurare nei moduli di Business Intelligence del SIRA. L'analisi del metadato, strettamente legata ai temi dall'armonizzazione e condivisione dei dati e delle informazioni, è stata condotta con riferimento specifico alla normativa cogente, sia in ambito nazionale sia in ambito Europeo.

Pagina lasciata bianca intenzionalmente

Introduzione

La redazione di questo documento ha comportato un lungo confronto all'interno del gruppo di lavoro verso la predisposizione di approcci tecnico-scientifici e di metodi necessari ad affrontare le diverse e spesso consequenziali tematiche implicate nella costruzione di una strategia regionale sull'adattamento ai cambiamenti climatici. Secondo quanto stabilito nel Programma Operativo di Dettaglio (POD), tali tematiche hanno richiamato di volta in volta -ed in modo ricorsivo- la necessità di strutturare la conoscenza delle dinamiche dei cambiamenti climatici, la previsione dei loro effetti, il riconoscimento delle vulnerabilità dei territori, la descrizione della capacità di adattarsi con opportune azioni ed, infine, la calibratura dei più opportuni modelli di governance di quelle azioni, grazie a sistemi di valutazione e di monitoraggio nel tempo delle prestazioni ambientali di un territorio. I metodi adottati e applicati sono stati selezionati facendo riferimento sempre ai più recenti sviluppi della letteratura scientifica, così come spesso recepiti dalle più rilevanti autorità internazionali competenti in materia di gestione delle azioni utili a contrastare attivamente i cambiamenti climatici. Sottolineando la tipicità di tali aspetti in un rapporto scientifico, in questa sezione si presentano -capitolo per capitolo- gli aspetti più rilevanti degli approcci metodologici sviluppati.

Nel capitolo 1, si affronta il tema del cambiamento climatico con l'obiettivo di studiare i principali rischi connessi. Secondo l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), l'organismo internazionale preposto allo studio e all'analisi del fenomeno dei cambiamenti climatici e delle sue interazioni con il territorio, il termine cambiamento climatico si riferisce ad "un cambiamento dello stato del clima che persiste per un periodo di tempo prolungato (solitamente, decenni o più), e identificabile (per esempio, attraverso l'uso di test statistici) da cambiamenti della media e/o della variabilità delle sue proprietà. Il cambiamento climatico può essere dovuto a processi naturali interni o a forzanti esterne, come le modulazioni dei cicli solari, le eruzioni vulcaniche, e i ripetuti cambiamenti antropogenici della composizione dell'atmosfera o dell'uso del suolo". Il cambiamento climatico rappresenta una delle grandi sfide del nostro tempo e sta già influenzando e modificando il nostro territorio. Pur essendo un fenomeno di natura globale, i suoi effetti (impatti) hanno ripercussioni anche a scala locale, diversificati in base alle criticità del territorio e alle sue caratteristiche di natura ambientale, economica e sociale. Gli impatti legati al cambiamento climatico necessitano, quindi, di essere analizzati e studiati in maniera diversificata, in funzione della diversa vulnerabilità del territorio, dei livelli di sviluppo economico e della capacità di adattamento della componente antropica e naturale.

Nel capitolo 2, si parte dal concetto che l'adattamento al cambiamento climatico avviene in un contesto sociale, economico, tecnologico, biofisico e politico che varia nel

tempo, con dinamiche diverse a seconda del luogo e del settore.ⁱ A partire dal quarto rapporto di valutazione dell'IPCC (Gruppo intergovernativo di esperti sui cambiamenti climatici),ⁱⁱ il concetto di adattamento si è spostato da un focus sulla vulnerabilità biofisica ad una maggiore attenzione ai fattori economici e sociali che determinano la vulnerabilità e la capacità delle persone di adattarsi, come i bisogni di informazione, finanziari, istituzionali e tecnologici.ⁱⁱⁱ La capacità di adattamento che rappresenta una delle componenti della vulnerabilità di un sistema al cambiamento climatico insieme all'esposizione e alla sensibilità, viene definita come: "L'abilità dei sistemi, delle istituzioni, degli esseri umani e di altri organismi di adeguarsi al potenziale danno, trarre vantaggio dalle opportunità, o di rispondere alle conseguenze".^{iv} Il quinto rapporto di valutazione dell'IPCC chiarisce inoltre che i sistemi umani e naturali hanno la capacità di far fronte a circostanze avverse ma, con il perdurare dei cambiamenti climatici, sarà necessario un adattamento incrementale per mantenere tale capacità.^v La capacità di adattamento di un sistema dipende dal contesto, dai processi e dai fattori che si manifestano a diversi livelli, dal locale al regionale, al nazionale, ecc.^{vi} Aumentare la capacità di adattamento di un sistema, significa rafforzare l'accesso alle determinanti di tale capacità, permettendo agli stakeholder di utilizzare le risorse al fine di ridurre la vulnerabilità o rafforzare e diversificare le loro strategie di risposta.^{vii} In questo documento, la capacità di adattamento è stata valutata rispetto ai settori strategici ritenuti particolarmente rilevanti per il contesto della Regione Sardegna, sui quali si svilupperanno le linee guida per la strategia di adattamento. In particolare, sono stati considerati degni di attenzione prioritaria, in prima analisi, i seguenti ambiti: il comparto agro-forestale con tutte le sue valenze territoriali, ecologiche e produttive; il comparto delle acque in tutte le sue implicanze di regimazione, conservazione e distribuzione; l'assetto e i rischi di natura idrogeologica del territorio (rischio territoriale e pianificazione). I primi due comparti, a loro volta, sono stati oggetto di analisi più approfondita per ambiti. Per il comparto agro forestale, sono stati individuati i seguenti ambiti di attività: agricoltura, allevamento e foreste. Per il comparto acqua, sono stati distinti i seguenti ambiti: acqua per usi irrigui in agricoltura e acqua per usi potabili. Al momento, l'acqua per usi industriali in Sardegna rappresenta una frazione minima del consumo complessivo nell'isola, per cui questo ambito d'uso è stato considerato solo trasversalmente. Per ciascun ambito sono state considerate le determinanti della capacità adattativa sulla base della letteratura scientifica^{viii} e del quinto Report di valutazione dell'IPCC (2014). In particolare, sono stati presi in considerazione i seguenti fattori: governance, istituzioni e policy (ad esempio: leggi esistenti, regole, requisiti procedurali, scopo della governance, arrangiamenti e struttura istituzionale); capitale umano (personale e risorse umane, competenze tecniche e organizzative, formazione, conoscenza); tecnologia e ricerca; capitale sociale (forme associative, forme di coordinamento tra attori della società, cooperazione e collaborazione, reti); infrastrutture; fattori economici; stititudine/flessibilità; fattori biofisici (temperatura, precipitazioni, intensità

e frequenza degli eventi climatici estremi, caratteristiche del territorio, ecc.). In base a queste determinanti, poi aggregate nei tre macro-componenti azione, abilità, consapevolezza,^{ix} sono stati costruiti degli indicatori idonei ad alimentare il modello calibrato secondo la logica fuzzy e mirato alla costruzione di un indice sintetico di capacità adattativa. Gli indicatori sono stati arricchiti in relazione ai risultati e alle priorità emerse da interviste a stakeholder di ciascun comparto strategico, individuati attraverso un processo che integra approcci top down (es. analisi degli impatti desk study) con approcci bottom up (analisi delle capacità espresse dagli stakeholder).

Nel capitolo 3, si focalizza l'attenzione sulla valutazione della vulnerabilità e/o della propensione al rischio di un determinato sistema o territorio, in seguito ai cambiamenti climatici. Infatti, tale attività conoscitiva risulta un passo fondamentale per lo sviluppo di adeguate politiche di adattamento. Una condizione imprescindibile, infatti, per una corretta gestione del territorio ed una pianificazione volta a conservare e/o valorizzare le risorse e a ridurre le criticità legate al fenomeno del cambiamento climatico è la conoscenza degli elementi ambientali, sociali ed economici che determinano la vulnerabilità del territorio e la comprensione della loro interazione col clima che cambia. In linea con l'ultimo rapporto IPCC, la **vulnerabilità** ai cambiamenti climatici viene definita come "la propensione o la predisposizione ad essere negativamente colpiti e comprende una varietà di concetti ed elementi inclusa la Sensibilità o la suscettibilità al danno e la mancanza di capacità di farvi fronte ed adattarsi", mentre il **rischio** rappresenta "il potenziale associato alle conseguenze, dove qualcosa è in gioco ed il risultato è incerto, riconoscendo la diversità dei valori". Esistono diverse metodologie ed approcci sviluppati, a livello internazionale, per la valutazione della vulnerabilità di un sistema/territorio. La scelta tra un metodo quantitativo (cioè che restituisce l'informazione sotto forma di numero o punteggio), o qualitativo (che restituisce l'informazione sotto forma di livello, ad es. medio, basso), dipende da diversi fattori, tra cui: l'obiettivo finale dell'analisi, il tipo di informazioni e dati disponibili, le competenze tecniche, il tempo a disposizione, i vincoli di budget, ecc. L'approccio innovativo proposto in questo documento per la valutazione della vulnerabilità della regione Sardegna ai cambiamenti climatici si basa sull'utilizzo di indicatori che riescono, in maniera congiunta, a rappresentare i diversi aspetti del territorio, di natura sociale, economica e ambientale, prendendo spunto dalla metodologia sviluppata e proposta dal Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici e dal Progetto LIFE Master-ADAPT, in linea con gli ultimi lavori pubblicati dall'Agenzia Europea sull'Ambiente (EEA) e con le più recenti linee guida sviluppate a livello internazionale.^x La metodologia si basa sullo sviluppo di "Catene di Impatto", specifiche per il territorio, per il singolo fenomeno analizzato e il settore di rilevanza, che utilizza indicatori come *proxy* per descrivere un fenomeno e/o specifiche caratteristiche del sistema o del territorio, per identificare e valutare i principali fattori e beni maggiormente esposti al cambiamento climatico, per valutare

la suscettibilità al danno di quel territorio derivante dai cambiamenti climatici e per avere informazioni sulla capacità del territorio di rispondere e/o adattarsi a tali cambiamenti. Ai fini della valutazione della vulnerabilità della regione Sardegna ai cambiamenti climatici e della propensione al rischio risulta fondamentale avere a disposizione un'analisi dettagliata e accurata della variabilità climatica osservata a livello locale e delle anomalie climatiche attese in futuro per effetto dei cambiamenti climatici. I segnali climatici che concorrono a determinare il singolo rischio per singolo settore sono stati analizzati nel capitolo 1, dove è riportata un'analisi dettagliata della situazione climatica della regione Sardegna sia in termini di clima presente, effettuata con il dataset grigliato di osservazione E-OBS (a 28 km di risoluzione spaziale), per il trentennio climatico di riferimento 1981-2010, e sia attraverso la descrizione delle proiezioni climatiche attese per il trentennio futuro 2021-2050 (a 8 km di risoluzione spaziale), secondo i due diversi scenari IPCC: RCP4.5 e RCP8.5. Sono stati inoltre considerati, per ogni settore e per singolo rischio analizzato, i fattori o gli elementi del sistema/territorio, in termini di popolazione, infrastrutture, beni e servizi, che possono essere esposti a danni derivanti dai cambiamenti climatici; gli elementi fisici, socio-economici, e culturali che possono determinare una maggiore o minore sensibilità del territorio al rischio climatico e la sua capacità di rispondere e fronteggiare lo stimolo negativo, per poter giungere alla valutazione della vulnerabilità del sistema/territorio. L'analisi di tutti questi elementi ha permesso di sviluppare le catene di impatto, con un focus su determinati specifici rischi per singolo settore, con la finalità di fornire non solo una comprensione più dettagliata del rischio climatico e delle sue diverse componenti, ma di avere informazioni utili anche dal punto di vista più operativo, in quanto rappresentano la base conoscitiva essenziale per guidare la successiva identificazione di obiettivi e opzioni di adattamento specifiche per rispondere al singolo rischio e settore di rilevanza.

Nel capitolo 4, l'assunto di partenza è che l'adattamento comporti principalmente un cambiamento nelle pratiche e nei modi di pensare a livello dei governi, delle organizzazioni, delle comunità e degli individui. La scala di questi cambiamenti può variare da alterazioni minime o incrementali a cambiamenti sistemici e trasformativi.^{xi} Per coloro che sono coinvolti nel processo, l'adattamento, è una scelta consapevole, un atto intenzionale per alterare modelli di pensiero e di comportamento precedentemente accettati. L'adattamento è, dunque, una forma di espressione di un processo di apprendimento. Nel definire i macro obiettivi per l'adattamento al cambiamento climatico della Regione Sardegna, il concetto chiave sul quale ci si è basati è proprio quello dell'apprendimento sociale come processo che deve accompagnare gli sforzi e le strategie adattative da considerarsi come cambiamenti dinamici, in continua evoluzione. Nuovi problemi e nuove soluzioni emergono continuamente, di fronte a problemi di natura complessa, come il cambiamento climatico, perché gli impatti si manifestano a più livelli, in differenti settori, con diverse scale temporali e spaziali,

rendendo difficile una definizione chiara e precisa delle questioni da affrontare che si presentano come un insieme disordinato e confuso di problemi interrelati e di priorità.^{xii} Tipicamente, ci saranno diverse posizioni e punti di vista degli stakeholder su quale sia la situazione e la giusta linea d'azione. In questo caso, i percorsi adattativi possono diventare più efficaci generando i presupposti per apprendimento sociale tra una varietà di portatori di interesse, al fine di apprendere sulla situazione e sui possibili cambiamenti.^{xiii} Nel promuovere l'adattamento al cambiamento climatico, è importante sviluppare una visione condivisa tra le persone che, seguendo la *soft system methodology* di Checkland (1981) hanno un ruolo attivo (attori), passivo (customers) o possono esercitare scelte che ricadono su altri (owners), intraprendendo percorsi di cambiamento basati sul co-apprendimento. L'apprendimento sociale si estende anche a coloro che avviano e guidano i processi di apprendimento e non solo ai destinatari previsti. Vanno inoltre considerate, riconosciute e accettate come parte del riconoscimento della complessità delle relazioni sociali, le differenze tra i diversi attori.

Nel capitolo 5, si costruisce un modello di governance delle azioni in materia di adattamento ai cambiamenti climatici. Nel modello, si mettono a sistema settori di studio prioritari, enti responsabili, indicatori, dati, enti che producono i dati, azioni di adattamento e strumenti di pianificazione. Ogni elemento è sviluppato in una tabella, nella quale ciascuna colonna rappresenta le informazioni relative al tipo di dati contenuti e ciascun campo archivia uno specifico valore dell'attributo. Le tabelle sono collegate le une alle altre a costituire un database relazionale nel quale, a partire da uno specifico attributo relativo ad una delle tabelle, è possibile risalire agli attributi ad esso correlati e appartenenti alle altre. In questo modo, è possibile risalire alle informazioni necessarie per l'implementazione di una certa azione di adattamento. Specifico approfondimento è stato dedicato agli enti responsabili di specifiche azioni di adattamento per i settori prioritari di studio e agli strumenti di pianificazione, in quanto strumenti potenzialmente attuatori di misure di adattamento all'interno del contesto territoriale regionale. In ultimo, è stato approfondito il ruolo della Valutazione Ambientale Strategica (VAS) nell'informare i Piani e Programmi (P/P) sui temi dell'adattamento sin dalla fase della loro redazione. Si è indagato sul livello di consapevolezza dei funzionari regionali, rispetto al tema dell'adattamento ai cambiamenti climatici. Questo aspetto è stato chiarito grazie alla consultazione di dati registrati dalla Regione Autonoma della Sardegna (RAS) attraverso un questionario online predisposto nell'ambito del progetto Life 'MASTER ADAPT'. In una seconda fase, l'attenzione è stata rivolta all'individuazione, nella letteratura internazionale di accertata credibilità, di casi di studio e linee guida che affrontassero il tema dell'adattamento. In particolare, si sono analizzati casi simili a quello oggetto di questo lavoro per individuare elementi e fattori che sono universalmente riconosciuti come essenziali in una proposta di modello di governance. È emerso che il cambiamento

climatico pone elevati requisiti di governance,^{xiv} richiedendo coordinamento su scala internazionale, nazionale, regionale e locale, nonché il coordinamento tra i settori. L'effettivo adattamento ai cambiamenti climatici richiede nuovi approcci di governance che siano in grado di colmare o addirittura di trascendere i livelli governativi e i domini della società, per superare ostacoli di tipo legale, economico e sociale al processo di adattamento.^{xv} Infatti, il processo di adattamento è sensibilmente condizionato dal sistema di governance e un'azione coordinata frutto di una cooperazione tra più attori si rivela elemento chiave per risolvere o evitare i conflitti e attuare misure di adattamento.^{xvi} Il ruolo del settore pubblico è rilevante al fine di integrare l'adattamento (mainstreaming) nelle politiche esistenti.^{xvii} Ecco perché la Strategia europea e quella nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici (rispettivamente SEACC e SNACC), nonché la bozza di Piano di adattamento definita a livello nazionale (PNACC), hanno fatto da quadro di riferimento in fase di stesura della proposta di modello.^{xviii} Ciò significa che, rispetto al contesto regionale sul quale avrà effetto la Strategia regionale di adattamento ai cambiamenti climatici (SRACC), gli orientamenti di letteratura sono stati calibrati considerando i contenuti dei documenti sovraregionali in materia di adattamento (SNACC e PNACC). Nella terza fase si è ricostruito il sistema delle competenze della Regione Autonoma della Sardegna (RAS). Un sistema di governance carente nel coordinamento tra organi regionali rischia di essere altamente inefficiente e inefficace. Dunque, la chiara assegnazione delle competenze e delle relazioni tra gli organi è un elemento chiave. Così, per rispondere a tale esigenza, sono state ricostruite le competenze degli assessorati e dei servizi regionali, a partire dai decreti ufficiali di istituzione. Ricostruita la rete di competenze, è stata svolta una verifica di coerenza tra queste ultime e l'insieme di azioni definite nella SNACC e nel PNACC (macro-regione 6). In dettaglio, si è valutato se i compiti già ora assegnati ai servizi sono compatibili/coerenti con le azioni previste a livello nazionale. Questo aspetto è utile per collegare, a scalare, obiettivi e azioni previste a livello europeo, nazionale e regionale, e aiuta a evitare conflitti nel passaggio tra i diversi livelli. Chiaramente, la coerenza tra azioni di adattamento nazionali e competenze dei servizi andrebbe riesaminata alla luce delle considerazioni espresse dai vari assessorati. Questa terza fase, secondo un approccio puramente top-down, ha messo in evidenza anche obiettivi e macro-azioni rispetto alle quali assessorati e servizi avrebbero un potenziale ruolo di primo piano. In altri termini, a partire dal PNACC (macro-regione 6), sono stati estrapolati una serie di obiettivi rispetto ai quali un insieme di macro-azioni - fondate sulle competenze dei servizi – sarebbero realizzabili. Tuttavia, sia gli obiettivi sia le macro-azioni necessitano anche di un approccio bottom-up per una calibrazione ad hoc circa il contesto regionale sardo. La metodologia adottata per approfondire il ruolo degli strumenti di programmazione e pianificazione di scala regionale, ha previsto l'analisi dei documenti di piano/programma regionali attualmente approvati o adottati. Scopo della disamina è capire se - e fino a che punto - piani e programmi regionali tengano già conto del tema dell'adattamento, in modo

implicito o esplicito, e mettere in evidenza esempi virtuosi o lacune. L'analisi dei documenti è stata svolta rispetto ad alcuni criteri che trovano fondamento in letteratura scientifica e in linee guida rilasciate da organi di riconosciuta credibilità.^{xix} La metodologia adottata per l'individuazione del ruolo della VAS come processo che informa i piani e programmi ai temi dell'ACC ha previsto tre fasi. Nella prima fase sono stati analizzati i Rapporti Ambientali di tredici Piani e Programmi di livello regionale, allo scopo di verificare se nella pratica corrente i temi dell'adattamento siano già affrontati e in quale misura. I documenti sono stati analizzati secondo criteri tratti dalla letteratura scientifica e da linee guida redatte da organismi di ricerca.^{xx} Nella seconda fase è stata svolta una comparazione critica tra i risultati ottenuti dall'analisi dei Piani e programmi e l'analisi dei Rapporti Ambientali, allo scopo di verificare se le VAS orientate al tema dell'ACC avessero contribuito alla redazione di P/P in cui fossero definiti espliciti obiettivi di adattamento. Nella terza fase, sono stati elaborati suggerimenti strutturati che possano indirizzare, fase per fase della procedura di VAS, ai temi dell'adattamento i contenuti dei vari documenti (rapporto ambientale, documento di scoping, ecc.) previsti nelle VAS di piani e programmi di scala regionale e locale.

Nel capitolo 6, si parte dalla considerazione che i cambiamenti climatici e le strategie di adattamento, sia nel medio sia nel lungo termine, siano fenomeni complessi e per buon parte non del tutto conosciuti. D'altro canto, la descrizione e l'analisi di fenomeni complessi attraverso descrittori sintetici, quali sono gli indicatori sui cambiamenti climatici, consente di analizzarli e monitorarli in maniera consistente, ripetibile e comparabile sia nel tempo sia nello spazio. Nella letteratura scientifica, nel caso degli indicatori ambientali, ci si riferisce sia alla loro capacità di descrizione qualitativa e/o quantitativa di un fenomeno, sia alla loro complessità. E ciò, con riferimento alla loro formulazione, spesso espressione di un modello matematico ovvero risultante della combinazione di più indicatori semplici. Cionondimeno, gli indicatori, soprattutto quelli compositi, possono rivelare e consentire di misurare caratteristiche di una realtà indagata, non immediatamente percettibili (o, secondo definizione riscontrabili nella letteratura scientifica, rivelarne le dimensioni latenti). La definizione teorica di indicatore deve però basarsi sulla scelta delle variabili più appropriate, tenendo conto, altresì, delle relazioni tra di esse, se esistenti, e del loro peso relativo. La scala di applicazione di un indicatore, in termini sia spaziali sia temporali, è un ulteriore elemento da considerare nella formulazione di un indicatore. Definito un indicatore e, dunque, un sistema di indicatori, un aspetto fondamentale riguarda, da un lato, i dati che lo popoleranno – in termini di accuratezza, precisione e completezza- dall'altro lato, le informazioni che descrivono i dati (metadati). Dati e metadati devono essere accessibili, interoperabili e facilmente condivisibili secondo standard internazionali. L'implementazione di infrastrutture di dati spaziali (SDI, *Spatial Data Infrastructures*) favorisce l'accessibilità ai dati, che abilitano l'interoperabilità a diversi livelli. Le

diverse SDI, sia con software *open source* gratuito sia con software proprietario come nel caso di quella del SIRA, possono essere implementate come piattaforme tecnologiche che permettono di gestire e condividere dati geospaziali ed i relativi metadati attraverso standard concordati e condivisi. Con la Direttiva 2007/2/EC *"Infrastructure for Spatial Information in Europe"* (INSPIRE), in ambiente Europeo sono state implementate le linee guida di interoperabilità e le specifiche dati per facilitarne l'accesso ad un livello globale. Tali linee guida trattano la creazione di metadati, i servizi di ricerca dati, l'accesso ai dati (condivisione, scaricamento, visualizzazione) ed i vocabolari. Inoltre, le specifiche dati forniscono modelli e liste di codici per permetterne la condivisione. Per quanto attiene all'accessibilità e condivisione dei dati, in Italia nel 2005 è stato istituito il Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali (RNDT).^{xxi} L'RNDT, come recita l'art. 60 del Codice dell'Amministrazione Digitale (CAD),^{xxii} è considerato base di dati di interesse nazionale. Più in dettaglio, l'RNDT è considerato come Catalogo Nazionale dei dati e dei metadati a questi connessi, disponibili presso la Pubblica Amministrazione. L'adesione agli standard di pubblicazione dei dati dell'RNDT ne assicura la completa conformità ai dettami della Direttiva Europea 2007/2/CE per la costituzione di una Infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità europea^{xxiii} e al suo regolamento di attuazione.^{xxiv} Con riferimento agli indicatori da implementare nella Strategia regionale di adattamento ai cambiamenti climatici (SRACC), anzitutto si è proceduto con una loro definizione e selezione. In primis, con riferimento specifico alla loro organizzazione e disponibilità nel Sistema Informativo Regionale Ambientale (SIRA),^{xxv} che può essere inteso come un'unica banca dati degli indicatori utili alla conoscenza dello stato dell'ambiente della Sardegna, organizzati secondo le direttive del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINANET).^{xxvi} Laddove non presenti nel SIRA sono state individuate altre fonti. Rispettando la struttura e le finalità del sistema, il SIRA è stato interrogato per la ricerca degli indicatori - e dei corrispondenti metadati - necessari alla quantificazione della capacità adattativa e della vulnerabilità, di cui ai capitoli 1, 2, 3 e 4. Ulteriore aspetto rilevante è l'analisi del metadato per accertare meglio quali siano i soggetti amministrativi (enti, uffici, servizi regionali, etc.) responsabili della produzione, pubblicazione e validazione dei dati da configurare nei moduli di Business Intelligence del SIRA. In questo senso, il SIRA può essere interpretato come sistema capace di supportare le decisioni in materia di governance dell'attuazione delle azioni prioritarie di adattamento individuate nella SRACC. In un'ottica di descrizione dei cambiamenti climatici e delle loro conseguente complesse sui sistemi naturali e antropici, sono stati individuati settori prioritari da descrivere per mezzo di indicatori principali e secondari. Gli indicatori principali rappresentano aspetti assolutamente necessari alla descrizione dello stato dei fenomeni indagati e sono stati effettivamente utilizzati. D'altra parte, gli indicatori secondari, non utilizzati per mancanza di dati, sono stati enumerati e analizzati in quanto capaci di descrivere informazioni complementari e dunque consigliati nella futura implementazione della SRACC. Considerato l'elevato

numero di indicatori, che alcuni di essi non sono attualmente disponibili nel SIRA e che ogni indicatore è rappresentato secondo la modalità ritenuta più significativa (mappa, grafico, tabella, etc.), è stata definita una struttura del processo di ricerca delle informazioni necessarie al popolamento degli indicatori. Ciò ha permesso di rendere tracciabile e replicabile il percorso di raccolta dei dati. L'analisi condotta ha permesso di evidenziare come, nella sua attuale configurazione, il SIRA non contenga un catasto dedicato alla raccolta dei dati e degli indicatori sui cambiamenti climatici e degli aspetti collegati. L'adattamento ai cambiamenti climatici è argomento complesso e necessita di una grande quantità di informazioni rispondente a determinati standard di accuratezza e qualità. Inoltre, si tratta di argomento cruciale per lo sviluppo dell'ambiente e del territorio e rappresenta una sfida per la pianificazione futura delle diverse risorse naturali e antropiche coinvolte da tali cambiamenti. Per questi motivi, si rende necessario implementare il SIRA con una sezione dedicata a tale tematica; sezione che deve essere in grado di fornire un supporto informativo utile ai vari livelli di governance del territorio per poter individuare le azioni di adattamento adeguate. La predisposizione di un'area tematica sui cambiamenti climatici permetterebbe di sviluppare sia gli indicatori già presenti sia quelli mancanti e consentirebbe di mettere a disposizione una banca dati a beneficio delle amministrazioni locali chiamate a redigere appositi strumenti di pianificazione circa l'adattamento ai cambiamenti climatici. Contemporaneamente, la nuova banca dati sarebbe in continuo aggiornamento, sia per gli indicatori ricavati a scala regionale, sia per indicatori aggiornati dagli enti preposti, individuati nei capitoli precedenti, ma anche dalle nuove informazioni prodotte dalle amministrazioni locali in sede di elaborazione dei propri piani di adattamento. Per quanto prima esposto, l'implementazione del suddetto catasto deve avvenire in coerenza con quanto definito dalla direttiva INSPIRE e dal suo regolamento di attuazione e con le direttive di pubblicazione di dati e metadati dell'RNDR. Per queste ragioni, una volta individuate tutte le informazioni da inserire nel catasto, è necessario un processo di armonizzazione degli indicatori e dei dati impiegati nelle analisi a supporto di questo documento, in modo che essi siano facilmente implementabili nel sistema. L'obiettivo può essere raggiunto attraverso la definizione di una struttura del dato e degli indicatori collegati che ne descriva il contenuto in termini di informazioni, reperibilità, ente proprietario e algoritmo di calcolo.

Il Comitato Scientifico

ⁱ Smit & Wandel, 2006.

-
- ii IPCC, 2007.
- iii IPCC 2014.
- iv IPCC, 2014.
- v IPCC 2014.
- vi Smit & Wandel, 2006.
- vii Stock et al. 2017.
- viii Ivey et al. 2004; Engle 2011; Plummer 2013; Engle and Lemons 2010; Ellis 2000; Smith et al 2000; Gupta et al 2010; Nelson et al 2010; Morrison et al 2011; Pretty and Ward 2001; Adger 2003; Adger and Vincent 2005; Folke et al 2005; Pelling & High 2005; Pahl Wost 2009; Klein et al. 2014; Nelson et al. 2010.
- ix Metzger et al., 2006.
- x GIZ, 2014, 2017.
- xi Rickards & Howden, 2012.
- xii Termeer et al. 2013.
- xiii Collins & Ison, 2009a; 2009b.
- xiv Keskitalo, 2010.
- xv Bauer e Steurer, 2014; Grothmann, 2011.
- xvi Wolf, 2011; Juhola e Westerhoff, 2011; Grothmann, 2011.
- xvii Runhaar et al., 2017.
- xviii Commissione europea, 2013a; MATTM, 2015; MATTM, 2017.
- xix Mees and Driessen, 2018; MEPLS, 2015; European Commission, 2013; MEPLS, 2015; Donner et al., 2016.
- xx European Commission, 2013; Risse et al., 2008; Prutsch et al., 2010; Donner et al., 2016.
- xxi <http://geodati.gov.it/geoportale>.
- xxii D. Lgs. 82/2005 e s.m.i.
- xxiii INSPIRE, <https://inspire.ec.europa.eu>.
- xxiv Reg. CE 1205/2008, <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:326:0012:0030:IT:PDF>.
- xxv www.sardegnasira.it.
- xxvi www.sinanet.isprambiente.it.

1. Caratterizzazione dei rischi derivanti dai cambiamenti climatici per la Sardegna

1.1. Analisi climatica (attuale e futura) e indicatori di pericolosità meteo-indotta per la regione Sardegna

Nel presente paragrafo sono descritte le caratteristiche climatiche della regione Sardegna, sia per quanto riguarda il clima presente sia per quanto riguarda gli scenari futuri attesi. Tale descrizione si basa sull'analisi eseguita dalla Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC), mediante utilizzo di dataset grigliati (28 km di risoluzione) di osservazione e di proiezioni climatiche ad alta risoluzione (circa 8 km) attualmente disponibili sul territorio italiano.

L'analisi climatica condotta per il presente lavoro permette sia di caratterizzare la variabilità climatica osservata a livello locale, sia di valutare, sempre localmente, le anomalie climatiche attese in futuro per effetto dei cambiamenti climatici. Tale analisi è stata effettuata utilizzando indicatori ritenuti rilevanti per lo studio delle variazioni delle caratteristiche (frequenza ed intensità) di particolari impatti.

Di seguito è riportata l'analisi effettuata con il dataset di osservazione E-OBS,ⁱ sul periodo climatico di riferimento 1981-2010, a partire dai dati di temperatura (media, minima e massima) e di precipitazione. Sebbene differenti studi indichino che il dataset E-OBS non sia adeguato per rappresentare correttamente le caratteristiche locali del clima italiano, soprattutto in termini di eventi estremi, esso rappresenta l'unico dataset grigliato omogeneo attualmente disponibile sul territorio nazionale per la precipitazione e la temperatura. Diversi altri lavori scientifici quindi, pur riconoscendone i limiti, utilizzano tale dataset per rappresentare il clima osservato sul periodo di riferimento indicato.ⁱⁱ Per una più completa descrizione del clima osservato, nel documento viene fatto anche riferimento ad alcuni studi di caratterizzazione del clima in Sardegna, già presenti in letteratura. Rimane indubbio, tuttavia, che la disponibilità di un dataset di osservazione omogeneo a più alta risoluzione permetterebbe una maggiore accuratezza di tale analisi.

Prodotto essenziale di tale lavoro sono le proiezioni climatiche attese per il trentennio futuro 2021-2050 rispetto al periodo di riferimento (1981-2010), in termini sia di valori medi che estremi di precipitazione e temperatura. Tali proiezioni sono ottenute considerando due diversi scenari IPCC, RCP4.5 e RCP8.5¹, a partire dai dati

¹ Le analisi si basano su alcuni RCPs (Representative Concentration Pathways) definiti in base al livello di forzante radiativa stimato per l'anno 2100 rispetto ai valori preindustriali (Van Vuuren et al. 2011). Nello specifico, sono stati adottati due RCPs: RCP4.5 e RCP8.5, dove i numeri rappresentano l'aumento (nel

simulati dal modello climatico regionale COSMO-CLM alla risoluzione orizzontale di circa 8 km,ⁱⁱⁱ forzato dal modello globale CMCC-CM (risoluzione orizzontale di circa 80 km).^{iv} Le simulazioni sono state eseguite adottando la configurazione ottimizzata dalla Fondazione CMCC. Questa configurazione ha mostrato una buona capacità di rappresentare gli indicatori climatici sull'Italia sia in termini di valori medi che estremi,^v sia rispetto agli E-OBS che ad alcuni dataset regionali disponibili (tra i quali quelli resi disponibili dal Servizio Idrografico della Regione Sardegna).

1.1.1. Gli indicatori climatici

In letteratura sono comunemente utilizzati molteplici indicatori per l'analisi delle caratteristiche del clima locale e per lo studio del cambiamento climatico. In particolare, alcuni indicatori sono utilizzati per l'analisi dei cosiddetti "eventi estremi", definiti come eventi che differiscono in maniera sostanziale, nelle loro caratteristiche, dalla media climatologica dell'area su un periodo di riferimento. Nello specifico, gli indicatori più utilizzati per descrivere intensità e frequenza di occorrenza degli eventi estremi sono quelli definiti dall'ETCCDI [vedi sitografia]; essi sono relativi a diverse variabili atmosferiche, ma quelli maggiormente usati in letteratura riguardano precipitazione e temperatura (Tabella 1). Tali indicatori vengono analizzati per effettuare studi di settore volti a valutare i principali impatti locali del cambiamento climatico; su tali analisi vengono poi basate le strategie di adattamento.^{vi}

Tabella 1 Indicatori considerati.

Indicatore	Abbreviazione	Descrizione	Unità di misura
Temperatura media	Tmean	Media annuale della temperatura giornaliera	(°C)
Summer days	SU95p	Numero di giorni con temperatura massima maggiore di 30.1 °C (valore medio spaziale sulla Sardegna del 95° percentile della temperatura massima utilizzando il dataset E-OBS)	(giorni/anno)

2100) del livello di forzante radiativa ad un valore rispettivamente di 4.5 e 8.5 W/m². Sotto lo scenario RCP8.5, caratterizzato da livelli di concentrazione più alti associati all'assenza di misure di mitigazione, sono stimati incrementi di temperatura media sull'intera penisola nell'ordine di 4°C per l'ultimo trentennio del XXI secolo (2071-2100), un incremento atteso negli eventi intensi di precipitazione e una diminuzione dei cumuli di precipitazione soprattutto al meridione. Lo scenario RCP4.5, è invece uno scenario intermedio nel quale si valuta l'efficacia di alcune misure di mitigazione; in questo scenario gli incrementi attesi di temperatura si attesterebbero su 2/3°C in media, meno evidenti sarebbero le riduzioni di precipitazione cumulata e gli incrementi nella frequenza degli eventi intensi.

Indicatore	Abbreviazione	Descrizione	Unità di misura
Frost days	FD	Numero di giorni con temperatura minima al di sotto di 0°C	(giorni/anno)
Precipitazione media	Rmean	Media annuale della precipitazione giornaliera	(mm/giorno)
Giorni di precipitazione intensa	R20	Numero di giorni con precipitazione giornaliera superiore ai 20 mm	(giorni/anno)
Massimo di precipitazione giornaliera	Rx1day	Massimo valore di precipitazione giornaliera	(mm/giorno)
Precipitazione cumulata annuale	AP	Cumulata delle precipitazioni annuali	(mm/anno)
Precipitazione cumulata invernale	WP	Cumulata delle precipitazioni nei mesi invernali (Dicembre, Gennaio, Febbraio)	(mm/stagione)
Precipitazione cumulata estiva	SP	Cumulata delle precipitazioni nei mesi estivi (Giugno, Luglio, Agosto)	(mm/stagione)
Consecutive dry days	CDD	Massimo numero di giorni consecutivi all'anno con precipitazione giornaliera inferiore a 1 mm	(giorni/anno)
Copertura nevosa	SC	Numero di giorni per cui l'ammontare di neve superficiale è maggiore di un 1 cm	(giorni/anno)
Evaporazione	Evap	Evaporazione cumulata annuale	(mm/anno)
Indice termoisgrometrico ^[2]	THI	$THI (^{\circ}C) = Ta - (0,55 - 0,55 \times RH/100) \times (Ta - 58)$ $Ta = (1,8 \times Tmean) + 32 (^{\circ}C)$ $RH = \text{umidità relativa } (\%)$	(°C)

² NOAA, 1976: *Livestock hot weather stress*. Operations Manual Letter C-31-76. NOAA, Kansas City, MO. Si tratta di un indicatore che valuta lo stress termico del corpo umano/animale tenendo conto di temperatura e umidità relativa dell'aria.

Indicatore	Abbreviazione	Descrizione	Unità di misura
xx° percentile della precipitazione	xxp(*)	xx° percentile della precipitazione	(mm/giorno)
Giorni con precipitazione maggiore dell'xx° percentile	Rxxp(*)	Numero di giorni con precipitazione maggiore del xx° percentile della precipitazione nel periodo 1981-2010	(giorni/anno)
Precipitazione massima giornaliera con tempo di ritorno 2 anni	Rx1day(RT=2y)	Quantità massima di precipitazione giornaliera con un periodo di ritorno di 2 anni	(mm/giorno)
Precipitazione massima giornaliera con tempo di ritorno 5 anni	Rx1day(RT=5y)	Quantità massima di precipitazione giornaliera con un periodo di ritorno di 5 anni	(mm/giorno)

(*) xx indica i seguenti percentili: 25, 50, 75, 80, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99.

1.1.2. Variabilità climatica osservata

In letteratura sono disponibili diversi riferimenti sui regimi di piovosità e temperatura in Sardegna. Ad esempio, in Serra e Sollai (1990) viene presentata, assieme ad un'ampia rassegna degli studi precedenti, un'analisi della piovosità sull'isola, considerando anche l'orografia e la geomorfologia del territorio. In Tabella 2 è mostrata una sintesi di studi più recenti [vedi sitografia] per l'analisi del campo di precipitazione e di temperatura in Sardegna sul periodo 1951-1999, a partire dai dati delle stazioni dell'ex Servizio Idrografico; in particolare, sono riportati i range dei valori medi annui di temperatura (media, minima e massima) e di precipitazione sull'intero periodo di osservazione. In termini di temperatura, si osserva una temperatura minima media che varia tra 7,2 °C e 14,6 °C durante l'anno e una temperatura massima media che varia tra 15,6 °C e 22,7 °C. In termini di precipitazione invece si osserva una precipitazione annuale media che varia tra 414 mm e 1118,9 mm. Questo ampio range di valori indica una variabilità elevata anche per quanto attiene gli andamenti medi; risulta quindi evidente l'utilità della disponibilità di serie storiche ad alta risoluzione per un'analisi climatica approfondita della regione Sardegna. Per tale motivo, specie per quanto attiene la precipitazione, il dataset di osservazione E-OBS,

ad una risoluzione di circa 28 km, risulta insufficiente per caratterizzare la variabilità regionale.

Tabella 2 Range dei valori medi annuali di temperatura (Tmean), temperatura minima (Tmin), temperatura massima (Tmax) e precipitazione cumulata (Pr) sul periodo 1951-1999.

Tmean (°C)	Tmin (°C)	Tmax (°C)	PR (mm)
11.7-17.8	7.2-14.6	15.6-22.7	414.0-1118.9

In termini di indicatori estremi selezionati (Tabella 1), sempre considerando i dati resi disponibili dal Servizio Idrografico Regionale [vedi sitografia], in Tabella 3 sono riportati i range dei valori medi annui dell'indicatore FD (numero di giorni in cui la temperatura minima è minore di 0 °C) e dell'indicatore CDD (massimo numero di giorni consecutivi con assenza di pioggia). In particolare, si osserva che la Sardegna è caratterizzata da un numero medio di giorni all'anno con temperatura minima al di sotto di 0 °C che varia tra 0 e 33 (i valori più elevati sono raggiunti nell'area montuosa centro orientale della Sardegna) mentre è caratterizzata da un numero massimo medio di giorni consecutivi con precipitazione minore di 1 millimetro che varia tra 47 e 100 (valori più elevati nella zona sud della Sardegna; in particolare, i picchi riguardano la zona costiera sud occidentale).

Tabella 3 Range dei valori medi annuali degli indicatori FD e CDD per il periodo osservato 1951-1999.

	FD	CDD
giorni/anno	0-33	47-100

L'analisi dei trend degli eventi estremi sul periodo considerato non mostra risultati generalizzati alla scala annuale, salvo per la precipitazione cumulata e l'indicatore CDD, che mostrano una tendenza negativa. Per ulteriori dettagli, si rimanda alle note tecniche dei siti regionali [vedi sitografia].

1.1.3. Dataset E-OBS: analisi sul periodo climatico di riferimento

Il dataset E-OBS,^{vii} adoperato per l'analisi sul periodo climatico di riferimento 1981-2010, fornisce dati giornalieri di precipitazione e temperatura su un grigliato regolare con risoluzione orizzontale di circa 28 km (0,25° x 0,25°). Nello specifico, è stata utilizzata la versione 17 [vedi sitografia], rilasciata ad Aprile 2018. Data la loro copertura spaziale e temporale, il set di dati E-OBS rappresenta uno standard per le ricerche climatiche. Al contempo, tale set di dati presenta alcune limitazioni:

l'accuratezza dell'interpolazione dei dati si riduce al diminuire della densità del numero di stazioni, come accade nel sud Italia e in corrispondenza di territori ad orografia complessa.

In Figura 1 e Figura 2 sono riportate le mappe di alcuni indicatori considerati rappresentativi della climatologia della Sardegna.

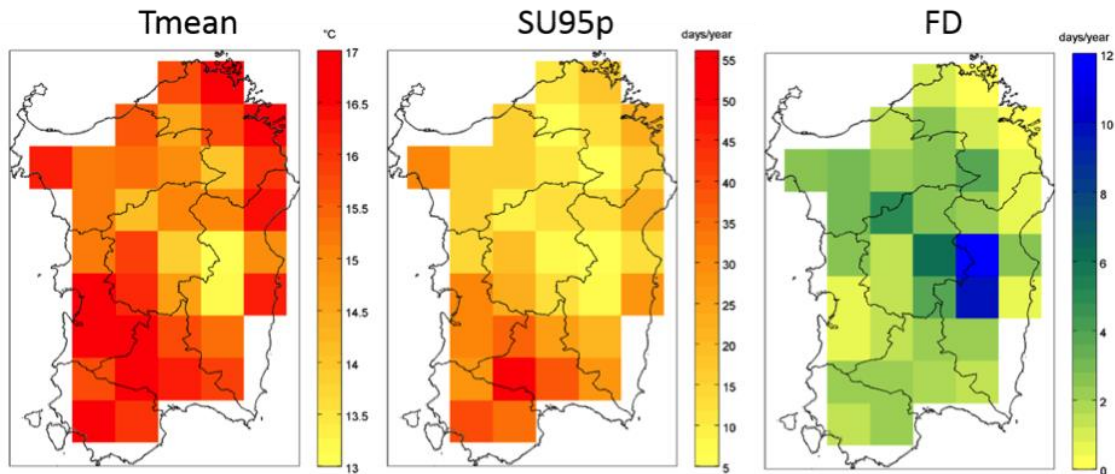


Figura 1 Mappe degli indicatori di temperatura Tmean, SU95p e FD (E-OBS, 1981-2010).

In termini di temperatura, la Figura 1 mostra per la regione Sardegna un valore di temperatura media annuale (Tmean) che varia tra 13 °C e 17 °C, con picchi di 17 °C presenti soprattutto a sud e sulla costa nord-est della Sardegna. Inoltre, la regione Sardegna è caratterizzata da un numero medio di giorni all'anno con temperatura massima giornaliera maggiore di 30,1 °C (SU95p) che varia tra 5 e 55, con picchi di circa 55 giorni/anno a sud, mentre il numero medio di giorni all'anno con temperatura minima giornaliera al di sotto di 0 °C (FD) varia tra 0 e 12, con picchi di circa 12 giorni/anno sull'area montuosa centrale.

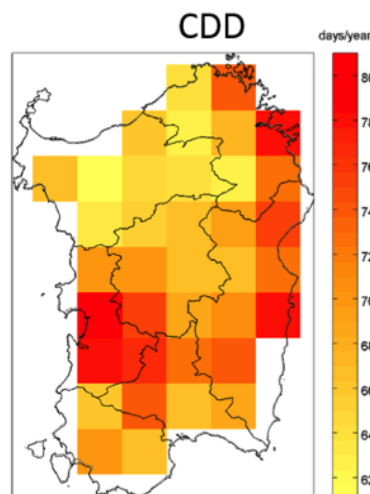


Figura 2 Mappa dell'indicatore CDD (E-OBS, 1981-2010).

In termini di precipitazione, la regione Sardegna risulta caratterizzata da un numero massimo di giorni annui consecutivi senza precipitazione (CDD) che varia da circa 60 a 80 (Figura 2), in generale accordo con quanto riportato dai dati regionali.

1.1.4. Proiezioni climatiche future

In aggiunta alla breve sintesi del quadro climatico del periodo di riferimento 1981-2010, necessario a caratterizzare il clima attuale della regione, in tale sezione sono fornite le proiezioni climatiche degli indicatori elencati in Tabella 1 per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, per gli scenari IPCC RCP4.5 e RCP8.5.

Tali proiezioni sono ottenute a partire dai dati simulati dal modello climatico regionale COSMO-CLM^{viii} alla risoluzione di circa 8 km forzato dal modello globale CMCC-CM (risoluzione orizzontale 80 km).^{ix} Tale configurazione, ottimizzata dalla Fondazione CMCC sull'area italiana,^x è largamente utilizzata in Italia per studi climatici locali e per analisi degli effetti del cambiamento climatico su diverse tipologie di impatti.

In termini di temperatura, la Figura 3 mostra un generale aumento della temperatura media (Tmean) per entrambi gli scenari, più marcato secondo lo scenario RCP8.5, con un incremento fino a 2 °C.

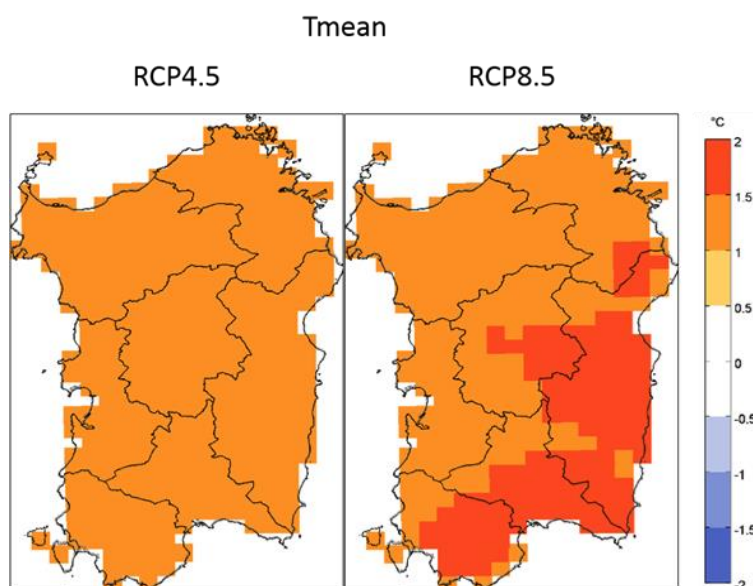


Figura 3 Anomalie [°C] della temperatura media per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

Per quanto attiene l'indicatore SU95p (Figura 4), è evidente un aumento diffuso su tutta la regione del numero di giorni all'anno con temperatura massima maggiore di 30,1 °C (valore medio spaziale sulla Sardegna del 95° percentile della temperatura massima utilizzando il dataset E-OBS).

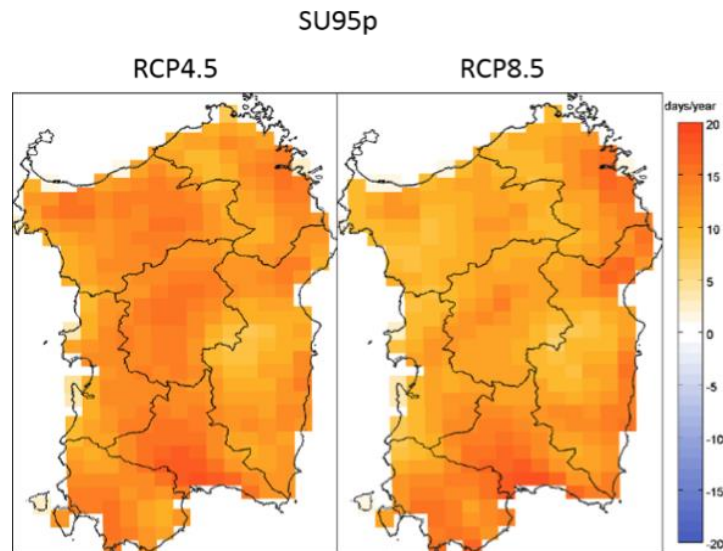


Figura 4 Anomalie [giorno/anno] dell'indicatore SU95p per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

Inoltre, la Sardegna è interessata da una riduzione del numero di giorni con temperatura minima minore di 0 °C (FD), più marcata per lo scenario RCP8.5, con un pattern spaziale che ricalca l'orografia della regione (Figura 5).

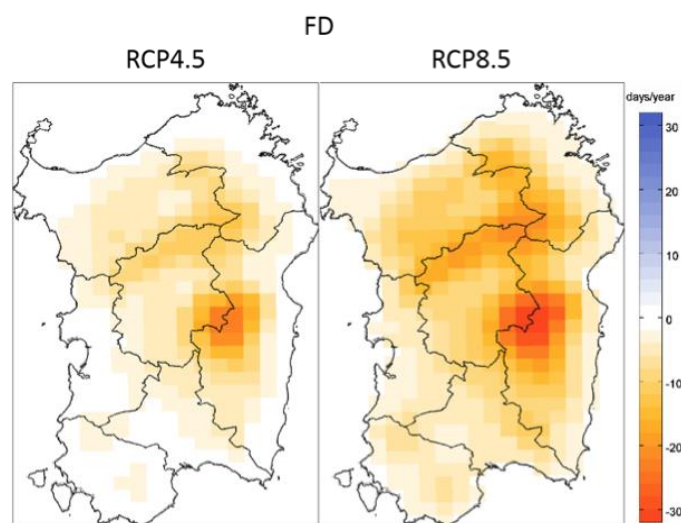


Figura 5 Anomalie [giorni/anno] dell'indicatore FD per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

In termini di precipitazione, le proiezioni con lo scenario RCP4.5 mostrano un aumento dei valori annuali (Figura 6) a sud e ad est della Sardegna, mentre è attesa una riduzione nella parte centrale e nord-occidentale. D'altra parte, lo scenario RCP8.5 mostra una generale riduzione della precipitazione annuale nella parte centrale e sud-occidentale, mentre è atteso un aumento altrove.

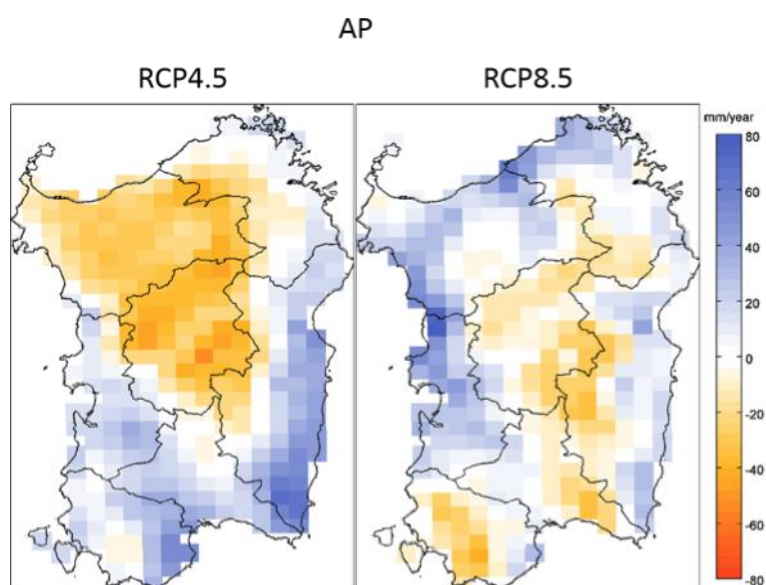


Figura 6 Anomalie [mm/anno] dell'indicatore AP per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

In particolare, in Figura 7 sono mostrate le anomalie di precipitazioni invernali ed estive. In accordo con entrambi gli scenari, è atteso un generale aumento delle precipitazioni invernali, fino a 47 mm secondo lo scenario RCP4.5, più marcato secondo l'RCP8.5 con picchi di 59 mm. L'estate invece, è caratterizzata da una generale riduzione secondo lo scenario RCP4.5, fino a -18 mm; di contro, le proiezioni con lo scenario RCP8.5 mostrano un generale lieve aumento delle precipitazioni fino a 10 mm.

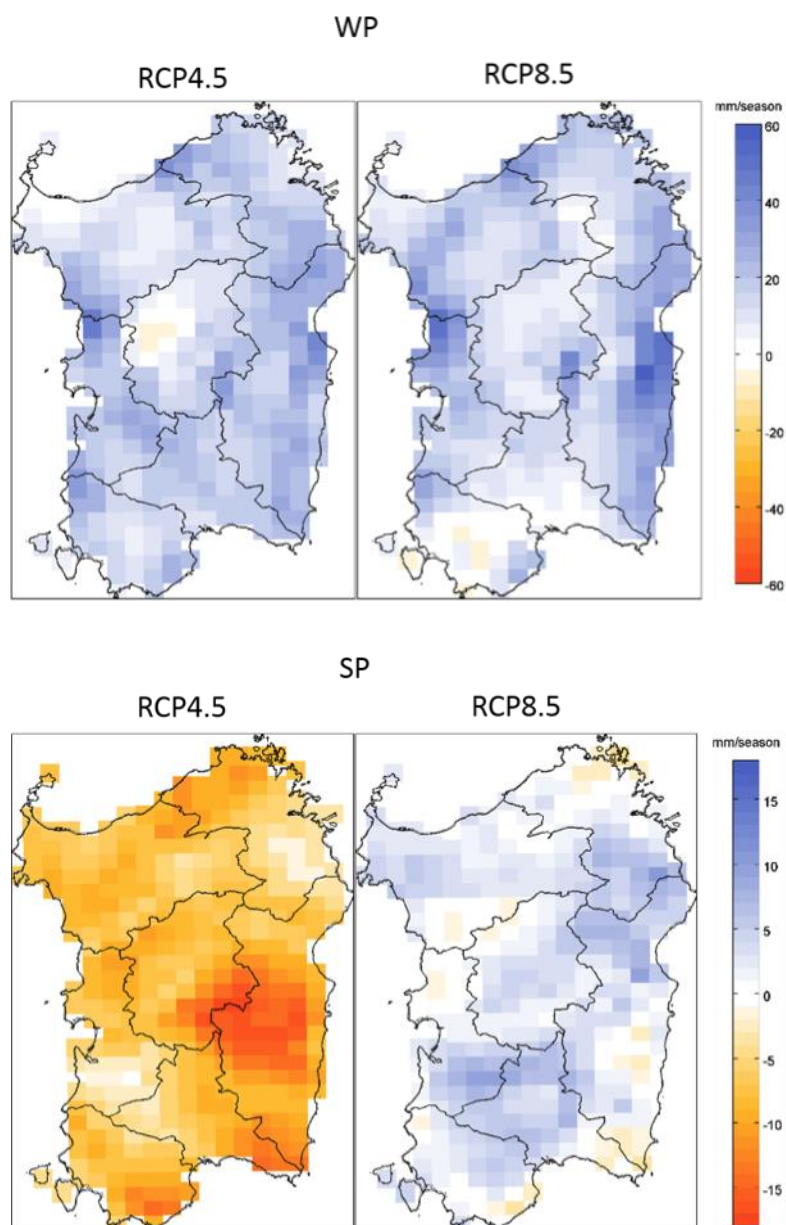


Figura 7 Anomalie [mm/stagione] degli indicatori WP e SP per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

Inoltre, in accordo con entrambi gli scenari, si evince come sia atteso un aumento del numero di giorni all'anno con precipitazione maggiore o uguale a 20 mm (R20, Figura 8), dei massimi giornalieri di precipitazione (Rx1day, Figura 9) e del massimo numero di giorni consecutivi all'anno con precipitazione minore di 1 millimetro (CDD, Figura 10).

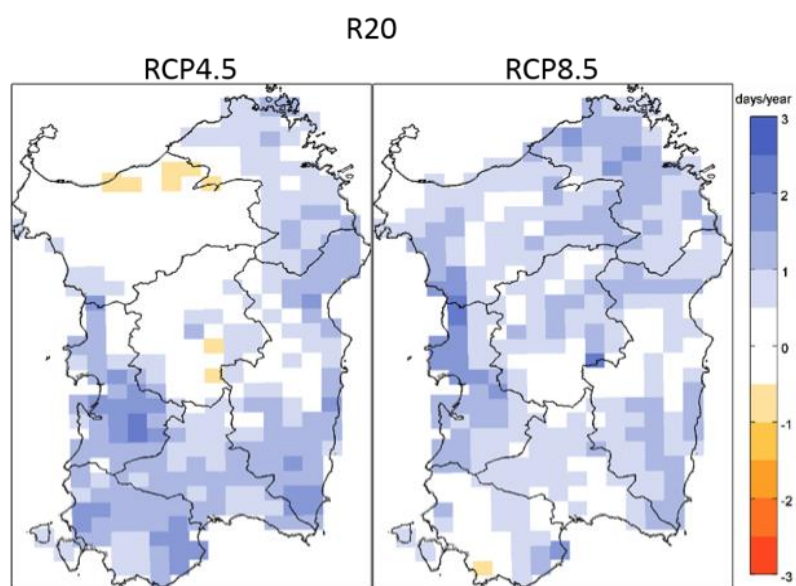


Figura 8 Anomalie [giorni/anno] dell'indicatore R20 per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

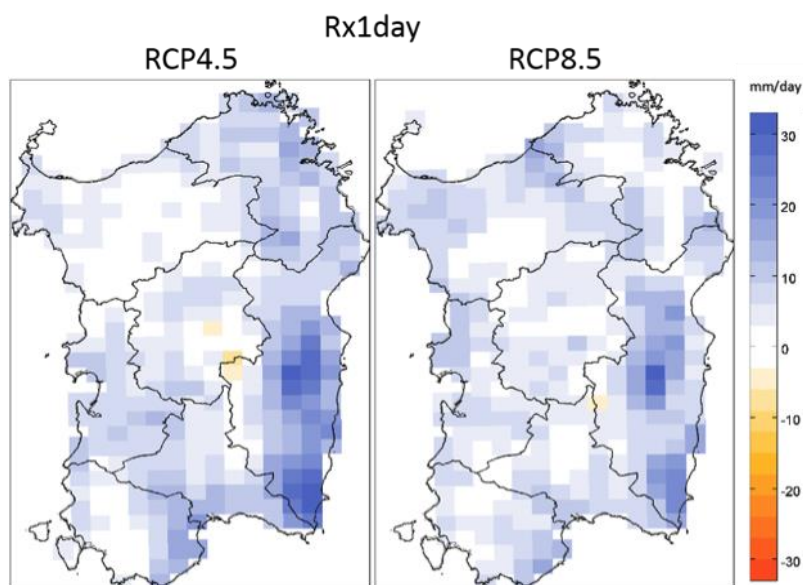


Figura 9 Anomalie [mm/giorno] dell'indicatore Rx1day per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

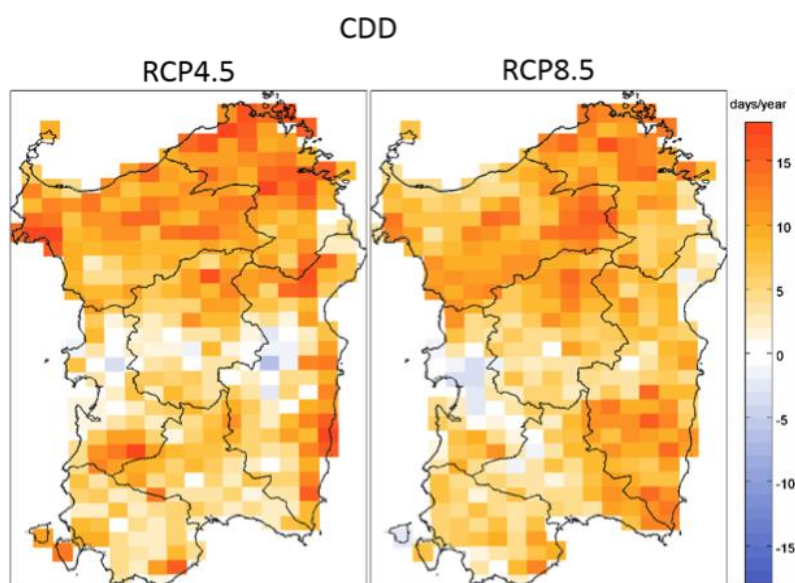


Figura 10 Anomalie [giorni/anno] dell'indicatore CDD per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

In termini di percentili di precipitazione (Figura 14 riportata in Appendice A), è atteso un aumento in accordo con entrambi gli scenari, più marcato per i percentili più elevati, soprattutto nella parte orientale della Sardegna. Inoltre, per quanto riguarda il numero di giorni con precipitazione che eccede i percentili calcolati sul periodo di riferimento 1981-2010 (Figura 15 riportata in Appendice A), è attesa una riduzione del numero di giorni con precipitazione maggiore del 25° e 50° percentile (rispettivamente R25p e R50p), più marcata per l'indicatore R25p. Di contro, è atteso un generale lieve aumento del numero di giorni con precipitazioni più intense (R90p, R91p, R92p, R93p, R94p, R95p, R96p e R97p).

L'aumento dell'intensità degli eventi di precipitazione si evince anche dall'incremento dei valori di ritorno, per periodi di ritorno di 2 e 5 anni (R_{x1day} ($RT=2y$) e R_{x1day} ($RT=5y$) rispettivamente), come mostrato in Figura 11. Tali incrementi, maggiori considerando il tempo di ritorno di 5 anni, sono più marcati nella parte orientale della Sardegna, area in cui si ha anche un aumento delle precipitazioni più intense. In particolare, in accordo con entrambi gli scenari, per il valore di ritorno corrispondente ad un periodo di 2 anni è atteso un incremento di al più 25 mm, mentre considerando un periodo di ritorno di 5 anni è atteso un incremento di al più 40 mm.

Questi risultati sono in accordo con quanto mostrato in precedenza, suggerendo uno scenario futuro in cui le precipitazioni potrebbero essere concentrate in un numero limitato di eventi intensi.

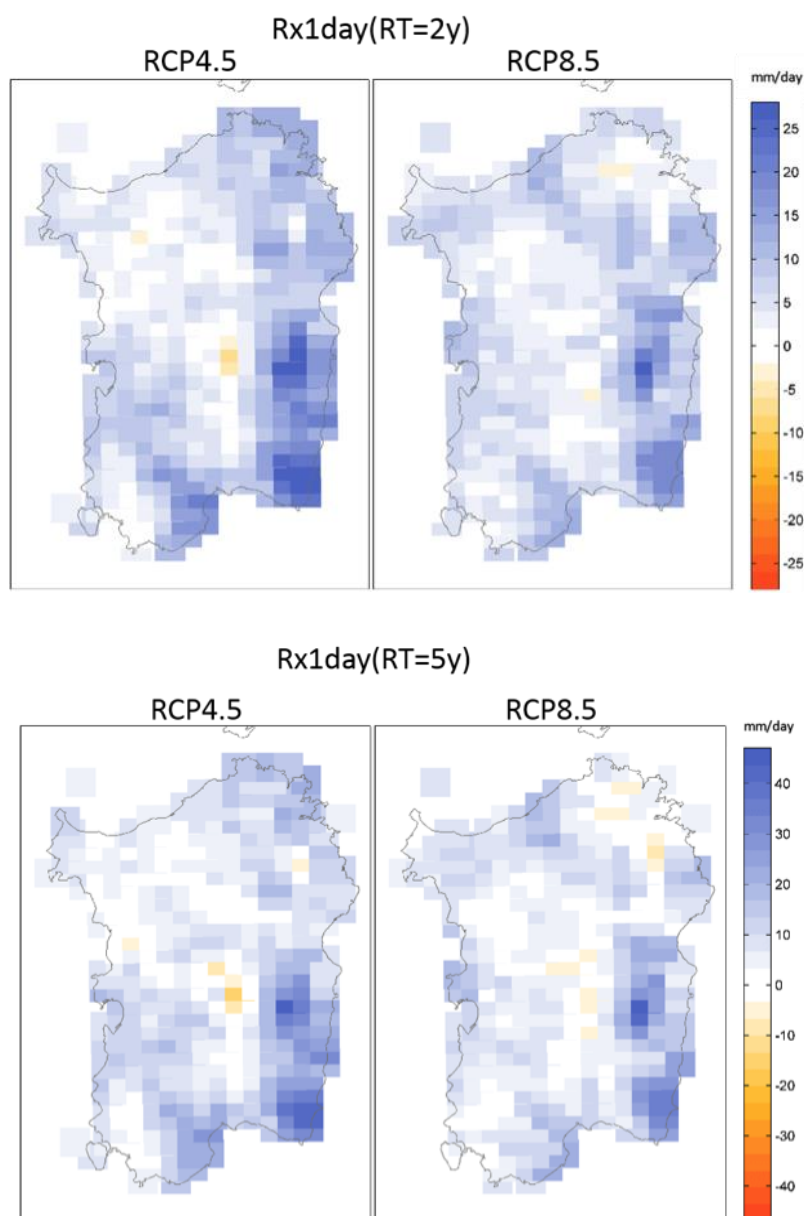


Figura 11 Anomalie [mm/giorno] dell'indicatore Rx1day con un tempo di ritorno di 2 e 5 anni per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5

Per quanto attiene l'indicatore SC (Figura 12), in accordo con entrambi gli scenari, è evidente una riduzione del numero di giorni con copertura nevosa maggiore di un 1 cm sulle aree montuose, fino a circa 15 giorni secondo lo scenario RCP8.5.

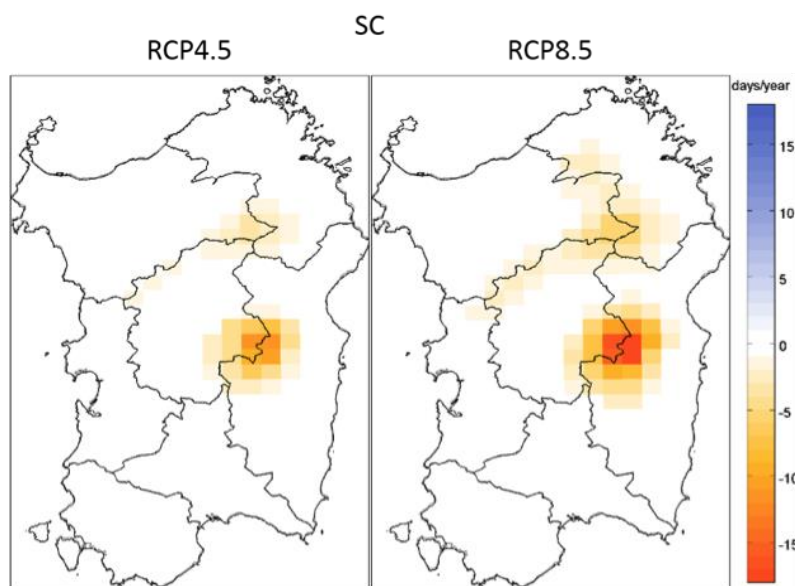


Figura 12 Anomalie [giorni/anno] dell'indicatore SC per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

Infine, i risultati relativi all'evaporazione (EVAP) mostrano una generale riduzione nella parte centro-settentrionale della Sardegna secondo lo scenario RCP4.5 ed un lieve aumento altrove, mentre un comportamento opposto è mostrato considerando l'RCP8.5 (Figura 13).

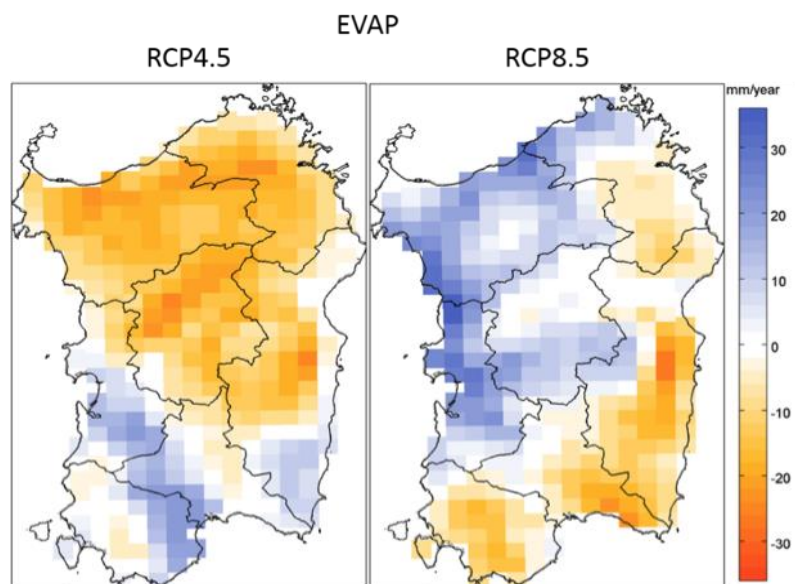


Figura 13 Anomalie [mm/anno] dell'indicatore EVAP per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

Le mappe relative alle proiezioni climatiche degli indicatori Rmean e THI non sono mostrate in quanto per quel che riguarda la media annuale della precipitazione

giornaliera (Rmean), le anomalie non mostrano variazioni apprezzabili. Invece, l'indice termoigrometrico THI, mostra un aumento uniforme di circa 2°C su tutta la regione, per entrambi gli scenari IPCC.

1.2. Appendice A

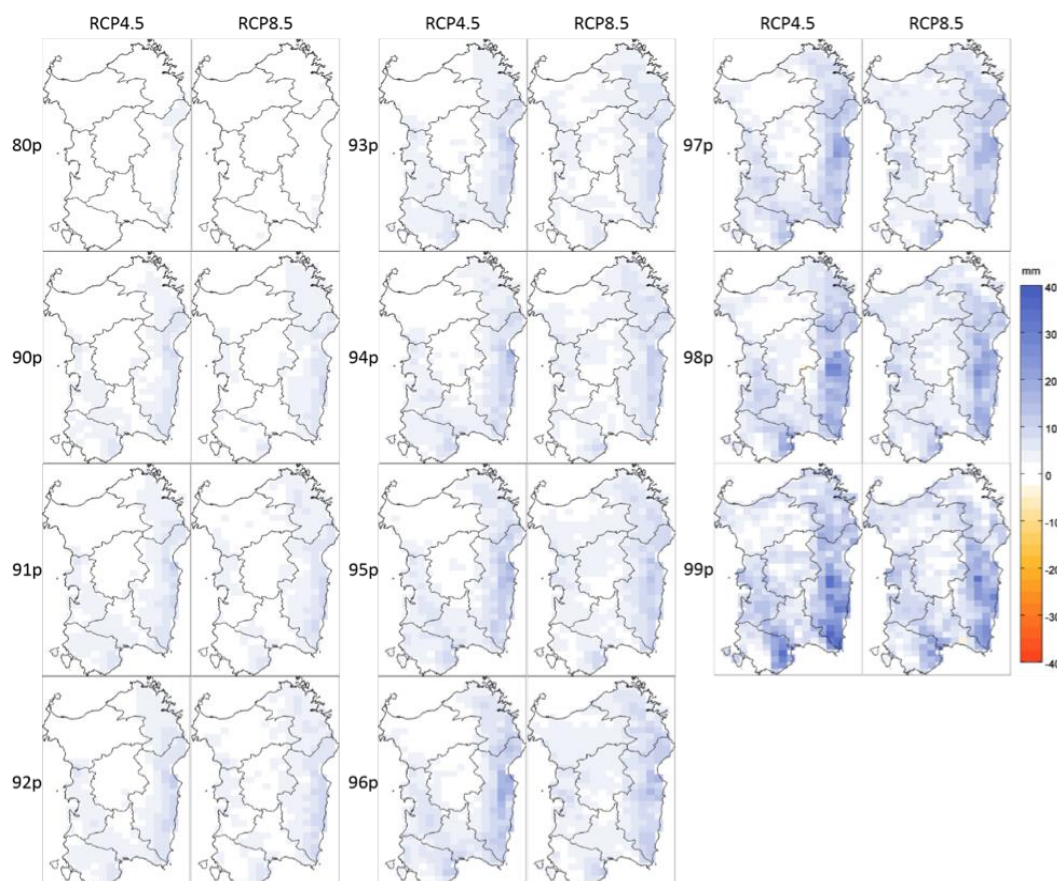


Figura 14 Anomalie [mm/giorno] dei percentili di precipitazione per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

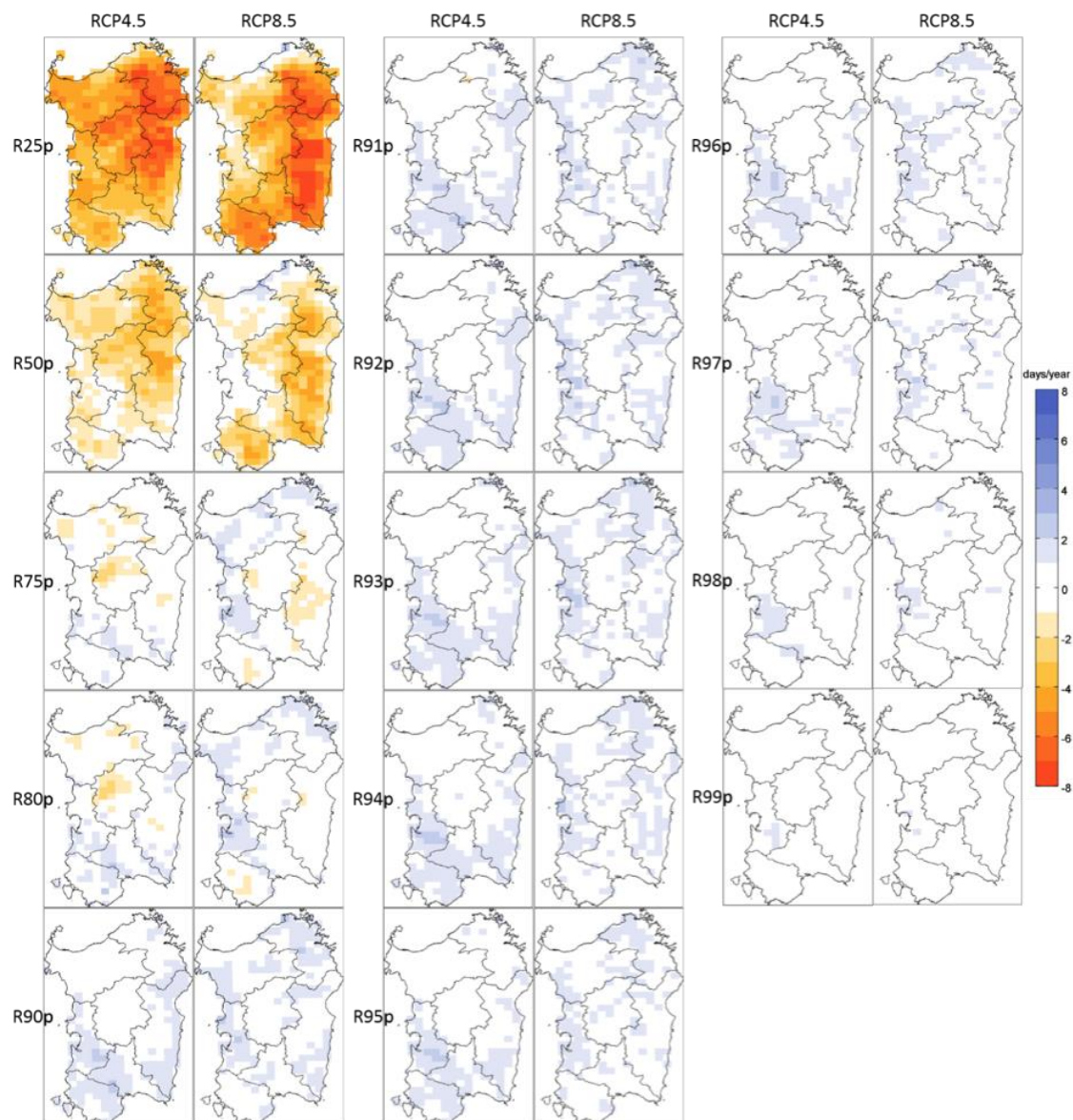


Figura 15 Anomalie [giorni/anno] degli indicatori Rxxp (per tutti i percentili considerati) per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 ed RCP8.5.

1.3. Individuazione preliminare di settori per l'analisi degli impatti

1.3.1. Il comparto agro-forestale

È ormai accertato definitivamente che il clima terrestre sta cambiando a causa della concentrazione atmosferica dei gas serra. Questa variazione potrà avere ripercussioni su differenti sistemi economici. In particolare il comparto agricolo e forestale risulta particolarmente esposto alle variazioni climatiche (e alle conseguenze come incendi e condizioni di aridità) poiché le condizioni meteoriche durante la stagione di crescita influenzano significativamente la produzione potenziale di biomassa, la produttività dei sistemi agricoli e forestali e i servizi erogati. Di seguito viene riportata una panoramica sul contesto ambientale e socio-economico che caratterizza il settore, distinguendo il comparto agricolo da quello forestale.

1.3.1.1. Comparto agricolo

Il settore agricolo in Sardegna riveste un'importanza notevole sull'economia regionale in quanto, come evidenziato nel rapporto CREA del 2015 (vedi sitografia), il suo valore aggiunto incide per il 4,5% sul Prodotto Interno Lordo (PIL), pesando con una quota superiore sia a quella del resto d'Italia (2,1%) che a quella registrata dalle regioni del Mezzogiorno (3,7%). Il comparto agricolo regionale, costituito dalle componenti agricoltura, silvicoltura e pesca, contribuisce per il 4,1% alla formazione del Valore Aggiunto (VA) totale nazionale, sempre sulla base delle evidenze del rapporto del CREA, con l'agricoltura che rappresenta il 90% del VA del settore, mentre la pesca e la silvicoltura incidono rispettivamente per il 7% e per il 3%. All'interno della quota agricola, su un valore di produzione di circa 1,6 miliardi di euro, il 43% circa è formato dagli allevamenti, il 41% dalle coltivazioni (di cui 26% erbacee, 7% foraggiere, 8% legnose) e il rimanente 16% dalle attività secondarie e di supporto (PSR 2014-2020, vedi sitografia).

L'analisi dei dati del 6° Censimento Generale dell'Agricoltura dell'ISTAT (vedi sitografia), come evidenziato anche nel documento di sintesi "Il 6° Censimento Generale dell'Agricoltura in Sardegna" (vedi sitografia) redatto dalla Regione Sardegna, evidenzia una trasformazione del comparto agricolo e zootecnico sardo rispetto al decennio precedente, abbastanza in linea con le dinamiche rilevate a livello nazionale. Rispetto al censimento del 2000, è stato infatti registrato un calo di circa il 43% del numero di aziende agricole e zootecniche (che nel censimento del 2010 ammontavano a 60.812) e un incremento, di circa il 13% della Superficie Agricola Utilizzata (SAU), pari a 1.153.691 ettari, evidenziando una dinamica di crescita della dimensione media aziendale, che raggiunge il valore medio di 19 ettari per azienda, il

più elevato a livello italiano. Sono infatti aumentate (+29%) le aziende con superficie di oltre 30 ettari, a discapito di aziende con meno di un ettaro di SAU. Il 40% circa delle aziende sarde ha comunque una SAU al di sotto di due ettari.

Il grafico riportato in Figura 16, tratto dal documento di sintesi della Regione Sardegna, illustra le variazioni percentuali di Superficie Agricola Totale (SAT), di SAU e del numero di aziende ottenute dal confronto dei dati rilevati nei censimenti del 2000 e del 2010. L'incremento della SAU più elevato è stato registrato nella provincia di Carbonia-Iglesias, seguito da Ogliastra e dalla provincia di Cagliari. Le aziende con la dimensione media maggiore si trovano comunque nella provincia di Nuoro (28,2 ettari di SAU media), di Olbia-Tempio (27,6 ettari) e di Sassari (22,4 ettari).

Sardegna: Aziende, SAU e SAT, per provincia. Variazione percentuale 2010/2000

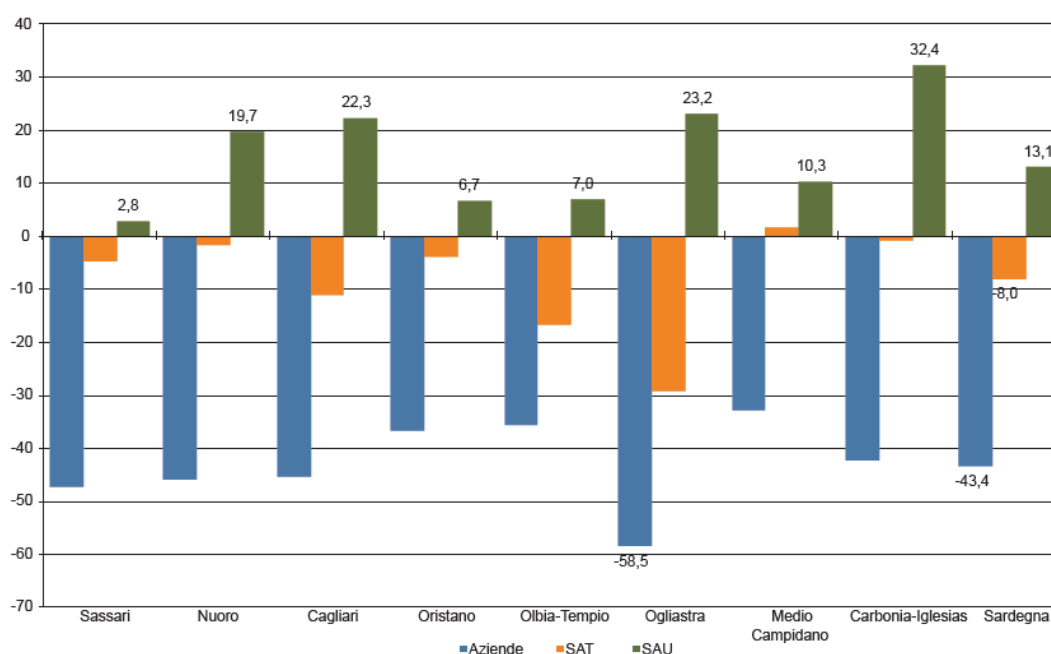


Figura 16 Variazione percentuale della SAU, SAT e del numero di aziende in Sardegna e nelle diverse province registrata mediante confronto dei dati rilevati nei censimenti del 2000 e del 2010 (fonte: Il 6° Censimento Generale dell'Agricoltura in Sardegna. Caratteristiche strutturali delle aziende agricole regionali).

Come riportato in Figura 17, si può osservare che, contrariamente a quello che si evidenzia a livello italiano in cui solo il 26,7% della SAU è destinato a prati permanenti e pascoli (PSR 2014-2020), in Sardegna tale quota raggiunge il 60% della SAU, con valori percentuali in aumento rispetto al 2000 (51,5%) e con una variazione pari al 32%, mentre i seminativi occupano il 34,1% (Italia 54,5%), con una riduzione di 18.000 ettari (-4,4%) della superficie destinata a seminativi, mentre le coltivazioni legnose agrarie occupano il 5,7% (Italia 18,5%), con una riduzione di 16.000 ettari (-19,3%) della

superficie destinata a tali colture. Uno 0,1% infine è relativo alla superficie degli orti familiari, con una riduzione di oltre il 25% rispetto ai valori del precedente censimento.

Sardegna: Composizione % della SAU secondo le principali forme di utilizzazione dei terreni e tassi di variazione percentuale. Anno 2010

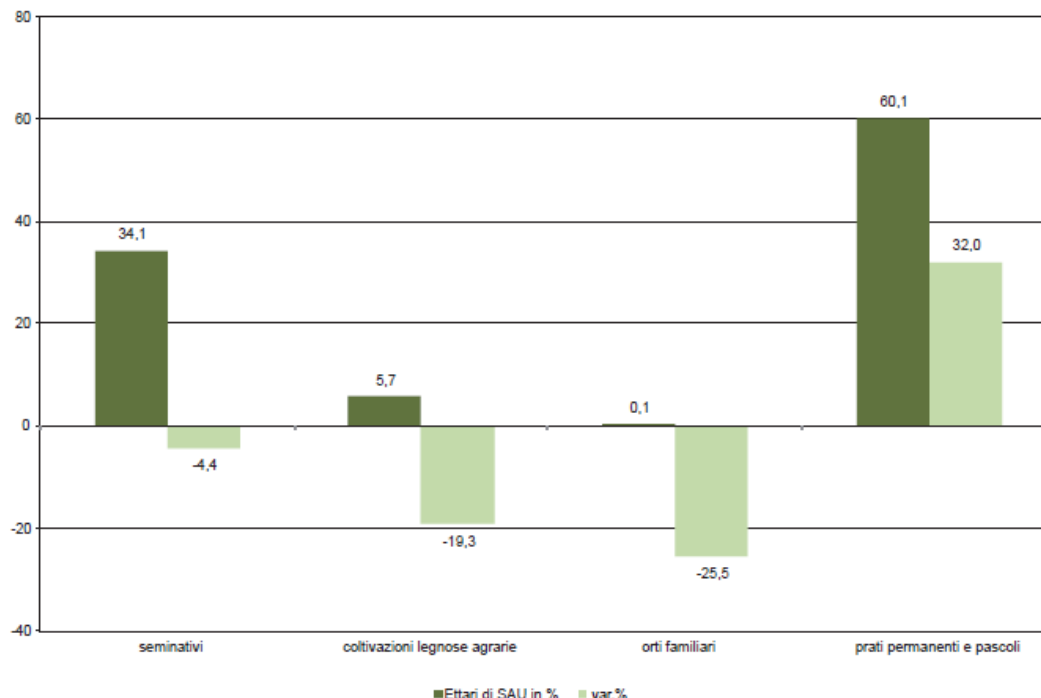


Figura 17 Composizione percentuale della SAU secondo le principali forme di utilizzazione dei terreni e tassi di variazione percentuale, riferiti all'anno 2010 (fonte: Il 6° Censimento Generale dell'Agricoltura in Sardegna. Caratteristiche strutturali delle aziende agricole regionali).

La dimensione media delle aziende con seminativi è aumentata costantemente, raggiungendo un valore di oltre 13 ettari (censimento 2010). Le dimensioni aziendali per le coltivazioni legnose agrarie sono rimaste invece abbastanza stabili, con un valore medio al 2010 di circa 1,6 ettari. L'andamento della dimensione media delle aziende con prati permanenti e pascoli ha invece mostrato un decremento dal 1982 al 2000 ed un successivo incremento nell'ultimo decennio, arrivando ad un valore medio aziendale di 30,4 ettari nel 2010, un valore più che doppio rispetto alla media nazionale che si attesta a 12,5 ettari.

Nell'ambito dei seminativi, le foraggere avvicendate, che rappresentano il 50% della SAU, sono passate da 201.657 ettari nel 2000 a 228.677 ettari nel 2010, con un incremento del 13,5%, mentre si è registrata una diminuzione del 28,1% dei cereali per la produzione di granella (principalmente grano duro), le cui superfici sono passate da 146.000 a 105.000 ettari.

In merito alle altre coltivazioni si è registrato un incremento della superficie a riposo e della superficie dedicata alla coltivazione di specie ortive, mentre si è ridotta

notevolmente la produzione di colture industriali, che in alcuni casi è proprio scomparsa (es. barbabietola da zucchero).

Le province che fanno registrare i maggiori incrementi di Superficie Agricola Utilizzata nelle foraggere sono il Medio Campidano e Carbonia-Iglesias, con rispettivamente +55,1% e +46,6%, seguono Cagliari (+20,8%), Oristano (+20,5%), Ogliastra (+15,8%) e Sassari (+10,7%). Unici valori negativi si osservano nelle province di Olbia-Tempio (-15,8%) e di Nuoro (-7,6%). La perdita di SAU per la coltivazione dei cereali è pressoché omogenea in tutta la Sardegna, eccetto per le province del Medio Campidano e di Cagliari che fanno registrare una contrazione rispettivamente del 16 e del 22%.

Per quanto riguarda la riduzione della Superficie Agricola Utilizzata da coltivazioni legnose, gran parte della contrazione è da attribuire alla riduzione dell'estensione della coltivazione della vite (-28%), dell'olivo (-8,7%) e soprattutto dei fruttiferi, le cui superfici si sono quasi dimezzate (-45%).

A livello provinciale si riscontra per la vite una contrazione pressoché omogenea a parte la sostanziale tenuta delle coltivazioni della provincia di Olbia-Tempio. Per i fruttiferi si registrano le contrazioni maggiori in termini assoluti nelle province di Nuoro e Cagliari, per un numero complessivo di 2.602 ettari. Anche il comparto agrumicolo ha assistito a una riduzione della SAU perdendo in 10 anni circa 1.700 ettari e oltre 8.300 aziende. In termini assoluti, la flessione si concentra nella provincia di Cagliari, nella quale sono andati perduti oltre 1.100 ettari di SAU dedicata alla coltivazione degli agrumi. L'unica provincia in controtendenza è il Medio Campidano, in cui la SAU agrumicola è aumentata di circa 200 ettari.

Per quanto riguarda il settore zootecnico, i dati dell'ultimo censimento confermano la vocazione della regione verso attività di allevamento ovino. Le aziende con allevamenti ovini sono circa 12.700 e rappresentano oltre il 60% del totale delle aziende zootecniche regionali, con un numero complessivo di capi di oltre 3 milioni. A fronte di una riduzione del 12,1% delle aziende con allevamenti ovini, il numero dei capi ha fatto registrare un incremento del 7,8%.

Le rimanenti quote di aziende zootecniche riguardano l'allevamento di bovini (praticato nel 38,2% delle aziende zootecniche), a seguire l'allevamento di suini (nel 23,6%), equini (18%) e infine dei caprini (12,8%).

La Figura 18 mostra il numero di aziende per tipologia di allevamento per i censimenti del 2000 e del 2010. Si può osservare un calo generale per tutte le tipologie di allevamento, ma particolarmente marcato per gli allevamenti suinicoli e avicoli.

Tuttavia, negli ultimi dieci anni, per quasi tutte le tipologie di allevamento (ad esclusione dei bufalini) a fronte di un calo del numero di aziende, si registra un

aumento del numero medio dei capi allevati per azienda, particolarmente evidente nel caso di aziende con ovini, caprini e avicoli.

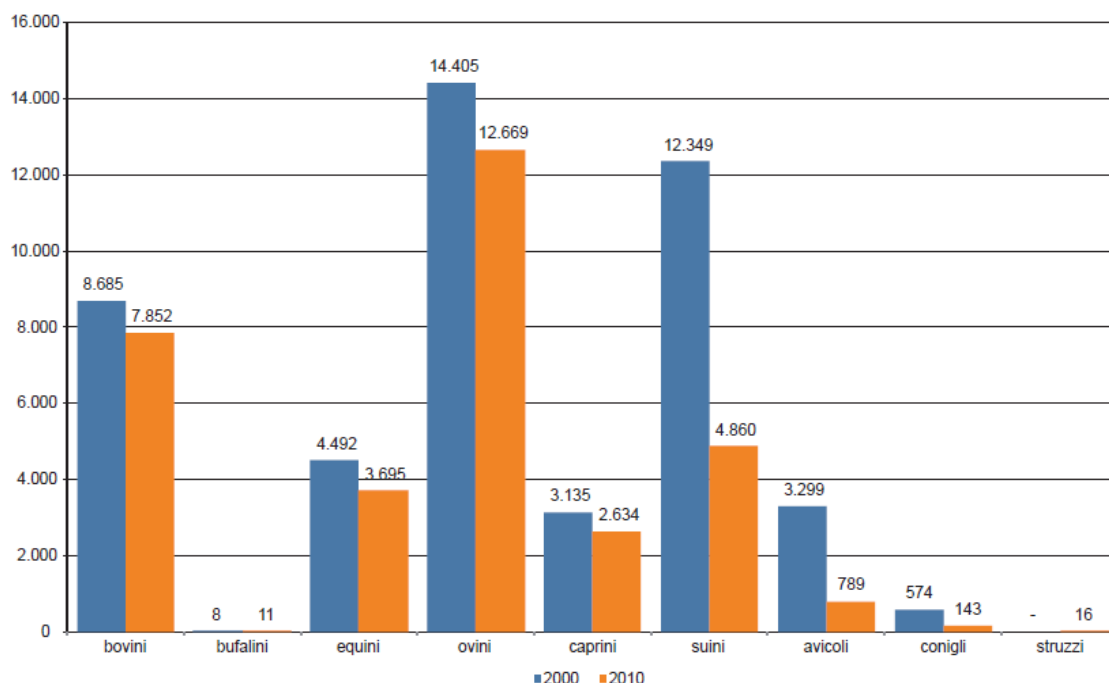


Figura 18 Aziende per tipologia di allevamento (escluso api e altri allevamenti). Anni 2000 e 2010 (fonte: Il 6° Censimento Generale dell'Agricoltura in Sardegna. Caratteristiche strutturali delle aziende agricole regionali).

La Figura 19 presenta la distribuzione percentuale delle aziende per provincia per le diverse tipologie di allevamento. Si può osservare come le aziende con ovini si distribuiscano in prevalenza tra le province di Sassari e Nuoro, mentre le aziende con allevamenti di bovini abbiano una maggiore incidenza distributiva nelle province di Sassari, Nuoro e Olbia-Tempio, anche se è nella provincia di Oristano che si registra oltre un quarto del totale dei capi bovini, nonostante il numero delle aziende sia in percentuale solo del 17%.

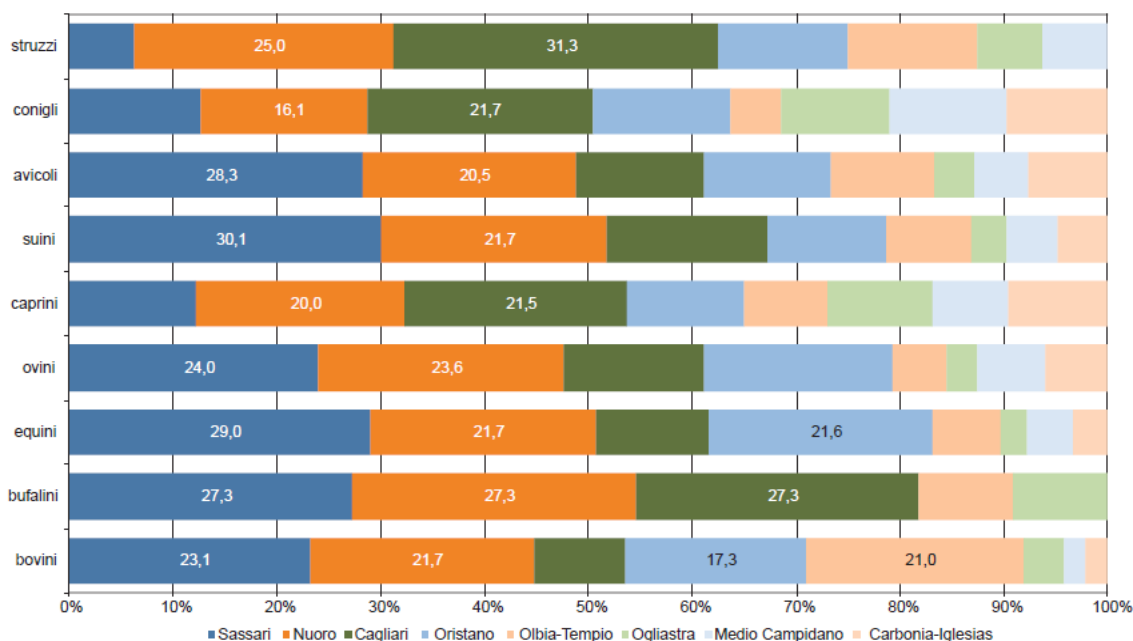


Figura 19 Aziende con allevamenti per tipologia di allevamento e provincia. Distribuzione percentuale. Anno 2010 (fonte: Il 6° Censimento Generale dell'Agricoltura in Sardegna. Caratteristiche strutturali delle aziende agricole regionali).

Le aziende agricole regionali sono per la maggioranza (96,5%) di tipo individuale o familiare, con una gestione diretta del conduttore (98%). L'ultimo censimento ha fatto registrare un incremento della quota femminile del capo azienda (dal 19,8% al 23,9%), in linea con l'andamento nazionale, mentre per quanto riguarda la classe media di età dei capi azienda, continua ad essere prevalente la classe degli over 75, che ha fatto anche registrare un lieve incremento, nonostante sia aumentato anche il peso delle classi più giovani fino ai 49 anni (32,1% contro il 28,5%), dimostrando un ricambio generazionale ancora piuttosto limitato ed un elevato rischio di abbandono da parte degli agricoltori più giovani per l'assenza di condizioni strutturali del settore adeguate a garantire reddito.

Analogamente a quanto avviene a livello nazionale, si registra anche in Sardegna un innalzamento del grado di istruzione dei capi azienda rispetto al 2000: la percentuale dei laureati passa dal 2,5% al 4,8%, quella dei diplomati dall'11,9% al 13,9% e la percentuale dei capi azienda senza titolo di studio scende al 5,1% rispetto all'11,8% del 2000. Il titolo di studio prevalente resta tuttavia la licenza media, posseduta da circa il 40% dei capi azienda. Come riportato nell'analisi SWOT del documento PSR 2014-2020, gli imprenditori con una formazione di base o completa sono il 94,9% del totale e il 100% tra i giovani agricoltori, grazie anche alla partecipazione ad iniziative di formazione/informazione per il miglioramento delle competenze tecniche e gestionali dei capi azienda. Le imprese agricole comunque risentono ancora molto dello scarso utilizzo delle tecnologie dell'informazione e comunicazione, di competenze tecniche

carenti e di insufficienti attività di trasferimento delle conoscenze, a fronte di una maggiore richiesta da parte del mercato e della società di prodotti di qualità e più rispettosi delle problematiche etiche e ambientali.

In merito all'analisi dell'occupazione nel settore agricolo, il rapporto del CREA del 2015 indica un valore di 31.678 occupati nel settore agricoltura, silvicoltura e pesca, di cui 17.096 sono indipendenti (54% del totale) e la restante quota è costituita da lavoratori dipendenti. Nuoro è, tra tutte, la provincia che registra la maggior percentuale di occupati nel settore, con il 26%, seguita da Oristano con il 19%, Sassari con il 18% e Cagliari con l'11%. L'agricoltura tuttavia occupa solo il 6% del totale degli occupati in Sardegna, a fronte del 19% degli occupati nel settore industria e il 75% degli occupati nel settore dei servizi.

Il rapporto del CREA indica inoltre come, in riferimento al valore della produzione agricola, la produzione di patate ed ortaggi occupi il 22,9% del totale sul valore monetario della produzione a prezzi di base, mentre le coltivazioni foraggere rappresentano il 5,3% del totale e i cereali e legumi secchi il 2,6%. Il 21,5% della produzione a prezzi di base è rappresentato dalla produzione di carne, e un 20,1% dalla produzione di latte. Inoltre un 17% è occupato dalle attività di supporto all'agricoltura. Il rapporto del CREA evidenzia inoltre un ruolo predominante della produzione del carciofo, con il 15,1% del prodotto totale, seguito dalla produzione di pomodoro con 14,3% e dalla produzione di frumento duro che con circa 750 mila quintali prodotti, rappresenta il 10% della produzione totale.

Un aspetto importante evidenziato dall'analisi SWOT del documento PSR 2014-2020 è rappresentato dal peso crescente dei costi di produzione (47,8%) sul valore della produzione agricola (Italia 46,9%) (dati Istat, 2009-2011), rendendo l'agricoltura sarda meno competitiva, anche a causa della sua frammentazione e della difficoltà di garantire disponibilità e continuità delle produzioni.

Lo stesso documento evidenzia come le caratteristiche peculiari dell'agricoltura e della zootecnia sarda sono legate alla connotazione prevalentemente estensiva del sistema di produzione, con il 77,2% della SAU classificato nel 2010 a bassa intensità, il 17,4% a media intensità e il 5,5% ad alta intensità. Se da un lato, la connotazione prevalentemente estensiva del sistema agricolo sardo influenza il basso impatto ambientale della stessa e l'alto livello delle proprietà qualitative e organolettiche dei prodotti, dall'altro ne determina una minore competitività sui mercati internazionali.

In merito alle tecniche di produzione, l'analisi SWOT evidenzia come siano ancora poco diffuse tecniche colturali efficienti e innovative: nelle aziende con seminativi prevalgono i sistemi convenzionali di lavorazione del terreno (aratura 95%) e sono poco diffuse le tecniche di agricoltura conservativa (7%) (dati Istat, 2010). Solo il 5,5% della SAU è irrigato e l'irrigazione è gestita prevalentemente con tecnologie ad alta efficienza irrigua (aspersione 53% e microirrigazione 29%). L'uso di fertilizzanti (0,15

q/ha) e di prodotti fitosanitari (1,42 kg/ha) è in diminuzione ed è tra i più bassi d'Italia (dati al 2011, fonte Istat). Per quanto riguarda infine l'agricoltura biologica, secondo i dati del censimento Istat del 2010, è in biologico il 5,2% della SAU.

In aggiunta alle limitazioni strutturali del settore agricolo, i cambiamenti climatici possono esacerbare l'insieme dei fenomeni che minacciano il livello quantitativo e qualitativo delle produzioni, nonché le caratteristiche del suolo, aggravando i fenomeni di desertificazione e rendendo necessaria l'individuazione di soluzioni di adattamento specifiche per i diversi contesti regionali, privilegiando quelle che prevedono un'uso razionale delle risorse (acqua e suolo) e l'utilizzo di pratiche agronomiche sostenibili, con importanti effetti anche in termini di riduzione delle emissioni di gas serra provenienti dall'agricoltura.

1.3.1.2. Comparto forestale

In Italia, le foreste regionali costituiscono un elemento sostanziale delle aree naturali protette regionali e delle aree sottoposte a tutela per accordi o iniziative internazionali (aree Ramsar (vedi sitografia), siti NATURA2000 (vedi sitografia)). Tali aree nel loro insieme ricoprono circa il 10% della superficie nazionale e includono più di un quarto (28%) della superficie forestale nazionale totale (INFC, 2005). Tuttavia, oltre l'86,6% della superficie forestale nazionale e il 93,0% della categoria Bosco è sottoposta a qualche forma di regolamentazione più o meno vincolante. Il vincolo idrogeologico interessa l'87,1% della superficie classificata come Boschi. Il 27,5% della superficie forestale nazionale è tutelata da un vincolo naturalistico, con un'incidenza maggiore in alcune regioni del centro e sud Italia: in Abruzzo, Campania, Puglia e Sicilia più della metà delle aree forestali è sottoposta a vincolo naturalistico. Il 7,6% delle foreste ricade in parchi nazionali, mentre il 6,7% è compreso in parchi regionali. Una quota molto minore (intorno all'1%) ricade in riserve naturali o in altre aree protette. Da ultimo va evidenziato che il 22,2% della superficie forestale nazionale rientra in siti della rete Natura2000 (Sic e Zps, O).

La superficie forestale della Regione Sardegna, secondo le stime dell'ultimo inventario nazionale delle foreste e dei serbatoi forestali di carbonio (INFC, 2015), raggiungerebbe poco meno di 1.400.000 ha (circa la metà del territorio regionale), con un importante incremento rispetto a 1.213.250 ha stimati nel precedente inventario.^{xi} La superficie forestale nel suo complesso si ripartisce in **Bosco** e **Altre terre boscate** secondo un rapporto percentuale rispettivamente di 48% e 52% (Tabella 4). Riguardo alla composizione in categorie inventariali del Bosco, circa il 94% è rappresentato da Boschi alti. Gli Impianti ammontano a 25.567 ha, mentre la superficie delle Aree temporaneamente prive di soprassuolo è stata stimata pari a 9.588 ha. Le Altre terre boscate, aventi un'estensione di 629.778 ha, sono costituite per l'83% dagli Arbusteti, cui concorre considerevolmente la categoria forestale della Macchia e arbusteti mediterranei.

Circa il 64,7% della superficie forestale a Bosco risulta di proprietà privata, il 34,5% è di proprietà pubblica, mentre il restante 0,8% della superficie non è stata classificata. Per quanto riguarda invece Altre terre boscate, la percentuale di superficie privata si aggira intorno al 64,5%, quella pubblica al 31% mentre l'aliquota di superficie non classificata per il carattere della proprietà sale a circa il 4%.

Per quanto riguarda la presenza di restrizioni all'uso delle risorse forestali regolate da leggi in vigore, sempre INFC (2005) stima che il vincolo idrogeologico interessi circa il 43% della superficie forestale della Sardegna, riguardando soprattutto la macrocategoria del Bosco (51%). Il vincolo naturalistico, invece, viene stimato pari a circa il 25% della superficie forestale ricadente nella macrocategoria Bosco, pari a 145.488 ha, e il 19% della macrocategoria Altre terre boscate, corrispondente a 120.341 ha. Infine, il 5,2% delle foreste ricade in parchi nazionali, mentre una quota minore 0,4% è compreso in parchi regionali. Va invece evidenziato che il 20% della superficie forestale rientra in siti della rete Natura2000 (Sic e Zps).

Tabella 4 Estensione delle categorie inventariali INFC (2005) in Sardegna.

Macrocategorie inventariali	Categorie inventariali	Superficie (ha)
Bosco	Boschi alti	548.317
	Impianti di Arboricoltura da Legno	25.567
	Aree temporaneamente privi di soprassuolo	9.588
Altre terre boscate	Boschi bassi	27.612
	Boschi radi	39.281
	Boscaglie	11.940
	Arbusteti, di cui	522.804
	Macchia, arbusteti mediterranei	515.352
	Aree boscate inaccessibili o non classificate	28.141

Produttività forestale e servizi ecosistemici

Nonostante la Sardegna sia ricca di superficie forestale, il valore della produzione forestale si è attestato nel 2011 sui 25 milioni di euro (4% della produzione forestale nazionale) con circa 4.200 occupati a tempo pieno (4700 nel 2012, 0,8% degli occupati totali nella regione). La produttività del lavoro forestale in Sardegna (5.263 euro/occupato) risulta dunque nettamente più bassa di quella nazionale (11.600 euro/occupato).

Inferiore rispetto alla media nazionale risulta anche, in Sardegna la quantità di Boschi propriamente detti con pianificazione (58% del totale, contro il 93% osservato a livello nazionale).^{xii} Per quanto riguarda le Altre superfici boscate con pianificazione, il dato è pari in Sardegna al 38%, contro il 52% medio nazionale. In particolare, i boschi

con pianificazione di dettaglio interessano 746 ettari e quelli con pianificazione di orientamento solo 373 ettari.

Dal punto di vista produttivo, il settore del sughero rappresenta una vera e propria peculiarità della Sardegna. L'83% delle sugherete nazionali è, infatti, localizzata in Sardegna dove viene anche lavorato oltre l'80% della produzione sughericola italiana. Oltre ai 139.489 ettari di sugherete, in Sardegna sono presenti boschi bassi, pascoli arborati o altre aree a forte vocazione che portano a circa 250.000 ettari la superficie complessiva di interesse sughericolo regionale. I prodotti del sughero sono principalmente rappresentati dai tappi per l'industria enologica (circa il 60-70% della produzione), da prodotti per il settore della bio-edilizia, il settore calzaturiero, l'artigianato, ma il sughero viene anche utilizzato per il settore nautico, l'arredamento, i giochi o altro.

Negli ultimi anni, il settore di produzione del sughero ha comunque subito un forte rallentamento derivante da diversi fattori, quali: la crisi dell'edilizia, la diffusione dei tappi in materiale sintetico, incremento dei costi e una maggiore competizione internazionale. Anche la qualità della produzione di sughero potrebbe venire compromessa con conseguente perdita di competitività e crollo del settore artigianale della lavorazione.

I boschi svolgono però un importante ruolo multifunzionale capace di erogare, a vantaggio della collettività, benefici sia di tipo economico e sia di tipo ambientale. Accanto alla funzione produttiva, i servizi ecosistemici delle foreste vengono sempre più studiati e riconosciuti. Vanno infatti ricordati i servizi di regolazione e quelli culturali e ricreativi come: 1) prodotti non legnosi; 2) regime idrogeologico e purificazione dell'acqua; 3) sostenimento della fauna.

L'offerta di questo ampio spettro di servizi pubblici è attualmente minacciata dall'azione simultanea degli impatti dei cambiamenti climatici in atto e futuri e dei processi di abbandono gestionale, spesso associati a fenomeni di diminuzione della stabilità degli ecosistemi forestali e alla loro maggiore vulnerabilità agli incendi, agli eventi meteorologici avversi e agli attacchi parassitari. Un aumento di aridità inoltre ha un effetto negativo su tutti i servizi ecosistemici, compresa la produttività.

Per quanto riguarda gli attacchi di fitopatogeni, in Sardegna fin dagli inizi degli anni '90 si è avuto un graduale peggioramento delle condizioni fitosanitarie dei boschi di querce (leccio, roverella e quercia da sughero). Ciò in seguito alla recrudescenza degli attacchi degli insetti nocivi e dei funghi patogeni che comunemente colpiscono le querce nella regione mediterranea ma soprattutto alla crescente diffusione di fenomeni genericamente definiti con l'espressione di "deperimento delle querce". Questi fenomeni si manifestano con un progressivo declino vegetativo delle piante e portano in tempi più o meno lunghi alla morte delle stesse.

Inizialmente i fenomeni di deperimento sono comparsi in aree marginali dove sussistevano problemi di natura stazionale e gestionale, ma nel giro di pochi anni si sono progressivamente diffusi minacciando la sopravvivenza di numerosi popolamenti, in aree via via più estese del territorio regionale. La loro insorgenza e diffusione è stata correlata ai mutamenti climatici intervenuti negli ultimi decenni in ambiente mediterraneo; mutamenti che, essenzialmente, hanno portato ad una riduzione delle precipitazioni annuali ed una loro distribuzione irregolare nel corso delle stagioni.

I popolamenti, soprattutto in quelle condizioni stazionali caratterizzate da suoli poveri, superficiali e poco permeabili, in stato di abbandono colturale, sottoposti ad una irrazionale attività agro-silvo-pastorale, risultano vulnerabili alle infestazioni di lepidotteri defogliatori (*Lymantria dispar*, *Malacosoma neustria*, *Tortrix viridana*). In queste condizioni diminuiscono progressivamente le resistenze attive delle piante nei confronti sia delle avversità ambientali, sia soprattutto dell'attacco di altri patogeni fungini (funghi opportunisti). Questi vivono normalmente in latenza nei tessuti vegetali, ma al variare delle condizioni fisiologiche dell'ospite sono in grado di esprimere livelli tanto elevati di virulenza da causare la morte degli organi colonizzati. Proprio tali endofiti assumono un ruolo determinante nella patogenesi dei "deperimenti" perché, via via che si moltiplicano i loro centri d'infezione, rendono irreversibile il declino vegetativo.

Attualmente, nonostante i numerosi studi, il "deperimento delle querce" rappresenta uno dei problemi fitopatologici più rilevanti e di difficile soluzione in ambito mediterraneo, sia per i gravi danni arrecati al patrimonio forestale, sia per le difficoltà che si incontrano nel definire misure di prevenzione efficaci. Ciò a causa della complessa eziologia di questa malattia che insorge per il perdurare di una condizione di stress delle piante e si aggrava con il concorso di molteplici fattori avversi, di natura biotica e/o antropica, variabili per tipo e incidenza nelle differenti realtà forestali.

Le strategie di intervento devono, pertanto, essere definite per migliorare le condizioni di vegetazione delle piante in modo da far riacquistare la naturale resistenza alle avversità. In Sardegna, nelle sugherete, come unica possibilità di lotta contro il lepidottero *Lymantria dispar*, si ricorre all'impiego di preparati a base di *Bacillus thuringiensis* subsp. *Kurstaki* (Btk), che per l'elevata selettività, non influenzano negativamente i già precari equilibri faunistici esistenti. A partire dal 1989 è stata condotta da parte dell'ex Istituto di Entomologia dell'Università di Sassari una vasta sperimentazione per valutare l'efficacia di azione di diversi preparati commerciali a base di Btk e per definirne le migliori modalità di impiego in ambiente mediterraneo. Le informazioni acquisite in tali prove hanno permesso di passare ad una fase applicativa in un vasto territorio dell'Isola.

Box 1 Monitoraggio fitosanitario dei boschi.

Per monitorare lo stato fitosanitario di boschi sardi, il corpo forestale di vigilanza ambientale (CFVA) realizza sistematicamente il monitoraggio annuale della *Limatrya dispar* della sughera mediante la rete "Di.Bo Med." (programma per la difesa dei boschi mediterranei) che monitora la densità di popolazione allo stadio di uovo di questa specie ed anche della *Malacosoma neustria* e permette di studiare annualmente le aree che sono esposte alle infestazioni di questi insetti defolianti delle querce.

La rete, costituita inizialmente da circa 300 stazioni, è stata realizzata e gestita dal 1980 dall'ex Istituto di Entomologia dell'Università di Sassari. Dal 1999 viene gestita dal Corpo Forestale di Vigilanza Ambientale che l'ha implementata portandola ad oltre 600 stazioni che coprono tutti i boschi di querce dell'isola. Si tratta di una rete ufficiale istituita secondo la L.R. 26/1985 che identifica il CFVA come ente che deve svolgere i monitoraggi. In ciascun sito della rete si procede al conteggio del numero delle ovature di *L. dispar* presenti rispettivamente sotto e sopra i due metri, su un gruppo di 40 piante di sughera. Le piante di sughera sono disposte in 4 gruppi di 10, disposte approssimativamente secondo le 4 direzioni cardinali (N,O,S,E), a partire da una pianta centrale che individua il sito stesso. I dati raccolti in campo sono inseriti in apposite schede di monitoraggio e sono supervisionati e validati dall'Università di Sassari.

Ogni anno la rete Di.Bo.Med. può essere incrementata con altre stazioni di monitoraggio. Negli anni 2013-2014 è stato condotto il programma di lotta ai defolianti della sughera proposta dal tavolo tecnico fitosanitario per le piante forestali. L'intervento eseguito nel 2014 interessa 13.000 ettari di sughereta nei Comuni di Ploaghe e Chiaramonti, Illorai, Bono e Bottida (Prov. di Sassari), Iglesias e Fluminimaggiore (Prov. del Sulcis-Iglesiente), Bitti (Prov. di Nuoro).

Sono state condotte su alcune caratteristiche intrinseche delle ovideposizioni e sulla loro localizzazione. Queste hanno permesso di ottenere indicatori complementari di previsione delle infestazioni, utili a stabilire la fase di gradazione nella quale si trova la popolazione del defoliante. La quantità delle conoscenze oggi disponibili ci permette di affermare che è possibile esprimere solo con i rilievi sulle ovature giudizi attendibili sul trend della popolazione del Limantride anche per le aree nelle quali si opera per la prima volta e non si hanno informazioni attendibili delle condizioni pregresse.

Anche per le altre specie di insetti defolianti come la *Malacosoma neustria* e *Tortrix viridana* si dispone attualmente di tecniche di monitoraggio della densità di popolazione allo stadio di uovo, la cui applicazione tuttavia, per le ridotte dimensioni delle ovature e per la loro localizzazione sulle piante ospiti, richiede un impegno più elevato in termini di tempo e di lavoro tale da non consentire, con le risorse umane oggi disponibili, la realizzazione di una rete che copra una parte significativa del territorio regionale. Una notevole semplificazione della previsione delle infestazioni potrebbe arrivare dagli studi ancora in corso sull'impiego delle trappole a feromoni per la stima della densità di popolazione delle due ultime specie.

Gli incendi in Sardegna

Una delle principali minacce per il comparto agricolo e forestale sardo è rappresentato dagli **incendi**.

In Sardegna, così come in molte aree del Bacino del Mediterraneo, il regime degli incendi nell'ultimo cinquantennio ha subito importanti cambiamenti. La superficie bruciata ha registrato un incremento pressoché costante a partire dai primi anni '70 sino a raggiungere un picco nel 1980 con oltre 70.000 ha percorsi dagli incendi, di cui il 13% della superficie percorsa era rappresentato da bosco. Il periodo 1980-1990 è stato caratterizzato da una importante variabilità e da una generale riduzione dell'attività, seguito poi da un importante picco nel biennio 1993-1994. Successivamente, dal 1995 sia il numero degli incendi sia la superficie bruciata sono decresciuti notevolmente.

Il regime degli incendi

Uno strumento fondamentale per il **monitoraggio del fenomeno degli incendi** è rappresentato dalla caratterizzazione storica dei dati sugli incendi. Le serie statistiche sugli incendi permettono di definire il concetto di "regime degli incendi", inteso come la descrizione, quantificazione e classificazione delle caratteristiche spazio-temporali degli incendi in una determinata regione in termini di estensione, frequenza, severità e stagionalità. Il regime influenza fortemente l'ecologia e la gestione degli incendi e permette di capire quali fattori determinano o regolano l'attività degli incendi. La caratterizzazione del regime permette inoltre di identificare la vulnerabilità degli ecosistemi e quindi di anticipare e limitare il potenziale impatto negativo degli incendi.

L'analisi del regime degli incendi si basa sui dati rilevati dal Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale (CFVA) relativi a tutti gli eventi di incendio che si manifestano durante l'arco dell'anno solare. La gestione della banca dati ha inizio col caricamento delle informazioni in tempo reale sul "Sistema di gestione ed analisi degli incendi della Regione Autonoma della Sardegna" denominato "*FireCloud*", dal quale, oltre alla condivisione in tempo reale di tutti i dati disponibili sull'incendio in atto da parte di tutti i soggetti coinvolti, possono essere estrapolati diversi report riportanti le informazioni relative all'individuazione temporale e geografica dell'evento, la quantificazione delle superfici percorse da incendio, l'indicazione sulle risorse (uomini e mezzi) impiegate nello spegnimento, i tempi di risposta dell'apparato antincendi. Il sistema "*FireCloud*" opera attraverso un portale Web residente all'interno della rete regionale con tutti i livelli della Struttura operativa, a partire dalle Stazioni Forestali passando dai Centri Operativi Provinciali sino alla Sala Operativa Unificata Permanente - Funzione Spegnimento. Questi dati sono, inoltre, disponibili alle diverse forze che concorrono allo spegnimento, Protezione Civile, Vigili del Fuoco e altre Strutture regionali accreditate.

Attraverso il Sistema "*FireCloud*" è gestita anche la banca dati storica degli incendi in Sardegna dal 1998. A partire dal 2016 sono disponibili, direttamente nei singoli fascicoli, anche le perimetrazioni effettuate. I rilievi delle superfici percorse dagli incendi sono eseguiti con metodi di rilievo a terra, mediante sistema di rilevamento

GPS. I rilievi eseguiti sono successivamente riportati sul GIS, e prima di essere caricati nel sistema sono sottoposti a validazione attraverso la foto interpretazione.

Dal 2014, l'Assessorato alla Difesa dell'Ambiente pubblica un rapporto annuale sugli incendi boschivi e rurali che spazia dall'analisi delle condizioni meteorologiche alla pericolosità potenziale degli incendi, dal regime degli incendi all'analisi delle cause, fino alla descrizione sintetica degli eventi più estesi dell'anno in analisi.^{xiii} Per quanto riguarda l'analisi delle caratteristiche del recente regime degli incendi, con l'obiettivo di assicurare un adeguato confronto dei dati durante il periodo investigato, questa è limitata agli incendi con dimensione maggiore o uguale a 1 ettaro.

Secondo i dati pubblicati nell'ultimo rapporto, gli ultimi 14 anni (2004-2017) sono stati caratterizzati da una media di poco più di 980 incendi l'anno nel periodo con una superficie bruciata media di circa 17.420 ettari. La superficie media percorsa da un singolo evento è intorno ai 17,7 ha. L'azione di contrasto del fenomeno attraverso l'azione della polizia giudiziaria rileva anche le cause del fenomeno; dal 1996 al 2017 sono state inviate alla Magistratura ben 12.168 comunicazioni di notizia di reato (CNR) e sulla base dei dati è emerso che il 14,8% è ascrivibile a cause colpose, il 69,7% a cause dolose; la quota residuale a cause indefinite.

La distribuzione dell'area bruciata e degli incendi in diverse classi di ampiezza rispecchia quanto avviene in altri paesi che si affacciano sul Bacino del Mediterraneo (Figura 20). Il 78% degli incendi ha avuto uno sviluppo da 1 a 10 ha, percorrendo una superficie totale pari al 14% del totale dell'area bruciata. Gli incendi che hanno avuto uno sviluppo compreso tra 10 e 100 ha si sono aggirati intorno al 20%, e hanno inciso per il 29% della superficie bruciata totale. La percentuale di incendi di dimensioni comprese tra 100 e 500 ha è stata il 2% in termini di numero di eventi e circa il 21% in termini di superfici percorse. Gli incendi ricadenti nella classe 500-1000 ha hanno invece inciso per il 9% sul totale dell'area bruciata, pur essendo solo lo 0,2% del totale degli eventi registrati. Per quanto riguarda invece la classe di dimensioni maggiori di 1000 ha, sono stati registrati in totale 22 incendi per un 27% di incidenza sulla superficie totale percorsa dagli incendi.

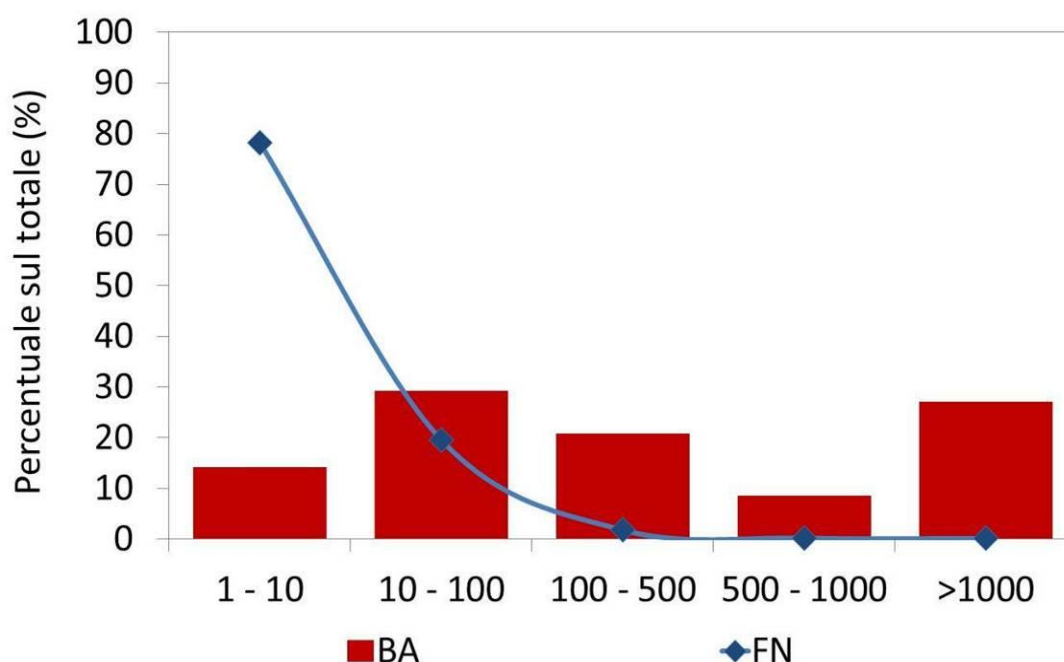


Figura 20 Distribuzione del numero degli incendi (FN) e area bruciata (BA) per classi di ampiezza.

Le insorgenze si sono concentrate prevalentemente nel mese di luglio (27% del totale), mentre giugno e agosto hanno registrato entrambi il 20% delle insorgenze totali. Questi tre mesi hanno inciso per il 67% sul numero degli incendi aventi dimensioni maggiori o uguali a 1 ha. Per quanto riguarda l'andamento stagionale delle superfici percorse, il mese che ha primeggiato è stato anche in questo caso quello di luglio (53%), seguito da agosto (21%) e giugno (12%); gli altri mesi hanno inciso solo per il 14% dell'area percorsa totale.

Per quanto riguarda le principali tipologie di soprassuolo che vengono percorse dagli incendi, queste vengono suddivise in tre macroclassi: bosco (che comprende bosco e macchia), pascolo (che include pascolo nudo, cespugliato e arborato) ed altro (consistente in coltivo specifico, seminativo e altre colture agrarie). Per quanto riguarda le superfici boscate, l'area percorsa dagli incendi ha inciso per il 27% del totale complessivo. Il 48% è invece ricaduto nella categoria denominata altro mentre la categoria pascolo ha riguardato il 25% della superficie bruciata totale.

Il sistema di previsione della Regione Sardegna

L'attività di previsione degli incendi, come indicato nell'art. 4 della L.353/2000 (legge quadro in materia di incendi boschivi), consiste nell'individuazione delle aree e dei periodi a rischio incendi boschivi e degli indici di pericolosità. Concorre alle attività di previsione anche il codice della protezione civile, che definisce l'insieme delle attività, svolte anche con il concorso di soggetti dotati di competenza scientifica, tecnica

e amministrativa, dirette all'identificazione e allo studio degli scenari di rischio possibili, necessari per le esigenze di allertamento del servizio nazionale e di pianificazione di protezione civile.

Le attività di previsione del pericolo di incendio comportano la valutazione giornaliera della probabilità che eventuali incendi si possano propagare più o meno rapidamente in un determinato territorio a causa delle specifiche condizioni meteorologiche desunte dalla previsione. La **pericolosità** degli incendi boschivi esprime la possibilità del manifestarsi di questo tipo di eventi unitamente alla difficoltà di estinzione degli stessi in una data porzione di territorio.

Il centro funzionale decentrato della direzione generale della Protezione Civile svolge l'attività previsionale nel periodo compreso dal 31 maggio al 31 ottobre, nel quale vige lo stato di "elevato pericolo di incendi boschivi".

Al fine di individuare i livelli di pericolosità giornaliera ci si avvale di 4 diversi metodi:

1. il primo metodo elaborato dalla Facoltà di Agraria di Sassari consiste nell'applicazione del modello IFI (*Ichnusa Fire Index*) che stima la pericolosità potenziale di incendio boschivo in funzione delle condizioni meteorologiche e vegetazionali. I dati prognostici delle variabili meteo vengono misurati utilizzando i dati del modello meteorologico BOLAM forniti quotidianamente dal settore meteo del Centro Funzionale della Protezione Civile.
2. Il secondo metodo utilizzato dal Dipartimento della Protezione Civile è Denominato RISICO (RISchio Incendi COordinamento). Viene utilizzato dal 2003 per la valutazione del pericolo di incendi boschivi a scala nazionale e per individuare le priorità di dislocamento dei mezzi aerei dello stato per lo spegnimento.
3. Il terzo modello, RiSICO Sardegna deriva dal modello nazionale della Protezione Civile adattato a scala regionale nell'ambito del progetto Europeo Proterina-C. Questo modello utilizza una rappresentazione della copertura vegetale al suolo con una risoluzione 100 m (cartografia CORINE Land Cover 2000) con dettaglio al IV livello.
4. Il quarto metodo è quello denominato "Indice meteo incendi" (IMI).

Nel periodo compreso fra il 31 maggio ed il 31 ottobre, il Centro Funzionale Decentrato elabora quotidianamente il bollettino di previsione di pericolo di incendio. La previsione di pericolo di incendio è articolata in 4 livelli di pericolosità (Tabella 5): Livello BASSO, Livello MEDIO, Livello ALTO, Livello ESTREMO, a cui corrisponde, in maniera univoca, un codice colore.

Tabella 5 Livelli di pericolosità e fenomenologia attesa in caso di incendio.

Livello di Pericolosità	Codice colore	Fenomenologia attesa in caso di innesco
BASSA	Verde	L'incendio, ad innesco avvenuto, può essere contrastato con il solo dispiegamento delle forze ordinariamente schierate a terra
MEDIA	Giallo	L'incendio, ad innesco avvenuto, può essere contrastato con il solo dispiegamento delle forze ordinariamente schierate a terra ed eventualmente integrato dall'impiego di mezzi aerei "leggeri" della Regione
ALTA	Arancione	L'incendio, ad innesco avvenuto, si può propagare rapidamente e può raggiungere dimensioni tali da renderlo difficilmente contrastabile con le forze ordinarie, ancorché rinforzate, potendosi rendere necessario il concorso della flotta statale
ESTREMA	Rosso	L'incendio, ad innesco avvenuto, si propaga rapidamente raggiungendo grandi dimensioni nonostante il concorso della forza aerea statale alla flotta aerea regionale

1.3.2. Il sistema delle acque interne

1.3.2.1. Il Sistema Idrico Multisetoriale Regionale

A seguito della Direttiva quadro sulle acque emessa dalla Comunità Europea (Direttiva 2000/60/CE), la regione Sardegna introduce con la Legge Regionale 19/2006 il concetto di Sistema Idrico Multisetoriale Regionale (SIMR) con l'obiettivo di raggiungere un buono stato e gestione per tutte le acque superficiali e sotterranee. A tal fine si prevede la suddivisione del territorio regionale in *Distretti Idrografici*. La gestione unitaria del Sistema Idrico Multisetoriale regionale è affidata all'Ente Acque della Sardegna (ENAS). Sulla base di appositi programmi di monitoraggio e di esami dell'impatto delle attività umane sullo stato dei corpi idrici, deve essere redatto un Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna (PdG-DIS) che contenga anche un programma di misure di intervento.

Il PdG-DIS è stato adottato dall'Autorità di Bacino della Sardegna nel 2010 e successivamente dal Presidente del Consiglio dei Ministri nel 2013, con aggiornamento del PdG-DIS completato nel 2016. La caratterizzazione di tutti i corpi idrici ed il monitoraggio delle acque è stato definito nel 2009-2010, rivelando una elevata qualità delle acque nei corpi superficiali (elevata qualità nel 77,7% dei siti monitorati, discreta nel 19,4% e scarsa nel 2,9%), mentre il monitoraggio delle acque sotterranee rivela una qualità inferiore (elevata qualità nel 54,9% dei siti monitorati, discreta nel 20,4% e scarsa nel 24,7%). Le principali cause d'inquinamento sono di origine diffusa e vengono principalmente indicate nel rilascio di sostanze organiche legate ad attività zootecniche e all'utilizzo e dispersione di prodotti fitosanitari, fertilizzanti e concimi di

sintesi o di origine organica in ambito agro-zootecnico. Inoltre, si può assistere a fenomeni di intrusione salina dovuti ad eccessivo sfruttamento della falda negli acquiferi costieri, specialmente in aree non attrezzate da sistemi di distribuzione consortile.

Il SIMR è suddiviso in 7 distretti idrografici o “sistemi idrici”. Ogni sistema è costituito da un insieme interconnesso di serbatoi artificiali e traverse di derivazione (nodi risorsa) e un insieme di centri di domanda (civili, agricole, industriali, idroelettriche ed ambientali), con un insieme di linee di collegamento tra nodi risorsa e centri di domanda. Le opere facenti parte al SIMR comprendono 32 invasi artificiali (con capacità complessiva attuale di circa 1.865 milioni di metri cubi di regolazione) e 25 piccole dighe, a cui si aggiungono 5 impianti idroelettrici e 47 impianti di pompaggio che convogliano acqua su 850 km lineari di grandi acquedotti e poco più di 200 km di canali. I centri di domanda servono una popolazione di 1,6 milioni di abitanti, circa 160.000 ha attrezzati per l’irrigazione e 11 zone industriali. Il Sistema Idrico Multisetoriale Regionale nel suo complesso rende disponibili ai vari usi il 75% delle risorse idriche utilizzate in Sardegna, utilizzando prevalentemente risorse superficiali, mentre il restante 25% viene utilizzato da prelievi di risorse sotteranee. La capacità autorizzata degli invasi in Sardegna ha subito un significativo incremento negli ultimi anni che ha aumentato la disponibilità idrica complessiva. Ciononostante, il sistema è ancora soggetto ad un’elevata vulnerabilità dovuta alle forti fluttuazioni climatiche che richiedono un’accorta ed attenta gestione per fronteggiare eventuali criticità. Inoltre, il piano di gestione mette in evidenza una bassa capacità di recupero, dato che le risorse idriche negli invasi si ricostituiscono molto lentamente.

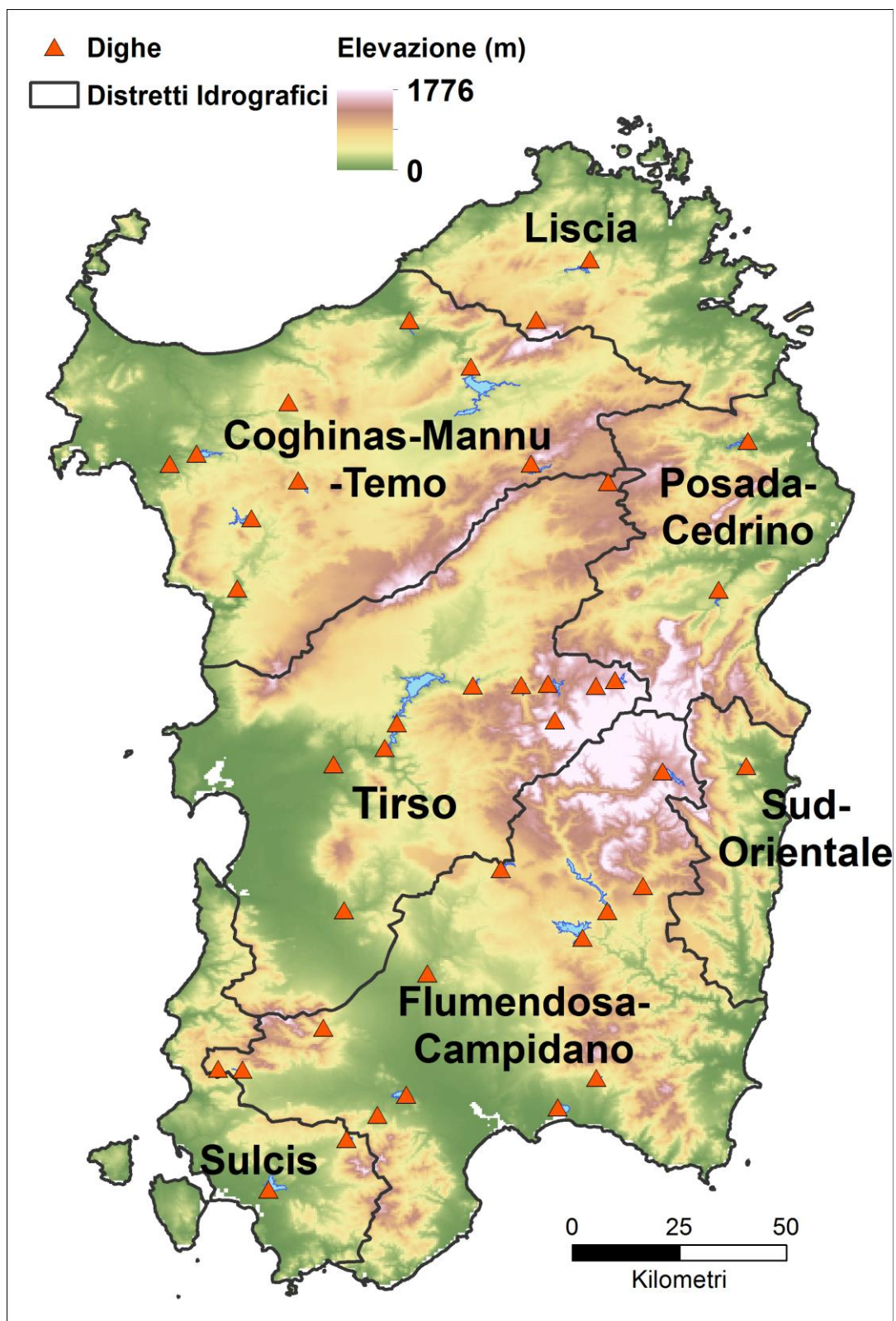


Figura 21 Distretti Idrografici e principali invasi della Sardegna.

1.3.2.2. Uso dell'acqua per categorie di utenza in Sardegna

Il Sistema Idrico Multisetoriale regionale si occupa del sistema di approvvigionamento idrico della Sardegna, includendo raccolta e stoccaggio di acque superficiali, per la maggior parte immagazzinate e regolate da invasi artificiali, e distribuzione all'ingrosso dell'acqua grezza a diversi soggetti gestori dei servizi idrici o categorie di utenza. Questi gestori sono poi responsabili e si occupano dei trattamenti e della distribuzione agli utenti finali. Le categorie di utenza in cui si ripartiscono le risorse idriche vengono specificamente classificate secondo le seguenti macrocategorie:

- 1) usi civili: quelli relativi al consumo umano e ai servizi d'igiene, collettivi e privati;
- 2) usi agricoli: quelli relativi all'utilizzo della risorsa idrica finalizzata alla produzione di prodotti agricoli;
- 3) usi industriali: quelli relativi all'utilizzo della risorsa idrica per scopi industriali;
- 4) usi ambientali: quelli che assicurano una quota dei deflussi minimi vitali necessaria a garantire la salvaguardia naturale dei corsi d'acqua

Considerando i volumi erogati dal gestore del Servizio Idrico Multisetoriale dal 2008 al 2014, si può osservare che il volume totale erogato è salito da 594,04 Mm³ a 684,60 Mm³ nell'arco di 6 anni, con un aumento quindi di circa il 15%. Questo è stato facilitato dall'incremento della capacità autorizzata degli invasi in Sardegna negli ultimi anni, piuttosto che da condizioni climatiche favorevoli. Nel periodo preso in considerazione, i volumi idrici per usi irrigui in agricoltura sono aumentati del 31% passando da 330,13 Mm³ a 433,13 Mm³, mentre i volumi di acqua grezza per uso industriale si sono ridotti di circa il 27%, passando da 31,20 Mm³ nel 2008 a 22,53 Mm³ del 2014. Il comparto civile è rimasto sostanzialmente invariato, intorno ai 220-230 Mm³ nel periodo 2008-2014.

Al 2014, l'agricoltura è il settore che utilizza più acqua per una quota pari al 63,27% del totale, mentre i settori civili ed industriali utilizzano rispettivamente il restante 33,44% e 3,29% delle risorse idriche.

Dall'analisi dei dati del 6° Censimento dell'agricoltura del 2010, si può verificare come circa il 73% del volume totale per usi irrigui è derivato da acquedotti e consorzi di bonifica. L'irrigazione collettiva in Sardegna, servita dal Servizio Idrico Multisetoriale, è gestita da 9 Consorzi di Bonifica: Consorzio di Bonifica della Nurra; Consorzio di Bonifica Nord Sardegna; Consorzio di Bonifica della Gallura; Consorzio di Bonifica della Sardegna Centrale; Consorzio di Bonifica dell'Ogliastra; Consorzio di Bonifica dell'Oristanese; Consorzio di Bonifica della Sardegna Meridionale; Consorzio di Bonifica del Cixerri; Consorzio di Bonifica del Basso Sulcis.

La peculiarità dell'agricoltura sarda è nella sua connotazione prevalentemente estensiva, che favorisce un importante equilibrio tra gestione del suolo, biodiversità e

conservazione delle risorse e paesaggi naturali. L'agricoltura evidenzia un uso prevalentemente estensivo delle superfici, con il 77,2% della SAU classificato a bassa intensità, il 17,4% a media intensità e il 5,5% ad alta intensità. A tali tipologie vengono associati prevalentemente soprattutto prati permanenti e pascoli (in totale 692.990 ha, 20% dei pascoli italiani).

La superficie effettivamente irrigata in Sardegna al 2010 costituisce solo una piccola porzione della SAU totale (5,5%). Per quanto riguarda il sistema di irrigazione unico o prevalente, è gestita prevalentemente con tecnologie ad alta efficienza irrigua (aspirazione 53% e microirrigazione 29%), mentre altri sistemi più tradizionali e meno efficienti quali sommersione e lo scorrimento superficiale incidono rispettivamente a livello regionale solo per il 5% e 6%. La prevalenza delle reti di distribuzione con condotte in pressione in Sardegna è oltre il doppio di quella nazionale (70,3% contro il 32,1%), favorendo la tendenza verso metodi più efficienti di irrigazione. Per quanto riguarda suoli specifici coltivati, secondo le stime del 6° Censimento dell'agricoltura del 2010, le aree irrigate sono rappresentate principalmente da foraggiere avvicendate (29%), ortive in piena aria (20%), mais e mais verde (11,6%), vite (8,7%), olivo per la produzione di olive da tavola e da olio (6,5%), riso (5,5%), agrumi (5,5%), prati permanenti e pascoli (4,6%), cereali per la produzione di granella - escluso mais e riso (3,9%), fruttiferi (3%) e patate (0,5%).

In Sardegna il servizio idrico per fini industriali è gestito da sette Consorzi industriali. Il CACIP di Cagliari, nel 2012 ha erogato 15,269 Mm³ di acqua, pari al 67% della risorsa idrica complessivamente erogata in Sardegna per usi industriali. Altri 4 Mm³ e 2,6 Mm³ di acqua sono stati erogati nell'area industriale di Sassari (CIP Sassari) e del Sulcis Iglesiente (CIP Sulcis Iglesiente) per ulteriori quote rispettivamente del 17,6% e del 11,5% dell'uso idrico in Sardegna per usi industriali. Al confronto, gli usi per gli altri 4 Consorzi Industriali sono poco significativi.

Considerata la grave crisi economica in gran parte dei consorzi industriali della Sardegna, che ha messo in seria difficoltà questo settore con incerti sviluppi futuri e ripercussioni drastiche sull'occupazione, si assiste ad un calo drastico dei consumi irrigui per usi industriali.

Le attività per usi civili vengono svolte dal gestore del Servizio Idrico Integrato e consistono nella captazione della risorsa, nella potabilizzazione, nella adduzione ai centri urbani, nella distribuzione agli utilizzatori ed infine nella raccolta delle acque reflue nelle fognature e la conseguente depurazione. Per la produzione e distribuzione delle acque potabili, viene utilizzato un sistema di 45 potabilizzatori in esercizio su 50 complessivi distribuiti sull'intero territorio regionale. Oltre allo sfruttamento di 220-230 Mm³ delle acque di superficie accumulate negli invasi, gestiti da ENAS, esiste un sistema di 50-70 Mm³ di prelievo prevalentemente costituiti di piccole sorgenti e pozzi, la cui capacità di produzione è legata agli andamenti climatici. Inoltre un sistema di

adduzione di circa 4300 km di acquedotti garantisce l'adduzione delle acque potabili, con una rete di 7700 km di distribuzione urbana e 6400 km di rete fognaria, e serve 346 centri urbani con una popolazione residente di circa 1.528.000 persone.

1.3.2.3. Situazione degli invasi. Indicatori di stato per il monitoraggio e il preallarme della siccità

Le fluttuazioni climatiche mostrano una variabilità significativamente elevata delle precipitazioni con periodi di siccità che determinano sbilanci idrici tra risorse effettivamente disponibili e fabbisogni potenziali. Con ordinanza n. 437 del 11.10.2006, la Regione Sardegna ha implementato un sistema ordinario di controllo delle risorse idriche negli invasi, in grado di preannunciare il verificarsi di crisi idriche. Seguendo tale atto, la Direzione Generale Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna pubblica ogni mese un "Bollettino dei serbatoi artificiali del sistema idrico multisettoriale della Sardegna" il quale riporta la quantità di metri cubi d'acqua presenti nel sistema degli invasi, includendo la percentuale disponibile d'acqua sulla capacità complessiva autorizzata.

Le risorse d'acqua disponibili vengono raffrontate con i fabbisogni, elaborando scenari di bilancio idrico prevedibili nel breve e medio termine per tutti gli invasi del sistema idrico multisettoriale regionale. Queste informazioni vengono trasformate in indicatori di siccità dei sistemi idrici rilevanti dal punto di vista dell'operatività degli strumenti di pianificazione, valutando i rischi, per poter gestire proattivamente eventuali crisi idriche. La costruzione in tempo reale di tali indicatori sulla base di distribuzioni storiche e parametri statistici consente di monitorare l'intero sistema idrografico ponendo specifiche attenzioni su regole di gestione laddove la possibilità di erogazione sia inferiore alla domanda potenziale (conflitti tra gli usi) seguendo lo schema di Tabella 6.

Tabella 6 Puntatori di allerta in funzione degli indicatori di stato degli invasi.

Livello di Pericolosità	Indicatore	Piano di gestione della crisi
Regime ordinario (normalità)	I=0,5 – 1 Verde	Gestione secondo gli indirizzi di pianificazione generale
Livello di vigilanza (preallerta)	I=0,3 - 0,5 Giallo	È necessario monitorare i parametri climatici per stimare con prontezza l'innescio di eventuali fluttuazioni; nel contempo è opportuno controllare i consumi portandoli ad un primo livello di riduzione che non determina svantaggi agli utenti
Livello di pericolo (allerta)	I=0,15 - 0,3 Arancione	Il livello di erogazione deve essere ridotto in media, secondo le categorie di priorità degli usi, al fine di gestire in modo proattivo l'eventuale persistenza del periodo secco; contestualmente devono essere attivate le previste misure di mitigazione;

Livello di Pericolosità	Indicatore	Piano di gestione della crisi
Livello di emergenza	I=0 - 0,15 Rosso	In questo campo non si dovrebbe entrare, a seguito degli interventi di riduzione delle erogazioni di cui ai punti precedenti, è necessario attivare ulteriori restrizioni nelle erogazioni; se si verificano livelli di emergenza e le misure previste sono state puntualmente osservate, tale evento potrebbe significare che i parametri statistici delle serie si sono ulteriormente modificati e che quindi deve essere rivalutata l'erogazione media ammissibile in regime ordinario

L'attivazione delle procedure previste dal piano di gestione della crisi, sulla base degli indicatori, prevede l'esercizio di infrastrutture specializzate per le fasi di emergenza e regole di gestione sui rischi di approvvigionamento: attivare restrizioni e riduzioni; attivare l'uso combinato di risorse superficiali e sotterranee; integrare il piano di emergenza con altre misure di mitigazione.

1.3.3. L'assetto e i rischi di natura idrogeologica del territorio

Il dissesto idrogeologico costituisce un tema di fondamentale importanza per la Sardegna che è stata interessata, sia in passato che negli ultimi anni, da eventi alluvionali di notevole intensità. Tali eventi hanno determinato l'esondazione di corsi d'acqua, la messa in crisi di sistemi di canalizzazione e regimazione delle acque interne ai centri abitati e l'attivazione di fenomeni franosi, con conseguenze spesso catastrofiche in termini di perdita di vite umane, danni alle abitazioni, alle infrastrutture, alle attività economiche e produttive, nonché al patrimonio storico-culturale ed ambientale della regione.

Sebbene i caratteri geologici, geomorfologici e climatici di alcune aree del territorio regionale (si pensi ad esempio alla Gallura, all'Ogliastra, al Sarrabus-Gerrei ed al basso Sulcis) giochino un ruolo fondamentale nell'origine di tali fenomeni, diversi fattori antropici hanno contribuito in maniera determinante all'innescare o alla esacerbazione di tali fenomeni. Il forte incremento delle aree urbanizzate, verificatosi a partire dal secondo dopoguerra, spesso in assenza di una corretta pianificazione territoriale, ha portato infatti ad un considerevole aumento degli elementi esposti a frane e alluvioni e quindi del rischio. Nel contempo, il mancato presidio e manutenzione del territorio, conseguente all'abbandono delle aree rurali montane e collinari, insieme ai fenomeni di disboscamento e agli incendi, hanno reso il territorio maggiormente vulnerabile a tali fenomeni. Nondimeno, si è delineata una progressiva attenuazione della percezione di situazioni di rischio di dissesto, legate alla diversa scala temporale tra le attività antropiche ed i tempi di ricorrenza dei fenomeni di alluvione, inondazione e dissesto. La tolleranza a sopportare le conseguenze di una situazione di rischio, in generale, è sempre più ridotta e anche in aree ad elevata pericolosità ci si aspetta che un intervento

di difesa del territorio porti a un livello di rischio nullo. Ad ogni modo, è ben evidente che si può agire solo per **minimizzare il rischio ma non lo si può eliminare o azzerare**.

In Sardegna, su 377 comuni, 338 (89,7% del totale) presentano aree a pericolosità da frana (elevata e molto elevata) e/o idraulica (media); il 9,7% del territorio regionale è classificato a maggiore pericolosità; 22.539 abitanti (1,4% del totale) risiedono in aree a pericolosità da frana elevata e molto elevata e 187.740 abitanti (11,4% del totale) risiedono in aree a pericolosità idraulica media o elevata.^{xiv}

Secondo quanto meglio descritto nel Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici,^{xv} un sostanziale aggravio delle condizioni di rischio corrente potrebbe essere determinato dai potenziali incrementi indotti dai cambiamenti climatici sulla frequenza e intensità di alcune tipologie di eventi atmosferici (ad esempio, piogge di breve durata ed elevata intensità) che regolano l'occorrenza dei fenomeni di dissesto. Attualmente però, diverse e numerose fonti di incertezza (come la quantità e qualità delle serie storiche di osservazioni, le carenze delle attuali catene modellistiche di simulazione climatica, le contemporanee variazioni nell'uso e nella copertura del suolo e dei livelli di antropizzazione) rendono complessa ed incerta la stima della variazione di frequenza e magnitudo dei fenomeni di dissesto.

L'impatto del cambiamento climatico sul rischio idrogeologico si estrinseca principalmente attraverso il cambiamento delle temperature e del regime delle precipitazioni, che si verifica con modalità fortemente variabili nello spazio e nel tempo, ed è influenzato da condizioni naturali e antropiche locali. In generale, ciò comporta una variazione di frequenza dei fenomeni di dissesto idraulico nei bacini di estensione minore, dei fenomeni franosi superficiali e profondi in terreni caratterizzati da coltri di spessore ridotto e/o elevata permeabilità. La frequenza delle piene fluviali sarà maggiormente impattante nei bacini fortemente acclivi e con permeabilità ridotta che rispondono più velocemente alle sollecitazioni meteoriche e hanno un effetto attenuante limitato nei confronti delle precipitazioni di breve durata e forte intensità. L'urbanizzazione e l'uso del suolo possono avere un impatto negativo, contribuendo all'aggravarsi dei fenomeni di dissesto.^{xvi}

Quadro normativo e territoriale di riferimento

Fatta eccezione per il Regio Decreto n. 3267 del 30 dicembre 1923, focalizzato sul vincolo idrogeologico, la gestione dei boschi e la sistemazione idraulico-forestale dei bacini montani, l'Italia ha scontato fino al 1989 un forte ritardo nella promulgazione di norme che imponessero di considerare i fenomeni di origine naturale, quali frane e alluvioni, nella pianificazione territoriale e urbanistica. La Legge n. 183 del 18 maggio 1989, ispirata ai risultati della Commissione De Marchi, è infatti la prima norma organica per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo che individua il **bacino idrografico** come base territoriale di riferimento per la protezione

idrogeologica e le **Autorità di bacino** quali istituzioni responsabili della predisposizione del Piano di Bacino. Quest'ultimo è uno strumento fondamentale per la pianificazione territoriale e per la programmazione di opere di sistemazione ed è sovraordinato agli altri piani di livello regionale, provinciale e locale.

Tuttavia fino all'evento catastrofico di Sarno del 5 maggio 1998, la Legge 183/89 non ha avuto piena attuazione, con pochi Piani stralcio adottati. Con l'emanazione del Decreto Legge n. 180 dell'11 giugno 1998, convertito nella L. 267/1998, viene impressa un'accelerazione all'individuazione, perimetrazione e classificazione delle aree a pericolosità e rischio idrogeologico per frane e alluvioni, all'adozione dei Piani stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) e delle misure di salvaguardia con vincoli e regolamentazioni d'uso del territorio. La legge 183/89 è stata successivamente abrogata e in parte integrata nel D.Lgs. 152/2006.

Nel 2007 è stata poi emanata la Direttiva 2007/60/CE, nota come Direttiva Alluvioni (*Floods Directive* - FD), recepita nell'ordinamento legislativo nazionale solo tre anni dopo con il D.Lgs. 49 del 23 febbraio 2010, con lo scopo di istituire un quadro di riferimento per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni, volto alla riduzione delle potenziali conseguenze negative per salute umana, attività economiche, ambiente e patrimonio culturale.

La Direttiva delinea un percorso attuativo definito da una serie di stadi di implementazione, con ciclo sessennale, caratterizzati da specifici obblighi e scadenze, che ha come punto di arrivo la redazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) e come soggetti responsabili dell'attuazione per ciascuna unità territoriale di riferimento, detta Unità di Gestione, le Autorità Competenti.

Il D.Lgs. 49/2010 all'art. 3 stabilisce che a tali adempimenti debbano provvedere le Autorità di bacino distrettuali e che le regioni, in coordinamento tra loro e con il Dipartimento di Protezione Civile Nazionale (DPCN), provvedano, per il distretto cui afferiscono, alla predisposizione e attuazione del sistema di allertamento per il rischio idraulico ai fini di protezione civile.

Il percorso individuato dalla Direttiva prevede che, durante ciascun ciclo sessennale di gestione, debbano essere realizzate per ciascun Distretto Idrografico, la valutazione preliminare del rischio di alluvione e l'individuazione delle aree a potenziale rischio significativo di alluvione, e che, per tali aree, siano prodotti: le mappe della pericolosità e del rischio di alluvione e i piani di gestione del rischio di alluvione.

Ai sensi della Legge 183/89, la Sardegna è stata considerata come un **bacino idrografico unico d'interesse regionale**, identificato poi, ai sensi dell'art. 64 del D.Lgs. 152/2006, quale **Distretto Idrografico della Sardegna**, con una superficie complessiva di circa 24.000 km². Tale bacino unico regionale è stato poi suddiviso, sulla base di specifici studi di settore (Studio dell'Idrologia Superficiale della Sardegna, SISS e Piano di Tutela delle Acque, PTA), in sette sub-bacini, ognuno caratterizzato da generali

omogeneità geomorfologiche, geografiche e idrologiche. Tale suddivisione, approvata con Delibera della Giunta Regionale n. 45/57 del 30 Ottobre 1990, è raffigurata nella seguente figura:

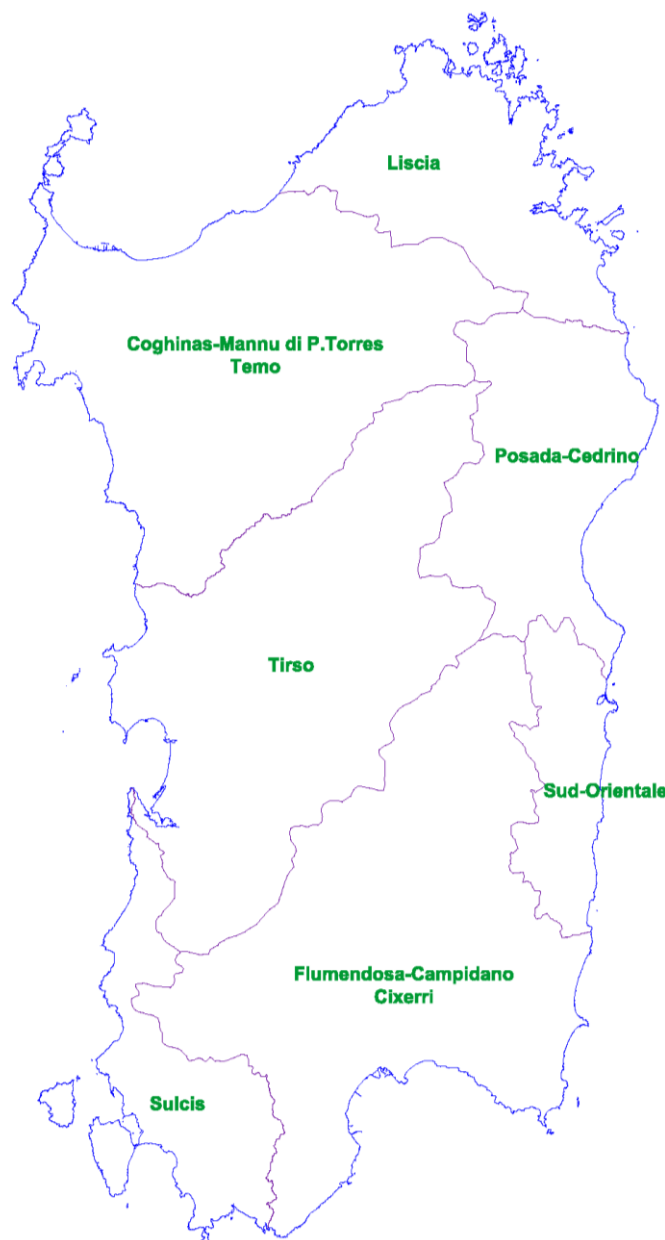


Figura 22 Denominazione sub-bacini regionali.

Solo nel 2006, con la Legge Regionale n. 19 del 6 Dicembre 2006, è stata istituita l'**Autorità di Bacino** regionale, al fine di perseguire l'unitario governo dei bacini idrografici e indirizzare, coordinare e controllare le attività conoscitive, di pianificazione, di programmazione e di attuazione che hanno come finalità:

- la conservazione e la difesa del suolo da tutti i fattori negativi di natura fisica e antropica;
- il mantenimento e la restituzione ai corpi idrici delle caratteristiche qualitative richieste per gli usi programmati;
- la tutela delle risorse idriche e la loro razionale utilizzazione;
- la tutela degli ecosistemi, con particolare riferimento alle zone d'interesse naturale, forestale e paesaggistico e alla promozione di parchi fluviali, ai fini della valorizzazione e del riequilibrio ambientale.

Quadro degli strumenti conoscitivi e di pianificazione di settore

All'interno del suddetto quadro normativo, sono diversi gli strumenti conoscitivi e di pianificazione territoriale elaborati in Sardegna ai fini della valutazione del rischio idraulico e da frana, e della prevenzione e protezione dai fenomeni di dissesto idrogeologico.

Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) è stato elaborato dall'Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna ai sensi dell'art. 7 del D.Lgs 23 febbraio 2010 n. 49, che recepisce in Italia la Direttiva 2007/60/CE del 23/10/2007, ed approvato, nella sua versione finale, con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15/03/2016. Il PGRA è stato successivamente aggiornato con Delibera del Comitato Istituzionale n. 3 del 17/05/2017.

L'obiettivo generale del PGRA è la riduzione delle conseguenze negative derivanti dagli eventi alluvionali sulla salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali. Esso coinvolge tutti gli aspetti della gestione del rischio di alluvioni, con particolare riferimento alle misure non strutturali finalizzate alla prevenzione, protezione e preparazione rispetto al verificarsi di tali eventi; le misure vengono predisposte in considerazione delle specifiche caratteristiche del bacino idrografico o del sottobacino interessato.

Il PGRA individua inoltre strumenti operativi e di *governance* (quali linee guida, buone pratiche, accordi istituzionali, modalità di coinvolgimento attivo della popolazione) finalizzati alla gestione del fenomeno alluvionale in senso ampio, sempre al fine di ridurre le conseguenze negative. Il Piano contiene anche una sintesi dei contenuti dei Piani urgenti di emergenza predisposti ai sensi dell'art. 67, comma 5 del D.Lgs. 152/2006 ed è pertanto redatto in collaborazione con la Protezione Civile per la parte relativa al sistema di allertamento per il rischio idraulico.

Nel PGRA vengono individuate le sinergie interrelazionali con le politiche di pianificazione del territorio e di conservazione della natura e viene pianificato il

coordinamento delle politiche relative agli usi idrici e territoriali, che possono avere importanti conseguenze sui rischi di alluvioni e sulla gestione dei medesimi. In questo senso, il PGRA è uno strumento trasversale di raccordo tra diversi piani e progetti, di carattere pratico e operativo ma anche informativo, conoscitivo e divulgativo, per il coordinamento dei diversi aspetti organizzativi e pianificatori correlati con la gestione degli eventi alluvionali in senso lato.

In riferimento alla mappatura delle aree a pericolosità di alluvione, il PGRA riporta l'involuppo delle aree di pericolosità individuate nel PAI, nel PSFF (Piano Stralcio Fasce Fluviali), negli studi di dettaglio redatti ai sensi dell'ex art. 8, comma 2 delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del PAI (studi di compatibilità idraulica) e delle aree interessate dal fenomeno alluvionale "Cleopatra" del 18 novembre 2013, riconducendo però le classi di legenda utilizzate negli strumenti originali alle tre classi individuate dal D.Lgs. 49/2010 ($200 < Tr \leq 500$: pericolosità bassa P1; $100 \leq Tr \leq 200$: pericolosità media P2; $Tr \leq 50$: pericolosità elevata P3).

Piano Assetto Idrogeologico (PAI)

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998 con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione, è stato approvato, unitamente a tutti i suoi elaborati descrittivi e cartografici, con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10/07/2006 e successivamente aggiornato con Decreto del Presidente della Regione n. 121 del 10/11/2015 (pubblicato sul BURAS n. 58 del 19/12/2015).

In conformità alla Deliberazione di Giunta Regionale n. 43/2 del 01/09/2015, sono state approvate le modifiche agli articoli 21, 22 e 30 delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del PAI, l'introduzione dell'articolo 30-bis e l'integrazione con il Titolo V recante "Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il Piano di Gestione del rischio di alluvioni (PGRA)". Un ulteriore aggiornamento delle NTA del PAI è stato approvato con Decreto del Presidente della Regione n. 35 del 27/04/2018 e pubblicato sul BURAS n. 23 – Parte I e II del 03/05/2018. Il Testo Coordinato delle NTA del PAI, così modificate ed integrate, è stato quindi pubblicato sul sito dell'Autorità di Bacino, come previsto dalla Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 3 del 27/10/2015.

Il PAI rappresenta il principale strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo per la pianificazione e programmazione delle azioni e delle norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico individuato sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio regionale. Il PAI ha valore di piano territoriale di settore e prevale sui piani e programmi di settore di livello regionale.

Nell'ambito del PAI sono individuate, e rappresentate su strati informativi specifici, le perimetrazioni che delimitano le aree caratterizzate da elementi di pericolosità

idrogeologica, dovute a instabilità di tipo geomorfologico o a problematiche di tipo idraulico, sulle quali si applicano le norme di salvaguardia contenute nelle NTA del Piano. Queste ultime si applicano anche alle aree a pericolosità idrogeologica le cui perimetrazioni derivano sia da studi di compatibilità geologico-geotecnica sia da quelli di assetto idrogeologico, predisposti dalle Amministrazioni Comunali ai sensi dell'art. 8 delle Norme di Attuazione attualmente in vigore.

La banca dati geografica del PAI è stata approvata con Delibera n. 11 del 21/05/2012 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino ed è stata oggetto di successivi aggiornamenti e varianti. Sul portale della Regione Sardegna è attivo, dal mese di Marzo 2012, "Sardegna Mappe PAI", il navigatore dedicato alla consultazione delle carte del PAI in cui è possibile consultare e scaricare le carte della pericolosità da frana e idraulica e del relativo rischio.

In riferimento alla mappatura della pericolosità idraulica, il PAI individua l'estensione delle aree inondabili, riferite rispettivamente a valori della portata di colmo caratterizzata da tempi di ritorno pari a 50 anni (Hi4 – area di pericolosità idraulica molto elevata), 100 anni (Hi3 – area di pericolosità idraulica elevata), 200 anni (Hi2 – area di pericolosità idraulica media) e 500 anni (Hi1 – area di pericolosità idraulica moderata).

Piano Stralcio Fasce Fluviali (PSFF)

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della L. 18 maggio 1989, n. 183, ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali.

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al PAI, in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

Il Progetto di PSFF, redatto a seguito dello svolgimento delle conferenze preliminari istruttorie, è stato adottato in via preliminare dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, con Delibera n. 1 del 03/09/2012 e con Delibera n. 1 del 31/10/2012, e successivamente allo svolgimento delle conferenze programmatiche, in via definitiva con Delibera n. 1 del 20/06/2013.

Per i territori comunali di Uta e Terralba il Progetto di PSFF è stato invece adottato dal Comitato in via preliminare con Delibera n. 1 del 05/12/2013, ed in via definitiva con Delibera n. 1 del 07/07/2015.

Il PSFF è stato quindi approvato in via definitiva, per l'intero territorio regionale, con Delibera n. 2 del 17/12/2015 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino della Regione Sardegna, ai sensi dell'art. 9 della L.R. 19/2006 come modificato con L.R. 28/2015.

In riferimento alla metodologia di mappatura, il PSFF definisce le fasce fluviali per eventi alluvionali con tempi di ritorno di 2 anni (fascia A_2), 50 anni (fascia A_50), 100 anni (fascia B_100), 200 anni (fascia B_200) e 500 anni (fascia C).

Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI)

Il Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), realizzato dall'ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome, ha lo scopo di fornire un quadro omogeneo e dettagliato della distribuzione dei fenomeni franosi sull'intero territorio nazionale ed uno strumento conoscitivo ai fini della valutazione del rischio da frana, della programmazione degli interventi di difesa del suolo e della pianificazione territoriale a scala nazionale e locale. La Regione Sardegna ha aderito all'iniziativa per la realizzazione dell'Inventario, con Deliberazioni della Giunta Regionale n. 46/27 del 13/11/2000 e n. 27/68 del 07/08/2001, svolgendo le funzioni di raccolta e analisi dei dati storici e d'archivio, di individuazione e mappatura dei dissesti franosi mediante foto-interpretazione e controlli di campagna, di validazione ed informatizzazione dei dati.

L'inventario ha censito ad oggi, in tutta Italia, 620.808 fenomeni franosi che interessano un'area di circa 23.700 km², pari al 7,9% del territorio nazionale. I dati, per la Regione Sardegna, sono relativi ai risultati derivanti dalle attività, condotte fra i mesi di febbraio e settembre 2005, di acquisizione ed informatizzazione alfanumerico-tabellare e grafico-cartografica delle informazioni prodotte dal censimento e rilievo (alla scala 1:10000) di 1.523 fenomeni franosi individuati sull'intero territorio regionale.

L'inventario, oltre a fornire un primo quadro omogeneo dello stato del dissesto idrogeologico per frana in Sardegna, costituisce anche un valido strumento di sostegno alle azioni di governo del territorio isolano.

ⁱ Haylock et al. 2008.

ⁱⁱ Kotlarski et al. 2014, Drobinski et al. 2016, Wagner et al. 2017.

ⁱⁱⁱ Rockel et al. 2008.

^{iv} Scoccimarro et al. 2011.

^v Bucchignani et al. 2016, Zollo et al. 2016.

^{vi} Karl et al. 1999, Peterson et al. 2001.

^{vii} Haylock et al., 2008.

-
- ^{viii} Rockel et al. 2008.
- ^{ix} Scoccimarro et al. 2011.
- ^x Bucchignani et al., 2016, Zollo et al., 2016.
- ^{xi} INFC, 2005.
- ^{xii} INFC, 2005.
- ^{xiii} Nudda et al., 2015, 2016, e aggiornamenti da comunicazione personale del 2017 e del 2018.
- ^{xiv} ISPRA, 2018.
- ^{xv} MATTM, 2017.
- ^{xvi} MATTM, 2017.

Pagina lasciata bianca intenzionalmente

2. Valutazione della capacità adattativa a livello territoriale

Questo capitolo illustra i risultati della valutazione della capacità adattativa a scala regionale in Sardegna, effettuata con un approccio integrato che ha previsto la consultazione di numerosi stakeholder e l'applicazione di una metodologia semi-quantitativa che ha permesso di calcolare un indice sintetico di capacità adattativa. I risultati ottenuti, integrati con quelli relativi ai capitoli 1 e 3, costituiscono la base per la definizione delle strategie di adattamento descritte nel cap. 4.

Il capitolo è organizzato in quattro sezioni: introduzione e metodologia (2.1), risultati dell'analisi degli stakeholder (2.2), risultati dell'analisi SWOT (2.3) e risultati dell'analisi fuzzy per il calcolo dell'indice aggregato di capacità adattativa (2.4).

2.1. Introduzione e metodologia

L'adattamento al cambiamento climatico avviene in un contesto sociale, economico, tecnologico, biofisico e politico che varia nel tempo, con dinamiche diverse a seconda del luogo e del settore.ⁱ

A partire dal quarto rapporto di valutazione dell'IPCC (Gruppo intergovernativo di esperti sui cambiamenti climatici [IPCC], 2007), il concetto di adattamento si è evoluto da focus specifico sulla vulnerabilità biofisica fino a comprendere i fattori economici e sociali che determinano la vulnerabilità e la capacità delle persone di adattarsi, ivi incluse ad esempio le necessità di informazione, finanziari, istituzionali e tecnologici.ⁱⁱ La capacità di adattamento, che rappresenta una delle componenti della vulnerabilità di un sistema al cambiamento climatico insieme all'esposizione e alla sensibilità, viene definita come: "L'abilità dei sistemi, delle istituzioni, degli esseri umani e di altri organismi di adeguarsi al potenziale danno, trarre vantaggio dalle opportunità, o di rispondere alle conseguenze".ⁱⁱⁱ Il quinto rapporto di valutazione dell'IPCC chiarisce inoltre che i sistemi umani e naturali hanno una capacità intrinseca di far fronte a circostanze avverse ma, ciò nonostante, a causa del perdurare dei cambiamenti climatici, sarà necessario un processo di adattamento continuo per mantenere tale capacità.^{iv}

La capacità di adattamento di un sistema dipende dal contesto, dai processi e dai fattori che si manifestano a diversi livelli (locale, regionale e nazionale^v). Aumentare la capacità di adattamento di un sistema significa identificare le determinanti che la limitano, permettendo agli stakeholder l'accesso a risorse per favorire comportamenti volontari per ridurre la vulnerabilità e/o rafforzare e diversificare le loro strategie di risposta.^{vi}

Nel presente documento la capacità di adattamento è stata valutata rispetto ai settori strategici ritenuti particolarmente rilevanti nell'ambito della Regione Sardegna, con riferimento ai quali verranno sviluppati i macro-obiettivi per la strategia di adattamento. In particolare, da una prima analisi, i seguenti settori sono stati individuati come prioritari:

- Il comparto agro-forestale, ivi incluse le sue valenze territoriali, ecologiche e produttive;
- Il comparto delle risorse idriche, compresi gli aspetti di regimazione, conservazione e distribuzione;
- Il comparto dell'assetto territoriale-idrogeologico del territorio (con relativo rischio territoriale e pianificazione).

I primi due comparti a loro volta sono stati oggetto di analisi più approfondita per ambiti:

1. Per il comparto agro forestale sono stati individuati i seguenti ambiti di attività:
 - Agricoltura
 - Allevamento
 - Foreste
2. Per il comparto acqua sono stati distinti i seguenti ambiti:
 - Consumi di acqua per usi irrigui in agricoltura
 - Consumi di acqua per usi potabili

Attualmente il consumo di acqua per usi industriali rappresenta una frazione minima del consumo complessivo nell'isola³, per cui il relativo ambito d'uso è stato considerato solo trasversalmente.

Per ciascun ambito sono state considerate le determinanti della capacità adattativa sulla base della letteratura scientifica^{vii} e del quinto Report di valutazione dell'IPCC (2014). In particolare, sono stati presi in considerazione i seguenti fattori:

- Governance, Istituzioni e Policy (ad esempio: leggi esistenti, regole, requisiti procedurali, scopo della governance, accordi e struttura istituzionale);
- Capitale umano (personale e risorse umane, competenze tecniche e organizzative, formazione, conoscenza);
- Tecnologia e Ricerca;

³ Secondo i dati relativi all'anno 2014, appare che l'agricoltura è il settore che utilizza più acqua per una quota pari al 63,27% del totale, mentre i settori civili ed industriali utilizzano rispettivamente il restante 33,44% e 3,29% delle risorse idriche.

- Capitale sociale (forme associative, forme di coordinamento tra attori della società, cooperazione e collaborazione, reti);
- Infrastrutture;
- Fattori economici;
- Attitudine/flessibilità;
- Fattori biofisici (temperatura, precipitazioni, intensità e frequenza degli eventi climatici estremi, caratteristiche del territorio, ecc.).

Le determinanti sono state successivamente aggregate nelle seguenti tre macro-componenti: Azione, Abilità, Consapevolezza.^{viii} Su questa base, sono stati scelti, tra quelli disponibili, e codificati, degli indicatori ritenuti idonei ad essere trattati con uno strumento di analisi basato sulla logica *fuzzy* che ha permesso di calcolare un indice sintetico di capacità adattativa (vedi paragrafo 2.4).

Gli indicatori sono stati arricchiti in relazione ai risultati e alle priorità emerse da interviste a stakeholder di ciascun comparto strategico, individuati attraverso un processo che integra approcci top down (es. analisi degli impatti desk study) con approcci bottom up (analisi delle capacità espresse dagli stakeholder).

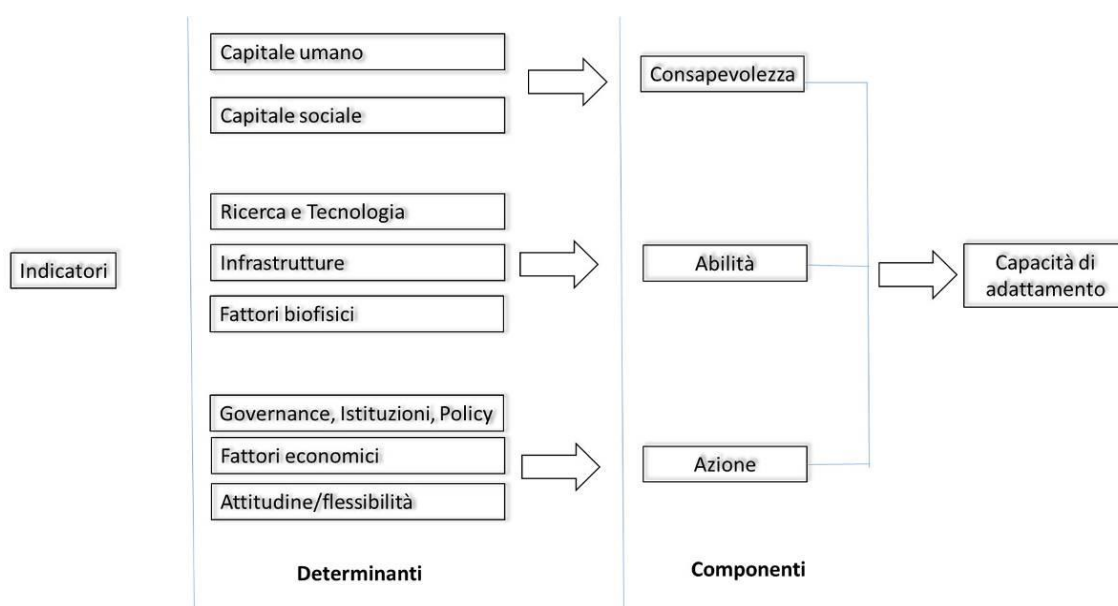


Figura 23 Framework utilizzato per la valutazione della capacità adattativa (modificato da Metzger et al. 2006).

2.1.1. Approccio integrato per la valutazione della capacità adattativa

La capacità adattativa è frutto di una pluralità di fattori, quindi la sua traduzione in un indice aggregato è un processo complesso e dipende dalla qualità e quantità di indicatori disponibili. Per questo motivo generalmente si fa riferimento alla “valutazione” più che alla misurazione di questa capacità. In letteratura, sono molteplici gli approcci utilizzati. Nell’ambito di questo documento è stata fatta la scelta di integrare un approccio di tipo qualitativo con un approccio di tipo quantitativo. Ciascuno di questi approcci presenta elementi di forza e debolezza. Per esempio, le valutazioni quantitative vengono espresse in termini numerici e possono rispondere più efficacemente a domande quali: “quanto?”, “chi è più vulnerabile?”. Questa tipologia di analisi viene più frequentemente richiesta dai decisori politici, perché i risultati possono essere comparati, sono più facili da comunicare e si prestano più facilmente ad indicare l’efficacia delle azioni di adattamento. In questo caso, si prevedono approcci basati sull’elaborazione e sulla combinazione numerica di indicatori e indici che risultano, tuttavia, assai limitati dalla disponibilità dei dati⁴. Oltre a ciò, le valutazioni qualitative hanno come obiettivo quello di raccogliere informazioni che, pur non essendo facilmente misurabili o traducibili in numeri, contribuiscono comunque a definire in maniera affidabile un quadro o una situazione, con riferimento a fattori di vulnerabilità, determinanti della capacità di adattamento, punti di forza e punti di debolezza del sistema. Optare a favore di un approccio qualitativo aiuta a far fronte in molti casi alla mancanza o indisponibilità di dati, alla necessità di rispondere a domande che non possono essere soddisfatte da valutazioni quantitative (i.e. *come e perché?*), permette un coinvolgimento più attivo e allargato dei portatori di interesse (cd. *stakeholder*) e della comunità in generale. La valutazione della capacità adattativa ha tenuto in considerazione entrambi gli approcci, in quanto complementari tra loro.^{ix} La loro combinazione ha permesso di fornire un accurato quadro della situazione e, quindi, risultati ritenuti adeguati all’obiettivo dell’analisi.

2.1.2. Analisi degli “stakeholder”

Lo sviluppo di una strategia di adattamento non può prescindere da azioni messe in atto non solo attraverso politiche regionali ma soprattutto attraverso le azioni messe in campo dai diversi *stakeholder*. Nel testo che segue, per *stakeholder* si intendono diverse categorie di soggetti aventi uno o più ruoli contemporanei come agenti che portano avanti le principali attività nel sistema (*actors*), beneficiari o vittime affette dalle attività del sistema (*customers*), attori che hanno il potere di bloccare o attivare i processi nel sistema (*owners*).^x La valutazione della capacità adattativa è stata fatta tenendo conto in

⁴ LIFE MASTER ADAPT, “Linee Guida, principi e procedure standardizzate per l’analisi climatica e la valutazione della vulnerabilità a livello regionale e locale”.

prima istanza delle indicazioni degli stessi stakeholder e, successivamente, degli elementi che sono scaturiti da analisi quantitative condotte dal gruppo di lavoro. Le decisioni sull'adattamento riguardano infatti vari ambiti sociali, molteplici stakeholder interdipendenti tra loro e decisori politici.

L'identificazione e il coinvolgimento degli attori sociali più direttamente interessati in ciascun comparto produttivo è stato ritenuto quindi fondamentale sin dalle fasi iniziali di costruzione della strategia e in particolare nella fase di identificazione delle vulnerabilità e di valutazione degli impatti e della capacità di risposta e adattamento nei diversi settori.

2.1.2.1. *L'intervista*

L'obiettivo delle interviste realizzate nella prima fase è stato duplice:

1. Ricostruire il quadro conoscitivo dei problemi per comparto, a partire dalle voci e punti di vista degli stakeholder, inclusi i decisori politici. Questo passaggio ha permesso di acquisire una base di informazioni sufficiente per sviluppare una prima analisi SWOT per ciascun comparto e ambito.
2. Arricchire il processo di identificazione di indicatori di capacità adattativa, integrando questa fase del lavoro con un cd. "*desk-study*" impostato dal gruppo di esperti. Questa fase del lavoro aveva l'obiettivo di fare sintesi tra i risultati delle interviste, le competenze del gruppo di lavoro e la letteratura scientifica.

L'intervista qualitativa è stata scelta come strumento d'indagine nella prima fase di valutazione della capacità adattativa perché permette di descrivere eventi e atteggiamenti attraverso la prospettiva dei soggetti studiati.^{xi}

In particolare, si è scelto di utilizzare l'intervista semi strutturata, articolata con una serie di domande preparate in precedenza intorno a una lista di temi guida più o meno fissati, ma con una flessibilità tale da permettere di adattare, a seconda dell'intervistato, sia le domande sia l'ordine in cui porle.^{xii} Nella maggior parte dei casi, durante le interviste, si è adottato uno stile "conversativo", al fine di ottenere la fiducia dell'intervistato (di seguito indicato anche come "informatore") e il suo attivo coinvolgimento e cercando di creare un'interazione intensa tra intervistatore e intervistato.^{xiii} Per ciascun settore, i principali temi guida intorno ai quali si sono sviluppate le interviste sono stati:

1. Quali sono le principali criticità che la sua organizzazione/impresa (a seconda della tipologia di stakeholder intervistato) sta affrontando o ha dovuto affrontare negli ultimi anni?
2. Che rilevanza hanno gli aspetti climatici su queste criticità?

3. Che provvedimenti, progetti/ strategie la sua organizzazione/azienda sta prendendo a tal proposito? E in prospettiva futura?
4. Quali sono le minacce/le paure che vede per il futuro?
5. Cosa e come si potrebbe migliorare la situazione attuale e futura?

Le domande si intendono come temi guida, ma sono state in alcuni casi specificate e adattate a seconda dell'interlocutore e del suo settore di appartenenza. Prima di iniziare l'intervista è stato spiegato a ciascun informatore che l'intervista si inserisce all'interno del lavoro di definizione della Strategia della Regione Autonoma della Sardegna per l'adattamento al cambiamento climatico sviluppata dall'Assessorato della Difesa dell'Ambiente in collaborazione con l'Università di Sassari.

Dal punto di vista pratico, gli intervistati sono stati contattati telefonicamente per fissare un incontro. La maggior parte delle interviste con le istituzioni regionali e le organizzazioni si sono svolte presso la loro sede, mentre con gli agricoltori e allevatori direttamente presso la loro azienda. In alcuni casi la sede delle interviste è stata l'Università di Sassari e nella minoranza dei casi, alcune interviste sono state realizzate telefonicamente o via Skype. Tutte le interviste sono state audio registrate, previa acquisizione del consenso dell'intervistato, e hanno avuto una durata media di circa 60 minuti.

2.1.2.2. Criteri per la scelta degli stakeholder

Nella scelta degli intervistati si è adottato non un criterio di campionamento statistico, ma trattandosi di interviste qualitative semi-strutturate la scelta degli interlocutori è avvenuta sulla base della significatività dell'esperienza dell'informatore e della sua collocazione rispetto alle finalità del presente lavoro.^{xiv} In particolare, gli intervistati sono stati scelti utilizzando i seguenti criteri:

1. Interviste a testimoni chiave^{5, xv} ossia a persone che offrono utili conoscenze sulle caratteristiche di ciascun settore considerato dalla Strategia che determinano le criticità e influenzano la capacità di adattamento al cambiamento climatico. Il contatto con questi informatori ha, inoltre, aiutato a ottenere la cooperazione di altri soggetti, suggeriti e spesso contattati dallo stesso informatore chiave.^{xvi}
2. Interviste a soggetti significativi: individui che forniscono informazioni direttamente rilevanti rispetto agli obiettivi dell'intervista e che hanno un qualche interesse e/o ruolo rispetto alla questione dell'adattamento al cambiamento climatico.

⁵ Sui “key-informant” nell'analisi di casi di studio relativi al cambiamento climatico e adattamento vedere: McDowell et al. 2012; Othniel Yila et al. 2014; Ogalleh et al. 2012; Hofmeijer et al. 2012.

Nello scegliere gli informatori si è inoltre dovuto tenere in considerazione chi tra i soggetti con potenziali informazioni rilevanti fosse maggiormente disponibile a fornirle e a concedere tempo per la finalità del lavoro.^{xvii} Gli informatori contattati per ogni settore rappresentano le seguenti categorie:

1. Agenzie regionali tecniche e politiche: Direttori/rappresentanti delle Agenzie rilevanti per settore (Assessorati, Agenzie tecniche);
2. Rappresentanti delle organizzazioni di produttori per ciascun settore (Es. Coldiretti Regionale);
3. Rappresentanti dei Consorzi di Bonifica;
4. Operatori economici;
5. Attori della società civile;
6. Amministrazioni locali (ad esempio Comuni);
7. Esperti del settore.

2.1.2.3. Fonti aggiuntive

Un'altra fonte importante per ricostruire il contesto e le criticità di ciascun settore rispetto ai problemi legati al cambiamento climatico è stata la partecipazione come team di lavoro a Convegni e tavole rotonde su temi strategici organizzati da organizzazioni e Agenzie Regionali.

Questi incontri sono stati un'occasione per individuare alcuni stakeholder chiave e comprendere le principali questioni considerate rilevanti dagli attori locali nell'ambito dell'agricoltura, del dissesto idrogeologico e della governance dell'acqua.⁶ Tra gli eventi a cui si è partecipato si segnala, ad esempio, la tavola rotonda/dibattito sulla gestione ottimale della risorsa irrigua, organizzato da Confagricoltura (Oristano, 22 Febbraio 2018).

Il lavoro ha compreso anche l'acquisizione di pareri e informazioni in occasione di altri eventi aperti al pubblico e agli stakeholder organizzati all'interno di altre esperienze del gruppo di lavoro dell'Università di Sassari in collaborazione con la Regione Sardegna, come il Progetto LIFE "MASTER ADAPT" sul tema dell'adattamento al cambiamento climatico nelle aree metropolitane e aggregazioni di Comuni della Sardegna.

⁶ Global Soil Partnership Plenary Assembly, Roma, 11-12 giugno 2018; Incontro c/o Leibniz Centre Bruxelles, con gruppo di lavoro sul "Ruolo della digitalizzazione dell'agricoltura sugli obiettivi di sviluppo sostenibile"; Meeting Finale Partnership Italiana MACSUR, presso il Mipaaf, Roma, 21 giugno 2018; "L'Agronomia nelle nuove Agricolturae (Biologica, Conservativa, Digitale, di Precisione)" XLVII Convegno Nazionale della Società Italiana di Agronomia (SIA), Marsala 12-14 settembre 2018.

2.1.3. Analisi SWOT per ciascun settore di intervento

I risultati delle interviste sono stati fondamentali per costruire l'analisi SWOT per ciascun settore.

Nell'ambito del presente lavoro, l'analisi SWOT è stata scelta in quanto si presta ad essere applicata in processi di *decision making* e in situazioni di pianificazione e di gestione preventiva delle crisi.^{xviii} In particolare, l'analisi è stata sviluppata a partire dagli input diretti ricevuti dagli stakeholder intervistati e ha permesso di costruire una visione della situazione di ciascun settore considerato per l'analisi (ad esempio, agricoltura, foreste, acqua ecc.) rispetto al cambiamento climatico, categorizzando i diversi fattori che caratterizzano ciascun comparto come:

- Fattori positivi interni (punti di forza- *Strengths*): gli elementi di forza del settore di fronte ai rischi del cambiamento climatico, le caratteristiche positive da rinforzare.
- Fattori negativi interni (punti di debolezza- *Weaknesses*): gli elementi di debolezza del sistema di fronte ai rischi del cambiamento climatico, le carenze del sistema da colmare.
- Fattori positivi esterni (opportunità- *Opportunities*): le opportunità a cui gli stakeholder possono rispondere per poter essere meglio preparati di fronte ai rischi del cambiamento climatico; sono questi elementi non direttamente controllabili.
- Fattori negativi esterni (minacce- *Threats*): le minacce di cui gli attori del sistema devono essere consapevoli per essere pronti a reagire nei confronti dei rischi relativi al cambiamento climatico; si tratta di elementi non direttamente controllabili dagli attori del sistema, ma che, se adeguatamente trattati, possono essere minimizzati.

Oltre all'analisi SWOT, nel presente studio sono state riportate le strategie e le raccomandazioni suggerite dagli stessi attori intervistati per far fronte alle sfide del cambiamento climatico, permettendo in questo modo di considerare le proposte provenienti direttamente dagli attori interessati, che sono state utilizzate come base per trattati in particolare nel capitolo 4 del presente documento.

L'analisi SWOT è stata poi condivisa via e-mail tra gli intervistati per un'ultima verifica delle informazioni. Alla fine della raccolta dati, i risultati del lavoro sono stati integrati e commentati da esperti dei vari settori del gruppo di lavoro.

Infine, tutti gli elementi dell'analisi SWOT sono stati raggruppati a posteriori secondo le categorie/determinanti della capacità di adattamento di cui al capitolo 2.4. di cui sopra. La conoscenza delle determinanti della capacità di adattamento espresse non solo attraverso indicatori quantitativi (logica cd. "fuzzy", come definita), ma anche

attraverso i punti di vista e le argomentazioni degli stakeholder del comparto e all'interno dei quattro elementi della SWOT richiamati sopra, offre un'utile fonte di informazione per la pianificazione e l'implementazione delle specifiche strategie di adattamento. L'ipotesi alla base di questa analisi è che attraverso questo metodo si riesca a definire con chiarezza quali siano le principali determinanti su cui agire per aumentare la capacità adattativa del sistema considerato o per rimuovere gli ostacoli alla capacità di adattamento (punto di debolezza o minaccia).

2.1.4. La logica fuzzy: indice sintetico di capacità adattativa

La quantificazione di un **indice sintetico di capacità adattativa** per ciascun comparto strategico individuato è stata effettuata attraverso l'applicazione di approcci di logica sfumata (cd. "Logica Fuzzy"), ispirata ai concetti di Sugeno (1985) e Hall e Kandell (1991). La logica Fuzzy si basa sull'assunto secondo cui la gran parte dei ragionamenti e delle scelte quotidiane si svolgono in condizioni d'incertezza. Partendo da questo assunto, la logica sfumata elimina la necessità di una definizione precisa di un cambiamento da uno stato all'altro e crea un sistema in grado di valutare e scegliere le regole più opportune da usare nelle diverse circostanze, emulando il modo di agire dell'operatore umano. Proponendo un approccio logico-matematico, questa metodologia codifica quantitativamente l'imprecisione del mondo reale e l'incertezza del nostro giudizio su di esso.

In una prima fase dell'analisi, è stata sviluppata una lunga lista di indicatori quantitativi della capacità adattativa del territorio regionale per i diversi settori, identificati attraverso l'analisi della letteratura (cd. "*desk-study*"), il coinvolgimento attivo degli stakeholder intervistati e di esperti nei diversi settori che hanno attivamente partecipato alle attività del gruppo di lavoro. Gli indicatori quantitativi sono stati selezionati principalmente sulla base dei seguenti aspetti: (i) la disponibilità di dati alla scala di indagine regionale; (ii) la rilevanza dell'indicatore stesso in base a come è percepita dagli stakeholder. La scala regionale è stata scelta in prima analisi in relazione alla scarsa disponibilità di indicatori su scala di maggior dettaglio.

In una seconda fase, gli esperti del gruppo di lavoro hanno attribuito a ciascun indicatore un peso corrispondente, sulla base di criteri di importanza per il territorio e di impatto percepito dagli stakeholder sulla capacità adattativa, anche come emerso dalle interviste. Per ogni indicatore selezionato, è stato necessario reperire i seguenti dati:

1. Valore reale dell'indicatore alla scala spaziale e temporale più adeguata;
2. Peso attribuito in una scala da 1 a 5 (1=non importante; 5= molto importante);

3. Soglia sfavorevole e soglia favorevole; la soglia sfavorevole indica il valore dell'indicatore al di sotto (o al di sopra in relazione a ciascun caso specifico) del quale sono attesi sempre effetti negativi; la soglia favorevole indica il valore al di sotto o al di sopra del quale possono essere generati solo effetti positivi. I valori tra le due soglie indicano un'area sfumata (cd- "fuzzy") in cui i potenziali effetti non possono essere esattamente previsti o, in altri termini, non c'è certezza sul giudizio da parte degli attori (uno stesso valore può simultaneamente appartenere alla classe favorevole o sfavorevole, con un certo grado di attribuzione all'una o all'altra classe).

È stata quindi applicata una procedura di logica sfumata per l'aggregazione dei diversi indicatori a livelli gerarchici via via superiori^{xix} fino alla determinazione di un unico indicatore aggregato della capacità adattativa. In particolare, indicatori simili sono stati aggregati in determinanti (es. tecnologia, capitale sociale, infrastrutture, ecc.) e, a loro volta, determinanti simili sono state aggregate nelle tre componenti della capacità di adattamento emerse dall'analisi: consapevolezza, abilità e azione.^{xx}

L'indice sintetico di capacità adattativa ottenuto può avere un valore che varia da 0 a 1, dove 0 e 1 esprimono rispettivamente la massima e la minima capacità adattativa. L'analisi di logica sfumata consente di attribuire alle tre componenti (consapevolezza, abilità e azione) e alle diverse determinanti entro ciascuna componente un valore che varia da 0 a 1 che rappresenta il ruolo di componenti e determinanti nell'influenzare il valore sintetico finale di capacità adattativa.

In un'ultima fase, è stata effettuata un'analisi di sensibilità con l'obiettivo di individuare gli indicatori che avrebbero il massimo impatto sul valore finale dell'indice sintetico di capacità adattativa. L'analisi è stata eseguita facendo variare i valori degli indicatori nel range compreso fra le loro soglie favorevole e sfavorevole, all'interno del quale sono state individuate dieci soglie. All'insieme di tutti i valori favorevoli e sfavorevoli sono stati sostituiti, per ogni indicatore e uno alla volta, i valori individuati all'interno dei range, e per ogni nuovo insieme di valori degli indicatori così ottenuti è stata effettuata l'analisi fuzzy. Gli indici sintetici così ottenuti sono stati utilizzati per creare una matrice delle dimensioni [n° indicatori x n° soglie (10)], riportante per ogni riga il valore dell'indice sintetico al variare del valore dell'indicatore nel range. L'individuazione degli indicatori più sensibili è stata effettuata tramite l'analisi grafica di risultati, che ha permesso di individuare quali fossero gli indicatori che variando avessero determinato una maggiore variazione dell'indice sintetico di capacità adattativa (Appendice A).

2.1.5. Limiti della metodologia

Di seguito si riportano i principali limiti associati all'applicazione della metodologia con articolare riguardo al caso in esame relativo alla valutazione della percezione dei rischi connessi al fenomeno dei cambiamenti climatici da parte dei soggetti intervistati.

- Coinvolgimento degli stakeholder nello studio. Come precisato nel paragrafo 2.1.2.2 gli intervistati sono stati scelti sulla base di alcuni criteri definiti in letteratura e sulla base dell'interesse e del ruolo che gli attori potenzialmente potevano rivestire rispetto alla questione dell'adattamento al cambiamento climatico. Lo studio tuttavia, non pretende di essere esaustivo al 100% e di riflettere i punti di vista di tutti gli attori e categorie di attori interessati. Inoltre, durante lo svolgimento del lavoro, alcuni degli stakeholder identificati come chiave, hanno comunque preferito non dare il loro contributo o, in altri casi, è stato impossibile incontrarli.
- Disponibilità limitata di alcuni dati statistici. Alcuni dati statistici fondamentali per la costruzione di indicatori della capacità adattativa erano di difficile reperibilità (ad esempio dati non aggiornati o dati non disponibili al livello di aggregazione e scala richiesti).
- Limiti del metodo di valutazione della capacità di adattamento. Le valutazioni della capacità adattativa presenti in letteratura hanno usato diverse tecniche e approcci, a partire da quelli teorici^{xi} fino alle valutazioni basate su fonti secondarie di dati^{xii} ai processi di autovalutazione, ecc. Il fatto che non esista un metodo codificato e riconosciuto per la valutazione della capacità adattativa concetto anche esso in continua evoluzione, ha reso più complessa la scelta del metodo utilizzato per questo lavoro.

ⁱ Smit e Wandel, 2006.

ⁱⁱ IPCC 2014.

ⁱⁱⁱ IPCC, 2014.

^{iv} IPCC 2014.

^v Smit & Wandel, 2006.

^{vi} Stock et al. 2017.

^{vii} Ivey et al. 2004; Engle 2011; Plummer 2013; Engle and Lemons 2010; Ellis 2000; Smith et al 2000; Gupta et al 2010; Nelson et al 2010; Morrison et al 2011; Pretty and Ward 2001; Adger 2003; Adger and Vincent 2005; Folke et al 2005; Pelling & High 2005; Pahl Wost 2009; Klein et al. 2014; Nelson et al. 2010.

^{viii} Metzger et al., 2006.

^{ix} Silverman 2002; Cardano 2008.

^x Checkland, 1981.

^{xi} Dalla Porta 2010; Montesperelli 1998.

^{xii} Fideli e Marradi 1996.

^{xiii} Kaufmann 2007; Della Porta 2010.

-
- ^{xiv} Kaufmann 2007; Gianturco 2005.
- ^{xv} Gorden 1975.
- ^{xvi} Gianturco 2005.
- ^{xvii} Gianturco 2005.
- ^{xviii} Krysanova et al. 2010.
- ^{xix} Van der Werf e Zimmer, 1998; Bellocchi et al., 2002.
- ^{xx} Metzger et al., 2006.
- ^{xxi} Pelling et al. 2008; Gupta et al.2010.
- ^{xxii} Adger and Vincent 2005, Smit and Wandel 2006.

2.2. Analisi degli stakeholder per i settori strategici

Come sopra anticipato, per ciascun settore strategico sono stati identificati e intervistati degli stakeholder chiave, al fine di raccogliere informazioni rilevanti per la valutazione della capacità di adattamento del settore e per l'analisi SWOT (si veda nota metodologica Cap. 2.1). In particolare, le categorie di stakeholder che sono stati coinvolti, suddivisi per settori, possono essere così aggregate:

- **Enti pubblici:** es. agenzie regionali tecniche e politiche, amministrazioni locali;
- **Organizzazioni di produttori** per ciascun settore (Es. Coldiretti Regionale e Confagricoltura, Consorzi di Bonifica);
- **Operatori economici del settore privato e della società civile:** Aziende agricole in diversi ambiti: foraggio, vitivinicole, ortofrutta, allevamento ovino e bovino, foreste con una diversa distribuzione geografica in Sardegna, cooperative, studi privati di pianificazione e progettazione ambientale, associazioni, ecc.;
- **Enti di ricerca (rappresentanti degli istituti di ricerca e Università del territorio);**
- **Esperti del settore;**
- **Altri attori della società civile** (es. organizzazioni non governative).

Di seguito, per ciascun settore (Tabella 7, Tabella 8, Tabella 9, Tabella 10) è riportata la mappatura degli attori chiave coinvolti (vedi anche Figura 24) per l'analisi SWOT e la valutazione della capacità di adattamento.

Tabella 7 Mappa degli stakeholder per il settore acque interne.

ATTORI CHIAVE	PRINCIPALI COMPETENZE/INTERESSI	TIPOLOGIA
ABI (Associazione Bonifiche Irrigazioni) Sardegna e Consorzi di Bonifica	• Provvedono alla realizzazione e gestione di opere di difesa e regolazione idraulica, di opere di provvista e utilizzazione delle acque a prevalente uso irriguo. • I Consorzi di bonifica, il cui comprensorio è definito con riferimento ai bacini idrografici, costituiscono un presidio territoriale, collaborando ad interventi pubblici e privati per la difesa del suolo, la regolazione delle acque e l'irrigazione con gli Enti del territorio.	Persone giuridiche pubbliche a struttura associativa e di autogoverno
Agenzia regionale del Distretto Idrografico della Sardegna (ADIS)	• Al fine di perseguire l'unitario governo dei bacini idrografici, indirizza, coordina e controlla le attività conoscitive di pianificazione, di programmazione e di attuazione aventi per finalità:	Ente pubblico

ATTORI CHIAVE	PRINCIPALI COMPETENZE/INTERESSI	TIPOLOGIA
e Autorità di bacino	- la conservazione e la difesa del suolo - il raggiungimento degli obiettivi quali-quantitativi dei corpi idrici - la tutela e razionale utilizzazione delle risorse idriche e la tutela degli ecosistemi. • Opera in collaborazione con gli enti locali territoriali e gli altri enti pubblici e di diritto pubblico operanti nel bacino idrografico.	
ENAS (Ente Acque della Sardegna)	• Ente pubblico non economico strumentale della Regione che gestisce il sistema idrico multisettoriale dell'isola. • È nato con la Legge regionale n. 19 del 2006 che ha trasformato l'Ente Autonomo del Flumendosa (istituito con Regio Decreto Legislativo n. 498 del 17 maggio 1946) integrandolo e potenziandolo con importanti opere idrauliche e con il contributo di esperienza e capacità del personale proveniente dal soppresso ESAF (Ente Sardo Acquedotti e Fognature) e dai Consorzi di Bonifica. • È un attore chiave nella governance dell'acqua a livello della regione Sardegna	Ente pubblico
ABBANO	• ABBANO S.p.A. è il gestore unico del Servizio Idrico Integrato a seguito dell'affidamento "in house providing" avvenuto con deliberazione n. 25/2004 dell'Assemblea dell'Autorità d'Ambito, oggi Ente di Governo dell'Ambito della Sardegna per effetto della legge regionale di riforma del settore (L.R. 4 febbraio 2015, n. 4 e s. m. e i.). ABBANO SpA, nata il 22 dicembre 2005 dalla trasformazione di Sidris S.c. a r.l. a seguito della fusione delle società consorziate, è interamente partecipata da Enti Pubblici, attualmente è costituita da 342 Comuni soci e dal socio Regione Sardegna.	Azienda pubblica
Comuni (Sassari e Ploaghe)	• Amministrazioni territoriali con competenze locali. • Hanno un ruolo per la questione delle acque ad uso civile (rapporti con ABBANO, segnalazione problemi, manutenzioni ecc)	Ente pubblico
Imprese agricole	• Imprese agricole ricadenti all'interno dei Consorzi di Bonifica	Operatori economici/settore privato

Tabella 8 Mappa degli stakeholder per il settore agro-zootecnico

ATTORE CHIAVE	PRINCIPALI COMPETENZE/INTERESSI	TIPOLOGIA
Assessorato dell'agricoltura e riforma agro-pastorale	Pianificazione e programmazione del settore agro pastorale della Sardegna	Ente pubblico
ARGEA	Esercita funzioni delegate dalla Regione Sardegna in materia di aiuti regionali, attività ispettive e di controllo in campo agricolo, ittico e attività gestionali delegate dall'Autorità di Gestione in materia di Politica Agricola comune e altre attività assegnate dalla Giunta Regionale.	Ente pubblico
AGRI Sardegna	Agenzia della Regione Sardegna per la ricerca scientifica, la sperimentazione e l'innovazione tecnologica nei settori agricolo, agroindustriale e forestale. Rientra nella mission dell'agenzia favorire lo sviluppo rurale sostenibile, tutelare e valorizzare le biodiversità, accrescere la qualificazione competitiva della propria struttura nel campo della ricerca.	Ente di ricerca
Confagricoltura Sardegna	- Organizzazione professionale agricola opera nell'ambito della assistenza, promozione e tutela delle imprese sarde agricole ed alimentari. - Supporta le attività di internazionalizzazione con un'attività di scambio, di conoscenze e formazione in materia agricola con il Paese estero nel quale le imprese agricole associate intendono operare.	Settore privato
Coldiretti Sardegna	- Coldiretti Sardegna è un'organizzazione sindacale di rappresentanza delle persone e delle imprese che operano in agricoltura, nelle attività connesse e nell'agroalimentare. - Coordinamento del confronto di idee e di proposte delle istanze delle Federazioni ad essa associate con le istituzioni regionali	Settore privato
Imprese agricole e zootecniche	- Vitivinicole - Olivicole - Ortofrutticole - Cerealicolo-foraggiere - Ovi-caprine - Bovine - Suinicole	Operatori economici/Settore privato
LAORE	- Attua programmi regionali in campo agricolo e per lo sviluppo rurale. - Promuove lo sviluppo integrato dei territori rurali e la compatibilità ambientale delle attività agricole favorendo la multifunzionalità delle imprese, le specificità territoriali, le produzioni di qualità e la competitività sui mercati.	Ente pubblico
Università	- Esperti nel settore dell'agricoltura - Attività di ricerca e collaborazione con aziende agricole del territorio	Ente di ricerca

Tabella 9 Mappa degli stakeholder per il settore forestale

ATTORE CHIAVE	PRINCIPALI COMPETENZE/INTERESSI	TIPOLOGIA
Fo.Re.S.T.A.S	• Gestione forestale; • Gestione di ambiti forestali insistenti su ecosistemi costieri e terrestri; • Gestione della rete ecologica regionale negli ambiti forestali, in accordo con gli enti di gestione e i comuni interessati, individuando le più opportune forme associative consentite dalla legge; gestione della Rete Escursionistica Regionale (RES), che include i sentieri e le ippovie; gestione del catasto della RES; • Manutenzione del tessuto rurale; • Protezione civile e salvaguardia del patrimonio forestale dalla minaccia degli incendi; • Ricerca, innovazione, trasferimento tecnologico e formazione	Ente pubblico
Corpo Forestale e di vigilanza ambientale	• Tutela tecnica ed economica dei boschi, dei beni silvo-pastorali dei Comuni e degli Enti pubblici, di parchi, riserve, biotopi ed altre aree di particolare interesse naturalistico e paesaggistico. • Esercita funzioni operative di prevenzione e lotta agli incendi boschivi e delle campagne e di coordinamento delle operazioni di spegnimento, collabora alle attività di protezione civile.	Ente pubblico
Assessorato all'Ambiente- Servizio tutela del suolo e politiche forestali	• Coordinamento e gestione e attuazione del Piano forestale Regionale. • Attuazione dei Piani territoriali di distretto PFAR. Attuazione del recepimento della Direttiva comunitaria 105/99 sui materiali di propagazione forestale. • Gestione amministrativa e rendicontazione degli interventi di cui all'Accordo Quadro con Ente Foreste Sardegna. • Gestione amministrativa e rendicontazione Programma Azione Bosco. • Concessione dei contributi per la manutenzione e la valorizzazione del patrimonio boschivo (legge regionale n.6 del 15 marzo 2012). • Verifica del conseguimento degli indirizzi regionali per l'attività dell'Ente foreste in correlazione con le politiche regionali forestali	Ente pubblico
Imprese filiera del sughero	• Approvvigionamento materia prima da sugherete • Trasformazione sughero	Settore privato
Università di Sassari	• Esperti settore foreste • Attività di ricerca sul territorio	Ente di ricerca

Tabella 10 Mappa degli stakeholder per il settore dissesto idrogeologico

ATTORE CHIAVE	PRINCIPALI COMPETENZE/INTERESSI	TIPOLOGIA
Protezione Civile- Sardegna	• Funzioni di previsione, monitoraggio e sorveglianza del rischio idraulico e idrogeologico. • Opera per intervenire in caso di calamità e disastri naturali, per portare soccorso e prima assistenza alle popolazioni colpite, • Lavora in modo particolare alle attività di prevenzione, per fare in modo che, eventi potenzialmente molto distruttivi,entino il meno possibile in termini di vite e di danni al territorio e all'ambiente. • Attività di formazione, comunicazione, informazione e simulazione, per promuovere la conoscenza dei rischi e la consapevolezza del pericolo specifico dei diversi territori.	Sistema complesso di enti di varia natura
Studi privati di pianificazione, progettazione e valutazione ambientale della Sardegna	• Lavorano per committenza pubblica e/o privata nel settore della pianificazione urbanistica, pianificazione, progettazione e gestione ambientale, difesa del suolo e prevenzione rischi, studi e monitoraggio ambientale, assistenza tecnica	Settore privato
Ordine geologi della Sardegna	• Rappresenta i professionisti del territorio sardo nell'ambito della geologia (valutazione delle risorse idriche, previsione e comprensione dei pericoli naturali, individuazione e risanamento dei problemi ambientali, pianificazione territoriale e realizzazione di opere pubbliche e private, studio sui mutamenti del clima e dell'ambiente, conoscenza del sottosuolo (geognostica) e dei relativi parametri geotecnici, fondamentali per la corretta progettazione di opere costruttive)	
Servizio geologico e laboratorio geotecnico- Provincia di Cagliari	• Autorizzazione o diniego alla trasformazione o utilizzo di aree soggette a vincolo idrogeologico sulla base di istruttorie tecniche del Corpo Forestale Vigilanza Ambientale. • Attività finalizzate alla prevenzione del rischio idrogeologico nel territorio provinciale che comprendono: ○ Gestione del reticolo idrografico di competenza provinciale e delle opere idrauliche di 3 e 4 categoria ○ Progettazione, direzione lavori, collaudo e rendicontazione di interventi finalizzati al ripristino della funzionalità idraulica, messa in sicurezza e manutenzione dei circa 9000 Km di reticolo idrografico di competenza provinciale; ○ Gestione tecnico amministrativa di domande di	Ente pubblico

ATTORE CHIAVE	PRINCIPALI COMPETENZE/INTERESSI	TIPOLOGIA
	interventi ricadenti entro le pertinenze fluviali; ○ Gestione aree in frana ○ Monitoraggio di aree in frana o a rischio di frana; ○ Progettazione, direzione lavori, collaudo e rendicontazione di interventi finalizzati alla messa in sicurezza di aree in frana. ● Esecuzione prove di laboratorio geotecnico per l'ente e a domanda individuale ● Istruttoria geologica nei procedimenti per la ricerca e utilizzo di acque superficiali e sotterranee. ● Istruttorie geologiche nell'ambito dei procedimenti VIA e VAS di competenza della Provincia di Cagliari	
Corpo forestale e di vigilanza ambientale	● Gestione del vincolo idrogeologico ● Polizia Giudiziaria ambientale ● Attività di protezione civile: coordinamento, monitoraggio e soccorso per il rischio idrogeologico ● Tutela tecnica dei versanti e delle foreste ● Rete osservativa dei bacini idrografici	Ente pubblico
Comuni (Posada)	● Attività di protezione civile ● Pulizia dei canali di propria competenza	Ente pubblico
Università di Cagliari e di Sassari	● Esperti del settore idrogeologico	Ente di ricerca

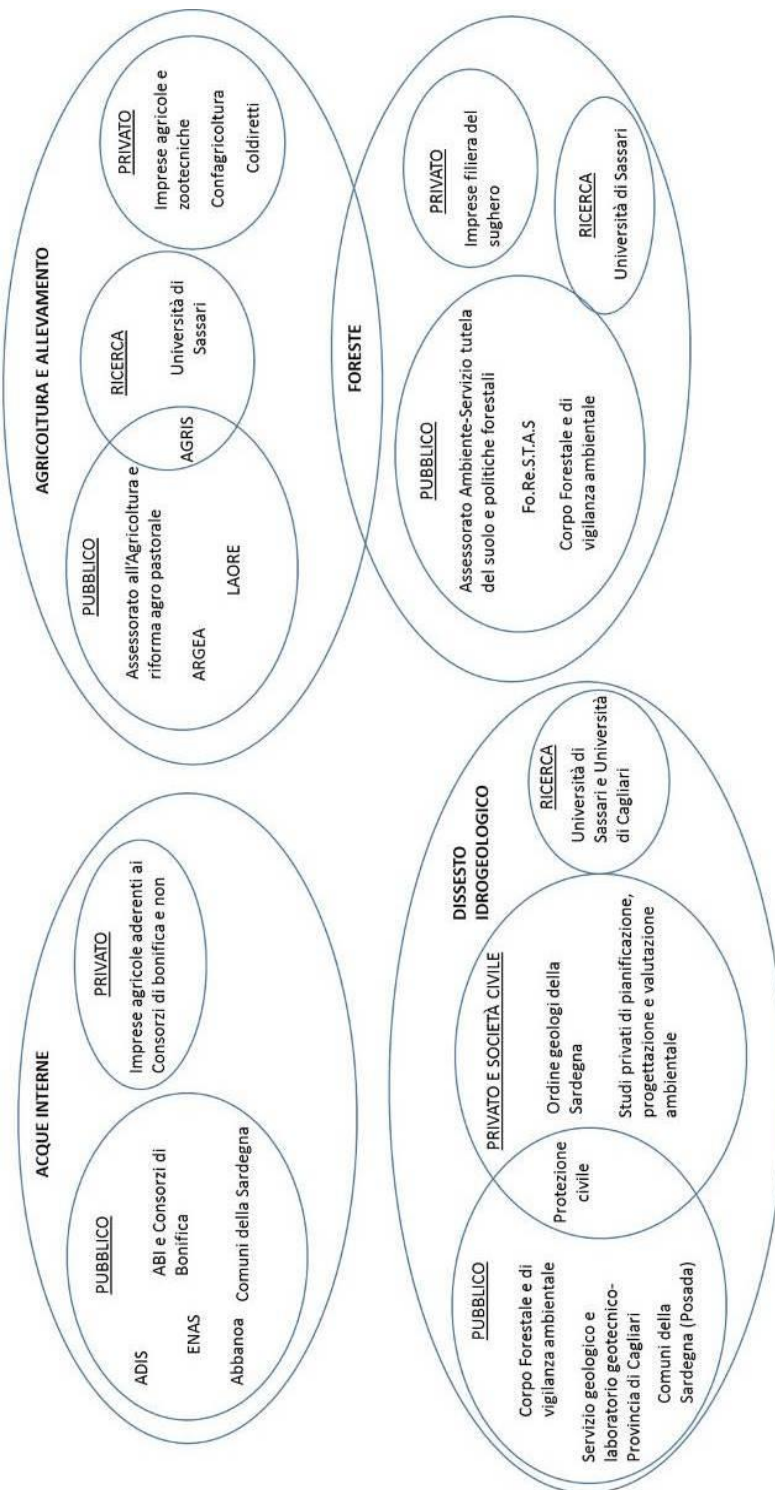


Figura 24 Mappa degli stakeholder.

2.3. Analisi SWOT dei settori strategici

L'analisi SWOT qui presentata riporta i punti di vista e le opinioni degli stakeholder che sono stati intervistati durante il lavoro di valutazione della capacità adattativa ai cambiamenti climatici della Sardegna. L'analisi è stata divisa per ciascun dei seguenti settori strategici individuati:

- Acque interne
 - Acque per usi civili
 - Acque per usi irrigui
- Agro-forestale
 - Agricoltura
 - Allevamento
 - Foreste
- Assetto idrogeologico del territorio

Per ciascun settore o sotto-settore, oltre all'analisi SWOT sintetica, sono stati riportati i punti di vista e alcune dichiarazioni rilasciate dagli stakeholder intervistati. Il testo di colore differente riguarda invece le integrazioni e aggiunte proposte da altri esperti del settore, che sono stati consultati in un secondo momento e hanno espresso il loro parere dopo aver letto quello degli stakeholder. Questo processo ha permesso così di estendere le prospettive di analisi e di evidenziare convergenze o divergenze di parere sulle diverse questioni dei vari soggetti intervistati (es. stakeholder ed esperti di settore). L'analisi è da intendersi come la prima fase di un processo iterativo che potrà ulteriormente essere sviluppato nella prospettiva di costruire una strategia di adattamento dinamica nel tempo in relazione all'evoluzione del contesto.

2.3.1. Acque interne

Ai fini di un'analisi più dettagliata, il settore delle acque interne è stato suddiviso in **acqua per usi irrigui** (Tabella 11) che rappresenta circa il 70% del consumo idrico in Sardegna e in **acqua per usi civili** (Tabella 14) che costituisce invece circa il 30%, mentre i consumi per usi industriali in Sardegna rappresentano una quota trascurabile dei consumi idrici totali e pertanto non sono stati oggetto di approfondimento.

2.3.1.1. *Acqua per usi civili*

Tabella 11 Analisi SWOT per il settore “acqua per usi civili”

Punti di forza	Punti di debolezza
• Sistema regionale centralizzato di programmazione pluriennale degli usi dell’acqua tra diversi settori. • Capienza potenziale complessiva dei bacini idrici più che sufficiente a supplire alle esigenze degli usi civili. • Disponibilità di abbondanti risorse idriche sotterranee in molte aree della Sardegna, al momento sottoutilizzate, che rappresentano una riserva strategica per il futuro.	• Reti idriche “colabrodo”: le perdite non tariffabili di acqua già potabilizzata rappresentano una quota molto rilevante dei consumi totali (circa 50%). • Insufficiente conoscenza e mappatura delle reti idriche presenti in Sardegna, con conseguente difficoltà di esecuzione di interventi di manutenzione. • Scarsa tempestività negli interventi di riparazione delle perdite e di risoluzione dei problemi nelle condotte idriche per uso civile a scala comunale. • Bassa qualità dell’acqua in ingresso ai potabilizzatori e conseguenti alti costi di potabilizzazione. • Tecnologia dei potabilizzatori dell’acqua obsoleta in alcune aree. • Squilibrio nei rapporti e problemi di trasparenza tra gli attori della governance del sistema dell’acqua per usi civili: Comuni- ABBANOA - Regione • Scarsa fiducia da parte degli stakeholder (Comuni e cittadini) nei confronti di ABBANOA • Dinamica demografica stagionale associata al flusso turistico e l’aumento della variabilità climatica nelle aree costiere mettono sotto pressione i sistemi di approvvigionamento e di depurazione delle acque. • Scarsa utilizzazione di risorse idriche sotterranee (acqua di alta qualità) per usi civili, che sono invece utilizzate soprattutto per fini irrigui.

Opportunità	Minacce
• Investimenti per progetti pilota per il risparmio idrico e interventi tempestivi con applicazioni tecnologiche (telecontrollo reti e impianti, sistema reportistica avanzata, mappatura reti, ecc.) • La realizzazione di ulteriori collegamenti tra bacini artificiali potrebbe garantire una migliore distribuzione dell'acqua per usi civili e una maggiore sicurezza dell'acqua potabile nei diversi territori dell'isola.	• Le alte temperature e la siccità peggiorano la qualità dell'acqua grezza in ingresso agli impianti di potabilizzazione • Cambiamenti climatici e conseguente aumento dei consumi idrici in agricoltura, che aumenterà la competizione tra usi civili e usi irrigui • I cambiamenti climatici porteranno ad un incremento della variabilità spaziale della disponibilità dell'acqua negli invasi della Sardegna. • L'incremento della frequenza di piogge ad alta erosività comporterà una maggiore frequenza di interrimento dei bacini e un incremento del materiale flottante, da cui una accresciuta necessità di manutenzione. • L'incremento della frequenza di piogge ad alta erosività peggiora la qualità delle acque (maggiore materiale fine in sospensione, aumento di nitrati e fosforo da bacini agricoli o acque reflue depurate)

La sezione seguente descrive e argomenta più nel dettaglio rispetto a quanto riportato in tabella alcuni dei principali punti di forza, di debolezza, opportunità e minacce individuate dagli stakeholder con riferimento al comparto delle acque interne per usi civili. I diversi fattori sono stati classificati sulla base delle determinanti della capacità di adattamento presenti in letteratura.ⁱ

Punti di forza

Governance, Istituzioni e policy

Con la legge regionale 19/2006 il sistema istituzionale responsabile della gestione delle risorse idriche in Sardegna è stato riformato, riorganizzando e centralizzando le decisioni strategiche sulla programmazione degli usi dell'acqua:

“Con questa riforma e la conseguente riorganizzazione del sistema si ha finalmente un unico centro decisionale per le strategie sull'acqua che agisce nell'interesse generale, soprattutto in questo clima di ristrettezza della risorsa idrica, per quanto ci siano portatori di interesse che a suo tempo e, ancora oggi velatamente, contestano questa riforma” (ADIS)

Il sistema centralizzato di monitoraggio e di gestione multisettoriale dei bacini idrici della Sardegna, coordinato da ADIS in collaborazione con ENAS permette di programmare la destinazione delle risorse idriche tra i vari settori, garantendo la

disponibilità di acqua per usi civili anche nelle annate siccitose. In particolare, il modello utilizzato da ADIS permette di caratterizzare gli scenari dei bilanci risorse-fabbisogni in atto e prevedibili nel breve e medio termine, nei sistemi idrografici che compongono l'intero territorio regionale, costituendo un importante supporto per la gestione dei bacini idrici della Sardegna. Per quanto riguarda il problema della siccità, che rappresenta uno dei rischi maggiori a cui è sottoposto il territorio sardo, è importante segnalare che, con cadenza mensile, il Servizio tutela e gestione delle risorse idriche, vigilanza sui servizi idrici e gestione delle siccità della Direzione generale agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna emette un "Bollettino dei serbatoi artificiali del sistema idrico multisettoriale della Sardegna" con i valori degli indicatori di stato per il monitoraggio e il preallarme della siccità per ciascun invaso dell'isola. Ciò consente di valutare i rischi e introdurre la siccità nella pianificazione generale al fine di avviare una gestione proattiva di tale evento estremo.

Questo elemento costituisce un punto di forza che riguarda l'intero comparto delle acque interne in Sardegna, sia per usi civili che per usi irrigui.

Infrastrutture

La disponibilità di una elevata capacità potenziale dei bacini in Sardegna rappresenta un importante punto di forza per il sistema di acque interne sia per usi civili che per usi irrigui. Inoltre, il fatto che gran parte dell'approvvigionamento idrico per usi civili e agricoli in Sardegna sia da acque superficiali, costituisce un vantaggio per la conservazione delle risorse idriche sotterranee, che per l'isola sono dunque una risorsa strategica a cui si potrà fare riferimento in caso di siccità prolungata. Per esempio nel 2017, annata tra le più siccitose dell'ultimo secolo, il Consorzio di Bonifica della Nurra ha potuto far ricorso alle abbondanti risorse idriche sotterranee già intercettate da aziende private o dal Consorzio industriale di Porto Torres.

Fattori biofisici

Il principale punto di forza di natura biofisica è il fatto che la piovosità media in Sardegna, associata alla grande capacità di invaso, è in genere più che sufficiente a garantire riserve idriche per gli usi civili e agricoli delle aree attrezzate. Il fatto che la distribuzione delle precipitazioni sia concentrata nei mesi freddi (70% da ottobre a marzo) garantisce normalmente la piena ricarica degli invasi e delle falde acquifere.

Punti di debolezza

Infrastrutture

Le **perdite nelle reti idriche** (Tabella 12, Tabella 13) sono state sottolineate da tutti gli stakeholder come un punto di debolezza chiave per aumentare la capacità adattativa del comparto acque interne e interessa sia l'acqua per usi irrigui sia l'acqua

per usi civili. ABBANOIA, comuni, consorzi di bonifica, ADIS, hanno tutti posto l'accento sulla necessità e l'urgenza di investire risorse nella manutenzione delle reti le cui perdite ammontano in media al 54%, contro una media nazionale pari a circa il 38%. La Sardegna è la seconda regione italiana con la più alta percentuale di perdite idriche nella rete distributiva (54,3%), la prima se si considerano le perdite al netto dei volumi distribuiti ma non tariffati e al settimo posto per volumi immessi in rete pro-capite (454 litri per abitante al giorno), nonostante abbia il più basso volume erogato pro-capite al netto delle perdite (201 litri per abitante al giorno). Le province di Sassari, Oristano e Nuoro sono rispettivamente al terzo, quarto e quinto posto a livello nazionale per entità delle perdite (oltre il 60%) nelle reti distributive. Il 25% delle province italiane ha perdite contenute entro il 19% e la media nazionale è 41,4%.ⁱⁱ

Tra i comuni capoluogo di provincia (dove risiede il 31% della popolazione sarda), Tempio Pausania è secondo nella classifica nazionale dei comuni capoluogo meno virtuosi per perdite nelle reti distributive (68,6% di perdite e 169 m³ di acqua immessi in rete annualmente per abitante). Lanusei è il comune capoluogo sardo più virtuoso e tra i primi 10 a livello nazionale da questo punto di vista (solo 12,3% di perdite e 66 m³ di acqua immessi in rete annualmente per abitante).

“La vita media di un’opera di distribuzione dell’acqua, essendo ottimisti è di 40-50 anni. Allora è facile fare un conto per cui ogni anno bisognerebbe accantonare risorse sufficienti a sostituirla, e questo in passato non è stato fatto. È vero anche che si è partiti con una situazione di partenza negli anni ‘70 in cui vi era carenza di queste opere e quindi si è pensato prima di tutto a realizzarne di nuove e non a sostituire quelle già esistenti” (ADIS).

Le perdite in ambito civile, soprattutto quando associate a periodi di siccità, in molti comuni comportano restrizioni nell’orario di distribuzione con evidenti disagi per la cittadinanza. A questo proposito un Sindaco di uno dei comuni intervistati riporta:

“La città fino a marzo ha vissuto un piano di restrizioni per cui l’acqua mancava dalle 21 alle 6 del mattino...anche adesso per quanto ci sia più acqua disponibile rispetto al periodo scorso, la restrizione perdura, non tanto perché manca l’acqua ma perché si perde nelle tubature e allora preferiscono economizzarla riducendo a monte la distribuzione e non tenere le tubature in pressione” (Comune della Sardegna).

Come sottolineato da ADIS ed ENAS, è importante investire nella manutenzione e sostituzione delle reti destinando ogni anno una parte della programmazione ad interventi di questo tipo, *“sapendo che certo il problema non si può risolvere in un paio di anni”* (cit. ADIS) e che quindi occorre mettere in atto un piano pluriennale che consenta di recuperare i ritardi sinora accumulati.

La questione della **scarsa qualità e non potabilità dell’acqua** che arriva agli utenti di alcuni comuni della Sardegna, secondo quanto emerso dalla consultazione con gli stakeholder può essere riconducibile a due ragioni:

i. Il mancato adeguamento tecnologico dei potabilizzatori

"C'è un problema strutturale che riguarda gli impianti di potabilizzazione. Noi abbiamo gli impianti di Truncu Reale che vengono alimentati dal bacino del Coghinas e qui sono necessari diversi interventi di adeguamento tecnologico, alcuni sono partiti ma non sono ancora completi, per cui spesso abbiamo i valori delle concentrazioni dei residui delle sostanze che vengono usate per la potabilizzazione, tipo i trialometani o i nitriti che poi si ritrovano nella rete" (Comune della Sardegna).

ii. Le carenze della rete di distribuzione

Le reti di distribuzione di alcuni comuni della Sardegna sono ormai obsolete per la tipologia di materiali con cui sono state costruite, che talvolta rilasciano elementi che riducono la qualità dell'acqua se presenti in gran quantità (es. Fe, Mn). Ciò comporta problemi per la qualità dell'acqua distribuita, in particolare durante le prime ore di ripresa della distribuzione nei Comuni soggetti a restrizioni nell'orario di distribuzione. L'acqua di scarsa qualità delle prime ore del mattino è quella che riempie i serbatoi da cui le famiglie e le imprese attingono durante le ore serali e notturne di sospensione. Ne consegue l'accumulo progressivo nei depositi di sedimenti e sostanze potenzialmente nocive per la salute o che comunque limitano la qualità dell'acqua. Il problema interessa anche le imprese del settore agroalimentare (es. pasticcerie, panifici, ristoranti ecc.) che in questi comuni per svolgere la loro attività devono dotarsi di depositi e sistemi di sollevamento autonomi.

La non potabilità dell'acqua per usi civili, come sottolineato dai Sindaci interessati dal problema, ha anche delle conseguenze di natura socio ambientale. Infatti, le ordinanze comunali sulla non potabilità dell'acqua costringono i cittadini ad acquistare acqua in bottiglia, generando diseconomie e alimentando la produzione di plastica, costi di trasporto, inquinamento ecc. Le fasce economicamente più deboli, in molti casi, continuano a consumare ugualmente l'acqua di rete, con possibili rischi nel medio lungo periodo per la salute umana.

Tabella 12 Perdite totali delle reti idriche (rapporto tra volumi erogati e volumi messi in rete) a scala provinciale e posizione nel ranking nazionale delle province (ISTAT, 2017).

Territorio	Perdite totali %*	Rank nazionale/110
Sassari	61,4	3
Nuoro	60,5	5
Oristano	60,6	4
Cagliari	53,6	16
Olbia-Tempio	51,1	25
Ogliastra	42,5	45
Medio Campidano	48,8	34
Carbonia-Iglesias	53,5	17
Sardegna	55,6	2/20
Italia	41,4	-
1 quartile nazionale per provincia	33,8	-
3 quartile nazionale per provincia	50,5	-

Tabella 13 Perdite totali e reali (al netto delle mancate tariffazioni per prelievi abusivi o errori dei contatori) nei comuni capoluogo della Sardegna e posizione dei singoli capoluoghi rispetto al ranking nazionale dei comuni capoluogo.

Comune capoluogo	Perdite totali %*	Perdite reali %**	Rank nazionale/116 comuni capoluogo
Sassari	56,0	55,2	10
Nuoro	54,9	54,1	12
Oristano	54,7	54,1	12
Cagliari	59,3	58,6	6
Olbia	48,7	47,8	25
Tempio Pausania	69,1	68,6	2
Lanusei	13,9	12,3	107
Tortolì	36,7	35,4	52
Sanluri	48,7	47,6	26
Villacidro	50,2	49,3	19
Carbonia	31,9	30,8	63
Iglesias	65,2	64,6	4
Media nazionale	38,2	35,1	-
1° quartile	26,7	22,0	-
3° quartile	48,5	46,2	-

*Volumi erogati/volumi immessi in rete

**Volumi erogati al netto dei volumi non tariffati/volumi immessi in rete

Fattori biofisici

L'altro elemento emerso dalla consultazione che incide in particolare sulla questione "potabilizzazione dell'acqua" è legato al fatto che la Sardegna ha una limitata disponibilità di sorgenti e fonti naturali da cui attingere acqua già potabile, per cui l'80% circa dell'acqua immessa nelle reti idropotabili proveniente per lo più da bacini artificiali è soggetta a potabilizzazione: *"La Sardegna è dotata di circa 45 impianti di*

potabilizzazione e inoltre è tra le Regioni italiane con il più alto numero di impianti di potabilizzazione” (ABBANO).

La Sardegna, insieme alla Basilicata, è tra le poche regioni d'Italia che ricorre soprattutto alle acque superficiali e in particolare ai bacini artificiali per l'approvvigionamento idrico potabile.ⁱⁱⁱ Solo tre regioni italiane (Sardegna, Puglia e Basilicata) hanno questa caratteristica, mentre le altre regioni attingono prevalentemente da sorgenti e altre risorse idriche sotterranee, che offrono una qualità in partenza decisamente superiore.

Come sottolineato da diversi attori chiave, soprattutto nei periodi siccitosi e con alte temperature, l'acqua prelevata dai bacini destinata alla potabilizzazione è di pessima qualità, rendendo il processo più difficile e generando alti costi per effettuare la trasformazione:

“La potabilizzazione dell'acqua è sempre più difficoltosa, soprattutto nei mesi estivi, con le alte temperature, l'acqua grezza è di pessima qualità. Noi facciamo una fatica enorme a trasformare quell'acqua in acqua potabile” (ABBANO).

“Soprattutto nei periodi di siccità l'acqua prelevata dai bacini artificiali è acqua di fondo: poiché il processo di potabilizzazione è continuo, oltre a raccogliere acqua di fondo nel periodo siccitoso, quando poi arrivano le piene c'è naturalmente un rimescolamento che peggiora ulteriormente la qualità. L'acqua grezza ha bisogno di un procedimento industriale che è molto costoso, in termini energetici e di reagenti” (Comune della Sardegna).

Governance, Istituzioni e policy

Rapporto tra ABBANO, Regione Sardegna e Comuni

Tra i punti di debolezza del sistema acqua sono emersi dalle consultazioni alcuni aspetti che riguardano il sistema di governance dell'acqua e, in particolare, il rapporto tra Comuni –ABBANO- Regione Sardegna. A causa delle ricapitalizzazioni della Società che hanno visto la Regione Sardegna detenere oltre il 70% del capitale, alcuni Comuni sardi hanno sottolineato di aver visto ridursi la loro capacità di incidere sulle scelte della società.

Per garantire una copertura di capitali sufficiente, la Regione ha ricapitalizzato la Società direttamente per più di 180 milioni di Euro, arrivando al 77% di capitale regionale. I comuni sono stati privati di un potere di controllo e di incisività su una società che in teoria è degli stessi Comuni che hanno conferito in comodato d'uso le infrastrutture ad ABBANO e le società in house del vecchio sistema di gestione. “In ABBANO decide la Regione con i vertici di ABBANO, che sono stati nominati dalla Regione. Se invece al governo di ABBANO contribuisse una pluralità di comuni allora ci sarebbe una sorta di autocontrollo, invece con un soggetto unico com'è di fatto la Regione, che controlla i bilanci di ABBANO c'è una oggettiva crisi di governance ...” (Comune).

Si è pronunciato nel merito l'ANAC (Autorità Nazionale Anticorruzione) e inoltre vi sono delle recenti delibere regionali che definiscono il trasferimento delle azioni ai comuni.

“Dopo varie pressioni, lettere di ANAC ecc. ci sono dei piccoli segnali di cambiamento. Ad esempio la scelta del nuovo amministratore unico di ABBANOA da parte della Regione avverrà sentito il comitato EGAS. Nella legge è stato scritto che la Regione in questa scelta conterà il 20% e non il 70%, pari alle sue quote reali di capitale, conterà cioè il capitale nominale invece di quello effettivo.” (Comune)

Problemi di efficienza e tempestività negli interventi di manutenzione e ripristino dei malfunzionamenti delle reti.

Questo aspetto è stato sottolineato sia dai comuni che dalla stessa ABBANOA. Se alcuni comuni attribuiscono le colpe di questa inefficienza al **sistema di organizzazione interna e manageriale** di ABBANOA:

“Spetterebbe ad ABBANOA risolvere questi aspetti infrastrutturali facendo gli interventi adeguati (...) dal punto di vista del management ABBANOA è una struttura che non ha sufficiente dotazione perché è tutto concentrato su un unico Direttore Generale, manca il Direttore tecnico, fino a poco tempo fa mancava anche il Direttore del personale per esempio e quindi è una macchina che non è capace di gestire una complessità di interventi che prima venivano gestiti in modo autonomo dai singoli comuni.”

ABBANOA, che riconosce le oggettive difficoltà di intervenire in maniera capillare e tempestiva, mette in luce un altro aspetto legato alla **mancanza di una mappatura delle reti idriche** presenti sul territorio che ne limita la capacità di azione.

“Per intervenire bisogna avere prima di tutto piena conoscenza delle reti... Ad ABBANOA molto spesso non sappiamo neanche cosa c'è sotto terra”.

La situazione sopra descritta, i ritardi nelle manutenzioni, ecc. contribuiscono in generale a generare un atteggiamento di sfiducia degli stakeholder, comuni e cittadinanza verso ABBANOA:

“A noi è capitato un paradosso qui a Sassari, nei giorni in cui non c'era la potabilità, ABBANOA ha portato le sue autobotti per approvvigionare le famiglie che avessero avuto bisogno (...) c'erano due autobotti accanto: ABBANOA e un privato, tutti andavano dal privato, scegliendo di sostenere una spesa per avere la sicurezza sulla potabilità dell'acqua, piuttosto che andare da ABBANOA, per la quale mettevano in dubbio la potabilità. Questo è un indice di sfiducia totale della gente” (ABBANOA).

Opportunità

Tecnologia

Tra le opportunità per favorire il risparmio idrico e facilitare interventi di riparazione dei guasti e delle perdite più tempestivi, il gestore unico del Servizio Idrico Integrato ABBANOA, ha indicato la possibilità di investire in innovazione e applicazioni tecnologiche (telecontrollo reti e impianti, sistema di reportistica avanzata, mappatura reti, ecc.)

“Stiamo accelerando il processo di innovazione tecnologica: il piano dei 30 comuni ci permetterà anche di avere la mappatura delle reti, ci permetterà di attivare la sensoristica. Stiamo ragionando su un grande telecontrollo nel centro della Sardegna che di fatto in ogni istante ci dia la situazione delle reti e degli impianti, rispetto al loro funzionamento. Naturalmente ci muoviamo anche in una direzione “verde”, con un impegno a individuare rapidamente le perdite, a ripararle rapidamente e anche soprattutto ad avere una condizione degli impianti intelligente, avere macchine capaci di auto programmazione, senza la necessità di un controllo sul posto 24 ore su 24 degli impianti” (ABBANOA).

Secondo ABBANOA, alcuni progetti pilota di innovazione tecnologica sono stati già lanciati in due comuni della Sardegna (Olivenza e Orosei), ma potranno essere ampliati ed estesi ad altre realtà nel futuro.

“Stiamo lavorando sulle pressioni, sulle misurazioni e abbiamo un progetto in fase di avvio con 30 Comuni dove si registrano le maggiori perdite. Abbiamo fatto un esperimento con HITACHI, una grande multinazionale che si è messa a disposizione di ABBANOA ed è interessata a sperimentare qui in Sardegna ciò che potrebbe vendere poi in altre parti del mondo. A Olivenza abbiamo fatto un esperimento: un piano di controllo, regole nella gestione e nel consumo di acqua, ha portato a dimezzarne l’uso, siamo passati da 42 litri al secondo a 18-19 litri al secondo. Quest’esperimento replicato a Orosei ha permesso di dimezzare il consumo di acqua. La settimana prossima avremo una conferenza stampa, durante la quale presenteremo il piano dei 30 comuni⁷. Abbiamo un progetto di 170 milioni di euro che in 3 anni vedrà coinvolti 230 comuni (100 comuni il prossimo anno e altri 100 tra due anni), con un notevole risparmio idrico” (ABBANOA).

Minacce

Fattori biofisici

In una prospettiva di **cambiamento climatico**, di maggiore frequenza della siccità e temperature più elevate, secondo gli stakeholder il problema della qualità dell’acqua già abbastanza scarsa potrebbe peggiorare ulteriormente. Inoltre, la siccità potrebbe

⁷ <http://www.abbanoa.it/-/le-reti-idriche-intelligenti-nella-lotta-alla-dispersione-di-acqua-potabile>

aumentare la competizione per l'acqua come risorsa scarsa tra usi civili e usi agricoli, soprattutto se non si risolvono i problemi delle perdite e degli sprechi di acqua.

La **dinamica demografica stagionale** associata al flusso turistico e l'aumento della variabilità climatica nelle aree costiere, mette sotto pressione i sistemi di approvvigionamento e di depurazione delle acque. Questa dinamica è in parte già in atto in alcuni comuni costieri dove le reti idriche e fognarie sono dimensionate per un numero limitato di utenti e devono invece servire una popolazione temporaneamente residente ben maggiore, che si concentra inoltre nella stagione estiva, solitamente siccitosa e con elevate temperature.

Il cambiamento climatico e le variazioni di temperatura future costituiscono un'ulteriore minaccia rispetto alle dinamiche demografiche:

“Ci sono comuni nei quali in estate la popolazione residente aumenta da 4-5.000 abitanti a 70-80 mila presenze, pur avendo le reti idriche e fognarie dimensionate per 4.000 abitanti. Inoltre i depuratori non sono dimensionati per gestire correttamente le masse enormi di reflui che arrivano e bisogna tracimare” (ABBANOIA).

2.3.1.2. Acqua per usi irrigui

Alcuni aspetti emersi dalle interviste e nell'analisi SWOT sono trasversali all'intero comparto acque e riguardano dunque sia l'acqua per usi irrigui sia l'acqua per usi civili (Tabella 14).

Tabella 14 Analisi SWOT per il settore “acque per usi irrigui”.

Punti di forza	Punti di debolezza
• Sistema centralizzato di programmazione degli usi dell'acqua tra diversi settori con visione pluriennale • Presenza di una buona capienza potenziale dei bacini. • Nelle aree dove i bacini sono collegati esiste una elevata flessibilità del sistema	• Le acque reflue in agricoltura sono poco sfruttate rispetto alle potenzialità • Gravi perdite nella rete di distribuzione. • In alcune aree della Sardegna servite dai Consorzi di Bonifica mancano gli strumenti per la misurazione dell'erogazione dell'acqua a livello di consorzio. • Difficoltà degli enti centrali preposti alla governance dell'acqua nel riuscire a spendere entro i tempi i finanziamenti per le infrastrutture. • Costi energetici elevati (es. ENAS) per sollevamento idrico. • La riforma della governance dell'acqua in alcuni casi limita la capacità di azione dei consorzi di Bonifica e la possibilità di accedere direttamente a fondi per il finanziamento di progetti per questioni di competenze

Punti di forza	Punti di debolezza
	• Limitata programmazione pluriennale degli agricoltori a fini preventivi con tendenza ad agire con misure d'emergenza • Sottoutilizzo delle risorse idriche accumulate nei laghetti collinari. • Valore economico del bene acqua sottostimato • Basso livello tecnologico degli impianti irrigui a scala aziendale, scarsa diffusione della microirrigazione, scarso ricorso a tecniche di irrigazione di precisione • Scarso livello di formazione/informazione degli addetti in agricoltura irrigua • Mancanza/inefficienza di un servizio di supporto agli agricoltori per la gestione ottimale dell'irrigazione • Scarsa conoscenza della effettiva resilienza dei singoli bacini di raccolta nei confronti di una prospettata riduzione della piovosità.

Opportunità	Minacce
• Disponibilità di finanziamenti per infrastrutture da fonti Europee e nazionali. • Recente modifica della normativa regionale sulla miscelazione delle acque reflue (superata la questione rapporto 1:1) • Prossima realizzazione di infrastrutture per collegamenti interbacino che dovrebbero permettere di affrontare le situazioni di emergenza (Nurra-Sulcis) • Misure di incentivazione per il risparmio idrico come il completamento di un sistema di contatori per gli utenti dei Consorzi di bonifica. • Disponibilità di tecnologie per l'efficientamento dell'irrigazione (es. irrigazione di precisione) a livello aziendale.	• Il sistema attuale non risponderebbe ad un ulteriore aumento dei consumi idrici in agricoltura • Emergenza di conflitti inter istituzionali a fronte di crisi climatiche (Es. Rapporto tra ENAS e Consorzi di Bonifica) • I cambiamenti climatici porteranno ad un incremento della variabilità spaziale della disponibilità dell'acqua nei bacini di raccolta della Sardegna.

Punti di forza

Governance, istituzioni e policy

Come già illustrato nel precedente paragrafo, uno dei punti di forza in comune del settore delle acque interne è la presenza di un sistema centralizzato di monitoraggio, coordinato da ADIS in collaborazione con ENAS, che permette di fare una programmazione multi settoriale (usi irrigui, industriali e civili) e di fare delle previsioni a medio-lungo termine sulla disponibilità delle risorse idriche nei bacini della Sardegna.

Infrastrutture

Come già accennato nel caso degli usi civili, nelle aree dove i bacini sono interconnessi con condotte realizzate ad hoc, esiste una maggiore flessibilità di gestione delle riserve idriche del sistema. Il sistema integrato Tirso-Flumendosa-Campidano consente di rifornire regolarmente gran parte del meridione dell'isola con grande flessibilità, inclusi gli usi civili. L'interconnessione tra Temo, Cuga e Bidighinzu serve il Consorzio di Bonifica della Nurra e parte del Nord Ovest della Sardegna. È in fase di avanzata progettazione l'interconnessione tra Flumendosa e Cixerri che in prospettiva arriverà sino a Iglesias. Un'ulteriore condotta è stata ripristinata negli ultimi mesi tra il Coghinis e la rete di distribuzione della Nurra. Quella già funzionante era utilizzata esclusivamente per usi civili (potabilizzatore di Truncu Reale), mentre il ripristino della seconda condotta permetterà di incrementare la disponibilità per gli usi irrigui. Questi collegamenti permetteranno di mitigare i ricorrenti problemi dovuti alla siccità manifestatisi anche recentemente (2017).

Oltre alla capacità di invaso e ai collegamenti, esistono infrastrutture che consentono di utilizzare le acque reflue dei depuratori fognari, che secondo la normativa regionale approvata recentemente possono essere immesse nelle reti irrigue in proporzione 1:1 con acque di altra origine.

Fattori biofisici

Per i fattori biofisici vale quanto detto per gli usi civili, anche se nel caso degli usi irrigui occorre considerare il fatto che le aziende irrigue non servite dai consorzi di bonifica fanno ricorso a risorse sotterranee che in alcune aree della Sardegna sono particolarmente strategiche per l'irrigazione di soccorso, che si rende necessaria in periodi normalmente piovosi ma occasionalmente siccitosi, anche nelle aree attrezzate dai Consorzi, quando si programma la sospensione della distribuzione per fare le manutenzioni alle reti.

Punti di debolezza

Governance, Istituzioni e policy

Alcuni intervistati hanno dichiarato che le **acque reflue depurate in agricoltura sono poco valorizzate** rispetto alle potenzialità. È il caso del Nord Sardegna, dove esistono delle condotte per l'invaso dei reflui depurati del depuratore di Sassari collegate con il bacino del Cuga, ma sono solo parzialmente utilizzate per garantire la possibilità di utilizzare il Cuga in caso di necessità come fonte di acqua per usi idropotabili per il comune di Alghero. Questo punto è risultato piuttosto controverso tra gli stakeholder, in particolare da un lato gli agricoltori e il Consorzio di Bonifica della Nurra reclamano l'importanza di poter usare le acque reflue immettendole attraverso il Cuga, visto i problemi di siccità di cui hanno sofferto soprattutto negli ultimi anni:

“Ci sono alcuni bacini come il Cuga che attualmente non viene comunque usato per uso umano e può invasare 15 Mm³ all'anno, che è quello che serve per irrigare la Nurra. Quattro anni fa hanno finito i lavori (30 M€) per un progetto del Consorzio per portare al Cuga tutte le acque reflue in uscita dal depuratore di Sassari. Tuttavia c'è una resistenza da parte della Regione, in particolare di ENAS che ora si occupa della gestione delle dighe” (Agricoltore).

Al momento, grazie alla nuova normativa sull'utilizzo dei reflui depurati, che ha ridotto i vincoli sulla miscelazione tra acque depurate e acqua grezza, secondo quanto riportato da alcuni agricoltori, è possibile per un certo periodo dell'anno utilizzare le acque reflue depurate non miscelate attraverso la rete di distribuzione irrigua del Consorzio:

“La Regione ha preferito dare il permesso di usare le acque reflue senza però permettere l'immissione nel Cuga. Ma queste acque reflue si possono utilizzare solo durante il periodo irriguo, complessivamente cioè solo 4 Mm³ tra aprile e settembre: perché non sfruttare anche gli altri mesi?” (Agricoltore).

Dall'altra parte, ENAS mantiene salda la sua posizione di salvaguardare le acque del Cuga dal declassamento a causa dell'immissione di acque reflue depurate, in quanto considerano questo invaso una riserva strategica del Nord Sardegna, qualora nel futuro dovessero esserci problemi con l'attuale sistema di collegamento del Coghinis, che attualmente fornisce acqua per usi civili in molti comuni della zona.

Inoltre, da molti anni come sottolineato da ENAS, quest'opera di cui parlano i Consorzi e gli agricoltori può essere comunque valorizzata per l'uso dei reflui depurati di Sassari senza dover declassare il Cuga, rispetto alla funzione multisettoriale attuale.

Gli intervistati hanno denunciato la difficoltà a **spendere le risorse finanziarie disponibili per le infrastrutture** da parte degli enti preposti alla governance dell'acqua a causa di:

- 1) sovraccarico di lavoro di alcuni enti,
- 2) bassa percentuale di personale tecnico per la progettazione rispetto al personale totale, per cui la progettazione è in genere subappaltata all'esterno,

3) complessità della normativa sugli appalti pubblici.

La Riforma della governance dell'acqua e la riduzione delle competenze lamentata dai consorzi di bonifica sul territorio in alcuni casi limita la capacità di azione di questi e la possibilità di accedere direttamente a fondi per il finanziamento di progetti (Es. centrali termoelettriche e abbattimento costi energetici) per questioni di competenze. A questo proposito in realtà gli enti regionali preposti alla gestione delle acque ricordano che i costi energetici dei consorzi di bonifica sono rimborsati e che le piccole centrali di cui sopra inciderebbero per meno del 5%.

Tra i punti di debolezza segnalati dagli intervistati dal punto di vista della governance è stato indicato anche il **sottoutilizzo delle risorse idriche accumulate nei laghetti collinari**. Tuttavia, i laghetti collinari hanno alti costi di manutenzione, guardiania e messa in sicurezza che sono a carico del privato perché equiparati alle dighe con legge 12/2007. Le dighe possono rappresentare un potenziale pericolo se non si fa adeguata manutenzione e spesso non sono usati dagli stessi agricoltori perché ritenuti poco convenienti.

Infrastrutture

Per lungo tempo si è investito nella costruzione di nuove infrastrutture trascurando la manutenzione che ora è un'emergenza a causa delle gravi perdite nella rete di distribuzione. Il problema delle **perdite di acqua in rete** anche nel caso degli usi irrigui si aggira intorno al 50% dei volumi prelevati dai bacini, contro una media nazionale del 35%. Questo aspetto, come sottolineato da alcuni stakeholder (ADIS e ENAS), può essere arginato destinando una parte annuale della spesa per la sostituzione/manutenzione delle reti, ma non è possibile risolverlo in breve tempo e richiederà interventi sistematici di lungo periodo. Nel breve periodo, il fatto che i Consorzi di Bonifica debbano pagare anche l'acqua dispersa nelle reti prima di essere distribuita agli utenti e quindi tariffata, rappresenta una diseconomia rilevante alla quale i Consorzi non sono in grado di far fronte con i ricavi ottenuti dalle utenze.

Tecnologie

In alcune aree della Sardegna servite dai Consorzi di Bonifica mancano gli **strumenti per la misurazione dell'acqua erogata** a livello di comizio, mentre è stata data priorità alla misurazione a valle (utenti), e dunque mancano i dati a monte che permetterebbero di calcolare le perdite. Paradossalmente, la tariffazione a consumo, già operata da alcuni Consorzi, può determinare ulteriori diseconomie qualora le perdite in rete a monte delle utenze fossero rilevanti, in quanto la riduzione di consumi a cui gli utenti sarebbero indotti, contribuirebbe a ridurre ulteriormente i ricavi del Consorzio. Anche per questo motivo alcuni consorzi preferiscono la tariffazione a "ettaro-cultura", che standardizza i consumi in relazione alla coltura e al sistema irriguo adottato dall'utente.

Fattori economici

Per garantire l'utilizzo dell'acqua a vari fini, ENAS deve affrontare alti costi energetici per il sollevamento idrico. ENAS infatti opera un rimborso dei costi energetici per il sollevamento dell'acqua da parte dei consorzi che ammonta a circa 9 M€/anno e rappresenta circa il 14% delle Entrate correnti dei Consorzi di Bonifica e il 17% delle spese correnti (quasi 11 M€), seconda voce di spesa più significativa dei Consorzi dopo quella del personale (oltre 39 M€), che incide per circa il 50%. Circa la metà dei 9 M€ trasferiti da ENAS sono per il Consorzio di Bonifica dell'Oristanese. Complessivamente, i costi energetici per la messa in pressione degli impianti irrigui ammonta a circa 12 M€/anno per l'acquisto complessivamente di circa 53 M€ di kWh. I consumi per unità di superficie variano molto tra Consorzi: da 182 kWh ha⁻¹ in Gallura a 1.912 kWh ha⁻¹ in Sardegna centrale e dipende dalla diversità degli schemi delle reti irrigue in funzione della proporzione di queste alimentata a gravità (Fonte: Regione Autonoma della Sardegna, 2015).

“È in atto un grande sforzo per la produzione energetica da fonti rinnovabili ma sarebbe fondamentale ridurre la necessità dei sollevamenti” (ENAS).

Attitudine

Debolezza degli agricoltori nella programmazione delle colture irrigue a fini preventivi con tendenza ad agire con misure d'emergenza che, come riconosciuto dagli agricoltori stessi, non sono comunque sostenibili (esempio pompaggi direttamente dal fiume in alcuni casi) ecc.

“A me costa circa 6.000 euro all'anno usare l'acqua del consorzio su circa 40 ha, usare la pompa per emergenza solo per 15 ettari mi è costato 4.000 euro l'anno scorso, molto di più... Quindi va bene nelle emergenze ma non è un sistema sostenibile” (Agricoltore).

La programmazione delle coltivazioni irrigue implica la conoscenza delle disponibilità idriche in diga che il Consorzio potrà mettere a disposizione. Le informazioni al riguardo sono date dai tecnici dei consorzi, ma gli agricoltori hanno lamentato di essersi trovati a non ricevere acqua sufficiente dopo aver seminato, confidando nelle previsioni di disponibilità. Inoltre, gli agricoltori lamentano spesso il fatto che la variabilità climatica in Sardegna è tale da rendere incerta la disponibilità di acqua piovana anche in periodi normalmente piovosi, con conseguente necessità di ricorrere a irrigazioni di soccorso che non sempre i Consorzi sono in grado di offrire, in quanto nel periodo autunno-invernale devono provvedere alle manutenzioni.

Opportunità

Fattori economici

La disponibilità di **finanziamenti per infrastrutture** da fonti Europee e nazionali rappresenta un'opportunità importante per il territorio. Tra questi per esempio sono stati indicati i Fondi MIT Piano Nazionale Invasi, e il Patto per la Sardegna con i quali sono previste 100 milioni di euro per le manutenzioni e 60 milioni per il collegamento Flumendosa- Sulcis.

L'**abbattimento dei fabbisogni energetici** per il sollevamento dell'acqua irrigua si potrebbe perseguire valutando opzioni tecniche di sfruttamento delle potenzialità geodetiche oggi non utilizzate dagli attuali schemi adduttori ereditati dal passato o con il potenziamento o rifacimento di impianti elettromeccanici di sollevamento che attualmente sono caratterizzati da rendimenti molto bassi (Regione Autonoma della Sardegna, 2015).

Infrastrutture

Un'opportunità per garantire la disponibilità di acqua e una maggiore flessibilità del sistema delle dighe è quella di investire in ulteriori **collegamenti tra invasi** al fine di disporre di una maggiore flessibilità nella rete. La realizzazione di infrastrutture per collegamenti inter bacino è in corso e questo dovrebbe permettere di affrontare più serenamente future situazioni di emergenza.

Come dichiarato da un funzionario ENAS:

“Le altre ipotesi che si fanno sono quelle di ulteriori collegamenti. Ad esempio, a Nord l'ipotesi è collegare il Lerno con il Bidighinzu, quindi utilizzare gli eventuali esuberanti o comunque una quota di riserve del Lerno per garantire l'acqua a Sassari”.

“L'altro aspetto è quello di portare al massimo e a certi standard il sistema delle dighe. L'obiettivo finale è quello di disporre di una rete solidaristica, di una rete flessibile che possa essere usata a seconda delle necessità.”

Governance, Istituzioni e policy

La recente modifica della normativa regionale sulle acque reflue (Deliberazione RAS n.12/2 del 6.03.2018) e in particolare l'eliminazione dell'obbligo di miscelazione dell'acqua reflua depurata e dell'acqua grezza con un rapporto 1 a 1, rappresenta un passo avanti verso il reimpiego in agricoltura di acque reflue trattate, la cui qualità è *“spesso superiore a quella in ingresso ai potabilizzatori”* (ABBANOVA).

Tecnologia e sensibilizzazione

Il completamento di un sistema di contatori per l'acqua di irrigazione che renda possibile la tariffazione a consumo agli utenti dei Consorzi di Bonifica, superate le perplessità iniziali di alcuni agricoltori, costituisce un'opportunità per favorire e

incentivare il risparmio idrico e una gestione più efficiente dell'acqua. Questa posizione è stata sostenuta soprattutto da diversi Consorzi di Bonifica (Oristanese, Sardegna Meridionale) che sottolineano l'importanza di uniformare il sistema in tutto il territorio regionale:

“Non tutto il comprensorio del consorzio di bonifica (si riferisce al Consorzio di Bonifica della Sardegna Meridionale) ha questi misuratori, ci sono zone che non lo hanno, perché sono degli investimenti che vengono realizzati settorialmente. Dove c'è il contatore, all'inizio è stato percepito con un pò di diffidenza da parte degli agricoltori, poi invece di fatto si è rivelato uno strumento comodo, perché ti consente di programmare l'utilizzo dell'acqua, risparmiandone anche in quantità, quindi irrigando quanto serve per cosa serve.” (Agricoltore Consorzio Bonifica del Sud Sardegna).

Minacce

Fattori biofisici ed elementi climatico ambientali

“Il sistema attuale non risponderebbe in modo efficace ad un ulteriore aumento dei consumi idrici in agricoltura” (ENAS), così come a sempre più frequenti siccità accompagnate da un innalzamento delle temperature. Le **pressioni climatiche** rappresentano quindi una seria minaccia da affrontare con efficaci strategie di adattamento.

Governance, Istituzioni e Policy

Emergenza di **conflitti inter-istituzionali** a fronte di crisi climatiche. Per esempio, il rapporto tra ENAS e Consorzi di Bonifica, a seguito del processo di riforma dell'acqua che ha tolto competenze che prima erano dei Consorzi di Bonifica per centralizzarle su ENAS, responsabile a livello regionale del controllo delle dighe e dei bacini, in alcuni casi crea malcontenti da parte dei Consorzi, per esempio sulla questione del Cuga discussa sopra, e potrebbe esacerbarsi in caso di crisi climatiche future.

2.3.2. Comparto agroforestale

Per favorire l'analisi, il comparto agro forestale è stato suddiviso in agricoltura (Tabella 15), allevamento (Tabella 16) e foreste (Tabella 17).

2.3.2.1. Agricoltura

Tabella 15 Analisi SWOT per il settore “agricoltura”.

Punti di forza	Punti di debolezza
• Miglioramento e qualificazione del capitale umano che lavora in agricoltura, per l'aumentata incidenza di giovani agricoltori laureati. • Specificità e qualità dei prodotti agricoli della Sardegna. • Disponibilità di acqua per l'irrigazione consente elevate produzioni • Sistemi agro-pastorali basati su ecosistemi semi-naturali ad alta biodiversità	• Procedimenti burocratici lunghi e complessi per poter avere accesso alle misure PSR da parte degli agricoltori. • Ritardi nei rimborsi delle assicurazioni degli agricoltori contro calamità naturali, che danneggiano e mettono a rischio l'economia aziendale. • Scarsità di fondi e risorse nelle casse regionali per gli indennizzi contro calamità naturali. • Mancanza di un approccio concertato per la pianificazione e la gestione delle problematiche in agricoltura. • Mancanza di un “governo della normalità” e carenze nel sistema di monitoraggio e prevenzione delle emergenze (es. emergenze fitosanitarie) da parte delle Istituzioni. • Restrizioni imposte dalla normativa europea sugli standard dei prodotti nel settore agroalimentare. • Mancanza di una sistematica raccolta e gestione dei dati sull'agricoltura e di una fruibilità dei dati raccolti da parte delle diverse Agenzie regionali. • Rigidità amministrative riducono la mobilità di personale tecnico e di dati tra diverse Agenzie regionali. • Scarsa cultura della cooperazione in Sardegna, frammentazione, individualismo e poca collaborazione e propensione all'aggregazione. • Le cooperative in alcuni casi non agiscono come strumento di valorizzazione vera e propria del prodotto ma generano esse stesse un ulteriore costo per i soci. • Aziende di piccola dimensione e poco strutturate. Difficoltà delle piccole aziende a meccanizzarsi e ridurre costi. • Squilibri di potere tra i vari attori delle filiere agroalimentare (strapotere della GDO e scarso potere di controllo dei prezzi da parte dei produttori). • Nelle Agenzie regionali responsabili delle pratiche di PSR età media del personale avanzata rende più complessa l'innovazione e la specializzazione nel gestire e facilitare il rapporto con l'utenza. • Diminuzione della maestranza professionalizzata in alcuni settori (es. vitivinicolo). • Alti costi di produzione legati ad aspetti infrastrutturali. • Mancanza di un sistema vivaistico interno costringe spesso ad importare dall'esterno dell'isola i materiali vegetali.

Opportunità	Minacce
• Temperature elevate migliorano la resa e la resistenza di alcune colture del territorio (olivo) • Turnover dei capi d'azienda con nuovi giovani offre opportunità di cambiamento rispetto al sistema agricolo tradizionale • Apertura e accesso a nuovi segmenti di mercato puntando sull'autenticità e qualità dei prodotti agroalimentari sardi • Potenziamento del ruolo di strutture di ricerca già esistenti sul territorio per studiare soluzioni per l'adattamento al cambiamento climatico. • Valorizzazione della biodiversità e ricchezza del germoplasma locale per molte colture.	• Aumento dei costi degli input (macchinari, fertilizzanti, sementi, ecc.) in maniera sproporzionata rispetto al prezzo di vendita dei prodotti. • Problemi di accesso al mercato nazionale e soprattutto internazionale. • Cambiamenti climatici aumentano il rischio di: - insorgenza di nuovi problemi fitosanitari in molte colture - aumento dei costi - diminuzione delle rese colturali - incertezze nella pianificazione e nelle scelte • Norme inadeguate contro l'agro pirateria. • Progressivo decadimento dei laboratori di micropropagazione di AGRIS

La seguente sezione descrive e argomenta più nel dettaglio, rispetto alla precedente tabella alcuni dei principali punti di forza, di debolezza, le opportunità e le minacce individuate dagli stakeholder del settore agricoltura. I diversi fattori sono stati classificati sulla base delle determinanti della capacità di adattamento presenti in letteratura.^{iv}

Punti di forza

Capitale umano

Recentemente, la quota di imprenditori agricoli della Sardegna laureati e diplomati è aumentata in modo significativo e questo rappresenta un importante punto di forza per il settore.

A questo proposito un funzionario ARGEA afferma:

"C'è un ringiovanimento negli ultimi anni, anche una riqualificazione. Oggi quando vai a parlare negli incontri che fai nei paesi della Sardegna non puoi essere banale o elementare, perché le domande che il pubblico ti fa sono qualificate. Questo dà soddisfazione a chiunque fa il nostro mestiere, anzi ti obbliga a rimetterti a studiare. Cominci a trovare agricoltori che parlano 2 lingue, che hanno una laurea".

Nell'ultimo censimento del 2010, rispetto al 2000, la quota di capoazienda laureati è passata dal 2,5% al 4,7% e quella di diplomati dal 11,9% al 13,9%. Il titolo di studio prevalente nell'Isola è la licenza media con il 40,4%, mentre nel 2000 era la licenza elementare con il 45,1%. In Italia ancora oggi prevale la licenza elementare con il 33,4%.

Da segnalare, infine, la significativa riduzione della quota dei capoazienda senza titolo di studio (5,1% contro 11,8% nel 2000), un fenomeno che, seppure in misura più contenuta, si conferma anche a livello nazionale.^v

Fattori economici specifici del territorio

In molti settori dell'agricoltura sarda, la qualità del prodotto, l'autenticità e l'origine legata al territorio sardo permette di avere accesso a segmenti di mercato di medio-alto livello.

A questo proposito, ad esempio, un operatore del mondo vitivinicolo afferma:

“Io sto puntando sul vino blend e riesco a vendere una bottiglia a 10 euro, piuttosto che creare un vino da 3 euro per essere competitivi in tutto il mondo con un prodotto che però non ha un nome... Noi creando il blend ci rivolgiamo ad un mercato che punta sulla qualità. A volte arrivano i cinesi e i russi e ti chiedono un milione di bottiglie ma noi realtà Sarde difficilmente possiamo permetterci una produzione del genere” (Viticoltore).

Lo scenario del settore vitivinicolo in Sardegna è emblematico di come la valorizzazione della qualità abbia contribuito a far crescere il comparto in modo significativo. Le superfici coltivate a vite sono ai minimi (circa 27.000 ha) degli ultimi 100 anni, con cali (incentivati anche dai contributi UE) sino al 50% nella provincia di Cagliari negli ultimi 30 anni. Anche la produzione di vino sardo è ai minimi degli ultimi 60 anni (circa 600.000 hl) con limitate oscillazioni per la naturale variabilità interannuale associata a fattori climatici. Questo trend ha corrisposto a un incremento significativo della quota di vigneti per la produzione di vini DOP o IGP, che in Sardegna rappresentano circa il 55% della superficie vitata, con un aumento del valore complessivo del prodotto commercializzato in Italia, arrivato a poco meno di 90 M€/anno, e prezzi unitari crescenti.^{vi}

Quello del settore vitivinicolo è solo uno dei tanti esempi di come in alcuni ambiti dell'agricoltura isolana si sia riusciti a dare un valore aggiunto ai prodotti locali, che in Sardegna godono di facile riconoscibilità da parte dei consumatori.

Gli intervistati non hanno indicato ulteriori punti di forza per l'agricoltura isolana, che invece sono stati evidenziati da alcuni esperti. Tra questi la disponibilità di acqua per l'irrigazione nei distretti irrigui rappresenta un elemento portante per tante produzioni di alto valore aggiunto (es. orticole, risicole) che costituiscono una rilevante voce di bilancio del settore agroalimentare dell'isola. Nelle zone più marginali, la presenza di sistemi agropastorali e agro-silvo pastorali caratterizzati da elevato grado di naturalità, biodiversità e ridotti input esterni all'azienda, costituisce senza dubbio un punto di forza per l'agricoltura della Sardegna, anche se non pienamente valorizzato, secondo gli interlocutori intervistati.

Punti di debolezza

Governance, Istituzioni e policy

Il punto di debolezza più citato dagli stakeholder del settore agricolo è stato quello relativo alle tempistiche lunghe nei pagamenti, ai **procedimenti burocratici** lunghi e complessi per poter avere accesso alle misure PSR da parte degli agricoltori, con conseguenti ritardi nella spesa dei finanziamenti disponibili.

Le difficoltà con il sistema degli aiuti del **PSR**, sono state sottolineate da tutti gli attori del settore coinvolti nello studio, agricoltori, associazioni di categoria, le stesse Agenzie Regionali, in particolare ARGEA che si occupa di gestire ed erogare gli aiuti in agricoltura della Regione Sardegna. Quest'ultima riconosce, tra le altre cose, la problematica del difficile rapporto con l'utenza e l'importanza di investire maggiormente sulla formazione del proprio personale per un trasferimento di conoscenze e capacità anche agli stessi utenti:

"I dipendenti formati potrebbero trasferire a loro volta agli utenti le competenze per preparare i progetti e le diverse istruttorie. Fino ad ora la maggior parte degli utenti si rivolge a terzi per la preparazione delle istruttorie e causa in seguito dei malcontenti fondati su credenze che non hanno riscontro con la realtà, si creano difficoltà di interlocuzione tra imprenditori e amministrazione che si occupa delle pratiche."

Dall'altro lato gli agricoltori lamentano complessità delle pratiche, lungaggini e mancanza di chiarezza:

"Abbiamo una burocrazia farraginoso che ci sta legando le mani. In Sardegna ci sono disponibili per il settennio della programmazione PAC PSR 2013-2020 un miliardo e trecento mila euro nelle varie misure (...) a oggi oltre a 4 anni dalla programmazione ne sono stati spesi poco più di 250 milioni. Quindi puoi ben capire che, è vero che si è partiti in ritardo e che ogni nuova programmazione subisce una fase di assestamento con nuove regole e procedure, ma qui stiamo veramente toccando il fondo...Allora qui una responsabilità ce l'ha la politica nel proporre dei bandi farraginosi, costosi e che non danno certezze" (Associazione di categoria).

"Sì, abbiamo fatto qualcosa con la nuova cantina, ma adesso mi risulta che il PSR sia tutto bloccato e non si capisce perché. Mi risulta che i soldi ci siano in Regione, anzi li rimandano indietro, ma è tutto l'insieme che rende complesso l'iter di valutazione...Questa è un'altra parola che rovina l'Italia: burocrazia" (Viticoltore).

"Il PSR è un modo di dare soldi che non tiene conto della realtà agricola, alla fine ti arriva un 20% di quello che chiedi. Se uno è competitivo gli investimenti se li fa da solo senza chiedere fideiussione, prestiti e aspettare tempi lunghissimi..." (Agricoltore).

Per quanto riguarda le situazioni di emergenza legate ad eventi estremi e calamità naturali, molti attori hanno evidenziato **ritardi nei rimborsi per le assicurazioni contro calamità**, che impongono onerose anticipazioni da parte dell'agricoltore.

Il sistema assicurativo contro eventi climatici estremi, come metodo per la protezione del reddito agricolo, si basa sull'anticipazione delle risorse da parte dell'agricoltore che poi verrà in buona parte rimborsato grazie ai fondi comunitari, statali e regionali. Tuttavia, i ritardi nei rimborsi causano difficoltà alle aziende che in molti casi si sono esposte con le banche per anticipare le risorse. A questo proposito uno degli stakeholder intervistati spiega:

"Alcuni agricoltori hanno scelto di assicurare il carciofo con un premio, per esempio di 100 mila euro, somma che gli stessi hanno richiesto in banca con la stipula di un contratto di prestito, con la consapevolezza che alla fine dello stesso anno avrebbero beneficiato di un rimborso di 65 mila euro finanziati dallo Stato, dall'Unione europea con i fondi della PAC. La mancanza o il ritardo (in alcuni casi anche pluriennale) dell'accredito del rimborso crea un problema per le stesse aziende, in quanto gli agricoltori non sono nelle condizioni di poter estinguere il prestito. Generalizzando quindi l'imprenditore agricolo che adotta uno strumento che dovrebbe garantire la sicurezza del reddito, rischia di trovarsi in una critica condizione finanziaria dovuta al mancato accreditamento del premio e al mancato raccolto nel caso si verifichi la calamità naturale" (Associazione di categoria agricoltori).

A questo aspetto si aggiunge il fatto che il sistema di indennizzi agli agricoltori per calamità naturali ed eventi estremi dispone di poche risorse economiche che non riescono a rimborsare l'agricoltore delle perdite subite e contribuiscono a creare lungaggini nel processo di liquidazione.

"I danni dovuti al clima sono la forte siccità o le piogge torrenziali o i venti impetuosi, queste sono le tre tipologie di calamità che la regione riconosceva. La Regione riconosceva. La Regione dà incarico ai tecnici delle Agenzie, gli ispettorati agrari per fare le relazioni e quindi per disporre la declaratoria, quest'ultima poi veniva presentata al Ministero e la Regione emetteva un decreto per il riconoscimento dello stato di calamità, ma ci volevano tempi lunghissimi per rimborsare poi pochi soldi, anche dopo 2-3 anni dall'evento. Prendiamo l'esempio del famoso ciclone Eleonora: a Nuoro stanno ancora chiudendo le istruttorie delle pratiche ARGEA, dopo circa 5 anni! Quando non ci sono i fondi, si trovano tutta una serie di scusanti per non pagare, ma non perché non vogliono pagare, ma perché non hanno fondi" (Associazione di categoria).

La **mancanza di un approccio collettivo** per la pianificazione e la gestione delle problematiche in agricoltura è stato richiamato soprattutto da alcune Agenzie regionali, che sottolineano l'importanza di creare spazi di dialogo e programmazione inclusivi, attualmente carenti.

"Oggi viene a mancare un approccio collettivo, l'interfaccia anche fra le diverse istituzioni regionali, non bisogna escludere nessuno, anche i Consorzi di Bonifica devono sedersi al tavolo di programmazione, la loro assenza, legata alla loro numerosità elevata, con un coordinamento regionale quasi inesistente, è condizionata dal fatto che in quanto organismi tecnici di natura

politica, sfuggono alla governance degli organi elettivi regionali.” (Assessorato all’Agricoltura)

La **manca di un “governo della normalità”**, di efficaci monitoraggi e di un’attitudine alla prevenzione da parte delle Istituzioni, al fine di evitare per quanto possibile le situazioni di emergenza, è un altro punto di debolezza indicato dagli intervistati. Questo aspetto è trasversale all’agricoltura, all’allevamento e alle foreste e richiama la necessità di progettare piani di monitoraggio e di prevenzione che in alcuni casi possono evitare o per lo meno limitare la portata di alcuni problemi.

“Manca un “governo della normalità”, aspetto di contesto che spesso viene dato per scontato, che invece manca. Oggi quello che succede ogni qualvolta si presenta ad esempio un'emergenza fitosanitaria, la reazione che ne scaturisce è quella di rassegnazione (es peste suina, agalassia contagiosa degli ovini, forse sarebbe bastato avere la disponibilità dei mezzi). Esistono i piani, ma probabilmente non vanno bene viste le emergenze che si verificano, forse c'è un problema di monitoraggio, che è fondamentale per la diagnosi precoce. Ad esempio, per quanto riguarda il materiale vegetale, c'è un aumento dell'importazione. Bisognerebbe attuare i controlli all'ingresso per evitare l'ingresso del materiale contaminato.” (Assessorato all’Agricoltura)

La riduzione delle produzioni locali di materiali vegetali di propagazione, per esempio in frutticoltura, o di animali riproduttori selezionati, è associata al cambiamento nella *mission* delle agenzie regionali (AGRIS) che sino a pochi anni fa svolgevano questo importante compito, particolarmente importante per la valorizzazione del germoplasma locale. Questo importante patrimonio si è almeno in parte disperso e espone l’agricoltura dell’isola alla importazione accidentale di nuovi parassiti.

Alcuni stakeholder hanno lamentato le restrizioni associate alla **normativa europea sugli standard dei prodotti nel settore agroalimentare**. Essi vedono gli standard e i requisiti imposti dalla normativa europea per i prodotti agroalimentare come un elemento di debolezza che limita e vincola le attività delle piccole medie aziende sarde:

“Noi aziende di piccole dimensioni, che siamo la maggior parte sia in Sardegna, sia in Italia, ci siamo ritrovati ad essere costretti ad adeguarci alle regole e agli standard europei. Si sono riuniti per capire se la zuccina doveva essere 10 cm o 12cm o quanto deve essere la vongola che dobbiamo pescare...” (Agricoltore).

Questa considerazione evidenzia da un lato lacune nel sistema della qualità del mercato dei prodotti agroalimentari locali, dall’altro il fatto che nella definizione degli standard non sempre si tiene conto della diversità nel panorama delle produzioni agroalimentari europee.

Governance e informazione

Diversi stakeholder hanno lamentato la mancanza di una **sistematica raccolta dei dati sull'agricoltura** della Sardegna e di una fruibilità dei dati raccolti da parte delle diverse Agenzie regionali.

Attraverso le istruttorie per i fondi del PSR, ARGEA riceve ogni anno una grandissima mole di dati sulle aziende agricole che potenzialmente potrebbero costituire una fonte importante per una programmazione e una pianificazione più aggiornata ed accurata degli interventi in agricoltura.

A questo proposito un funzionario ARGEA spiega:

“La difficoltà più grossa è tradurre in prospetti sintetici l'enorme mole di dati di cui dispone l'agenzia, ogni anno riceviamo 60.000 mila domande, in cui per ogni domanda viene descritta l'azienda, anno per anno potremmo vedere l'evoluzione dell'azienda, ma non abbiamo nessuno che lavori su questo. La realizzazione di questo progetto sarebbe uno strumento indispensabile per la programmazione, noi ogni 7 anni facciamo una programmazione per lo sviluppo rurale. L'analisi fatta ex ante su quella che è stata la situazione produttiva dei diversi comparti delle diverse aziende, poi tradotti in numeri, consentirebbe di fare una programmazione più mirata e di studiare l'impatto successivo delle misure PSR, cosa che al momento non si fa”.

A questo si aggiungono le rigidità che ostacolano la **mobilità di personale tecnico e lo scambio di dati** tra le agenzie regionali, che rappresenta un elemento strategico per poter prendere le decisioni a diversi livelli sull'adattamento al cambiamento climatico, che per la sua complessità richiede un approccio integrato e intersettoriale.

“La macchina regionale ha sistemi diversi, soprattutto informatici. Noi abbiamo grandissime difficoltà di interlocuzione tra sistemi” (ARGEA).

“Il problema maggiore è la mancanza di un meccanismo di interscambio. I dipendenti non possono essere spostati da un'agenzia all'altra. Inoltre, i sistemi informatici consentono un limitato accesso ai dati che sono contenuti in sistemi chiusi. Dati che se facilmente accessibili potrebbero essere utili anche per l'innovazione, per le imprese e per offrire servizi” (AGRIS).

Capitale sociale

I punti riportati qui di seguito si riferiscono ad agricoltura e allevamento. La maggior parte degli intervistati, hanno considerato un importante punto di debolezza dell'agricoltura sarda per una insufficiente **cultura della cooperazione**, la **frammentazione** delle imprese e delle conoscenze, la tendenza all'individualismo e la poca collaborazione e propensione all'aggregazione. Tutti aspetti ben noti alla sociologia rurale dell'isola (es. Meloni, 2008).

La presenza in Sardegna di una cultura individualista e poco propensa all'aggregazione ha delle ricadute di carattere economico. La scarsa propensione al consorzio, ad esempio nel settore vitivinicolo, riduce notevolmente le opportunità di

accesso a risorse finanziarie esogene al sistema regionale che porterebbero maggiore ricchezza.

Della stessa natura è il riferimento al fatto che le **cooperative** in alcuni casi non agiscono come strumento di valorizzazione vera e propria del prodotto ma generano esse stesse un ulteriore costo per i soci. Secondo alcuni stakeholder infatti, le cooperative spesso generano ulteriori costi per i servizi e di funzionamento della cooperativa stessa senza però essere in grado di generare servizi o ottenere prezzi sul mercato più remunerativi per i soci rispetto a quanto riuscirebbe ad ottenere il singolo. Questo rappresenterebbe in alcuni casi un ulteriore limite all'aggregazione, aggravato anche da una cultura che tende alla frammentazione e all'individualismo come descritto sopra. D'altro canto, alcune Cooperative riconoscono di avere spesso difficoltà a stare al passo e contrastare il potere della GDO, lamentando tutta una serie di controlli e procedure necessarie per poter vendere a questo tipo di mercati, processi che contribuiscono a generare costi in cooperativa.

“Noi (sistema cooperativo organizzato) siamo controllati dall'Autorità competente, dalla grande distribuzione e abbiamo controlli ogni mese, audit di qualità... e gestire questi controlli costa perché serve personale qualificato che sia in grado di farlo, bisogna fare analisi ecc. Ma questo sforzo e questi costi non sempre ritornano in termini di reddito” (Cooperativa Ortofrutta).

Fattori economico-organizzativi

È ben noto, e gli stakeholder intervistati lo hanno ribadito, che gli **squilibri di potere** tra i vari attori sono tipici delle filiere dei prodotti agricoli. Soprattutto in alcuni settori dell'agricoltura come ad esempio l'ortofrutta, gli stakeholder hanno messo in luce una scarsa remunerazione dei prodotti primari rispetto al prezzo di vendita finale, denunciando uno strapotere della grande distribuzione rispetto alla scarsa capacità degli agricoltori di influenzare e controllare i prezzi dei propri prodotti sul mercato.

“I canali commerciali non sempre pagano in maniera etica il valore del prodotto. Nelle filiere produttive il produttore non determina il prezzo ma lo subisce (c'è una logica di cartello in cui vale la logica del “primo prezzo”, cioè del prezzo più basso). Questo riguarda in particolare l'ortofrutta, ma in generale tutta la produzione agroalimentare e il mercato globale” (Associazione di categoria degli agricoltori).

“Non si è riusciti ad incrementare il valore in maniera che una azienda riuscisse a sostenersi con i numeri che faceva in passato. Con la GDO, facciamo i listini settimanali però questi listini si basano sui prezzi correnti di mercato, e se non stai dentro questi prezzi la GDO non ordina perché trova qualcuno che gli fa un prezzo più basso e può essere sia un'azienda sarda o anche, sempre più spesso da altre realtà italiane o estere” (Cooperativa Ortofrutta).

La **dimensione economica delle aziende agricole** sarde è frequentemente piccola e la struttura debole. A causa delle piccole dimensioni, molte realtà del settore agricolo

sardo, soprattutto nell'ortofrutta, hanno difficoltà ad adottare nuove tecnologie, utili anche a contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici, dispongono di limitate capacità di programmazione, poca capacità produttiva in termini di quantità per rispondere adeguatamente alla domanda del mercato e non hanno capacità di compensare lo strapotere della GDO in termini di prezzo, come descritto in precedenza.

“Le politiche agricole in Sardegna degli ultimi 20 anni sono andate a favorire l’infinitamente piccolo invece di cercare di spingere e valorizzare l’aggregazione e una maggiore organizzazione aziendale, che non significa debba essere per forza il modello cooperativo ma significa favorire ad esempio un’azienda che ha una capacità imprenditoriale valide in grado di ingrandirsi e di avere i mezzi per diventare sempre più strutturata. Oggi stiamo quindi scontando una realtà fatta da aziende che nella stragrande maggioranza non sono strutturate e non riescono ad affrontare le esigenze normative, ma anche le condizioni di marginalità che dà il mercato, soprattutto ortofrutticolo, in presenza della GDO che si mangia almeno l’80% del valore dell’ortofrutta che viene commercializzato in Sardegna. Abbiamo una base aziendale in cui le aziende sono strutturalmente deboli, di piccola dimensione, non gli si è data negli anni la possibilità di crescere in termini di superficie e di numeri” (Cooperativa agricola).

Un caso particolare è costituito dalle aziende del settore vitivinicolo, che operano in comprensori talvolta “estremi” (come la montagna o le isole minori) e che hanno una prevalente piccola dimensione economica delle aziende produttrici. Le dimensioni ridotte portano ad una scarsa propensione alla meccanizzazione perché la poca superficie non giustifica l’acquisto dei mezzi, generando però allo stesso tempo difficoltà a contenere i costi di produzione. In alcuni casi la presenza di un modello culturale fortemente ancorato alla tradizione in piccole aziende risulta molto difficile da meccanizzare. Come spiegato da un esperto del settore, questo porta a conseguenze importanti per le realtà di questo tipo del territorio:

“Oggi stiamo già assistendo ad un progressivo abbandono della viticoltura in certe condizioni. Ad esempio, si vedano le drastiche riduzioni di superficie vitata nelle isole minori e nei comprensori montani - soprattutto Jerzu ed in generale Ogliastro – a cui abbiamo assistito negli ultimi 20 anni” (Esperto settore vitivinicolo).

Capitale umano

L’età media del personale delle Agenzie regionali responsabili delle pratiche PSR è avanzata e rende più complessa l’innovazione e la specializzazione nel gestire e facilitare il rapporto con l’utenza.

“Stiamo facendo una mini-rivoluzione con il personale, ormai di età avanzata, che non ha più gli stessi stimoli di quando si è iniziato. È chiaro che le Agenzie regionali hanno bisogno di un’innovazione al suo interno, anche in termini di qualificazione del personale, ma l’innovazione richiesta non rispecchia l’età media dei dipendenti. L’inserimento di giovani sarebbe importante ma non ci sono le risorse economiche per farlo” (ARGEA).

Secondo ARGEA, gli agricoltori sono poco propensi ad adeguarsi alle **innovazioni della pubblica amministrazione**:

“Stiamo cercando di accorciare il più possibile il rapporto tra pubblica amministrazione e un’utenza che è poco abituata all’innovazione delle pubbliche amministrazioni. Un esempio è il caso della PEC: gli agricoltori hanno la PEC ma non la controllano e spesso perdono le comunicazioni inviate da ARGEA che non ha budget per inviare raccomandate” (ARGEA).

La **carenza di manodopera e maestranza professionalizzata** in alcuni settori specifici come quello vitivinicolo costituisce un ulteriore punto di debolezza per l’agricoltura regionale.

“È sempre più difficile trovare manodopera specializzata. Il vigneto si può meccanizzare completamente, ma certe produzioni “top” hanno bisogno di certi accorgimenti manuali (scacchiatura, la scelta del grappolo, il diradamento, ecc.) che sono le cose che fanno aumentare la qualità del prodotto ma che incidono anche pesantemente sui costi. La mancanza di conoscenza tecnica da parte della maestranza è quindi un importante punto di debolezza (...)” (Esperto settore vitivinicolo).

Fattori infrastrutturali

Le **carenze infrastrutturali** incidono pesantemente sui costi di produzione: trasporti, logistica, energia. Le difficoltà di competitività sul mercato di molte aziende e il problema degli alti costi di produzione sono legati, secondo alcuni stakeholder, non solo alle piccole dimensioni aziendali, come già evidenziato sopra, ma anche a fattori infrastrutturali tipici del territorio isolano come gli alti costi di trasporto, gli alti costi energetici, le difficoltà legate alla logistica, ecc.

La **mancanza di un sistema vivaistico regionale** nel settore, ad esempio, degli alberi da frutto, costringe i frutticoltori e viticoltori a importare il materiale vegetale da altre regioni d’Italia o dall’estero. Ciò aumenta in Sardegna la probabilità di importare con il materiale vivaistico nuove malattie e parassiti e riduce anche la possibilità di produrre materiale di propagazione di varietà più adatte alle specifiche condizioni del contesto regionale.

“Noi come AGRIS diamo indicazioni agli agricoltori sulle linee genetiche più resistenti, ma la mancanza dei vivai per la produzione del materiale, rende impossibile il loro acquisto. Gli stessi agricoltori che chiedono dove poter acquistare il materiale, non hanno alternative se non quella di acquistare il materiale proveniente dalla Sicilia o dalla Calabria. Questi materiali hanno caratteristiche diverse, dovute alle differenti scelte adottate, per esempio quelle legate all’alto tenore in calcare nel suolo, condizione molto diffusa nei loro ambienti a differenza della Sardegna” (AGRIS).

Opportunità

Fattori climatici

Un incremento delle temperature per effetto del cambiamento climatico potrebbe favorire il miglioramento delle produzioni, in qualità e quantità per alcune colture del territorio come l'olivo. Non sempre il cambiamento climatico rappresenta una minaccia generalizzata per tutte le colture. Ad esempio, da un incremento delle temperature e dalla stagione siccitosa del 2017 molti olivicoltori della Sardegna hanno dichiarato di aver ottenuto un'ottima qualità e di aver visto ridotto notevolmente il problema della mosca olearia. Questo aspetto è stato evidenziato anche da alcuni studi condotti nell'oristanese che hanno messo in evidenza la varietà di impatti del cambiamento climatico atteso per il decennio 2020-2030, dal punto di vista agronomico ed economico, su una varietà di sistemi agrari presenti nello stesso territorio. In effetti, alcune colture, come il riso, potrebbero trovare giovamento dall'aumento delle temperature, ma complessivamente per il territorio dell'Oristanese è stato previsto un calo di reddito netto per gli agricoltori molto significativo, in particolare per il comparto dell'allevamento bovino da latte e ovino da latte.^{vii}

Capitale umano

Il ricambio generazionale dei dirigenti aziendali con l'ingresso di professionisti giovani rappresenta un potenziale cambiamento rispetto al sistema agricolo tradizionale e familiare, che ha la potenzialità di facilitare una mentalità più aperta e propensa all'innovazione. Questo fattore è emerso in particolare per il settore vitivinicolo che appare essere in piena trasformazione:

“C'è un cambio generazionale in molte cantine. Si percepisce meno individualismo, meno mentalità chiusa. Nelle grandi aziende i figli che subentrano hanno girato il mondo, hanno fatto il Master and Back, hanno fatto l'Erasmus... e vedono le cose un po' diversamente dai loro genitori. Questo è importante. Si percepisce che c'è una diversa mentalità, anche se talvolta sono meno bravi tecnicamente rispetto ai genitori, nel lungo periodo questa può essere davvero un'opportunità” (Esperto settore vitivinicolo).

Fattori economici

Molti intervistati hanno considerato una grande opportunità quella di puntare sull'accesso a **nuovi segmenti di mercato** anche a livello internazionale, puntando sull'autenticità e qualità dei prodotti agroalimentari sardi. Tuttavia questo argomento non è stato declinato dagli intervistati con esempi concreti di successo.

Innovazione e Ricerca

Diversi stakeholder hanno indicato come opportunità il **potenziamento del ruolo di strutture di ricerca già esistenti** sul territorio (Università, CNR, AGRIS, Sardegna Ricerche) per sviluppare nuovi sistemi di coltivazione a basso consumo idrico e più

tolleranti alle alte temperature, per favorire l'adattamento al cambiamento climatico. La rete di ricerca regionale attualmente è costituita da amministrazioni che programmano le loro attività in modo autonomo e talvolta in competizione tra loro. Costituire una rete della ricerca che valorizzi le sinergie tra centri di ricerca, imprenditori privati e sistema della governance regionale rappresenta una importante opportunità per lo sviluppo di progettualità e partnership pubblico-privato in linea con la filosofia europea della partnership per l'innovazione in agricoltura (EIP-Agri).

Fattori biofisici

La presenza, per molte specie coltivate, di tantissima biodiversità associata ad un gran numero di varietà minori locali, può essere, quantomeno nel medio lungo periodo, uno strumento importante per contrastare i cambiamenti climatici, permettendo l'individuazione di materiale genetico utile alle strategie di adattamento. Con riferimento al caso specifico della vite, ad esempio, un esperto del settore spiega:

“Tante varietà in passato sono state “poco valorizzate” dai nostri viticoltori perché non maturavano in maniera soddisfacente. Al momento attuale, a fronte dei noti scenari sull'aumento della temperatura e conseguente variazione del bilancio idrico della coltura, queste varietà che prima, nel caso del vino fornivano un prodotto squilibrato verso le componenti acide, potrebbero oggi o in un prossimo futuro, garantire produzioni qualitativamente soddisfacenti continuando ad utilizzare materiale locale e quindi salvaguardando il concetto di territorialità e tipicità.” (Esperto settore vitivinicolo)

Minacce

Fattori economici

Il continuo **aumento dei costi degli input agronomici** (macchinari, fertilizzanti, sementi, ecc.) in maniera sproporzionata rispetto al prezzo di vendita dei prodotti rappresenta una forte preoccupazione per il futuro per molti degli agricoltori intervistati.

“Oggi i costi del concime e dei macchinari sono triplicati rispetto agli anni '80, però il prezzo del grano è cresciuto solo del 10%” (Agricoltore).

Le criticità per l'**accesso al mercato internazionale e nazionale**, nonostante la qualità di molti prodotti dell'agricoltura sarda, è percepita da alcuni stakeholder come minaccia e criticità sempre crescente per il futuro, per la incapacità di “vendere” il *brand* Sardegna e la qualità dei suoi prodotti all'estero. Ciò vale soprattutto per le aziende di piccole medie dimensioni che costituiscono la maggioranza della realtà aziendale sarda.

A proposito del settore vitivinicolo, un esponente di un'azienda di piccole dimensioni afferma:

“La criticità numero 1 non è tanto fare vino buono, perché ormai quello lo facciamo quasi tutti, ma è la commercializzazione. Come regione Sardegna abbiamo una forza molto contenuta, abbiamo problemi di numeri, di accesso ai mercati...Le minacce sono tutte legate al mercato e la cosa principale è il non riuscire a far passare al di fuori dell'Italia il nome Sardegna. Ora non mi ricordo il dato ufficiale ma dopo che è passata la crisi economica, il vino italiano all'estero ha fatto un +35%, mentre quello della Sardegna siamo fermi ad un +12%” (Esperto settore vitivinicolo).

Fattori climatici/percezioni

Molti degli aspetti qui di seguito elencati sono già in parte una realtà per molti degli attori coinvolti nello studio del settore agricoltura, ma rischiano di divenire nel futuro elementi ancora più critici che mettono a rischio il sistema delle produzioni.

È stata segnalata l'insorgenza sempre più frequente di **problemi fitosanitari** in molte colture e la proliferazione di **infestanti**, presumibilmente legati a fattori climatici come cambiamenti nell'andamento delle piogge e delle temperature. È stata per esempio segnalata recentemente l'introduzione in Sardegna del fiordaliso del nord Africa (*Centaurea diluta*), una specie infestante resistente ai trattamenti diserbanti e particolarmente dannosa soprattutto nelle coltivazioni di leguminose foraggere da granella. L'importazione di questa specie è avvenuta con partite di semente non certificata e contaminata. Gli agricoltori lamentano inoltre una crescente diffusione della peronospora della vite. Questi problemi contribuiscono in modo rilevante all'aumento dei costi di produzione e/o alla diminuzione delle rese. A questo si aggiunge la segnalazione di molti agricoltori che per effetto delle anomalie climatiche molte colture cerealicole e foraggere arrivano sempre più stressate in epoca primaverile-estiva e sono più vulnerabili ad attacchi fungini.

Le anomalie climatiche stanno già determinando problemi di **diminuzione delle rese** di molte colture a causa di temperature e piogge irregolari. Inoltre, molti agricoltori considerano il cambiamento climatico come fonte di incertezza rendendo difficile la programmazione delle attività e delle scelte.

“L'ampia variabilità climatica crea molti problemi alle aziende quali, anticipi e ritardi del momento della raccolta, riduzione delle rese e mancato raggiungimento degli standard qualitativi dei prodotti. Queste condizioni comportano un incremento della quota di prodotto non vendibile e di conseguenza una riduzione del reddito e un incremento dei costi” (Cooperativa Ortofrutta).

Le minacce del cambiamento climatico sui sistemi agrari dell'isola sono trattati nel capitolo 3. In questa sede si citano solo alcuni riferimenti bibliografici di studi recenti che dimostrano impatti significativi ma fortemente specifici per tipologia di azienda considerata e una percezione lucida ma non sufficiente a garantire risposte resilienti, da parte degli agricoltori.^{viii}

Fattori economici e di governance del mercato

La cosiddetta “**agro-pirateria**” sui prodotti made in Italy e la concorrenza dei prodotti agroalimentari provenienti dall'estero a basso costo (Cina, Canada, Stati Uniti) rappresentano secondo alcune associazioni di categoria degli agricoltori una fonte di concorrenza sleale per i prodotti del territorio (sardo e italiano in generale) e una minaccia per l'identità dei territori che rappresentano un patrimonio di storia, cultura, e lavoro conservato nel tempo da generazioni di agricoltori, come segnalano alcuni rappresentanti di associazioni di categoria.

Governance, Istituzioni e policy

La **normativa a tutela delle produzioni locali è insufficiente** e questo espone a fenomeni di agro- pirateria, che nella migliore delle ipotesi si contrastano con qualche sanzione. All'interno dello stesso territorio sardo non mancano, a detta di alcuni stakeholder, realtà aziendali che lavorano il proprio prodotto in Sardegna importando alcune materie prime da fuori, con scarsa trasparenza e facendo concorrenza sleale alle altre realtà del territorio. Questo perché non vi sono norme e sanzioni abbastanza rigide che limitano questo genere di infrazioni.

“Ad esempio, se un'azienda di trasformazione del latte, importasse le materie prime per la produzione di formaggio a pasta filata (es. perette di Santu Lussurgiu), oggi subirebbe una piccola sanzione dalle autorità preposte. L'approvazione e applicazione del Disegno di Legge Caselli (Nuove norme in materia di reati agroalimentari), comporterebbe la chiusura dello stabilimento, con efficacia deterrente” (Associazione di categoria degli agricoltori).

Capitale umano e tecnologie

A causa del **mancato ricambio generazionale del personale** addetto al funzionamento di alcuni importanti laboratori sperimentali, come quello di micropropagazione di AGRIS, che costituisce un'importante risorsa per l'agricoltura della regione, rischia di essere compromesso nel futuro. A questo fine sarebbe opportuno, come commentato da alcuni funzionari dell'Agenzia, pensare di affidare queste strutture ad un privato e favorire un trasferimento di conoscenze affinché questa risorsa non vada persa.

“Purtroppo persistono le condizioni che non consentono ad AGRIS il trasferimento delle strutture di produzione (serre e strutture ombreggianti, impianti preparazione terricciati, laboratorio micropropagazione), delle tecnologie e del know how utili per l'attivazione di filiere vivaistiche per la produzione di materiali di propagazione certificati” (AGRIS).

2.3.2.2. Allevamento

Tabella 16 Analisi SWOT per il settore “allevamento”.

Punti di forza	Punti di debolezza
- Saperi tradizionali in ambito agro-pastorale - Nuovi ingressi di capitale umano (imprenditori e professionisti) con base formativa moderna - In alcuni casi, l'aggregazione in Cooperativa per i servizi offerti ai soci. - Attenzione all'alimentazione degli animali, che garantisce benessere animale e adeguati livelli produttivi. - Prodotti agroalimentari di origine animale ai quali è riconosciuto un alto valore legato al territorio di produzione. - Disponibilità di razze rustiche locali bovina e suina adattate alle condizioni climatiche della Sardegna - Ampia disponibilità di superfici a pascolo e di ampie superfici abbandonate da sfruttare per la produzione di alimenti zootecnici e per l'allevamento. - Presenza di una importante popolazione asinina di razza sarda potenzialmente sfruttabile	- Burocrazia, difficoltà di accesso ai fondi PSR, tempistiche lunghe per i pagamenti, mentre la tecnologia evolve rapidamente e le necessità richiedono tempestività nelle scelte e negli investimenti. - Mercato delle carni suine sarde limitato dai vincoli imposti dalle misure di eradicazione della peste suina africana. - Limitata propensione per la cooperazione fra imprese. - Limitata capacità contrattuale delle aziende zootecniche nei rapporti economici con le altre componenti delle filiere: prezzi dei prodotti altamente variabili e frequente mancato rispetto degli accordi tra produttori sulla quota di latte da immettere sul mercato per il controllo del prezzo (comparto allevamento ovino) - Scarsa tracciabilità dei prodotti - Concorrenza commerciale da parte di prodotti di imitazione provenienti da altri paesi - Calo demografico nelle aree interne - Aziende di piccole dimensioni ed eccessiva frammentazione della proprietà anche con superfici adeguate che non consentono di ottenere delle economie di scala e/o di adottare sistemi di allevamento e/o tecnologie adeguate - Costi energetici elevati nelle aziende zootecniche e limitata diffusione di fonti energetiche alternative - Limitato grado di auto-provvigionamento alimentare degli animali con ampio ricorso all'acquisto dall'esterno (allevamento bovino intensivo) - Limitata adozione di tecniche di pascolamento agronomicamente valide - Limitata disponibilità e scarse conoscenze da parte degli allevatori di specie e varietà di colture foraggere adatte alle specificità dei diversi micro-ambienti della Sardegna

Opportunità	Minacce
• Disponibilità di nuove tecnologie che salvaguardano la produttività e il benessere animale • Miglioramento genetico animale • Valorizzazione dei prodotti ottenuti da razze locali • Mercati di nicchia associati alla territorialità e qualità dei prodotti. • Possibilità di sfruttamento degli asini di razza Sarda adattati alle condizioni climatiche dell'Isola ai fini della produzione di latte • Miglioramento genetico delle specie foraggiere mediterranee, moltiplicazione di varietà già disponibili	• Eventi climatici estremi (ondate di calore e siccità in particolare). • Difficoltà ad essere competitivi e a interpretare e seguire le dinamiche del mercato globale. • Mancanza di regole omogenee in un mercato globale • Alta variabilità dei costi delle materie prime (e speculazioni sul mercato). • Riduzione del numero di imprese e delle produzioni nelle aree interessate da spopolamento demografico. • Perdita di conoscenze pratiche tradizionali a causa del mancato ricambio generazionale e a conoscenze "non scritte". • Costi di produzione elevati e abbandono delle attività zootecniche e delle produzioni tipiche in zone marginali • Abbandono delle razze rustiche locali e introduzione di nuovi genotipi più performanti ma probabilmente meno adattati alle condizioni climatiche della Sardegna • Recupero della vegetazione arbustiva e perdita della biodiversità delle specie erbacee dei pascoli, adatte alle condizioni climatiche locali in caso di abbandono delle attività pastorali. • Importazione di nuove specie infestanti con le sementi di foraggiere di provenienza estera.

Molti dei punti di debolezza e delle minacce emersi dalle interviste con gli stakeholder del comparto allevamento sono comuni a quelli del comparto agricolo. Tuttavia, il comparto dell'allevamento presenta specificità tali che meritano un'analisi distinta. La seguente sezione descrive e argomenta più nel dettaglio, rispetto alla precedente tabella alcuni dei principali punti di forza, di debolezza, le opportunità e le minacce individuate dagli stakeholder del settore dell'allevamento. I diversi fattori sono stati classificati sulla base delle determinanti della capacità di adattamento presenti in letteratura.^{ix}

Punti di forza

Capitale umano e conoscenza

La presenza di aziende con una **tradizione familiare**, in particolare nel contesto agro-pastorale, è secondo alcuni stakeholder ancora oggi un punto di forza per la gestione dell'impresa e per la capacità di operare scelte strategiche in modo tempestivo. Un allevatore di bovini da latte commenta così:

“Il punto di forza della mia azienda, ancora oggi, è l'esperienza di mio padre, bravissimo agricoltore che non ha mai sbagliato nella coltivazione del mais. Nonostante questo sono consapevole della necessità di adeguarsi ai cambiamenti, stando al passo con i tempi” (Allevatore).

La competenza e la sensibilità relativamente alle esigenze alimentari e sanitarie degli animali allevati dagli allevatori sardi di ovini da latte è nota e apprezzata e la conoscenza sulle tecniche di allevamento è stata sinora tramandata di padre in figlio per lo più oralmente.

Recentemente, si è registrato un ingresso nel settore di imprenditori e professionisti dotati di **preparazione tecnica specialistica** di un certo livello (diplomati o laureati) che rappresenta un punto di forza per il futuro di queste aziende.

Capitale sociale

In alcuni casi (es. Arborea) l'aggregazione delle aziende con allevamenti in forma di **Cooperativa** è riconosciuta come un fondamentale punto di forza per i servizi offerti ai soci.

Come già discusso anche per il settore agricoltura, il sistema cooperativo in Sardegna presenta delle contraddizioni. Se in alcuni casi specifici, come ad esempio il caso della Cooperativa Produttori di Arborea, il sistema ottiene dei buoni risultati offrendo dei vantaggi per i propri soci, in molti altri casi la cooperazione non ha risposto alle aspettative dei soci. A questo proposito un socio della Cooperativa Produttori Arborea sottolinea:

“Un punto di forza è essere membri della Cooperativa perché ti aiuta con tanti servizi, per l’approvvigionamento di materie prime o di qualsiasi cosa ti serva, per servizi tecnici e contabili”.

In altri casi, anche nel comparto allevamento emerge una difficoltà all’aggregazione e al rispetto di accordi che in realtà garantirebbero un maggior potere contrattuale dei produttori sul mercato (vedi punti di debolezza).

Tecnologia/Innovazione

Un punto di forza relativamente all’aspetto tecnologico è la attenzione prestata dagli allevatori nei confronti dell’alimentazione degli animali che garantisce benessere animale e adeguati livelli produttivi.

“In caso di crisi di alimentazione/abbeveraggio, ne risente immediatamente la produzione di latte, dunque l’allevatore provvede con grande attenzione a soddisfare le esigenze degli animali, per lo meno in maniera da non compromettere la produzione.” Questo succedeva fino a 20/50 anni fa quando la pecora viveva solo di pascolo e quando non c’era il pascolo non si integrava con mangimi, dunque l’animale soffriva. Ora credo che siano ben pochi gli animali che soffrono per questo motivo, a parte qualche caso di non buona gestione” (Allevatore ovini).

Gli esperti intervistati hanno arricchito la lista dei punti di forza dell’allevamento in Sardegna, portando una prospettiva più distaccata da specifici interessi imprenditoriali: i prodotti di origine animale della Sardegna sono riconosciuti anche a livello internazionale per un **alto valore legato al territorio** di produzione. Inoltre, nell’isola si allevano **razze rustiche locali** con caratteristiche di adattamento a situazioni ambientali estreme molto pregevoli rispetto alle razze selezionate di importazione. Gli allevamenti bradi inoltre consentono di **valorizzare ex aree agricole abbandonate** attraverso la produzione di alimenti di elevata qualità. Esistono poi **allevamenti di nicchia**, come quella della razza asinina sarda, che rappresentano un patrimonio genetico strategico nella prospettiva dell’adattamento a cambiamenti climatici.

Punti di debolezza

Governance, Istituzioni e policy

L’**eccesso di burocrazia**, la difficoltà di accesso ai fondi del PSR per i requisiti richiesti sempre più stringenti e le tempistiche lunghe per i pagamenti, sono percepiti come alcuni tra i principali punti di debolezza del comparto dell’allevamento, in un contesto nel quale la tecnologia si evolve molto più rapidamente di quanto non sia per le normative. Dal punto di vista dei beneficiari il processo per accedere ai fondi del PSR è considerato sempre più complicato e la tempistica di attuazione e di accesso ai finanziamenti troppo lunghi per rispondere in modo efficace e tempestivo alle

necessità delle aziende zootecniche in modo da mantenersi al passo con l'evoluzione del mercato e i continui progressi della tecnologia. In alcuni casi, le aziende più fiorenti preferiscono esporsi direttamente con le banche per fare gli investimenti necessari al miglioramento della propria azienda pur di evitare le lungaggini burocratiche necessarie per l'accesso ai sussidi pubblici.

“È sempre più difficile avere accesso ai fondi. Ti chiedono sempre più garanzie, ci sono requisiti e paletti sempre più complicati. Per non parlare poi della burocrazia e delle lungaggini che vanno proprio contro corrente alle nostre esigenze... Quindi in generale cerchi di pianificare investimenti e chiedi prestiti alle banche” (Allevatore di bovini da latte).

“Penso che le misure PSR potrebbero funzionare molto meglio: si riscontrano molte difficoltà in fase di attuazione, troppa burocrazia e tempi molto lunghi. Io le infrastrutture principali della mia azienda le ho realizzate nel 1993, grazie a fondi PSR, ma il progetto era del 1986! Ho realizzato strutture importanti da 850 milioni di vecchie lire, come stalle, impianto d'irrigazione, fienili e laghetto collinare. Se il progetto l'avessi scritto nel 1992, l'avrei fatto diverso, avrei previsto una corsia di alimentazione nella stalla, un carro miscelatore (...): il progetto era già vecchio al momento in cui è stato approvato. Dunque alla struttura nuova ho dovuto fare una serie di modifiche, questo mi ha creato grossi problemi. Un tempo di 6- 7 anni è un tempo biblico nella produzione, ti cambia il mondo e il sistema dei sussidi è così rigido che, se si richiede una variante, devono poi passare altri 7 anni per vedersela approvata” (Allevatore ovini)

Un caso specifico riguarda **l'allevamento di suini**: il mercato delle carni suine sarde è stato molto limitato a causa della peste suina africana e delle norme che impediscono la circolazione dei prodotti sul mercato.

“Dal 2011 è ripartita la peste in Sardegna e siamo stati completamente bloccati. La mancanza di mercati riduce la possibilità di crescita delle aziende e la possibilità di poter avere una platea di clienti maggiore e quindi poter scegliere chi è disposto a pagarti un margine operativo maggiore. Se tu sei in un mercato chiuso, sei obbligato a chiudere oppure ad accettare il prezzo di chi compra i tuoi prodotti” (Allevatore suini).

A questo si aggiunge la scarsa tracciabilità dei prodotti nel mercato nazionale e la vendita sul mercato di prodotti non sardi come sardi. Il mercato isolano preferisce prodotti locali che rispondono alle tradizioni locali (es. il maialino da latte). Questo stesso prodotto si trova sul mercato nazionale e internazionale a basso prezzo e induce alcuni commercianti a venderli come se fossero prodotti locali, con conseguente danno all'intero comparto.

“Gli allevatori italiani che non hanno il suinetto come produzione principale, vendono a basso prezzo suinetti a macellatori sardi, perché la norma sulla peste suina africana non impedisce l'importazione di suini verso la Sardegna. Questi animali vengono macellati in un macello sardo e una volta macellati risultano di provenienza locale e vengono rimandati in continente come suinetti sardi e quindi diventano “sardi- cloni”. Questi maialetti vengono

acquistati in continente a 8 euro al kg, mentre da noi a 4 euro al kg, per poi tornare sulla grande distribuzione/ banco di vendita a 10-12 euro al kg (fresco non cotto)” (Allevatore suini).

Capitale sociale

L’aggregazione della base produttiva rappresenta sulla carta uno strumento fondamentale per rilanciare il settore dell’allevamento. Tuttavia nonostante gli sforzi profusi negli anni, la situazione in Sardegna, con poche eccezioni, è ancora molto carente da questo punto di vista.

Un rappresentante di Confagricoltura ha raccontato l’esempio di un tentativo fallito di arrivare all’aggregazione tra produttori di latte ovino, mancanza di aggregazione e di cooperazione che indebolisce ulteriormente il potere di controllo sul prezzo del latte.

“Quando sono diventato direttore di questa struttura, ho controllato un po’ di dati, soprattutto del settore lattiero-caseario e la base associativa che ho visto aveva oltre 300 associati che conferivano il prodotto all’industria di trasformazione, quindi la mia idea era quella di aggregare l’offerta. Abbiamo stimato di poter arrivare ad avere 10 milioni di litri di latte da conferire, allora ho incominciato a fare delle riunioni territoriali per provare a convincere i produttori ad aggregarsi, impegnandomi anche a costituire una cooperativa a spese dell’organizzazione. La prospettiva era offrire all’industria 10 milioni di litri di latte aggregati dove sono i soci a gestire e andare a trattare il prezzo del latte per la nuova stagione. Trattare 20.000/30.000 litri di latte rispetto ai 10 milioni è ben diverso, poiché l’industria ha interesse ad accaparrarsi quel quantitativo importante, per evitare di andare in giro per acquistare il latte da una parte all’altra per concludere il ciclo produttivo. Per farla breve, siamo arrivati solo a circa 1 milioni di litri di latte, ma con grossi sacrifici. Questa non è una mentalità di un imprenditore di successo!” (CONFAGRICOLTURA Nord Sardegna).

Fattori economici

Come è noto una delle principali criticità lamentata dagli allevatori di ovini è il prezzo del latte, le cui dinamiche sono legate al mercato globale ma anche al mancato rispetto degli accordi di settore tra produttori e trasformatori. È un problema antico, che rimane sostanzialmente irrisolto al momento.

“La principale criticità è il prezzo del latte, basso e altalenante, ci sono delle fluttuazioni che arrivano anche al 60-70 % da una stagione all’altra, dunque di difficile governo anche dell’economia dell’azienda. Questa variabilità è legata alla incapacità di controllare i mercati internazionali ma io la responsabilità l’attribuisco alla gestione in loco, a livello regionale. Il prodotto principale del nostro latte (ovino) è il pecorino romano, che ha un mercato ormai storico anche abbastanza consolidato e stabile in termini quantitativi. Due anni fa c’è stata un’anomalia del prezzo del latte verso l’alto. Tutti hanno fatto la rincorsa a produrre pecorino romano perché era molto remunerativo. Così abbiamo ottenuto che da un mercato di 260 mila quintali ne abbiamo fatto 340 mila, quindi è chiaro che abbiamo sorpassato il mercato. L’anno dopo il prezzo è crollato dai 9.50/9.90 euro ai 4.50 euro al kg. Questo succede sempre, perché io

in primis e le cooperative hanno prodotto più pecorino romano di quello che il mercato assorbe. In certi momenti è meglio distruggere una quota di produzione, piuttosto che andare a distruggere il mercato che poi ti costa dieci volte tanto. Se 10 milioni di litri di latte in un anno li vendi a 1,20 euro e poi gli stessi l'anno successivo li vendi a 0,60 cent, probabilmente se ne avessimo buttati 2 milioni, diviso fra un'annata e l'altra sarebbe stato più alto il prezzo e non avremmo distrutto il mercato".

"Ci sono delle operazioni commerciali in cui alcuni, credendo di essere più furbi degli altri fanno le cose sottobanco e poi dopo due giorni viene fuori che una partita di romano è stata venduta a 1 euro in meno rispetto a quello che c'eravamo imposti di fare e anziché 10 quintali ne ha messo sul mercato 100, come c'eravamo promessi di fare. C'è una sorta di regolamento che va a fare delle multe, di 2000 3000 euro nell'ambito di queste partite. Ma uno si paga la multa e poi fa ciò che vuole, senza contare che la multa grossa non è quella. Ci stiamo tagliando le gambe da soli" (Allevatore di ovini).

Il problema del prezzo dei prodotti derivanti dall'allevamento interessa tutti i comparti (es. bovini da latte e da carne) e nonostante in alcuni casi la massa critica di prodotto sia importante e aggregata (es. cooperativa produttori Arborea) è sempre di difficile controllo da parte degli allevatori ogni qualvolta la tipologia di produzione non è distinguibile da quella di provenienza nazionale o estera.

Opportunità

Tecnologia

Una prima opportunità, per contrastare gli effetti delle elevate temperature negli allevamenti bovini, è la **disponibilità di nuove tecnologie** efficaci per salvaguardare la produttività e il benessere animale. Negli allevamenti intensivi sia di bovini da latte che di suini, la selezione genetica ha portato ad avere capi meno resistenti alle alte temperature e che sono meno adatti a vivere in climi caldi e che necessariamente richiedono già attualmente costi per il raffreddamento delle stalle.

"C'è una miglioria tangibile con le tecnologie di raffreddamento delle stalle. Sono nuove tecnologie ma con costi alti".

Per quanto riguarda la produzione di foraggi fibrosi che costituiscono la base dell'alimentazione del bestiame, l'innovazione e la tecnologia offrono nuove varietà più resistenti:

"Sono disponibili nuovi ibridi di mais e foraggere che sono più resistenti alla siccità, per esempio gli ibridi "stay green" che 20 anni fa non ti immaginavi neanche" (Allevatore).

Fattori economici- mercato

Come sottolineato da alcuni degli stakeholder coinvolti nello studio, il **territorio e la qualità dei prodotti** rappresentano un'opportunità in termini di mercato:

“Bisogna puntare su un segmento di mercato di alta qualità grazie all'autenticità dei nostri prodotti e all'origine del prodotto. La Sardegna è uno dei luoghi al mondo più ambiti in ambito turistico, parlare di Sardegna significa parlare di mare/aria/clima/cibo. In più il fatto che siamo pochi in un territorio grande ci permette di fare produzioni a basso input o biologiche (agnello, formaggi; vegetali ecc.), con possibili business associati a prodotti di altissima gamma e qualità. Noi possiamo andare sui mercati esteri portandoci dietro il valore aggiunto riconosciuto per la provenienza. L'importante è non produrre i salumi di Fonni con carni brasiliane perché allora sei come le scarpe di Prada fatte in India” (Allevatore suini).

Minacce

Clima

La percezione delle minacce del cambiamento climatico è forte negli allevatori sardi, in particolare dopo che si verificano eventi climatici estremi che causano danni diretti agli allevatori e sono percepiti come sempre più frequenti.^x

Le alte temperature, così come le piogge in epoche inattese, costituiscono una minaccia e in molti casi già una realtà, sia per la produzione di foraggio per il bestiame, sia al benessere degli animali stessi soprattutto nel comparto bovino da latte. In riferimento a quest'ultimo infatti, si è investito molto sul miglioramento genetico animale per ottenere rese più elevate, puntando però su razze che sono più sensibili in particolare alle ondate di calore estivo.

Gli eventi climatici avversi rappresentano una minaccia percepita anche per la produzione foraggera e riguardano ambiti non sempre facilmente valutabili in modo quantitativo (vedi capitolo 3). Il risultato più frequente degli impatti del clima è l'aumento dei costi di produzione.^{xi}

“Nell'ultimo ventennio le stagioni sono sempre più variabili. Gli inverni sono più miti rispetto al passato: quando ero più piccolo alle scuole elementari ricordo delle gelate anche in pianura qui da noi nel mese di gennaio. Le estati sono sempre state calde qui, ma ora sono più frequenti e durature le ondate di calore. Le piogge autunnali sono posticipate rispetto al passato... da metà degli anni '90 iniziano verso fine ottobre anziché da metà agosto...Tutto questo si riflette sui bovini ma anche sulla produzione del mais, che è la base dell'allevamento della vacca da latte e da ingrasso. Anche se abbiamo l'irrigazione sono aumentati gli stress di caldo sul mais e questo fa sì che la pianta sia più esposta ad attacchi di parassiti (piralide e altro) e muffe perché è più stressata e quindi più vulnerabile...Questo influenza poi anche la qualità del latte, perché il mais attraverso l'alimentazione delle vacche rilascia delle tossine che ritrovi poi nel latte. Queste tossine devono stare sotto certe soglie nazionali perché sono considerate cancerogene” (Allevatore bovini).

“La vacca da latte è un animale che dà il suo meglio tra i 5 e 20 °C. I problemi sorgono a temperature elevate. Lo stress da caldo mina la produttività della vacca da latte, aumentano i

problemi di fertilità. Un animale che non mangia bene, che fa fatica a smaltire il calore in eccesso ha problemi a rimanere gravida perché la sua temperatura corporea è troppo alta, la vacca mangia di meno beve di più, quindi c'è uno sbilanciamento della dieta e questo influisce sulla produzione di latte. I cicli ormonali da cui dipendono il calore della vacca cambiano e si allungano i tempi perché rimanga gravida...e quindi i tempi per avere un vitello e la produzione di latte. Questo causa problemi per la gestione della stalla che minano la tua programmazione annuale tra vacche da rimonta e vacche in produzione" (Allevatore bovini da latte).

Fattori economici

La competitività delle imprese zootecniche sul mercato globale è una delle principali preoccupazioni degli allevatori anche in una prospettiva futura. Essi percepiscono una minaccia relativamente all'**alta variabilità dei prezzi del latte** e alla mancanza di regole omogenee in un mercato globale:

"La criticità è produrre e fare reddito dal sistema latte a livello di mercato globale. Questo a causa di prezzi molto variabili del latte, soprattutto nell'ultimo decennio" (Allevatore bovini da latte).

"La globalizzazione è molto importante e ha portato molti benefici, ma non si può globalizzare il mercato senza uniformare le regole. Oggi lavoriamo in un mercato globale con regole diverse da paese a paese e si fa fatica da questo punto di vista" (Associazione di categoria).

La **variabilità dei costi delle materie prime** è un'altra minaccia particolarmente sentita per il futuro:

"C'è stata però anche un'altalena dei prezzi anche per quanto le materie prime, soia (qualche anno fa era schizzata a più di 600 euro a tonnellata), farine di mais (che noi non produciamo), mangimi per l'alimentazione bovina. Le oscillazioni di questi input incidono sui nostri costi e sull'economia dell'azienda. Sono oscillazioni ma imprevedibili, dovute alla speculazione internazionale che noi non possiamo controllare" (Allevatore bovini).

2.3.3. Foreste

Tabella 17 Analisi SWOT per il settore "foreste".

Punti di forza	Punti di debolezza
- La Sardegna ha l'indice di boscosità più alto in Italia (50% del territorio). - Presenza di un intervento del settore pubblico e di risorse pubbliche per la gestione e salvaguardia del bosco. (La	L'agenzia Fo.Re.S.T.A.S. che riunisce l'intera gestione pubblica dei boschi, dispone di personale di età media molto avanzata e fino ad oggi di un sistema contrattuale che impedisce di utilizzare le specializzazioni del personale, limitando l'operatività, la flessibilità e le attività

Punti di forza	Punti di debolezza
sostenibilità delle foreste è molto più difficile o quantomeno non incentivata per i privati che mirano necessariamente alla redditività della gestione forestale) • Presenza di una rete di vivai forestali pubblici. • Coordinamento efficace tra Fo.Re.S.T.A.S., Corpo Forestale e AGRIS per la lotta biologica contro i defogliatori (lepidotteri) • Coordinamento efficace tra Fo.Re.S.T.A.S., Corpo Forestale per lotta attiva e prevenzione incendi. • Presenza di un tavolo tecnico per la difesa fitosanitaria delle piante forestali istituito presso l'Assessorato all'ambiente che si occupa della programmazione delle risorse per l'attuazione dei programmi fitosanitari • Presenza di Enti pubblici competenti (AGRIS Sardegna, Fo.Re.S.T.A.S., LAORE) per supporto al privato. • Presenza corsi di laurea in scienze forestali in Sardegna • Recepimento normativa comunitaria e nazionale in materia di certificazione dei materiali di Propagazione Forestale (MPF) • Normativa Regionale recente LR 8/2016 quale quadro normativo di riferimento moderno e improntato sui principi della gestione forestale sostenibile e sulla multifunzionalità delle foreste 10.1 Costituzione di un tavolo tecnico per l'attuazione della LR 8/2016. • Crescente richiesta della domanda di biomassa forestale e presenza di formazioni forestali (rimboschimenti produttivi, cedui macchia) da utilizzare. Comparto del sughero • Rilevanza delle sugherete sarde a livello nazionale (oltre 80% superficie in Sardegna) • Distretto del sughero: Concentrazione	di protezione civile e antincendio (si veda ad esempio la recente approvazione LR del 14/11/2018 che include i dipendenti Fo.Re.S.T.A.S. nel comparto regionale). • Limitata attuazione del Piano Forestale Regionale e mancanza di una pianificazione a livello territoriale per la gestione forestale ("Su 600.000 ettari boscati ne abbiamo pianificato 50.000 ettari"); A questo riguardo va detto che ancora oggi permane la criticità applicativa dell'art. 9 della LR 8/2016 che disciplina il procedimento di approvazione dei Piani Forestali Particolareggiati (PFP). • Mondo ambientalista spesso osteggia i pochi piani particolareggiati presenti qualora prevedano forme di utilizzazione produttiva del bosco quali il ceduo, perché considerate non sostenibili e poco compatibili con le aree protette e le aree tutelate paesaggisticamente • Difficoltà di Fo.Re.S.T.A.S. a gestire e controllare in maniera capillare tutto il patrimonio boschivo regionale (Nord Est Sardegna). • Stato di abbandono e degrado di aree boscate da parte dei Comuni e dei privati, per l'assenza di fondi e la progressiva perdita della cultura forestale da parte delle popolazioni rurali • I tentativi di incentivare il privato e i comuni per la promozione di piani forestali attraverso le misure PSR 2007-2013 e 2014-2020 (misura 16.8 Sostegno alla stesura dei Piani di Gestione forestale o di Strumenti equivalenti) ha dato pochi risultati. Non si è ancora prodotto un piano di gestione forestale territoriale. Misure del PSR poco conosciute e scarsamente recepite dai proprietari forestali. • L'importazione delle piante porta alla comparsa di patogeni e problemi fitosanitari (processionaria per sugherete, Xilella per olivi) • Per quanto riguarda gli incendi boschivi, la politica in Sardegna privilegia gli interventi di avvistamento e spegnimento, quando invece si potrebbe lavorare meglio sulla prevenzione.

Punti di forza	Punti di debolezza
superfici e know-how, e industrie in 3 province (SS, OT, NU) • Sostenibilità economico ambientale della produzione di sughero. (Compatibilità ecologica e multifunzionalità. Lavorazione del sughero ecocompatibile) • Potenzialità della materia prima sughero per usi innovativi. Margini di ampliamento della produzione	“Ad esempio, c’è un sistema di premialità per le Associazioni di volontariato in funzione dello spegnimento e questo contribuisce all’aumento degli incendi” dirigi CF) • La maggior parte degli incendi in Sardegna è di origine antropica e dolosa • Scarsa integrazione tra Enti competenti nelle politiche di sviluppo rurale (ridotta o mancate Vision della politica regionale) • Scarso peso a livello europeo della foresta mediterranea • Scarso livello di innovazione nel settore forestale • Scarsa remunerazione dei servizi ecosistemici • Scarsa integrazione delle politiche di sostegno al settore lattiero caseario e del settore forestale, con conflitti sull’uso del suolo, specialmente nei sistemi di agroforestry, largamente diffusi nel territorio regionale e poco tutelati dal p.v. normativo • Mancanza di cartografia, inventari, database, dati: ricerche frammentarie e scarsamente coordinate.

Opportunità	Minacce
• Attivazione pagamenti PES (Pagamenti per servizi ecosistemici) • Misure di pianificazione forestale finanziate dal PSR 2014-2020 • Diversificazione del paesaggio ed ampia diversificazione culturale • Incremento del turismo culturale, naturalistico ed enogastronomico e aumento domanda di prodotti green dal mercato. • Testo Unico Forestale recente. D. Lgs. 34/2018 con prospettive per aree abbandonate • Valorizzazione di specie (es pino marittimo) per legname da opera (X-lam) • Accordi tra Fo.Re.S.T.A.S. e Università di Cagliari (Centro sulla biodiversità dell'Università DI Cagliari) permettono studi sulle varietà di ecotipi di piante più resistenti e capaci di sopportare cc e i suoi effetti. • Legge forestale regionale e nazionale attente alla 'gestione forestale attiva' e alla 'sughericoltura'. Comparto sughero • Tavolo nazionale filiera sughero legno (2016) • Valorizzazione della multifunzionalità della sughereta (ecoturismo)	• La non gestione del bosco e l'accumularsi di necromassa forestale e le alte temperature favoriscono gli incendi che rimangono però soprattutto un problema di natura socio economica. • Variabilità climatica, diversa stagionalità delle piogge rende le piante più esposte ad attacchi di fitofagi causando problemi fitosanitari. Es: Defoliazione sugherete con cadenza molto più frequente rispetto alla normalità, causa perdita di resilienza (probabilmente legata all'impoverimento dell'ecosistema e ai fattori climatici) • Mancata semplificazione amministrativa in materia paesaggistica in aree vincolate ex art 136 e 157 Codice Urbanistico. • Scarsa consapevolezza dell'esigenza di gestione forestale attiva per lo sviluppo di economie basate sull'uso sostenibile delle risorse rinnovabili • Abbandono attività forestali: Quadro socio economico del mondo rurale che si impoverisce (spopolamento, abbandono campagne e foreste, bassa natalità) • Aumento eventi meteo-climatici estremi, quali bombe d'acqua e uragani che compromettono la stabilità dei soprassuoli. • Carenze infrastrutturali (specialmente viabilità) • Poche risorse finanziarie destinate al settore forestale rispetto ad altri settori, in particolare in innovazione e ricerca Comparto sughero • Concorrenza di legname e sughero di importazione che riducono ulteriormente l'esigenza di utilizzo del prodotto locale. • Presenza di prodotti alternativi al sughero (tappi in metallo e plastica) e loro campagne promozionali. • Trend regressivo del prezzo del sughero • Concorrenza iberica

Anche le problematiche del comparto forestale hanno una forte natura sistemica, che implicherebbe un'analisi integrata con gli altri comparti agricoltura, allevamento e rischio idrogeologico. Ciò vale in particolare in Sardegna, dove le formazioni forestali sono fortemente eterogenee e integrate spesso in sistemi dove l'utilizzazione forestale non è prevalente, come i sistemi agro-silvo pastorali. L'analisi proposta ha quindi i suoi limiti, ma le questioni emerse dalle interviste offrono comunque molti elementi utili alla definizione delle linee strategiche di adattamento in questi ambiti.

La seguente sezione descrive e argomenta più nel dettaglio, rispetto alla precedente tabella alcuni dei principali punti di forza, di debolezza, le opportunità e le minacce individuate dagli stakeholder del settore foreste. I diversi fattori sono stati classificati sulla base delle determinanti della capacità di adattamento presenti in letteratura.^{xii}

Punti di forza

Fattori biofisici

Secondo i criteri dettati dall'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio, la Sardegna è la regione con l'indice di boscosità più alto d'Italia (50% del territorio) con un alto valore paesaggistico, ambientale e naturalistico. Questo aspetto, dal punto di vista degli stakeholder forestali, rappresenta senza dubbio un punto di forza, pur se dovuto a fattori non sempre positivi, come l'abbandono dell'agricoltura o lo spopolamento delle zone interne. Bisogna peraltro precisare che buona parte dei territori classificati dall'INFC come forestali, dal punto di vista fisionomico non sono boschi, ma superfici di interesse forestale che cioè vengono gestite con approccio forestale per poter certificare che sono in grado di fissare anidride carbonica dall'atmosfera. Ciò ha implicazioni rilevanti in termini di capacità adattativa al cambiamento climatico, in quanto spesso queste formazioni di interesse forestale sono gestite con modalità legate ad attività non strettamente forestali (es. le attività pastorali) la cui sostenibilità è associata ad una molteplicità di fattori esogeni rispetto alla prospettiva strettamente forestale.

Governance, Istituzioni e policy

Il fatto che il settore pubblico abbia un ruolo così rilevante in Sardegna per la gestione forestale attiva del bosco, dovrebbe essere una garanzia di tutela dei valori ambientali e paesaggistici associati alle foreste. La disponibilità di risorse economiche di natura pubblica per la gestione forestale è importante, poiché la salvaguardia in questo senso è molto più difficile se affidata solo ai privati, che tendono a gestire il bosco con obiettivi prevalentemente economici.

Nel contesto della pubblica amministrazione che opera in ambito forestale, esiste un coordinamento efficace tra diversi enti regionali, necessario per affrontare alcune situazioni. È il caso, per esempio, degli interventi regolari di lotta biologica contro i

lepidotteri defogliatori che nelle aree più vocate sono gestite con metodi di lotta biologica a base di *Bacillus thuringiensis*. Questa attività è coordinata da AGRIS in collaborazione con Fo.Re.S.T.A.S. e il Corpo Forestale Regionale.

Infrastrutture

In Sardegna è attiva una rete di vivai forestali pubblici che fanno capo all'Agenzia Forestas, che ha diverse finalità e ciò rappresenta un punto di forza a supporto dello sviluppo dell'attività forestale.

“Attraverso l'agenzia Fo.Re.S.T.A.S. gestiamo tutta la rete di vivai pubblici. Abbiamo 11 vivai forestali produttivi, 6 didattici e 6 a fini conservativi” (Fo.Re.S.T.A.S.)

Punti di debolezza

Capitale umano

L'agenzia Fo.Re.S.T.A.S. che riunisce l'intera gestione pubblica dei boschi, dispone di personale di età media molto avanzata e un sistema di contratti che impedisce di utilizzare le specializzazioni del personale, limitando la flessibilità e le attività di protezione civile e antincendio, nonché la presenza capillare e attiva sul territorio.

“Il personale di Fo.Re.S.T.A.S. per le attività che l'agenzia svolge dovrebbe essere oggetto di turn over continuo, ovvero di un ringiovanimento. I nostri operai hanno invece un'età media di 55-60 anni. L'invecchiamento delle risorse umane è un problema. Proprio perché facciamo attività di protezione civile e antincendio ma anche gli stessi lavori forestali non sono lavori d'ufficio, richiedono di stare in campo all'aria aperta, sotto il sole, pioggia ecc. con uno sforzo anche fisico, quindi con l'età la prestanza fisica è inferiore. È un problema sia nostro sia del corpo forestale, abbiamo necessità di un ricambio generazionale” (Fo.Re.S.T.A.S.).

“Nonostante gran parte del personale abbia una specializzazione, una qualificazione, una professionalità che è maturata negli anni, di fatto per i vincoli contrattuali non può essere utilizzata a pieno” (Fo.Re.S.T.A.S.).

Governance, istituzioni e policy

È opinione di diversi stakeholder intervistati che, nonostante la Regione nel 2007 abbia progettato una pianificazione territoriale di distretto, ad oggi, ci si è concentrati soprattutto sui piani particolareggiati che sono a scala molto locale e non sono diffusi in molte aree della Sardegna, bypassando così il livello di pianificazione strategica.

“In Sardegna su circa 600.000 ettari boscati ne abbiamo pianificato (con piani particolareggiati) e non ancora formalizzato 50.000 ettari che ricadono tutti nelle foreste demaniali.

Dal piano forestale del 2007 elaborato dall'Assessorato all'ambiente, Fo.Re.S.T.A.S. e Corpo Forestale, si sono fatti ad oggi pochi passi avanti. Sono ancora bloccati i piani territoriali che

costituiscono il passo intermedio e che hanno un carattere strategico, ma che richiedono il coinvolgimento di una molteplicità di stakeholder e settori e l'attivazione di un processo partecipativo" (Fo.Re.S.T.A.S.).

In parte, la lentezza ad avanzare verso il piano territoriale è legata alle difficoltà di Fo.Re.S.T.A.S. di rapportarsi con gli altri soggetti e i diversi settori del territorio.

"Fo.Re.S.T.A.S., delegato dalle norme alla pianificazione, ha agito per lungo tempo in maniera quasi autoreferenziale, almeno sino al 2000 ed è quindi forse poco indicata a svolgere questo compito." (Fo.Re.S.T.A.S.)

L'incapacità di Fo.Re.S.T.A.S. di assicurare una presenza gestionale capillare su tutto il territorio (es. Nord Est Sardegna), si combina con lo stato di degrado e di non gestione di aree boscate da parte dei Comuni e dei privati, per l'assenza di fondi.

I tentativi di incentivare il privato e i comuni per la promozione di piani forestali attraverso le misure PSR 2017-2013 e 2014-2020, in particolare in quest'ultima programmazione con la misura 16.8 *Sostegno alla stesura dei Piani di Gestione forestale o di Strumenti equivalenti*, costituiscono un piccolo passo in avanti nell'incentivare privati hanno dato ancora pochi risultati.

"La Regione con queste misure ha adottato l'approccio di non finanziare singoli interventi, ma di finanziare i privati e i comuni per la produzione di piani e poi finanziare interventi solo dove esistono dei piani". (Fo.Re.S.T.A.S.).

In merito ai problemi di governance in ambito forestale in Sardegna, è significativa la testimonianza di un esperto:

"Il diretto coinvolgimento del sistema socio-istituzionale nella gestione delle aree forestali, caratterizza un'ampia gamma di temi ed esigenze in ambito forestale: il paesaggio, la gestione delle aree protette, gli incendi, la fruizione turistica, il rispetto (e valorizzazione e attivazione) della proprietà privata, la sostenibilità della gestione forestale pubblica, fino alla riscoperta del valore della gestione forestale collettiva (usi civici) in chiave sostenibilità".

"Il tema foreste ma soprattutto la selvicoltura sono questioni presenti in posizioni mai secondarie in tutte queste sfere di interazione tra istituzioni e sistema socio-ambientale. Il principale problema che si registra è il fatto che alla selvicoltura non è riconosciuto un posto, risulta, di fatto, una materia di cui tutti possono occuparsi (meno che i forestali che, in quanto tali non minus) ovvero una pratica da delegare chi non può fare di meglio. Da tale base culturale discende una catena di decisioni inappropriate, inconsistenti quando non dannose. A livello istituzionale si fa riferimento alla foresta senza riuscire a tenere conto che, per quanto più lentamente delle altre realtà territoriali biologiche, la foresta cresce, cambia, evolve, gli alberi muoiono e nascono e la sequenza non è casuale. Senza tenere conto del fatto che riferirsi al territorio con aggettivi come "incontaminato", in questi contesti, è coltivare una cecità culturale grave. Senza tener conto del fatto che, con la perdita generalizzata della selvicoltura, si

determina perdita di relazione territoriale, perdita di conoscenza e capacità di gestire, perdita di identità e quindi di valore del territorio” (Docente Universitario).

Per quanto riguarda gli incendi boschivi, le politiche in Sardegna incentivano ancora molto la soluzione dello spegnimento:

“L’80% degli incendi in Sardegna è doloso. Ad esempio, c’è un sistema di premialità per le Associazioni di volontariato in funzione dello spegnimento e questo contribuisce all’aumento degli incendi. Spesso gli incendi sono usati anche come strumento per arrecare danno a terzi, infatti la normativa prevede che se un terreno è stato bruciato non si può costruire, coltivare ecc. per un tot di anni” (Corpo Forestale).

Opportunità

Governance

Come già accennato sopra, l’attuazione dei piani forestali territoriali rappresenta secondo molti stakeholder una opportunità strategica per affrontare le complesse problematiche di gestione delle aree forestali della Sardegna. Il supporto normativo esiste già dal 2007 pertanto l’opportunità è concreta e perché si possa realizzare si tratta di avviare la delicata e impegnativa fase di attuazione nei distretti territoriali, che potrebbe beneficiare almeno in parte degli strumenti di attuazione del PSR.

Ciò ha rilevanza anche per il problema degli incendi boschivi:

“Anche in relazione al delicato tema “incendi boschivi” si evidenzia, con il TUF (D.lgs.34/2017), l’importanza del secondo livello di pianificazione forestale (Art.6 c.3, i “Piani forestali di indirizzo territoriale”), come livello su cui integrare in modo efficace ed efficiente la pianificazione forestale e la prevenzione. In particolare è a questo livello che è possibile massimizzare l’attenzione nei confronti delle misure di selvicoltura preventiva contemperandole con le altre attività che il territorio necessita o richiede.” (Docente universitario)

L’attivazione di **pagamenti per i servizi ecosistemici** associati alle aree forestali rappresenta una potenziale opportunità per garantire un supporto economico ad una gestione sostenibile. Questo potrebbe riguardare non solo le aree forestali produttive ma anche le aree forestali periurbane e le stesse aree urbane, se si pensa, per esempio, all’impatto positivo delle foreste sulla qualità delle acque a destinazione idropotabile. L’ambito è peraltro molto ampio e vi sono già esempi, basati su normative già attuate, di interventi a tutela delle risorse idriche, in altre regioni , quali ad esempio Piemonte (LR 13/1997), Emilia Romagna (DGR Prot SSR/06/1039359) e Veneto (LR %/1998 mod da LR 18/11/2005 e DGR 3483/2019).

Tecnologia e Innovazione

La valorizzazione della biodiversità del germoplasma locale rappresenta una importante opportunità per far fronte alle minacce del cambiamento climatico.

Fo.Re.S.T.A.S. e Università di Cagliari (Centro sulla biodiversità) stanno sviluppando studi e ricerche sul germoplasma per individuare materiali resistenti per i nuovi impianti che dovranno tenere conto del cambiamento climatico e dei suoi effetti.

I **piani di Sviluppo Rurale** offrono importanti opportunità di finanziamento di misure anche specifiche che hanno a che fare con le aree forestali, con forme di intervento anche finalizzate alla pianificazione forestale di distretto.

La **diversificazione del paesaggio** e colturale rappresenta una opportunità per la generazione di servizi ecosistemici associati alla biodiversità e alla resilienza dei sistemi forestali.

Lo sviluppo del **turismo culturale**, naturalistico ed enogastronomico, associato alle produzioni agro-forestali, percepiti come prodotti “green” dal mercato sono stati indicati dagli intervistati come opportunità per la gestione economicamente sostenibile delle aree forestali della Sardegna.

Queste opportunità, combinate con l’attuazione di norme già esistenti come il Testo Unico Forestale recente (D. Lgs. 34/2018) offrono prospettive di recupero produttivo e gestionale delle aree oggi abbandonate.

Più esperti hanno messo in evidenza l’opportunità di valorizzazione di specie (es pino marittimo) per la produzione di **legname da opera** (X-lam) e di altre essenze che possono produrre la materia prima in un quadro di **bioeconomia circolare** alternativa all’impiego di prodotti di origine petrolifera.

La normativa forestale regionale e nazionale è particolarmente attenta alla “gestione forestale attiva” e alla “sughericoltura”: esiste un Tavolo nazionale filiera sughero legno (attivato nel 2016) che punta alla valorizzazione delle multifunzionalità della sughereta, dagli usi agrosilvopastorali (pascoli arborati e sughero) e all’ecoturismo.

Minacce

Governance, Istituzioni e policy

La mancata o insufficiente gestione del bosco e l’accumularsi di necromassa forestale e le alte temperature potrebbero aumentare il rischio di incendi che rimangono però al momento, per la maggior parte degli stakeholder, un fenomeno associato a fattori di natura socio economica (abbandono, spopolamento ecc.).

Fattori biofisici

Un punto di debolezza citato da alcuni esperti è legato al fatto che spesso, nonostante i vivai forestali di Fo.Re.S.T.A.S.; si fa ricorso alla importazione e alla commercializzazione di piante forestali che espone la Sardegna alla comparsa di nuovi patogeni e problemi fitosanitari (es. processionaria del pino, psille dell’eucalipto, ecc.).

A questo si aggiunge la minaccia del cambiamento climatico: la diversa stagionalità delle piogge rende le piante più esposte ad attacchi di fitofagi causando problemi fitosanitari.

“Se fino a ieri alcune patologie o danni di natura entomatica erano limitati ad alcuni nuclei e la cosa non aveva un grosso impatto anche dal punto di vista dell’ecosistema, oggi l’estensione di questi fenomeni è maggiore. Oltre a creare un impatto paesaggistico percepito da tutti crea anche una semplificazione all’interno dell’ecosistema. In presenza di un danno il sistema di fatto ha meno resilienza. Un esempio è la defogliazione delle sugherete che in passato era un fenomeno ciclico, oggi assistiamo a defogliazioni quasi tutti gli anni. A una defogliazione corrisponde poi anche una minore produzione sughericola e quindi anche un danno di natura economico-finanziaria per gli operatori del settore. Da un punto di vista forestale noi invece assistiamo a una minore capacità della pianta di reagire a questi danni e quindi progressivamente si ha un indebolimento del sistema forestale” (Fo.Re.S.T.A.S.).

2.3.4. Rischio Idrogeologico

Il “rischio idrogeologico” viene definito in modo diverso a seconda del contesto tecnico nel quale viene utilizzato e pertanto, ai fini della comprensione di quanto verrà descritto in questo documento, si riportano alcune notazioni. A livello nazionale e, in particolare, nel sistema di allertamento della Protezione Civile il rischio è differenziato in:

- Rischio idrogeologico, che corrisponde agli effetti indotti sul territorio dal superamento dei livelli pluviometrici critici lungo i versanti, dei livelli idrometrici dei corsi d’acqua della rete idrografica minore e di smaltimento delle acque piovane. Le manifestazioni più tipiche di fenomeni idrogeologici sono le frane nelle loro diverse tipologie, le erosioni costiere, le subsidenze e le valanghe.
- Rischio idraulico, che corrisponde agli effetti indotti sul territorio dal superamento dei livelli idrometrici critici (possibili eventi alluvionali) lungo i corsi d’acqua principali.

In questo documento il termine “rischio idrogeologico” verrà utilizzato partendo dall’accezione del termine comune di dissesto idrogeologico, comprendendo pertanto sia i fenomeni di instabilità dei versanti che di esondazione dei corsi d’acqua. L’analisi SWOT per il settore è riportata di seguito (Tabella 18).

Tabella 18 Analisi SWOT relativa al rischio idrogeologico del territorio.

Punti di forza	Punti di debolezza
• Esistenza del Piano di Assetto Idrogeologico regionale al quale devono adeguarsi gli strumenti urbanistici e gli interventi sul territorio • Urbanistica regolata dai Piani Urbanistici Comunali, che limitano l'edificazione in aree a rischio idrogeologico • Presenza del Centro funzionale della Protezione Civile Regionale, che ha tra i suoi compiti azioni di sensibilizzazione e comunicazione • Esistenza di un coordinamento tra Protezione civile e Comuni per la gestione delle emergenze • Disponibilità di fondi regionali per la manutenzione degli alvei • Esistenza di un Piano di Gestione Rischio Alluvioni	• Limitato numero di Comuni adeguati al Piano paesaggistico regionale e quindi al Piano di Assetto Idrogeologico. • Legge urbanistica regionale datata e non adeguata alle problematiche del rischio idrogeologico • Complessità tecnica e amministrativa dell'iter di approvazione dei PUC e degli studi di compatibilità idraulica e idrogeologica • Carenza di strumenti efficaci per combattere gli illeciti in tema di abuso edilizio e insufficienza di piani di manutenzione efficaci delle infrastrutture • Carenza di strumenti conoscitivi sugli eventi passati e sulle dinamiche del territorio e mancanza di un approccio integrato nella progettazione • Operatività del Centro Funzionale della Protezione Civile solo dal 2015 • Mancanza di addestramento e di educazione adeguata del privato cittadino in caso di pericolo alluvione e frana • Diminuzione della consapevolezza sul rischio idrogeologico a breve distanza dall'evento e scarsa disponibilità di risorse se non per interventi di mitigazione a seguito degli eventi catastrofici • Carenza negli atti di pianificazione dei riferimenti al cambiamento climatico e agli scenari futuri

Opportunità	Minacce
• Nuove tecnologie e social network possono facilitare la comunicazione d'emergenza e l'educazione dei cittadini • Possibilità di trasformare aree a rischio in zone naturalistiche e di interesse per il turismo sostenibile (es. Riconoscimento UNESCO Biosfera)	• Incertezza, modifiche e deroghe alla normativa in tema di pianificazione • Assenza della pianificazione territoriale delle aree interne • Ciclicità e diminuzione dei tempi di ritorno degli eventi estremi

Opportunità	Minacce
per il Parco di Tepilora) • Sviluppare iniziative che favoriscano la conoscenza del territorio (es. mappe tematiche digitali ad alta risoluzione) come strumento di prevenzione • Consapevolezza a livello europeo e nazionale della necessità di rendere disponibili risorse economiche dedicate alla prevenzione e alla manutenzione delle infrastrutture di prevenzione • Riconoscimento da parte dei nuovi strumenti di pianificazione del rischio (PGRA) dell'importanza di misure non strutturali per la mitigazione • Il PGRA sollecita misure in linea con la strategia di adattamento ai cambiamenti climatici. Per la prima volta negli atti di pianificazione regionale sul tema del rischio idrogeologico viene messa in evidenza la necessità di considerare i mutati scenari climatici	• Carenza di interazione tra le componenti progettuali • Perdita della consapevolezza sulle caratteristiche geologiche del territorio, dovuta anche alla insufficiente attenzione alle discipline geologiche nei programmi scolastici

La seguente sezione descrive e argomenta più nel dettaglio, rispetto alla precedente tabella i principali punti di forza, di debolezza, le opportunità e le minacce individuate dagli stakeholder nell'ambito del rischio idrogeologico. I diversi fattori sono stati classificati sulla base delle determinanti della capacità di adattamento presenti in letteratura.^{xiii}

Punti di forza

Governance, Istituzioni, policy

Esistenza del **Piano di Assetto Idrogeologico Regionale** al quale devono adeguarsi gli strumenti urbanistici e gli interventi sul territorio e di un **Piano di Gestione Rischio Alluvioni** a livello regionale.

In ambito normativo, la Regione Sardegna ha risposto a quanto richiesto dalle direttive europee e nazionali in termini di rischio idrogeologico, prima con la redazione del Piano di Assetto Idrogeologico – PAI, il Piano delle fasce fluviali e, ultimamente con il Piano di Gestione Rischio Alluvioni -PGRA. Questi strumenti sovraordinati rispetto alla pianificazione territoriale individuano, da un lato i territori soggetti al rischio idraulico e idrogeologico e dall'altro propongono azioni di mitigazione con interventi strutturali e non strutturali. Pertanto, in fase di prevenzione, dal punto di vista formale, viene evidenziato che gli amministratori locali dispongono

di tutti gli strumenti normativi necessari per una corretta programmazione delle scelte di pianificazione territoriale e di progettazione degli interventi.

Urbanistica regolata dai **Piani Urbanistici Comunali** che limitano l'edificazione in aree a rischio idrogeologico.

La presenza di un piano sovraordinato alla pianificazione territoriale comunale che impone la presenza di normativa stringente nelle aree a rischio deve essere visto come un importante punto di forza del sistema urbanistico. Ogni intervento di modificazione del territorio, dove insistono i diversi livelli di rischio prevede un'attenta analisi di compatibilità delle opere con il territorio. Anche se, a volte, la complessità burocratica può allungare i tempi di attuazione di un intervento, queste stesse procedure possono garantire il rispetto delle condizioni di sicurezza.

Presenza del **Centro funzionale della Protezione Civile Regionale** che ha tra i suoi compiti azioni di sensibilizzazione e comunicazione

In relazione alle fasi di gestione del rischio e di interventi in caso di calamità naturali, le attività della Protezione civile sia a livello regionale che locale sono coordinate e Il Centro funzionale della Protezione civile regionale svolge attività di sensibilizzazione e comunicazione verso i cittadini.

Ingenti risorse sono destinate ad attività dedicate alle scuole presso i Comuni mediante il coinvolgimento delle associazioni di volontariato e degli stessi tecnici della direzione generale.

Esistenza di un **coordinamento tra Protezione civile e Comuni** per la gestione delle emergenze.

Dalle interviste, sia agli amministratori che ai professionisti emerge un fattore sicuramente positivo sulla attività di coordinamento tra la protezione civile regionale e i Comuni, per la capacità di mettere in campo, soprattutto in occasione di fenomeni catastrofici, un numero di operatori adeguato con mezzi e capacità organizzative e di intervento adeguati.

“Rispetto al passato è migliorato notevolmente il coordinamento tra Protezione Civile Regionale e Comuni e anche all'interno dei singoli Comuni la protezione civile ha un ruolo molto più importante rispetto al passato” (Comune della Sardegna).

L'organizzazione interna del sistema Protezione Civile in Sardegna, anche se di recente formazione, viene considerata un esempio di efficienza per l'Italia proprio per la capacità di coordinare le diverse componenti a livello regionale e locale (CFVA, Vigili del Fuoco, associazioni di volontariato della Protezione civile, etc.).

Fattori economici

Disponibilità di **fondi regionali per la manutenzione** degli alvei.

“In termini di competenze c’è una norma del 2006 che attribuiva ai Comuni e alle Province questo compito, competenze che però sarebbero divenute effettive nel momento in cui la Regione avesse fornito risorse e personale. Sino all’alluvione del 2013 e i morti di qualche anno fa la Regione non forniva queste risorse. Sino a pochi anni fa i fondi erano esclusivamente per opere, adesso la Regione fornisce invece i fondi per la pulizia degli alvei. Pulizia che dovrebbero fare i Comuni per i corsi d’acqua di loro competenza e le Province per la loro area di competenza”
(Funzionario Città metropolitana di Cagliari)

Punti di debolezza

Governance, Istituzioni, policy

Limitato numero di **Comuni adeguati al Piano Paesaggistico Regionale** e quindi al Piano di Assetto Idrogeologico.

Poiché lo strumento operativo di gestione del territorio è rappresentato dai Piani Urbanistici Comunali, il limitato numero di PUC approvati e quindi adeguati al PPR e al PAI emerge come un rilevante punto di debolezza in merito alla gestione del rischio idrogeologico. Questo aspetto viene sottolineato particolarmente dagli enti che hanno tra i loro compiti quelli di verificare le situazioni di abuso edilizio e di interferenza delle infrastrutture con le dinamiche naturali in condizioni di rischio. Le interviste fanno emergere un quadro di motivazioni importanti quali:

- la visione dello strumento pianificatorio come un elenco di vincoli e non come l’opportunità di operare scelte condivise e di sviluppo della società in linea con la salvaguardia ambientale e delle persone;
- la cronica carenza di fondi per supportare i progettisti in tutte le necessarie analisi che compongono la creazione di un quadro conoscitivo completo del territorio comunale, non solo nell’ambito urbanistico (abitato), ma soprattutto nell’intero contesto territoriale (agro); questa carenza può a volte giustificare la realizzazione di prodotti di scarsa qualità;
- l’estrema lentezza dell’iter di approvazione dello strumento urbanistico sia a livello locale che regionale (a seguito dell’approvazione dello studio sul rischio idrogeologico, anch’esso piuttosto lungo e complesso): *“ci vuole troppo tempo perché il PUC venga prodotto e poi approvato, i lavori per lo studio spesso vanno avanti per più di 10 anni, attraverso varie amministrazioni locali che possono condividere scelte sempre diverse che poi devono essere”*.

Complessità tecnica e amministrativa dell’**iter di approvazione dei PUC** e degli **studi di compatibilità idraulica e idrogeologica**.

Un importante punto di debolezza che emerge, in particolare dalle discussioni con i progettisti, è che le metodologie adottate per la valutazione del rischio, a livello locale,

soffrono di una non uniformità di procedure legate in particolare alla disponibilità di dati diversi e non sempre adeguati per la valutazione locale del rischio. In alcuni territori sono disponibili dati di base topografici con un'altissima risoluzione, che permette pertanto la valutazione delle dinamiche legate ai fenomeni di instabilità o l'applicazione di modelli idraulici coerenti con la realtà, per altri comuni invece la disponibilità di dati è estremamente bassa e la qualità dei prodotti finali non è pertanto paragonabile. A questo si aggiunge che la metodologia proposta e accettata dagli organi di controllo non è completamente efficace (es. nella modellazione idraulica legata alla valutazione dei fenomeni di esondazione non viene considerato il trasporto solido reale dei corsi d'acqua, ma solamente la componente liquida). Un ulteriore aspetto che emerge dalle interviste con i professionisti è la difficoltà di accedere a risorse aggiornate e di seguire pertanto anche le dinamiche climatiche con più attenzione rispetto al passato. Gli eventi che si sono verificati in questi ultimi anni hanno messo in evidenza la necessità di analizzare i dati pluviometrici per intervalli di tempo differenti da quelli utilizzati sino ad ora poiché l'aumento della frequenza di fenomeni non più considerati "eccezionali" è reale. In questo senso viene anche sottolineata la necessità di essere supportati dalla politica che deve avere una visione di progettazione del territorio inteso come bene comune, che vada oltre il proprio periodo di governo.

Legge urbanistica regionale datata e non adeguata alle problematiche del rischio idrogeologico.

Inoltre i progettisti, come ordini professionali, lamentano la persistenza di una legge urbanistica ormai datata che non può essere più considerata adeguata alle problematiche e, in particolare, alla sensibilità oramai presente nelle scelte pianificatorie che hanno recepito come indicazioni imprescindibili la protezione del territorio e dei suoi beni. Sempre in ambito professionale si lamenta la carenza dei piani di manutenzione delle opere, che potrebbero, in un'ottica anche di sviluppo sostenibile, essere una risorsa economica per i progettisti e ridurre al tempo stesso i costi per le nuove opere. Inoltre, le nuove minacce ambientali evidenziate dai fenomeni climatici cui si sta assistendo, impongono di ripensare a valutazioni progettuali che forse non hanno saputo leggere sul territorio quelle tracce di dinamiche passate, costruendo opere sottodimensionate o mal posizionate, che negli ultimi anni, hanno creato i disagi maggiori. Su questo punto, i progettisti intervistati hanno evidenziato la necessità di un approccio metodologico integrato ed esteso al livello sovralocale, per esempio a scala di bacino. Si sottolinea ancora la persistente frammentazione di competenze, che si ripercuote su confusione e poca capacità di standardizzare le procedure perché sia più chiaro per i progettisti e per gli uffici che devono poi approvare gli atti quali siano le misure necessarie. La mancanza di approvazione di una nuova legge urbanistica accompagnata da lunghe discussioni politiche favorisce nella mentalità dei cittadini la consapevolezza che sarà sempre consentito un approccio

all'edificazione con deroghe e condoni. La superficialità con cui i “capanni degli attrezzi” in agro e in zone a rischio idrogeologico diventano residenze, dimostra quanto l'apparato burocratico sia confuso e favorisca le pratiche illecite ma difficilmente colpibili.

Operatività del Centro Funzionale della Protezione Civile solo dal 2015.

Viene evidenziato infine, come punto di debolezza, da parte degli intervistati l'operatività del Centro Funzionale della Protezione Civile della Sardegna da soli pochi anni, che si ripercuote su una carenza di sensibilità e conoscenza da parte dei cittadini delle pratiche da mettere in atto in caso di pericolo alluvioni e frane.

Informazione e conoscenza

Carenza di **strumenti conoscitivi** sugli eventi passati, sulle dinamiche del territorio e mancanza di un **approccio integrato nella progettazione**.

Dal punto di vista conoscitivo, tutti gli stakeholder intervistati lamentano una forte carenza nella disponibilità di dati cartografici adeguati e la mancanza di coordinamento tra i diversi enti che gestiscono le informazioni legate alla difesa del suolo e al rischio idrogeologico. Se da un lato, sono state investite risorse molto importanti per la realizzazione di sistemi di gestione dei dati, spesso questi sistemi non contengono informazioni adeguate ed aggiornate. Inoltre viene notata la completa assenza di un aggiornamento tecnologico per l'accesso a tutti i dati già disponibili per il monitoraggio continuo del territorio e per la costruzione dei modelli di previsione (dati da satellite disponibili e servizi nazionali ed europei a supporto della conoscenza e prevenzione del rischio). A questo si aggiunge che la mancanza di una raccolta strutturata di dati sugli eventi passati favorisce la perdita di memoria di quanto in alcuni territori succeda in modo costante, anche senza superare valori di soglia pluviometrica teorici.

Carenza negli **atti di pianificazione**, dei riferimenti al cambiamento climatico e agli scenari futuri.

I progettisti lamentano che la normativa in materia di pianificazione non prevede ancora misure specifiche legate che indirizzino la progettazione territoriale tenendo in considerazione le variazioni climatiche.

Consapevolezza- attitudine

Diminuzione della **consapevolezza sul rischio idrogeologico** a breve distanza dall'evento e scarsa **disponibilità di risorse**, se non per interventi di mitigazione a seguito degli eventi catastrofici.

Dalle interviste sono emersi alcuni aspetti di estremo interesse in questo ambito di debolezza che è stato definito come *perdita di memoria del territorio*: “Quando eravamo una società agricola rurale, sino ai primi anni del secondo dopo guerra, sino agli anni '50, le

industrie erano concentrate nelle grandi città, e rispetto ad oggi la popolazione viveva molto di più nelle campagne e di conseguenza si tramandava anche una memoria orale del territorio. Quindi, certe opere e certi interventi si evitava di farli in certe aree perché si sapeva che sarebbero stati a rischio frane o rischio alluvioni per esempio. Con il passare dei decenni in parte questa memoria è andata persa. Per citare un esempio: un mio coinquilino quando studiavo all'Università proveniva da una famiglia di agricoltori e seguiva ancora in campi nonostante studiasse giurisprudenza. Nel suo campo c'era un canale che lo disturbava e si era messo in testa di coprirlo. Chi glielo ha impedito è stato suo nonno, ricordandogli che quel canale era stato costruito perché quel campo tendeva ad allagarsi". Un consapevolezza e un'attenzione all'ambiente purtroppo ormai persa.

Mancanza di **addestramento** e di **educazione** adeguata del privato cittadino, in caso di pericolo alluvione e frana.

La assenza di consapevolezza sulla necessità di avere la massima attenzione anche personale nella gestione del rischio idrogeologico deriva anche dalla mancanza di momenti formativi e di addestramento della popolazione in caso di eventi calamitosi. Solo pochi comuni hanno attivato procedure specifiche per l'educazione dei cittadini.

Opportunità

Tecnologie

Nuove tecnologie e *social network* possono facilitare la **comunicazione d'emergenza** e l'educazione dei cittadini.

Dalle interviste emerge una serie di importanti spunti per poter costruire un percorso di superamento di alcune delle problematiche esistenti. Viene sottolineato da parte degli enti pubblici un timido approccio verso le nuove tecnologie e, per esempio, le prime "app" dedicate ai cittadini per informarli sugli allerta meteo sono attive. I piani di protezione civile comunali, in alcuni casi, vengono recepiti e aggiornati in funzione degli eventi che si succedono e, in questo modo, i cittadini diventano partecipi diretti delle scelte di pianificazione e di gestione del proprio territorio.

Territorio, Infrastrutture green

Possibilità di trasformare aree a rischio in **zone naturalistiche** e di interesse per il **turismo sostenibile** (es. Riconoscimento UNESCO Biosfera per il Parco di Tepilora).

Un esempio sicuramente positivo è quello del convertire in opportunità la presenza nel proprio territorio di aree a rischio idrogeologico (Parco naturale regionale dell'Oasi di Tepilora nei comuni di Posada, Torpè, Lodè e Bitti). Questo sistema di fruizione naturalistica e di sicuro sostegno allo sviluppo turistico ha incontrato però l'approvazione dei cittadini solo a seguito dell'evento catastrofico che ha colpito in particolare il nord Sardegna nel 2013, quando in agro di Posada gli argini del fiume

sono stati sfondati, si sono avuti crolli sui ponti e la piana è stata sommersa. Gli eventi luttuosi hanno colpito la popolazione che quindi si è sentita coinvolta anche nella programmazione delle scelte di gestione del proprio territorio favorendo il percorso di creazione di questa zona naturalistica protetta.

Fattori economici

Consapevolezza a livello europeo e nazionale della necessità di rendere disponibili **risorse economiche dedicate alla prevenzione e alla manutenzione** delle infrastrutture di prevenzione.

Si sottolinea nelle interviste una percezione positiva sull'incremento delle risorse economiche messe a disposizione dalla Regione per interventi di mitigazione del rischio idrogeologico.

Governance, Istituzioni, policy

Riconoscimento da parte dei nuovi strumenti di pianificazione del rischio (PGRA), dell'importanza di **misure non strutturali per la mitigazione**.

Una importante opportunità è stata presentata nelle interviste in merito alla programmazione futura degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico è la realizzazione nel 2016 del Piano di Gestione Rischio Alluvioni, a cura dell'Agenzia del Distretto Idrografico della Sardegna. Questo nuovo strumento di pianificazione persegue l'obiettivo di supportare gli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico attraverso lo sviluppo di progetti specifici. Il PGRA ha individuato una serie di strumenti di intervento strutturale (realizzazione di opere di mitigazione del rischio) e non strutturale e le sinergie interrelazionali con le politiche di pianificazione del territorio e di conservazione della natura.

Il PGRA sollecita **misure in linea con la strategia di adattamento ai cambiamenti climatici**. Per la prima volta, negli atti di pianificazione regionale sul tema del rischio idrogeologico, viene messa in evidenza la necessità di considerare i mutati scenari climatici.

Tra le misure non strutturali previste dal PGRA, viene data una certa importanza, così come riconosciuta dal mondo della ricerca, alla predisposizione degli strumenti conoscitivi geologici di base per le valutazioni in ambito di prevenzione del rischio idrogeologico. Inoltre il piano, in riferimento alle influenze che i cambiamenti climatici potrebbero comportare nell'analisi degli scenari di rischio alluvioni, sollecita un aggiornamento ogni 6 anni delle previsioni sul verificarsi delle alluvioni.

Minacce

Governance, Istituzioni, Policy

Incertezza, modifiche e deroghe alla **normativa in tema di pianificazione**.

Le interviste mettono in evidenza uno scenario preoccupante sotto il profilo delle scelte pianificatorie, evidenziato dalle possibili deroghe alla normativa vigente che rendono gli amministratori più esposti alle pressioni locali. Le continue sollecitazioni che arrivano dal mondo politico per modificare o adeguare la normativa ad interessi locali che spesso indicano nuove misure di deroga alle potenziali scelte restrittive e protettive dell'ambiente, incrementano la difficoltà di agire per il bene comune e con una visione futura.

Carenza di **interazione tra le componenti progettuali**.

Viene vista come una minaccia da parte degli intervistati la mancanza di un vero interesse all'approccio progettuale integrato sottovalutando il ruolo dei singoli professionisti che spesso vengono "guidati" da una progettazione preordinata. Si rileva pertanto una preoccupazione diffusa sulla assenza di reale confronto tra le figure professionali incaricate di redigere i progetti e di trovare le soluzioni più adatte.

Assenza della **pianificazione territoriale delle aree interne**.

In tema di pianificazione regionale non sembra ancora tracciata la strada per il progetto di sviluppo delle zone interne che possa guidare gli interventi di mitigazione del rischio e la salvaguardia del territorio. La vera integrazione e costruzione di relazioni tra le aree costiere e le aree interne della Sardegna sono rimaste solo sulla carta e nelle intenzioni dei politici, ma in realtà non esistono ancora gli atti normativi che considerino in modo completo il territorio e la gestione quindi del rischio idrogeologico così come si evolve.

Conoscenza

Perdita della **consapevolezza geologica**, derivante dalla carenza delle materie geologiche nei programmi scolastici.

Questo aspetto è stato messo in luce in particolare dal mondo della scuola in cui si è assistito progressivamente ad un depauperamento dei contenuti legati ai temi della geografia prima e poi della geologia in senso lato dai programmi ministeriali.

Fattori climatici

Ciclicità e diminuzione dei tempi di ritorno degli **eventi estremi**.

Se da un lato risulta chiara la percezione da parte degli intervistati di un'aumentata frequenza dei fenomeni calamitosi, d'altra parte si rileva che la disponibilità di risorse e gli stessi interventi di mitigazione vengono messi in atto solo a seguito degli eventi catastrofici. Le considerazioni quindi che emergono da parte dei professionisti sono quelle di non vedere la prevenzione come lo strumento cui destinare le più importanti risorse piuttosto che nella programmazione di opere di difesa.

Infine, risulta ancora molto limitata la consapevolezza riguardo agli effetti del cambiamento climatico, che ancora solo parzialmente è presente negli atti di pianificazione. Se anche a livello scientifico si hanno delle indicazioni chiare sui mutamenti che ci si deve aspettare e sulla necessità di intervenire nei diversi settori della gestione dell'ambiente, il mondo professionale rileva la carenza di politiche concrete che inseriscano in forma normativa l'aggiornamento climatico nelle valutazioni di programmazione degli interventi sul territorio.

ⁱ Klein et al. 2014, 5th IPCC Report.

ⁱⁱ ISTAT, 2017.

ⁱⁱⁱ ISTAT, 2017.

^{iv} Klein et al. 2014, 5th IPCC Report.

^v ISTAT, 2011.

^{vi} Laore Sardegna, 2016.

^{vii} Dono et al., 2016.

^{viii} Dono et al., 2012; 2013a; 2013b; 2014; 2016; Nguyen et al, 2016a; 2016b.

^{ix} Klein et al. 2014, 5th IPCC Assessment Report.

^x Nguyen et al. 2016.

^{xi} Dono et al., 2016.

^{xii} Klein et al. 2014, 5th IPCC Report.

^{xiii} Klein et al. 2014, 5th IPCC Report.

2.4. Indice di capacità adattativa

Questo paragrafo illustra i risultati ottenuti con la procedura di analisi “Fuzzy” la cui metodologia è stata descritta nel paragrafo.

2.4.1. Indicatori di capacità adattativa

L’elenco completo degli indicatori di capacità adattativa utilizzati per l’analisi secondo la logica *fuzzy* condotta per ciascuno degli ambiti di attività descritti nel capitolo 2.1 è riportato nella Tabella 19. Gli ambiti di attività sono gli stessi usati nell’analisi SWOT con la sola eccezione del comparto acqua, in relazione al quale l’acqua per usi irrigui in agricoltura e l’acqua per usi civili sono state considerate come unico ambito. L’elenco preliminare dei potenziali indicatori come emersi dalle interviste semi-strutturate e dalle valutazioni degli esperti del gruppo di lavoro di ciascun settore era costituito da oltre 100 indicatori che sono stati via via selezionati in base alla reperibilità per la scala spaziale scelta e la possibilità di individuare le soglie favorevole e sfavorevole mediante il confronto con altri dati utili come *benchmark* (es., dati di altre regioni italiane) o il ricorso alla *expert knowledge*. La scala spaziale scelta è stata quella regionale considerato che la maggior parte degli indicatori che è stato possibile reperire erano disponibili a questa scala, mentre solo in pochi casi lo erano a scale inferiori come quella provinciale o comunale. Il numero finale di indicatori effettivamente utilizzato per l’analisi *fuzzy* è risultato pari a 58, di cui 31 sono stati usati in almeno due settori strategici, mentre 27 sono esclusivi di un solo settore, e in particolare 8 nel settore “dissesto idrogeologico”, 7 nel settore “acqua”, 5 nel settore “foreste”, 3 nel settore “agricoltura” e 4 nel settore “allevamento”. In totale sono stati usati 33 indicatori per l’agricoltura, 30 per l’allevamento, 18 per il dissesto idrogeologico, 28 per le foreste e 20 per l’acqua.

Una delle fonti principali per gli indicatori di agricoltura e allevamento è l’ISTAT, in particolare il Censimento generale dell’Agricolturaⁱ e in molti casi le stime fino al 2017, da cui sono stati ricavati principalmente indicatori di contesto (es., ID1, ID16, ID20, ID23, ecc.). Altra fonte per questi due settori è la Rete Rurale Nazionale che ha consentito di reperire indicatori finanziari riferiti alla Politica Comunitaria di Sviluppo Rurale (PSR) per gli ultimi due cicli di programmazione 2007-2013 e 2014-2020 (es., ID28-ID36 e ID43-ID46). Sono state in particolare calcolate due tipologie di indicatori finanziari: il livello di spesa programmata per una specifica misura del PSR rispetto al totale in dotazione dell’intero PSR e l’avanzamento di spesa per una specifica misura rispetto al totale impegnato per la medesima misura. Entrambe le tipologie sono state incluse nell’ambito della componente Azione in quanto sono state associate alla capacità di mettere in atto azioni orientate alla capacità adattativa, ma la prima tipologia è stata considerata nella determinante Programmazione in quanto

maggiormente riferita alla volontà politica di promuovere certe misure PSR mentre la seconda tipologia è indicatrice della capacità di spesa a sua volta influenzata dall'assetto di *Governance* a livello regionale. I dati ufficiali di spesa programmata e realmente sostenuta per le misure del periodo di programmazione 2014-2020, ancora non concluso, sono riferite all'ultimo aggiornamento disponibile di giugno 2018.

Altre fonti secondarie per i settori agricoltura e allevamento sono l'Annuario dell'agricoltura Italiana del CREA pubblicato nel 2016 e dati ISMEA del 2015 e 2016.

Gli indicatori relativi alle acque per uso civile (es.: ID26, ID27, ID40, ID55 e ID56) sono stati principalmente ricavati dal Censimento dell'ISTAT pubblicato nel 2015,ⁱⁱ mentre quelli riferiti alle acque per uso irriguo sono stati ottenuti dai Consorzi di Bonifica ed in particolare dall'indagine svolta dall'Assessorato dell'Agricoltura e Riforma Agropastorale della Regione Sardegna pubblicata nel 2015 dal titolo "Relazione ricognitiva sui consorzi di bonifica della Sardegna e proposta di revisione della materia".

Per quanto riguarda gli indicatori di capacità adattativa relativi al settore dissesto idrogeologico, le principali fonti informative sono il Rapporto Consumo Suoloⁱⁱⁱ per gli indicatori ID24 e ID25, il sito della Protezione Civile Regionale^{iv} per l'indicatore ID3, il geoportale della Regione Sardegna^v dalle cui mappe sono stati estrapolati gli indicatori ID4 e ID39, l'Elenco nazionale delle associazioni di volontariato^{vi} per l'indicatore ID7, il database ISPRA- RENDIS^{vii} per gli indicatori ID37, ID38, ID57 e ID58.

Diversi indicatori (ID5, ID10, ID17, ID18, ID47, ID48, ID49, ID50) utilizzati in modo trasversale per la maggior parte dei cinque settori considerati nell'analisi fuzzy sono stati ricavati dal Censimento generale della popolazione.^{viii}

ⁱ ISTAT, 2010.

ⁱⁱ <https://www.istat.it/it/files//2017/12/Report-Censimento-acque.pdf>.

ⁱⁱⁱ ISPRA, 2018;

http://www.isprambiente.gov.it/public_files/ConsumoSuolo2018/Rapporto_Consumo_Suolo_2018_2.pdf

^{iv} http://www.sardegnaambiente.it/documenti/20_282_20180703150554.pdf.

^v

http://www.sardegnaageoportale.it/webgis2/sardegnamappe/?map=monitoraggio_strumenti_urbanistici

^{vi} http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/elenco_nazionale_delle_or.wp

^{vii} <http://www.rendis.isprambiente.it/rendisweb/statistiche.htm>

^{viii} ISTAT, 2011.

Tabella 19 Elenco degli indicatori utilizzati per l'analisi secondo la logica fuzzy nei diversi ambiti di attività descritti nel capitolo 2.1. Per ogni indicatore sono riportati il valore e l'unità di misura a scala regionale, le soglie favorevole e sfavorevole, il peso (il peso è stato inserito solo quando l'indicatore è stato effettivamente utilizzato per l'analisi fuzzy entro settore strategico) e l'appartenenza alla determinante e alla componente secondo il framework di cui alla Figura 21.

Componente	Determinante	Codice indicatore	Indicatore	Agricoltura	Allevamento	Foreste	Dissesto	Acqua	Unità di misura indicatore	Valore	Soglia favorevole	Soglia sfavorevole
				Peso Indicatori (1-5)								
Consapevolezza	Capitale umano	ID1	Percentuale di agricoltori con laurea	4,43	4,43			4,43	%	4,8	6,3	4,6
Consapevolezza	Capitale umano	ID2	Dipendenti regionali con laurea	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	%	29,5	43,0	34,0
Consapevolezza	Capitale umano	ID3	Presenza di piani di protezione civile comunale e sovracomunale (Unione dei comuni) approvati sul totale dei comuni della Sardegna					4,40	%	73,0	99,0	90,0
Consapevolezza	Capitale umano	ID4	Presenza del Piano Urbanistico Comunale adeguato al PAI approvato sul totale dei comuni della Sardegna sul totale dei comuni della Sardegna interessati da rischio idrogeologico				4,90		%	6,0	99,0	30,0
Consapevolezza	Capitale sociale	ID5	Persone di 14 anni e più che hanno partecipato a riunioni di volontariato, di associazioni ecologiche, per i diritti civili, per la pace o hanno svolto attività gratuita per associazioni di volontariato sul totale della popolazione della Regione Sardegna di 14 anni e più	3,50	3,50	3,57	4,00	3,57	%	11,4	14,0	9,0
Consapevolezza	Capitale sociale	ID6	Addetti delle società cooperative sul totale degli addetti	2,43	2,43	2,43			%	8,4	5,0	3,0
Consapevolezza	Capitale sociale	ID7	Numero di associazioni di volontariato rapportato alla popolazione residente in			4,00	4,00	2,50	-	0,0016	0,004	0,0007

Componente	Determinante	Codice indicatore	Indicatore	Agricoltura	Allevamento	Foreste	Disesto	Acqua	Unità di misura indicatore	Valore	Soglia favorevole	Soglia sfavorevole
				Peso Indicatori (1-5)								
Azione	Fattori economici	ID8	aree a pericolosità di inondazione Produttività del lavoro settore primario rispetto agli altri settori	3,86	3,86	3,86	3,20		%	68,4	75,8	51,7
Azione	Fattori economici	ID9	PIL Pro capite	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	k€ cad ⁻¹	20,1	31,8	20,1
Azione	Fattori economici	ID10	Tasso di povertà	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	%	14,0	5,0	14,5
Azione	Fattori economici	ID11	Costi variabili rispetto alla PLV a scala aziendale	4,00	4,00				%	40,0	42,0	22,0
Azione	Fattori economici	ID12	Finanziamenti oltre il breve termine agli investimenti in agricoltura	4,57					%	2,0	7,0	2,0
Azione	Fattori economici	ID13	Ammontare dei premi assicurativi anno 2016	2,50	2,50				%	0,55	1,64	0,14
Azione	Fattori economici	ID14	Costo irriguo medio per ettaro	4,50				4,50	€ ha ⁻¹	149,7	51,7	107,6
Azione	Fattori economici	ID15	Importi finanziati dal 1999 in rapporto alla superficie pericolosa su base regionale				4,00			0,09	0,15	0,11
Azione	Flessibilità	ID16	Percentuale di capi azienda nella fascia di età compresa tra 25-40 anni rispetto al totale dei capi azienda	4,29	4,29				%	14,0	13,0	9,0
Azione	Flessibilità	ID17	Rapporto tra popolazione in età non attiva (0-14 anni e 65 anni e più) e popolazione in età attiva (15-64 anni), moltiplicato per 100	3,71	3,71	3,71			%	52,1	53,4	59,4
Azione	Flessibilità	ID18	Tasso disoccupazione	4,14	4,14	4,14	4,14		%	17,1	6,7	14,6
Azione	Flessibilità	ID19	Peso della regione Sardegna sugli scambi nazionali (agroalimentare)	4,00	4,00				%	0,4	10,0	5,0
Azione	Flessibilità	ID20	Numero di aziende che adottano il pascolamento sul totale delle aziende		4,00				%	32,4	10,5	4,7

Componente	Determinante	Codice indicatore	Indicatore	Agricoltura	Allevamento	Foreste	Dissesto	Acqua	Unità di misura indicatore	Valore	Soglia favorevole	Soglia sfavorevole
				Peso Indicatori (1-5)								
Azione	Flessibilità	ID21	agricole regionali Superficie irrigata con acque all’interno o nelle vicinanze dell’azienda rispetto alla superficie irrigata totale	3,25				3,25	%	24,6	53,7	19,0
Azione	Flessibilità	ID22	Numero di aziende con impianti di produzione di energia rinnovabile rapportato al numero di aziende agricole regionali		5,00				%	1,1	3,0	0,4
Azione	Flessibilità	ID23	Aziende con vacche da latte e bufale stabulate sul totale della aziende con bovini e bufali a scala regionale		4,00				%	15,5	47,6	77,5
Azione	Flessibilità	ID24	Consumo di suolo in aree soggette a pericolosità idraulica nel 2017 su base regionale				4,00		%	6,8	7,5	12,5
Azione	Flessibilità	ID25	Consumo di suolo in aree soggette a pericolosità da frana nel 2017 su base regionale				4,00		%	3,8	2,7	5,5
Azione	Flessibilità	ID26	Carico inquinante potenziale dell’acqua per usi civili e agricoli (espresso in abitanti equivalenti) rispetto alla superficie regionale					2,50	n km ²	0,27	0,18	0,68
Azione	Flessibilità	ID27	Carico inquinante potenziale dell’acqua (espresso in abitanti equivalenti) rispetto alla superficie regionale					2,50	n km ²	0,15	0,24	0,65
Azione	Governance	ID28	Avanzamento spesa per misura 2 PSR 2014-2020: Servizi di consulenza, di sostituzione e di assistenza alla gestione	4,29	4,29				%	0,01	0,02	0

Componente	Determinante	Codice indicatore	Indicatore	Agricoltura	Allevamento	Foreste	Dissesto	Acqua	Unità di misura indicatore	Valore	Soglia favorevole	Soglia sfavorevole
				Peso Indicatori (1-5)								
Azione	Governance	ID29	delle aziende agricole sul totale programmato per quella stessa misura nel PSR Sardegna Avanzamento spesa per misura 05 PSR 2014-2020 ripristino del potenziale produttivo agricolo danneggiato da calamità naturali rispetto al dato nazionale	4,57					%	60,3	2,5	0,1
Azione	Governance	ID30	Avanzamento spesa del PSR (2014-2020) per misura 4 Investimenti in immobilizzazioni materiali su dotazione complessiva per quella misura	4,14					%	10,8	16,5	7,3
Azione	Governance	ID31	Avanzamento spesa PSR (2014-2020) per Misura 8 Investimenti nello sviluppo delle aree forestali e nel miglioramento della redditività delle foreste sul totale impegnato per quella misura			3,71			%	28,8	20,9	8,3
Azione	Governance	ID32	Avanzamento spesa per misura 15 PSR 2014-2020 Servizi silvo climatico ambientali e salvaguardia delle foreste sul totale impegnato per quella misura	4,00	4,00	4,00			%	4,3	35,3	3,2
Azione	Governance	ID33	Risorse spese del PSR 2007-2013 per misura 114 Ricorso ai servizi di consulenza da parte di imprenditori agricoli e forestali sul totale programmato	1,71	1,71	1,71		1,71	%	104,3	99,9	66,5
Azione	Governance	ID34	Risorse spese del PSR 2007-2013 per	2,00	2,00				%	79,9	100,4	91,3

Componente	Determinante	Codice indicatore	Indicatore	Agricoltura	Allevamento	Foreste	Disesto	Acqua	Unità di misura indicatore	Valore	Soglia favorevole	Soglia sfavorevole
				Peso Indicatori (1-5)								
Azione	Governance	ID35	misura 311 diversificazione verso attività non agricole sul totale programmato Risorse spese del PSR 2007-2013 per misura 214 Pagamenti agro ambientali sul totale programmato	2,57	2,57	2,57			%	100,7	100,9	99,3
Azione	Governance	ID36	Risorse spese del PSR 2007-2013 per misura 126 Ripristino del potenziale agricolo danneggiato da calamità naturali sul totale programmato	3,71	3,71				%	122,4	101,8	94,7
Azione	Governance	ID37	Rapporto tra il numero di interventi per la difesa del suolo ultimati e il totale degli interventi pianificati dal 1999 al 2018 su base regionale				5,00		%	43,0	77,7	55,5
Azione	Governance	ID38	Rapporto tra gli importi finanziati per gli interventi per la difesa del suolo ultimati e gli importi finanziati sul totale degli interventi pianificati dal 1999 al 2018				5,00		%	21,0	63,3	42
Azione	Governance	ID39	Presenza piano di utilizzo del litorale approvato per comune sul totale dei comuni costieri				4,30		%	22,0	99,0	90,0
Azione	Governance	ID40	Consumi pro capite di acqua erogati per tutti gli usi autorizzati (acqua uso civile)					2,70	m³ cad⁻¹	201	201	267
Azione	Governance	ID41	Superficie forestale BOSCATATA percorsa dal fuoco nel periodo 2005-2015 (base sud Italia)			4,00			%	0,35	0,35	1,2

Componente	Determinante	Codice indicatore	Indicatore	Agricoltura	Allevamento	Foreste	Dissesto	Acqua	Unità di misura indicatore	Valore	Soglia favorevole	Soglia sfavorevole
				Peso Indicatori (1-5)								
Azione	Governance	ID42	Superficie forestale percorsa dal fuoco sul totale della superficie forestale, media 2005-2015 (base sud Italia)			4,00			%	0,99	0,73	2,01
Azione	Programmazione	ID43	Livello spesa pubblica programmata per misura 1 PSR 2014 2020 Trasferimento conoscenze e azioni di informazione rispetto al dato nazionale			3,00			%	1,3	4,9	2,1
Azione	Programmazione	ID44	Livello spesa pubblica programmata per misura 15 PSR 2014-2020 Servizi silvo climatico ambientali e salvaguardia delle foreste rispetto al dato nazionale			2,00			%	9,8	2,0	0,0
Azione	Programmazione	ID45	Livello spesa pubblica programmata per misura 16 PSR 2014 2020 Cooperazione sul totale programmato PSR Sardegna	3,57	3,57				%	2,4	4	2
Azione	Programmazione	ID46	Livello spesa pubblica programmata del PSR 2014 2020 per misura 2 Servizi di consulenza, di sostituzione e di assistenza alla gestione delle aziende agricole sul totale programmato PSR Sardegna	3,29	3,29				%	0,7	1,3	0,2
Abilità	Tecnologia	ID47	Intensità brevettuale: n di brevetti registrati per milione di abitanti	3,00	3,00	2,86	2,50	2,50	n	92	669	61
Abilità	Tecnologia	ID48	Incidenza della spesa pubblica per R&S sul PIL	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	%	0,7	0,7	0,4
Abilità	Tecnologia	ID49	Incidenza della spesa delle imprese in Ricerca e Sviluppo (R&S) sul PIL	4,00	4,00				%	0,1	0,7	0,4
Abilità	Tecnologia	ID50	Imprese con almeno 10 addetti che	4,00	4,00	4,00	3,00		%	23,0	34,0	24,0

Componente	Determinante	Codice indicatore	Indicatore	Agricoltura	Allevamento	Foreste	Dissesto	Acqua	Unità di misura indicatore	Valore	Soglia favorevole	Soglia sfavorevole
				Peso Indicatori (1-5)								
			hanno introdotto innovazioni tecnologiche (di prodotto e processo) nel triennio di riferimento in percentuale sul totale delle imprese con almeno 10 addetti									
Abilità	Tecnologia	ID51	Attività di spesa delle regioni per la ricerca e sperimentazione del settore agricolo	4,00	4,00				%	1,7	1,0	0,1
Abilità	Tecnologia	ID52	Aziende con gestione informatizzata sul totale delle aziende agricole regionali		5,00				%	3,3	8,7	1,7
Abilità	Infrastrutture	ID53	Superficie irrigata su superficie irrigua infrastrutturata	3,50				4,00	%	27,0	70,0	35,0
Abilità	Infrastrutture	ID54	Sistemi di irrigazione efficienti	3,75				3,25	%	29,0	32,0	9,0
Abilità	Infrastrutture	ID55	Acqua prelevata per uso potabile da corsi d’acqua superficiali o da bacino artificiale rispetto alla totale					4,00	%	78,0	3,0	28,0
Abilità	Infrastrutture	ID56	Perdite idriche reali					5,00	%	54,3	30,0	45,8
Abilità	Infrastrutture	ID57	Impianti di depurazione delle acque reflue urbane in esercizio con tecnologia avanzata sul totale					3,75	%	32,0	23,0	10,0
Abilità	Infrastrutture	ID58	Quota di carichi inquinanti civili confluiti negli impianti di depurazione secondari e avanzati					4,75	%	58,8	50,4	67,3

2.4.2. Analisi fuzzy

L'indice sintetico di capacità adattativa (AC) ottenuto con l'analisi fuzzy (Tabella 20, Tabella 21, Tabella 22, Tabella 23, Tabella 24) è risultato medio e medio-basso per i settori Agricoltura, Allevamento, Foreste e Acqua (0,57-0,66), mentre quello del settore Dissesto è risultato basso (0,81). La componente peggiore, che ha maggiormente influito sul risultato medio del settore Agricoltura (Tabella 20) è la Consapevolezza (0,65) a sua volta negativamente influenzata soprattutto dalla determinante Capitale umano, ovvero dalle basse percentuali di agricoltori e di dipendenti regionali con laurea (ID1 e ID2) rispetto alle soglie identificate.

Nel settore Allevamento (Tabella 21), la componente più negativa sulla capacità adattativa è stata l'Abilità che include come unica determinante la Tecnologia che riflette soprattutto le limitate risorse disponibili per l'innovazione tecnologica e la Ricerca e Sviluppo per le imprese (ID49) e la loro generale scarsa adozione di innovazioni tecnologiche (ID50). La componente Consapevolezza, anche per il settore Allevamento, è risultata impattante sul valore medio-basso di capacità adattativa di questo settore, e la determinante Capitale umano ha inciso particolarmente su questo risultato, analogamente a quanto osservato per il settore Agricoltura.

Nel settore Foreste (Tabella 22) le componenti Consapevolezza e Abilità sono risultate piuttosto negative determinando il valore medio-basso di indice di capacità adattativa stimato. Le determinanti più negative sono state nell'ordine il capitale umano, la programmazione e i fattori economici. Unica determinante relativamente positiva è risultata la governance (valore 0,23) e nell'ambito di questa determinante soprattutto gli indicatori sull'avanzamento di spesa di una misura del PSR 2007-2013 (ID35) sui pagamenti agro-ambientali e della misura 8 dell'attuale PSR 2014-2020 su investimenti per il miglioramento della redditività del settore forestale (ID31).

Il valore marcatamente negativo di capacità adattativa del settore Dissesto idrogeologico (Tabella 23) è la risultante di valori molto alti, e quindi negativi, delle componenti Consapevolezza e Azione e di valori alti o molto alti della maggior parte delle determinanti con le sole eccezioni di Flessibilità e Tecnologia. Gli indicatori associati al capitale umano si sono confermati tra i più impattanti sull'indice di capacità adattativa. Gli indicatori di Governance sono risultati analogamente molto negativi con particolare riferimento al numero molto limitato di piani di utilizzo del litorale approvati a scala comunale (ID39) e agli scarsi impegni finanziari per interventi di difesa del suolo (ID38). La Sardegna è risultata apparentemente virtuosa rispetto alle altre regioni italiane in termini di incidenza della spesa pubblica per Ricerca e Sviluppo sul PIL (ID48) che ha determinato un impatto positivo sul valore medio della determinante Tecnologia.

Per quanto riguarda il settore Acqua, la componente Consapevolezza è risultata molto negativa come effetto soprattutto dell'indicatore ID1 riferito alla determinante Capitale umano. Nell'ambito della componente Azione, due determinanti hanno agito in senso diametralmente opposto con la determinante Fattori economici risultata fortemente negativa e viceversa la *Governance* fortemente positiva. Gli indicatori economici peggiori della regione Sardegna rispetto alle soglie identificate sono stati il basso valore del PIL pro capite (ID10) e il tasso di povertà (ID9) che è poco al di sopra del 25° percentile della distribuzione di frequenza di tutte le regioni italiane. Dal punto di vista dei consumi pro capite di acqua per usi civili (ID40), che ha influito sulla determinante *Governance*, la Sardegna si è attestata tra le regioni più virtuose con 201 m³ per persona. La determinante Infrastrutture ha mostrato un valore medio-basso in relazione alla limitata superficie irrigata rispetto a quella potenzialmente irrigabile (ID53) che impatta sui bilanci dei consorzi di bonifica sardi, ed alle elevate perdite idriche del sistema di distribuzione di acqua per usi civili che superano il 50% in Sardegna.

Tabella 20 Risultati dell'analisi *fuzzy* per il settore "Agricoltura".

ID Indicatore	Determinante	Valore Determinante	Componente	Valore Componente	Indice di capacità adattativa	Valore Indice
ID1	Capitale umano	0,98	Consapevolezza	0,65		
ID2						
ID5	Capitale sociale	0,32				
ID6						
ID8	Fattori economici	0,74				
ID9						
ID10						
ID11						
ID12						
ID13						
ID14						
ID16	Flessibilità	0,58	Azione	0,58	AC	0,57
ID17						
ID18						
ID19						
ID21						
ID28	Governance	0,40				
ID29						
ID30						
ID32						
ID33						
ID34						
ID35						
ID36	Programmazione	0,72				
ID45						
ID46	Tecnologia	0,57	Abilità	0,54		
ID47						
ID48						
ID49						
ID50						
ID51	Infrastrutture	0,50				
ID53						
ID54						

ID indicatore: la descrizione dell'indicatore a cui corrisponde ciascun ID è riportata nella Tabella 19.

Valore Determinante, Componente e di Indice di capacità adattativa: espressi in una scala da 0 a 1 dove 0 e 1 esprimono rispettivamente il valore migliore e peggiore in termini di capacità adattativa

Tabella 21 Risultati dell'analisi *fuzzy* per il settore "Allevamento".

ID Indicatore	Determinante	Valore Determinante	Componente	Valore Componente	Indice di capacità adattativa	Valore Indice
ID1 ID2	Capitale umano	0,98	Consapevolezza	0,64		
ID5 ID6	Capitale sociale	0,32				
ID8 ID9 ID10 ID11 ID13	Fattori economici	0,61				
ID16 ID17 ID18 ID19 ID20 ID22 ID23	Flessibilità	0,43	Azione	0,55	AC	0,63
ID28 ID32 ID33 ID34 ID35 ID36	Governance	0,45				
ID45 ID46	Programmazione	0,72				
ID47 ID48 ID49 ID50 ID51 ID52	Tecnologia	0,64	Abilità	0,73		

ID indicatore: la descrizione dell'indicatore a cui corrisponde ciascun ID è riportata nella Tabella 19.

Valore Determinante, Componente e di Indice di capacità adattativa: espressi in una scala da 0 a 1 dove 0 e 1 esprimono rispettivamente il valore migliore e peggiore in termini di capacità adattativa

Tabella 22 Risultati dell'analisi *fuzzy* per il settore "Foreste".

ID Indicatore	Determinante	Valore Determinante	Componente	Valore Componente	Indice di capacità adattativa	Valore Indice
ID1 ID2	Capitale umano	0,98	Consapevolezza	0,76	AC	0,63
ID5 ID6 ID7	Capitale sociale	0,50				
ID8 ID9 ID10 ID11 ID12	Fattori economici	0,66				
ID16 ID17 ID18 ID20 ID22	Flessibilità	0,40				
ID31 ID32 ID33 ID35 ID41 ID42	Governance	0,23	Azione	0,47		
ID43 ID44 ID45 ID46	Programmazione	0,67	Abilità	0,71		
ID47 ID48 ID50	Tecnologia	0,62				

ID indicatore: la descrizione dell'indicatore a cui corrisponde ciascun ID è riportata nella Tabella 19. Valore Determinante, Componente e di Indice di capacità adattativa: espressi in una scala da 0 a 1 dove 0 e 1 esprimono rispettivamente il valore migliore e peggiore in termini di capacità adattativa

Tabella 23 Risultati dell'analisi *fuzzy* per il settore "Dissesto Idrogeologico".

ID Indicatore	Determinante	Valore Determinante	Componente	Valore Componente	Indice di Adattamento	Valore Indice
ID2	Capitale umano	1,00	Consapevolezza	0,88		
ID3						
ID4						
ID5	Capitale sociale	0,65				
ID7						
ID8						
ID9	Fattori economici	0,83				
ID10						
ID15						
ID18	Flessibilità	0,44	Azione	0,78	AC	0,81
ID24						
ID25						
ID37	Governance	1,00				
ID38						
ID39						
ID47	Tecnologia	0,57	Abilità	0,63		
ID48						
ID50						

ID indicatore: la descrizione dell'indicatore a cui corrisponde ciascun ID è riportata nella Tabella 19.
 Valore Determinante, Componente e di Indice di capacità adattativa: espressi in una scala da 0 a 1 dove 0 e 1 esprimono rispettivamente il valore migliore e peggiore in termini di capacità adattativa

Tabella 24 Risultati dell'analisi *fuzzy* per il settore "Acqua".

ID Indicatore	Determinante	Valore Determinante	Componente	Valore Componente	Indice di Adattamento	Valore Indice
ID1 ID2	Capitale umano	0,98	Consapevolezza	0,88	AC	0,66
ID5 ID7	Capitale sociale	0,63				
ID9 ID10 ID14	Fattori economici	1,00				
ID21 ID26 ID27	Flessibilità	0,39	Azione	0,54		
ID33 ID40	Governance	0,00				
ID47 ID48	Tecnologia	0,37	Abilità	0,51		
ID53 ID54 ID55 ID56 ID57 ID58	Infrastrutture	0,63				

ID indicatore: la descrizione dell'indicatore a cui corrisponde ciascun ID è riportata nella Tabella 19. Valore Determinante, Componente e di Indice di capacità adattativa: espressi in una scala da 0 a 1 dove 0 e 1 esprimono rispettivamente il valore migliore e peggiore in termini di capacità adattativa

2.4.2.1. *Analisi di sensibilità*

Nella Figura 25 sono riportati i risultati dell'analisi di sensibilità per ogni settore per il quale è stata effettuata l'analisi *fuzzy*. L'analisi effettuata ha mostrato che il modello, così strutturato con pesi e raggruppamenti gerarchici definiti per l'esecuzione delle analisi, non presenta al suo interno specifici indicatori che, al loro variare dalla soglia completamente favorevole a quella completamente sfavorevole, facciano variare in misura significativa ($AC > 0,20$) l'indice finale di capacità adattativa. Inoltre, considerando significativa una soglia di variazione del 5% di AC rispetto alla variazione dell'indicatore, solamente le variazioni di 4 indicatori su 58 (7% ca.) si sono mostrate sensibili rispetto all'output finale.

L'indice finale AC è risultato maggiormente sensibile alla variazione dell'indicatore ID1 nei settori Agricoltura, Allevamento, Foreste e Acqua. Per l'ambito "rischio idrogeologico", l'indice AC è risultato invece maggiormente sensibile alla variazione dell'indicatore ID48, che è risultato relativamente importante, sebbene molto debolmente, nei settori Acqua e Foreste. Inoltre, l'indicatore ID5 ha indotto un certo grado di sensibilità in tutti i settori tranne che per il settore Foreste. Nell'ambito del Dissesto idrogeologico, l'indice finale di capacità adattativa è risultato sensibile anche all'indicatori ID7. I 3/4 degli indicatori che hanno indotto maggiore sensibilità appartengono alla componente Consapevolezza, all'interno delle determinanti Capitale umano (ID1) e Capitale sociale (ID5, ID7), mentre l'indicatore ID48 contribuisce a formare la componente Abilità ed in particolare appartiene alla determinante Tecnologia (ID48).

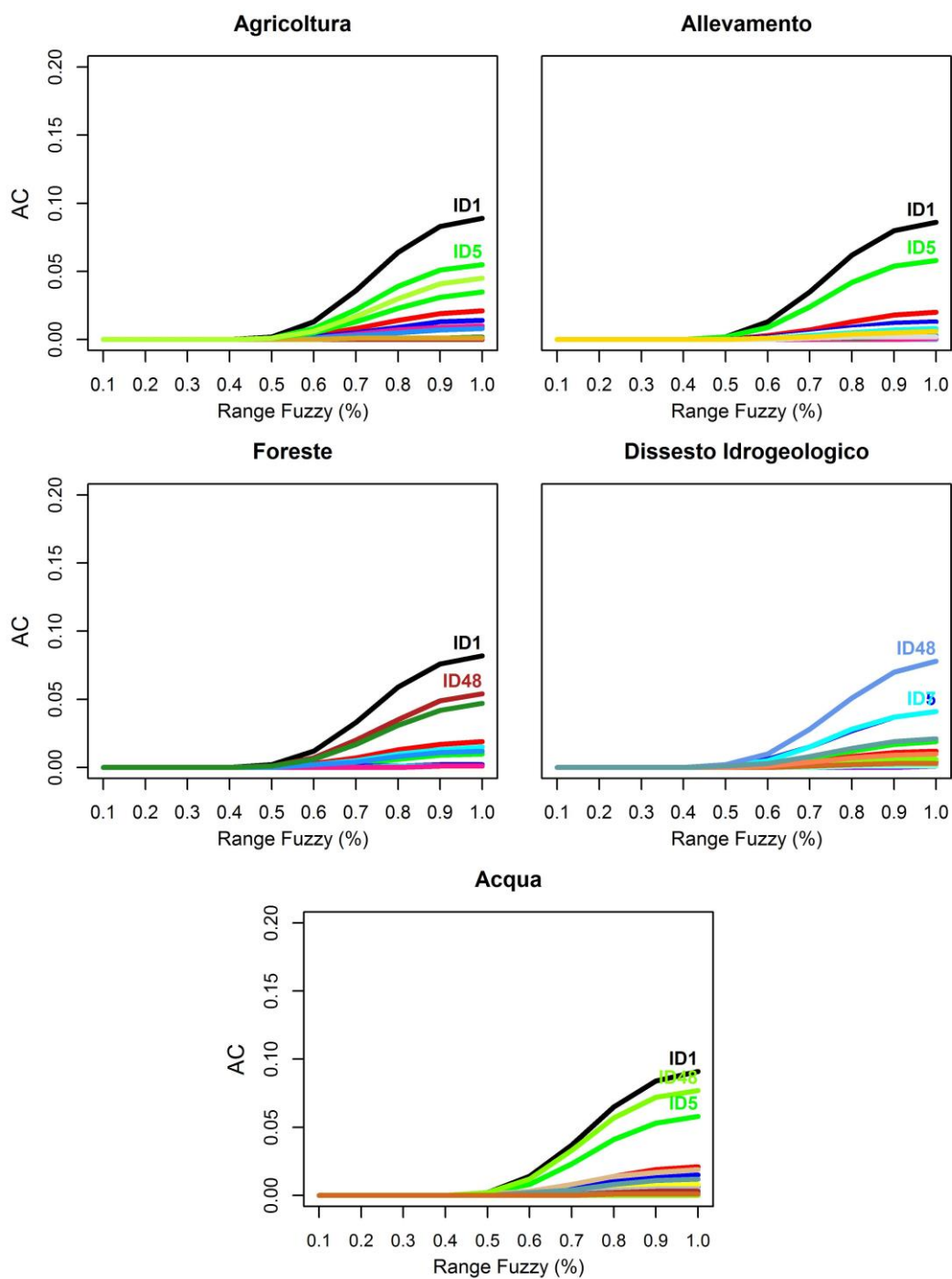


Figura 25 Analisi di sensibilità dell'indice di capacità adattativa (AC) rispetto agli indicatori utilizzati nell'analisi fuzzy per i settori Agricoltura, Allevamento, Foreste, Dissesto Idrogeologico e Acqua.

2.5. Appendice A. Metodologia Fuzzy: calcolo dell'indice di capacità adattativa

L'utilizzo della logica *fuzzy* è stato originariamente proposto da Zadeh (1965) per rappresentare le relazioni fra elementi di un sistema caratterizzato dall'essere descritto da molteplici attributi. Gli indicatori utilizzati per questo studio per descrivere e quantificare la capacità adattativa, ai quali sono stati attribuiti a priori dei pesi in relazione alla loro importanza, rappresentano gli attributi del sistema.

Lo schema *fuzzy* permette di definire il "grado di appartenenza" (*degree of membership*) di un elemento allo schema disegnato tramite funzioni che possono assumere valori compresi nell'intervallo [0,1]. Il valore 0 rappresenta la completa non-appartenenza, il valore 1 rappresenta la completa appartenenza, mentre valori compresi nell'intervallo sono utilizzati per rappresentare una parziale appartenenza. In questo studio sono state impiegate due funzioni di appartenenza, fra loro complementari: la funzione di appartenenza Favorevole (F) e la funzione di appartenenza Sfavorevole (U), complementare a F [$f(U) = 1 - F$]. Nel presente studio è stato adottato il modello *fuzzy* impiegato da Bellocchi et al. (2002), che prevede l'utilizzo di funzioni di appartenenza sigmoidali: se x rappresenta il valore dell'indicatore, α e γ rispettivamente la soglia favorevole e sfavorevole dell'indicatore, il valore della funzione è costante per $x \leq \alpha$ e $x \geq \gamma$, rispettivamente. Nell'intervallo compreso fra α e γ , la funzione F è una funzione quadratica di x , come di seguito riportato:

$$F(x; \alpha; \gamma) = \begin{cases} 0 & x \leq \alpha \\ 2 \times \left(\frac{x-\alpha}{\gamma-\alpha}\right)^2 & \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 - 2 \times \left(\frac{x-\gamma}{\gamma-\alpha}\right)^2 & \beta \leq x \leq \gamma \\ 1 & x \geq \gamma \end{cases} \quad (1)$$

dove $\beta = (\alpha + \gamma)/2$. La funzione U, di uguale andamento, come sopracitato assume valori complementari alla funzione F.

La Figura 26 illustra come esempio il grafico delle funzioni F e U relative all'indicatore ID25 (Consumo di suolo in aree soggette a pericolosità da frana nel 2017 su base regionale). Il valore dell'indicatore (3,8%) si trova compreso fra le soglie favorevole (FavT = 2,7%) e sfavorevole (UnfavT = 5,5%). Il valore dell'indicatore espresso nelle funzione F e U pertanto non potrà esprimere completa appartenenza (1) o non appartenenza (0) per le due funzioni, ma sarà compreso nell'area fuzzy, ovvero al valore saranno attribuiti dei gradi di appartenenza parziali alle due funzioni, che saranno fra loro complementari [$f(F) + f(U) = 1$].

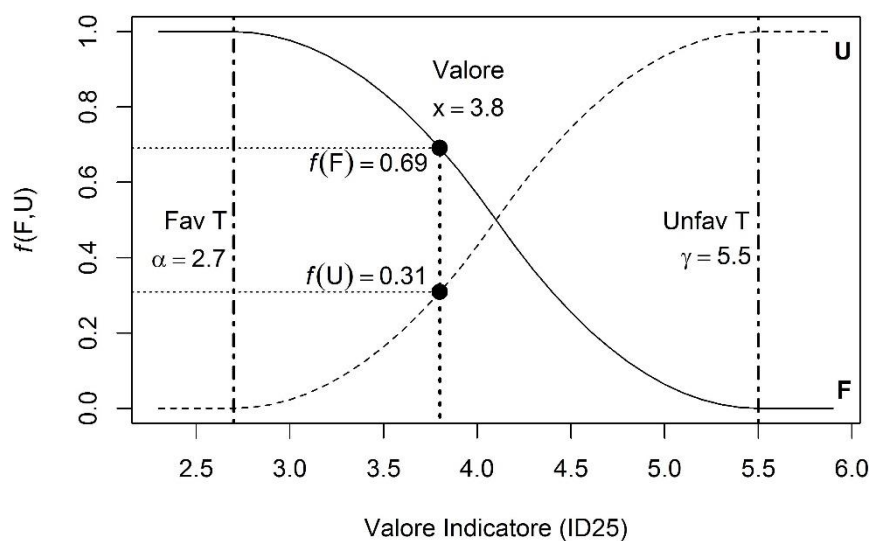


Figura 26 Valore dell'indicatore ID25 espresso nelle funzioni di appartenenza F e U.

Il modello prevede la possibilità di aggregare gli indicatori in livelli gerarchici superiori e attribuire a questi dei valori. Il processo di aggregazione può continuare ipoteticamente per più livelli fino a raggiungere un unico valore finale, come nel presente studio.

Tabella 25 Valori, soglie favorevoli (FavT) e sfavorevoli (UnfavT), peso degli indicatori attribuito dal panel di esperti (Expert Weight), peso relativo all'interno del Determinante e valori delle funzioni F e U degli indicatori formanti il determinante Flessibilità nel framework fuzzy utilizzato per il settore Dissesto Idrogeologico.

Determinante	Indicatore	Valore	FavT	UnfavT	Expert Weight (EW)	Peso Relativo (P)	F	U
Flessibilità	ID18	17,1	6,7	14,6	4,14	0,34	0,00	1,00
	ID24	6,8	7,5	12,5	4,00	0,33	1,00	0,00
	ID25	3,8	2,7	5,5	4,00	0,33	0,69	0,31

Come descritto in precedenza, ad ogni Indicatore del livello gerarchico individuato viene assegnato un peso da 1 a 5 (Capitolo 2.1.4), che viene poi espresso in misura relativa rispetto all'insieme dei pesi degli indicatori che formano il livello gerarchico stesso, come riportato in Tabella 25.

Il processo di aggregazione è realizzato partendo dalle possibili combinazioni fra i valori delle funzioni F e U nel livello gerarchico selezionato. Nella Tabella 26 è riportato il processo di aggregazione degli indicatori ID18, ID24 e ID25 nel determinante Flessibilità, all'interno del framework *fuzzy* utilizzato per la valutazione della capacità adattativa del settore Dissesto Idrogeologico.

Per ogni combinazione, i pesi sono fra loro ponderati (P_i) sommando i pesi relativi degli indicatori nella matrice di permutazione $A(i,j)$ (Tabella 26) a condizione che $A_{i,j} = f(U)$. Il valore vero di ogni combinazione (w_i), secondo il metodo di inferenza di Sugeno (1985), è individuato dal valore minimo, secondo la seguente formula:

$$w_i = \min_i [A_{ij}] \quad (2)$$

L'output di ogni combinazione è il risultato del prodotto fra i valori veri e i pesi relativi ponderati ($w_i \times P_i$). Il valore aggregato finale (y) è il risultato del rapporto fra la sommatoria di questi ultimi e la sommatoria dei pesi ponderati, secondo la seguente formula:

$$y = \frac{\sum_j^n w_i \times P_i}{\sum_j^n w_i} \quad (3)$$

L'aggregazione al livello gerarchico superiore (Componente) viene eseguita in maniera analoga dopo aver attribuito ai valori finali y di ogni determinante i rispettivi valori nelle funzioni di appartenenza F e U , secondo la formula (1) precedentemente riportata, attribuendo $FavT=0$ e $UnfavT=1$. Il peso di ogni determinante (P_d) è attribuito, partendo dai pesi degli indicatori (l), secondo la seguente formula:

$$P_d = \sum_l^n EW_l \times P_l \quad (4)$$

La procedura di aggregazione in componenti fra i determinanti è effettuata secondo lo schema riportato in Tabella 27 e le formule (2) e (3).

Il valore finale di ogni determinante viene a sua volta espresso in funzione di F e U e ad esso viene attribuito un peso relativo all'interno del componente selezionato.

La procedura illustrata viene quindi ripetuta fino all'ottenimento del valore finale dell'Indice di Capacità Adattativa (AC), come riportato nella Tabella 28.

Tabella 26 Procedura di aggregazione al livello gerarchico di determinante (Flessibilità) degli indicatori ID18, ID24 e ID25 e calcolo del valore fuzzy del determinante (y) all'interno del framework adottato per il settore Dissesto Idrogeologico.

ID18 P=0.34		ID24 P=0.33		ID25 P=0.33		Peso relativo ponderato (P _i)	Valore vero (w _i)	w _i x P _i
Funzione*	Valore	Funzione*	Valore	Funzione*	Valore			
F	0,00	F	1,00	F	0,69	0,00	0,00	0,00
F	0,00	F	1,00	U	0,31	0,33	0,00	0,00
F	0,00	U	0,00	F	0,69	0,33	0,00	0,00
F	0,00	U	0,00	U	0,31	0,66	0,00	0,00
U	1,00	F	1,00	F	0,69	0,34	0,69	0,23
U	1,00	F	1,00	U	0,31	0,67	0,31	0,21
U	1,00	U	0,00	F	0,69	0,67	0,00	0,00
U	1,00	U	0,00	U	0,31	1,00	0,00	0,00
							1,00	0,44
							($\sum w_i$)	(y ₀)
							Valore finale (y)	0,44

*F: Favorevole; U: Sfavorevole

P: Peso relativo dell'indicatore (Tabella 25)

Tabella 27 Procedura di aggregazione al livello gerarchico di componente (Azione) dei determinanti Fattori economici, Flessibilità e Governance e calcolo del valore fuzzy del componente (y_c) all'interno del framework adottato per il settore Dissesto Idrogeologico.

Fattori Economici P=0.30		Flessibilità P=0.32		Governance P=0.38		Peso relativo ponderato (P _{id})	Valore vero (w _{id})	w _{id} x P _{id}
Funzione*	Valore	Funzione*	Valore	Funzione*	Valore			
F	0,06	F	0,61	F	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,06	F	0,61	U	1,00	0,38	0,06	0,02
F	0,06	U	0,39	F	0,00	0,32	0,00	0,00
F	0,06	U	0,39	U	1,00	0,70	0,06	0,04
U	0,94	F	0,61	F	0,00	0,30	0,00	0,00
U	0,94	F	0,61	U	1,00	0,68	0,61	0,41
U	0,94	U	0,39	F	0,00	0,62	0,00	0,00
U	0,94	U	0,39	U	1,00	1,00	0,39	0,39
							1,12	0,87
							($\sum w_{id}$)	(y _{0d})
							Valore finale (y_c)	0,78

*F: Favorevole; U: Sfavorevole

P: Peso relativo del determinante calcolato secondo la formula (4) e espresso in misura relativa all'interno del componente Azione

Tabella 28 Procedura di aggregazione al livello gerarchico finale (Indice di Capacità Adattativa) dei componenti Consapevolezza, Azione e Abilità e calcolo del valore fuzzy dell'Indice Finale (AC) all'interno del framework adottato per il settore Dissesto Idrogeologico

Consapevolezza P=0.30		Azione P=0.32		Abilità P=0.38		Peso relativo ponderato (P _{ic})	Valore vero	
Funzione*	Valore	Funzione*	Valore	Funzione*	Valore		(w _{ic})	w _{ic} x P _{ic}
F	0,03	F	0,10	F	0,28	0,00	0,03	0,00
F	0,03	F	0,10	U	0,72	0,29	0,03	0,01
F	0,03	U	0,90	F	0,28	0,36	0,03	0,01
F	0,03	U	0,90	U	0,72	0,65	0,03	0,02
U	0,97	F	0,10	F	0,28	0,35	0,10	0,03
U	0,97	F	0,10	U	0,72	0,64	0,10	0,06
U	0,97	U	0,90	F	0,28	0,71	0,28	0,20
U	0,97	U	0,90	U	0,72	1,00	0,72	0,72
							1,31	1,06
							(Σ w _{id})	(y _{0d})
							Valore finale	
							(AC)	0,81

*F: Favorevole; U: Sfavorevole

P: Peso relativo del componente calcolato secondo la formula (4) e espresso in misura relativa rispetto agli altri componenti

3. Valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici e della propensione al rischio per i settori oggetto di studio

3.1. Approccio metodologico

3.1.1. Concetti e definizioni

I cambiamenti climatici rappresentano una delle grandi sfide del nostro tempo e stanno già influenzando e modificando il nostro territorio. Pur essendo un fenomeno di natura globale, i suoi effetti (impatti) hanno ripercussioni anche a scala locale, diversificati in base alle criticità del territorio e alle sue caratteristiche di natura ambientale, economica e sociale. Gli impatti legati al cambiamento climatico necessitano quindi di essere analizzati e studiati in maniera diversificata in funzione della diversa vulnerabilità del territorio, dei livelli di sviluppo economico e della capacità di adattamento della componente antropica e naturale. Alcune definizioni e concetti base sono necessari per uniformare la terminologia legata all'analisi di vulnerabilità e della propensione al rischio riportata nel documento e vengono qui riportati i concetti così come definiti dall'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), l'organismo internazionale preposto allo studio e all'analisi del fenomeno dei cambiamenti climatici e delle sue interazioni con il territorio.

Secondo l'IPCC (2014c), il termine **cambiamento climatico** si riferisce ad “un cambiamento dello stato del clima che persiste per un periodo di tempo prolungato (solitamente decenni o più), e identificabile (per esempio, attraverso l'uso di test statistici) da cambiamenti della media e/o della variabilità delle sue proprietà. Il cambiamento climatico può essere dovuto a processi naturali interni o a forzanti esterne, come le modulazioni dei cicli solari, le eruzioni vulcaniche, e i ripetuti cambiamenti antropogenici della composizione dell'atmosfera o dell'uso del suolo”.

Questa definizione differisce da quella fornita dalla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC-United Nations Framework Convention on Climate Change), nel suo articolo 1, che definisce il cambiamento climatico come: "un cambiamento del clima, attribuibile direttamente o indirettamente all'attività umana, che altera la composizione dell'atmosfera globale e che si somma alla variabilità climatica naturale osservata nel corso di periodi di tempo confrontabili". L'UNFCCC fa quindi una distinzione tra il cambiamento climatico, imputabile alle attività umane che alterano la composizione dell'atmosfera, e quella che è definita come variabilità climatica attribuibile a cause naturali.¹

Gli **impatti (conseguenze, esiti)** dei cambiamenti climatici rappresentano invece gli effetti di tali fenomeni (eventi meteorologici e climatici estremi e dei cambiamenti climatici) sui sistemi naturali e umani.ⁱⁱ Gli impatti vengono riferiti agli “effetti su persone, abitazioni, salute, ecosistemi, beni e risorse economiche, sociali e culturali, servizi (inclusi quelli ambientali) e infrastrutture dovuti all'interazione dei cambiamenti climatici o degli eventi climatici pericolosi che si presentano entro uno specifico periodo di tempo, e alla vulnerabilità di una società o di un sistema esposti ai cambiamenti climatici stessi. Ci si riferisce inoltre agli impatti come a conseguenze ed esiti. Gli impatti dei cambiamenti climatici sui sistemi geofisici, compresi alluvioni, siccità e innalzamento del livello del mare, rappresentano un sottoinsieme di impatti denominati impatti fisici”.

Il concetto di “**vulnerabilità**” risulta più complesso e viene ampiamente utilizzato in diversi ambiti con accezioni anche differenti. Nel contesto legato ai cambiamenti climatici, la complessità deriva dal fatto che a partire dal 2001 e fino all'ultimo report IPCC del 2014, questo termine ha subito un'evoluzione significativa nella sua definizione (vedi Box 2).

La **vulnerabilità** è definita come “la propensione o la predisposizione ad essere negativamente colpiti. La Vulnerabilità comprende una varietà di concetti ed elementi inclusa la Sensibilità o la suscettibilità al danno e la mancanza di capacità di farvi fronte ed adattarsi”.

Secondo la nuova concezione IPCC, le tre componenti esposizione, sensibilità, e capacità di adattamento, vengono ora così definite:

- Esposizione: la presenza di persone, mezzi di sussistenza, specie ed ecosistemi, funzioni ambientali, servizi e risorse, infrastrutture, o beni economici, sociali, culturali in luoghi e contesti che potrebbero essere negativamente colpiti;

- Sensibilità: il grado in cui un sistema o una specie è affetto, sia negativamente che positivamente, dalla variabilità o dai cambiamenti climatici. L'effetto può essere diretto (ad es. un cambiamento nella resa colturale in risposta ad un cambiamento della media o variabilità della temperatura) o indiretto (ad es. danni causati da un aumento nella frequenza delle inondazioni costiere dovute all'innalzamento del livello del mare);

- Capacità di adattamento: la capacità dei sistemi, delle istituzioni, degli esseri umani, e di altri organismi di adeguarsi ai potenziali danni, di trarre vantaggio dalle opportunità, o di rispondere alle conseguenze.

Quest'ultimo rapporto evidenzia come la vulnerabilità venga ora definita seguendo la terminologia utilizzata nell'ambito della gestione del rischio, a differenza del *framework* concettuale proposto nel Rapporto IPCC AR4 (2007).

La vulnerabilità rappresenta ora una delle componenti dell'analisi del rischio, in aggiunta alle altre due componenti, la "sorgente di pericolo" (*hazard*) e l'"esposizione" (*exposure*) (Figura 27).

Box 2 Evoluzione del concetto di vulnerabilità.

Nei Report IPCC dal 2001 al 2007, il concetto di vulnerabilità ha subito un'evoluzione minima e viene definita come "[...] il grado in cui un sistema è suscettibile, o incapace di far fronte, agli effetti avversi dei cambiamenti climatici, inclusa la variabilità climatica e gli estremi. La vulnerabilità è funzione della tipologia, dell'intensità e del tasso di cambiamento e della variazione del clima al quale un sistema è esposto, della sua sensibilità e della sua capacità di adattamento".

La vulnerabilità risultava quindi funzione di tre componenti:

- *esposizione*: la natura e il grado al quale un sistema è esposto a significative variazioni climatiche;
- *sensibilità*: grado in cui un sistema è affetto, sia negativamente che positivamente, da stimoli di natura climatica. L'effetto può essere diretto (ad es. un cambiamento nella resa colturale in risposta ad un cambiamento della media o variabilità della temperatura) o indiretto (ad es. danni causati da un aumento nella frequenza delle inondazioni costiere dovute all'innalzamento del livello del mare);
- *capacità di adattamento*: la capacità di un sistema di adeguarsi ai cambiamenti climatici (inclusa la variabilità e gli estremi), di moderare i potenziali danni, di trarre vantaggio delle opportunità, o di far fronte alle conseguenze.

Con il Rapporto Speciale sugli Eventi Estremi e con l'ultimo Rapporto AR5, l'evoluzione terminologica ha invece modificato in maniera sostanziale il concetto di vulnerabilità e delle sue componenti.

La **vulnerabilità** è definita come "la propensione o la predisposizione ad essere negativamente colpiti. La Vulnerabilità comprende una varietà di concetti ed elementi inclusa la Sensibilità o la suscettibilità al danno e la mancanza di capacità di farvi fronte ed adattarsi", e rappresenta ora una delle componenti dell'analisi del rischio, in aggiunta alle altre due componenti, la "sorgente di pericolo" (*hazard*) e l'"esposizione" (*exposure*). Secondo questa definizione più recente, la vulnerabilità risulta quindi determinata dalla combinazione tra sensibilità e capacità di adattamento, a differenza del concetto espresso nel Report AR4 (2007) dove risultava dalla combinazione tra esposizione, sensibilità e capacità di adattamento.

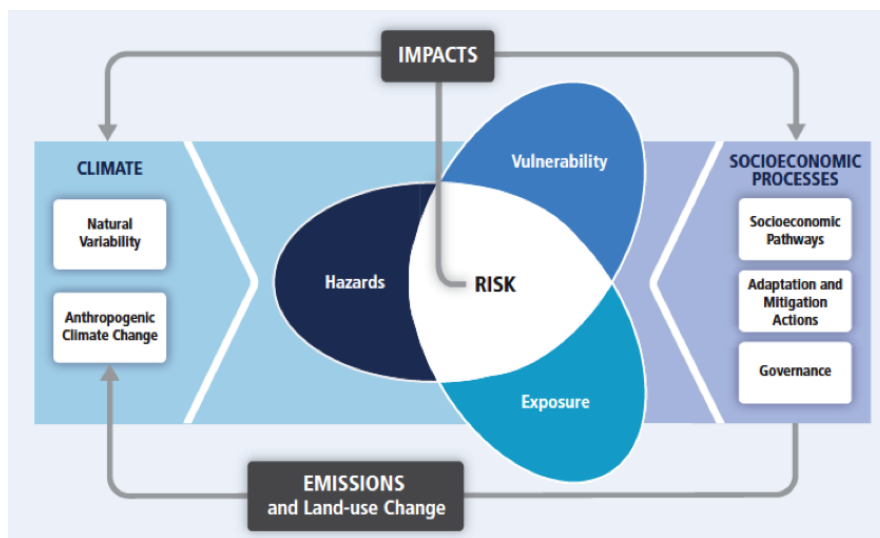


Figura 27 Schema dei concetti chiave di vulnerabilità e rischio secondo l'ultimo rapporto AR5 dell'IPCC (IPCC, 2014b).

La **sorgente di pericolo (hazard)** viene definita come “il potenziale verificarsi di un evento fisico naturale o di origine antropica o di un trend o di un impatto fisico che potrebbe causare perdita di vite umane, feriti, o altri impatti sulla salute, così come danni o perdite di proprietà, infrastrutture, mezzi di sussistenza, fornitura di servizi, ecosistemi, e risorse ambientali. Nell'ambito dei cambiamenti climatici questo termine si riferisce ad eventi fisici associati al clima o a trend o ai loro impatti fisici”.

Il **rischio** rappresenta invece “il potenziale associato alle conseguenze, dove qualcosa è in gioco ed il risultato è incerto, riconoscendo la diversità dei valori. Il rischio è frequentemente rappresentato come la probabilità di accadimento di un evento o trend pericoloso moltiplicato per gli impatti in caso tali eventi o trend accadano”. Il rischio risulta quindi dall'interazione tra la vulnerabilità, l'esposizione e la sorgente di pericolo.

Secondo questa definizione più recente, **la vulnerabilità risulta quindi determinata dalla combinazione tra sensibilità e capacità di adattamento.**

Secondo il recente approccio IPCC, quindi la sorgente di pericolo (*hazard*) rappresenta tutti quei fattori o elementi climatici esterni al sistema, precedentemente identificati nella componente esposizione. I fattori interni al sistema sono invece rappresentati dai concetti di sensibilità e capacità di adattamento che determinano la vulnerabilità del sistema. L'esposizione rappresenta tutti quei fattori del sistema (elementi esposti) che concorrono in maniera addizionale a determinare il rischio finale derivante dai cambiamenti climatici. Dalla diversa combinazione di tutte queste componenti è possibile quindi analizzare la vulnerabilità del sistema o la sua propensione al rischio.

3.1.2. Le catene di impatto

La valutazione della vulnerabilità e/o della propensione al rischio di un determinato sistema o territorio, in seguito ai cambiamenti climatici, risulta un passo fondamentale per lo sviluppo di adeguate politiche di adattamento. Una condizione imprescindibile, infatti, per una corretta gestione del territorio ed una pianificazione volta a conservare e/o valorizzare le risorse e a ridurre le criticità legate al fenomeno del cambiamento climatico, è la conoscenza degli elementi ambientali, sociali ed economici che determinano la vulnerabilità del territorio e la comprensione della loro interazione col clima che cambia.

Esistono diverse metodologie ed approcci sviluppati, a livello internazionale, per la valutazione della vulnerabilità di un sistema/territorio, diversificati a seconda che le informazioni finali siano di tipo quantitativo o qualitativo.ⁱⁱⁱ La Tabella 29, sviluppata nell'ambito del Progetto LIFE MASTER-ADAPT, riporta un elenco dei principali documenti utili per effettuare una analisi di vulnerabilità ai cambiamenti climatici a seconda dell'approccio utilizzato. Ogni approccio è basato su diverse tecniche, pratiche e interventi. La scelta tra un metodo quantitativo (cioè che restituisce l'informazione sotto forma di numero o punteggio), o qualitativo (che restituisce l'informazione sotto forma di livello, ad es. medio, basso), dipende da diversi fattori, tra cui: l'obiettivo finale dell'analisi, il tipo di informazioni e dati disponibili, le competenze tecniche, il tempo a disposizione, i vincoli di budget, ecc.

Tabella 29 Esempi di possibili fonti per le valutazioni di vulnerabilità qualitative e quantitative (da "Linee guida, principi e procedure standardizzate per l'analisi climatica e la valutazione della vulnerabilità a livello regionale e locale", LIFE MASTER-ADAPT, 2018, <https://masteradapt.eu/wordpress/wp-content/uploads/2018/03/MA-linee-guida-A1-1.pdf>).

Approccio qualitativo

Urban vulnerability to climate change in Europe – an interactive Mapbook

Preparing for Climate Change: A Guidebook for Local, Regional, and State Governments

Approccio quantitativo

The Vulnerability Sourcebook – Concepts and guidelines for standardized vulnerability assessments

ESPON - Climate Change and Territorial Effects on Regions and Local Economies

CLIMSAVE – Climate Change Integrated Assessment Methodology for Cross-Sectoral Adaptation and Vulnerability in Europe

PESETA I and II – Projections of economic impacts of climate change in sectors of the European Union

Questi due metodi (qualitativi e quantitativi) per la valutazione della vulnerabilità possono essere complementari tra loro e rispondere all'esigenza di avere una analisi del territorio più rispondente alla realtà locale e agli obiettivi prefissati.

L'approccio proposto in questo documento per la valutazione della vulnerabilità della Regione Sardegna ai cambiamenti climatici si basa sull'utilizzo di indicatori che riescono, in maniera congiunta, a rappresentare i diversi aspetti del territorio, di natura sociale, economica e ambientale, prendendo spunto dalla metodologia sviluppata e proposta dal Progetto LIFE MASTER-ADAPT, e in linea con gli ultimi lavori pubblicati dall'Agenzia Europea sull'Ambiente (EEA), volti a valutare la vulnerabilità dei Paesi Europei ai cambiamenti climatici.^{iv} Un indicatore rappresenta una informazione/dato da utilizzare come *proxy* per descrivere un fenomeno e/o specifiche caratteristiche del sistema o del territorio, per identificare e valutare i principali fattori e beni maggiormente esposti al cambiamento climatico, per valutare la suscettibilità al danno di quel territorio derivante dai cambiamenti climatici e per avere informazioni sulla capacità del territorio di rispondere e/o adattarsi a tali cambiamenti.

In aggiunta, in linea con le più recenti linee guida sviluppate a livello internazionale,^v viene qui proposto l'approccio basato sullo sviluppo di "Catene di Impatto", specifiche per il territorio, per il singolo fenomeno analizzato e il settore di rilevanza.

Una catena d'impatto è uno strumento analitico, relativamente semplice da sviluppare, che aiuta ad approfondire, descrivere e valutare i fattori che guidano la vulnerabilità e/o la propensione al rischio nel sistema di interesse. La struttura della catena di impatto sviluppata secondo il nuovo approccio IPCC si basa quindi sulla comprensione delle singole componenti della vulnerabilità/rischio (Figura 28) e di tutti gli elementi o fattori che le compongono (Figura 29).

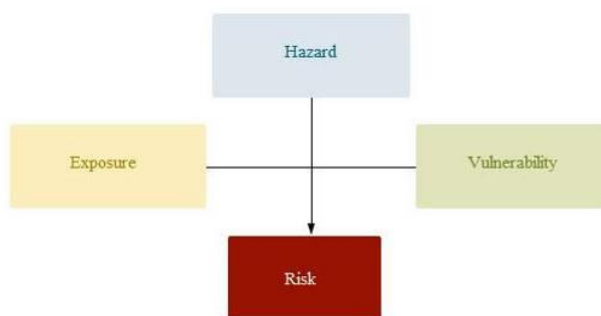


Figura 28 Struttura generale di una catena di impatto, con rappresentate le singole componenti che determinano il rischio, secondo l'approccio IPCC (2014b) (da Giz, 2017).

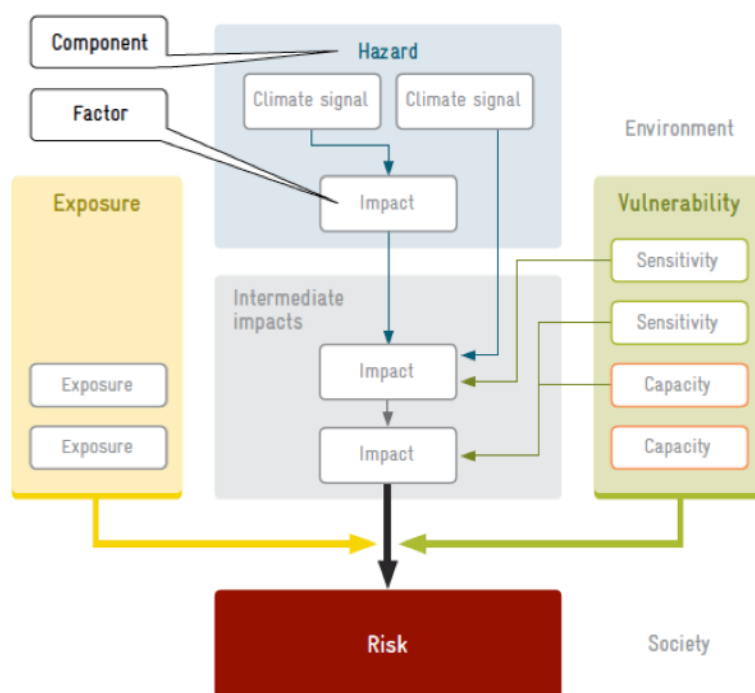


Figura 29 Struttura di dettaglio di una catena di impatto secondo l'approccio IPCC (2014b) (da Giz, 2017).

Una catena è composta dalle tre componenti del rischio (sorgente di pericolo o *hazard*, esposizione o *exposure*, e vulnerabilità o *vulnerability*) (Figura 28 e box colorati in Figura 29). Ogni componente è inoltre caratterizzata da elementi e/o fattori (scatole bianche in Figura 26).

La componente "esposizione" è costituita da uno o più fattori che rappresentano l'esposizione del sistema/territorio al fenomeno climatico, mentre la componente "vulnerabilità" è costituita dalla combinazione di fattori che rappresentano da un lato la sensibilità e dall'altro la capacità di adattamento del sistema/territorio al quel determinato fenomeno climatico.

In contrasto con queste tre componenti, gli "impatti intermedi" (raffigurati dal box grigio chiaro in Figura 29), non rappresentano una componente del rischio finale ma sono uno strumento aggiuntivo per descrivere più nel dettaglio la catena causa-effetto che determina il rischio. Per definizione, sono una funzione sia del rischio che della vulnerabilità, il che significa che tutti gli impatti identificati che non dipendono solo dal segnale climatico, ma anche da uno o più fattori di vulnerabilità, devono essere collocati in questa categoria nello sviluppo della catena.⁸

⁸ Per esempio se consideriamo il rischio di scarsità idrica per gli agricoltori, il segnale climatico (o *hazard*) può essere rappresentato dal fattore "Precipitazioni scarse", l'impatto intermedio collegato al segnale climatico può essere rappresentato da "Acqua insufficiente per l'irrigazione", che a sua volta dipende però anche dalle condizioni di vulnerabilità del sistema in termini di sensibilità ("Richiesta di acqua

Per lo sviluppo delle catene di impatto, sono stati seguiti 4 passaggi sequenziali (Figura 30):

1. Identificazione del rischio e dei principali impatti potenziali dovuti ai cambiamenti climatici
2. Identificazione della sorgente di pericolo, ed eventualmente dell'impatto intermedio (o impatto fisico diretto)
3. Identificazione degli elementi del sistema esposti al rischio climatico
4. Identificazione dei fattori di sensibilità e capacità di adattamento per la determinazione della vulnerabilità del sistema

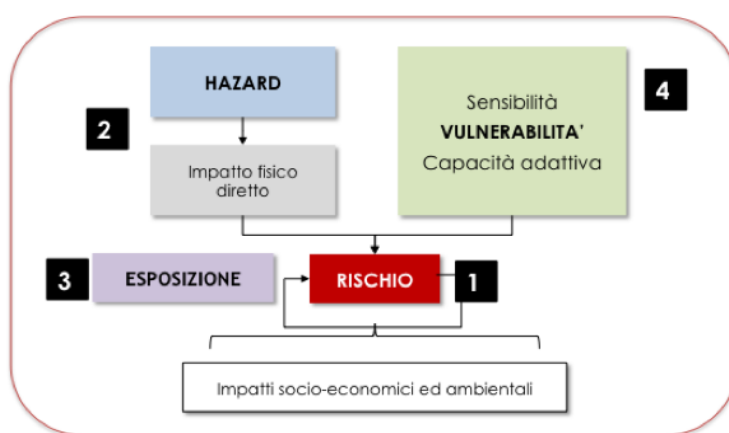


Figura 30 Passaggi seguiti per l'elaborazione di una catena di impatto.

Come descritto in Figura 30, il punto partenza nello sviluppo della catena di impatto è stato quindi quello di identificare i principali rischi o impatti climatici (ad esempio "rischio di scarsità d'acqua per gli agricoltori" o "scarsità idrica") (Passo 1). In alcuni casi, lo stesso rischio (o impatto) analizzato si è rivelato comune a più settori (ad es. agricoltura e insediamenti urbani). Si è proceduto quindi a sviluppare catene di impatto separate per ciascun settore di riferimento.

Sono stati successivamente identificati i relativi segnali climatici e/o gli impatti fisici diretti che concorrono a determinare il singolo rischio per singolo settore (Passo 2). In alcuni casi è stato identificato anche l'impatto intermedio.

In genere, i fattori che compongono il segnale climatico sono rappresentati da dati o indicatori facilmente misurabili, come temperatura e precipitazioni, o da alcuni più complessi quali evapotraspirazione e giorni siccitosi (vedi analisi climatica nel capitolo 1). La distinzione tra segnale climatico e impatto intermedio è stata fatta secondo questo principio: i fattori del segnale climatico possono essere rilevanti per ciascuna

troppo elevate da parte delle colture" e di capacità di adattamento (Bassa efficienza del sistema di irrigazione").

delle tre componenti di rischio (*hazard*, vulnerabilità, esposizione), mentre tra gli impatti intermedi sono stati collocati quei fattori che sono a loro volta influenzati sia dall'*hazard* e sia dalla componente vulnerabilità (risultano quindi dipendenti da altri).

I fattori che rappresentano la componente “esposizione” sono stati quindi identificati analizzando le caratteristiche del sistema/territorio, in termini di popolazione, infrastrutture, beni e servizi che possono essere esposti a danni derivanti dai cambiamenti climatici (Passo 3).

Infine, sono stati analizzati gli elementi fisici, socio-economici, culturali che possono determinare una maggior o minore sensibilità del territorio al rischio climatico e la sua capacità di rispondere e fronteggiare lo stimolo negativo, per poter giungere alla valutazione della vulnerabilità del sistema/territorio (Passo 4).

In particolare, i fattori che determinano la capacità di adattamento fanno riferimento agli aspetti che caratterizzano l'abilità (o la mancanza di abilità) del sistema di far fronte ad una situazione avversa, nonché a quegli aspetti che determinano l'abilità (o la mancanza di capacità) di adattarsi alle situazioni future. Ad esempio, quando possibile sono stati considerati aspetti che riguardano il livello di conoscenza e di competenze utili per adattarsi alla nuova condizione futura, aspetti legati alla presenza/assenza di un buon livello tecnologico per affrontare la problematica, così come aspetti legati al mondo istituzionale ed economico (ad es. programmazione attuale/futura, risorse economiche e finanziarie).

Sono stati inoltre seguiti 2 principi di base:

- Ogni fattore deve essere allocato in una sola componente, onde evitare situazioni di doppio conteggio
- I fattori assegnati ad una componente devono essere il più possibile indipendenti da fattori di altre componenti.

L'obiettivo di sviluppare le catene di impatto è stato quello di fornire non solo una comprensione più dettagliata del rischio climatico e delle sue diverse componenti, ma di avere informazioni utili anche dal punto di vista più operativo, in quanto rappresentano la base conoscitiva essenziale per guidare la successiva identificazione di obiettivi e opzioni di adattamento specifiche per rispondere al singolo rischio e settore di rilevanza. Nella parte relativa alla descrizione dei singoli settori analizzati verranno descritte le relative catene di impatto sviluppate.

3.1.3. Calcolo degli indicatori di esposizione, sensibilità e capacità adattiva

La valutazione della vulnerabilità e del rischio associato ai cambiamenti climatici si basa sull'utilizzo di indicatori da utilizzare come *proxy* per descrivere i singoli fattori delle componenti che portano alla determinazione del rischio (e della vulnerabilità) del

sistema: esposizione, sensibilità e capacità adattiva. Gli indicatori che descrivono la componente *hazard* sono descritti nel capitolo 1.

Per ciascuna catena di impatto sviluppata sono stati selezionati gli opportuni indicatori necessari per descrivere le singole componenti (si vedano i paragrafi successivi sulle catene di impatto settoriali). Condizione necessaria per lo sviluppo di catene di impatto, specifiche per settore e rischio di interesse, che siano rappresentative ed esplicative, è la disponibilità dei dati necessari per calcolare gli opportuni indicatori che descrivono il fenomeno analizzato, che devono essere facilmente reperibili. Gli indicatori utilizzati nelle diverse catene di impatto sviluppate sono stati selezionati sulla base dei dati disponibili al momento dell'analisi. Viceversa, la selezione delle catene di impatto da sviluppare si è basata sulla reperibilità dei dati da poter utilizzare, disponibili su scala comunale.

Di seguito si riportano i passaggi comuni effettuati, necessari per uniformare i dati e procedere al calcolo degli indici aggregati.

Come riportato nella metodologia di riferimento,^{vi} utilizzata anche nel Progetto LIFE MASTER-ADAPT, si è proceduto attraverso le seguenti fasi (Figura 31):

- i. Raccolta dati;
- ii. Normalizzazione e Allineamento degli indicatori;
- iii. Ponderazione degli indicatori;
- iv. Calcolo dell'Indice Aggregato.



Figura 31 Fasi del percorso per il calcolo degli indicatori durante lo sviluppo delle catene di impatto per i singoli settori e rischi analizzati.

Raccolta dati

Per ciascuna componente (esposizione, sensibilità e capacità di adattamento) sono stati selezionati da uno a più indicatori utili a descriverne le caratteristiche. Ciascun

indicatore selezionato è rappresentato da valori (dati), reperiti a livello comunale o di bacino, necessari per la sua determinazione e il suo calcolo. A seconda del settore e della disponibilità dei dati può essere utilizzata una scala di rappresentazione differente.

Ogni indicatore è stato selezionato sulla base di alcuni requisiti:

- avere adeguata risoluzione spaziale e temporale;
- presentare continuità (assenza di dati mancanti nel database);
- accessibilità (provenire da un database facilmente accessibile);
- fornire informazioni il più aggiornate possibile;
- affidabilità.

A seconda dell'impatto potenziale dei cambiamenti climatici considerato nell'analisi di vulnerabilità/rischio, i dati reperiti sono di natura puntuale, georeferenziata, o altro. Diverse fonti sono state utilizzate per il reperimento dei dati necessari per il calcolo degli indicatori. Tra queste si citano:

- documentazione regionale e locale;
- studi specifici di settore;
- Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT);
- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA);
- Portali web e/o geo-database disponibili;
- Dati da analisi di telerilevamento (*remote sensing analysis*).

In alcuni casi, qualche indicatore è rappresentato da valori derivanti da analisi modellistica (si vedano i paragrafi successivi per i specifici settori).

Normalizzazione e Allineamento degli indicatori

In presenza di più indicatori per ciascuna componente di esposizione, sensibilità e capacità di adattamento, si è proceduto ad uniformare i dati tra loro, tramite il processo di normalizzazione, per permettere di calcolare un indice globale sintetico per ciascuna categoria (es. Indice di esposizione, Indice di sensibilità e Indice di capacità adattiva).

La normalizzazione ha consentito di trasformare i valori degli indicatori, misurati a diverse scale e in unità differenti, in valori comparabili, slegati da unità di misura, che possono essere considerati su una scala comune (valori tra 0 e 1). Il valore 0 rappresenta il livello ottimale, mentre il valore 1 rappresenta la situazione più critica.

Nel caso di indicatori metrici, rappresentati da valori misurati usando una scala metrica (valori numerici definiti e di eguale intervallo, ad es. temperatura,

precipitazione, densità di popolazione, percentuale di aree verdi, ecc.) sono stati normalizzati applicando il metodo del Min-Max, attraverso la seguente formula:

$$X_i, \text{ da } 0 \text{ a } 1 = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$$

dove,

X_i , da 0 a 1 = il nuovo valore normalizzato

X_i = il punto dati da trasformare

$X_{\min}$ = il valore più basso per quell'indicatore

$X_{\max}$ = il valore più alto per quell'indicatore

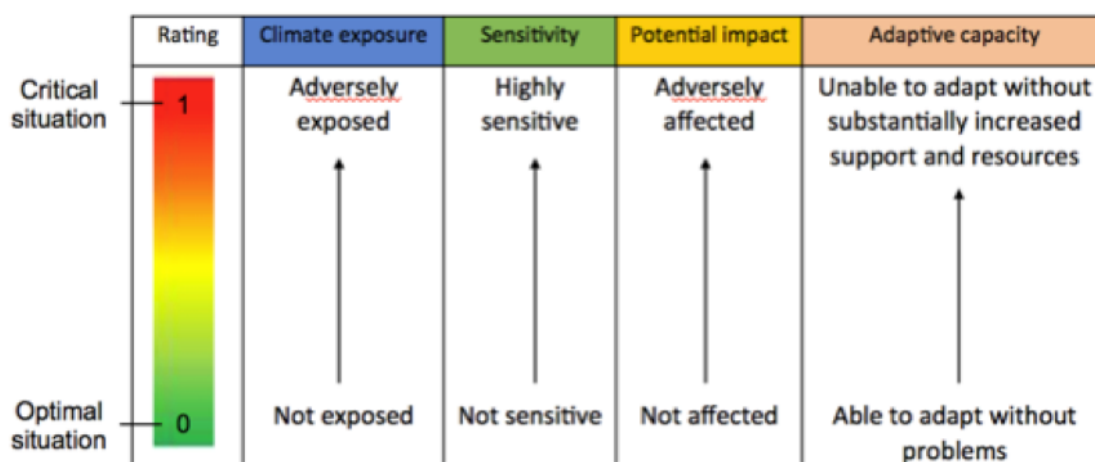


Figura 32 Schema concettuale dell'allineamento degli indicatori normalizzati (Fonte: Progetto H2020 Soclimpact).

Il processo di normalizzazione trasforma i valori dell'indicatore in valori standardizzati da 0 a 1, sottraendo il valore minimo e dividendo per il *range* di valori dell'indicatore.

I nuovi valori degli indicatori così ottenuti sono stati "allineati" in modo che "la direzione" dell'intervallo sia la stessa per tutti gli indicatori della stessa categoria (Figura 32): valori più bassi (vicini allo zero) riflettono condizioni positive ai fini della vulnerabilità (es. bassa esposizione, bassa sensibilità) e valori più alti (prossimi ad 1) condizioni più critiche/negative (più il valore è alto maggiore è la vulnerabilità).

Un caso diverso è rappresentato dalla capacità di adattamento, in cui valori più bassi indicano condizioni negative per la vulnerabilità (es. bassa capacità di adattamento) mentre valori più alti rappresentano condizioni positive ai fini della vulnerabilità (maggiore è la capacità di adattamento minore è la vulnerabilità). In questo caso il *range* di valori dell'indicatore è stato quindi invertito in modo che il

valore più basso sia rappresentato dal valore standardizzato 1 e il più alto sia rappresentato dal valore standardizzato 0. Questa inversione è stata fatta sottraendo il valore dell'indicatore da 1.

Nel caso di indicatori non metrici, come ad es. indicatori di categoria (ad es. livello di istruzione) e indicatori nominali (ad es. tipo di coltura), la normalizzazione è stata fatta attraverso la loro attribuzione in cinque classi, in cui la classe più bassa rappresenta condizioni ottimali e quella più alta condizioni più critiche, secondo il seguente schema:

CLASSE N.	DESCRIZIONE
1	Ottimale
2	Piuttosto positiva
3	Neutrale
4	Piuttosto negativa
5	Critica

I valori classificati nelle cinque classi sono stati quindi successivamente ricondotti nell'intervallo di valori da 0 a 1 (secondo lo schema sotto), in modo da poter essere comparabili e confrontabili con gli altri indicatori metrici.

CLASSE N.	DESCRIZIONE	VALORE		Range indicatore (0-1)
1	Ottimale	0 – 0,2	=>	0,1
2	Piuttosto positiva	0,2 – 0,4		0,3
3	Neutrale	0,4 – 0,6		0,5
4	Piuttosto negativa	0,6 – 0,8		0,7
5	Critica	0,8 – 1		0,9

Ponderazione degli indicatori

Alcuni indicatori possono essere più influenti di altri nel descrivere le caratteristiche di esposizione, sensibilità e capacità adattiva del sistema in esame. Ove possibile, in presenza di questa informazione, si è proceduto ad assegnare dei pesi a ciascun indicatore in modo da determinare la loro maggiore (o minore) influenza all'interno della valutazione. Peso maggiore significa maggiore influenza di quell'indicatore ai fini

dell'analisi e viceversa. In caso di pesi uguali per diversi indicatori significa che questi hanno la stessa influenza ai fini dell'analisi.

In assenza di informazioni in tal senso (derivanti o da letteratura scientifica o da colloqui con esperti), si è assegnato il valore 1 come peso per ciascun indicatore.

Calcolo dell'Indice Aggregato

Gli indicatori precedentemente normalizzati e ricondotti ai valori nel range 0-1 sono stati aggregati per elaborare i tre Indici Globali di Esposizione, Sensibilità e Capacità di Adattamento.

Il metodo di aggregazione utilizzato è stato quello della "Aggregazione aritmetica ponderata".

I valori normalizzati degli indicatori così uniformati sono stati moltiplicati per il peso (w) loro assegnato, sommati, e successivamente divisi per la somma dei loro pesi in base alla seguente formula:

$$\text{Indice globale} = (E_1 * w_1 + E_2 * w_2 + \dots E_n * w_n) / (w_1 + w_2 + \dots + w_n)$$

In caso di pesi uguali (pari a 1) gli indicatori sono stati semplicemente sommati e divisi per il numero di indicatori. Tutti gli indicatori sono stati "allineati" prima di procedere alla loro aggregazione.

ⁱ IPCC, 2014c.

ⁱⁱ IPCC, 2014b.

ⁱⁱⁱ Giordano et al., 2013.

^{iv} EEA, 2017a, b.

^v GIZ, 2014, 2017.

^{vi} GIZ, 2014.

3.2. Analisi di vulnerabilità e propensione al rischio

3.2.1. Stato dell'arte su impatti, vulnerabilità, e propensione al rischio in Sardegna

3.2.1.1. Il comparto agricolo e forestale

Comparto agricolo

Il settore agricolo è uno dei settori più vulnerabili agli impatti dei cambiamenti climatici in quanto le variabili meteorologiche sono *drivers* diretti nel determinare la produzione delle colture. L'incremento delle temperature medie e la variazione del regime delle precipitazioni, così come la variazione nella frequenza e nell'intensità di eventi estremi, sta già influenzando la produttività delle colture e degli allevamenti in molte regioni europee e le condizioni climatiche attese influenzeranno in maniera ancora più evidente questi sistemi nel futuro.ⁱ Questi impatti potranno essere sia positivi che negativi in relazione alle specie e alle aree geografiche in esame e in dipendenza da una varietà di fattori tra cui anche la capacità di adattamento dei sistemi.ⁱⁱ L'areale mediterraneo risulta ancora più vulnerabile in quanto in quest'area sono attese variazioni di temperatura che superano di circa il 25% le medie globali annuali e di oltre il 40% durante il periodo estivo.ⁱⁱⁱ Questo significa che in relazione ad un rialzo termico atteso per fine secolo di circa 4.5 °C, l'areale Mediterraneo potrà raggiungere temperature medie oltre i 5.5 °C. A tali incrementi è inoltre associata una maggiore frequenza di eventi di temperatura estrema e di ondate di calore.^{iv}

Il rapporto dell'Agenzia Europea dell'Ambiente^v evidenzia tra i principali impatti attesi per il settore agricolo una variazione delle fasi fenologiche (es. un anticipo della data di fioritura e di raccolta dei cereali), un incremento della durata della stagione di crescita in areali del nord Europa, con la conseguente espansione delle aree vocate e possibili incrementi di resa per alcune colture (es. vite, mais), e per contro, evidenzia per gli areali del sud Europa una perdita di produttività dovuta sia ad una stagione di crescita più breve ed uno sviluppo colturale più rapido, con conseguente riduzione di accumulo di biomassa, sia a condizioni di maggiore evapotraspirazione e incremento delle richieste idriche colturali. Inoltre l'atteso incremento dell'intensità e della frequenza del verificarsi di condizioni climatiche estreme (come eventi siccitosi prolungati, precipitazioni intense e fenomeni alluvionali, ondate di calore, etc.) potrà determinare un incremento del rischio di perdita delle produzioni di diverse colture, con effetti sui prezzi dei prodotti e sulla sicurezza alimentare.

Nello specifico, la produttività colturale subisce l'effetto diretto di diversi fattori legati al clima, come l'incremento delle temperature e la variazione del regime delle precipitazioni. Temperature più elevate determinano infatti effetti negativi sul

riempimento delle cariossidi e sulla produzione a causa del minore tempo per l'accumulo della biomassa.^{vi} Le temperature più elevate registrate nelle ultime decadi sono state considerate responsabili del livellamento delle rese in diversi Paesi europei, nonostante l'incrementato sviluppo tecnologico e il miglioramento genetico.^{vii} La sensibilità delle colture all'incremento delle temperature deriva non solo dalle specifiche caratteristiche colturali e quindi dal grado intrinseco di tolleranza ma anche dallo specifico stadio di sviluppo in cui si verificano. Ad esempio elevate temperature anche per un breve periodo (1-3 giorni con temperature oltre i 33°C) durante la fioritura o il riempimento della cariosside possono avere effetti estremamente negativi sulla produzione.^{viii} Elevate temperature per periodi prolungati possono portare anche ad una perdita totale della produzione.^{ix} Questi cali di produzione saranno ancora più marcati in conseguenza delle proiezioni climatiche di incremento di temperatura attese sotto vari scenari di cambiamento climatico, soprattutto se in concomitanza con riduzioni della disponibilità idrica, e saranno quindi particolarmente marcati nelle regioni del sud-Europa^x portando anche ad un deterioramento della qualità di alcune produzioni (es. qualità dei vini^{xi}), ad una maggiore variabilità inter annuale delle produzioni soprattutto a partire dal 2030,^{xii} ad un maggiore rischio di perdita della produzione soprattutto per colture a ciclo primaverile-estivo coltivate in asciutto e allo spostamento degli areali di coltivazione verso latitudini e quote più elevate.^{xiii} Riduzioni del 12% per la produzione di girasole e del 14% per colture da tubero sono attese in sud Europa,^{xiv} riduzioni per la produzione di mais, girasole e barbabietola da zucchero sono ad esempio attese in Italia e Portogallo.^{xv} Le variazioni del clima potranno determinare una riduzione della produzione, e in alcuni casi anche della qualità del prodotto, per colture arboree quali olivo e vite e fruttiferi in generale.^{xvi} Nel caso delle colture ortive (es. pomodoro) il principale fattore limitante sarà la disponibilità irrigua.^{xvii}

Inoltre l'incrementata concentrazione di CO₂ può avere un effetto (maggiore o minore a seconda della tipologia colturale) sul tasso fotosintetico e sull'efficienza di utilizzo dell'acqua da parte della coltura.^{xviii} Alcune colture, classificate come C3 (es. cereali quali frumento, riso, orzo; leguminose; colture foraggere; piante da frutto; etc.), potranno in parte compensare gli impatti negativi delle mutate condizioni climatiche in quanto capaci di rispondere più efficientemente agli effetti diretti dell'aumento della concentrazione atmosferica di CO₂ rispetto alle specie C4 (es. cereali quali mais, sorgo, miglio; canna da zucchero; etc.).^{xix} Tuttavia l'effetto positivo della CO₂ non sempre è in grado di compensare l'effetto delle mutate condizioni climatiche attese^{xx} e inoltre le complesse interazioni tra i vari fattori e le attuali lacune nelle conoscenze implicano incertezze elevate sulla stima del suo effetto.^{xxi} L'elevata concentrazione della CO₂ è inoltre considerata in alcuni casi responsabile di una ridotta qualità del prodotto, ad esempio può influenzare il contenuto proteico della granella dei cereali,^{xxii} riducendo la qualità di cottura del frumento.^{xxiii}

Il rapporto Peseta III^{xxiv}, recentemente pubblicato, mostra per le simulazioni in irriguo di mais e grano (senza considerare l'effetto della CO₂) riduzioni di resa per le aree mediterranee fino al 20%, mentre per le simulazioni in asciutto, il mais mostra sempre delle importanti riduzioni a differenza del frumento che mostra incrementi di resa in diverse aree (Sardegna compresa) nelle simulazioni senza considerare l'effetto della CO₂ e ancor di più in quelle che considerano tale effetto.

Il verificarsi inoltre di eventi estremi più frequenti e più intensi, in termini di ondate di calore, piogge di forte intensità, periodi siccitosi durante fasi chiave dello sviluppo delle piante (come fioritura, impollinazione, riempimento del frutto) e/o gelate durante la fase di ripresa vegetativa potranno ulteriormente accentuare gli impatti determinati dalle variazioni medie del clima, determinando una maggiore variabilità delle rese con una tendenza alla riduzione delle produzioni, ad un deterioramento della qualità delle stesse e ad una conseguente perdita di vocazionalità degli areali attualmente coltivati. Questi effetti saranno più marcati in sistemi produttivi ad alto livello di input colturali,^{xxv} essendo più esigenti in termini di richieste idriche.^{xxvi} Nell'areale mediterraneo è atteso per le prossime decadi un incremento della durata e dell'intensità dei periodi siccitosi che potranno portare ad una maggiore domanda di acqua per l'irrigazione,^{xxvii} riducendo la vocazionalità agricola di questi come riportato in diversi studi.^{xxviii}

La qualità e la quantità delle produzioni dipenderà anche dalle variazioni degli attacchi patogeni e parassitari che in alcuni casi potrebbero essere più accentuati a seguito delle mutate condizioni climatiche. Il cambiamento climatico potrà infatti determinare un'estensione dell'attività di tali agenti patogeni e parassitari e la loro espansione in nuovi areali determinando perdite di produttività.^{xxix} In generale, le proiezioni indicano un incremento dell'insorgenza di malattie soprattutto nelle regioni più fredde d'Europa, mentre una riduzione è attesa nelle regioni meridionali^{xxx} dovuta sia a condizioni di umidità inferiori che limitano il numero delle generazioni sia a più elevati valori di temperatura che limitano la diffusione di insetti e/o patogeni. Inoltre, i cambiamenti climatici possono influenzare la simbiosi tra piante e impollinatori (come le api), causata principalmente dall'effetto di alte temperature che alterano la sincronicità della relazione pianta / impollinatore.^{xxxi}

I cambiamenti climatici rappresentano un fattore di rischio anche per l'allevamento del bestiame, con effetti diretti e indiretti sul benessere animale e sulla loro produttività.^{xxxii} L'impatto indiretto è legato alla riduzione o non disponibilità di mangimi, a causa di elevate temperature e incrementato rischio di siccità che influenzano la produzione di prati e pascoli e la salute degli animali.^{xxxiii} Se, anche per gli allevamenti, l'allungamento della stagione di crescita per le colture e i prati potrebbe aumentare la produzione di sistemi di allevamento in nord Europa, le condizioni attese nel resto d'Europa, anche in seguito al diffondersi di agenti patogeni e vettori di agenti patogeni, potranno rappresentare una sfida importante per il settore.

L'impatto diretto più significativo è invece determinato dallo stress da calore, che può portare a una diminuzione della produzione di latte, dell'efficienza riproduttiva e della salute degli animali, con incrementato rischio di mortalità dovuto all'aumento delle temperature. Le temperature elevate hanno infatti un impatto negativo diretto sui processi fisiologici e comportamentali dell'animale come la termoregolazione, l'ingestione di alimenti e la risposta immunitaria.

A questi effetti diretti si aggiungono inoltre gli effetti indiretti che i cambiamenti climatici possono avere ad esempio sulla qualità degli alimenti e sulle dinamiche ecologiche e biologiche dei patogeni e dei loro vettori,^{xxxiv} nonché gli effetti indiretti che possono impattare sulle strutture di allevamento (fabbricati e attrezzature) riconducibili a eventi estremi come quelli alluvionali.

Il capitolo "Agricoltura e produzione alimentare" dell'Allegato 2 (Impatti e Azioni) al Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC), disponibile sul sito del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM)⁹, individua per la Regione Sardegna, che rientra nella macroregione 6, un livello di impatto potenziale atteso per il settore agricolo "ALTO" e identifica come principali minacce attese le seguenti:

- moderate riduzioni di resa per frumento duro e tenero leggermente più marcate in alcune aree con l'RCP 8.5;
- riduzioni di resa più marcate per il mais (soprattutto con RCP 8.5);
- incremento delle richieste idriche per diverse colture in asciutto (colture da tubero, olivo, vite);
- incremento dei costi di condizionamento termico per colture orticole (primaverili-estive) in ambiente controllato;
- incremento dei costi per produzioni irrigue;
- potenziale riduzione della produttività per colture da energia (colza, Brassica carinata, cartamo e cardo);
- potenziale riduzione della produttività dei sistemi pastorali estensivi;
- riduzione del benessere animale e del loro stato di salute;
- riduzione della quantità e qualità del latte ovi-caprino e bufalino;
- riduzione della quantità e qualità di carne prodotta (ovina e caprina).

Come possibili opportunità sono invece indicate:

- potenziale aumento delle produzioni invernali di foraggio;

⁹ <http://www.minambiente.it/pagina/consultazione-su-piano-nazionale-adattamento-cambiamenti-climatici>

- potenziale aumento delle rese in risicoltura;
- aumento della durata della stagione utile per alcune colture ortive di pieno campo.

Tale analisi tuttavia non è specifica per la Sardegna ma è riferita all'intera macroregione 6 che comprende oltre alla Sardegna, anche la Sicilia e il sud della Puglia e della Calabria.

Alla luce di queste considerazioni, diventa quindi fondamentale disporre di un'analisi focalizzata sulla regione Sardegna per avere una stima dei rischi attesi per il settore sulla base dell'analisi delle diverse componenti che lo determinano. Questo tipo di informazioni è infatti imprescindibile al fine di guidare la scelta verso le più opportune soluzioni di adattamento, che possono riguardare la realizzazione di interventi infrastrutturali (quali ad esempio nuove infrastrutture per l'irrigazione che possano aiutare l'agricoltura a gestire l'acqua in maniera più efficiente), l'implementazione di adeguate pratiche di gestione colturale e aziendale, quali tecniche innovative di agricoltura di precisione e l'adozione di tecniche colturali più sostenibili secondo i principi dell'agricoltura conservativa. Una gestione quindi orientata verso i principi della *Climate Smart Agriculture*,^{xxxv} che unisca gli obiettivi della sostenibilità delle produzioni alle necessità di adattamento ai cambiamenti climatici e di mantenimento di adeguati livelli di reddito.

Comparto forestale

Per quanto riguarda le analisi di propensione al rischio relative al comparto forestale in Sardegna ci siamo concentrati su due aspetti principali legati alla problematica dei cambiamenti climatici: il rischio incendi e la eventuale perdita di funzionalità e riduzione dei servizi ecosistemici delle foreste.

Gli incendi boschivi

In Sardegna, come in molte aree del Bacino del Mediterraneo, la maggior parte delle superfici bruciate e i conseguenti danni ambientali ed economici provocati dagli incendi sono ascrivibili a pochi eventi di grandi dimensioni. I dati dal 2004-2017, raccolti dal Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale (CFVA) mostrano come il 78% degli incendi abbia fatto registrare una dimensione compresa fra 1 e 10 ettari, mentre la superficie percorsa era pari a circa il 14% del totale. Gli incendi invece con dimensione superiore ai 100 ettari sono stati poco più del 4% del totale ma hanno percorso circa il 56% sul totale della superficie bruciata. Più in dettaglio, considerando solo gli incendi con dimensioni maggiori di 1000 ettari, nel periodo 2004-2017 ne sono stati registrati ben 22, con un'incidenza del 27% sulla superficie bruciata totale.

Questi incendi si sviluppano in giornate con condizioni meteorologiche predisponenti la propagazione (venti molto intensi, temperature elevate, bassa umidità atmosferica) e la disidratazione della vegetazione, e che presentano comportamento estremo (salti di fuoco, fuochi di chioma, intensità e velocità di avanzamento molto elevate).^{xxxvi}

L'azione sinergica di condizioni meteo-climatiche e dalle caratteristiche della vegetazione (quantità, struttura, umidità e infiammabilità) è stata evidenziata da numerosi studi. I lunghi periodi di temperature elevate e scarse precipitazioni, caratteristici delle estati mediterranee, contribuiscono infatti a disidratare la vegetazione combustibile (sia essa erbacea, arbustiva o arborea), rendendola più adatta ad alimentare il fuoco e a favorire l'insorgenza di incendi di grandi dimensioni. D'altro canto, anche la disponibilità o meno del materiale combustibile di dimensioni ridotte è un fattore di primaria importanza per favorire l'attività degli incendi: per esempio, la crescita del materiale erbaceo potrebbe essere limitata da condizioni più calde e secche, e quindi portare alla transizione del regime degli incendi guidato dal clima verso uno limitato dalla disponibilità di combustibile vegetale.^{xxxvii} Infine, è necessario considerare che la variabilità spazio-temporale del comportamento di un incendio è legata a condizioni a breve termine, come la velocità e la direzione del vento, l'umidità relativa, la temperatura.

Recenti studi^{xxxviii} hanno evidenziato negli ultimi decenni una serie di cambiamenti nel regime degli incendi che attraversano l'intero Bacino del Mediterraneo. In Europa, dagli anni '80 in poi sia l'area bruciata totale sia il numero di incendi nell'Europa mediterranea sono diminuiti rispettivamente del 66% e del 59% circa rispetto al valore medio annuo storico, con la sola eccezione del Portogallo, e questo nonostante le condizioni di siccità siano generalmente aumentate. I dati raccolti dall'ex Corpo forestale dello Stato confermano quest'andamento anche per l'Italia: dalla fine degli anni '70 e fino agli anni '90, il numero annuo di incendi è cresciuto fino a 11.000 eventi all'anno per poi calare di un terzo dal 2000 al 2007.

In questo contesto generale, la Sardegna non fa eccezione: analizzando i dati raccolti dal Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale (CFVA) dal 1971 al 2010, i dati relativi a numero di incendi e area bruciata sono diminuiti sensibilmente. In un elaborato di tesi di Master, Pisanu (2014) evidenzia come la superficie bruciata abbia registrato un incremento pressoché costante a partire dai primi anni del '70 sino a raggiungere un picco nel 1980 con oltre 70.000 ha percorsi dagli incendi, di cui il 13% della superficie percorsa era rappresentato da bosco. L'andamento è andato riducendosi per poi toccare un nuovo picco nel biennio 1993 – 1994 con un totale di 1.5×10^5 ha percorsi, di cui la superficie boscata rappresentava rispettivamente il 31% e 24% del totale. Al 1994 sono seguiti due anni che hanno registrato un minimo storico nel 1995 e nel 1996. Nel decennio 2000-2010 sono stati rilevati dei dati nettamente inferiori rispetto al periodo

precedente, con due picchi negli anni 2007 e 2009; allo stesso tempo è cresciuto l'apporto percentuale del bosco all'area bruciata, pari al 35% nel 2007 e al 28% nel 2009.

Nell'ambito del progetto di ricerca europeo Proterina C (2009-2012), si è evidenziato come, a livello spaziale, negli anni '70 la provincia di Nuoro fosse quella più interessata dagli incendi. In seguito si è verificato però uno spostamento dalle montagne centrali verso gli altopiani, le pianure e le zone costiere. A partire dagli anni '80 è stato registrato un incremento nella presenza del fenomeno nelle province di Cagliari e Oristano.

Il cambiamento nel regime degli incendi ha riguardato anche la tipologia di vegetazione percorsa dagli eventi di incendio. Sempre nell'ambito del progetto Proterina C (2009-2012), uno studio di più ampio respiro ha mostrato come, sino al '59, la superficie percorsa da incendi si dividesse a metà tra bosco e altre colture; col passare degli anni sono stati i prati e i pascoli ad avere il sopravvento sino ad arrivare ad una incidenza dell'80% negli anni '70, per poi superare il 90% negli anni '80.

Secondo diversi studi^{xxxix} le cause che hanno portato al cambiamento del regime degli incendi boschivi vanno ricercate nei cambiamenti socio-economici che hanno interessato tutto il bacino del Mediterraneo. La marcata industrializzazione e l'abbandono delle attività agricole e forestali, con un forte esodo rurale verso città e zone costiere, hanno portato da una parte all'incremento di quella che viene definita interfaccia urbano-rurale (WUI), che ha comportato una netta modifica dell'esposizione al rischio di tale aree, e dall'altra all'aumento del combustibile vegetale e a cambiamenti nella struttura e nella continuità delle comunità vegetali, modificando di conseguenza il paesaggio, il regime e il comportamento potenziale degli incendi.^{xl}

La combinazione di cambiamenti climatici e abbandono delle aree rurali e forestali, se non affrontato correttamente, potrà esacerbare la problematica degli incendi e provocare eventi sempre più intensi e significativi, in grado di determinare ingenti perdite economiche, ambientali e sociali.^{xli}

Le proiezioni dei cambiamenti climatici suggeriscono un sostanziale aumento delle temperature e delle condizioni di siccità che influenzeranno il regime degli incendi^{xlii} e potranno portare ad un incremento dei valori medi e massimi di pericolosità di incendio specialmente nelle aree del sud-ovest dell'Europa.^{xliii} In particolare, le aree che storicamente sono percorse dagli incendi mostrano ulteriori incrementi significativi della pericolosità potenziale di incendio boschivo. Attraverso un nuovo approccio modellistico,^{xliv} sono state identificate le aree che, a livello nazionale, verranno interessate più di altre da una maggiore probabilità di occorrenza e con maggiore intensità potenziale. La Sardegna si caratterizza per elevati valori di intensità potenziale, a causa della combinazione fra tipologie di combustibile di tipo arbustivo - che nel periodo estivo sono altamente infiammabili e in grado di originare incendi di

notevole intensità - e venti di forte intensità che alimentano la propagazione degli incendi e ne incrementano le lunghezze di fiamma.

Altri studi suggeriscono un forte impatto dei cambiamenti climatici sullo stato idrico della vegetazione.^{xlv} Potenziali problemi di stress idrico o disseccamento possono influire sull'infiammabilità della vegetazione, che sarà quindi più suscettibile all'innesco e potrà sostenere incendi di grande intensità, con possibili passaggi ad incendi di chioma.

È inoltre altamente probabile che la stagione degli incendi si allunghi, soprattutto nel centro-sud Italia. L'allungamento della stagione degli incendi e l'aumento delle giornate con pericolosità estrema si potrà tradurre in un aumento delle superfici percorse. Combinando la pericolosità di incendio (calcolata a partire da un solo modello climatico e due scenari di emissione) con diversi modelli statistici, un recente studio prospetta un aumento dell'area bruciata alla fine del XXI secolo dal 66% al 140% per l'area Euro-Mediterranea e dal 21% al 43% per l'Italia, a seconda dello scenario climatico considerato.^{xlvi}

I lavori scientifici convergono su un aumento potenziale delle superfici percorse, delle emissioni di gas serra^{xlvii} e dei crescenti pericoli nelle aree di interfaccia urbano-rurale e urbano-forestale, qualora non gestite in modo adeguato.^{xlviii} Questo quadro generale si traduce anche in significative ripercussioni sul recupero post-incendio della vegetazione arbustiva e forestale e sulla biodiversità, e potrebbe potenzialmente provocare un arretramento degli areali di diverse specie e uno spostamento verso nord e verso le aree montane di tipologie forestali più resistenti agli incendi.

Funzioni e servizi ecosistemici

Le proiezioni dei modelli climatici indicano che nell'area del Mediterraneo l'aumento delle temperature sarà più marcato rispetto alla media globale e che le precipitazioni diminuiranno con un conseguente aumento di intensità e durata dei periodi di aridità. Studi recenti mostrano come la vulnerabilità delle foreste all'aumento di aridità sia simile per i vari biomi^{xlix} indipendentemente dal regime pluviometrico attuale, dando una spiegazione sul perché il declino osservato delle foreste indotto dall'aridità non venga rilevato solo in aree aride ma anche nelle foreste umide temperate. In generale, ci si attende che un aumento dell'aridità comporterà una riduzione della produttività primaria delle foreste Mediterranee^l e a cambi di composizione delle comunità.

Sui Pirenei si sta già osservando una graduale sostituzione del Faggio con il Leccio.^{li} Rimane una forte incertezza sulla capacità della fertilizzazione da CO₂ di compensare la ridotta disponibilità idrica in quanto l'effetto sembra essere specie-specifico e inoltre dipendente dal tipo di suolo e disponibilità di nutrienti. La risultante potrebbe essere

che solo alcune specie potranno usufruire di un vantaggio da un aumento delle concentrazioni di CO₂, con conseguenze sulla biodiversità e composizione delle comunità forestali.

Gli approcci studiati in letteratura per stimare gli effetti dei cambiamenti climatici sulle foreste sono diversi, ma generalmente concordi. I due approcci più frequentemente utilizzati sono quelli basati su modelli di produttività, modelli di crescita o stima dei flussi di carbonio per gruppi di tipi di vegetazione, oppure basati su modelli di distribuzione delle specie. I primi indicano una tendenziale riduzione della produttività primaria delle foreste nelle aree del Mediterraneo mentre i secondi indicano un cambiamento di vocazionalità per le diverse specie forestali, più accentuata per le latifoglie. Al cambio di vocazionalità si dovrebbe associare una migrazione delle specie, ma le analisi indicano che la velocità di dispersione delle diverse specie forestali è troppo lenta se confrontata con la velocità del cambiamento climatico.

Nel Sud Europa la capacità adattativa è fortemente limitata dalla scarsa attività economica nel settore forestale e dalla mancanza di compensazioni ai proprietari privati per i servizi ecosistemici offerti dalle foreste, pertanto l'adattamento dovrebbe essere implementato con un forte intervento pubblico. Aree forestali di piccole dimensioni e frammentate sono spesso poco gestite o comunque gestite con una percezione del rischio fortemente soggettiva, di fatto limitando la possibilità di interventi mirati a pratiche di adattamento e di un uso efficiente delle biomasse e dei prodotti non legnosi.^{lii}

3.2.1.2. Il sistema delle acque interne

In Sardegna, così come in molte altre aree del Mediterraneo, l'equilibrio tra domanda e disponibilità idrica ha raggiunto un livello critico molto alto con livelli di sfruttamento spesso poco sostenibili. La regione mediterranea è diventata particolarmente vulnerabile alla siccità, con precipitazioni estremamente variabili e spesso poco "effettive" per rigenerare le risorse idriche. Inoltre queste risorse sono soggette a forti interessi e conflitti settoriali legati ad agricoltura e turismo, oltre all'uso domestico, che esercitano una pressione significativa e mettono in evidenza una scarsità delle risorse idriche disponibili. Dalla seconda metà del XX secolo, si è verificato un forte aumento della produttività agricola a seguito dell'intensificazione e della meccanizzazione dei processi agricoli, con una forte diffusione delle pratiche irrigue. Attualmente nel Mediterraneo l'agricoltura raggiunge una quota tra il 50 e l'80% del consumo totale di acqua (in Sardegna circa il 70%), a causa di una forte dipendenza sull'irrigazione diffusa per sostenere ed aumentare le rese di diverse colture.^{liii} Questa intensificazione porta a diversi impatti negativi sulle proprietà

ecologiche dei sistemi agricoli, ma anche ad eutrofizzazione e declino della qualità delle acque in alcune aree.^{liv} Ulteriori importanti interessi settoriali devono garantire fabbisogni idrici ad altri settori con priorità sociali, per consumi domestici ed economici, quali quelli legati all'industria ed al turismo. Conflitti tra questi settori emergono anche più criticamente perché la maggior parte della domanda viene utilizzata durante i mesi estivi quando le risorse idriche sono più scarse.

Molti studi suggeriscono che le aree agricole terrestri continueranno a diminuire in futuro, in associazione con un'agricoltura sempre più intensiva^{lv} ed una domanda irrigua crescente necessaria per soddisfare scenari futuri di sviluppo delle aree agricole irrigate. Inoltre si prevede che lo sviluppo urbano aumenterà in tutta Europa^{lvi} con forti concentrazioni di domande di risorse per uso civile ed una maggiore suscettibilità del territorio ad eventuali crisi idriche. Un'ulteriore pressione sulle risorse idriche sarebbe un'opzione difficilmente sostenibile per la gestione delle risorse idriche nel Mediterraneo, soprattutto in considerazione dei cambiamenti climatici previsti per la regione. I modelli climatici prevedono estati più calde e più secche per l'Europa meridionale con un progressivo aumento della frequenza e della gravità dell'aridità.^{lvii} Nell'Europa meridionale, il contenuto di acqua del suolo diminuirà, le condizioni di saturazione ed il drenaggio saranno sempre più limitati ai periodi invernali e primaverili^{lviii} con livelli di ricarica delle falde acquifere significativamente più ridotti.^{lix} Questo si traduce in una riduzione della portata dei fiumi e delle risorse d'acque superficiali e sotterranee, con impatti negativi su vari ecosistemi. Una riduzione delle risorse idriche spesso è associata ad un peggioramento della qualità dell'acqua perché è disponibile meno acqua per diluire gli inquinanti. Inoltre, si verificano sempre più frequentemente fenomeni d'intrusione salina nelle falde acquifere costiere, soprattutto in quelle sovrasfruttate.

La regione mediterranea deve attuare un approccio maggiormente sostenibile alla gestione delle risorse idriche, focalizzato sulla conservazione dell'acqua e su un utilizzo più efficiente. Quest'approccio deve tenere in considerazione un'equa distribuzione delle risorse idriche tra diversi settori, esigenze economiche e priorità sociali, che sono in concorrenza per le risorse idriche, ma anche la necessità di preservare l'ecologia di ecosistemi d'acqua dolce. Tuttavia, un aumento dell'irrigazione nel mediterraneo potrebbe non essere totalmente sostenibile.^{lx} In numerosi bacini idrografici le risorse idriche sono già ampiamente sfruttate e la loro affidabilità è minacciata dal declino indotto dai cambiamenti climatici nella ricarica delle acque interne e dall'aumento della domanda potenziale d'irrigazione.^{lxi} Le richieste irrigue nella regione del Mediterraneo dovrebbero aumentare tra il 4 e il 18% entro la fine del secolo a causa dei soli cambiamenti climatici, rispettivamente per 2 °C e 5 °C di riscaldamento.^{lxii} In particolare, fabbisogni irrigui di diverse colture per 3 aree agricole (Sulcis, Gallura e Nurra) in Sardegna, simulati rispetto al 2050, mostrano aumenti che si attestano in media intorno all'8-10%.^{lxiii} I dati da Masia et al. (2017) mostrano che sullo stesso

periodo le previsioni di afflusso negli invasi possono diminuire tra il 5 ed il 20% e le perdite di evaporazione dai corpi superficiali degli invasi aumentare di circa il 10%. Per soddisfare queste criticità idriche in agricoltura, i sistemi d'irrigazione potrebbero aumentare per sostenere la sicurezza alimentare^{lxiv} e nuove infrastrutture ed investimenti sarebbero richiesti per un'irrigazione più efficiente.^{lxv} Tutto questo richiederebbe cambiamenti nelle condizioni istituzionali e di mercato con una gestione dell'acqua più accorta che includa prezzi e politiche di riciclaggio per garantire un'adeguata fornitura idrica futura e prevenire tensioni tra i diversi settori.^{lxvi}

Per supportare misure di adattamento efficaci e mirate, la pianificazione si dovrebbe avvalere di risultati basati su una solida ricerca scientifica che tenga in considerazione misure dell'incertezza delle previsioni dei cambi climatici e degli impatti ad esso associati. A tal fine, considerando i molteplici interessi legati alla gestione delle acque interne, è opportuno coinvolgere tutte le parti interessate e coordinare una gestione integrata delle risorse idriche nei processi di pianificazione, che si avvalga di un'ottimale complementarietà nell'uso di acque superficiali e acque sotterranee e che riconosca legami tra quantità e qualità dell'acqua nel ripristinare sistemi naturali per una sostenibile pianificazione dell'adattamento.^{lxvii} E' importante sviluppare ed ottimizzare l'uso di strumenti che possano valutare bilanci di risorse idriche disponibili e conflitti tra vari settori, così come già considerato nei "Bollettini dei serbatoi artificiali del sistema idrico multisettoriale della Sardegna" della Direzione Generale Agenzia Regionale Del Distretto Idrografico Della Sardegna, ma anche più ampiamente valutare l'effetto di varie politiche, tecnologie e pratiche di adattamento in ambito di gestione delle risorse idriche comprensivamente su un NEXUS acqua-energia-cibo (per esempio, progetti SIM4NEXUS e WASSERMED). La gestione integrata delle risorse idriche continua a rappresentare lo strumento ideale per elaborare un adattamento equilibrato ai cambiamenti climatici. Gli ostacoli all'adattamento nella gestione delle risorse idriche non sono solo di natura tecnica, ma includono anche problematiche legate a capacità umane ed istituzionali, risorse finanziarie, mancanza di consapevolezza e comunicazione.

3.2.1.3. L'assetto e i rischi di natura idrogeologica del territorio

Il rischio idrogeologico combina tra loro sia il rischio di dissesto, di tipo localizzato e/o diffuso, sia il rischio alluvionale, legato alle esondazioni torrentizie e fluviali. In un'ottica complessiva, inoltre, anche i fenomeni di erosione e inondazione costiera rientrano nell'insieme delle cause e concause responsabili del dissesto idrogeologico di un'area e potrebbero trovare interesse ai fini degli sviluppi di dettaglio successivi al presente studio.

Negli ambiti idraulico, geologico e marittimo-costiero il concetto di rischio è quantitativamente valutato, in linea generale, dalla composizione di tre fattori: la pericolosità, gli elementi a rischio e la vulnerabilità. Un approccio matematico-

probabilistico rigoroso del rischio implica il calcolo analitico della convoluzione matematica riferita alla distribuzione congiunta di probabilità dei tre fattori, combinati in altrettante variabili aleatorie. All'atto pratico, tuttavia, il rischio R è usualmente espresso in forma parametrica:^{lxviii}

$$R = P \cdot E \cdot V \quad (1)$$

in cui:

- P esprime la pericolosità (*natural hazard*), funzione del tempo di ritorno T , intesa come la probabilità di accadimento di un fenomeno naturale di assegnata intensità (evento di piena o di frana o di inondazione), entro un certo intervallo di tempo ed all'interno di una certa area;
- E rappresenta gli elementi esposti a rischio, ossia il valore (esprimibile in termini monetari o numero di quantità di unità esposte) delle persone e/o beni (abitazioni, strutture, infrastrutture, ecc.) e/o delle attività (economiche, sociali, ecc.) suscettibili di essere colpiti da eventi calamitosi;
- V è la vulnerabilità, funzione della fragilità dell'elemento a rischio e dell'intensità dell'evento, con cui si esprime il grado di perdita (espresso in una scala da 0, nessun danno a 1, perdita totale) prodotto su un certo elemento o gruppo di elementi esposti al rischio, a seguito del verificarsi dell'evento.
- R è il rischio, inteso come numero atteso di vittime, persone ferite, danni a proprietà distruzione o interruzione di attività economiche, in conseguenza di un fenomeno naturale di assegnata intensità.

Operativamente, si ricorre a delle sintesi parziali delle informazioni, per il fatto che alcuni elementi non sono facilmente individuabili, come ad esempio il valore economico dell'elemento esposto. Si può calcolare, anziché il rischio totale R , il cosiddetto rischio specifico R_s o il danno potenziale D , definiti come segue:

- Il rischio specifico R_s è il grado di perdita atteso quale conseguenza di un particolare fenomeno naturale, esprimibile dal prodotto:

$$R_s = P \cdot V \quad (2)$$

- Il danno potenziale D indica il grado di perdita previsto a seguito di un particolare fenomeno naturale (l'evento di piena, di frana o inondazione). Sotto determinate ipotesi può essere espresso dalla seguente relazione:

$$D = V \cdot E \quad (3)$$

Un altro aspetto importante, spesso trascurato, è il concetto di rischio residuo o accettabile, definito come il livello di rischio compatibile con le condizioni economiche e sociali di una data area.

Inoltre, in un'ottica legata al criterio di minimizzazione del rischio, appare lecito anche il richiamo al concetto di rischio di insufficienza utilizzato nella pratica progettuale per il dimensionamento delle opere idrauliche. In generale, il rischio è ridotto ad un livello ritenuto accettabile, al di sotto del quale l'incremento dei costi di costruzione di un'opera supera il beneficio marginale in termini di riduzione del danno. In dettaglio, il livello di rischio di insufficienza R_i è quantificabile sulla base della vita utile dell'opera n (durata di un'opera, in anni, oltre la quale è necessario procedere alla ricostruzione o alla sostanziale ristrutturazione) e dell'evento calamitoso di tempo di ritorno T (anni):

$$R_i = 1 - (1 - \frac{1}{T})^n \quad (4)$$

Infine si richiama il confronto tra la formulazione del rischio introdotto per il cambiamento climatico (paragrafo 3.1), oggetto del presente lavoro, e la definizione sopra presentata (Equazione 1). In particolare, sebbene la struttura delle due espressioni possa considerarsi coincidente, risultano essere sostanziali le differenze nelle definizioni, nelle procedure di rappresentazione e nella trattazione spaziale e matematica dei singoli fattori costituenti. È da rimarcare, soprattutto, la diversa rappresentazione del fattore di vulnerabilità.

Da un primo esame delle tre componenti principali costituenti il rischio, è evidente la difficoltà di gestire intrinsecamente gli scenari attuali e futuri di pericolosità con un adeguato livello di confidenza. Appare lecito, pertanto, focalizzare la minimizzazione del rischio sulla base di strategie di controllo indirizzate a pratiche di sviluppo degli altri fattori costituenti: esposizione e vulnerabilità.

Nei successivi paragrafi si è ritenuto opportuno descrivere lo stato dell'arte regionale nella rappresentazione del rischio di dissesto idrogeologico, in cui, come descritto nel Paragrafo 1.2.3., il PGRA, il PAI ed il PSFF costituiscono gli strumenti normativi di riferimento principali. Il PAI ed il PGRA sono strumenti dinamici, in continua evoluzione (il PGRA regionale, attualmente vigente nella sua prima versione, sarà sottoposto ad aggiornamenti con cadenza sessennale, mentre il PAI è sottoposto a variante generale di revisione con cadenza quinquennale, oltre alle procedure di variante indicate nell'art. 37 delle NTA del PAI).

L'adeguamento futuro del PGRA ai cambiamenti climatici, deve e dovrà, da un lato, far fronte ai limiti dei modelli climatici nella rappresentazione del regime di precipitazione (come evidenziato nel paragrafo 1.1 relativo all'analisi climatica e nella Direttiva Alluvioni e nel D.Lgs 49/2010) e quindi a tutti gli aspetti insiti nella rappresentazione della pericolosità, dall'altro è intrinsecamente presente nelle azioni

già intraprese e legate agli sviluppi in corso del piano. Infatti, il PGRA contribuisce al miglioramento ed all'arricchimento della resilienza del territorio e della capacità di adattamento ai cambiamenti climatici, sia con le attività di conoscenza organica del territorio, sia con le misure strutturali e non strutturali per la mitigazione del rischio attualmente promosse, che risultano, inoltre, essere tali da integrare le espressioni degli indici aggregati di esposizione, sensibilità e capacità adattiva.

Mappatura della pericolosità e del rischio nel PGRA regionale

Il riferimento metodologico operativo utilizzato in ambito regionale e nazionale per la realizzazione delle mappe di pericolosità e rischio previste dal D.Lgs. n. 49/2010, in attuazione della Direttiva 2007/60/CE e dai documenti tecnici di riferimento pubblicati dall'*European Commission – DG Environment*, è il "Documento Conclusivo Tecnico del Tavolo Tecnico Stato Regioni: Indirizzi operativi per l'attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi da alluvioni con riferimento alla predisposizione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni (Decreto Legislativo n. 49/2010)", predisposto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), con il contributo dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e delle Autorità di bacino di rilievo nazionale (Gennaio 2013), individuato come Linee Guida MATTM (2013).

L'analisi dettagliata della procedura metodologica adottata dalla Regione Autonoma della Sardegna (RAS) per la predisposizione delle mappe di pericolosità, danno potenziale e rischio nel PGRA è contenuta nei documenti "*Relazione sulle mappe della pericolosità e del rischio*" (agg. Marzo 2016) e "*Relazione metodologica sulle inondazioni costiere*" (agg. Maggio 2016). Ad esse si rimanda per la descrizione dettagliata, mentre nel seguito si descrivono solo alcuni degli aspetti salienti.

Pericolosità

La pericolosità idraulica, la pericolosità da frana, la pericolosità da inondazione sono declinate, rispettivamente, nelle mappe di pericolosità da alluvione, le mappe di pericolosità da frana e le mappe di pericolosità di inondazione costiera (E).

Le mappe di pericolosità da alluvione contengono la perimetrazione delle aree geografiche che potrebbero essere inondate da un evento alluvionale intenso con riferimento a tre scenari corrispondenti a differenti tempi di ritorno T. In particolare, le classi di pericolosità definite dagli strumenti di pianificazione adottati (studi di assetto idrogeologico del territorio, art. 8 c. 2 e successivi delle NTA-PAI attualmente in vigore) o approvati in precedenza dalla Regione Sardegna (PAI, PSFF, studi di compatibilità idraulica ex art. 8 c. 2 delle NA-PAI, ed aree Cleopatra), sono state ricondotte alle tre seguenti classi di pericolosità crescente (che favoriscono

l'omogeneizzazione ed il confronto con i risultati analoghi a livello nazionale, come è riportato negli studi proposti nel report ISPRA, 2018):

- **P1**, (*pericolosità bassa*), aree caratterizzate da una bassa probabilità di accadimento ($200 < T \leq 500$);
- **P2**, (*pericolosità media*), aree caratterizzate da una media probabilità di accadimento ($100 \leq T \leq 200$);
- **P3**, (*pericolosità elevata*), aree caratterizzate da un'elevata probabilità di accadimento ($T \leq 50$).

Nella prima versione del PGRA (approvata con Delibera del C.I. n.2 del 15/03/2016), le mappe di pericolosità, definite secondo le tre classi sopra riportate, sono state raffigurate nelle *Mappe della Pericolosità da Alluvione* (1610 tavole in formato A3 in scala 1:10 000) ed in un apposito "*Atlante delle aree di pericolosità idraulica per singolo Comune*" (330 tavole in formato A3), che rappresenta le pericolosità su scala comunale per ciascuno dei 330 Comuni interessati da tali perimetrazioni.

Le Mappe della Pericolosità da Alluvione sono state aggiornate con la successiva Delibera del C.I. n.3 del 17/05/2017, in cui sono state rese disponibili anche le versioni aggiornate delle *Mappe della Pericolosità da Inondazione Costiera*, le quali contengono la mappatura della pericolosità di inondazione da eventi meteo-marini, con riferimento ai parametri integrali del moto ondoso al largo,^{lxix} ai campi anemometrici e barometrici, ai livelli marini ed alla loro combinazione lungo le coste della Sardegna: in ambito regionale si è optato per la mappatura delle aree di pericolosità per i tempi di ritorno di 2, 20 e 100 anni.

Infine, le *Mappe di Pericolosità da Frana* sono indicate come inviluppo delle perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità geomorfologica mappate nell'ambito della predisposizione del PAI, unitamente alle sue varianti ed integrazioni con gli studi di compatibilità geologica dei territori comunali per l'applicazione dell'ex art.8 c2 delle NA del PAI. In questo contesto, le aree a pericolosità da frana sono classificate secondo il DPCM 29 Settembre 1998 in:

- **Hg0**, aree a pericolosità da frana nulla;
- **Hg1**, aree a pericolosità da frana moderata;
- **Hg2**, aree a pericolosità da frana media;
- **Hg3**, aree a pericolosità da frana elevata;
- **Hg4**, aree a pericolosità da frana molto elevata.

In particolare, la prima versione del PGRA include l'*Atlante delle aree di pericolosità da frana per singolo Comune*, in cui sono riprodotte 286 tavole in formato A3 che sintetizzano la mappatura della pericolosità da frana per tutto il territorio regionale

delle aree classificate a pericolo di frana. L'aggiornamento del PGRA (Maggio 2017) ha reso disponibile, in componenti vettoriali, l'involuppo delle perimetrazioni caratterizzate da pericolosità geomorfologica.

Infine, nel PGRA regionale sono stati predisposti appositi studi modellistici (Scenari di intervento strategico e coordinato, secondo le prescrizioni dell'art. 44, NTA-PAI), con la finalità di individuare possibili scenari coordinati di realizzazione di interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico, che costituiscono integrazione del quadro di riferimento del PAI/PGRA.

Vulnerabilità

La vulnerabilità rappresenta l'aliquota del singolo elemento a rischio che può essere danneggiato nel corso di un evento e si esprime con una scala numerica tra 0 (nessun danno) a 1 (perdita totale). La sua valutazione richiede la conoscenza della esatta tipologia, magnitudo e frequenza della fenomenologia, come pure la conoscenza del singolo bene esposto. La vulnerabilità di un'area nel suo complesso, invece, è la percentuale del valore perduto inteso come "sistema" delle attività umane compromesse a seguito del verificarsi di un determinato processo potenzialmente dannoso; anche in questo caso, la completa determinazione richiede la conoscenza della esatta tipologia, magnitudo e frequenza delle strutture e di come queste influenzano lo svolgersi delle relative attività.

La parametrizzazione della vulnerabilità, riferita alla singola classe di elementi a rischio, richiede un'attività di studio complessa ed onerosa; in particolare, nel caso di eventi di dissesto idrogeologico, non è sempre possibile valutare il livello di protezione degli elementi edificati o l'energia di impatto del fenomeno di dissesto. La scelta più adottata nei diversi PGRA e seguita nella versione attuale del PGRA in Sardegna è quella di analizzare la vulnerabilità assumendo un valore unitario per tutti gli elementi. Di fatto, tale assunzione definisce l'esposizione coincidente con il danno potenziale.

Danno potenziale

L'analisi del danno potenziale (secondo la definizione di cui all'equazione 3) riportata nel PGRA è stata condotta associando le categorie di elementi esposti a condizioni omogenee di danno potenziale D. Assumendo una vulnerabilità unitaria indipendentemente dalla tipologia o categoria degli elementi esposti, il danno potenziale D coincide direttamente con gli elementi esposti al rischio E.

La definizione delle classi di danno potenziale tiene conto, in primo luogo, del danno alle persone, seguita dal danno al tessuto socio-economico ed ai beni monetizzabili. La *Carta del Danno Potenziale* inclusa nel PGRA regionale deriva dall'analisi condotta sul territorio regionale di tutte le categorie di elementi a rischio esposti a possibili eventi di natura idrogeologica, identificati e classificati secondo uno

schema di legenda che prevede l'istituzione di sei macro-categorie di elementi, ognuna delle quali a sua volta suddivisa in sottocategorie specifiche (per il dettaglio si veda la "Relazione sulle mappe della pericolosità e del rischio" del PGRA). In accordo alle linee guida MATTM (2013), le classi omogenee di danno potenziale attribuite nel PGRA sono quattro:

- **D1**, danno potenziale moderato o nullo;
- **D2**, danno potenziale medio;
- **D3**, danno potenziale elevato;
- **D4**, danno potenziale molto elevato.

Le Mappe del Danno Potenziale sono state riprodotte in 1610 tavole in formato A3 in scala 1:10 000. Inoltre, sono attualmente disponibili le informazioni vettoriali per l'intero distretto idrografico regionale.

Valutazione del Rischio idraulico

La *Carta del Rischio Idraulico*, in conformità a quanto previsto dalle normative comunitaria e nazionale, è stata predisposta mediante una procedura di *overlay mapping* della *Carta del Danno Potenziale* e della *Carta della Pericolosità Idraulica*. In particolare, sono stati stabiliti quattro livelli di Rischio:

- **R1**, rischio moderato o nullo;
- **R2**, rischio medio;
- **R3**, rischio elevato;
- **R4**, rischio molto elevato.

La matrice di rischio adottata in ambito regionale è raffigurata nella Tabella 30.

Tabella 30 Matrice delle classi di rischio.

Classi di danno potenziale	Classi di pericolosità idraulica		
	P3	P2	P1
D4	R4	R3	R2
D3	R4	R3	R1
D2	R3	R2	R1
D1	R1	R1	R1

Le mappe del Rischio di Alluvione, per le classi sopra elencate, sono state riprodotte nella prima versione del PGRA in 1610 tavole in formato A3 in scala 1:10 000, per le quali sono state rese successivamente disponibili anche le informazioni vettoriali per l'intero territorio regionale.

Stato della pericolosità e del rischio idrogeologico in Sardegna

Pericolo e rischio da frana

Da quanto si evince dalle informazioni contenute nell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI), i fenomeni di instabilità dei versanti interessano la Regione Sardegna per una superficie complessiva di oltre 187 km², che rappresenta poco più dello 0.78% dell'estensione dell'intero territorio isolano.

La tipologia di frana più ricorrente sono i crolli e ribaltamenti, sia come fenomeni singolarmente perimetrabili, sia come moltitudine di eventi all'interno di aree soggette a fenomenologie diffuse. I fenomeni di grande rilevanza, sono estremamente diffusi e per certi versi sistematici in corrispondenza di formazioni caratterizzate da morfologie fortemente acclivi e discontinuità stratigrafiche. In genere, si tratta di fenomeni quiescenti ed attivi, solo in alcuni casi di fenomeni sostanzialmente stabilizzati. Data la diffusione, la rilevanza areale e la ricorrenza fenomenologica della riattivazione, costituiscono l'aspetto più caratterizzante della condizione di franosità del territorio sardo.

Un'altra fattispecie tipica e molto diffusa, è costituita da frane relitte, che interessano in particolare le formazioni intrusive. Tale franosità di sfondo, che è stata rilevata in un vasto settore comprendente anche Gallura, Barbagia, Ogliastra e Sarrabus, può essere fattore predisponente e cagione di riattivazioni di grande magnitudo in condizioni di piovosità estremamente intense. Ne è stata prova la serie di fenomeni di *Debris Flow* che nel Dicembre 2004 hanno colpito l'abitato di Villagrande Strisaili. Indirettamente ne sono costanti testimoni le coltri alluvionali di varia età presenti sul settore orientale che rappresentano la principale fonte di alimentazione del trasporto solido nei bacini idrografici defluenti sul Tirreno. Frane relitte o più spesso naturalmente stabilizzate s'individuano, inoltre, lungo i versanti intorno ai tavolati basaltici del Nord Sardegna (*Block Streams*) in provincia di Sassari.

Sono emersi infine alcuni casi di vaste dimensioni areali ricadenti nella casistica dei fenomeni complessi, che interessano, in genere, formazioni calcaree, fratturate in grandi pilastri, su piroclastiti più o meno alterate ed espandibili. Gli ambiti regionali di riferimento sono il Logudoro, l'Anglona ed il Sarcidano. Di questi, si evidenziano tre casi eclatanti: quello di Nulvi in Anglona, unico caso dove l'attività permane a prescindere per scivolamenti e/o crolli sull'area delle testate e sul coronamento, e quelli di Cargeghe e Florinas (Valle del Riu Mannu- Bidighinzu) in Logudoro. In ciascuno di essi, gli interventi umani che si sono sovrapposti (la rete stradale provinciale soprattutto e, in subordine, gli insediamenti) hanno teso a provocare reazioni di tipo gravitativo. Il caso di Nulvi appare decisamente il più parossistico e vasto. Il rilevamento di vere e proprie colline disarticolate e "galleggianti" sul substrato vulcanico evidenzia un'estensione deca-chilometrica del fenomeno a cui fa seguito

attualmente un corteo di fenomenologie da attive a quiescenti in grado di dare preoccupazioni al territorio.^{lxx}

Per quanto concerne invece la distribuzione delle aree a pericolosità da frana nel territorio regionale, l'ISPRA ha proceduto, nel 2017, a redigere la nuova mosaicatura nazionale (v. 3.0-Dicembre 2017) delle aree a pericolosità perimetrate nei Piani di Assetto Idrogeologico regionali, nell'ambito delle attività di controllo e verifica sull'attuazione e sulla coerenza con la pianificazione, delle misure di mitigazione del rischio idrogeologico sul territorio nazionale.^{lxxi} La mosaicatura è stata inoltre utilizzata per la produzione di alcuni indicatori di rischio per frane.

I risultati della mosaicatura ottenuta, restituiti sia su base regionale che provinciale e comunale, utilizzando i limiti amministrativi ISTAT 2017, risentono però dell'utilizzo di una legenda armonizzata.

Infatti, in ambito nazionale è prevista la classificazione in 5 classi–pericolosità molto elevata P4, elevata P3, media P2, moderata P1 e aree di attenzione AA–, che sono individuate sulla base dello stesso DPCM 29 Settembre 1998 utilizzato anche dalla Regione Sardegna per la classificazione delle aree Hg descritte in precedenza. La differenza rispetto al contesto regionale è la presenza delle aree di attenzione con mancata rappresentazione delle aree a pericolosità da frana nulla (Hg0).

Secondo la mosaicatura^{lxxii} la superficie complessiva, in Sardegna, delle aree a pericolosità da frana PAI è pari a 5410.9 km² (22.5% del territorio regionale), di cui 293.3 km² a pericolosità molto elevata, 1204.3 km² a pericolosità elevata, 2112.1 km² a pericolosità media e 1801.2 km² a pericolosità moderata. Non sono state classificate le aree di attenzione AA. Se si prendono in considerazione le sole classi a maggiore pericolosità (elevata P3 e molto elevata P4), assoggettate ai vincoli di utilizzo del territorio più restrittivi, le aree ammontano a 1.497,6 km², tra i più elevati nel contesto nazionale, pari al 6.2 % del territorio regionale.

La provincia con la maggiore porzione di territorio classificata come a pericolosità da frana è Nuoro con una superficie complessiva delle aree pericolose di 2631.2 km², pari al 46.7 % del proprio territorio. Di queste, 778.8 km² (13.8%) sono a pericolosità elevata e molto elevata (Tabella 31).

Tabella 31 Aree a pericolosità da frana PAI su base regionale e provinciale.

Aree a pericolosità da frana PAI su base regionale e provinciale – Mosaicatura 2017 (fonte ISPRA, 2018)									
	Sup. territoriale	AREE A PERICOLOSITÀ DA FRANA							
		Molto elevata (P4)	Elevata (P3)	Media (P2)	Moderata (P1)	Elevata e Molto Elevata (P4+P3)		Totali (P4+P3+P2+P1)	
	km ²	km ²	km ²	km ²	km ²	km ²	%	km ²	%
Sardegna	24100	293,3	1204,3	2112,1	1801,2	1497,6	6,2	5410,9	22,5
Sassari	7692	41,5	359,7	737	461	401,2	5,2	1599,2	20,8
Nuoro	5638	157,1	621,7	887,4	965	778,8	13,8	2631,2	46,7
Cagliari	1249	11,7	30,2	82,4	111	41,9	3,4	235,3	18,8
Oristano	2990	13,6	92,1	112,4	58	105,7	3,5	276,1	9,2
Sud Sardegna	6531	69,4	100,6	292,8	206	170,0	2,6	668,8	10,2

In Sardegna, su un totale di 377 comuni, 265 sono interessati da aree a pericolosità da frana elevata P3 e molto elevata P4, pari al 70.3% del totale. Di questi 208 sono interessati anche dalla presenza di aree a pericolosità idraulica media P2.

Pericolo e rischio idraulico

Diversi sono gli eventi che, con inondazioni e allagamenti dovuti all'esondazione dei corsi d'acqua e alla messa in crisi dei sistemi di canalizzazione e drenaggio, hanno condizionato la storia della Sardegna, in particolare nell'ultimo ventennio, determinando la perdita di vite umane e ingenti danni ad insediamenti, infrastrutture e attività economico-produttive (Villagrande Strisaili 2004, Capoterra 1998-2008-2018, Olbia 2013).

Sebbene allagamenti ed esondazioni siano, come sottolineato dalla Direttiva Alluvioni, fenomeni naturali impossibili da prevenire, alcune attività antropiche, quali la crescita degli insediamenti umani, l'incremento delle attività economiche, la riduzione della naturale capacità di laminazione del suolo per la progressiva impermeabilizzazione delle superfici e la sottrazione di aree di naturale espansione delle piene, contribuiscono ad aumentarne la probabilità di accadimento e ad aggravarne le conseguenze.

D'altra parte, le caratteristiche morfologiche del territorio regionale, costituito per lo più da bacini che, per la loro limitata estensione e configurazione geomorfologica, presentano una risposta idrologica molto rapida agli eventi piovosi intensi, lo rendono

particolarmente esposto ad eventi notevolmente critici noti come piene improvvise (*Flash Floods*). Questi sono infatti gli eventi di origine meteorologica con il più elevato rischio di decessi e danni a beni e strutture, maggiore rispetto alle più lente esondazioni tipiche dei grossi fiumi. Si tratta di eventi associati a piogge di breve durata ed elevata intensità, generalmente di origine convettiva, che si verificano localmente e sono caratterizzati da velocità di deflusso elevate.

Secondo la definizione dell'U.S. National Weather Service (NWS)^{lxxiii} (vedere sitografia) le piene improvvise si verificano entro 6 ore dall'inizio dell'evento piovoso che le ha generate e sono caratterizzate da un rapido innalzamento del livello delle acque in alveate che possono superare gli argini e causare pericolosi allagamenti. Le piene improvvise si verificano generalmente nei bacini di piccole dimensioni fino a qualche centinaio di km² (raramente oltre i 1000-2000 km²) e sono comunque caratterizzate da una rapida risposta idrologica dell'area interessata.

I fattori scatenanti sono l'intensità e la durata della precipitazione, la topografia, la copertura del suolo, la pendenza del bacino e l'umidità del suolo. In particolare l'orografia può rivestire un ruolo importante poiché, da un lato i bacini montani hanno tempi di corrvazione molto bassi, dall'altro la presenza di rilievi può accrescere la precipitazione e la persistenza del fenomeno convettivo critico. (Si vedano ad esempio gli eventi meteorici caratteristici di Ogliastro, Sarrabus-Gerrei e basso Sulcis.)

Anche le aree urbane sono soggette a fenomeni di *Flash Flooding* per via dell'alta percentuale di aree impermeabili, che accrescono i coefficienti di deflusso e determinano un rapido deflusso delle acque. Eventi come quello di Villagrande Strisaili del 2004 o come quello recentissimo di Capoterra (10 ottobre 2018) sono esempi tipici di piene con caratteristiche di questo tipo.^{lxxiv}

Studi effettuati nell'ultimo decennio^{lxxv} evidenziano un aumento della frequenza di tali eventi per l'effetto combinato di variazioni climatiche significative, che alterano il regime termo-pluviometrico, e del sempre crescente consumo di suolo, che accentua il carattere impulsivo della conseguente risposta al suolo in termini di deflussi.

Un quadro chiaro e unitario della distribuzione delle aree a pericolosità idraulica nel territorio regionale sardo è fornito dall'ISPRA (2018) che ha riportato i dati concernenti la nuova Mosaicatura nazionale (v.4.0-Dicembre 2017) delle aree a pericolosità idraulica, perimetrate dalle Autorità di Bacino Distrettuali.^{lxxvi} Tale mosaicatura è stata realizzata secondo i tre scenari del D.Lgs. 49/2010: elevata probabilità con tempo di ritorno fra 20 e 50 anni (alluvioni frequenti), media probabilità con tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (alluvioni poco frequenti) e bassa probabilità (scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi). I risultati della mosaicatura ottenuta, restituiti alla scala regionale e provinciale, utilizzando i limiti amministrativi ISTAT 2017, sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 32 Aree a pericolosità idraulica su base regionale e provinciale.

Aree a pericolosità idraulica su base regionale e provinciale – Scenari D.Lgs. 49/2010									
Mosaicatura 2017 (fonte ISPRA, 2018)									
	Superficie territoriale	AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA							
		Elevata (P3)		Media (P2)		Bassa (P1)		Totali (P3+P2+P1)	
	km ²	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
SARDEGNA	24100	706,0	2,9	857,3	3,6	1602,1	6,6	3165,4	13,1
Sassari	7692	149,0	1,9	169,7	2,2	246,7	3,2	565,4	7,4
Nuoro	5638	114,2	2,0	136,4	2,4	206,1	3,7	456,7	8,1
Cagliari	1249	91,8	7,4	108,2	8,7	248,3	19,9	448,3	35,9
Oristano	2990	167,8	5,6	198,3	6,6	313,3	10,5	679,4	22,7
Sud Sardegna	6531	183,2	2,8	244,8	3,7	587,6	9,0	1015,6	15,6

In Sardegna la superficie complessiva delle aree a pericolosità idraulica è pari a 3165.4 km² (13.1% del territorio regionale), di cui 706 km² a pericolosità elevata, 857.3 km² a pericolosità media e 1602.1 km² a pericolosità bassa. Se prendiamo in considerazione le sole classi a maggiore pericolosità (media P2 e elevata P3), le aree ammontano a 1563.3 km², pari al 6.5 % del territorio regionale.

La provincia con la maggiore porzione di territorio classificata a pericolosità idraulica è Cagliari con una superficie complessiva delle aree pericolose di 448.3 km², pari al 35.9 % del proprio territorio. Di queste, 200 km² (16%) sono a pericolosità media ed elevata.

I comuni che sono interessati dalla presenza di aree a pericolosità idraulica media P2 sono 281 su un totale di 377, pari al 74.5%. Di questi 208 sono interessati anche da aree a pericolosità da frana elevata P3 e molto elevata P4.

Il rischio idrogeologico nelle strategie di adattamento ai cambiamenti climatici

In riferimento alle possibili influenze dei cambiamenti climatici sugli scenari di rischio idrogeologico, ed in particolare sul rischio idraulico, sia la Direttiva comunitaria 2007/60/CE sia il D.Lgs. 49/2010 prevedono che ogni sei anni venga effettuato il riesame e l'eventuale aggiornamento dei PGRA, tenendo conto delle probabili ripercussioni dei cambiamenti climatici sul verificarsi delle alluvioni. Il PGRA della Sardegna esplicita le analisi di tipo generale in merito alle manifestazioni di cambiamenti climatici ed agli effetti sulla idrologia di piena, nonostante gli scenari dei cambiamenti climatici

attualmente disponibili non forniscono dati idrologici congruenti con il grado di dettaglio assunto per le elaborazioni idrologiche ed idrauliche connesse alla mappatura della pericolosità. Inoltre, nell'ambito delle attività di ricerca nazionale e comunitaria, non è stato ancora definito un orientamento generale di riferimento su come tener conto degli effetti dei cambiamenti climatici sulla mappatura della pericolosità di alluvione. Il confronto con eventuali scenari futuri di cambiamento climatico sarà quindi affrontato nel secondo ciclo di attività del piano di gestione regionale. In tal senso, nei suoi futuri aggiornamenti, il PGRA potrà giocare un ruolo decisivo nel sostenere opportune politiche di adattamento ai cambiamenti climatici. In ogni caso, come indicato in precedenza e come meglio analizzato e descritto nel capitolo 5, laddove possibile, le misure di prevenzione, protezione e preparazione ad oggi previste dal PGRA sono già orientate a favorire la resilienza dei sistemi coinvolti.

3.2.2. Analisi tematiche delle catene di impatto

3.2.2.1. Comparto agricolo e forestale

Comparto agricolo

Per valutare l'influenza del cambiamento climatico sul settore agricolo in Sardegna, sono state sviluppate due catene di impatto: una relativa alla produttività del settore cerealicolo e una relativa alla valutazione del benessere animale.

Le catene di impatto sviluppate sono riportate nella Figura 33 e nella Figura 34. Ulteriori valutazioni sugli impatti del cambiamento climatico sul settore agricolo sono presenti nel paragrafo 1.2.3.2 relativo all'analisi del comparto acque in cui sono riportati i risultati della valutazione della variazione delle richieste idriche per diverse tipologie colturali (erbacee e arboree) e delle potenziali perdite di resa in caso di non soddisfacimento del fabbisogno idrico.

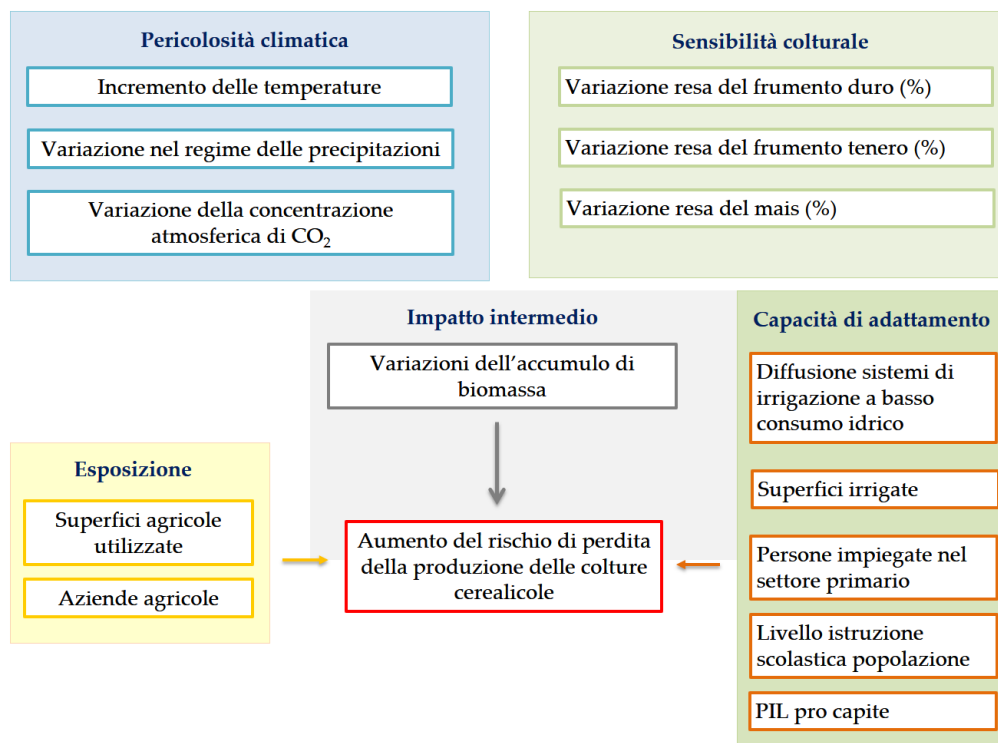


Figura 33 Schema della catena d'impatto per il rischio sulla produttività cerealicola.

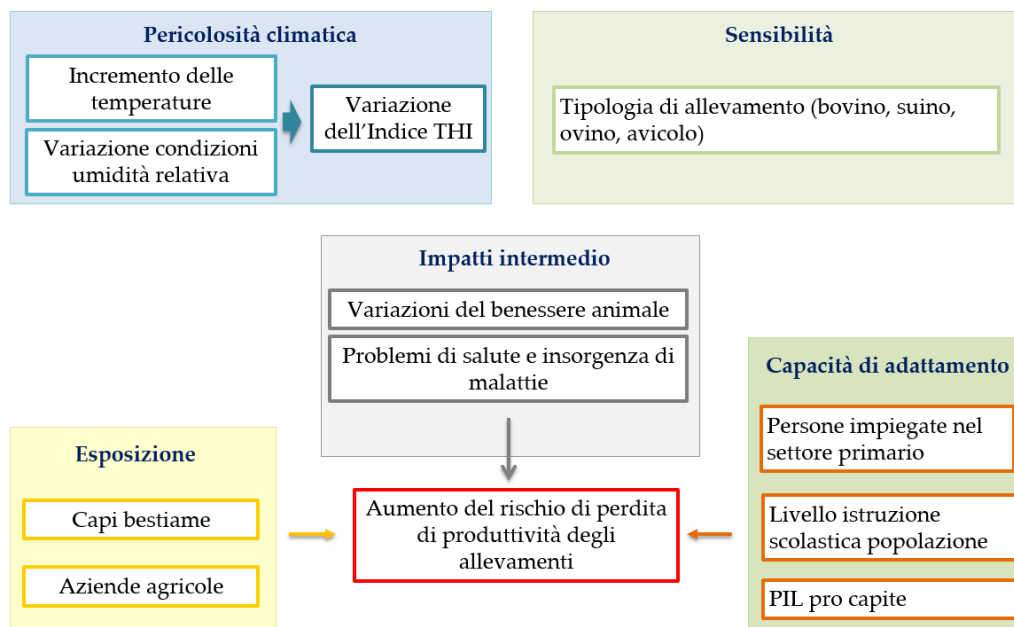


Figura 34 Schema della catena d'impatto per il rischio sul benessere animale.

L'analisi condotta per la valutazione della produttività del settore cerealicolo si è basata solo in parte sull'utilizzo di indicatori, in quanto per la valutazione della variazione di resa in condizioni di cambiamento climatico si è preferito utilizzare risultati di modellistica di simulazione colturale ottenuti su scala spazializzata.

In questo senso la componente di **pericolosità climatica** (*hazard*) e di **sensibilità** sono combinate, in quanto i modelli di simulazione colturale utilizzano le variabili climatiche giornaliere (*hazard*) per produrre la variazione di resa (sensibilità) delle specifiche colture.

Per la stima del livello di esposizione e di capacità di adattamento sono invece stati utilizzati indicatori di rilevazione statistica.

Nello specifico come **esposizione** è stata considerata la quota di superficie occupata dai seminativi rispetto alla superficie comunale (%) e il numero di aziende sulla superficie comunale (n°/km²).

Come **capacità adattativa**, in aggiunta alle risultanze dell'analisi del capitolo 2, che fornisce un unico valore a livello regionale, sono qui stati analizzati e discussi alcuni indicatori disponibili a livello comunale per fornire ulteriori elementi di caratterizzazione spaziale. Nello specifico sono stati considerati il PIL pro capite, la percentuale di laureati, il numero di occupati nel settore primario, la diffusione di sistemi di irrigazione efficienti rispetto al totale (%) e la percentuale di aree irrigate sul totale della SAU. Quest'ultimo indicatore potrebbe sembrare più un indicatore di esposizione, ma si è deciso di utilizzarlo qui come indicatore di capacità di adattamento in sostituzione dell'indicatore (non disponibile) relativo all'area equipaggiata per l'irrigazione, assumendo che l'area indicata dalle rilevazioni statistiche come area irrigata fornisca un'approssimazione delle aree effettivamente equipaggiate per l'irrigazione.

Pericolosità e sensibilità

In riferimento all'analisi di pericolosità più sensibilità, le analisi condotte nel presente lavoro hanno previsto l'applicazione di modelli di simulazione colturale, che sono uno strumento estremamente utile al fine di simulare i processi chimici, fisici e biologici che avvengono nel sistema suolo-pianta-atmosfera e che regolano lo sviluppo fenologico e la produttività di una data coltura.

I modelli di simulazione delle colture possono essere utilizzati come strumenti per molteplici scopi: dalla pianificazione della gestione colturale aziendale al progresso scientifico per scopi di ricerca.^{lxxvii} Una delle più importanti applicazioni dei modelli colturali è la stima della resa delle colture sulla base delle caratteristiche climatiche e pedologiche e della gestione colturale.^{lxxviii} I modelli colturali rappresentano quindi uno

strumento sempre più utilizzato per valutare gli impatti dei cambiamenti climatici sulla fenologia e la resa delle colture e per valutare diverse opzioni di gestione colturale quali possibili strategie di adattamento e/o mitigazione al fine di pianificare le azioni prioritarie da adottare alle differenti scale, da quella di campo ad una scala spazializzata.^{lxxxix}

Tra i modelli di simulazione colturale disponibili, in questo studio sono stati utilizzati i risultati prodotti con i modelli di simulazioni per frumento e mais incorporati nel pacchetto software Decision Support System for Agrotechnology Transfer-Cropping System Model (DSSAT-CSM).^{lxxx} Si tratta di modelli dinamici che consentono di simulare la crescita, lo sviluppo fenologico e la resa colturale in funzione di dati climatici giornalieri, caratteristiche del suolo e tecniche di gestione colturale. Inoltre, simulando le dinamiche dell'acqua, del carbonio e di altri nutrienti nel sistema suolo-pianta-atmosfera^{lxxxi} consentono di fornire indicazioni utili per una gestione sostenibile delle colture. Nonostante questi modelli siano stati studiati appositamente per le simulazioni a scala puntuale, recentemente sono stati impiegati con frequenza crescente anche per applicazioni a scala spaziale per frumento e mais nel bacino del Mediterraneo.^{lxxxii}

In coerenza con le elaborazioni prodotte per il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, l'analisi è stata effettuata su colture cerealicole in considerazione della loro ampia diffusione nell'area di studio. Nello specifico sono stati simulati il grano duro e il grano tenero (*Triticum durum* Desf. e *Triticum aestivum* L.) e il mais (*Zea mays* L.) attraverso l'utilizzo dei modelli colturali CSM-CERES-Wheat^{lxxxiii} e CSM-CERES-Maize^{lxxxiv} implementati in DSSAT-CSM.

Le simulazioni sono state effettuate su scala spaziale per la regione Sardegna, seguendo la griglia 8x8 km del dato climatico, utilizzando la piattaforma GIS-DSSAT sviluppata con linguaggio di programmazione R da Trabucco et al. (2014), che permette la simulazione iterativa dei processi colturali con passo giornaliero, fornendo diverse variabili di output (ad esempio, la data di antesi e di maturazione, la resa, il fabbisogno idrico stagionale, il bilancio del carbonio del suolo, etc.) per ogni punto griglia all'interno dell'area di studio. La piattaforma utilizza files netCDF come dati di input (dati meteo giornalieri, dati suolo e dati relativi alla gestione colturale) e produce output nello stesso formato e alla stessa risoluzione degli input forniti. A questo scopo, tutti i dati di input relativi al suolo e alla gestione colturale sono stati rimappati per portare la loro risoluzione a quella dei dati climatici (circa 8 km).

I dati minimi di input richiesti per la simulazione colturale includono variabili climatiche giornaliere (temperatura massima e minima, precipitazioni e radiazione solare), dati relativi al suolo (tessitura, pH, contenuto di carbonio per ogni strato di campionamento, albedo, ecc.), dati inerenti la gestione colturale (data di semina, densità di semina, profondità di semina, distanza tra le file, tassi di fertilizzazione per

ogni applicazione, lavorazioni, irrigazione, ecc.) oltre alle caratteristiche (ecotipo e coefficienti genetici) della cultivar considerata per ogni coltura. Nel presente studio sono stati considerati i coefficienti genetici calibrati e validati a livello italiano da Gallo et al. (2015c).

Per quanto riguarda i suoli, è stato considerato il dataset ISRIC-WISE v.1.2, avente una risoluzione di 5x5 arc minuti, pari a circa 10 km.^{lxxxv}

Per quanto concerne i dati climatici, sono stati utilizzati i dati del modello climatico regionale COSMO-CLM relativi agli scenari climatici RCP4.5 e RCP8.5 alla risoluzione di circa 8 km, ottenuti tramite downscaling dinamico dal modello globale CMCC-CM,^{lxxxvi} ossia lo stesso dataset utilizzato per l'analisi climatica presentata nel capitolo 1.

I dati relativi alla gestione colturale sono stati ricavati dai siti sperimentali di confronto varietale per il frumento duro, il frumento tenero e il mais disponibili a livello italiano dal progetto di confronto varietale del Centro di Ricerca per la Cerealicoltura¹⁰, pubblicati sui numeri speciali della rivista nazionale L'Informatore Agrario¹¹.

In accordo con la gestione ordinaria, il mais è stato simulato in irriguo e il frumento in asciutto. Infine, per le simulazioni non sono stati considerati il diserbo e le fitopatie.

Le simulazioni sono state eseguite per il periodo futuro selezionato (2021-2050) considerando le proiezioni relative alle concentrazioni atmosferiche di CO₂ in accordo con gli scenari climatici RCP4.5 e RCP8.5 selezionati (fonte: <http://www.pik-potsdam.de/~mmalte/rcps/>).

I risultati delle simulazioni sono espressi in termini di anomalia (variazione %) di resa simulata per il trentennio futuro (2021-2050) rispetto alla baseline (1976-2005).

Le anomalie stimate per ciascuna coltura sono state mediate a livello di comune utilizzando lo strumento GIS *zonal statistics* e i valori di anomalia per ciascun comune sono quindi stati normalizzati con la funzione proposta dal metodo descritto nel paragrafo 3.1.3 e successivamente suddivisi in 5 classi che indicano un livello crescente di impatto.

Tabella 33 Indicatori di pericolosità climatica e sensibilità colturale.

Indicatore	Unità di misura	Risoluzione spaziale	Fonte dei dati
Variazione di resa per il frumento duro per il periodo 2021-2050 vs 1976-2005, RCP 4.5	%	8x8 km, aggregato a livello comunale	Elaborazioni CMCC
Variazione di resa per il frumento duro per il periodo 2021-2050 vs 1976-2005, RCP 8.5	%	8x8 km, aggregato a livello comunale	Elaborazioni CMCC

¹⁰ http://sito.entecra.it/portale/cra_dati_istituto.php?id=205

¹¹ <http://www.informatoreagrario.it/>

Indicatore	Unità di misura	Risoluzione spaziale	Fonte dei dati
Variazione di resa per il frumento tenero per il periodo 2021-2050 vs 1976-2005, RCP 4.5	%	8x8 km, aggregato a livello comunale	Elaborazioni CMCC
Variazione di resa per il frumento tenero per il periodo 2021-2050 vs 1976-2005, RCP 8.5	%	8x8 km, aggregato a livello comunale	Elaborazioni CMCC
Variazione di resa per il mais per il periodo 2021-2050 vs 1976-2005, RCP 4.5	%	8x8 km, aggregato a livello comunale	Elaborazioni CMCC
Variazione di resa per il mais per il periodo 2021-2050 vs 1976-2005, RCP 8.5	%	8x8 km, aggregato a livello comunale	Elaborazioni CMCC

I valori normalizzati di variazione di resa per le tre colture sono stati mediati attraverso una media pesata sulle superfici occupate a livello regionale dalle tre colture (dati ISTAT, censimento 2010). I pesi attribuiti quindi sono i seguenti: 0.92 grano duro, 0.04 grano tenero e 0.04 mais. Tale indice complessivo è stato quindi classificato in 5 classi di impatto crescente, da 1 (livello non critico o a bassa criticità) a 5 (livello ad alta criticità).

Esposizione

Per la valutazione dell'esposizione sono stati considerati due indicatori riferibili al capitale economico esposto, disponibili a livello comunale dal censimento ISTAT 2010 (Tabella 34).

Gli indicatori sono stati normalizzati e suddivisi in 5 classi, che rappresentano il livello di esposizione all'impatto potenziale. La classe 1 rappresenta il livello di esposizione più basso (condizione ottimale), mentre la classe 5 indica il livello di esposizione più alto (condizione critica). Le classi 2 e 4 rappresentano il livello medio-basso (condizioni piuttosto positive) e medio-alto (condizioni piuttosto negative), mentre la classe 3 indica un livello medio (condizioni neutre).

I valori normalizzati degli indicatori considerati sono stati mediati, dando lo stesso peso ad entrambi, e dal valore medio sono state derivate le 5 classi che determinano l'indice complessivo di esposizione al rischio in esame.

Tabella 34 Indicatori di esposizione.

Capitale	Indicatore	Unità di misura	Fonte dei dati
Economico	Superfici a seminativo per la produzione di granella su SAU comunale	%	ISTAT – Censimento Agricoltura 2010

Capitale	Indicatore	Unità di misura	Fonte dei dati
	Aziende agricole su superficie del comune	Num/km ²	ISTAT – Censimento Agricoltura 2010

Capacità di adattamento

La capacità di adattamento in questo capitolo è un focus rispetto all'analisi condotta nel capitolo 2 per il settore agricolo e ha il solo l'obiettivo di dettagliare alcuni indicatori disponibili a livello comunale al fine di discriminare diversi livelli di capacità di risposta al cambiamento climatico a livello territoriale. Questo elemento dell'analisi è stato valutato secondo tre determinanti, in accordo con la classificazione degli indicatori proposta nel capitolo 2: capitale umano, infrastrutture e fattore economico. Gli indicatori selezionati all'interno delle suddette categorie sono riepilogati in Tabella 35.

Tabella 35 Indicatori di capacità di adattamento.

Determinanti	Indicatore	Unità di misura	Fonte dei dati
Capitale umano	Laureati sul totale della popolazione residente	%	ISTAT – Censimento generale della popolazione e delle abitazioni 2011
Infrastrutture	Diffusione sistemi di irrigazione a basso consumo idrico	%	ISTAT – Censimento Agricoltura 2010
	Superfici irrigate su SAU	%	ISTAT – Censimento Agricoltura 2010
Fattore economico	Occupati nel settore primario sul totale degli occupati	%	ISTAT – Censimento Agricoltura 2010
	PIL	€/pro-capite x10 ³	1991

Il livello di istruzione e le risorse economiche disponibili nel territorio sono considerati come indicatori della capacità del sistema di rispondere ad un determinato impatto atteso. Le persone con un alto livello di istruzione (come la laurea) e con un reddito pro capite più elevato possono avere un più facile accesso ad informazioni e strumenti per capire e prevenire i rischi derivanti dai cambiamenti climatici.

Il dato infrastrutturale/tecnologico riferito alla presenza di aree irrigue sul totale della SAU è stato considerato come *proxy* della consistenza delle aree equipaggiate per

l'irrigazione, non essendo quest'ultimo dato disponibile a livello comunale. È stata inoltre valutata la percentuale di diffusione di sistemi di irrigazione a più alta efficienza rispetto al totale.

Gli indicatori della capacità di adattamento sono stati normalizzati e mediati attribuendo lo stesso peso a tutti gli indicatori. Il dato mediato è stato associato alla classe corrispondente, considerando che la capacità di adattamento va letta al contrario rispetto agli altri indicatori, quindi valori più bassi indicano condizioni negative per la vulnerabilità (es. bassa capacità di adattamento) mentre valori più alti rappresentano condizioni positive ai fini della vulnerabilità (maggiore è la capacità di adattamento minore è la vulnerabilità). Il *range* di valori dell'indicatore è stato quindi invertito in modo che il valore più basso sia rappresentato dal valore standardizzato di 1 e il più alto sia rappresentato dal valore standardizzato 0. I valori medi sono quindi stati rapportati alle rispettive 5 classi di appartenenza.

Benessere animale

L'analisi condotta per la valutazione del rischio sul benessere animale è stata effettuata considerando come indicatore di **pericolosità climatica** l'indice climatico THI, come indicatore di **esposizione** il numero di capi animali per comune e il numero di aziende per comune, come indicatore di **sensibilità** la composizione delle tipologie di capi di allevamento presenti e come indicatori di **capacità di adattamento** indicatori appartenenti a due determinanti: capitale umano e fattore economico.

Pericolosità climatica

Per la valutazione della pericolosità climatica che va ad incidere sul benessere animale e quindi l'insorgenza di malattie e la perdita di produttività degli stessi, è stato individuato come indicatore il *Temperature Humidity Index* (THI) o indice di temperatura e umidità. Il THI è un indice ampiamente utilizzato sia a livello nazionale dal Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari, Forestali e del Turismo (Mipaaf)¹², sia dall'ARPAS della Regione Sardegna¹³ perché consente di stimare lo stato di malessere a cui sono soggetti gli animali in condizione di alta temperatura ed elevata umidità dell'aria.

Le elevate temperature, soprattutto per animali di grossa mole, influenzano negativamente l'attività produttiva e riproduttiva perché l'animale deve utilizzare buona parte dell'energia assunta con gli alimenti per regolare la temperatura corporea, sottraendola quindi ad altre attività (es. produzione di latte, accrescimento, etc.). In

¹² https://www.politicheagricole.it/flex/FixedPages/Common/miepfyE00_indicatoreThi.php/L/IT

¹³ <http://www.sar.sardegna.it/documentazione/agro/thi.asp>

generale le soglie che vengono considerate per stimare i livelli di stress e quindi maggiori condizioni di rischio e sono le seguenti: $68 \leq \text{THI} < 72$ lieve disagio; $72 \leq \text{THI} < 75$ disagio; $75 \leq \text{THI} < 79$ allerta; $79 \leq \text{THI} < 84$ pericolo e $\text{THI} \geq 84$ emergenza. Tuttavia la soglia dell'indice del benessere animale, al di sopra della quale l'animale inizia a subire stress, è differente a seconda delle specie, della razza, dell'età dell'animale, del numero di parti effettuati e di svariati altri fattori. Ad esempio, nella vacca da latte lo stress da caldo inizia con valori del THI maggiori di 72, per le vacche da carne la soglia di stress è per valori di THI maggiori di 75, per la scrofa per valori maggiori di 74 e per i polli da carne lo stress da caldo inizia con valori del THI maggiori di 78.^{lxxxvii}

Il calcolo di tale indice può essere effettuato con diverse formule, nel presente studio è stato effettuato attraverso la formula seguente:

$$\text{THI} = (1.8 \cdot T + 32) - (0.55 - 0.55 \cdot \text{RH}) \cdot ((1.8 \cdot T + 32) - 58)$$

dove T è la temperatura ambientale espressa in °C e RH è l'umidità relativa espressa in %.

I dettagli sull'indicatore calcolato nel presente studio sono riportati nella Tabella 36.

Tabella 36 Indicatori di pericolosità climatica.

Indicatore	Unità di misura	Risoluzione spaziale	Fonte dei dati
Variazione THI per il periodo 2021-2050 vs 1976-2005, RCP 4.5	adimensionale	8x8 km, aggregato a livello comunale	Elaborazioni CMCC
Variazione THI per il periodo 2021-2050 vs 1976-2005, RCP 8.5	adimensionale	8x8 km, aggregato a livello comunale	Elaborazioni CMCC

Esposizione

Per la valutazione dell'esposizione sono stati considerati due indicatori riferibili al capitale economico esposto, disponibili a livello comunale dal censimento ISTAT 2010 (Tabella 37).

Gli indicatori sono stati normalizzati e suddivisi in 5 classi, che rappresentano il livello di esposizione all'impatto potenziale, con la classe 1 che anche in questo caso rappresenta il livello di esposizione più basso (condizione ottimale), mentre la classe 5 indica il livello di esposizione più alto (condizione critica). Le classi 2 e 4 rappresentano il livello medio-basso (condizioni piuttosto positive) e medio-alto (condizioni piuttosto negative), mentre la classe 3 indica un livello medio (condizioni neutre).

I valori normalizzati degli indicatori considerati sono stati mediati, dando lo stesso peso ad entrambi, e dal valore medio sono state derivate le 5 classi che determinano l'indice complessivo di esposizione al rischio in esame.

Tabella 37 Indicatori di esposizione.

Capitale	Indicatore	Unità di misura	Fonte dei dati
Economico	Numero di capi animali per comune	Num	ISTAT – Censimento Agricoltura 2010
	Aziende agricole su superficie del comune	Num/km ²	ISTAT – Censimento Agricoltura 2010

Sensibilità

Come indicatore di sensibilità è stata considerata la diversa sensibilità delle specie animali allo stress da calore, nello specifico sono stati attribuiti i seguenti pesi alle diverse specie: bovini 0.36, ovini e suini 0.33 e avicoli 0.31 (in considerazione della loro diversa sensibilità).

Tabella 38 Indicatori di sensibilità.

Indicatore	Unità di misura	Fonte dei dati
Composizione delle tipologie di bestiame (bovini e bufalini, ovini e caprini, suini ed avicoli)	%	ISTAT – Censimento Agricoltura 2010

Capacità di adattamento

La capacità di adattamento in questo capitolo è un focus rispetto all'analisi condotta nel capitolo 2 per il settore agricolo e ha il solo l'obiettivo di dettagliare alcuni indicatori disponibili a livello comunale al fine di discriminare diversi livelli di capacità di risposta al cambiamento climatico a livello territoriale. Questo elemento dell'analisi è stato valutato secondo le determinanti: capitale umano e fattore economico. Gli indicatori selezionati all'interno delle suddette categorie sono riepilogati in Tabella 39.

Tabella 39 Indicatori di capacità di adattamento.

Determinanti	Indicatore	Unità di misura	Fonte dei dati
Capitale umano	Laureati sul totale della popolazione residente	%	ISTAT – Censimento generale della popolazione e delle abitazioni 2011
Fattore economico	Occupati nel settore primario sul totale degli occupati	%	ISTAT – Censimento Agricoltura 2010
	PIL	€/pro-capite x10 ³	1991

Comparto forestale

Gli incendi boschivi

Il quadro metodologico proposto nel paragrafo 3.1 è stato adattato per abbracciare un approccio il più comprensivo possibile fondato sui più recenti studi scientifici legati agli incendi boschivi. L'approccio analizza quali beni e valori a rischio possono essere negativamente colpiti (esposti) considerando (i) quali caratteristiche fanno sì che il sistema sia vulnerabile ai potenziali impatti negativi del pericolo meteo-indotto in considerazione e (ii) quali siano le capacità del sistema già in essere o mancanti che possono contribuire a ridurre il rischio in analisi al momento attuale e nel futuro.

La metodologia integra quindi variabili che riflettono i diversi fattori che compongono il rischio e le sue diverse dimensioni: da quella sociale, a quella fisica, ambientale e istituzionale.

La catena di impatto sviluppata per valutare l'aumento del rischio incendi nelle aree rurali, forestali e boscate è quindi composta da quattro componenti (Figura 35):

- *Pericolo*: La prima componente è la caratterizzazione della pericolosità meteo-indotta attraverso *proxy* di eventi pericolosi associati al cambiamento climatico;
- *Esposizione*: rappresenta la presenza di beni e servizi nelle aree in cui possono insorgere degli incendi;
- *Sensibilità*: esprime il grado con cui i beni e servizi possono essere impattati dagli incendi, legato alla predisposizione di soffrire di un certo ordine e grado di perdita;
- *Capacità di adattamento*: legata alle misure in campo per anticipare i potenziali effetti negativi degli incendi o per rispondere (anche tempestivamente) in caso di insorgenza degli eventi di incendio.

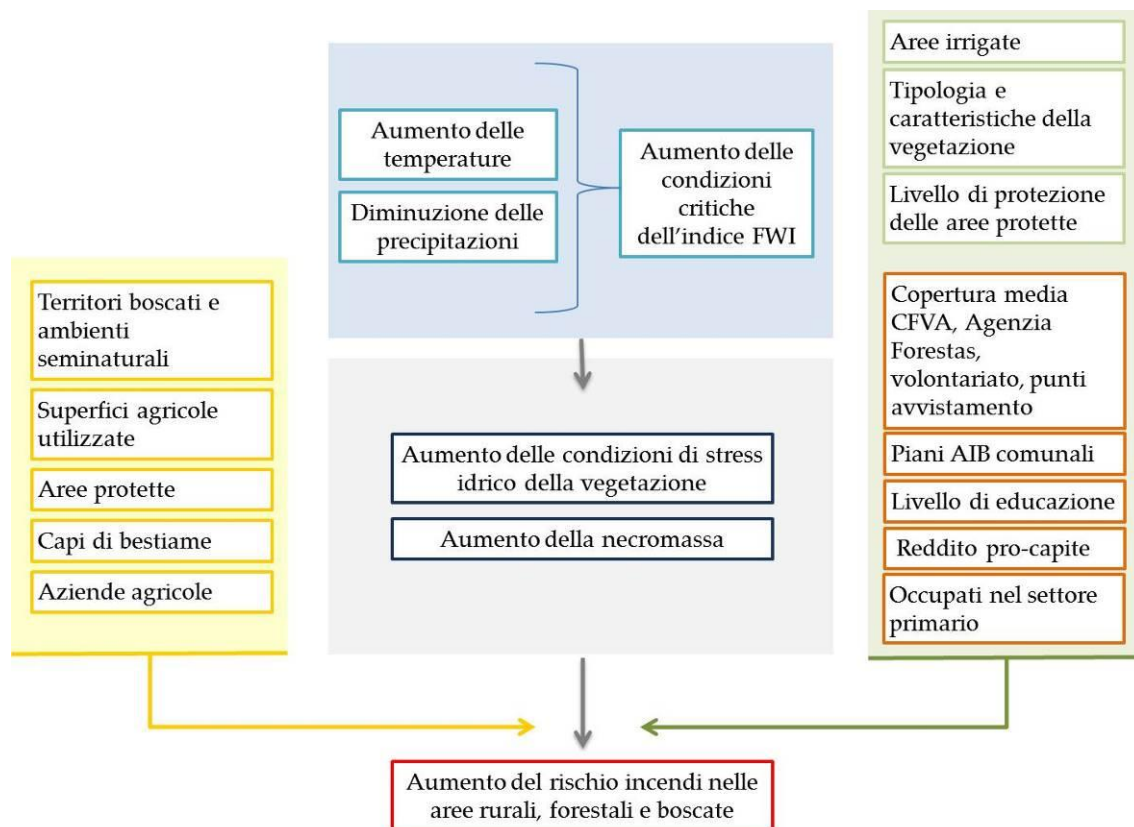


Figura 35 Catena di impatto relativa all'aumento del rischio incendi nelle aree rurali, forestali e boscate.

Pericolosità

I lunghi periodi con temperature elevate e scarse precipitazioni che caratterizzano le estati mediterranee contribuiscono a rendere la vegetazione combustibile (sia essa erbacea, arbustiva o arborea) più secca e quindi più adatta ad alimentare il fuoco e a favorire l'insorgenza di incendi di grandi dimensioni. Le condizioni meteo-climatiche sono quindi uno dei fattori chiave che influenzano il regime degli incendi. Gli indici di pericolosità di incendio (tradotto dall'inglese *fire danger*), indicatori della facilità di innesco della vegetazione, della difficoltà al controllo di un incendio e del danno potenziale associato all'incendio, possono essere convenientemente utilizzati per esprimere le relazioni fra condizioni meteo-climatiche e occorrenza degli eventi.

La valutazione del pericolo di incendio può essere fatta partendo sia da indicatori di tipo statico (a lungo termine o strutturali) sia da indicatori di tipo dinamico (a breve termine). Gli indici di pericolo meteorologico possono essere raggruppati in base all'approccio utilizzato per la selezione e l'integrazione delle variabili, così come descritto da Chuvieco et al. (1999), e sono calcolati a partire da parametri meteorologici giornalieri. In letteratura, questi indici sono spesso chiamati semplicemente *indici di pericolo di incendio*.^{lxxxviii}

Uno degli indici più conosciuti, a livello globale, è il Canadese *Fire Weather Index (FWI)*,^{lxxxix} un modello adimensionale basato su processi fisici, utilizzato operativamente in diverse località, incluso il bacino del Mediterraneo.^{xc} Dal 2007 l'FWI è stato adottato dal Sistema Europeo d'Informazione sugli Incendi Boschivi (EFFIS).^{xc} Infatti, sebbene l'FWI sia nato come sistema per calcolare il rischio in foreste prevalentemente boreali, presenta due caratteristiche che lo rendono il sistema attualmente più utilizzato in tutto il mondo: la semplicità e l'adattabilità, anche a causa di fattori di correzione o soglie di pericolosità.^{xcii}

Recentemente Sirca et al. (2018) hanno valutato e comparato le *performance* di 8 indici di pericolosità fra cui FWI in Sardegna utilizzando diversi approcci statistici (correlazione per ranghi di Spearman, distribuzione e analisi percentile, regressione logistica). I risultati dell'analisi, pur sottolineando l'ampia variabilità nelle *performance* degli indici, hanno confermato la bontà dell'indice FWI nel discriminare i giorni con un alto potenziale di incendio, indicando come esso sia adatto per un uso operativo.

Tutto ciò premesso e in coerenza con il PNACC, l'FWI è una solida base per esplorare i meccanismi e le variazioni del rischio di incendio in Sardegna; pertanto l'indice FWI è stato utilizzato come *proxy* di pericolo meteo-indotto nell'ambito dello sviluppo della catena di impatto sugli incendi boschivi.

Il sistema FWI fornisce valutazioni numeriche del potenziale di incendio relativo basato esclusivamente sulle osservazioni meteorologiche. Gli input meteorologici per l'FWI sono i valori giornalieri alle 12.00 di temperatura, umidità relativa dell'aria, 10 m di velocità del vento e precipitazioni nelle precedenti 24 h. I dati utilizzati sono relativi al periodo di riferimento (1981-2010) e al trentennio futuro 2021-2050, secondo i due scenari di concentrazione di gas climalteranti RCP4.5 e RCP8.5 (IPCC, 2013) e sulla base delle proiezioni del modello climatico COSMO-CLM a 8 km di risoluzione prodotto dal CMCC (per maggiori approfondimenti si veda il capitolo 1).

Per definire valori soglia dell'indice FWI adeguati e accurati nel prevedere l'insorgenza degli incendi, sono stati utilizzati alcuni dei metodi statistici descritti da Sirca et al. (2018). Il dato medio giornaliero di FWI per l'intera isola è stato normalizzato da 1 a 10; sono stati quindi calcolati, per il periodo 2000-2007, alcuni parametri legati all'attività degli incendi sull'intero territorio regionale, come la percentuale delle giornate con incendi, area bruciata media giornaliera per 50 km², numero di incendi giornalieri per 50 km²; superficie bruciata media per incendio. Sulla base dell'assunto che il valore dei parametri relativi all'attività degli incendi dovrebbe aumentare man mano che aumentano le classi di pericolosità, è stata applicata la statistica Spearman di correlazioni fra ranghi per valutare appunto l'associazione fra l'indice FWI e gli indicatori sopracitati. Un alto valore del coefficiente di correlazione ρ indica un'ottima corrispondenza fra le classi di FWI e il valore del parametro relativo all'attività degli incendi.

Oltre alla statistica Spearman di correlazioni fra ranghi è stata calcolata la frequenza della distribuzione dei valori di FWI e l'analisi percentile, che forniscono utili informazioni per determinare se e quanto gli indicatori legati all'attività degli incendi sono correttamente rilevati dall'indice di pericolosità. A questo scopo sono stati calcolati altri 4 parametri degli incendi che riflettono un'attività da bassa a severa in termini di insorgenze e area bruciata: giorni con e senza incendi; giorni con almeno un incendio; giorni con più di un incendio; giorni con area bruciata maggiore di 0.5 ha per 50 km², giorni con superficie bruciata media per incendio superiore ai 10 ha. Come suggerito da Sirca et al. (2018), se non esistono relazioni fra il valore dell'indice e l'indicatore di attività dell'incendio, ci si aspetta che la distribuzione sia uniformemente distribuita fra tutte le classi percentili; viceversa una distribuzione spostata verso destra indica che il valore dell'indice aumenta quando aumenta progressivamente l'attività degli incendi.

I risultati dell'analisi statistica hanno evidenziato un alto valore del coefficiente di correlazione ρ (0,7, per $0,025 < p < 0,01$) della statistica Spearman di correlazioni fra ranghi fra l'indice FWI e i seguenti indicatori: percentuale delle giornate con incendi, area bruciata media giornaliera per 50 km², numero di incendi giornalieri per 50 km².

L'analisi di distribuzione dei valori di FWI ha mostrato una forte relazione fra indice FWI e gli indicatori relativi ai giorni con più di un incendio, giorni con area bruciata maggiore di 0.5 ha per 50 km², giorni con superficie bruciata media per incendio superiore ai 10 ha; tutti parametri che indicano un'attività degli incendi piuttosto importante. L'analisi percentile ha quindi evidenziato il valore soglia dell'FWI che discrimina una severa attività degli incendi. Tale dato è stato quindi utilizzato per calcolare il numero di giorni con valore di FWI al di sopra di questa soglia per il periodo di riferimento 1981-2010 e l'anomalia (variazione %) nel numero di giorni che superano la soglia fra il periodo di riferimento e il periodo futuro 2021-2050, secondo i due scenari di concentrazione di gas climalteranti RCP4.5 e RCP8.5.

Le anomalie stimate sono state quindi mediate a livello comunale utilizzando lo strumento GIS *zonal statistics* e i valori di anomalia per ciascun comune sono stati normalizzati con la funzione proposta dal metodo descritto nel paragrafo 3.1.3 e successivamente suddivisi in 5 classi che indicano un livello crescente di pericolosità.

Esposizione

L'elenco degli indicatori di esposizione utilizzati per identificare le principali categorie di beni e servizi esposti agli incendi è riportato nella Tabella 40.

Sono stati considerati i capi di bestiame (capitale economico), le aziende agricole presenti sul territorio (afferenti al capitale manufatto), e due indicatori relativi al capitale ambientale e naturale. Le superfici comunali occupate da territori boscati e

aree semi-naturali, insieme con le superfici agricole utilizzate, sono considerate infatti le principali macro-categorie di uso del suolo maggiormente esposte agli incendi. Le informazioni relative a queste due categorie sono state elaborate sulla base dei dati relativi alla copertura del suolo CORINE Land Cover (CLC2012) considerando fino al IV livello tematico relativo a:

- aree forestali (codici 311, 312, 313, 321, 322, 323, 324).
- aree agricole (codici 211, 221, 222, 223, 224, 231, 243, 244)

Le aree protette sono state invece definite considerando le aree protette designate a livello nazionale e regionale, i siti NATURA 2000 (SIC e ZPS), le aree di interesse naturalistico e i complessi forestali.

Ogni indicatore è stato classificato in 5 classi, che rappresentano il livello di esposizione al potenziale impatto. La classe 1 rappresenta il livello di esposizione più basso, mentre la classe 5 indica il livello di esposizione più alto (condizione critica). Le classi 2 e 4 rappresentano il livello medio-basso e medio-alto di criticità, mentre la classe 3 indica un livello medio.

Tabella 40 Indicatori di esposizione agli incendi boschivi.

Capitale	Indicatore	Unità di misura	Fonte dei dati
Economico	Densità dei capi di bestiame (bovini, ovini, suini) [DANIM]	N./km ²	ISTAT – Censimento Agricoltura 2010
Naturale e ambientale	Superfici agricole utilizzate su superficie comunale [%SAU]	%	CLC 2012
	Territori boscati e semi-naturali su superficie comunale [%BOSCO]	%	CLC 2012
	Aree protette (parchi, SIC, ZPS), aree di interesse naturalistico e complessi forestali su superficie comunale [%APROT]	%	
Manufatti e infrastrutture	Densità delle aziende agricole [DAZAGR]	N./km ²	ISTAT – Censimento Agricoltura 2010

Sensibilità

La Tabella 41 riassume i principali indicatori di sensibilità utilizzati nella catena di impatto sugli incendi boschivi, che essenzialmente possono essere classificati nell'ambito dei fattori naturali e ambientali.

Tabella 41 Indicatori di sensibilità agli incendi boschivi.

Fattori	Indicatore	Unità di misura	Fonte dei dati
Naturale e ambientale	Aree irrigate su superficie comunale [%AIRR]	%	CLC 2012
	Indice di infiammabilità [IF]	adimensionale	Xanthopoulos et al. (2012) e CLC 2012
	Livello di protezione delle aree protette [LIVPROT]	adimensionale	

La percentuale delle aree irrigate è stata considerata in ordine opposto rispetto a quello degli altri indicatori: maggiore sarà la percentuale del territorio comunale occupata da superfici irrigate e meno sensibile sarà al possibile passaggio degli incendi.

Le informazioni relative all'infiammabilità della vegetazione sono state elaborate a partire dai dati relativi alla copertura del suolo CORINE Land Cover (CLC 2012) per la macrocategoria territori boscati e seminaturali seguendo l'approccio di Corona et al. (2014). L'infiammabilità del combustibile è definita come la relativa facilità con cui il combustibile vegetale si accende e brucia. I diversi tipi forestali hanno diverse infiammabilità intrinseche "di base", a seconda della suscettibilità alla combustione delle principali specie arboree che formano la copertura forestale.

Tabella 42 Infiammabilità dei principali tipi di territori boscati e aree seminaturali in Sardegna secondo lo schema di valutazione di Xanthopoulos et al. (2012).

CLC 2012	Classificazione delle tipologie forestali europee	Indice di infiammabilità
3.1.1.1 Boschi a prevalenza di querce e altre latifoglie sempreverdi (quali leccio e sughera)	9.1 Mediterranean evergreen oak forest	3,75
3.1.1.2 Boschi a prevalenza di querce caducifoglie (cerro e/o roverella e/o farnetto e/o rovere e/o farnia)	8.1 Downy oak forest	2,00
3.1.1.4 Boschi a prevalenza di castagno	8.7 Chestnut forest	2,70
3.1.1.6. Boschi a prevalenza di igrofite (quali salici e/o pioppi e/o ontani, ecc.)	8.8 Other thermophilous deciduous forests	2,50
3.1.1.7. Boschi ed ex-piantagioni a prevalenza di latifoglie esotiche (quali robinia e ailanto)	8.8 Other thermophilous deciduous forests	2,50
3.1.2.1. Boschi a prevalenza di pini mediterranei e cipressi (pino domestico, pino marittimo, pino d'Aleppo)	10.1 Mediterranean pine forest	4,03
3.1.2.5 Boschi ed ex-piantagioni a prevalenza di conifere esotiche (quali douglasia, pino insigne, pino strobo)		2,50
3.1.3.1.1. Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di querce e altre latifoglie sempreverdi (quali leccio e sughera)		3,89
3.1.3.1.2. Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie (cerro e/o roverella e/o farnetto e/o rovere e/o farnia)		3,02
3.1.3.2.1. Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di pini mediterranei e cipressi (pino	10.1 Mediterranean Pine Forest	4,30

CLC 2012	Classificazione delle tipologie forestali europee	Indice di infiammabilità
domestico, pino marittimo, d'Aleppo)		
3.1.3.2.5. Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di conifere esotiche (quali douglasia, pino insignie, pino strobo)		2,50
3.2.1.1 Praterie continue		3,00
3.2.1.2 Praterie discontinue		3,00
3.2.2. Brughiere e cespuglieti	9.5 Other schlerophyllous forests	2,70
3.2.3. Aree a vegetazione sclerofilla	9.5 Other schlerophyllous forests	
3.2.3.1 Macchia alta	9.5 Other sclerophyllous forest	3,70
3.2.3.2 Macchia bassa e garighe	9.5 Other sclerophyllous forest	3,00
3.2.4. Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	9.5 Other sclerophyllous forest	3,00
3.2.4.1. Tagliate di bosco ceduo (in boschi a prevalenza di latifoglie)	9.1 Mediterranean evergreen oak forest	3,30

L'approccio prevede l'associazione del livello di infiammabilità proposto da Xanthopoulos et al. (2012) ai territori boscati e seminaturali della Sardegna estratti dalla CLC 2012 (Tabella 42). Il lavoro di Xanthopoulos et al. (2012) permette infatti di assegnare un indice di infiammabilità (FI) di base che riflette il tipico di pericolo di incendio per 60 tipologie forestali europee e del Nord-Africa. La variabilità dell'indice FI è quindi classificata in cinque classi:

- **molto bassa** ($1 < FI < 1,8$): bassa infiammabilità anche in condizioni meteorologiche estreme;
- **bassa** ($1,8 < FI < 2,6$): vegetazione infiammabile in condizioni meteorologiche estreme quando il numero degli inneschi è considerevole e gli incendi piuttosto attivi;
- **media** ($2,6 < FI < 3,4$): gli incendi possono essere numerosi durante le estati calde e possono presentare significativi problemi in termini di risorse e sforzi per il loro controllo;
- **alta** ($3,4 < FI < 4,2$): gli incendi sono altamente probabili durante le estati calde, possono sfuggire ad un primo attacco se non affrontati efficacemente;
- **molto alta** ($4,2 < FI < 5,0$): possono esserci numerosi incendi anche durante condizioni moderate durante la stagione degli incendi; questi possono sfuggire al controllo e in condizioni climatiche estreme possono diventare mega-incendi.

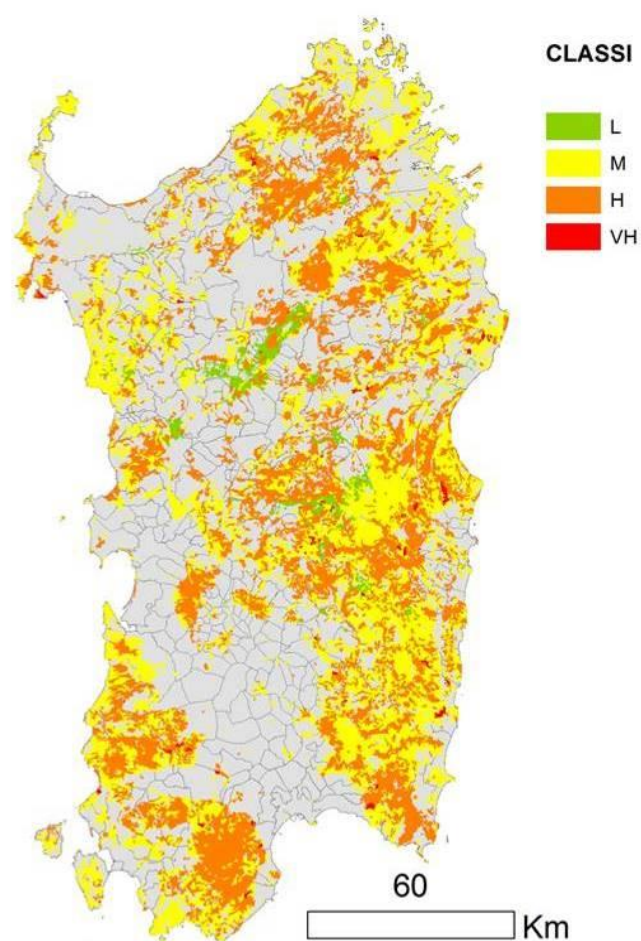


Figura 36 Mappa regionale del livello di infiammabilità ai territori boscati e seminaturali della Sardegna estratti dalla CLC 2012 seguendo la metodologia proposta da Xanthopoulos et al. (2012).

Il livello di protezione delle aree protette è stato invece derivato dalla valutazione della porzione di territorio comunale ricadente all'interno dei parchi, aree SIC e ZPS e complessi forestali, a cui sono stati associati pesi crescenti sulla base del livello di protezione, secondo la Classificazione internazionale delle aree protette. Tale classificazione, proposta dalla Commissione Mondiale sulle Aree Protette della Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN), suddivide le aree naturali protette in sei categorie, che vanno dalla Riserva naturale integrale, passando per i Parchi nazionali, fino alle Aree protette per la gestione sostenibile delle risorse. Benché i 32 complessi forestali gestiti dall'Agenzia FORESTAS, ai quali fanno capo le Foreste Demaniali ed i cantieri, non rientrino specificamente nel sistema IUCN, in virtù dei lavori di sistemazione idraulico-forestale e delle attività di gestione del bosco, questi sono stati assimilati alle aree protette finalizzate all'uso sostenibile degli ecosistemi naturali in cui la conservazione della biodiversità si coniuga con la produzione di prodotti naturali.

Capacità di adattamento

La capacità di adattamento dei comuni della Sardegna al rischio incendi è stata valutata secondo alcune delle determinanti proposte nel paragrafo 2.1: capitale umano, infrastrutture, *governance*, istituzioni e policy, fattori economici e flessibilità. Gli indicatori selezionati all'interno delle suddette categorie sono riepilogati in Tabella 43.

Tabella 43 Indicatori di capacità di adattamento agli incendi boschivi.

Determinanti	Indicatore	Unità di misura	Fonte dei dati
Capitale umano	Laureati sul totale della popolazione residente [%LAU]	%	ISTAT – Censimento generale della popolazione e delle abitazioni 2011
Infrastrutture	Copertura media stazioni forestali CFVA, nuclei Agenzia Forestas, organizzazioni volontariato, punti avvistamento [COV]	km	Piano Regionale di Previsione, Prevenzione e Lotta attiva contro gli incendi boschivi - 2018
Governance, istituzioni e policy	Presenza e stato piano comunale AIB [PCAIB]	Presenza/assenza	
Fattori economici	Prodotto interno lordo [PIL]	€/pro-capite x10 ³	1991
Flessibilità	Occupati nel settore primario sul totale della forza lavoro [%OCCAGR]	%	ISTAT – Censimento generale della popolazione e delle abitazioni 2011

Il livello di istruzione e risorse economiche disponibili nel territorio sono considerati come indicatori della capacità del sistema di rispondere o gestire un evento. Le persone con un alto livello di istruzione (come la laurea) e con un reddito pro-capite più elevato possono avere un più facile accesso ad informazioni e strumenti per capire e prevenire il rischio di incendi boschivi. Inoltre, sono stati considerati come elementi di capacità di adattamento anche le percentuali di occupati nel settore primario (agricoltura e selvicoltura). Secondo un recente studio,^{xciii} il recente abbandono dell'agricoltura dovuto ad un alto tasso di disoccupazione e una maggiore occupazione nel settore dei servizi ha portato ad un cambiamento nel regime degli incendi. Sulla base di queste considerazioni, anche in questo lavoro si è considerato che maggiore sarà la percentuale della popolazione impiegata nel settore primario e più il territorio sarà "attrezzato" per anticipare i potenziali effetti negativi degli incendi o per rispondere in caso di insorgenza degli eventi di incendio

I dati relativi alla distribuzione territoriale delle stazioni forestali del CFVA, dei nuclei dell'Agenzia Forestas, delle organizzazioni di volontariato e dei punti di avvistamento sono stati reperiti nella cartografia associata al Piano Regionale di Previsione, Prevenzione e Lotta attiva contro gli incendi boschivi aggiornato al 2018

(Figura 37). Seguendo l'approccio per l'analisi del rischio del Piano stesso, queste informazioni rappresentano la capacità operativa degli enti regionali preposti alla lotta e delle organizzazioni di volontariato iscritte nell'elenco regionale e inserite nel sistema regionale di protezione civile per il settore antincendio boschivo (AIB). Prendendo in considerazione la dislocazione sul territorio delle sedi e l'identificazione di diverse aree circostanti le sedi stesse, è stato calcolato un valore medio comunale di distanza da queste, inversamente proporzionale alla tempestività della risposta.

Il dato istituzionale è infine rappresentato dalla presenza/assenza del piano AIB comunale e dallo stato di aggiornamento.

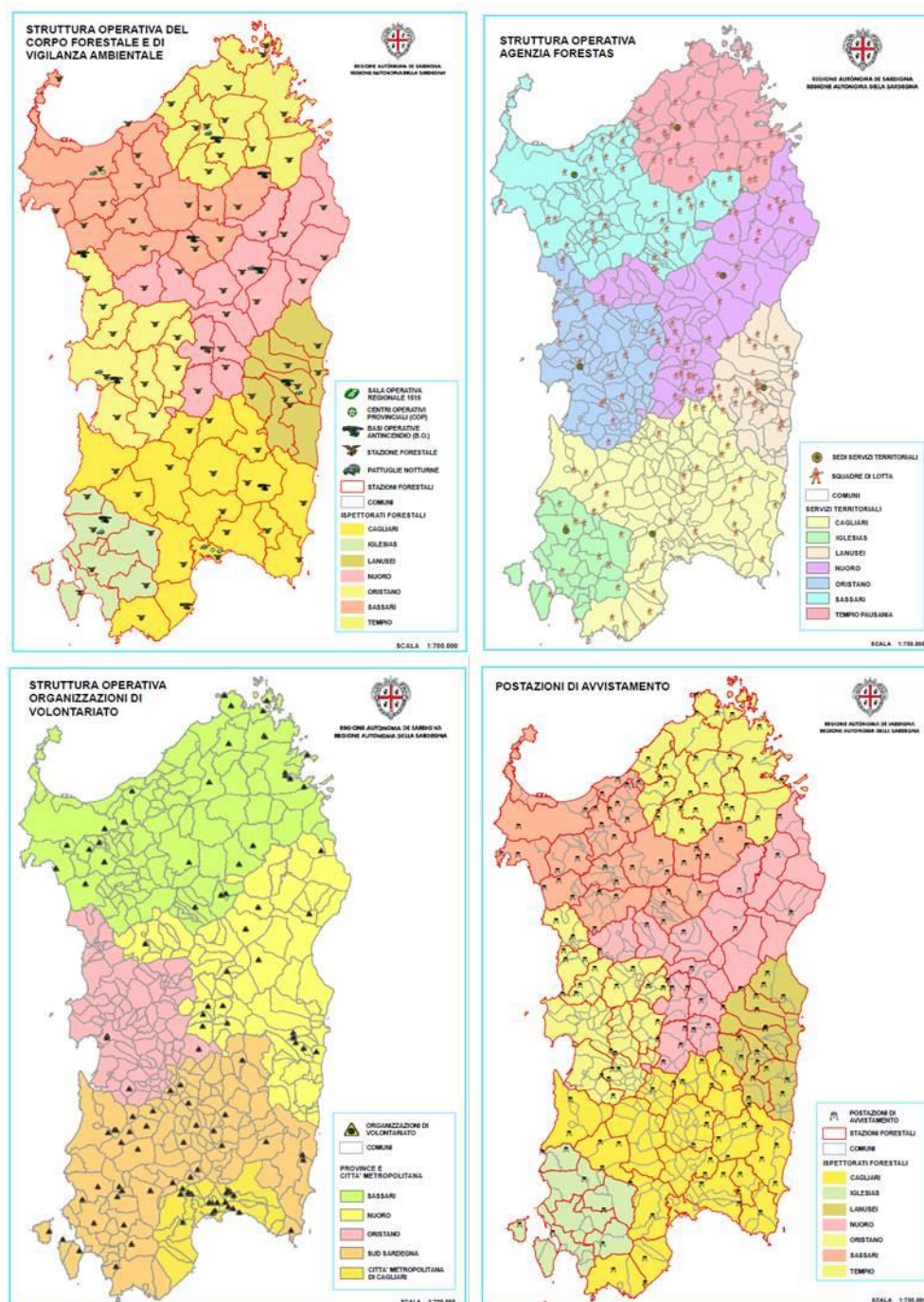


Figura 37 Distribuzione territoriale delle stazioni forestali del CFVA, dei nuclei dell'Agenzia Forestas, delle organizzazioni di volontariato e dei punti di avvistamento (Fonte: cartografia associata al Piano Regionale di Previsione, Prevenzione e Lotta attiva contro gli incendi boschivi 2017-2019, aggiornamento 2018).

Anche per quanto riguarda l'analisi relativa alla propensione al rischio derivante dai cambiamenti climatici delle foreste sarde, è stato utilizzato l'approccio metodologico proposto nel paragrafo 3.1, seppur adattato e integrato in base alla disponibilità dei dati necessari (e alla loro fonte di origine) per lo sviluppo della catena d'impatto (Figura 38).

L'analisi condotta per la valutazione della propensione al rischio di perdita di funzioni ecosistemiche da parte delle foreste della Sardegna derivante dai cambiamenti climatici si è basata solo in parte sull'utilizzo di indicatori in quanto si è preferito utilizzare risultati di modellistica. In questo senso la componente di **pericolosità meteo-indotta** (*hazard*) e di **sensibilità** sono combinate, poiché il modello statistico utilizzato per determinare l'impatto intermedio si basa sulla correlazione fra variabili climatiche e caratteristiche morfologiche e funzionali specifiche per ogni tipologia forestale considerata (sensibilità).

La catena d'impatto sviluppata per valutare la riduzione di servizi ecosistemici forestali di provvigione (per esempio produttività) è quindi composta di tre componenti (Figura 35):

- *Esposizione*: rappresenta la presenza di aree forestali;
- *Impatto intermedio (Pericolosità meteo-indotta e sensibilità)*: La pericolosità meteo-indotta è rappresentata da un aumento di aridità associata al cambiamento climatico, mentre la sensibilità è rappresentata dall'effetto dell'anomalia climatica sulle diverse tipologie forestali;

Capacità di adattamento: legata agli strumenti in campo utili per realizzare gli interventi necessari ad affrontare cali di produttività e/o cambi di composizione della vegetazione..

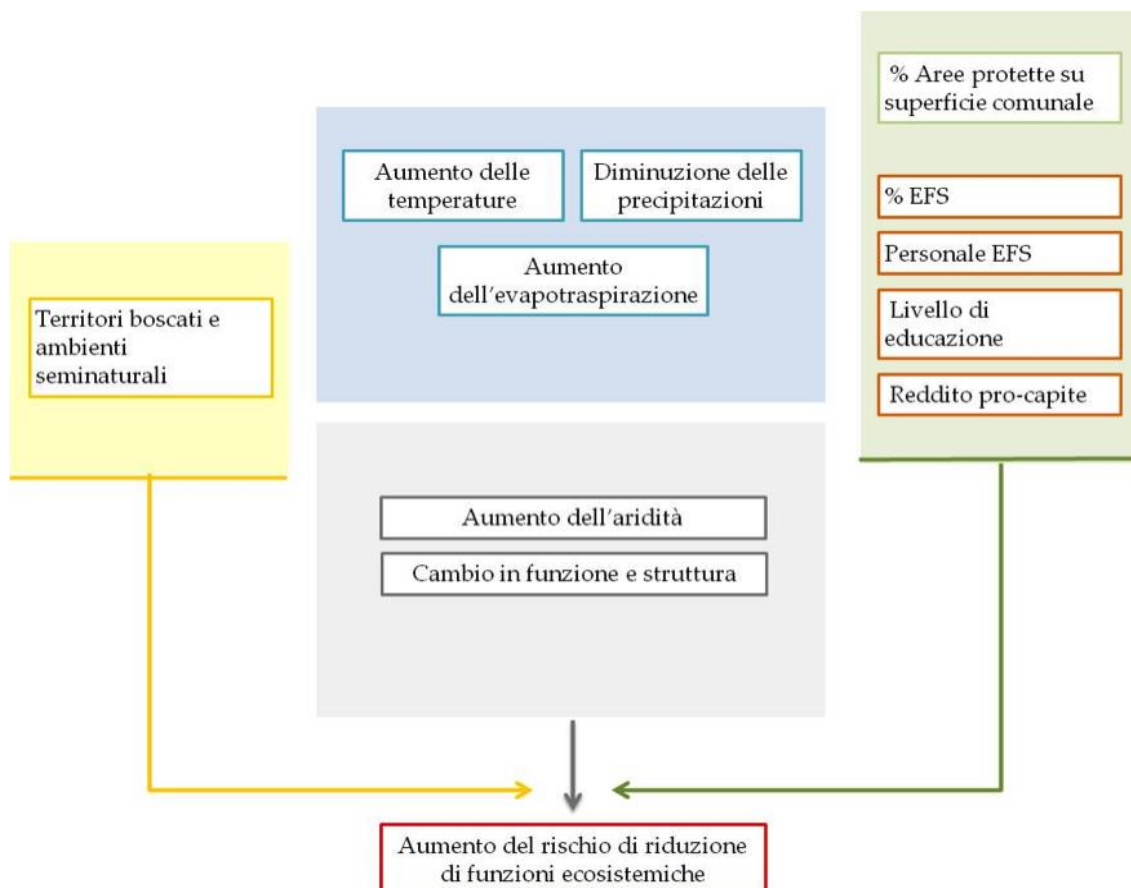


Figura 38 Catena di impatto su rischio di perdita di funzioni e servizi ecosistemici.

Esposizione

L'elenco degli indicatori di esposizione utilizzati per identificare le principali categorie forestali esposte a un aumento di aridità è riportato nella Tabella 44.

Sono stati considerati le superfici comunali occupate da territori boscati. Le informazioni relative a queste due categorie sono state elaborate sulla base dei dati relativi alla copertura del suolo CORINE Land Cover (CLC2012) considerando il IV livello tematico per le aree forestali (codici 311, 312, 313, 321, 322, 323, 324) Vedere la tabella 40 per una descrizione delle tipologie di copertura. .

Come indicatore di esposizione è stato usato la superficie boscata di ogni comune in percentuale sull' area del comune. L'indicatore è stato classificato in 5 classi, che rappresentano il livello di esposizione al potenziale impatto. La classe 1 rappresenta il livello di esposizione più basso (bassa copertura forestale), mentre la classe 5 indica il livello di esposizione più alto (alta copertura forestale). Le classi 2, 3 e 4 rappresentano livelli intermedi.

Impatto intermedio (pericolosità climatica e sensibilità)

L'assorbimento netto di CO₂ da parte delle foreste mediterranee così come la loro composizione in specie è largamente determinato dalla stagionalità delle precipitazioni e della evapotraspirazione (Ciais et al., 2005). Il pericolo meteo-indotto è stato quindi stimato attraverso l'indice di aridità pari al rapporto fra l'evapotraspirazione potenziale (ET_o) annua e le precipitazioni (PP) annue.

L'analisi dell'impatto intermedio per le foreste della Sardegna è stata effettuata integrando, nello sviluppo della catena d'impatto, un approccio basato sui Tratti Funzionali Medi delle Comunità (TFMC) similmente a come già utilizzata in Costa-Saura et al. (2018). L'approccio si basa su due punti fondanti. Il primo è che gli incrementi di biomassa misurati su diversi biomi sono correlati con diversi TFMC e in particolare a quello dell'Area Specifica Fogliare (ASF). I lavori che riportano queste correlazioni sono normalmente basati su dati di accrescimento a livello di parcella da inventari forestali e calcolo dei TFMC per le singole parcelle. Non sorprende che il tratto che risulta sempre significativamente correlato sia ASF, considerando il suo significato in termini di resistenza agli stress ossidativi come l'aridità.

Il secondo punto si basa sulla distribuzione dei valori dei TFMC lungo un gradiente climatico dove si osserva, nel caso dell'ASF, un graduale aumento dei valori all'aumento delle precipitazioni e la correlazione diventa più affidabile con l'indice di aridità. Inoltre, la variabilità dei valori riscontrati per ogni classe di aridità si riduce con l'aridità stessa, riflettendo la convergenza del TFMC verso valori simili all'estremizzarsi delle condizioni climatiche. Nello specifico, risulta che la tendenza verso la sclerofillia e la riduzione dei tipi di formazioni forestali compatibili con un dato livello di aridità può essere predetta da queste correlazioni.

Nell'approccio seguito, sono stati prima calcolati i valori di TFMC dell'area specifica fogliare (TFMC_{ASF}) per ognuna delle parcelle dell'inventario forestale nazionale in base alla loro composizione in specie e pesati sull'area basale relativa di ogni specie. I valori di ogni parcella sono stati quindi associati al proprio indice di aridità calcolato come media climatica dal 1981 al 2010x. Successivamente sono stati calcolati i percentili (95° e 50°) dei valori di TFMC_{ASF} lungo un gradiente di aridità usando una media mobile di ampiezza 0.2. Per i due percentili è stata quindi elaborata la miglior funzione fra TFMC_{asf} e indice di aridità. Il coefficiente di determinazione fra l'indice di aridità e, rispettivamente, il 95° e 50° percentile del TFMC_{ASF} è risultato di 0.81 e 0.50.

L'impatto intermedio è stato quindi è stato calcolato come il delta (anomalia) fra la distanza relativa del 95° dal 50° percentile nel futuro (scenari RCP 4.5 e 8.5) e quella nello scenario presente. Le anomalie con valore negativo (che indicano un impatto positivo sulle foreste) sono state poste pari a 0, mentre è stato attribuito un valore pari a 1 per tutte le formazioni forestali che negli scenari futuri risultavano superiori al limite del 95° percentile.

Un'analisi più robusta vorrebbe che il calcolo fosse effettuato utilizzando dati misurati a livello di parcella. Tuttavia, il numero delle parcella dell'inventario forestale non è sufficientemente alto da poter fare un'analisi puntuale, inoltre si aveva la necessità di considerare l'intera superficie forestale dei vari comuni e la sua suddivisione in tipi vegetazionali. Pertanto ogni parcella dell'inventario forestale per cui è stato calcolato il TFM_{CASF} è stata associata a una copertura del suolo CORINE Land Cover (CLC 2012) al quarto livello e per queste categorie è stato calcolato il TFM_{CASF} risultante (Tabella 44).

Tabella 44 Valori del Tratto Funzionale Medio della Comunità (TFMC) per l'Area Specifica Fogliare (asf).

Codice	Definizione	TFMC _{asf}
3.1.1.1	Boschi a prevalenza di querce e altre latifoglie sempreverdi (quali leccio e sughera)	6.62
3.1.1.2	Boschi a prevalenza di querce caducifoglie (cerro e/o roverella e/o farnetto e/o rovere e/o farnia)	12.19
3.1.1.4	Boschi a prevalenza di castagno	14.04
3.1.1.6	Boschi a prevalenza di igrofite (quali salici e/o pioppi e/o ontani, ecc.)	12.83
3.1.2.1	Boschi a prevalenza di pini mediterranei e cipressi (pino domestico, pino marittimo, pino d'aleppo)	3.74
3.1.2.5	Boschi ed ex-piantagioni a prevalenza di conifere esotiche (quali douglasia, pino insignie, pino strobo)	3.77
3.1.3.1.1	Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di querce e altre latifoglie sempreverdi (quali leccio e sughera)	4.76
3.1.3.1.2	Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie (cerro e/o roverella e/o farnetto e/o rovere e/o farnia)	7.21
3.2.3.1	Macchia alta	7.08
3.2.3.2	Macchia bassa e garighe	7.66

L'impatto intermedio su una categoria forestale è considerato critico se il suo valore di TFM_{CASF} risulta essere superiore al valore del 95° percentile proiettato nel futuro (2021-2050), mentre viene considerata priva di rischio se il suo valore risulta al di sotto del 50° percentile. L'anomalia offre un'indicazione di quanto dovrebbe cambiare quella comunità per adattarsi al nuovo clima. Il cambiamento può essere un cambio di produttività, un cambio di composizione della comunità, un cambio di densità o una combinazione di questi adattamenti. Quando una data formazione forestale cade al di fuori del 95° percentile si assume che quella comunità non sarà più combattibile con il nuovo clima e dovrà modificarsi profondamente, mentre anomalie progressivamente minori indicano cambi in struttura e/o funzione sempre meno profonde. Si consideri che un cambio in composizione indotto dall'anomalia climatica può verificarsi anche attraverso un aumento di tasso di mortalità, soprattutto a carico delle specie meno resistenti all'aridità, comportando un aumento di necromassa e quindi la propensione

al rischio incendio. L'impatto intermedio sui comuni è stato calcolato come media pesata sulla superficie coperta da ognuna delle dieci categorie di formazioni forestali. Tuttavia, l'impatto medio per comune può risultare in parte fuorviante perché tende a ignorare gli eventuali impatti critici su una sola tipologia di copertura. Al fine di offrire un miglior dettaglio sull'impatto intermedio, viene anche riportato il 95° percentile degli impatti per ogni comune.

Capacità di adattamento

La capacità di adattamento dei comuni della Sardegna al rischio incendi è stata valutata secondo tre determinanti ognuno rappresentato dagli indicatori riepilogati in Tabella 45.

Tabella 45 Indicatori di capacità di adattamento al cambio in funzioni ecosistemiche e composizione delle foreste della Sardegna.

Determinanti	Indicatore	Unità di misura	Fonte dei dati
Conoscenza e consapevolezza	Laureati	% su popolazione	ISTAT – Censimento generale della popolazione e delle abitazioni 2011
Infrastrutture	Percentuale di aree protette e di demanio forestale su superficie forestale	%	
Risorse economiche	PIL	€/pro-capite x10 ³	1991
	Occupati in Forestas	%	ISTAT – Censimento generale della popolazione e delle abitazioni 2011

La superficie forestale gestita dall'agenzia Forestas insieme alla percentuale di superficie soggetta a protezione (parchi, siti natura 2000) pesata sulla superficie boscata complessiva del comune è stata inserita perché le aree di bosco pubblico offrono una maggiore capacità di implementazione e coordinamento di eventuali azioni di adattamento rispetto ai boschi privati. Il livello di educazione (% dei laureati della popolazione) inserito perché spesso le azioni di adattamento si configurano come protocolli nuovi e quindi richiedono un grado d'istruzione elevato per la loro implementazione. Il reddito procapite e il numero di occupati presso l'agenzia regionale Forestas sono stati inseriti perché riflettono la capacità del territorio di mobilitare risorse per implementare azioni di adattamento.

3.2.2.2. *Il sistema delle acque interne*

Una specifica catena di impatto è stata sviluppata utilizzando gli indicatori disponibili ed un esercizio modellistico per identificare le criticità più rilevanti ed i rischi derivanti dagli impatti climatici sui fabbisogni idrici per il settore delle acque interne. L'approccio identifica quindi i sistemi ed i soggetti a rischio che possono essere negativamente colpiti (esposti) da eventi climatici meteo indotti che considerano (i) l'estensione dei sistemi/soggetti a rischio, (ii) le variazioni dei fabbisogni che vengono modificati dai cambiamenti climatici, (iii) il rischio climatico sulle risorse idriche, (iv) le ripercussioni sui servizi dovuti ai cambiamenti climatici e (v) le capacità esistenti o potenzialmente sviluppabili di adattarsi e ridurre rischi dovuti ai cambiamenti climatici.

La metodologia analizza le variabili disponibili che meglio riflettono questi diversi fattori dal punto di vista fisico, sociale ed istituzionale e discute quali altre variabili sia opportuno sviluppare e/o rendere disponibili per caratterizzare al meglio la vulnerabilità ed i rischi nell'ambito regionale. Le analisi intendono applicare un approccio spaziale per poter caratterizzare le componenti alla base del rischio climatico e la loro variazione spaziale per comune nell'ambito regionale.

L'impatto dei cambiamenti climatici ha un effetto diretto piuttosto rilevante con variazioni dei fabbisogni irrigui e della disponibilità idrica. In particolare una riduzione delle risorse idriche finisce per aggravare il rischio su altri settori come civile ed industriale, oltre a funzioni di vari ecosistemi acquatici.

Non si evincono dai futuri scenari socio-economici particolari cambiamenti in Sardegna sulla popolazione totale e, di conseguenza, non si possono considerare particolari cambiamenti della domanda idrica per scopi civili. Inoltre dal punto di vista climatico, non emergono particolari condizioni per il futuro che potrebbero favorire maggiori flussi turistici durante il periodo estivo nel Mediterraneo.^{xciv} E' quindi verosimile che i pericoli meteo indotti più rilevanti siano legati ai fabbisogni irrigui e che questi pericoli si possano potenzialmente riversare sui settori domestici e turistici. C'è altresì una parziale variazione delle precipitazioni che, associate ad aumenti sensibili dell'evapotraspirazione, potrebbero influenzare gli apporti idrici e diminuire le risorse disponibili negli invasi.

La catena di impatto sviluppata per valutare l'aumento del rischio climatico per il comparto delle acque interne su fabbisogni irrigui e civili è quindi composta da cinque componenti (Figura 39):

- **Pericolo meteo:** caratterizza indicatori climatici, quali precipitazioni ed evapotraspirazione potenziale, che congiuntamente influenzano la disponibilità di risorse idriche per rifornire gli invasi;

- **Pericolo meteo-indotto:** caratterizza l'impatto dei cambi climatici sui fabbisogni irrigui per le principali colture sul territorio regionale;
- **Esposizione:** rappresenta la presenza di soggetti e servizi che necessitano di fabbisogni idrici, quali popolazioni, flussi turistici e superfici irrigate in agricoltura;
- **Sensibilità:** esprime il grado con cui beni e soggetti possono essere diversamente impattati dagli effetti della disponibilità idrica. Tale grado é legato alla predisposizione di un servizio di soffrire un certo ordine e grado di perdita. Questo processo mira a stabilire una diversa sensibilità dell'agricoltura irrigua, della popolazione e del turismo tra diverse aree e comuni in seguito ad una minore disponibilità irrigua;
- **Capacità di adattamento:** indica la predisposizione del territorio, della popolazione e delle istituzioni a fronteggiare e mitigare con azioni di adattamento i potenziali effetti dovuti ad una riduzione della disponibilità idrica. Oltre alle valutazioni più comprensive presentate nel capitolo 2, si integrano alcuni indicatori di cui si dispone una distribuzione a base comunale quali diffusione di sistemi di irrigazione a basso consumo idrico, livello di istruzione scolastica, popolazione e PIL pro capite. Altri indicatori sarebbero opportuni per meglio caratterizzare la capacità adattativa su base comunale, legati alle infrastrutture, all'efficienza nella distribuzione e nell'uso delle risorse idriche.

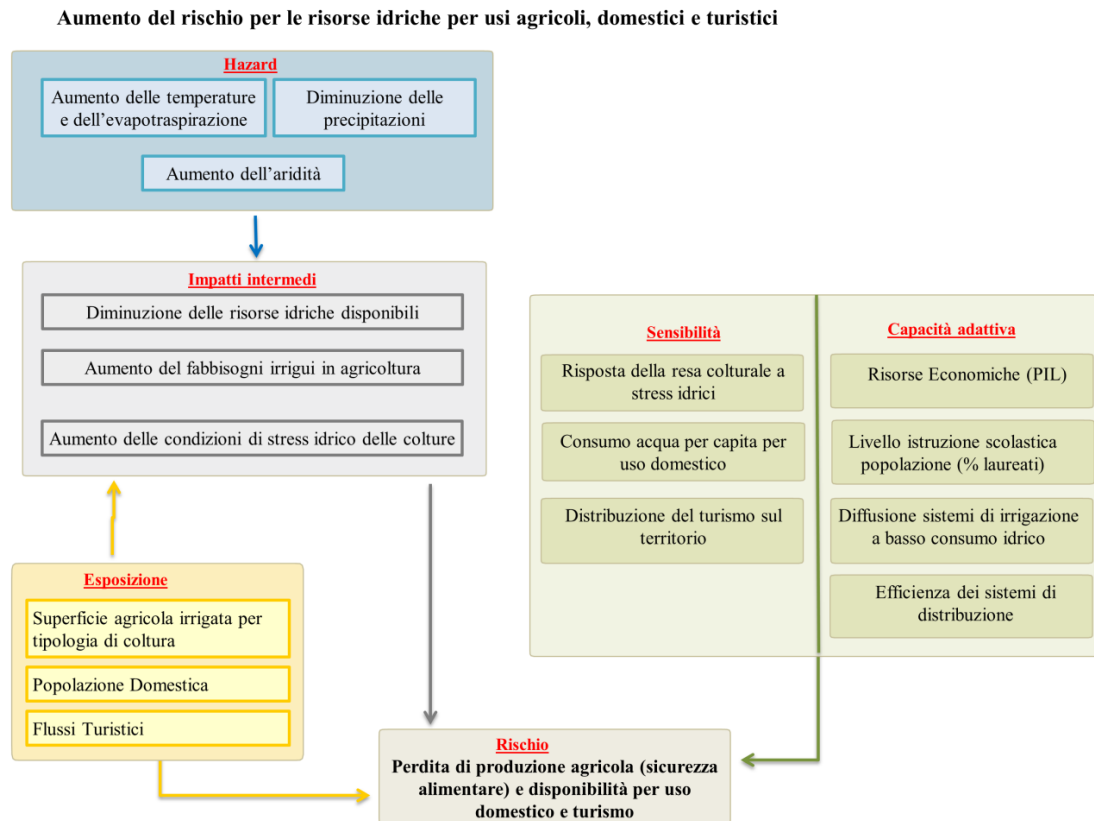


Figura 39 Schema della catena d'impatto per il rischio su risorse idriche.

Pericolo meteo

Il rischio climatico sulle risorse idriche può essere ragionevolmente assimilato da una combinazione della variazioni di precipitazioni, che definiscono gli apporti agli invasi, ed evapotraspirazione, che definiscono sia i consumi ecosistemici di flussi idrologici a monte degli invasi che i consumi per evaporazione degli specchi d'acqua negli invasi. Una combinazione degli effetti di precipitazioni ed evapotraspirazione da parte della vegetazione può utilmente essere rappresentata da un indice di Aridità sviluppato dall'UNEP (1997), rappresentato nella seguente forma:

$$\text{Indice di Aridità (AI)} = \frac{\text{Precipitazione Annuale Media (PAM)}}{\text{EvapoTraspirazione Annuale Media (ETAM)}}$$

Seguendo questa formulazione, i valori dell'Indice di Aridità aumentano per condizioni più umide e diminuiscono per condizioni più aride. Le variazioni dell'indice di Aridità sono state normalizzate (0-1) applicando il metodo del Min-Max di anomalia prevista per i due modelli climatici e raggruppati nelle cinque classi di

criticità, in cui la classe 1 indica la situazione con rischio meno accentuato e la classe 5 la situazione più critica.

Tabella 46 Indicatori di pericolo meteo.

Indicatore	Unità di misura	Risoluzione spaziale	Fonte dei dati
Variazione di Indice di Aridità RCP 4.5 (%)	%	8x8 km, aggregato a livello comunale	Elaborazioni CMCC
Variazione di Indice di Aridità RCP 8.5 (%)	%	8x8 km, aggregato a livello comunale	Elaborazioni CMCC

Pericolo meteo-indotto (Impatto intermedio)

Mentre il pericolo meteo misura impatti potenziali su risorse idriche tramite variabili ed indicatori climatici, l'impatto intermedio misura altri pericoli dovuti ai cambiamenti climatici ed in particolare su fabbisogni irrigui usando esercizi modelistici. Per quello che riguarda altri settori, come uso domestico e turismo, non sono prognosticabili variazioni dei fabbisogni in funzione dei cambiamenti climatici.

Il modello SIMETAW# sviluppato dall'Università della California e dal Dipartimento delle Risorse Idriche della California^{xcv} e recentemente modificato da Mancosu et al. (2016), è un programma di bilancio idrico del suolo giornaliero^{xcvi} sviluppato per calcolare l'evapotraspirazione effettiva di diverse colture agricole, sia arboree che erbacee, nonché il numero di irrigazioni ed i volumi irrigui utilizzati. Il modello originale è stato ulteriormente migliorato utilizzando librerie GIS in "R" (piattaforma SIMETAW_GIS), per accoppiare interazione tra dati climatici ed ambientali per elaborare simulazioni spazializzate su larga scala (i.e. regionale e continentale) del bilancio idrico del suolo e calcolare la distribuzione spaziale dei fabbisogni irrigui ed il consumo annuo di acqua di un gran numero di colture.^{xcvii}

Dati di input sulle colture, sul suolo e sulla gestione agronomica, sono stati precedentemente parametrizzati per questo modello per climi mediterranei.^{xcviii} In particolare, dati meteorologici giornalieri quali temperatura massima e minima (°C), velocità del vento (m s^{-1}), radiazione solare ($\text{MJ m}^{-2} \text{giorno}^{-1}$), temperatura del punto di rugiada (°C) o umidità relativa (%) sono stati usati per calcolare l'EvapoTraspirazione seguendo il metodo Penman-Monteith standardizzato a colture di riferimento.^{xcix} Viene così stimato il fabbisogno idrico di specifiche colture per determinate aree all'interno di un dominio spaziale, in funzione di diversi fattori climatici, date di semina e raccolto, capacità di ritenzione idrica del suolo, profondità massima di radicazione, profondità massima del suolo, etc. Nel modello vengono incluse anche informazioni sui sistemi e metodi di irrigazione, criteri per applicazione e l'uniformità di distribuzione per ricavare stime nette della domanda di acqua per l'agricoltura. Per caratterizzare le proprietà fisiche dei suoli è stato utilizzato il dataset ISRIC-WISE v.1.2.^c Il modello è utilizzato per stimare il fabbisogno irriguo per le principali colture presenti in

Sardegna (Tabella 47) in funzione del clima attuale e per valutare la variazione di questi fabbisogni in funzione dei cambiamenti climatici secondo gli RCP 4.5 e 8.5 (Tabella 48). Laddove le statistiche identificano gruppi di colture, si utilizzano quelli rappresentativi nelle simulazioni di SIMETAW. Per esempio, si usa l'arancio come rappresentativo per "Agrumi", pomodoro per "Ortivi", pesco per "Fruttiferi", avena ed orzo per "Cereali per la produzione di granella (escluso mais e riso)", erbai per "Altre foraggere avvicendate". Il Mais ed il Mais verde vengono accomunati alla stessa coltura e alle stesse pratiche agronomiche, con l'unica differenza per la data di raccolto.

Tabella 47 Superficie irrigata per colture in Sardegna (ISTAT, 2010).

Coltivi	Superficie Irrigata (ha)
Mais	1,271
Riso	3,503
Cereali per la produzione di granella (escluso mais e riso)	2,445
Patata	326
Ortive in piena aria	12,947
Mais verde	6,040
Altre foraggere avvicendate	17,893
Vite	5,474
Olivo per la produzione di olive da tavola e da olio	4,102
Agrumi	3,444
Fruttiferi	1,877
Prati permanenti e pascoli	2,903
Altre colture	793
Totale	63,019

Il calcolo viene successivamente rapportato su base comunale prendendo in considerazione le aree effettivamente irrigate, definendo la media delle anomalie dei fabbisogni irrigui ponderata dalla distribuzione superficiale effettiva delle colture irrigue presenti sul territorio comunale secondo le statistiche ISTAT del 2010. Le variazioni del fabbisogno irriguo su base comunale sono state normalizzate (0-1) applicando il metodo del Min-Max di anomalia prevista per i due modelli climatici e raggruppati nelle cinque classi di criticità, in cui la classe 1 indica la situazione con rischio meno accentuato e la classe 5 la situazione più critica.

Tabella 48 Indicatori di pericolo meteo-indotto (impatto intermedio).

Indicatore	Unità di misura	Risoluzione spaziale	Fonte dei dati
Variazione di fabbisogno irriguo 2021-2050 vs 1980-2010, RCP 4.5	%	8x8 km, aggregato a livello comunale	Elaborazioni CMCC
Variazione di fabbisogno irriguo 2021-2050 vs 1980-2010, RCP 8.5	%	8x8 km, aggregato a livello comunale	Elaborazioni CMCC

Esposizione

Gli indicatori di esposizione utilizzati per identificare i principali soggetti e servizi di ordine economico e sociale esposti a rischi negli ambiti agricoli, domestici e turistici sono riportati nella Tabella 49. Il settore industriale allo stato attuale presenta una domanda idrica molto bassa rispetto al totale dei vari settori. Inoltre, vari consorzi industriali, e specialmente quelli più attivi, stanno sviluppando una progressiva diminuzione della dipendenza dalle acque superficiali disponibili dagli invasi.

Per cui l'esposizione ai rischi idrici nel territorio si può riferire soprattutto alla presenza di superficie irrigate nel settore agricolo, alla popolazione residente per il settore domestico ed ai flussi di arrivi e presenze per il settore turistico. Indicatori di popolazione e superficie agricola irrigata vengono utilizzati in proporzione alla superficie del territorio comunale (persone/km² e ha/km²), per normalizzare il dato rispetto alla grandezza del comune.

Questi indicatori sono stati normalizzati e suddivisi in cinque classi che rappresentano il livello di esposizione all'impatto potenziale. La classe 1 rappresenta il livello di esposizione più basso, mentre la classe 5 indica il livello di esposizione più alto.

In particolare, la densità di popolazione è stata classificata utilizzando uno schema di distinzione del territorio urbano e rurale.^{ci} Aree di densità di popolazione superiori a 300 persone/km² e 1,500 persone/km² sono state classificate rispettivamente come urbane (classe 4) e ad alta densità (classe 5). Aree di densità di popolazione uguali o inferiori a 300 persone/km², sono distinte in tre classi rurali: 0-50 persone/km² (classe 1), 50-150 persone/km² (classe 2) e 150-300 persone/km² (classe 3).

Similarmente, per i flussi turistici si utilizza una classificazione delle presenze nelle seguenti classi di esposizione: 0-20,000 presenze/anno (classe 1), 20,000-50,000 presenze/anno (classe 2), 50,000-200,000 presenze/anno (classe 3), 200,000-400,000 presenze/anno (classe 4) e > 400,000 presenze/anno (classe 5).

I valori normalizzati degli indicatori considerati sono stati mediati dando lo stesso peso ai tre indicatori e dal valore medio sono state derivate le cinque classi che determinano l'indice complessivo di esposizione al rischio in esame.

La distribuzione di aree irrigate su superficie comunale (ha/km²) è stata invece normalizzata (0-1) applicando il metodo del Min-Max della distribuzione, fissando una soglia per i valori massimi intorno ai 20 ha /km². I valori sono stati raggruppati nelle cinque classi di criticità, in cui la classe 1 indica la situazione con rischio meno accentuato e la classe 5 la situazione più critica.

Tabella 49 Indicatori di Esposizione ai rischi idrici.

Capitale	Indicatore	Unità di misura	Fonte dei dati
Economico	Densità Aree irrigate	ha / km ²	ISTAT – Censimento Agricoltura 2010
Sociale	Densità di Popolazione	Persone / km ²	ISTAT – Censimento generale della popolazione e delle abitazioni 2011
Economico	Flussi Turistici	Presenze/anno	Assessorato del Turismo Artigianato e Commercio 2017

Sensibilità

La sensibilità del territorio ai cambiamenti climatici si relaziona alle tipologie di soggetti e servizi presenti sul territorio ed identificati nell'esposizione (aree irrigue, popolazione e flussi turistici).

Allo stato attuale, non si può distinguere una diversa sensibilità ai fabbisogni idrici per uso domestico della popolazione tra diversi comuni. In proposito, sarebbe utile sviluppare e rendere disponibili statistiche che evidenziano per esempio la fornitura d'acqua per usi civili su base comunale da cui calcolare la domanda pro capite di acqua per uso domestico, come una misura di sensibilità per diversi comuni. Un indicatore di consumi d'acqua per uso domestico è però disponibile per capoluoghi di provincia da analisi ISTAT (dati ambientali nelle città). Tale indicatore è stato utilizzato per generalizzare una rappresentazione (anche se a livello provinciale) delle diverse sensibilità della popolazione residente a carenze idriche per uso civile. Questo indicatore essendo disponibile su base provinciale, non definisce un ampio campione di valori ed è stato normalizzato (0-1) considerando valori minimi e massimi per l'intera serie di capoluoghi di provincia d'Italia (40-80 m³/anno). I valori sono stati successivamente raggruppati nelle cinque classi di criticità, in cui la classe 1 indica la situazione con rischio meno accentuato e la classe 5 la situazione più critica.

Similarmente, sarebbero utili informazioni sui flussi turistici per tipologie di strutture (alberghiero, extra-alberghiero, etc.) presenti sui territori comunali per caratterizzare una differenza nella propensione all'uso d'acqua (e sensibilità) nel turismo per diversi comuni. In verità queste statistiche sono già in parte in elaborazione e disponibili a livello provinciale e comunale in Sardegna per quei

comuni con ampia vocazione turistica. Per meglio caratterizzare la distribuzione spaziale della sensitività del turismo a crisi idriche, si auspicherebbe un dataset in grado di coprire l'insieme dei comuni sardi. In alternativa, come misura di sensibilità relativa al turismo si è utilizzato un rapporto tra flussi turistici (presenze) e popolazione residente per evidenziare il peso relativo e la criticità che i consumi idrici per uso turistico potrebbero avere su esistenti infrastrutture a livello comunale.

Allo stato attuale è invece possibile distinguere la diversa sensibilità dell'agricoltura ad una minore disponibilità irrigua, in quanto esistono statistiche della distribuzione delle colture irrigue su base comunale e la risposta dello stress idrico sulla resa è spesso specifica per coltivo. La letteratura scientifica, ed in particolare la FAO, ha proposto degli indicatori quali fattori di risposta della resa per effetto di una riduzione dell'evapotraspirazione.^{cii} Il fattore di risposta alla produzione (K_y) cattura l'essenza dei complessi collegamenti tra la produzione e l'uso dell'acqua da parte di una coltura, in cui sono coinvolti molti processi biologici, fisici e chimici. La relazione ha dimostrato una notevole validità e ha permesso una procedura per quantificare gli effetti dei deficit idrici sulla resa. I valori di K_y sono funzioni di produttività dell'acqua e vengono applicati per un ampio campione di colture agricole, sia arboree che erbacee, e variano con:

- $K_y > 1$: la risposta alle colture è molto sensibile al deficit idrico con riduzioni di resa più che proporzionali del deficit d'acqua.
- $K_y < 1$: le colture sono tolleranti al deficit idrico esibendo riduzioni di resa meno che proporzionali del deficit d'acqua.
- $K_y = 1$: la riduzione della resa è direttamente proporzionale alla riduzione del consumo d'acqua.

Sulla base della letteratura disponibile, valori di K_y sono stati definiti per diverse colture di rilievo in Sardegna (Tabella 50).

Tabella 50 Sensibilità delle colture irrigue a rischi idrici secondo lo schema di Steduto et al. (2012).

Coltivi	Risposta della resa a stress idrici (k_y)
Mais	1,25
Riso	1
Cereali per la produzione di granella (escluso mais e riso)	1
Patata	1,1
Ortive in piena aria	1,05
Mais verde	1,25
Altre foraggiere avvicendate	1
Vite	0,85
Olivo per la produzione di olive da tavola e da olio	0,7
Agrumi	1,2

Coltivi	Risposta della resa a stress idrici (ky)
Fruttiferi	1,1
Prati permanenti e pascoli	1

E' possibile quindi anche caratterizzare la sensibilità di un territorio o un comune, indicando come lo stress idrico possa influenzare la resa. Questo vale in funzione delle tipologie di colture. Un Ky medio su base comunale viene calcolato definendo la media dei Ky di diverse colture ponderata sulla distribuzione superficiale delle colture irrigue presenti sul territorio comunale.^{ciii}

Il calcolo della sensibilità delle colture irrigue allo stress idrico viene successivamente rapportato su base comunale, prendendo in considerazione la media della risposta delle rese a stress idrici per ogni coltura ponderata dalla distribuzione superficiale effettiva delle colture irrigue.^{civ} Le risposte della resa allo stress idrico su base comunale sono state normalizzate (0-1) applicando il metodo del Min-Max di anomalia prevista e raggruppate nelle cinque classi di criticità, in cui la classe 1 indica la situazione con rischio meno accentuato e la classe 5 la situazione più critica.

Tabella 51 Indicatori di sensibilità.

Indicatore	Unità di misura	Fonte dei dati
Risposta della resa colturale a stress idrici	Frazione	FAO, 2012 ISTAT – Censimento Agricoltura 2010
Consumo acqua per capita per uso domestico (livello provinciale)	Metri cubi / anno	ISTAT - Dati ambientali nelle città 2011
Flussi Turistici (presenze) su popolazione residente	Frazione	ISTAT – Censimento generale della popolazione e delle abitazioni 2011 Regione Sardegna - Assessorato del Turismo Artigianato e Commercio 2017

Capacità di adattamento

La capacità di adattamento in questo capitolo ha come obiettivo dettagliare spazialmente alcuni indicatori disponibili a livello comunale rispetto all'analisi condotta nel capitolo 2. Questa capacità è stata valutata secondo tre determinanti: conoscenza e consapevolezza, infrastrutture e tecnologia e risorse economiche. Gli indicatori selezionati sono riepilogati in Tabella 52.

Tabella 52 Indicatori di capacità di adattamento.

Determinanti	Indicatore	Unità di misura	Fonte dei dati
Conoscenza e consapevolezza	Laureati su popolazione	%	ISTAT – Censimento generale della popolazione e delle abitazioni 2011
Infrastrutture e tecnologia	Diffusione sistemi di irrigazione a basso consumo idrico	%	ISTAT – Censimento Agricoltura 2010
Infrastrutture e tecnologia	Perdite idriche (livello provinciale)	%	ISTAT- Censimento delle acque per uso civile 2015
Risorse economiche	PIL	€/pro-capite x10 ³	1991

Il livello di istruzione e le risorse economiche disponibili all'interno di ogni singolo comune indicano la capacità del sistema di rispondere ed adattarsi a determinati impatti climatici. Le persone con un alto livello di istruzione (come la laurea) e con un reddito pro capite più elevato possono avere un più facile accesso ad informazioni e strumenti per capire e prevenire i rischi sulle risorse idriche derivanti dai cambiamenti climatici. Inoltre, sono stati anche considerati ulteriori elementi di capacità di adattamento quali dati riferiti alle infrastrutture e tecnologie in essere, laddove una minore efficienza nell'uso della risorsa lascia spazio a miglioramenti per una migliore gestione.

In questo senso, indicatori relativi alla distribuzione ed efficienza delle infrastrutture sono generalmente scarsi o non disponibili per le analisi a livello comunale ed in particolare per uso domestico. Una chiara comprensione di questi parametri sarebbe particolarmente utile nell'elaborazione dei piani di adattamento e strategie di adattamento da mettere in atto per fronteggiare i cambiamenti climatici per la regione Sardegna ed i suoi singoli comuni. Per le analisi in questo capitolo si sono presi in considerazione sommariamente due indicatori per rappresentare possibilità e margini di adattamento specificamente per il settore agricolo e quello domestico. Il dato infrastrutturale/tecnologico riferito di diffusione di sistemi di irrigazione a più alta efficienza rispetto al totale è stato considerato come proxy per efficienza nell'uso delle risorse idriche in agricoltura. Un indicatore di perdite di sistema nella distribuzione per uso domestico è però disponibile per capoluoghi di provincia da analisi ISTAT (dati ambientali nelle città) ed è stato utilizzato per generalizzare una rappresentazione (anche se a livello provinciale) dell'efficienza dell'uso delle risorse idriche per uso civile per la popolazione residente e per il turismo.

Gli indicatori della capacità di adattamento sono stati normalizzati e mediati attribuendo lo stesso peso a tutti gli indicatori. Il dato mediato è stato associato alla

classe corrispondente, considerando che la capacità di adattamento va letta al contrario rispetto agli altri indicatori, quindi valori più bassi indicano condizioni negative per la vulnerabilità (es. bassa capacità di adattamento) mentre valori più alti rappresentano condizioni positive ai fini della vulnerabilità (maggiore è la capacità di adattamento minore è la vulnerabilità). Il range di valori dell'indicatore è stato quindi invertito in modo che il valore più basso sia rappresentato dal valore standardizzato di 1 e il più alto sia rappresentato dal valore standardizzato 0. I valori medi sono quindi stati rapportati alle rispettive cinque classi di appartenenza.

3.2.2.3. L'assetto e i rischi di natura idrogeologica del territorio

Le catene d'impatto inizialmente proposte per la valutazione della propensione al rischio dai cambiamenti climatici per il dissesto idrogeologico del territorio, in funzione dei rischi di allagamento/idraulico e frana, sono state sviluppate seguendo il quadro metodologico presentato nel Paragrafo 3.1. L'insieme delle 6 catene d'impatto previste per il settore è elencato di seguito per 6 diversi rischi potenziali:

1. Rischio allagamento con perdita di vite umane in ambiente urbano (Figura 40);
2. Rischio idraulico con danneggiamento e/o interruzione delle infrastrutture viarie e/o ferroviarie (Figura 51);
3. Rischio allagamento con danni alle attività agricole e zootecniche (Figura 52);
4. Rischio frana con danneggiamento e/o interruzione delle infrastrutture viarie e/o ferroviarie (Figura 53);
5. Rischio frana con perdita di vite umane in ambito urbano (Figura 54);
6. Rischio idraulico con danneggiamento alle attività produttive e/o industriali (Figura 55).

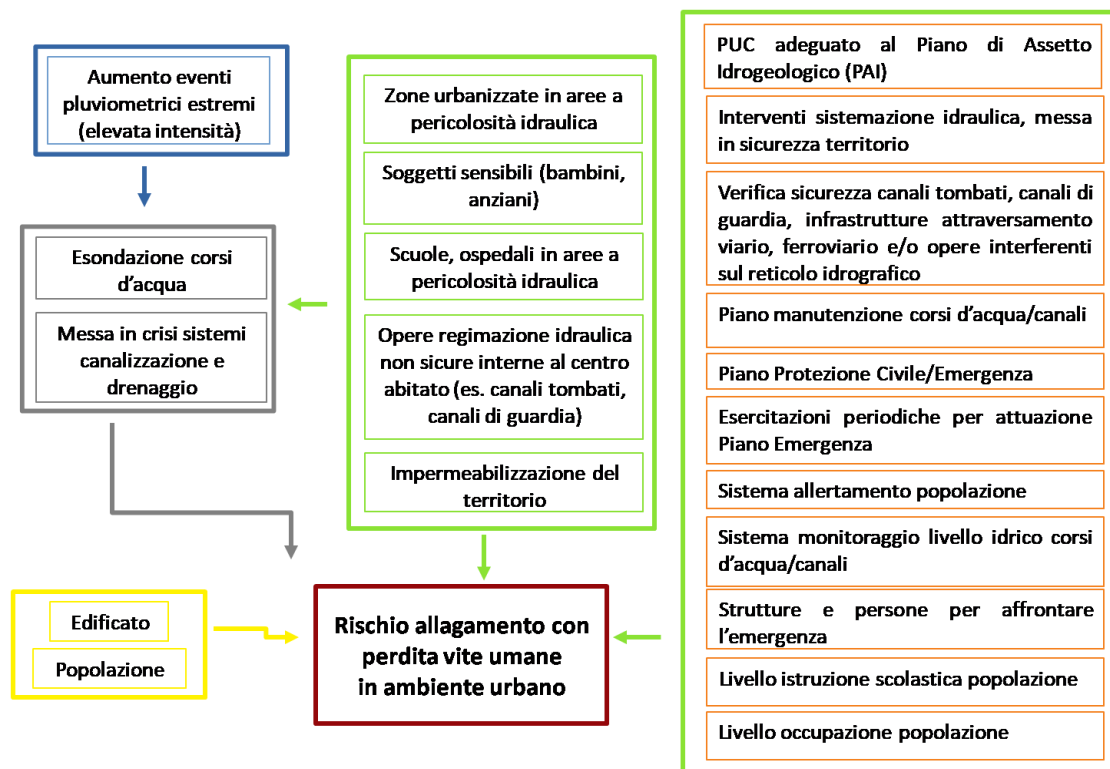


Figura 40 Catena d'impatto 1 - rischio allagamento con perdita vite umane in ambiente urbano.

Il formato di rappresentazione grafica (Figura 40 e Figura 51, Figura 52, Figura 53, Figura 54, Figura 55 in Appendice B) richiama la struttura di dettaglio presentata in Figura 28, con il riferimento schematico alle componenti del rischio ed ai suoi fattori costituenti.

L'attuale disponibilità dei dati ha però consentito l'implementazione della sola catena d'impatto riferita al rischio di allagamento con perdita di vite umane in ambiente urbano. Si riportano nel seguito la descrizione della metodologia utilizzata per la scelta ed il calcolo degli indicatori di pericolosità, esposizione, sensibilità e capacità adattativa.

Pericolo

L'*hazard* naturale individuato per le catene d'impatto riferite al dissesto idrogeologico è stato distinto nelle due seguenti tipologie, in funzione, rispettivamente, dei rischi di allagamento/idraulico e frana:

- aumento eventi pluviometrici estremi (elevata intensità);
- aumento piogge copiose di lunga durata.

L'analisi climatica discussa nel capitolo 1 è la base di riferimento per il calcolo della pericolosità per tutti i settori di studio considerati nel presente lavoro. L'approccio scelto all'interno del documento è stato quello di esprimere il cambiamento climatico per il dissesto idrogeologico in termini di anomalie della precipitazione giornaliera. In particolare, la valutazione delle anomalie, deducibile per un insieme di indicatori (*proxy*), caratteristici, significativi e convenzionalmente usati (ETCCDI, vedere sitografia), mostra le tendenze alle variazioni climatiche per differenza tra gli scenari climatici attuale e futuro calcolati all'interno di un modello climatico.

È indubbio, tuttavia, che una corretta caratterizzazione della pericolosità per il settore del dissesto idrogeologico del territorio non possa prescindere da ulteriori approfondimenti, in cui siano sviluppate analisi modellistiche legate a metodologie più complete, ma non adottabili allo stato attuale perché più complesse e, quindi, operativamente più dispendiose negli aspetti computazionali (sia per complessità numerica sia per onere di calcolo) e quantitativi (per necessità di risorse hardware, software e competenze specialistiche), oltre alla necessità, non meno essenziale, di dati e database appositi non disponibili in questa fase del progetto. Nondimeno, gli approfondimenti successivi potranno considerare ulteriori tematiche non affrontate nel presente lavoro, ma che si ritengono sicuramente significative per una descrizione più completa ed esaustiva dell'assetto idrogeologico di un territorio, quali l'erosione e le inondazioni costiere.

L'assetto idrogeologico del territorio è influenzato dalla correlazione e dall'interrelazione fra atmosfera, acqua, suolo e vegetazione, in cui agiscono gli effetti antropici, il più delle volte come elemento di disturbo piuttosto che di coesione. In questo contesto, l'analisi climatica presentata nel capitolo 1 introduce informazioni ed indicazioni sul regime termo-pluviometrico, in cui l'interesse principale per il dissesto idrogeologico è stato rivolto ai *proxy* che descrivono il regime di precipitazione giornaliera: AP, WP, SP, R20, Rmean, Rx1day, percentili con intensità (XXp) e frequenza (Rpxx), quantili Rx1day(RT=2y), Rx1day(RT=5y) (le definizioni ed unità di misura sono indicate in Tabella 1).

Per la maggior parte di questi indicatori è stato concordato l'utilizzo di una discretizzazione più fine dei percentili rispetto a quanto riportato per la Macroregione 6 del PNACC, con lo scopo di cogliere in modo più dettagliato il comportamento della coda destra della distribuzione della precipitazione giornaliera.

I risultati proposti dall'analisi climatica, infatti, mettono in risalto alcune informazioni, in termini di anomalie climatiche, sulle caratteristiche della distribuzione di precipitazione giornaliera a scala regionale. Il rapporto tra mediana (50p) e media (Rmean) appare sostanzialmente invariato (come si evince dalle anomalie assolute degli indicatori mostrate rispettivamente nella Figura 41 e Figura 42), ma è presente una variazione nelle intensità e frequenze dei percentili più bassi (25p e R25p –

rispettivamente riscontrabili nelle Figura 14 e Figura 15 presenti in Appendice A, capitolo 1) ed è altrettanto evidente sia l'aumento in magnitudo e frequenza dei percentili più alti (dal 75p al 99p e da R75p a R99p – rispettivamente deducibili dalle Figura 14 e Figura 15 riportate in Appendice A, capitolo 1) sia delle intensità dei massimi di precipitazione giornaliera (Rx1day, Figura 9), in entrambe le proiezioni climatiche analizzate.

È evidente che il corpo centrale della distribuzione rimane pressoché fisso e costante, mentre è indubbio individuare un tendenziale appesantimento della coda destra della distribuzione nei suoi valori più estremi, indipendentemente dallo scenario di emissione considerato.

Al fine di introdurre alcuni elementi di approfondimento, di ausilio alla scelta degli indicatori più adatti alla definizione degli scenari di pericolosità per dissesto, le due Figura 43 e Figura 44 riportano in dettaglio le anomalie assolute calcolate per i due *proxy* Rx1day e 99p. In particolare, 99p è stato considerato più specifico per il territorio regionale per la rappresentazione degli eventi di precipitazione intensa rispetto agli altri percentili (nel PNACC si utilizza il 95p), mentre i massimi di precipitazione giornaliera possono essere definiti come un campione di variabili aleatorie indipendenti ed identicamente distribuite usato nelle analisi degli eventi estremi con il metodo dei massimi a blocchi.^{cv} Nello specifico, all'interno delle valutazioni inerenti ciascun indicatore si è ritenuto utile aggiungere anche le mappe di confronto tra i due diversi scenari RCP, per indagare ulteriormente il diverso comportamento dei singoli *proxy*. Le mappe (RCP8.5 – RCP4.5), infatti, descrivono opportunamente la diversa spazializzazione degli indicatori nel territorio regionale e permettono di esprimere più in dettaglio e visualizzare più facilmente le differenze che non sono immediatamente visibili dalle immagini con i singoli scenari, soprattutto al fine di mettere in risalto alcune specificità degli indicatori secondo quanto approfondito e descritto nelle analisi successive.

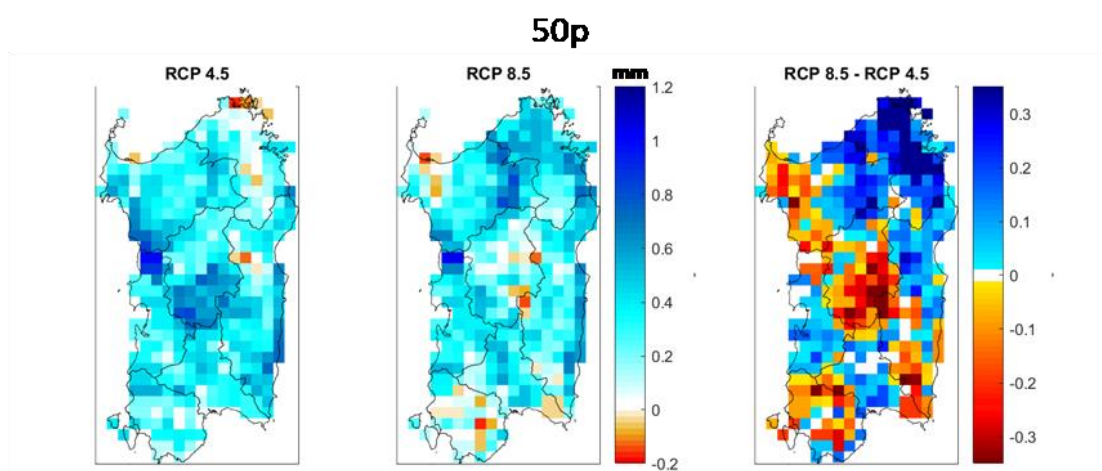


Figura 41 Anomalie assolute dell'indicatore 50p per gli scenari di emissione RCP4.5, RCP8.5 e per le differenze tra i due scenari (RCP8.5 – RCP4.5).

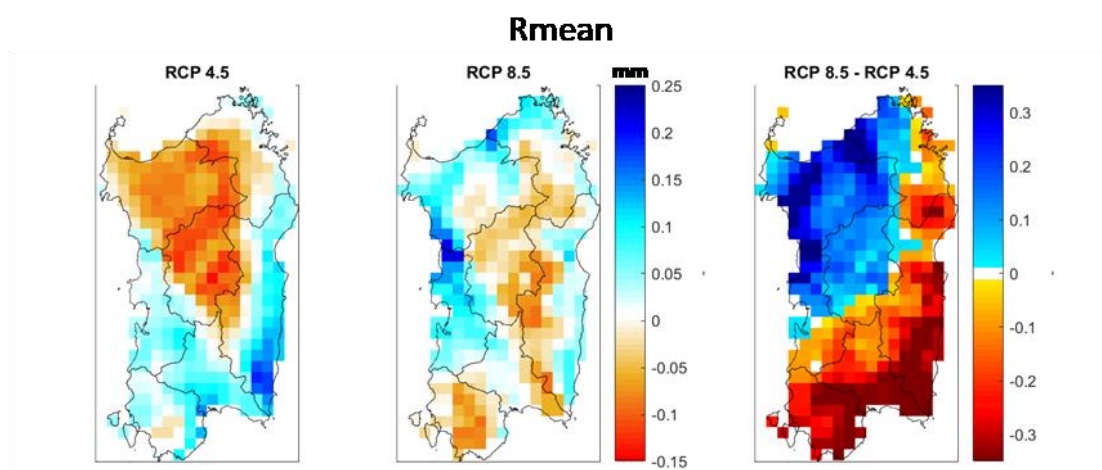


Figura 42 Anomalie assolute dell'indicatore Rmean per gli scenari di emissione RCP4.5, RCP8.5 e per le differenze tra i due scenari (RCP8.5 – RCP4.5).

La Figura 43 identifica le anomalie assolute di Rx1day (in mm) sia per i singoli scenari (RCP4.5, RCP8.5), sia per la differenza tra i due (RCP8.5 – RCP4.5). In dettaglio, all'interno di un singolo scenario le anomalie sono tendenzialmente in aumento per le tonalità blu e tendenzialmente in diminuzione per quelle rosse, mentre nella differenza tra gli scenari i colori ciano-blu e arancione-rosso indicano, rispettivamente, valori di anomalia maggiori e minori nella proiezione con emissioni più alte rispetto a quella con emissioni intermedie. Nello specifico, nella proiezione RCP4.5 le anomalie sono tendenzialmente positive per l'intero territorio regionale e risultano generalmente distribuite con valori costanti nei settori Occidentale e Settentrionale dell'isola; d'altra parte, sono evidenti valori maggiori sia nella parte Orientale dell'isola (con maggiore intensità in corrispondenza del Massiccio del Gennargentu, in Ogliastra, nel Sarrabus-

Gerrei e con distribuzione a macchia in Gallura), sia nelle zone del Sud-Sardegna (in corrispondenza del Campidano di Cagliari e dell'area di Capoterra) e, localmente, nelle altre aree del Campidano e del Campidano Oristanese. Si può parimenti osservare un andamento simile, seppur meno intenso, in corrispondenza dell'Ogliastra e del Sarrabus-Gerrei per lo scenario RCP8.5, con un localizzato aumento delle anomalie positive nell'Anglona. D'altro canto, dal confronto fra gli scenari, è interessante far notare come lo scenario RCP4.5, che dovrebbe essere meno impattante, presenti valori in anomalia tendenzialmente più elevati rispetto ad RCP8.5 (con emissioni più alte), per la gran parte del territorio regionale. La distribuzione spaziale delle differenze tra gli scenari è ben rappresentata nell'immagine più a destra della Figura 43.

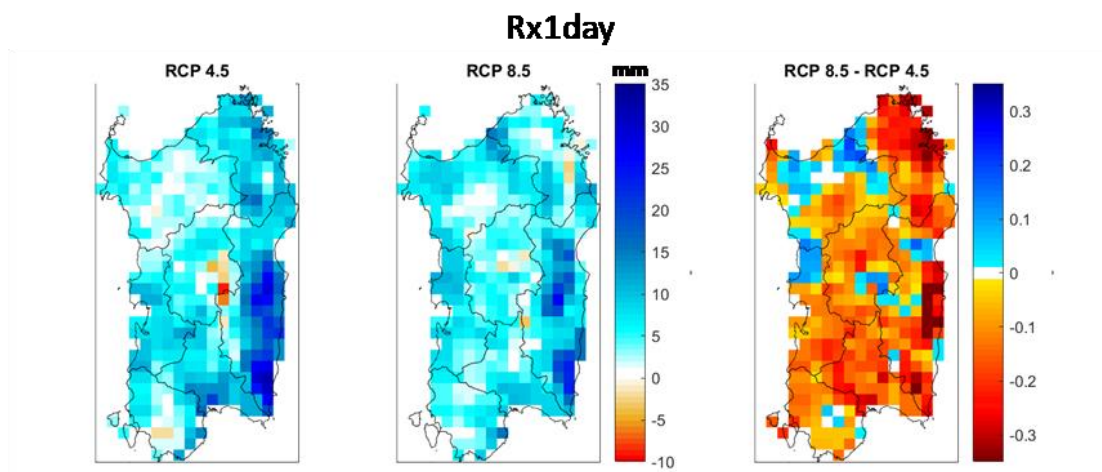


Figura 43 Anomalie normalizzate dell'indicatore Rx1day per gli scenari di emissione RCP4.5, RCP8.5 e per le differenze tra i due scenari (RCP8.5 – RCP4.5).

La Figura 44 riporta la stessa analisi per il *proxy* 99p. In entrambi gli scenari RCP sono evidenti le anomalie maggiori nel settore Orientale (Bassa Gallura, Nuorese e Baronia, Supramonte, Ogliastra e Sarrabus-Gerrei), nell'area di Capoterra e nel Campidano di Oristano. Per quanto riguarda le differenze tra gli scenari climatici, tuttavia, si rimarca il fatto che il comportamento è diverso rispetto ad Rx1day, perché nella proiezione RCP8.5 si riscontrano anomalie con valori tendenziali ben distribuiti tra percentuali negative e positive rispetto allo scenario RCP4.5, anche se si riscontrano sempre anomalie tendenzialmente minori nelle zone climatiche del territorio caratterizzate dalle precipitazioni generalmente più consistenti.

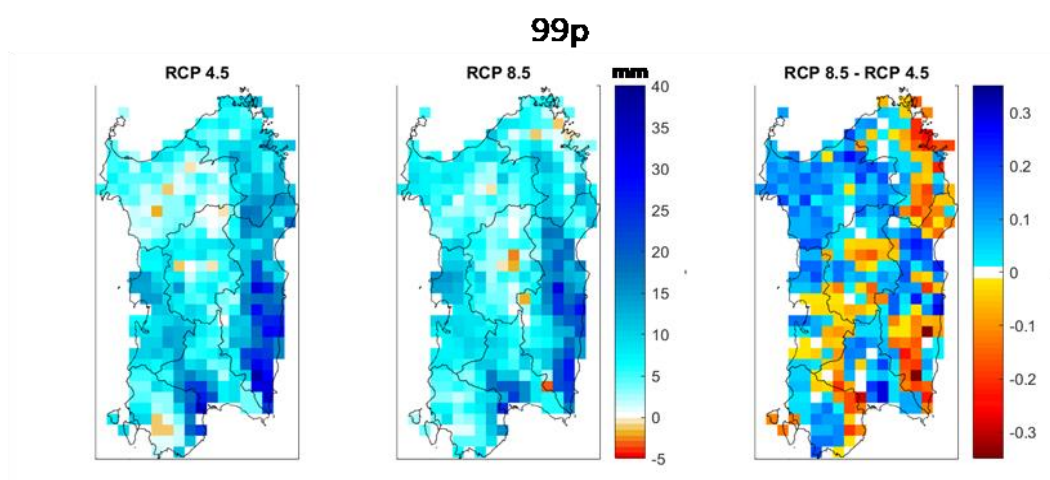


Figura 44 Anomalie assolute dell'indicatore Rx1day per gli scenari di emissione RCP4.5, RCP8.5 e per le differenze tra i due scenari (RCP8.5 – RCP4.5).

Nelle Figura 45 e Figura 46 sono mostrate le anomalie normalizzate (metodo min-max) calcolate per i due *proxy* 99p ed Rx1day oltre alle differenze (99p – Rx1day) all'interno, rispettivamente, dei due scenari di emissione RCP4.5 e RCP8.5. In questo caso, rispetto alle Figura 43 e Figura 44, le anomalie sono massime (1) per il nero e minime (0) per il colore bianco, per i singoli indicatori, mentre, l'immagine più a destra indica la differenza tra i due *proxy* all'interno dello stesso scenario, secondo la stessa convenzione precedente, nella quale le tonalità ciano-blu e arancione-rosso indicano, rispettivamente, valori di anomalia maggiori e minori per l'indicatore 99p rispetto al *proxy* Rx1day.

In linea generale, il confronto (99p – Rx1day) suggerisce, in assenza di analisi più specifiche, le variazioni sia dello spessore sia della lunghezza della coda destra della distribuzione, dato che una minore o maggiore distanza tra i due *proxy* evidenzia, rispettivamente, code tendenzialmente più ristrette e limitate o più lunghe e sottili. In tali termini, nella proiezione RCP4.5 le anomalie sono meno intense in quasi tutto il territorio regionale, con differenze localizzate più elevate (con punte ben inferiori a -35%) nella costa Est (in corrispondenza del confine tra Supramonte ed Ogliastro) e Sud-Est (nei comuni costieri prossimi al confine tra il Campidano di Cagliari ed il Sarrabus-Gerrei). D'altra parte, è interessante notare come la zona compresa nel settore Ovest e Sud-Ovest del Campidano di Cagliari e la parte settentrionale dell'area di Capoterra, denotino anomalie tendenzialmente maggiori per 99p piuttosto che per Rx1day. Nello scenario RCP8.5, aumentano le zone con anomalie più elevate per 99p, soprattutto in corrispondenza dell'Ogliastro e della zona di Capoterra. Si fa osservare che le zone denominate in precedenza (Ogliastro, Sarrabus-Gerrei, Capoterra e parte del Campidano di Cagliari) sono quelle che presentano code pesanti nelle relative distribuzioni degli eventi estremi.

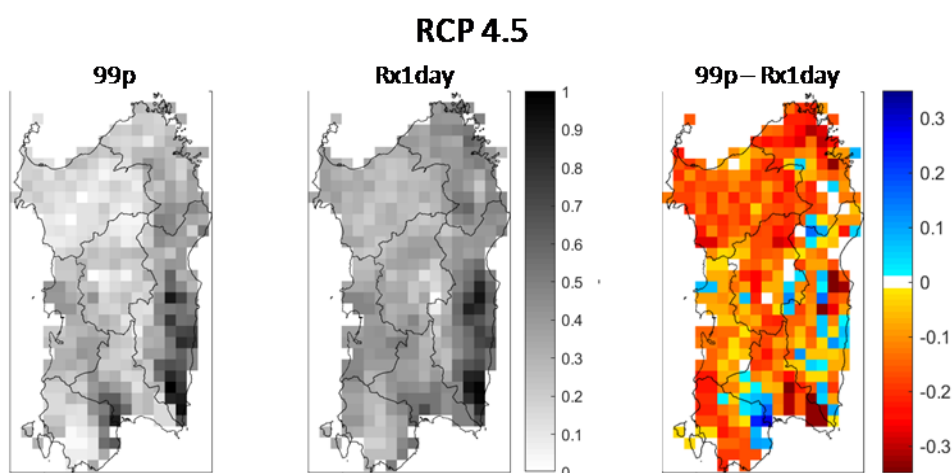


Figura 45 Anomalie normalizzate per gli indicatori 99p ed Rx1day e differenza dei valori di anomalia (99p – Rx1day) all'interno dello stesso scenario di emissione RCP4.5.

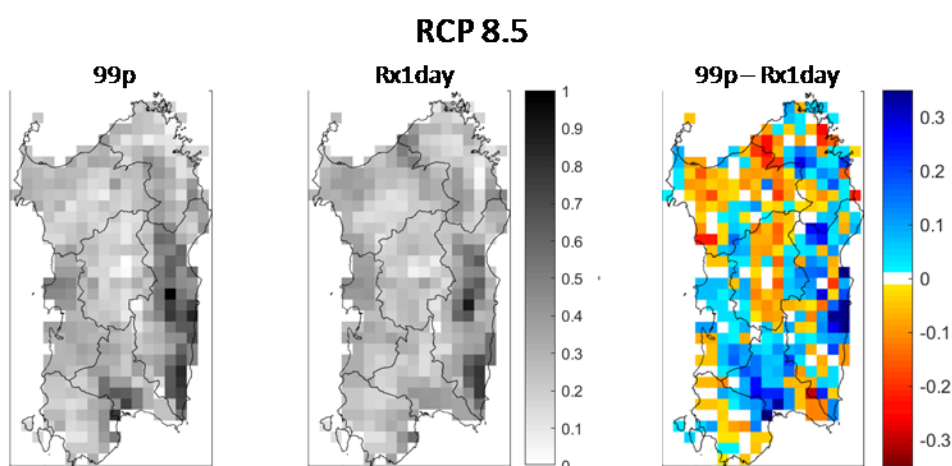


Figura 46 Anomalie normalizzate per gli indicatori 99p ed Rx1day e differenza dei valori di anomalia (99p – Rx1day) all'interno dello stesso scenario di emissione RCP8.5.

In merito alle valutazioni precedenti, con lo scopo di ampliare le informazioni sul regime degli estremi di precipitazione giornaliera, l'analisi climatica del capitolo 1 ha proposto il calcolo dei due indicatori Rx1day(RT=2y) e Rx1day(RT=5y) (Figura 11), che rappresentano i quantili della distribuzione GEV (Generalized-Extreme-Value) dei massimi locali di precipitazione giornaliera (Rx1day) con tempo di ritorno, rispettivamente, di 2 e 5 anni e che sono stati ottenuti in ciascun nodo del database climatico a disposizione utilizzando lo stimatore di massima verosimiglianza per la stima dei parametri.^{cvi} In particolare, i quantili, secondo la loro definizione, permettono di esprimere direttamente l'anomalia climatica in termini di intensità e frequenza. Infatti, una tendenza all'aumento dell'anomalia per un quantile climatico definisce un evento che si può verificare nello scenario futuro con un'intensità maggiore e con un

tempo di ritorno più basso; ovvero con un'intensità minore ed un tempo di ritorno più alto per il caso di tendenza alla diminuzione. Pertanto, si tratta di situazioni sintomatiche che suggeriscono l'incremento o la diminuzione in magnitudo e frequenza degli eventi estremi.

Per completezza di valutazione e per ausilio nella definizione degli scenari di pericolosità, si aggiungono, inoltre, alcuni specifici risultati ottenuti con un'ulteriore e aggiuntiva analisi degli eventi estremi sui massimi locali di precipitazione giornaliera (Rx1day), in cui si è utilizzato il metodo degli L-moments^{cvi} per la stima dei parametri della distribuzione GEV. In particolare, a partire dai valori locali di Rx1day, sono stati calcolati i quantili per i diversi tempi di ritorno di 2, 5, 20, 50, 100 anni e sono state valutate le corrispondenti anomalie climatiche, introducendo, rispettivamente, gli indicatori aggiuntivi Rx1day_LM(RT=2y), Rx1day_LM(RT=5y), Rx1day_LM(RT=20y), Rx1day_LM(RT=50y), Rx1day_LM(RT=100y). Nella valutazione dei valori normalizzati delle anomalie si è potuto osservare che le differenze tra i due scenari (RCP8.5 – RCP4.5) seguono tendenzialmente lo stesso comportamento di Rx1day (Figura 43) per i bassi tempi di ritorno, mentre si ha un'inversione del pattern di rappresentazione (più simile a 99p, Figura 44) a partire dal tempo di ritorno di 20 anni e più evidente per i tempi di ritorno più alti. Infatti, come mostrato nella Figura 47 per il tempo di ritorno di 20 anni e nella Figura 48 per quello di 50 anni, lo scenario RCP8.5 presenta variazioni delle anomalie con linee di direzione che diventano via via più marcate e significative rispetto al caso della proiezione RCP4.5 con emissioni intermedie.

Infine, nell'Appendice B sono raffigurate le differenze nei valori delle anomalie tra 3 diversi *proxy*, assumendo come riferimento 99p (Figura 51), il quantile Rx1day_LM(RT=20y) (Figura 52) e l'indicatore Rx1day_LM(RT=50y) (Figura 53). L'aspetto più interessante, oltre alle evidenti differenze nelle intensità, è quello di favorire la visualizzazione delle diverse distribuzioni spaziali delle anomalie stesse, che caratterizzano ed influenzano il calcolo, i valori e i risultati dell'indice di pericolosità globale.

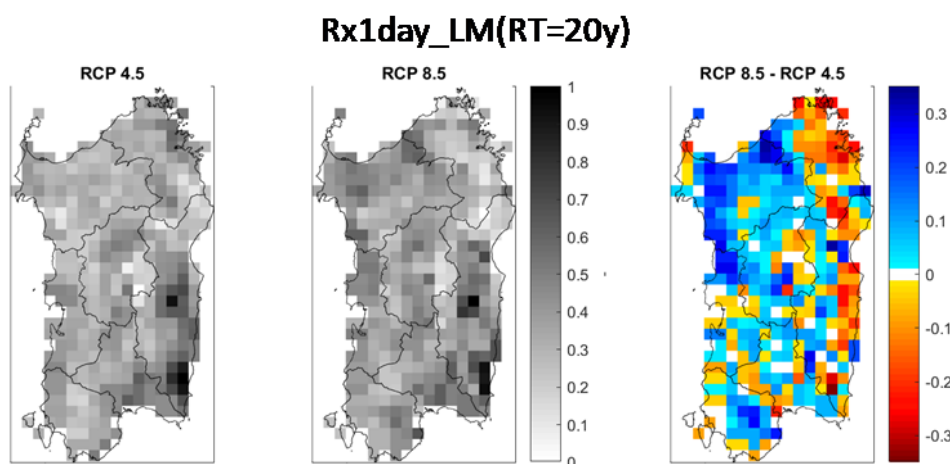


Figura 47 Anomalie normalizzate dell'indicatore Rx1day_LM(RT=20y) per gli scenari di emissione RCP4.5, RCP8.5 e per le differenze tra i due scenari (RCP8.5 – RCP4.5).

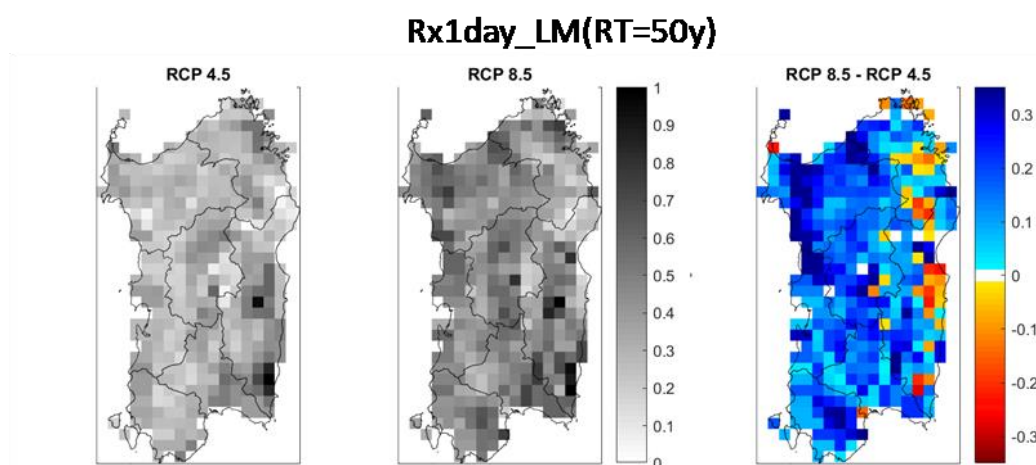


Figura 48 Anomalie normalizzate dell'indicatore Rx1day_LM(RT=50y) per gli scenari di emissione RCP4.5, RCP8.5 e per le differenze tra i due scenari (RCP8.5 – RCP4.5).

È indubbio che risultati più corposi richiedono investigazioni successive, sia con l'utilizzo di scale di dettaglio più fini e per zone climatiche omogenee, sia con eventuali riferimenti a più modelli climatici ed a strumenti e metodologie di analisi statistiche e probabilistiche più complete e sofisticate. Per quanto attiene alle analisi statistiche degli eventi estremi, tuttavia, si fa notare che le linee di ricerca nazionali stanno cercando di sviluppare strategie ulteriori rispetto al progetto VAPI (Valutazione delle Piene in Italia) ed all'utilizzo dell'ordinaria distribuzione TCEV (Two-Component-Extreme-Value) – si veda Deidda et. al. (2000) per il caso regionale – individuando la distribuzione GEV come una delle migliori candidate ad essere la *parent distribution* degli estremi di precipitazione.^{cviii} In particolare, la regionalizzazione statistica con la

GEV^{cix} tende a mostrare punti di forza maggiori rispetto ai risultati della procedura gerarchica con la TCEV e, probabilmente, costituirà nel futuro la generalità per il calcolo delle curve di possibilità pluviometrica.

In conclusione dell'analisi, è interessante aggiungere alcuni riferimenti, come spunto di discussione per futuri approfondimenti, che sono rivolti sia al tema delle modifiche delle curve di Intensità-Durata-Frequenza (IDF) in merito ai cambiamenti climatici, secondo quanto proposto in Mercogliano et. al. (2016) per il caso della città di Napoli, sia all'introduzione del tema dei cambiamenti climatici all'interno delle procedure di definizione dei Piani Stralcio di Bacino Regionali e dei Piani di Gestione Regionale Alluvioni, come proposto in Rianna et al. (2015) per il caso della Regione Campania.

L'intero excursus sopra esposto ha l'obiettivo di presentare, *in primis*, un iniziale quadro di analisi sviluppato per conoscere il regime degli eventi estremi della precipitazione giornaliera e, in secondo luogo, la finalità di mettere in evidenza le possibili opzioni nella definizione di uno scenario di pericolosità per il dissesto idrogeologico con l'utilizzo di singoli *proxy*. Come si evince dalla discussione proposta, le tematiche si prestano ad approfondimenti successivi, ai quali si rimanda negli eventuali aggiornamenti con piani di dettaglio futuri della strategia; in particolare, si suggerisce un più completo e complessivo approccio modellistico. Una possibile opzione per il calcolo del pericolo di allagamento, per esempio, è fornita dall'utilizzo del cosiddetto indice di allagamento da pioggia intensa (FFPI) proposto nel PNACC (la metodologia completa è presentata in dettaglio nell'All. II del PNACC, in cui l'indice FFPI identifica la pericolosità per allagamento sulla base di quattro determinanti specifiche: (i) pendenza del terreno, (ii) tipologia di uso del suolo presente, (iii) caratteristiche pedologiche del terreno (i.e. tessitura) e (iv) capacità di ritenzione delle acque).

Nel presente progetto, per la scelta dei *proxy* più significativi per il calcolo della pericolosità per un rischio frana generalizzato, si introduce un possibile approccio speditivo che si ritiene compatibile con le tempistiche, l'assenza di analisi modellistiche, il patrimonio di dati e le risorse a disposizione, ma, nello stesso tempo, coerente con la definizione dei possibili scenari di dissesto idrogeologico del territorio. Tale approccio sfrutta la metodologia usata dalla Protezione Civile Regionale per la definizione degli scenari di allerta idrogeologica. La Protezione Civile, infatti, dirama gli avvisi di criticità idrogeologica, unitamente a quelli di natura idraulica, a seguito di un avviso meteo e prima del possibile manifestarsi di criticità. Secondo il "Manuale Operativo delle Allerte della Protezione Civile – Procedure di allertamento del sistema regionale di protezione civile per rischio meteorologico, idrogeologico e idraulico", approvato con Delib. G. R. n. 53/25 del 29 Dicembre 2014, tali criticità sono riferite ai seguenti eventi:

- scenario idrogeologico, fenomeni quali frane, ruscellamenti in area urbana e alluvioni che interessano i corsi d'acqua del reticolo idrografico minore ed effetti dovuti a fenomeni temporaleschi;
- scenario idraulico, alluvioni che interessano i corsi d'acqua del reticolo maggiore.

La scala delle criticità (Tabella 53), in particolare, si articola secondo 4 livelli che definiscono, in relazione ad ogni tipologia di rischio, uno scenario d'evento che si può verificare in un ambito territoriale (alle fasi operative si aggiunge la situazione di evento in atto).

Tabella 53 Scala criticità e fasi operative negli scenari di allerta idrogeologico ed idraulico diramati dalla Protezione Civile Regionale.

Livello di criticità	Codice colore	Fase operativa
Assente o poco probabile	Verde	
Ordinaria	Giallo	Attenzione
Moderata	Arancione	Pre-allarme
Elevata	Rosso	Allarme/emergenza

Il riferimento metodologico per la definizione degli stati di allerta per rischio idrogeologico è descritto nei documenti “Soglie di allerta pluviometrica nella Regione Sardegna” (Ott. 2014), allegato al D.P.G.R. n. 156 del 30/12/2014 e nell'aggiornamento proposto nel Febbraio 2018, “Aggiornamento pioggia indice dei 15 giorni precedenti per le aree di allerta”, allegato alla Delib. G.R. n.34/21 del 3 Luglio 2018. In particolare, la procedura è basata sul documento ARPA Piemonte (2004).

In sintesi, sono utilizzate delle soglie di allerta sulla base della corrispondenza tra il tempo di ritorno della pioggia con suolo umido (pioggia precedente critica) e secco (pioggia precedente non critica). Nello specifico, in funzione degli scenari di allerta, sono individuate le seguenti relazioni:

1. tempo di ritorno di 5 anni per la pioggia precedente critica e 20 anni per la pioggia precedente non critica (elevata criticità);
2. tempo di ritorno di 2 anni per pioggia precedente critica e 5 anni per pioggia precedente non critica (moderata criticità);
3. superamento del tempo di ritorno di 2 anni indipendentemente dalla definizione della pioggia precedente (assunzione convenzionale per l'ordinaria criticità).

La tabella seguente chiarifica le relazioni sopra descritte:

Tabella 54 Soglie di allerta in funzione del tempo di ritorno e della pioggia cumulata nei gg precedenti l'evento (indicativa dello stato di imbibimento del terreno).

Livello di criticità	Tempo di Ritorno	Pioggia gg precedenti
Elevata	5 anni	critica
	20 anni	non critica
Moderata	2 anni	critica
	5 anni	non critica
Ordinaria	2 anni	

Infine, per l'utilizzo delle piogge pregresse, è indicata una formulazione di natura empirica di validità generale, che separa il campo di stabilità da quello dove è alta la probabilità dei fenomeni franosi, tenendo conto che il periodo di riferimento, stimato sempre empiricamente, è pari a 15 giorni. Operativamente, è individuata la cosiddetta pioggia indice dei 15 giorni precedenti (μ_{15}) che permette di tener conto del grado di saturazione del suolo precedente l'evento di precipitazione. Seguendo la metodologia indicata nello studio dell'ARPA Piemonte (2004), μ_{15} è generalmente posta uguale all'8% della cumulata della precipitazione media annua ragguagliata.

L'adattamento della metodologia su esposta ad un possibile calcolo dell'indice di pericolosità globale per un rischio frana generalizzato si basa sull'utilizzo dei quantili climatici e sull'introduzione empirica di un ulteriore indice climatico rappresentativo della pioggia indice dei 15 giorni precedenti, denominato AP_15gg (Figura 49 e Figura 50) e definito con la relazione $AP_{15gg} = 0.08 * media(AP)$, con la media estesa al trentennio di riferimento. In particolare, si fanno le due seguenti assunzioni:

- i quantili con tempo di ritorno di 2, 5 e 20 anni, calcolati con gli L-moments, cioè $Rx1day\_LM(RT=2y)$, $Rx1day\_LM(RT=5y)$ e $Rx1day\_LM(RT=20y)$, sono rappresentativi delle tre soglie di pioggia con analogo tempo di ritorno;
- il *proxy* AP_15gg è rappresentativo di μ_{15} e si ammette l'invarianza di calcolo dell'indicatore tra lo scenario attuale e le proiezioni future.

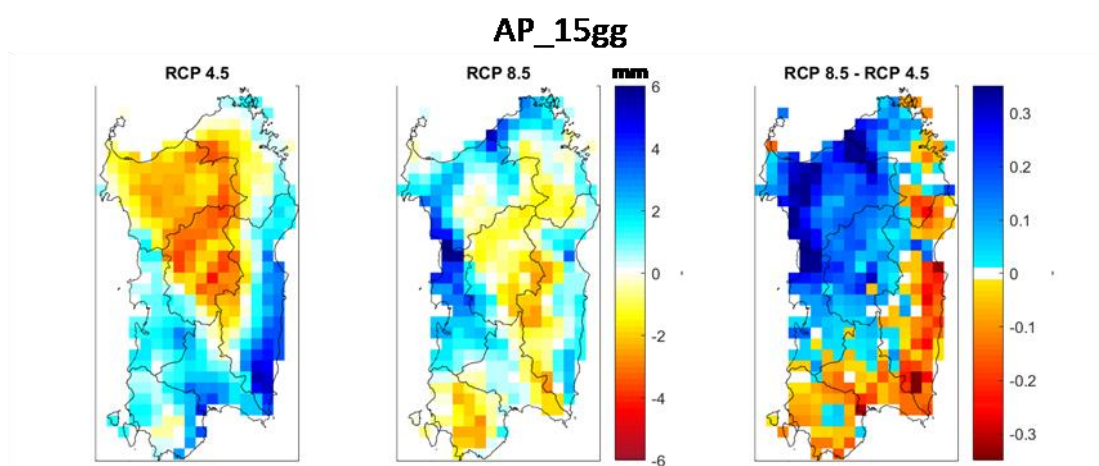


Figura 49 Anomalie assolute dell'indicatore AP_15gg per gli scenari di emissione RCP4.5, RCP8.5 e per le differenze tra i due scenari (RCP8.5 – RCP4.5).

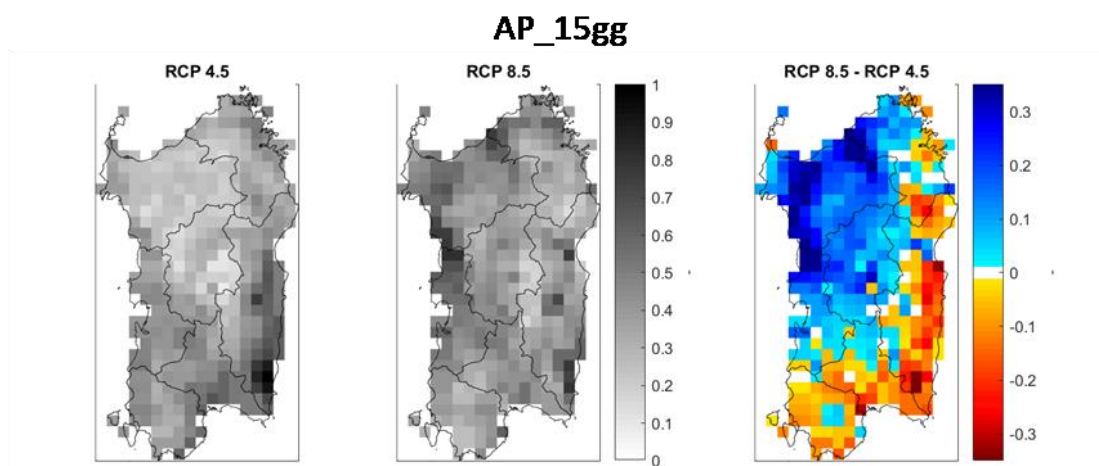


Figura 50 Anomalie normalizzate dell'indicatore AP_15gg per gli scenari di emissione RCP4.5, RCP8.5 e per le differenze tra i due scenari (RCP8.5 – RCP4.5).

Calcolo dell'indice di pericolosità aggregato

Per il calcolo della pericolosità legata alle piogge copiose di lunga durata vengono proposte due opzioni. La prima è legata all'utilizzo dei due indicatori usati nel PNACC per la definizione del pericolo frana, cioè Rx1day e WP, anche se all'interno di un contesto modellistico; la seconda si riferisce alla procedura proposta in precedenza in similitudine con la metodologia usata dalla Protezione Civile per la diramazione degli stati di allerta.

Nel primo caso gli indicatori sono stati combinati con pesi uguali ed il risultato dell'indice di pericolosità aggregato a livello comunale è mostrato in Figura 99 rispettivamente per gli scenari RCP4.5 ed RCP8.5.

Nel secondo caso, l'indice globale di pericolosità può essere potenzialmente definito con l'utilizzo combinato di un indicatore a quantile e dell'indicatore AP_{15gg}. Il primo è rappresentativo delle condizioni di intensità e frequenza dell'evento, mentre il secondo introduce empiricamente una relazione con lo stato del terreno. In particolare, si fa osservare che le tendenze delle anomalie di AP_{15gg} sono identiche, a meno di una percentuale costante, con quelle della precipitazione cumulata annua AP e, di conseguenza, in fase di normalizzazione AP_{15gg} ed AP sono perfettamente coincidenti. Nelle fasi di normalizzazione, ponderazione ed aggregazione, inoltre, l'utilizzo combinato dei due *proxy* permette di simulare, in modo semplificato e con i limiti del caso, il comportamento di un indicatore combinato di tipo CD (Cumulata-Durata); infatti, una delle maggiori criticità per gli eventi franosi sono le condizioni di precipitazione intensa e di lunga durata con incremento della condizione di umidità del suolo.

In modo semplificato, quindi, la rappresentazione potenziale e speditiva dell'indice di pericolosità globale per le situazioni di dissesto idrogeologico generalizzato per frana, previste nelle catene d'impatto 4 e 5 (Figura 53 e Figura 54, in Appendice B), è stata ottenuta con la combinazione tra Rx1day_LM(RT=20y) ed il *proxy* AP (coincidente con AP_{15gg}), in accordo con le probabili situazioni di dissesto ed i corrispondenti effetti previsti nelle situazioni di allerta rossa (elevata criticità). In particolare, dopo un'analisi di sensitività si è scelto di assegnare rispettivamente i pesi del 60% e del 40 % ai due indicatori. L'attribuzione di valori differenti, in ogni caso, non ha comportato variazioni significative, con l'unico accorgimento di utilizzare un peso maggiore per Rx1day_LM(RT=20y) perché il legame con le due possibili soglie di pioggia (tempi di ritorno di 5 e 20 anni, con influenza o meno dello stato del terreno) è stato espresso con il singolo quantile con tempo di ritorno più alto in modo da eliminare eventuali ridondanze nei risultati.

Si fa presente, inoltre, che per il rischio frana, in generale, potrebbero essere significativi altri indicatori di pericolosità meteo-indotta rispetto a quelli a disposizione. Per esempio una cumulata delle precipitazioni invernali analoga a WP ma definita per un trimestre diverso (ottobre, novembre, dicembre), che si reputa più rappresentativo per potenziali danni dovuti ai movimenti franosi, in accordo con le specificità regionali.

Le immagini (c) e (d) in Figura 99 mostrano le mappe dell'indicatore di pericolosità aggregato a livello comunale per un rischio frana generalizzato (rispettivamente per le proiezioni climatiche RCP4.5 ed RCP8.5).

Per il calcolo della pericolosità legata all'aumento delle piogge estreme (di elevata intensità) si è ritenuto opportuno proporre due opzioni principali. La prima opzione simula la pericolosità per allagamento con rischio di perdita di vite umane in ambiente urbano con l'utilizzo di un singolo indicatore a percentile, il *proxy* 99p, in sintonia con

l'utilizzo di 95p proposto per la stessa tipologia di rischio nel PNACC; sebbene si sottolinea, come già discusso in precedenza, che quest'ultimo indicatore è stato solo uno dei fattori di calcolo all'interno di un contesto modellistico più completo. Nel presente progetto, il percentile 99p è stato utilizzato rispetto al *proxy* 95p per rendere le valutazioni più specifiche per il territorio regionale.

La seconda opzione declina la pericolosità per allagamento con il quantile Rx1day_LM(RT=50y), utilizzato per potenziale similitudine con il limite superiore definito nelle mappature delle aree a pericolosità idraulica elevata (aree P3) e perché il tempo di ritorno di 50 anni si ritiene in linea con l'estensione trentennale del campione a disposizione. In tali termini, eventualmente, la scelta del tempo di ritorno del quantile può essere diversa per ulteriori tipologie di rischio, come può essere il caso del rischio alluvione con danneggiamento delle infrastrutture viarie e/o ferroviarie che interferiscono con il reticolo idrografico in cui potrebbe assumere maggiore significatività l'utilizzo di un tempo di ritorno più alto (100 o 200 anni), in legame con gli usuali valori adottati nella pratica progettuale di dimensionamento/verifica idraulica per determinate opere di attraversamento.

In conclusione, immagini (a) e (b) in Figura 100 mostrano le mappe dell'indicatore di pericolosità aggregata a livello comunale per il *proxy* 99p, rispettivamente per gli scenari RCP4.5 ed RCP8.5.

Analogamente, le immagini (c) e (d) in Figura 100 riportano le mappe degli indicatori di pericolosità aggregata per il quantile Rx1day_LM(50y), rispettivamente per le proiezioni climatiche RCP4.5 ed RCP8.5.

Esposizione

Ai fini dell'implementazione dell'indicatore di esposizione per la catena di impatto relativa al rischio di allagamento con perdita di vite umane in ambiente urbano (Figura 40), sono stati considerati i due oindicatori riportati nella tabella seguente:

Tabella 55 Indicatori di esposizione all'allagamento con perdita di vite umane in ambiente urbano.

Capitale	Indicatore	Unità di misura	Fonte dei dati
Manufatti e infrastrutture	E01 – aree urbanizzate	%	RAS – Piano Gestione Rischio Alluvioni – Mappatura danno potenziale
Umano	E02 - Popolazione residente	%	ISTAT – Censimento generale della popolazione e delle abitazioni 2011

Il primo indicatore, **E01 – aree urbanizzate**, è stato determinato utilizzando la perimetrazione e classificazione degli elementi esposti operata, per l'intero territorio regionale, all'interno del Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) ai fini della mappatura del danno potenziale e del rischio da alluvione conseguente.

Il PGRA individua, coerentemente con quanto indicato nel D.P.C.M. 29.09.98 e nel successivo D.Lgs. 49/2010, sei macro-categorie di elementi esposti:

1. **Zone urbanizzate** (agglomerati urbani, nuclei abitati con edificazione diffusa e sparsa, zone di espansione, aree commerciali e produttive;
2. **Strutture Strategiche** (ospedali e centri di cura pubblici e privati, centri di attività collettive civili, sedi di centri civici, centri di attività collettive militari);
3. **Infrastrutture strategiche e principali** (linee elettriche, metanodotti, oleodotti, gasdotti e acquedotti, vie di comunicazione di rilevanza strategica sia carrabili che ferrate, porti e aeroporti, invasi idroelettrici, grandi dighe);
4. **Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse** (aree naturali, aree boscate, aree protette e vincolate, aree di vincolo paesaggistico, aree di interesse storico e culturale, zone archeologiche);
5. **Zone interessate da insediamenti produttivi o impianti tecnologici**, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale (zone estrattive, discariche, depuratori, inceneritori);
6. **Zone agricole, zone umide, corpi idrici** (zone destinate ad uso agricolo o caratterizzate da elementi di naturalità).

Nell'ambito del presente studio, di tali categorie di elementi sono state considerate solo quelle rilevanti ai fini del rischio in oggetto e, pertanto, solo gli elementi caratterizzanti l'ambiente urbano, ossia:

- le zone urbanizzate distinte in aree verdi urbane, zone industriali, commerciali ed insediamenti produttivi, zone residenziali;
- le strutture strategiche distinte in aree cimiteriali, aree ricreative e sportive, edifici pubblici, strutture ospedaliere, sanitarie e scolastiche;
- i porti e gli aeroporti.

Il secondo indicatore, **E02 – popolazione residente**, è stato determinato a partire dai dati del 15° Censimento Istat della popolazione e delle abitazioni, relativo all'anno 2011, e vuole rappresentare il capitale umano potenzialmente esposto al rischio considerato.

Sensibilità

L'indicatore di sensibilità è stato determinato dalla aggregazione di quattro diversi indicatori, riportati nella tabella seguente:

Tabella 56 Indicatori di sensibilità all'allagamento con perdita di vite umane in ambiente urbano.

Fattore	Indicatore	Unità di misura	Fonte dei dati
Antropico	S01 – popolazione sensibile	%	ISTAT – Censimento generale della popolazione e delle abitazioni 2011
	S02 – zone urbanizzate ricadenti in aree a pericolosità idraulica;	%	RAS – Piano Gestione Rischio Alluvioni – Mappatura della pericolosità da alluvione
	S03 – strutture strategiche;	presenza/assenza	
	S04 – canali tombati.	%	RAS – Piano Gestione Rischio Alluvioni – Repertorio dei canali tombati

Il primo indicatore, **S01 – popolazione sensibile** è stato calcolato utilizzando sempre i dati del 15° censimento Istat della popolazione, riferiti all'anno 2011, e vuole rappresentare le fasce deboli della popolazione (anziani e bambini) che, in caso di allagamento, hanno maggiore difficoltà a fronteggiare l'emergenza e quindi possono subire le conseguenze più severe.

Il secondo indicatore, **S02 – Pericolosità idraulica in aree urbanizzate**, è stato determinato utilizzando la mappatura delle aree a pericolosità da alluvione riportate nel PGRA. Il Piano identifica e perimetra, per l'intero territorio regionale, le aree a pericolosità da alluvione derivanti dall'inviluppo delle aree di pericolosità individuate nel PAI, nel PSFF, negli studi di dettaglio redatti ai sensi dell'art. 8, comma 2 delle NTA del PAI, e delle aree interessate dal fenomeno alluvionale "Cleopatra" del 18 novembre 2013. Nel PGRA, le quattro classi di pericolosità utilizzate negli strumenti di pianificazione originari, sono state però accorpate secondo le tre classi individuate dal D.Lgs. 49/2010 di seguito riportate:

- P3, ovvero aree a pericolosità elevata, con elevata probabilità di accadimento ($Tr \leq 50$);
- P2, ovvero aree a pericolosità media, con media probabilità di accadimento ($100 \leq Tr \leq 200$);
- P1, ovvero aree a pericolosità bassa, con bassa probabilità di accadimento ($200 < Tr \leq 500$).

Per la determinazione dell'indicatore S02, sono state considerate soltanto le aree a pericolosità idraulica che interessano le zone urbanizzate, intese come appartenenti alle tipologie di elementi esposti del PGRA prese in considerazione per la determinazione dell'indicatore S01 – zone urbanizzate descritto in precedenza.

L'indicatore **S03 – Strutture strategiche** rappresenta la sensibilità legata alla eventuale presenza, nei diversi comuni della Sardegna, di elementi esposti particolarmente sensibili in caso di allagamenti. Tali strutture sono state estrapolate dalla mappatura del danno potenziale, e quindi degli elementi esposti del PGRA, considerando i soli elementi inclusi nella macrocategoria “Strutture strategiche”, che comprende: strutture ospedaliere, sanitarie e scolastiche, edifici pubblici, aree cimiteriali e aree ricreative e sportive.

L'Indicatore **S04 – Canali tombati** considera la eventuale presenza all'interno di un comune di canali tombati come elemento di criticità del territorio, nonostante non si abbiano informazioni circa il fatto che tali canali siano o meno sicuri, ovvero abbiano effettuato e superato le verifiche di sicurezza di cui all'art. 22 delle NTA del PAI, ponendosi quindi nella condizione più cautelativa. Il dato è stato estrapolato dal repertorio dei canali tombati inserito all'interno del PGRA, che riporta i risultati, aggiornati a maggio 2017, dell'attività, svolta dalla Direzione Generale dell'Agenzia di Distretto Idrografico, su mandato del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino regionale (di cui alla Deliberazione n. 4 del 29 Luglio 2014), di raccolta preliminare, tramite richiesta diretta ai Comuni, di dati e informazioni circa la presenza e ubicazione di tratti di tombatura di corridoi fluviali. Il censimento è stato svolto con la finalità di individuare le potenziali criticità idrauliche risultanti dalla presenza dei canali tombati, con particolare riguardo alle aree sensibili rappresentate dai centri urbanizzati, e con lo scopo di porre in essere le opportune azioni volte alla prevenzione e riduzione del rischio idraulico.

Capacità di adattamento

Come già sottolineato in precedenza per gli altri ambiti tematici, anche per il dissesto idrogeologico, la capacità di adattamento descritta in questo capitolo rappresenta un focus rispetto all'analisi condotta nel capitolo 2, con il solo obiettivo di provare a discriminare la capacità di risposta al cambiamento climatico dei diversi territori, analizzando alcuni indicatori considerati significativi disponibili a livello comunale.

La capacità di adattamento dei comuni della Sardegna relativamente al rischio considerato è stata qui valutata secondo alcune delle determinanti proposte nel paragrafo 2.1: capitale umano; infrastrutture; governance, istituzioni e policy; fattori economici.

Gli indicatori selezionati all'interno delle suddette categorie sono riepilogati nella tabella seguente:

Tabella 57 Indicatori di capacità di adattamento all'allagamento con perdita di vite umane in ambiente urbano.

Determinanti	Indicatore	Unità di misura	Fonte dei dati
Capitale umano	CA01 - Diploma universitario	%	ISTAT – Censimento generale della popolazione e delle abitazioni 2011
Infrastrutture	CA02 - Copertura media stazioni forestali CFVA, distaccamenti VV.F, nuclei Agenzia FORESTAS, organizzazioni volontariato, punti avvistamento	Km	Piano Regionale di Previsione, Prevenzione e Lotta attiva contro gli incendi boschivi - 2018
Governance, istituzioni e policy	CA03 - Presenza PUC adeguato al PAI	Presenza/assenza	
	CA04 - Presenza PPC comunale o sovracomunale	Presenza/assenza	
Risorse economiche	CA05 – PIL	€/pro-capite x10 ³	1991

Come spiegato anche nel paragrafo 3.2.2.1. sulla caratterizzazione del rischio di incendi boschivi, il livello di istruzione e le risorse economiche disponibili nel territorio (indicatori CA01 e CA05) sono considerati come indicatori della capacità del sistema di rispondere o gestire un evento. Le persone con un alto livello di istruzione (come la laurea) e con un reddito pro-capite più elevato possono infatti avere un più facile accesso ad informazioni e strumenti per capire e prevenire il rischio di allagamento.

I dati relativi alla distribuzione territoriale (copertura media espressa in km) delle stazioni forestali del CFVA, dei nuclei dell'Agenzia Fo.Re.S.T.A.S., delle organizzazioni di volontariato e dei punti avvistamento, con l'aggiunta dei distaccamenti dei VV.F. (indicatore CA02), rappresentano la capacità operativa degli enti regionali preposti alla gestione delle emergenze e delle organizzazioni di volontariato iscritte nell'elenco regionale e inserite nel sistema regionale di protezione civile.

Il dato istituzionale è invece rappresentato dalla presenza/assenza del Piano Urbanistico Comunale (PUC) redatto in adeguamento al PAI (**indicatore CA03**) e del Piano di Protezione Civile (**indicatore CA04**). Entrambi gli strumenti pianificatori rappresentano infatti elementi fondamentali per sviluppare una adeguata conoscenza delle criticità del territorio e della capacità, sia intrinseca che legata al capitale umano e di mezzi delle amministrazioni comunali, di rispondere ad eventi estremi potenzialmente catastrofici.

Appendice B

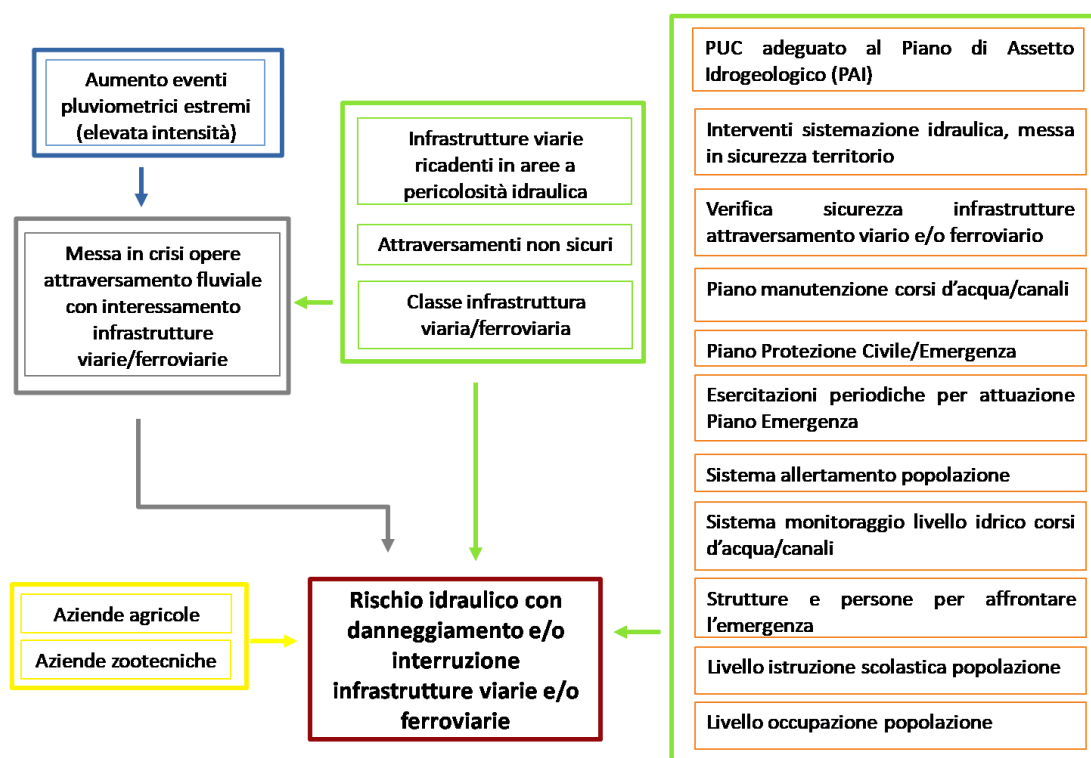


Figura 51 Catena d'impatto 2 – rischio idraulico con danneggiamento e/o interruzione infrastrutture viarie e/o ferroviarie.

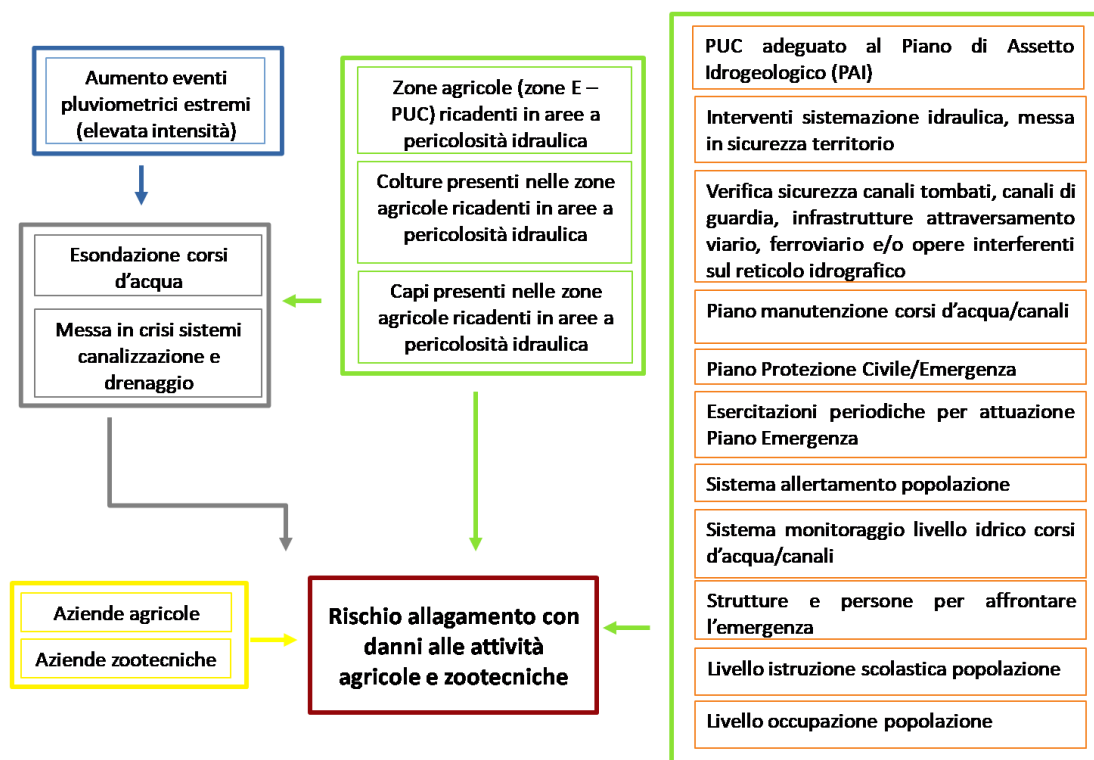


Figura 52 Catena d'impatto 3 – rischio allagamento con danni alle attività agricole e zootecniche.

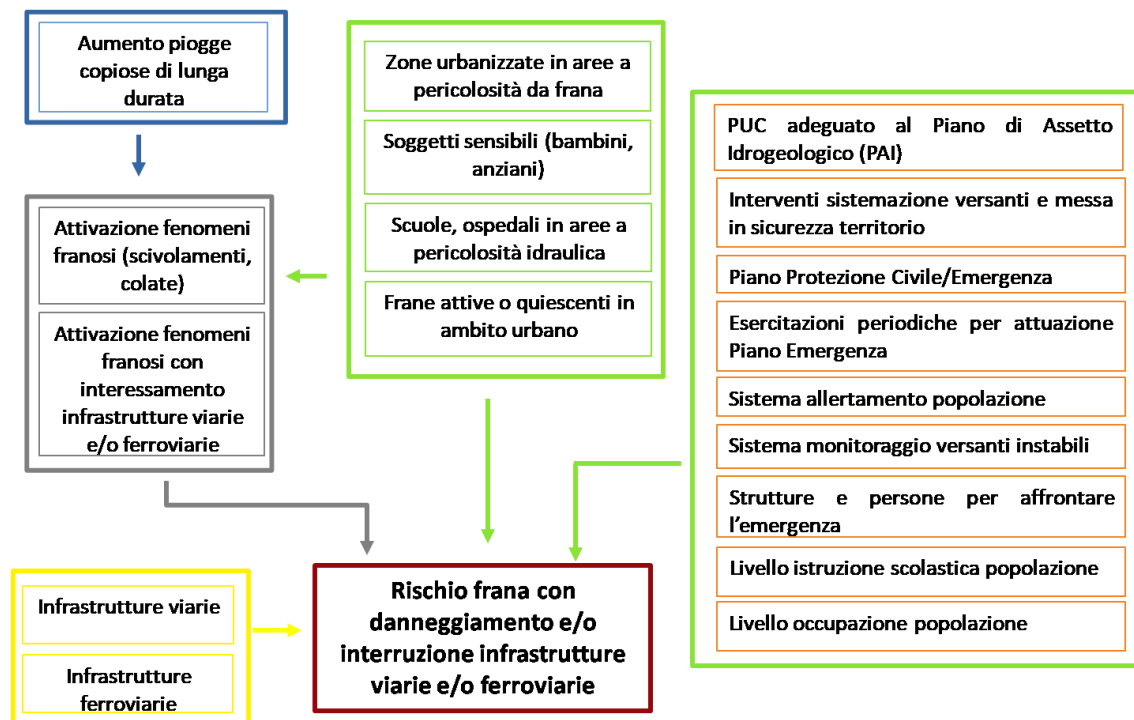


Figura 53 Catena d'impatto 4 – rischio frana con danneggiamento e/o interruzione infrastrutture viarie e/o ferroviarie.

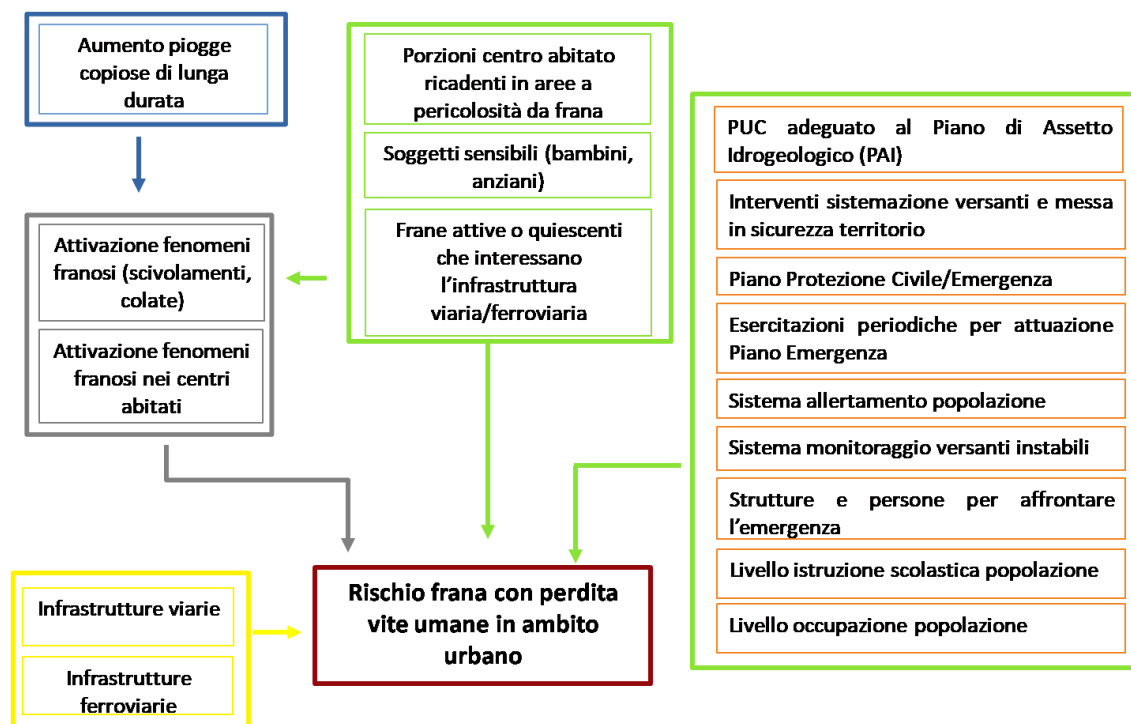


Figura 54 Catena d'impatto 5 – rischio frana con perdita vite umane in ambito urbano.

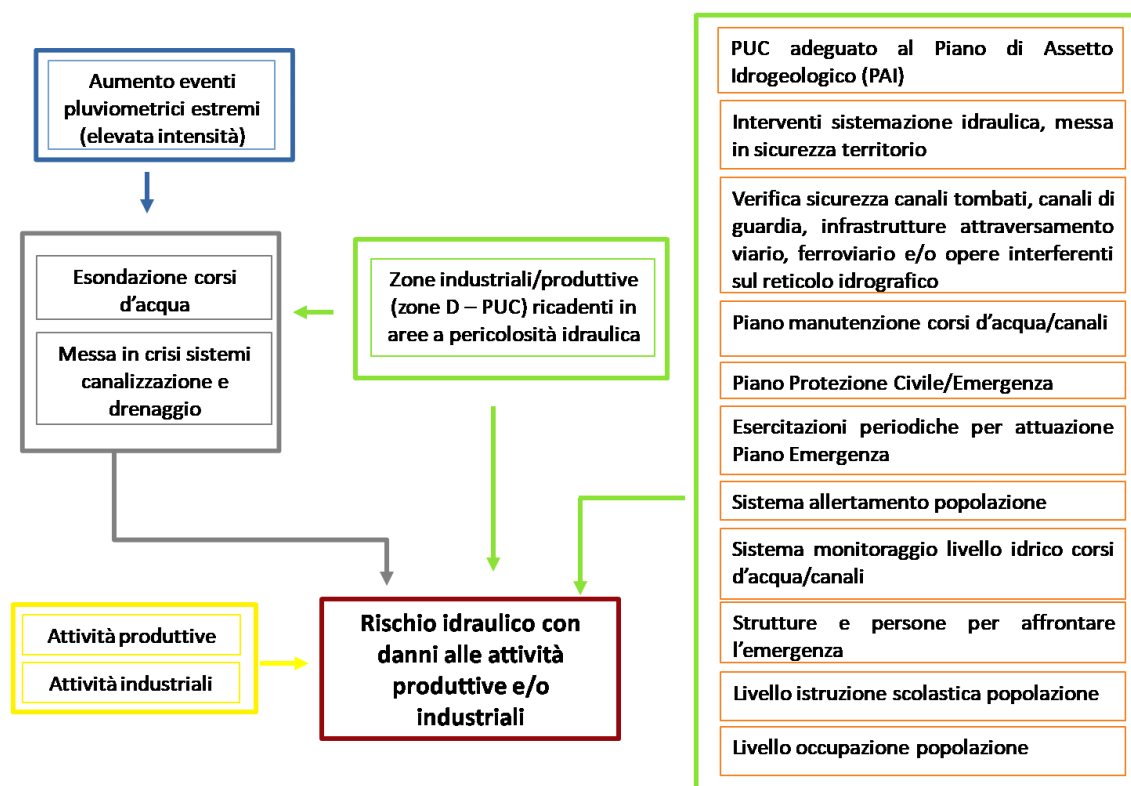


Figura 55 Catena d'impatto 6 – rischio idraulico con danni alle attività produttive e/o industriali.

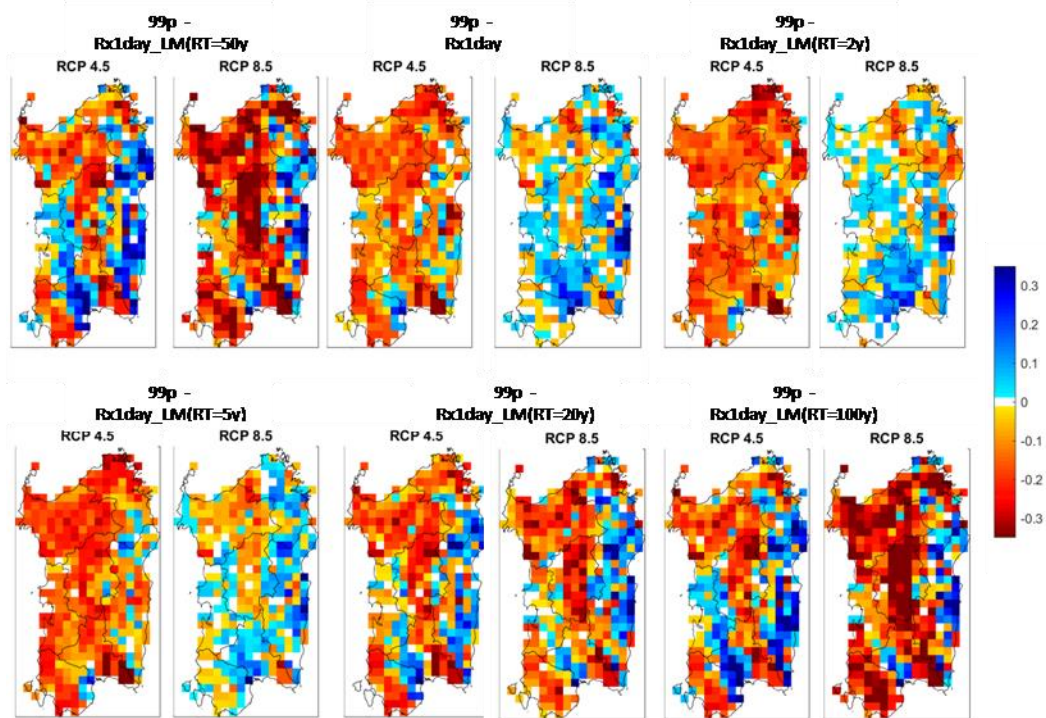


Figura 56 Confronto anomalie tra l'indicatore 99p e gli indicatori Rx1day_LM(RT=50y), Rx1day, Rx1day_LM(RT=2y), Rx1day_LM(RT=5y), Rx1day_LM(RT=20y) ed Rx1day_LM(RT=100y).

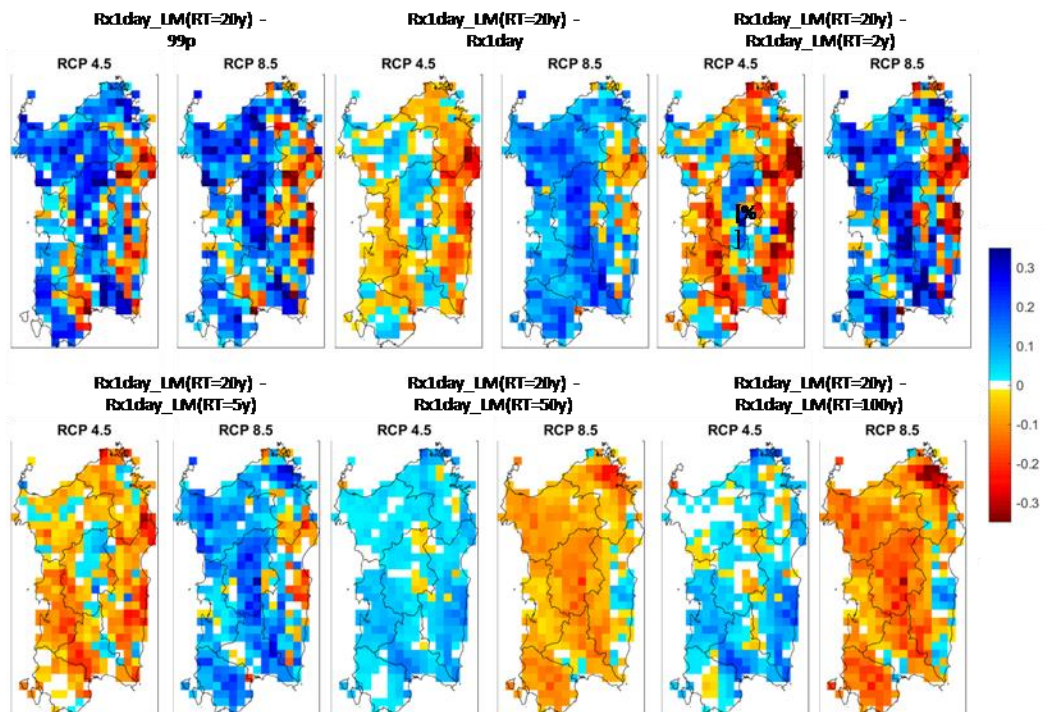


Figura 57 Confronto anomalie tra l'indicatore Rx1day_LM(RT=20y) e gli indicatori 99p, Rx1day, Rx1day_LM(RT=2y), Rx1day_LM(RT=5y), Rx1day_LM(RT=50y) ed Rx1day_LM(RT=100y) (RCP8.5)

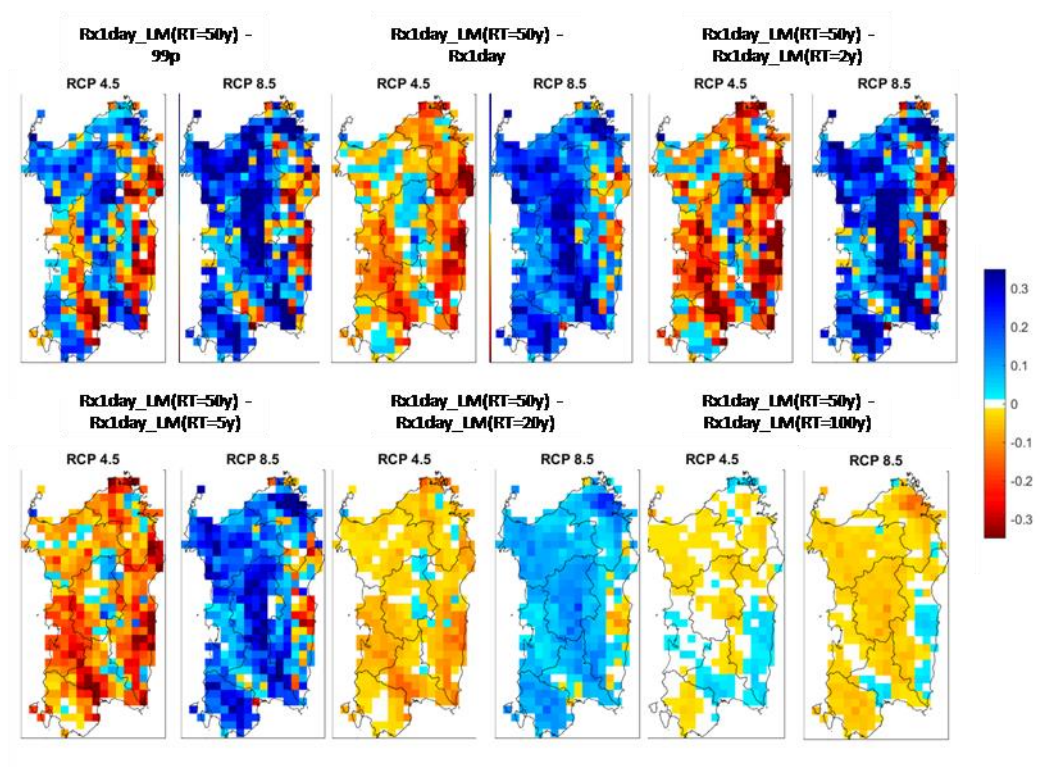


Figura 58 Confronto anomalie tra l'indicatore $Rx1day\_LM(RT=50y)$ e gli indicatori 99p, $Rx1day$, $Rx1day\_LM(RT=2y)$, $Rx1day\_LM(RT=5y)$, $Rx1day\_LM(RT=20y)$ ed $Rx1day\_LM(RT=100y)$ (RCP8.5).

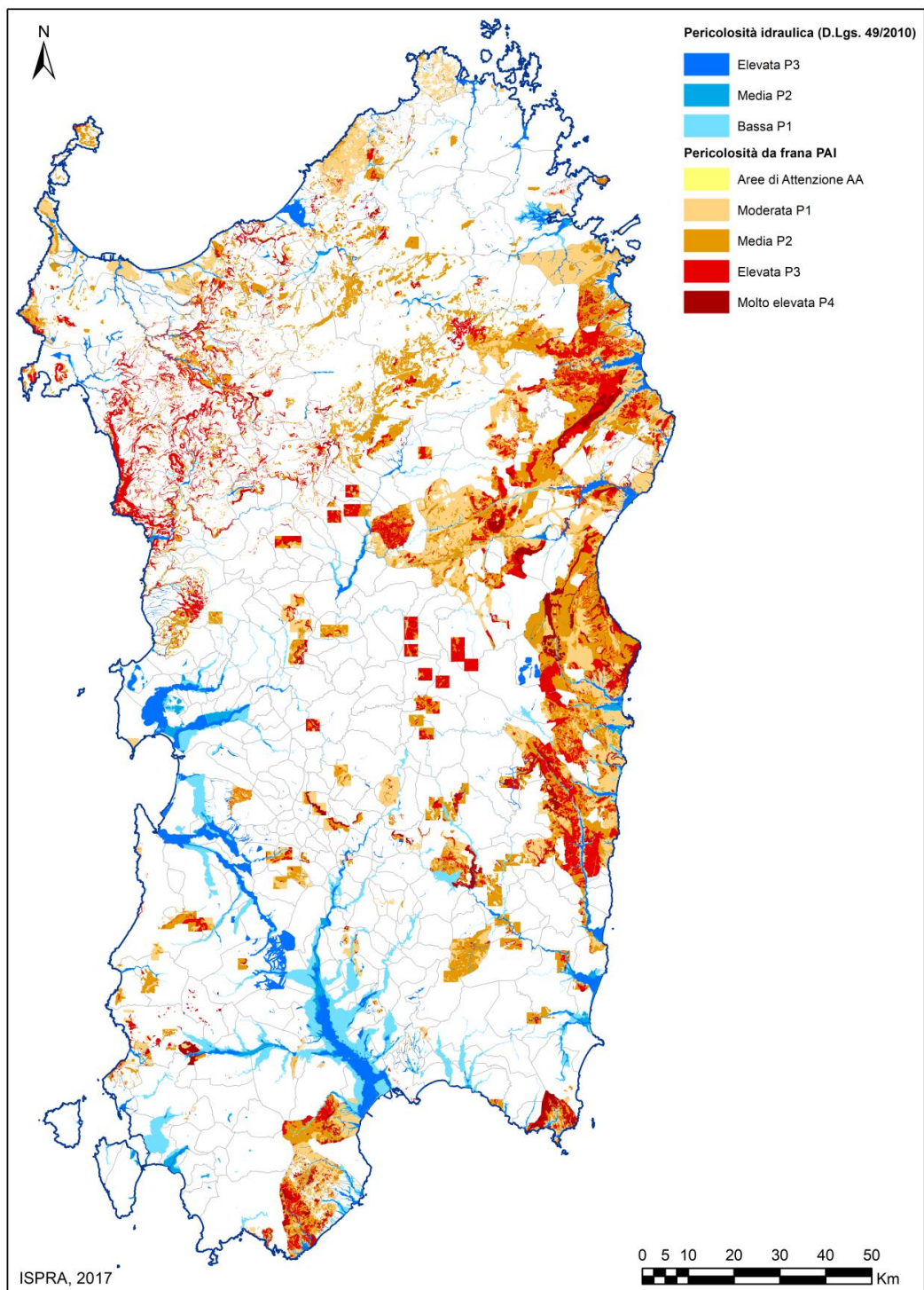


Figura 59 Mosaicature degli inviluppi delle aree a pericolosità idraulica, secondo il D-Lgs 49/2010, e delle aree a pericolosità frana PAI (Fonte ISPRA 2017, adattato per la Sardegna, informazioni spaziali in sitografia).

3.2.3. Risultati dell'analisi

3.2.3.1. Comparto agricolo e forestale

Comparto agricolo

Produttività settore agricolo

Pericolosità e sensibilità

In Figura 60 sono riportati i risultati delle simulazioni per il frumento duro, il frumento tenero e il mais con RCP 4.5 e RCP 8.5 in termini di anomalia attesa per il periodo 2021-2050 rispetto al periodo di riferimento (1976-2005), ottenute dalle simulazioni spaziali (risoluzione 8 x 8 km) e successivamente mediate per comune.

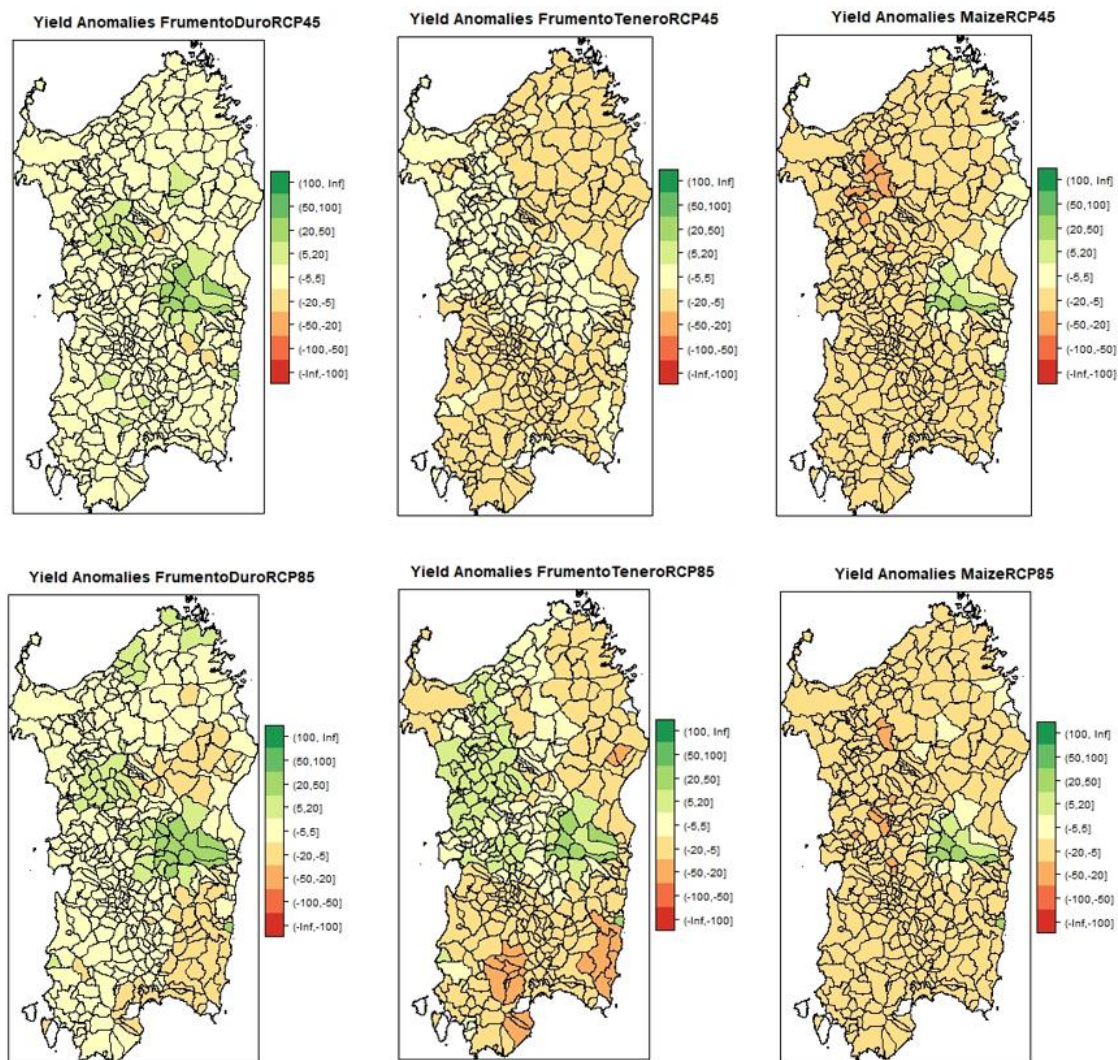


Figura 60 Anomalie di resa (%) e suddivisione in classi dei valori normalizzati per il range di variazione a livello comunale per frumento duro, frumento tenero e mais con RCP4.5 e RCP8.5, periodo 2021-2050 vs 1976-2005.

I risultati mostrano variazioni di resa molto contenute per il frumento duro (che mediamente ricadono nella classe -5 +5%) con lo scenario RCP 4.5, che diventano più importanti con lo scenario RCP 8.5 soprattutto nell'area sud-orientale della regione. Variazioni negative più importanti sono attese invece per il frumento tenero e soprattutto per il mais. Alcuni comuni mostrano un incremento percentuale di resa ma si fa presente che in queste sono aree in cui attualmente la produzione è ridotta in valori assoluti e dove quindi anche lievi incrementi di produttività (dovuti a variazioni del regime termico, pluviometrico e all'effetto dell'incrementata concentrazione atmosferica di CO₂) potrebbero favorire leggeri incrementi di produttività, che in termini percentuali appaiono elevati ma restano pur sempre limitati in termini di valori assoluti.

Si specifica infatti che la simulazione è stata eseguita su ciascuna cella della griglia del modello climatico, indipendentemente dalla presenza effettiva della coltura in quell'area, in quanto si tratta di una simulazione potenziale di produttività, che va letta in riferimento ai dati attuali di esposizione.

I valori normalizzati di variazione di resa per le tre colture e per i due modelli climatici, mediati tramite i pesi individuati, sono stati raggruppati nelle 5 classi indicate in Figura 61, in cui la classe 1 indica la situazione più favorevole e la classe 5 la situazione più critica. Inoltre in Tabella 58 sono riportati il valore medio di impatto potenziale sulla produttività cerealicola, il valore medio normalizzato e la classe media per la Sardegna.

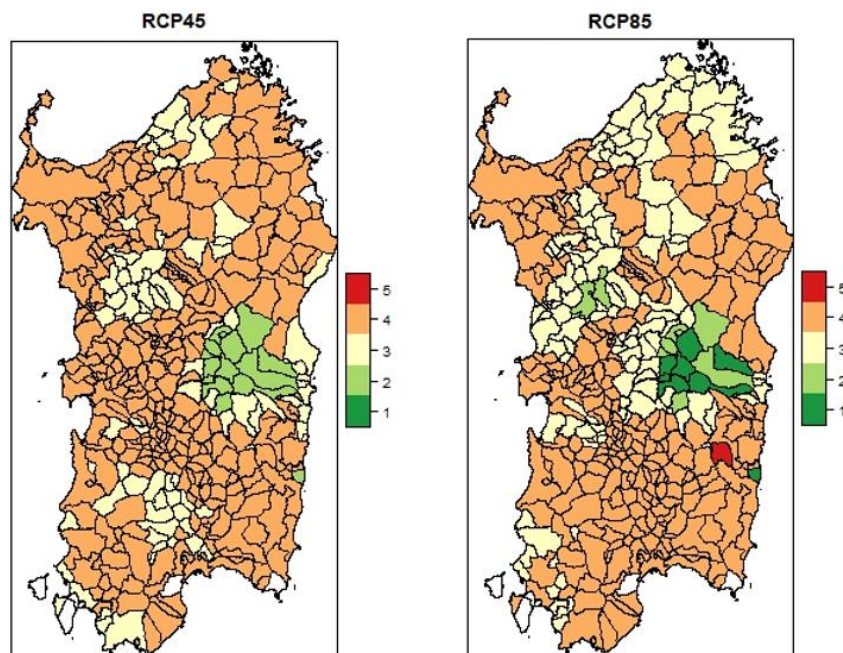


Figura 61 Classi di impatto potenziale per la produttività cerealicola per il periodo 2021-2050 vs 1975-2006 con RCP 4.5 (mappa a sinistra) e con RCP 8.5 (mappa a destra).

Si può osservare come la maggior parte del territorio regionale sia classificato in classe 4 per il trentennio futuro 2021-2050 (centrato al 2035) se si considera lo scenario intermedio RCP 4.5, mentre nel caso dello scenario RCP 8.5 la classe predominante sia sempre la classe 4, ma con molti più comuni ricadenti in classe 3. Questo è giustificabile soprattutto in considerazione delle proiezioni del regime delle precipitazioni e della più elevata concentrazione atmosferica di CO₂ che influenza sia la fotosintesi di colture C3 come il grano duro, sia l'efficienza d'uso dell'acqua tramite regolazione dell'apertura stomatica.

Tabella 58 Valori medi e normalizzati a livello regionale dell'indicatore di pericolosità e sensibilità per il periodo 2021-2050 vs 1976-2005.

Indicatore	Valore medio	Valore normalizzato medio	Classe media
Indicatore	Valore medio (variazione %)	Valore normalizzato medio	Classe media
Variazione di resa per frumento duro RCP 4.5	0.84	0.60	3.6
Variazione di resa per frumento duro RCP 8.5	0.78	0.60	3.5
Variazione di resa per frumento tenero RCP 4.5	-6.78	0.72	4.1
Variazione di resa per frumento tenero RCP 8.5	-4.43	0.68	3.9
Variazione di resa per mais RCP 4.5	-10.81	0.79	4.4

Esposizione

I risultati dell'analisi dei singoli indicatori di esposizione selezionati sono nelle figure sottostanti (Figura 62 e Figura 63) e i valori medi a livello regionale dei singoli indicatori sono riportati in Tabella 59.

Le aree più esposte in considerazione della maggiore superficie di seminativi per la produzione di granella rispetto alla SAU comunale sono concentrate principalmente nel campidano di Oristano e di Cagliari, in Marmilla, Trexenta, nella Nurra e nel Sassarese in cui si trovano diversi comuni in classe 3 e 4, sebbene la maggior parte dei comuni (il 64%) ricada in classe 1. Anche le aziende agricole sono concentrate principalmente nel campidano di Oristano, in Marmilla e in Trexenta, in cui ricadono diversi comuni in classe 2, anche se il valore più frequente è quello della classe 1, in cui ricade oltre il 90% dei comuni della Sardegna.

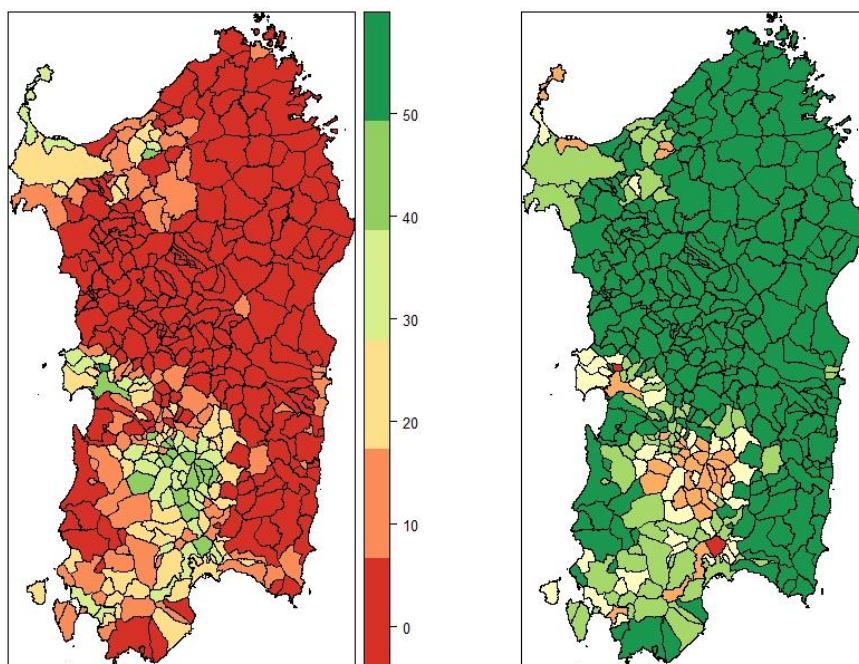


Figura 62 Superfici a seminativo per la produzione di granella su SAU comunale. La mappa a sinistra indica la percentuale della SAU occupata da seminativi per la produzione di granella, la mappa di destra indica la classe di appartenenza del comune per lo specifico indicatore.

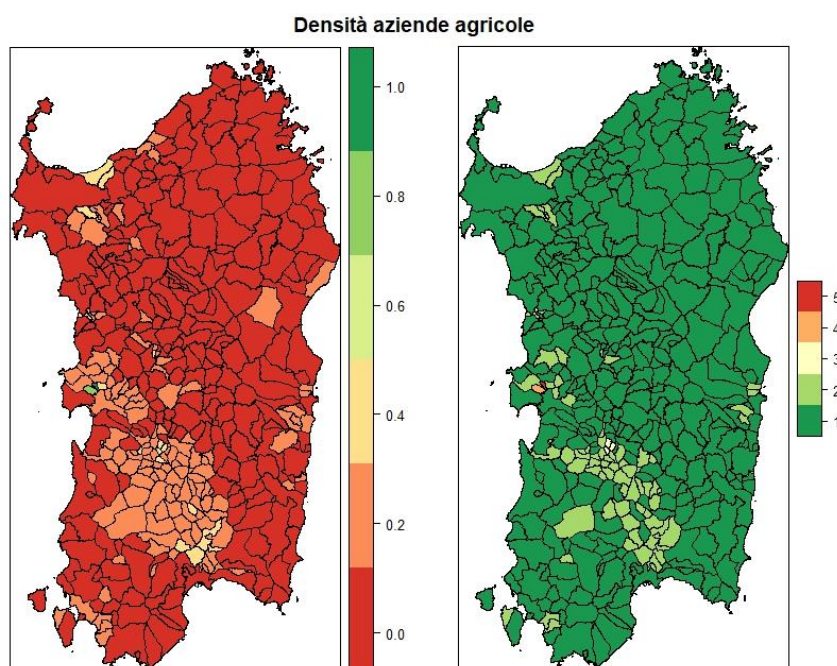


Figura 63 Numero di aziende agricole su superficie comunale (num/km2) nella mappa di sinistra e valore della relativa classe nella mappa di destra.

Tabella 59 Valori medi e normalizzati e classe media a livello regionale degli indicatori di esposizione.

Indicatore	Valore medio	Valore medio normalizzato	Classe media
Superfici a seminativo per la produzione di granella su SAU comunale	11.0 (%)	0.20	1.6
Aziende agricole su superficie del comune	4.70 (Num/km ²)	0.12	1.2
Indicatore	Valore medio	Valore medio normalizzato	Classe media

I valori normalizzati dei due indicatori di esposizione analizzati sono stati mediati e raggruppati nelle 5 classi, come indicato in Figura 64, in cui la classe 1 indica la situazione più favorevole e la classe 5 la situazione più critica. Si può osservare un'esposizione maggiore nei comuni del campidano di Oristano e di Cagliari, in Marmilla e in Trexenta, dove si registrano diversi comuni in classe 3 e nei comuni della Nurra, del sassarese e della Romangia con comuni in classe 2.

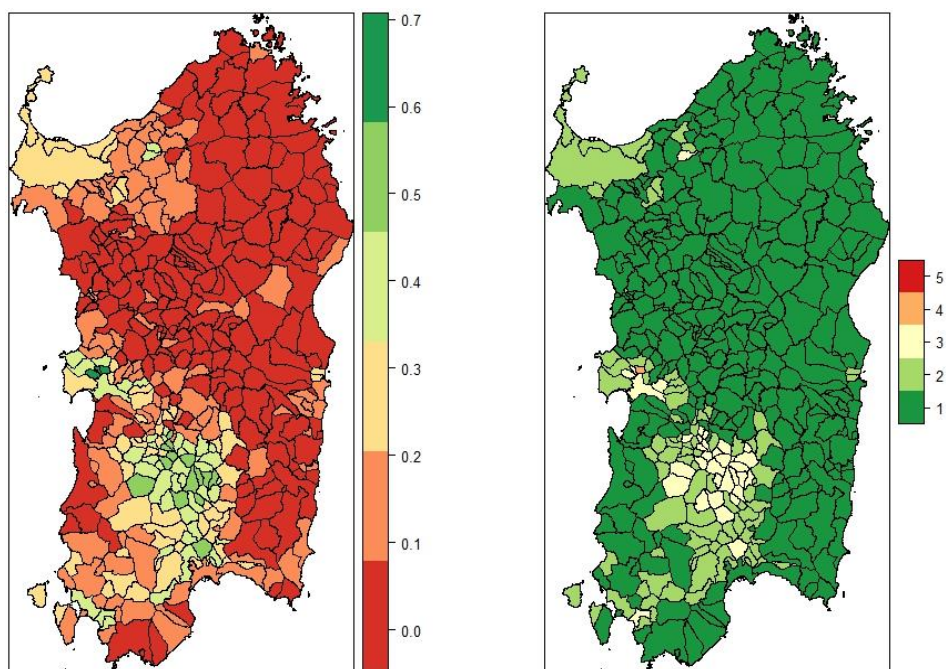


Figura 64 Esposizione per il rischio sulla produttività cerealicola (valore normalizzato nella mappa a sinistra e relativa classe di esposizione nella mappa a destra).

Capacità di adattamento

I risultati dell'analisi dei singoli indicatori di capacità di adattamento selezionati sono riportati nelle figure sottostanti (Figura 65, Figura 66, Figura 67, Figura 68, e Figura 69) e i valori medi a livello regionale dei singoli indicatori sono riportati in Tabella 60.

Nel caso della capacità di adattamento, i valori normalizzati vengono invertiti, in modo da attribuire alle situazioni più favorevoli il valore 0 (classe 1) e ai valori più sfavorevoli il valore 1 (classe 5). La capacità di adattamento viene infatti "letta" al contrario rispetto agli altri indicatori perché è l'elemento che riduce il rischio atteso.

Nel caso di indicatori riferiti al capitale umano (figura 64), il 92% dei comuni ricade in classe 4 (48%) e in classe 5 (44%), solo una minima percentuale si colloca nelle classi più elevate. Anche gli indicatori riferiti al fattore economico (Figura 67 e Figura 68) mostrano una prevalenza delle classi 4 e 5, indicando una bassa capacità di adattamento: 85% dei comuni in classe 5 per il PIL e il 79% ricade nelle classi 4 (44%) e 5 (35%) per quanto riguarda gli occupati nel settore agricolo. In riferimento invece alle infrastrutture appare bassa la percentuale della superficie equipaggiata per l'irrigazione (Figura 66), sebbene sia elevata la distribuzione di sistemi di irrigazione ad elevata efficienza, con oltre il 66% dei comuni in classe 1 (Figura 65).

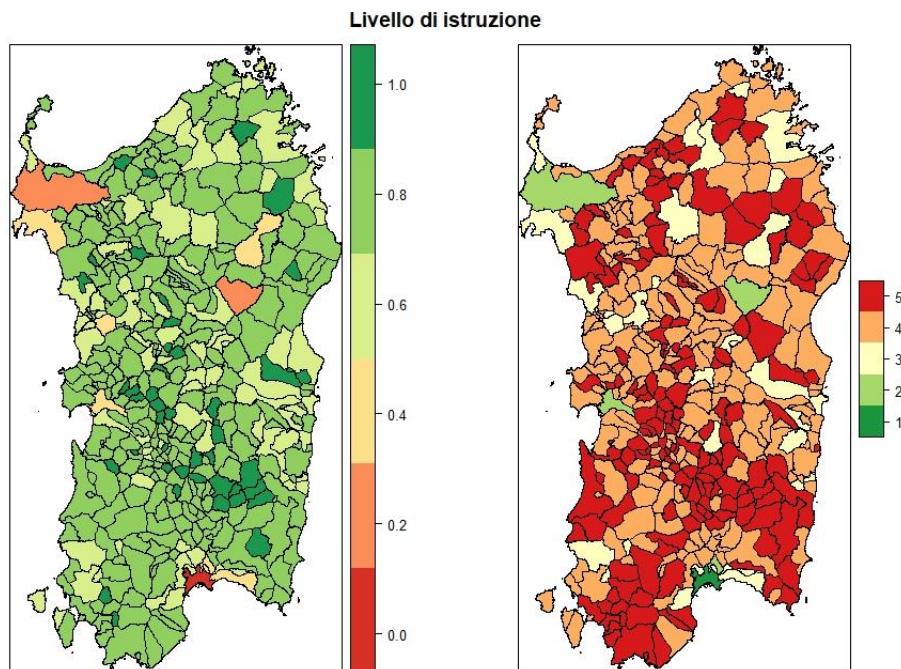


Figura 65 Livello di istruzione (% laureati) a livello comunale. La mappa di sinistra indica il valore dell'indicatore normalizzato a livello comunale e la mappa di destra le relative classi di appartenenza.

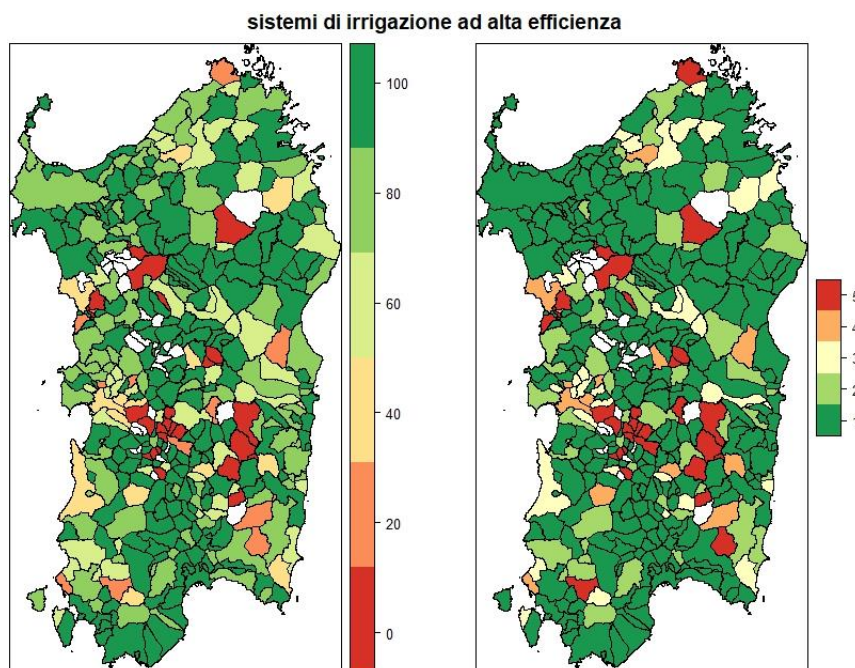


Figura 66 Percentuale di diffusione di sistemi di irrigazione ad alta efficienza rispetto al totale (a sinistra il valore in percentuale e a destra le relative classi di appartenenza dell'indicatore).

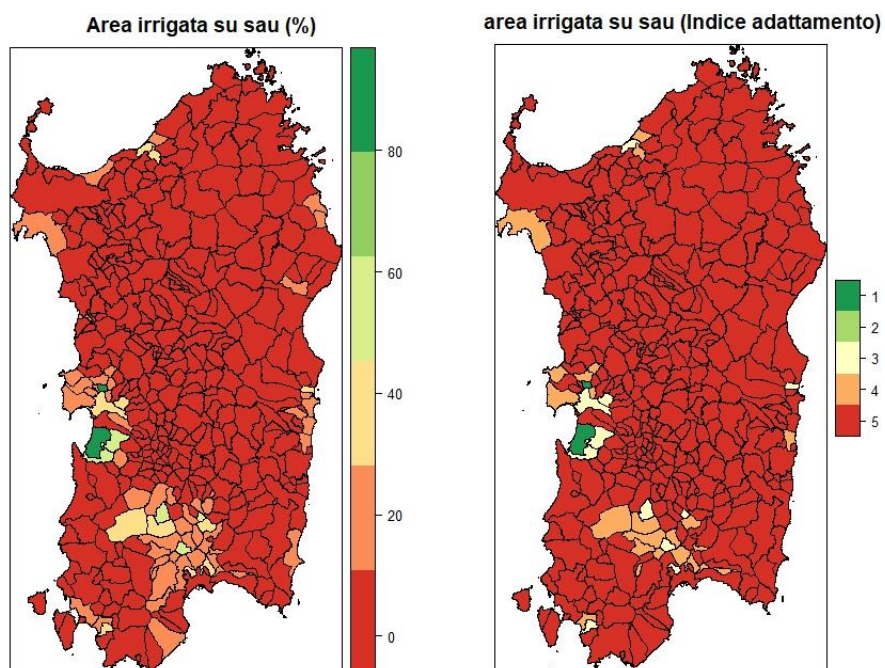


Figura 67 Percentuale di area irrigata su SAU per comune (mappa a sinistra) e classe corrispondente (mappa a destra).

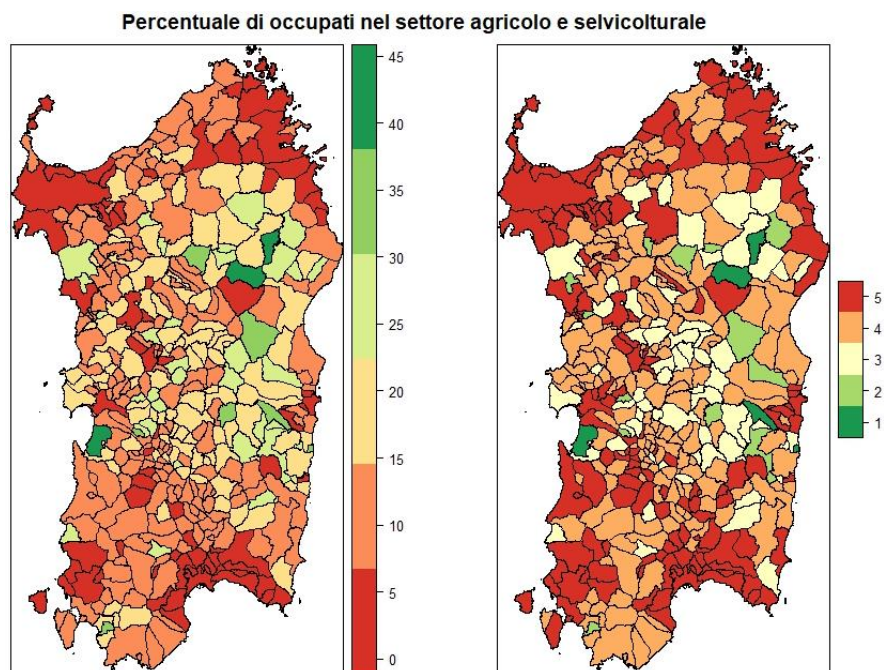


Figura 68 Percentuale di occupati nel settore agricolo per comune (mappa a sinistra) e relativa classe (mappa a destra).

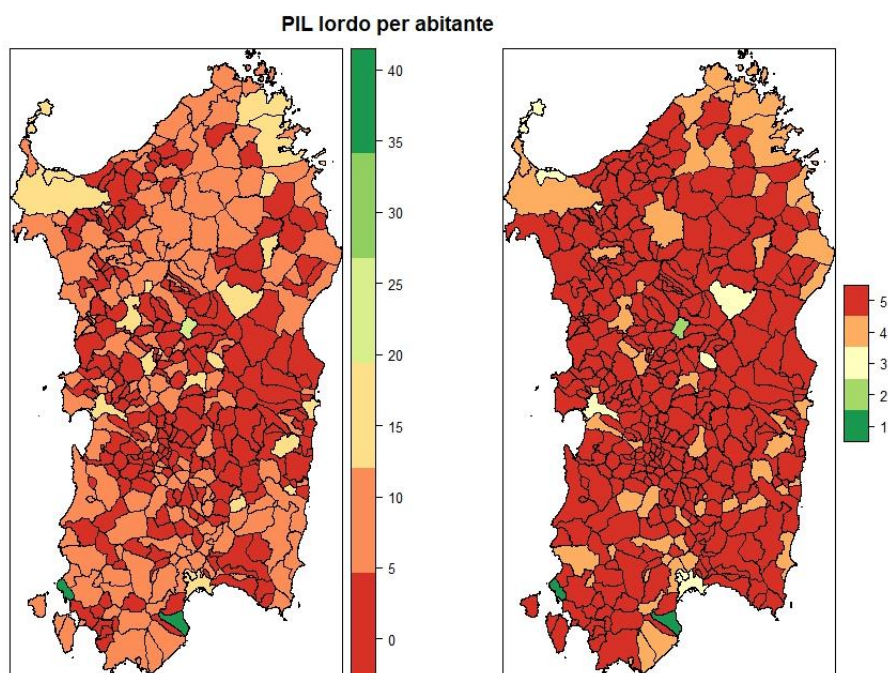


Figura 69 PIL lordo pro capite (€/pro-capite x103) in valore assoluto (mappa a sinistra) e classe relativa (mappa a destra) per comune.

Tabella 60 Indicatori di capacità di adattamento.

Indicatore	Valore medio	Valore medio normalizzato	Classe media
Laureati	5.5 (% laureati per comune)	0.77	4.3
Diffusione sistemi di irrigazione a basso consumo idrico	76.8 (% sul totale)	0.23	1.8
Superfici irrigate su SAU	6.1 (%)	0.07	1.1
Occupati nel settore primario	13.4 (% sul totale degli occupati)	0.72	4.1
PIL	5.4 (€/pro-capite x10 ³)	0.86	4.8

I valori normalizzati dei cinque indicatori di capacità di adattamento analizzati sono stati mediati e raggruppati nelle 5 classi, come indicato in Figura 70, in cui la classe 1 indica la situazione più favorevole e la classe 5 la situazione più critica.

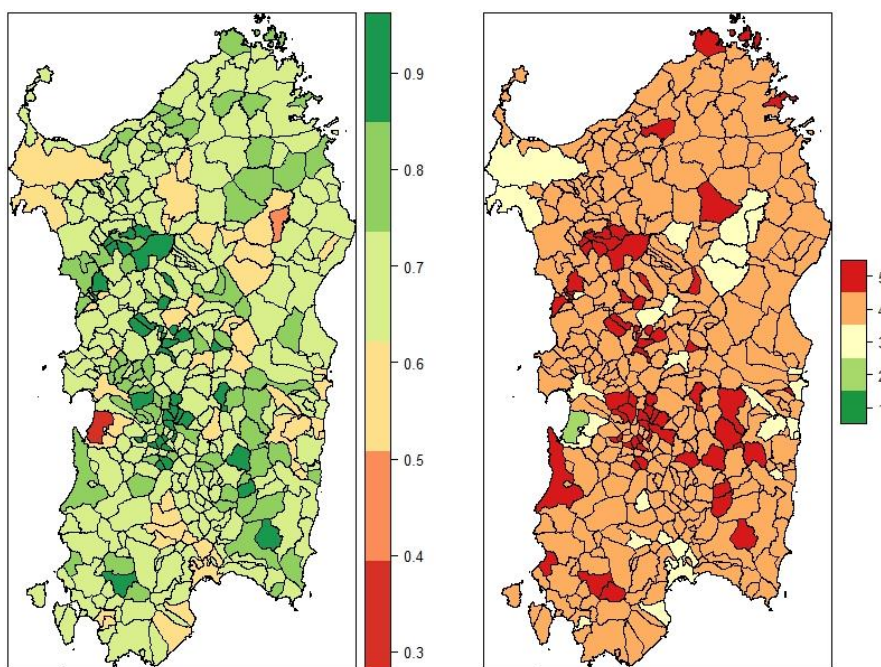


Figura 70 Classi di capacità di adattamento a livello comunale per la produttività cerealicola (a sinistra il valore comunale dell'indicatore normalizzato e a destra i valori delle relative classi).

Le Figura 71 e Figura 72 riassumono i risultati ottenuti a livello comunale (Figura 71) e medi per la regione Sardegna (Figura 72) per le componenti del rischio analizzate per la produttività cerealicola in termini di variazione potenziale di resa per il periodo

2021-2050 rispetto allo storico (1976-2005) con gli scenari RCP 4.5 e 8.5 di pericolosità più sensibilità, e di esposizione e capacità di adattamento.

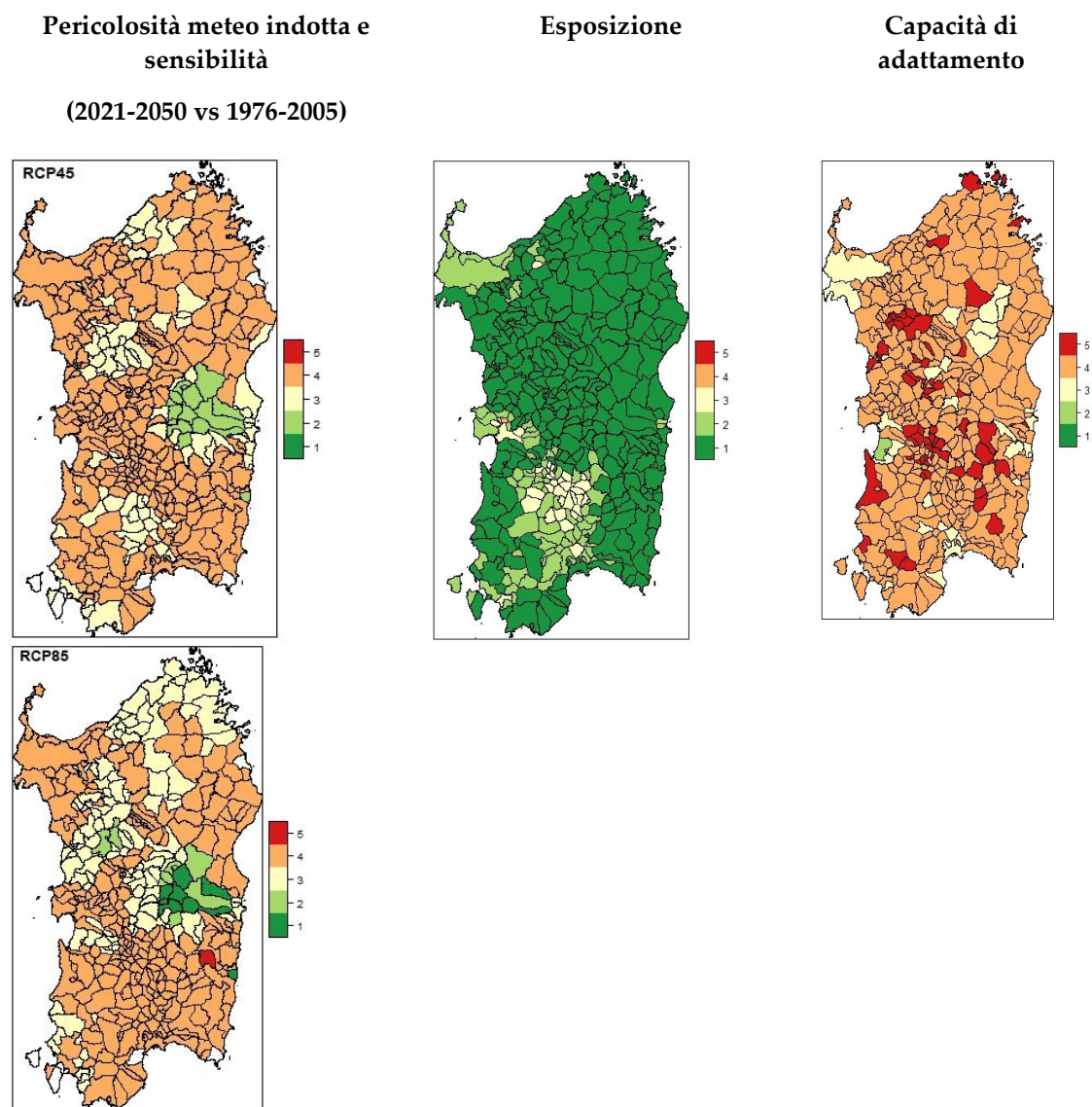


Figura 71 Valori per ciascun comune delle classi per le componenti del rischio della catena di impatto sulla produttività cerealicola.

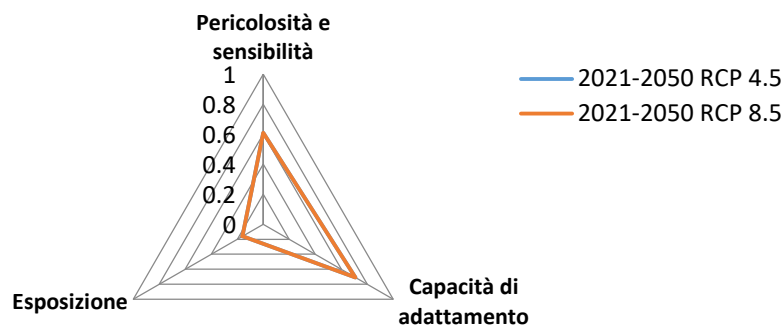


Figura 72 Valori medi per la regione Sardegna delle classi per le componenti del rischio per la catena di impatto sulla produttività cerealicola.

I risultati mostrano una pericolosità che si attesta con entrambi gli scenari climatici in classe 4 (valore medio normalizzato 0.61). I valori della pericolosità nelle aree più esposte, che sono quelle del Campidano e della Nurra, sono mediamente in classe 3 con l’RCP 4.5 e in classe 4 con l’RCP 8.5. L’esposizione ha un valore medio regionale che ricade in classe 1 (criticità bassa), con valori in classe 2 e 3 nelle aree del Campidano e della Nurra. Il valore medio della capacità di adattamento è in classe 4 a livello regionale (criticità medio alta). Tale valore, in linea con quello riportato nel capitolo 2, indica una bassa capacità di adattamento media regionale. Si evidenzia unicamente il comune di Arborea, che ricade in classe 2 (criticità bassa).

L’analisi ha evidenziato che una coltura a ciclo primaverile-estivo e irrigua come il mais potrà subire maggiori impatti negativi rispetto a colture autunno-vernine in asciutto come il frumento. Questo effetto è attribuibile principalmente alle variazioni di temperatura e alla riduzione della durata del periodo di crescita della coltura. A tale effetto si somma inoltre la specifica risposta colturale all’incrementata concentrazione atmosferica di CO₂, che manifesta effetti positivi specialmente su colture a meccanismo fotosintetico C3 (come il frumento, il riso, l’orzo, l’avena, etc) rispetto a colture C4 (come ad esempio il mais e il sorgo).

L’analisi effettuata a scopo esemplificativo per la produzione cerealicola da granella su queste 3 colture può essere replicata su altre specie colturali (ad es. altre colture cerealicole come avena e orzo, che occupano una quota importante della produzione cerealicola regionale, e/o colture ortive e da tubero, foraggiere, etc) se disponibili dati osservati, rilevati da sperimentazioni di campo, su fenologia e produzione colturale, per un sufficiente numero di anni necessario alla parametrizzazione dei modelli di simulazione colturale. Tali modelli sono infatti uno strumento fondamentale non solo per stimare l’impatto dei cambiamenti climatici su uno specifico sistema colturale, ma anche per simulare differenti condizioni di gestione colturale (es. lavorazioni, rotazioni colturali, gestione della fertilizzazione e dell’irrigazione, variazione dei calendari colturali, etc), al fine di testare gli effetti di queste tecniche alternative quali possibili

strategie di adattamento da proporre a livello locale. La disponibilità della piattaforma GIS-DSSAT utilizzata in questo studio è infatti uno strumento che permette di legare i modelli di simulazione colturale che operano generalmente a scala di campo a una piattaforma che permette simulazioni spazializzate in accordo con la griglia del modello climatico. Uno strumento di questo tipo consente quindi sia di fornire informazioni a livello di singola azienda, per orientare le decisioni degli agricoltori, sia di effettuare un'analisi a livello comunale e/o regionale, per guidare le scelte politiche di gestione del comparto agricolo.

Il livello di robustezza delle informazioni ottenibili è strettamente dipendente dalla disponibilità e dalla qualità di dataset osservativi di lungo periodo riferiti sia alla gestione colturale sia alle osservazioni pedologiche e climatiche.

Benessere animale

Pericolosità

In Figura 73 sono riportati i risultati del calcolo dell'indice THI con l'RCP 4.5 e l'RCP 8.5 in termini di anomalia attesa per il periodo 2021-2050 rispetto al periodo di riferimento (1976-2005), ottenute dalle simulazioni spaziali (risoluzione 8 x 8 km) e successivamente mediate per comune, normalizzate e suddivise nelle 5 classi a pericolosità crescente in cui si divide il range delle anomalie, in cui la classe 1 indica la situazione più favorevole e la classe 5 la situazione più critica. La Tabella 61 riporta a titolo di sintesi il valore medio dell'anomalia per l'indicatore THI, il valore medio normalizzato e la classe media dei comuni della Sardegna.

I risultati mostrano un peggioramento dell'indice THI in tutto il territorio regionale, con particolari criticità nei comuni dell'area sud-orientale e del Campidano di Cagliari e di Oristano. Anche in questo caso le proiezioni con entrambi gli scenari sono piuttosto simili, evidenziando una leggera maggiore criticità con lo scenario RCP 4.5.

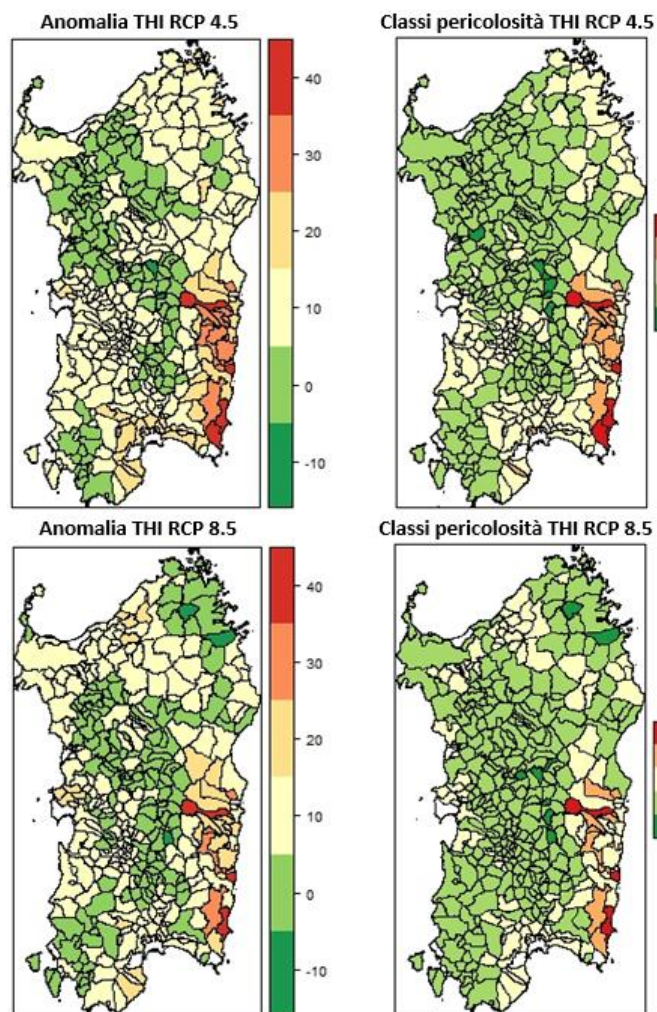


Figura 73 Valori di anomalia dell'indice THI ottenuto con RCP4.5 e RCP8.5, periodo 2021-2050 vs 1976-2005 (mappe a sinistra) e relative classi di appartenenza per ciascun comune (mappe a destra).

Tabella 61 Valori medi e normalizzati a livello regionale dell'indicatore di pericolosità e sensibilità.

Indicatore	Valore medio	Valore normalizzato medio	Classe media
Variazione dell'indice THI per il periodo 2021-2050 vs 1976-2005, RCP 4.5	+8.62	0.38	2.4
Variazione dell'indice THI per il periodo 2021-2050 vs 1976-2005, RCP 8.5	+7.20	0.36	2.3

Esposizione

L'esposizione è stata calcolata considerando due indicatori che sono il numero di capi allevati (Figura 74) e la densità aziendale (si veda la Figura 63). I valori medi a livello regionale dei singoli indicatori sono quindi riportati in Tabella 62.

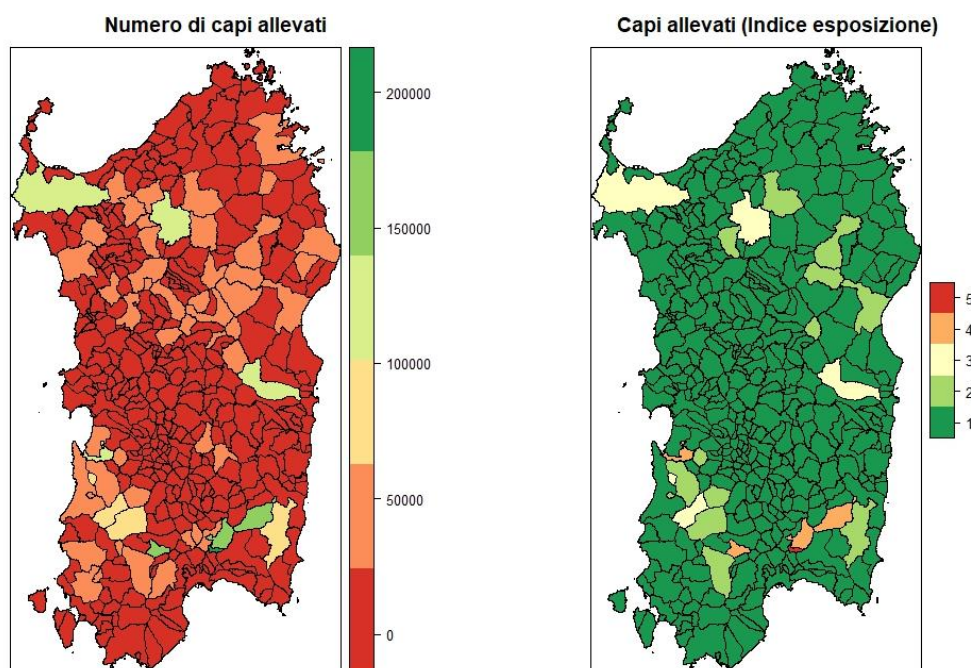


Figura 74 Numero di capi allevati a livello comunale (mappa a sinistra) e relativa classe di appartenenza (mappa a destra).

Tabella 62 Valori medi e normalizzati e classe media a livello regionale degli indicatori di esposizione.

Indicatore	Valore medio	Valore medio normalizzato	Classe media
Numero capi di allevamento per comune	13472	0.07	1.1
Aziende agricole su superficie del comune	4.70 (Num/km ²)	0.12	1.2

I valori normalizzati dei due indicatori di esposizione analizzati sono stati mediati e raggruppati nelle 5 classi, come indicato in Figura 75, in cui la classe 1 indica la situazione più favorevole e la classe 5 la situazione più critica.

L'esposizione risulta anche in questo caso mediamente bassa, in quanto la maggioranza dei comuni ricade in classe 1, tuttavia questo risultato è legato al metodo

utilizzato nella metodologia di normalizzazione dei dati, molto dipendente dal range dei valori, che tende ad “appiattire” i risultati in caso di presenza di valori molto estremi.

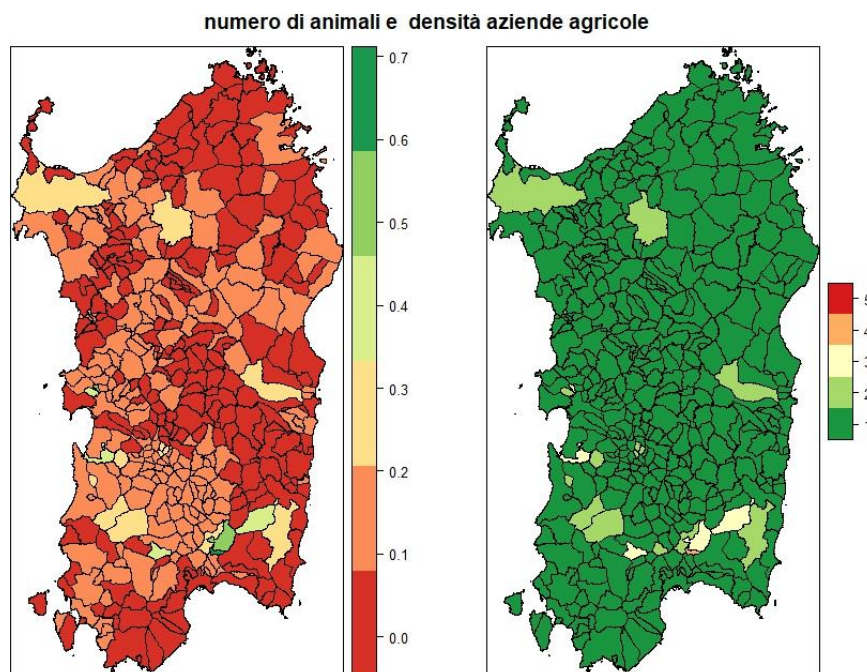


Figura 75 Valori di esposizione per il rischio sul benessere animale (valore normalizzato nella mappa a sinistra e classi relative nella mappa di destra).

Sensibilità

I risultati dell'indicatore di sensibilità, in cui sono state valutate le diverse tipologie di capi di allevamento, mostra un valore molto omogeneo, con la maggior parte dei comuni che ricade in classe 1, alcuni comuni in classe 2 e solo un comune in classe 3, non sono rappresentate le classi più estreme. I risultati sono riportati in Figura 76 e in Tabella 63.

Capi allevati pesati per categorie

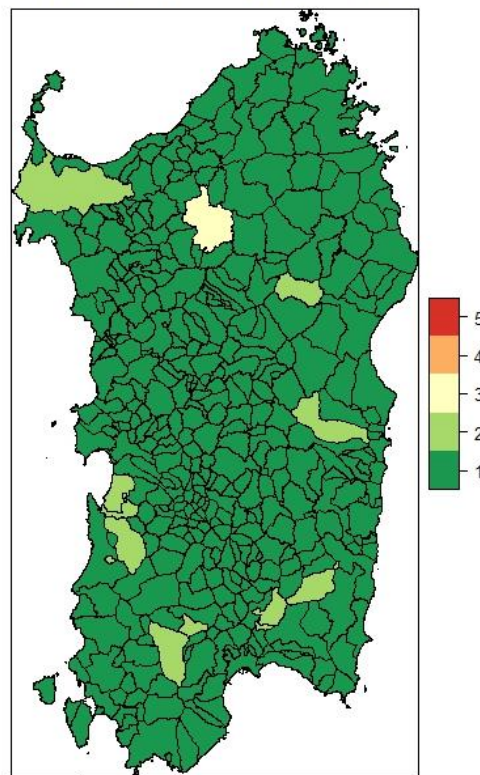


Figura 76 Classi di sensibilità calcolata sulla base della composizione (percentuale delle varie tipologie di animali allevati) degli allevamenti a livello comunale.

Tabella 63 Indicatori di sensibilità.

Indicatore	Valore medio normalizzato	Classe media
Composizione delle tipologie di bestiame (bovini, ovini, suini ed avicoli)	0.05	1

Capacità di adattamento

L'analisi della capacità di adattamento si è basata su 3 dei 5 indicatori utilizzati nelle valutazioni della precedente catena di impatto, e sono riportati nelle figure presentate nel precedente paragrafo (Figura 65, Figura 68 e Figura 69) e i valori medi a livello regionale dei singoli indicatori sono riportati in Tabella 64.

Tabella 64 Indicatori di capacità di adattamento.

Indicatore	Valore medio	Valore medio normalizzato	Classe media
Laureati	5.5 (% laureati per comune)	0.77	4.3
Occupati nel settore primario	13.4 (% sul totale degli occupati)	0.72	4.1
PIL	5.4 (€/pro-capite x10 ³)	0.86	4.8

I valori normalizzati dei tre indicatori di capacità di adattamento analizzati sono stati mediati e raggruppati nelle 5 classi, come indicato in Figura 77, in cui la classe 1 indica la situazione più favorevole e la classe 5 la situazione più critica.

Si ricorda che nel caso della capacità di adattamento, i valori vengono invertiti, in modo da attribuire alle situazioni più favorevoli il valore 0 (classe 1) e ai valori più sfavorevoli il valore 1 (classe 5). La capacità di adattamento viene infatti “letta” al contrario rispetto agli altri indicatori perché è l’elemento che riduce il rischio atteso.

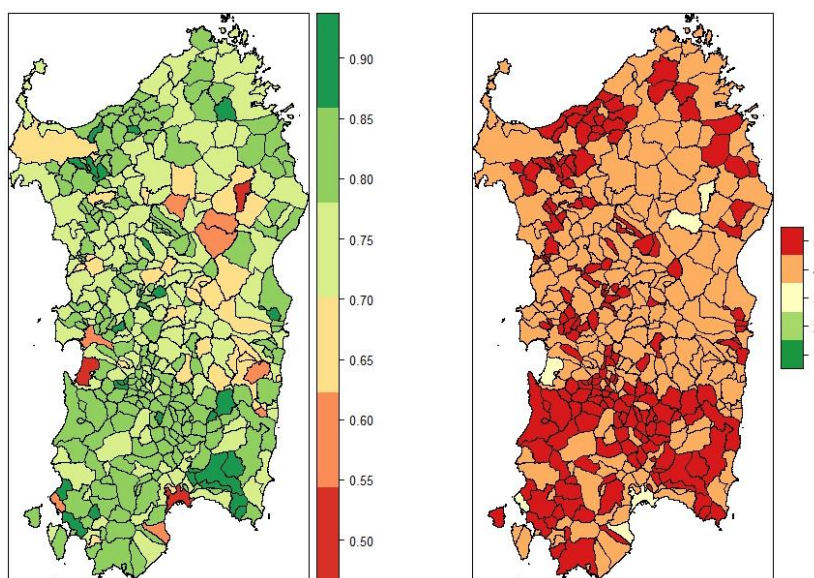


Figura 77 Classi di capacità di adattamento a livello comunale per il rischio sul benessere animale.

Le Figura 78 e Figura 79 riassumono i risultati ottenuti a livello comunale (Figura 78) e medi per la regione Sardegna (Figura 79) per le componenti del rischio analizzate per il benessere animale in termini di pericolosità (anomalia dell’indicatore THI per il periodo 2021-2050 rispetto allo storico (1976-2005) con gli scenari RCP 4.5 e 8.5), di sensibilità, di esposizione e capacità di adattamento.

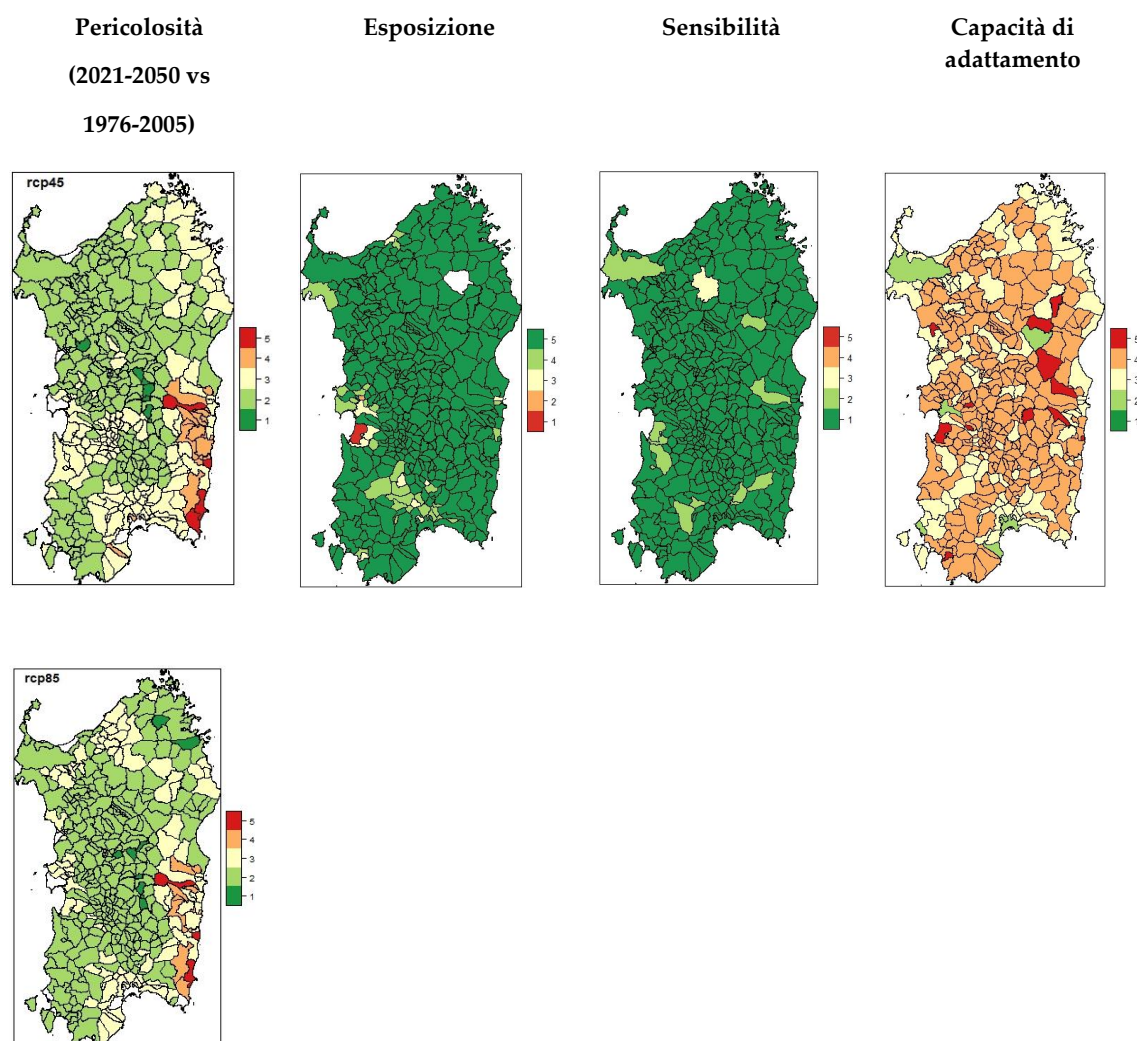


Figura 78 Valori per ciascun comune delle classi per le componenti del rischio della catena di impatto sul benessere animale.

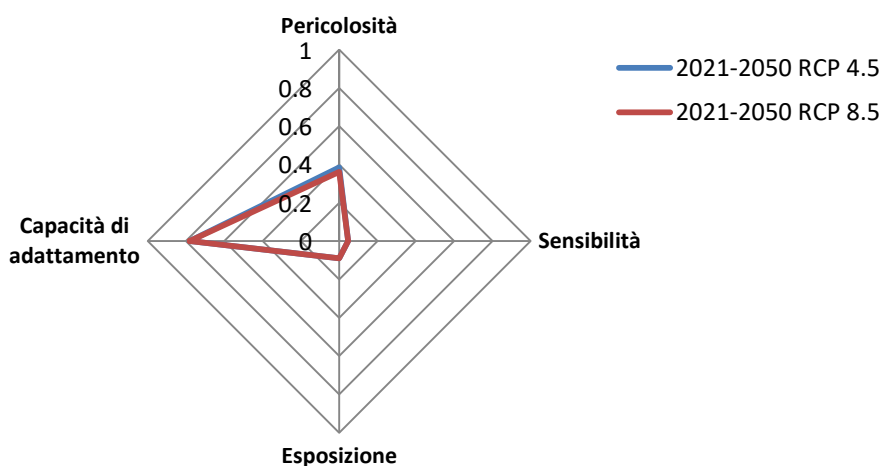


Figura 79 Valori medi per la regione Sardegna delle classi per le componenti del rischio per la catena di impatto sul benessere animale.

I risultati mostrano una pericolosità che si attesta con entrambi gli scenari climatici in classe 2 (criticità medio-bassa). L'esposizione ha un valore medio regionale che ricade in classe 1 (criticità bassa) e il valore medio della capacità di adattamento si trova in classe 4 (criticità medio-alta) a livello regionale (valore medio normalizzato 0.78). Tali valori indicano un rischio moderato per il settore.

Si ribadisce comunque che la presente analisi è fortemente influenzata dalla disponibilità di indicatori a livello comunale e che quindi tale rappresentazione non è da considerarsi esaustiva (soprattutto in riferimento alla capacità di adattamento) e potrà essere ulteriormente approfondita e dettagliata qualora disponibili dati di maggior dettaglio per il territorio regionale e/o per specifiche aree di particolare interesse per il settore, dettagliando la stessa separatamente per le diverse tipologie di allevamento di particolare interesse per la regione.

Comparto forestale

Gli incendi boschivi

Pericolosità

Di seguito è riportato un quadro della potenziale pericolosità di incendio (calcolata attraverso l'indice FWI) in termini di numero di giorni al di sopra della soglia critica per avere un'intensa attività degli incendi considerando il periodo di riferimento (1981-2010) e il trentennio futuro 2021-2050, secondo i due scenari di concentrazione di gas climalteranti RCP4.5 e RCP8.5 (IPCC, 2013) e sulla base delle proiezioni del modello climatico COSMO-CLM a 8 km di risoluzione.

Per quanto riguarda il periodo di riferimento 1981-2010 (dati da modello COSMO-CLM), il numero di giorni al di sopra della soglia critica oscilla da un minimo di 40 giorni/anno fino a 180. L'area in cui il pericolo di incendi boschivi risulta maggiore è il sud dell'Isola, e in particolare lungo il Campidano di Cagliari, e la parte orientale.

Calcolando l'indice FWI con i dati delle proiezioni climatiche per il prossimo futuro (2021-2050), si osserva un aumento fino a 28 giorni per anno al di sopra della soglia critica con lo scenario RCP4.5. Spazialmente, il dato riflette l'aumento generale previsto delle temperature medie annuali (Figura 3) controilanciato da un incremento dei valori annuali di precipitazione a sud e ad est della Sardegna a fronte di una marcata riduzione nella parte centrale e nord-occidentale (dal 20 al 60% circa, Figura 6). Lo scenario RCP8.5 mostra invece un aumento più moderato del numero di giorni per anno al di sopra della soglia critica, che –a differenza del precedente scenario- si localizzano specialmente nel sud e nella parte nord-orientale della Sardegna. Anche in questo caso la distribuzione spaziale riflette la combinazione fra un marcato aumento delle temperature medie annue nei quadranti meridionali e orientali dell'isola e una generale riduzione della precipitazione annuale nella parte centrale e sud-occidentale, mentre è atteso un aumento altrove.

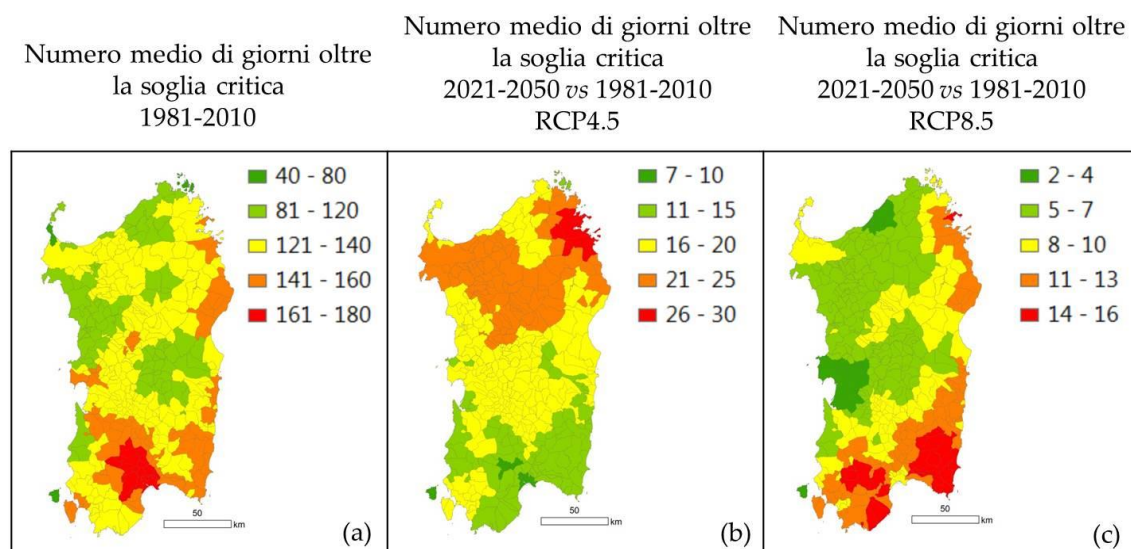


Figura 80 Numero medio di giorni al di sopra della soglia critica di FWI per avere un'intensa attività degli incendi: (a) periodo di riferimento 1981-2010 (dati da modello COSMO-CLM); (b) anomalia 2021-2050 con lo scenario RCP4.5; (c) anomalia 2021-2050 con lo scenario RCP8.5.

I dati degli indicatori considerati sono stati normalizzati considerando entrambi gli scenari con l'obiettivo di esaltare le differenze fra i comuni (Figura 81). Sotto lo scenario RCP4.5 l'Isola presenta un'interessante dicotomia in termini di anomalia fra prossimo futuro e periodo di riferimento: la maggior parte dei comuni del nord Sardegna ricade infatti nelle classi più critiche mentre nel Campidano di Cagliari la

situazione è pressoché stazionaria rispetto al periodo di riferimento. Con lo scenario RCP8.5, invece, il 10% dei comuni ricade nella classe media, specialmente nel sud Sardegna (Figura 81).

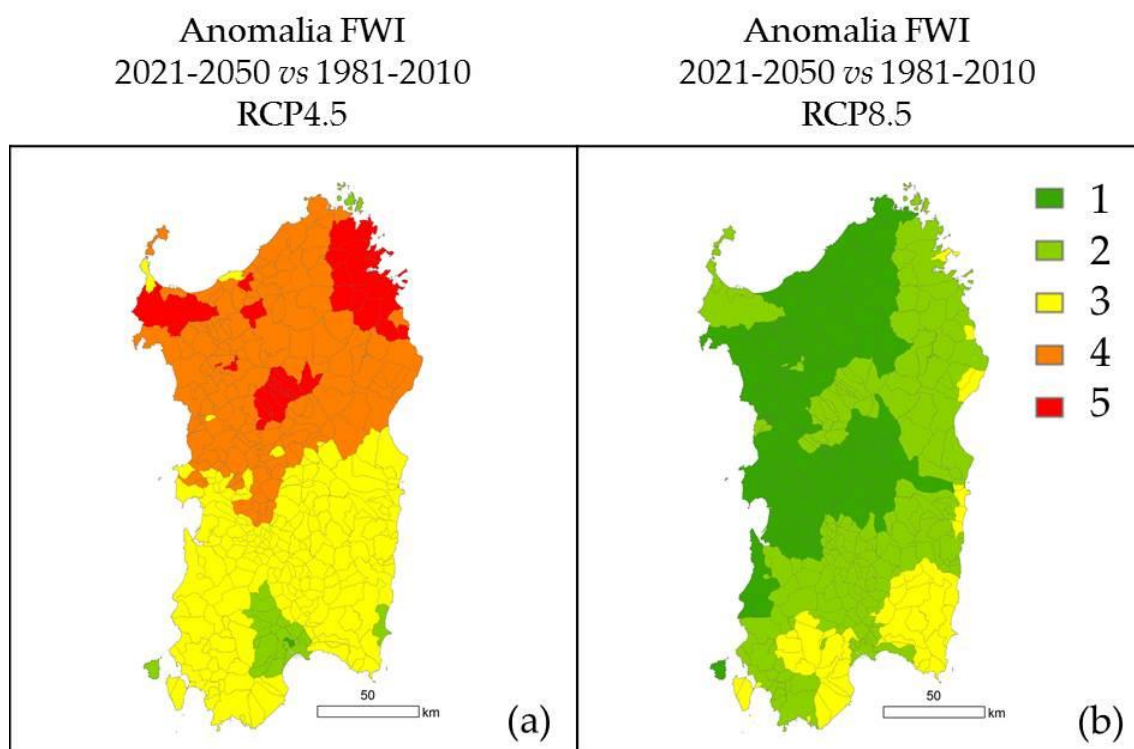


Figura 81 Dati normalizzati del numero medio di giorni al di sopra della soglia critica di FWI; (a) anomalia 2021-2050 con lo scenario RCP4.5; (b) anomalia 2021-2050 con lo scenario RCP8.5.

Tabella 65 Valori medi e normalizzati del numero medio di giorni al di sopra della soglia critica di FWI, anomalia 2021-2050 vs 1981-2010, periodo con gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

Indicatore	Valore medio	Valore normalizzato medio
FWI 2021-2050 vs 1981-2010 RCP 4.5	18	0,61
FWI 2021-2050 vs 1981-2010 RCP 8.5	8	0,23

Esposizione

Le aziende agricole sono concentrate principalmente nella piana del Medio Campidano, ma il valore medio comunale (4,64 aziende/km²) è molto basso: l'80% dei comuni della Sardegna ricade in classe di esposizione 1, ossia con il livello di esposizione più basso.

Il capitale economico è rappresentato dalla densità dei capi di bestiame, comprendenti bovini, ovini e suini, allevati nella regione. Il valore medio comunale

(174,45 capi/km²) è essenzialmente distribuito nella parte centro occidentale dell'Isola. Il 79% dei comuni ricade nelle classi 1 e 2, il 16% nella classe intermedia, e solo 16 comuni spiccano nelle classi 4 e 5, con maggiore esposizione.

In termini di capitale naturale e ambientale, la percentuale media a livello comunale di superfici agricole utilizzate è il 56,31% mentre quella dei territori boscati e semi-naturali si attesta al 38,33% (Tabella 66). Il primo indicatore si distribuisce specialmente nella parte centro occidentale dell'Isola, nella Nurra, nella piana di Chilivani, nella zona del Marghine e della Planargia e lungo tutto il Campidano (Figura 82). I comuni sono principalmente distribuiti nelle classi dalla 2 alla 5 (90% del totale), mentre solo 38 comuni ricadono in classe 1 (bassa esposizione). I territori boscati e semi-naturali sono localizzati in posizione opposta al precedente indicatore, nei comuni su cui ricadono il Monte Limbara, i Monti del Gennargentu fino a scendere verso i Monti dei Sette Fratelli e i Monti dell'Iglesiente. 116 comuni ricadono in classe 1, 228 nelle classi dalla 2 alla 4 (60% sul totale dei comuni della Sardegna) e 33 in classe 5. Per quanto riguarda infine le aree protette, il 66% dei comuni ricade in classe 1, e solo pochi comuni (31) ricadono nelle classi con maggior esposizione.

Tabella 66 Valori medi e normalizzati a livello comunale degli indicatori di esposizione agli incendi boschivi.

Indicatore	Valore medio	Valore normalizzato medio
DANIM	174,45	0,26
%SAU	56,31	0,56
%BOSCO	38,33	0,39
%APROT	18,41	0,18
DAZAGR	4,64	0,12

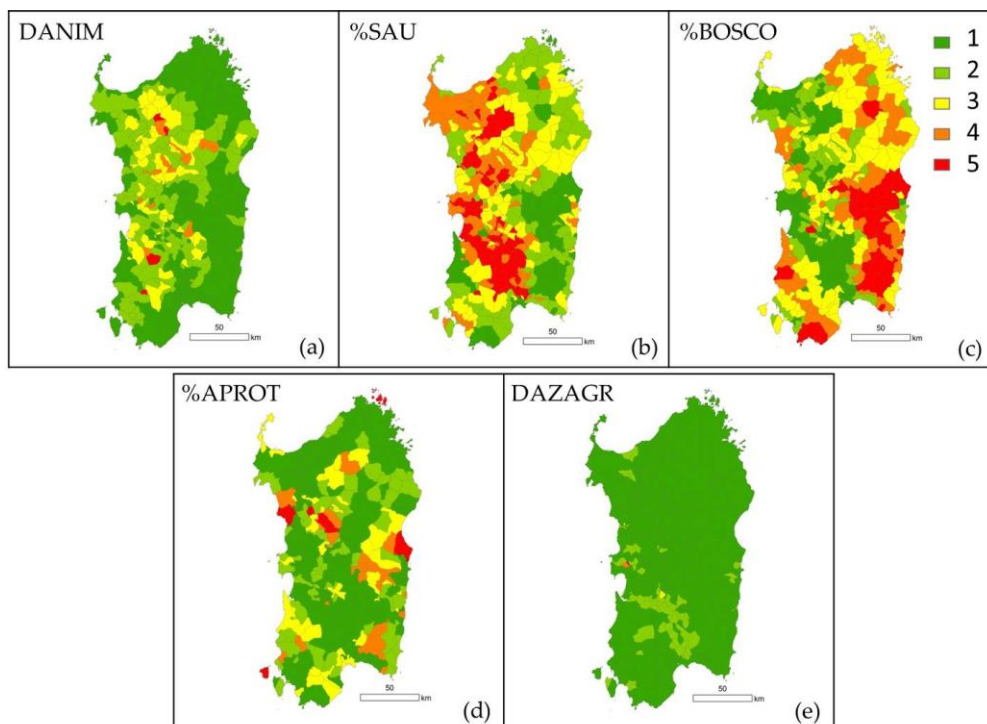


Figura 82 Gli indicatori di esposizione in Sardegna per l'analisi di vulnerabilità e propensione al rischio di incendi boschivi: (a) densità dei capi di bestiame (DANIM); (b) superfici agricole utilizzate su superficie comunale (%SAU); (c) territori boscati e semi-naturali su superficie comunale (%BOSCO); (d) aree protette su superficie comunale (%APROT); (e) densità delle aziende agricole (DAZAGR).

Sensibilità

Le aree irrigate sono maggiormente localizzate nei comuni lungo la pianura del Campidano. Secondo i dati estratti dalla CLC2012, solo 7 comuni della Regione hanno più del 40% del territorio comunale irrigato, quindi sono meno sensibili agli incendi (Figura 83). A livello regionale questo indicatore rientra nella classe 1 (medio-bassa).

L'indice di infiammabilità medio è 2,10 e il 64% dei comuni ricade nelle classi 3 e 4, rispecchiando la distribuzione già osservata per la percentuale di territori boscati e ambienti semi-naturali. Il 36% dei comuni della Sardegna, ricadenti nelle aree della Nurra e del Sassarese, della Piana di Chilivani e del Campidano, hanno invece valori molto bassi indicando quindi una minore sensibilità agli incendi boschivi.

Per quanto riguarda il livello di protezione delle aree protette, la maggior parte dei comuni condivide un valore molto basso e il 78% ricade in classe 1.

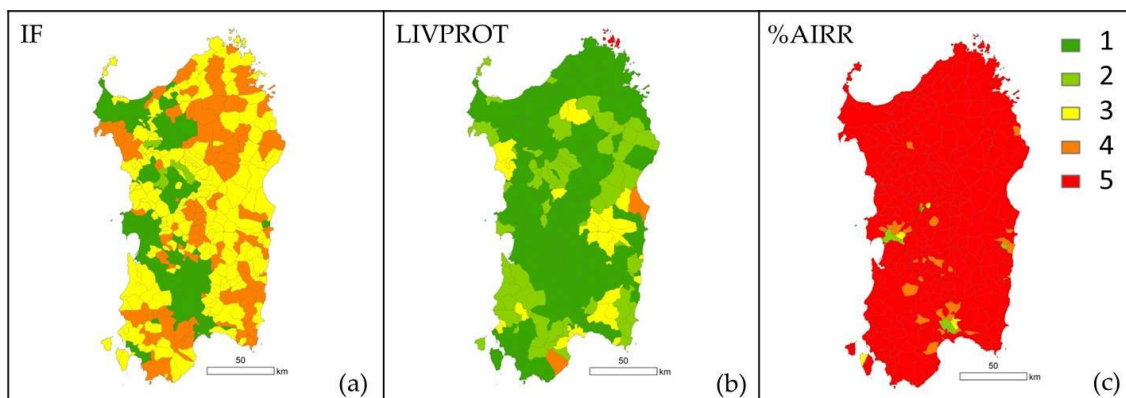


Figura 83 Gli indicatori di sensibilità in Sardegna per l'analisi di vulnerabilità e propensione al rischio di incendi boschivi: (a) indice di infiammabilità (IF); (b) livello di protezione delle aree protette (LIVPROT); (c) superficie agricola irrigata su superficie comunale (%AIRR).

Tabella 67 Valori medi e normalizzati a livello comunale degli indicatori di sensibilità agli incendi boschivi.

Indicatore	Valore medio	Valore normalizzato medio
%AIRR	5,25	0,92
IF	2,10	0,37
LIVPROT	8,51	0,11

Capacità di adattamento

Nell'ambito della determinante capitale umano è stato considerato l'indicatore relativo al numero di persone (sul totale dei residenti comunali) con la laurea. I dati illustrano che i laureati rappresentano una parte inferiore della popolazione sarda (in media il 5% a livello comunale), quindi il 92% dei comuni della Sardegna è stato classificato nelle classi di capacità di adattamento bassa e medio-bassa.

Anche l'indicatore del reddito pro-capite (determinante economica) e percentuale di occupati nel settore primario sul totale della forza lavoro (determinante flessibilità) fanno registrare rispettivamente l'83% e il 97% dei comuni nelle classi di capacità di adattamento più critiche.

La situazione sembra essere più rosea se si considerano gli indicatori attinenti alle istituzioni e alle infrastrutture. Il dato relativo alla copertura media (in km) delle stazioni forestali del CFVA, dei nuclei dell'Agenzia Forestas, delle organizzazioni di volontariato e dei punti di avvistamento, rivela una capacità adattativa sostanzialmente in classe media per la regione Sardegna; a questo si aggiunga che la maggior parte dei comuni si è dotata di un piano comunale AIB (85%).

Tabella 68 Valori medi e normalizzati a livello comunale degli indicatori di capacità di adattamento agli incendi boschivi.

Indicatore	Valore medio	Valore normalizzato medio
%LAU	5,47	0,77
COV	9,27	0,41
PCAIB		0,15
PIL	5,41	0,86
%OCCAGR	10,84	0,74

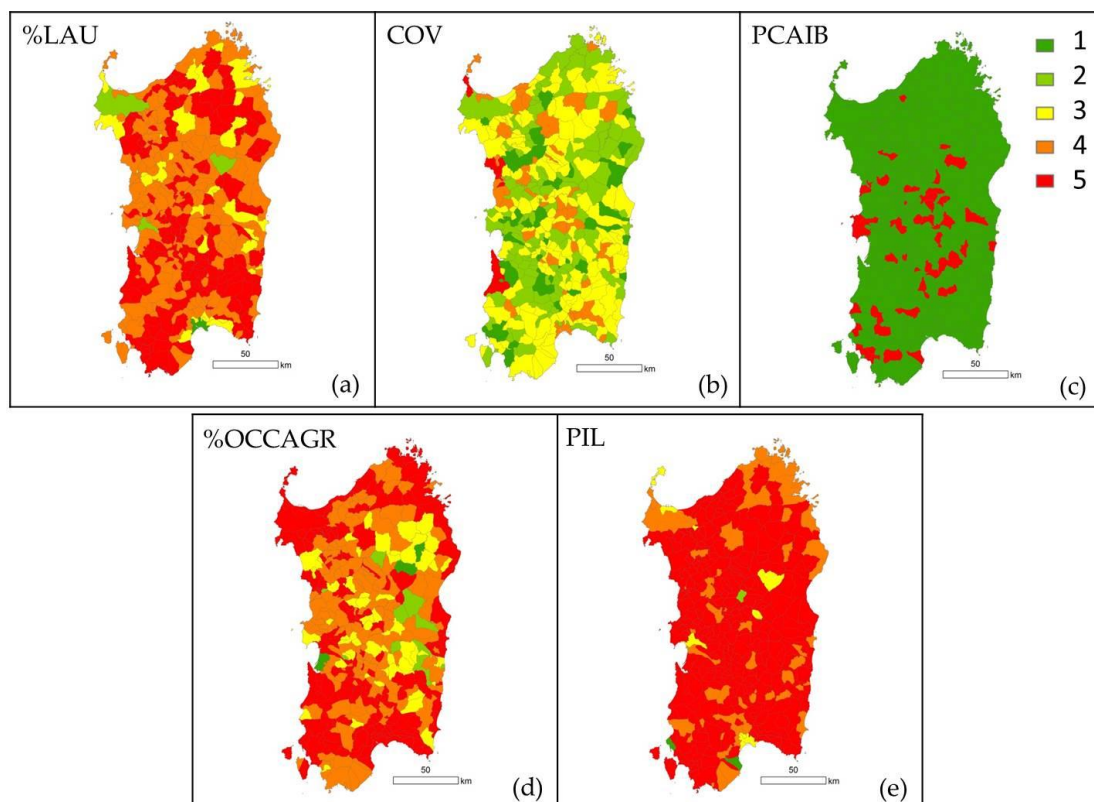


Figura 84 Gli indicatori di capacità adattativa in Sardegna per l'analisi di vulnerabilità e propensione al rischio di incendi boschivi: (a) % laureati sul totale della popolazione residente (%LAU); (b) copertura media stazioni forestali CFVA, nuclei Agenzia Forestas, organizzazioni volontariato, punti avvistamento (COV); (c) presenza di piani comunali AIB (PCAIB); (d) Occupati nel settore primario sul totale della forza lavoro (%OCCAGR); (e) prodotto interno lordo (PIL).

Infine le mappe con i valori normalizzati per ciascun indicatore ricadente nell'ambito della pericolosità, esposizione, sensibilità e capacità adattiva, sono state riportate in Figura 85. In generale, il rischio incendi in Sardegna è già molto elevato durante il periodo di riferimento, e i risultati presentati rilevano un aumento del numero di giorni con soglia critica per avere un'intensa attività degli incendi soprattutto sotto lo scenario RCP4.5. Il valore finale di esposizione dei comuni della Sardegna utilizzando gli indicatori precedentemente menzionati e riportati in Tabella 66 è presentato in Figura 85 (c), con la maggior parte dei comuni ricadenti in classe 2.

Per quanto riguarda la sensibilità, calcolata utilizzando gli indicatori precedentemente menzionati e riportati in Tabella 67, il 51% dei comuni ricadono in classe 3, quindi sensibilità media nei confronti degli incendi boschivi. L'indice di capacità di adattamento a livello comunale è presentato in Figura 85 (e), con il 70% dei comuni ricadenti in classe media e la restante quota nelle classi più critiche. La Figura 86 riporta, infine, i valori normalizzati medi dei diversi indicatori per l'intera Sardegna.

In generale possiamo concludere sottolineando alcuni aspetti importanti che discendono dall'analisi effettuata. La Sardegna ha un indice di boscosità piuttosto elevato (come detto precedentemente la percentuale media a livello regionale dei territori boscati e semi-naturali si attesta a circa il 48%), ma soltanto il 24% del territorio regionale è soggetto ad una qualche forma di protezione. Il quadro socio-economico che discende dall'analisi indica un mondo rurale impoverito, con un'occupazione nel settore primario che contribuisce solo per il 7,65% rispetto al totale dell'occupazione regionale e un numero di aziende agricole piuttosto basso, per non considerare il reddito pro capite. A controbilanciare, seppur parzialmente, questi aspetti interviene una politica che punta decisamente sull'avvistamento e sullo spegnimento degli incendi grazie a un'infrastruttura che copre capillarmente il territorio regionale, associata ad un coordinamento efficace fra gli enti preposti alla previsione e lotta attiva.

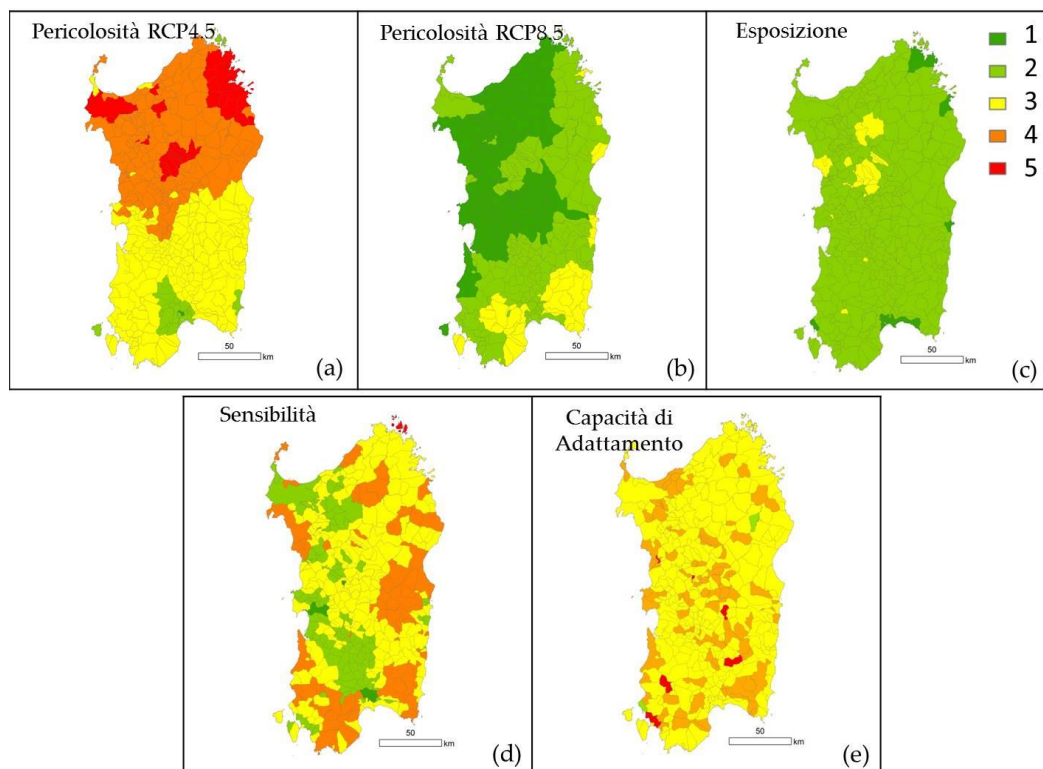


Figura 85 Indicatori normalizzati di pericolosità (a, b; periodo 2021-20150 vs 1980-2010, RCP4.5 e RCP8.5), esposizione (c), sensibilità (d) e capacità adattiva (e) a livello comunale utili per definire la predisposizione al rischio della Regione Sardegna per quanto riguarda gli incendi boschivi.

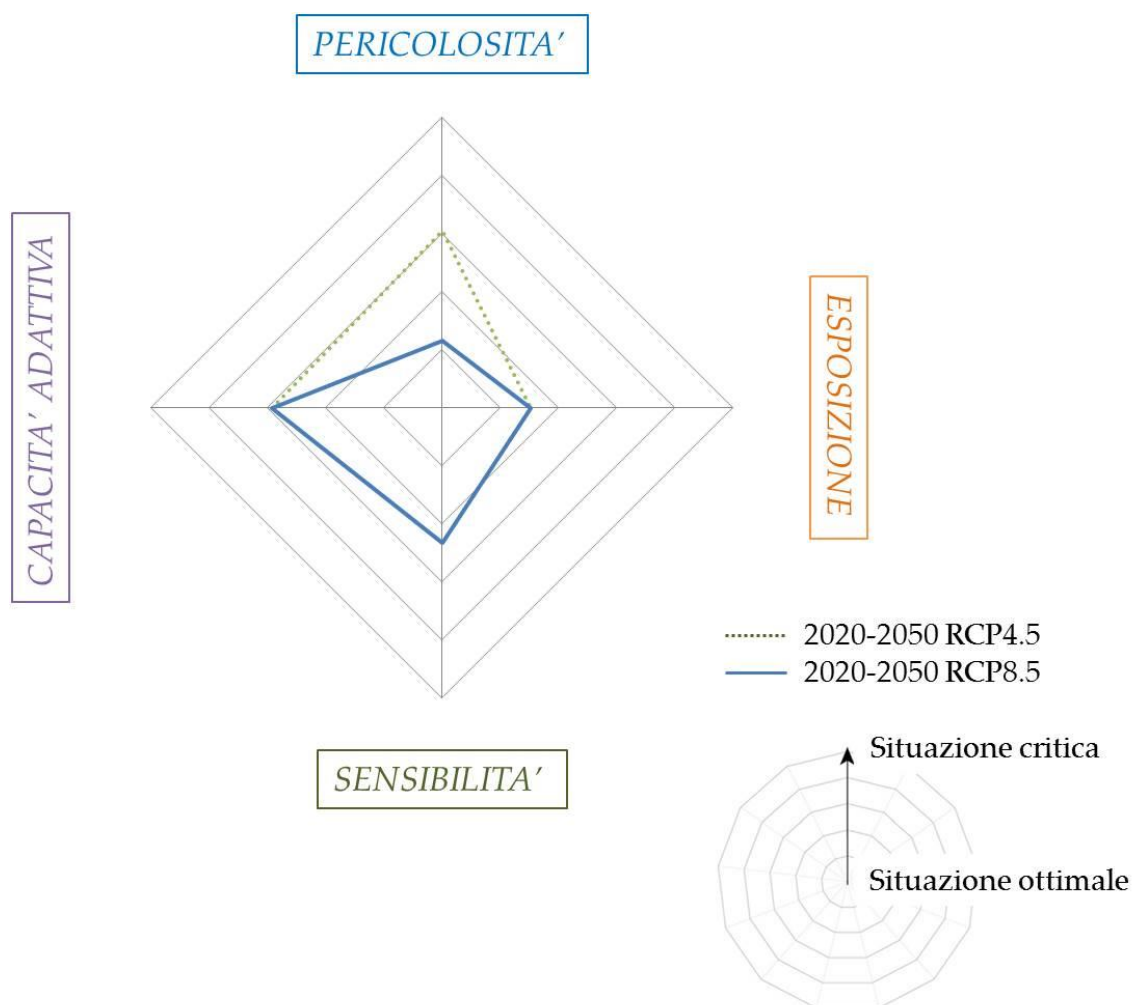


Figura 86 Valore medio per l'intera Sardegna degli indicatori normalizzati di pericolosità, esposizione, sensibilità e capacità adattiva utili per definire la predisposizione al rischio di incendi boschivi.

Funzioni e servizi ecosistemici

Esposizione

La Sardegna ha un grande patrimonio forestale con solo 60 comuni aventi una % di superficie boscata inferiore al 5% e ben 114 con una superficie boscata superiore al 50%. Pertanto l'esposizione al rischio di riduzione di funzioni ecosistemiche è abbastanza elevata anche se non distribuita omogeneamente sul territorio (Figura 87).

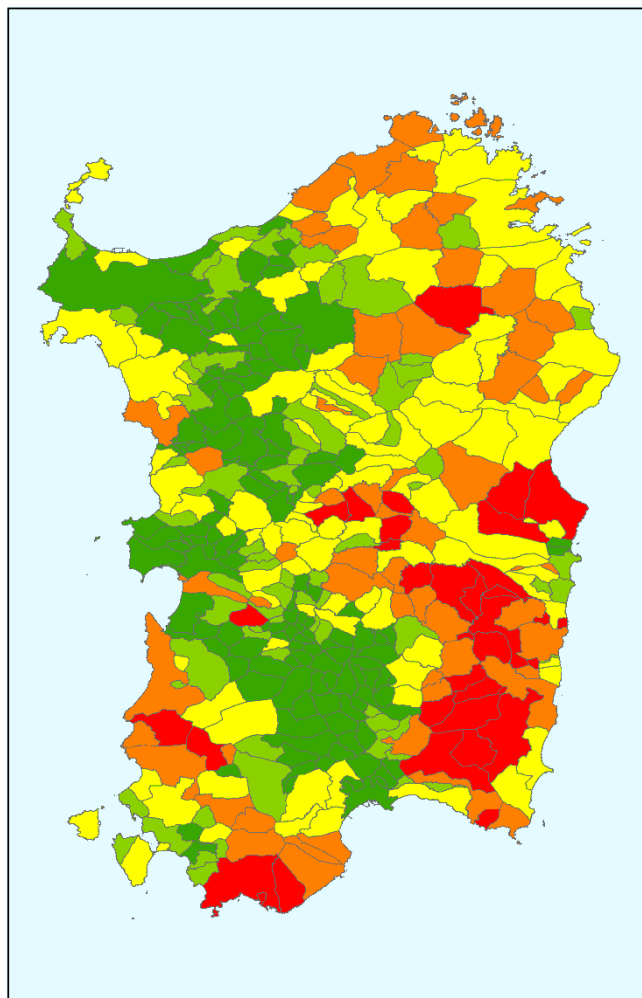


Figura 87 Mappa della distribuzione dell'esposizione al rischio di riduzione di funzioni ecosistemiche sui comuni della Sardegna.

Impatto intermedio

La Figura 88 mostra la distribuzione dell'impatto intermedio per i due scenari RCP4.5 e RCP8.5 sui comuni della Sardegna. Come si può osservare, i due scenari differiscono di poco fra di loro. L'impatto per entrambi gli scenari è generalmente basso con 352 e 348 comuni su 377 compresi nella classe 1 per gli scenari RCP4.5 e 8.5 rispettivamente, mentre solo 5 comuni risultano con un impatto elevato (Borore; Bolotana; Macomer; Assemini; Semestene) i quali rimangono compresi nelle classi 4 e 5 per entrambi gli scenari.

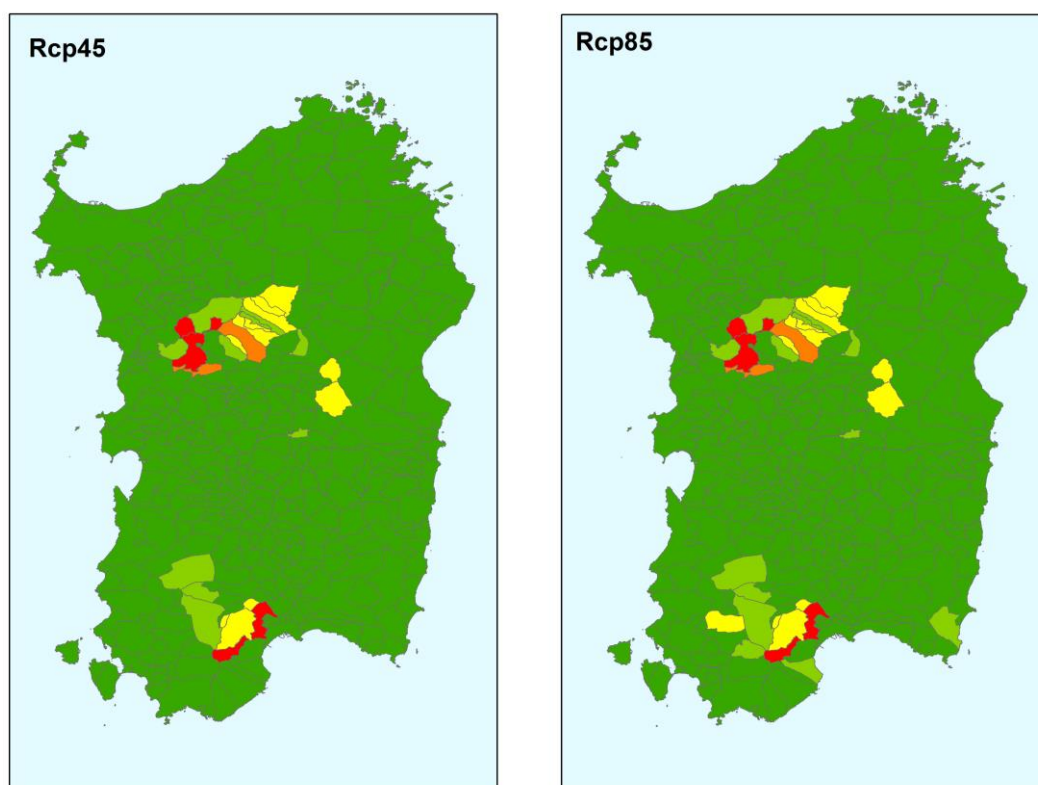


Figura 88 Distribuzione dell’impatto intermedio per i due scenari RCP4.5 e RCP8.5 sui comuni della Sardegna.

Si noti comunque che il valore di impatto intermedio per i comuni è stato ottenuto attraverso una media pesata sulle categorie di vegetazione e che quindi specifiche categorie in ogni comune potrebbero essere caratterizzate da un forte impatto. Infatti, l’analisi del 95° percentile dell’impatto per ogni comune (Figura 89) mostra come esaminando i comuni con almeno una categoria di vegetazione da considerare critica, il numero di comuni sale a 113 nello scenario RCP4.5 e a 125 per lo scenario RCP8.5.

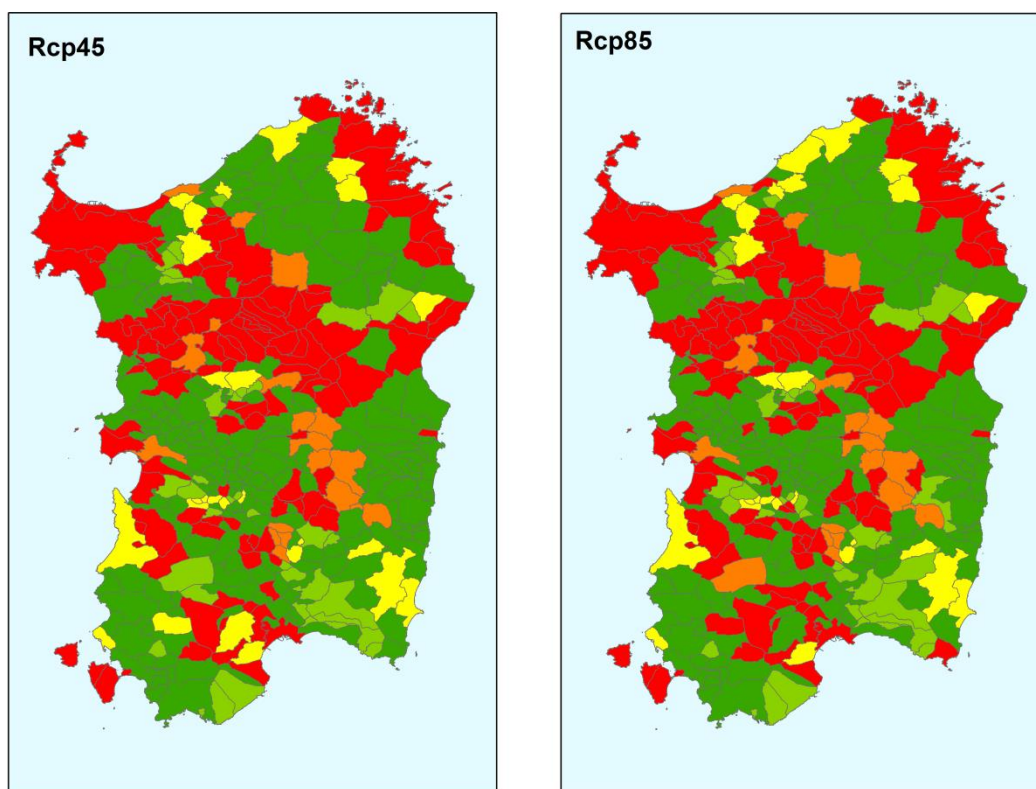


Figura 89 Distribuzione del 95° percentile dell' impatto intermedio per i due scenari RCP4.5 e RCP8.5 sui comuni della Sardegna.

La Tabella 69 riporta l'impatto intermedio e i percentile 95° e 5° per le dieci categorie di copertura vegetale utilizzate. Risulta chiaro che le categoria maggiormente impattate sono i boschi di querce caducifoglie, quelli a prevalenza di castagno e le igrofite. Il risultato è coerente con la generale espansione in atto nel mediterraneo delle querce sempreverdi e delle conifere verso zone prima occupate da caducifoglie come le faggete. I boschi di conifere, sia in purezza che misti con altre caducifoglie, sono la categoria meno impattata, mentre per la macchia mediterranea, sia alta che bassa, l'impatto è mediamente basso. Tuttavia, localmente l'aumento dell'aridità potrebbe comportarne un diradamento. L'impatto sulla macchia mediterranea è di particolare rilievo se si considera che la perdita della sua copertura spesso comporta fenomeni di degradazione del suolo.

Tabella 69 Impatto intermedio sulle categorie vegetazionali, espresso in valore medio, 95° percentile e 50° percentile.

Codice	Definizione	Media	Perc 95	Perc 5
3.1.1.1	Boschi a prevalenza di querce e altre latifoglie sempreverdi (quali leccio e sughera)	0,15	1,00	0,00
3.1.1.2	Boschi a prevalenza di querce caducifoglie (cerro e/o roverella e/o farnetto e/o rovere e/o farnia)	0,95	1,00	0,80

Codice	Definizione	Media	Perc 95	Perc 5
3.1.1.4	Boschi a prevalenza di castagno	1,00	1,00	1,00
3.1.1.6	Boschi a prevalenza di igrofite (quali salici e/o pioppi e/o ontani, ecc.)	0,98	1,00	0,88
3.1.2.1	Boschi a prevalenza di pini mediterranei e cipressi (pino domestico, pino marittimo, pino d'aleppo)	0,53	1,00	0,00
3.1.2.5	Boschi ed ex-piantagioni a prevalenza di conifere esotiche (quali douglasia, pino insignie, pino strobo)	0,03	0,06	0,00
3.1.3.1.1	Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di querce e altre latifoglie sempreverdi (quali leccio e sughera)	0,03	0,05	0,00
3.1.3.1.2	Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie (cerro e/o roverella e/o farnetto e/o rovere e/o farnia)	0,05	0,10	0,00
3.2.3.1	Macchia alta	0,26	1,00	0,05
3.2.3.2	Macchia bassa e garighe	0,24	1,00	0,03

Capacità di adattamento

Circa l'80% dei comuni risulta avere una capacità di adattamento critica (49% in classe 5 e 31% in classe 4), mentre solo il 6% circa ricade nelle classi di buona capacità di adattamento (classi 1 e 2). Va notato come il 71% dei comuni con almeno una tipologia di vegetazione soggetta a un forte impatto (classi 4 e 5 basate sul 95° percentile) ricada in comuni con una bassa capacità di adattamento nello scenario RCP 4.5. La percentuale rimane simile per lo scenario RCP 8.5. (, Tabella 70 e Tabella 71).

Tabella 70 Numero di comuni ricadenti in una classe d'impatto intermedio suddivisi per classe di capacità di adattamento per lo scenario RCP 4.5. Il pannello a sinistra riporta le classi d'impatto basate sulla media pesata per tipologia forestale mentre il pannello a destra mostra il 95° percentile degli impatti sulle varie tipologie forestali.

Classe cap. adatt.	Totale	Classe d'impatto medio						Classe d'impatto su 95° percentile				
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	6	7				1		2	1		2	3
2	15	15		1		1		7		1	1	8
3	53	53	2	4				24	5	5	3	22
4	117	120	3	2	1	1		69	7	10	5	36
5	186	157	5	3	1			88	19	9	6	44
Totale	377	352	10	10	2	3		190	32	25	17	113

Tabella 71 Numero di comuni ricadenti in una classe d'impatto intermedio suddivisi per classe di capacità di adattamento per lo scenario RCP 8.5. Il pannello a sinistra riporta le classi d'impatto basate sulla media pesata per tipologia forestale mentre il pannello a destra mostra il 95° percentile degli impatti sulle varie tipologie forestali.

		Classe d'impatto medio						Classe d'impatto su 95° percentile				
Classe cap. adatt.	Totale	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	6	7				1		2	1		2	3
2	15	15		1		1		6	1	1	1	8
3	53	51	4	4				22	4	6	4	23
4	117	118	4	3	1	1		65	8	9	5	40
5	186	157	5	3	1			80	20	9	6	51
Totale	377	348	13	11	2	3		175	34	25	18	125

La generale bassa capacità di adattamento agli effetti del cambiamento climatico sulla produttività e la composizione delle foreste in Sardegna (mediamente di 0,70) va imputata principalmente al basso reddito pro capite e al basso numero di laureati per abitante (media dei comuni al 5,5%). Il numero di occupati presso l'agenzia Forestas risulta un vantaggio per l'adattamento, anche se va ricordata l'età media elevata degli impiegati.

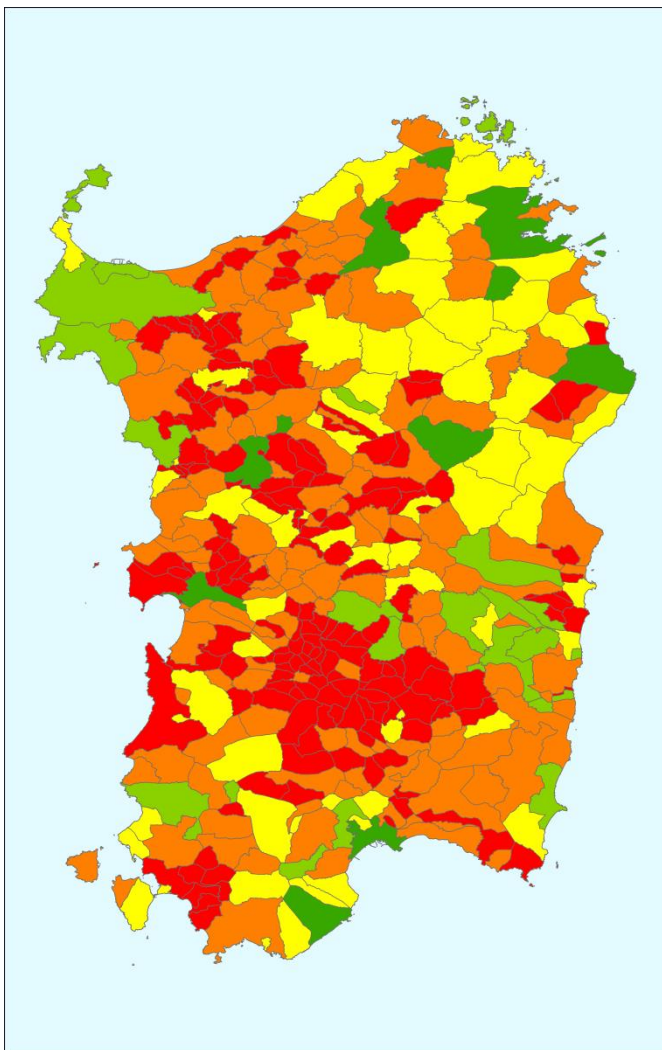


Figura 90 Mappa della distribuzione della capacità di adattamento sui comuni della Sardegna.

3.2.3.2. *Il sistema delle acque interne*

Pericolo meteo

Il cambio di aridità nel futuro rappresenta il pericolo meteo sulla disponibilità idrica per gli invasi, derivato dai cambi di precipitazioni ed EvapoTraspirazione Potenziale secondo scenari RCP 4.5 e 8.5. I valori normalizzati di variazione dell'indice di Aridità per i due modelli climatici sono stati raggruppati nelle cinque classi indicate in Figura 91, in cui la classe 1 (verde) indica la situazione con rischio meno accentuato e la classe 5 (rosso) la situazione più critica.

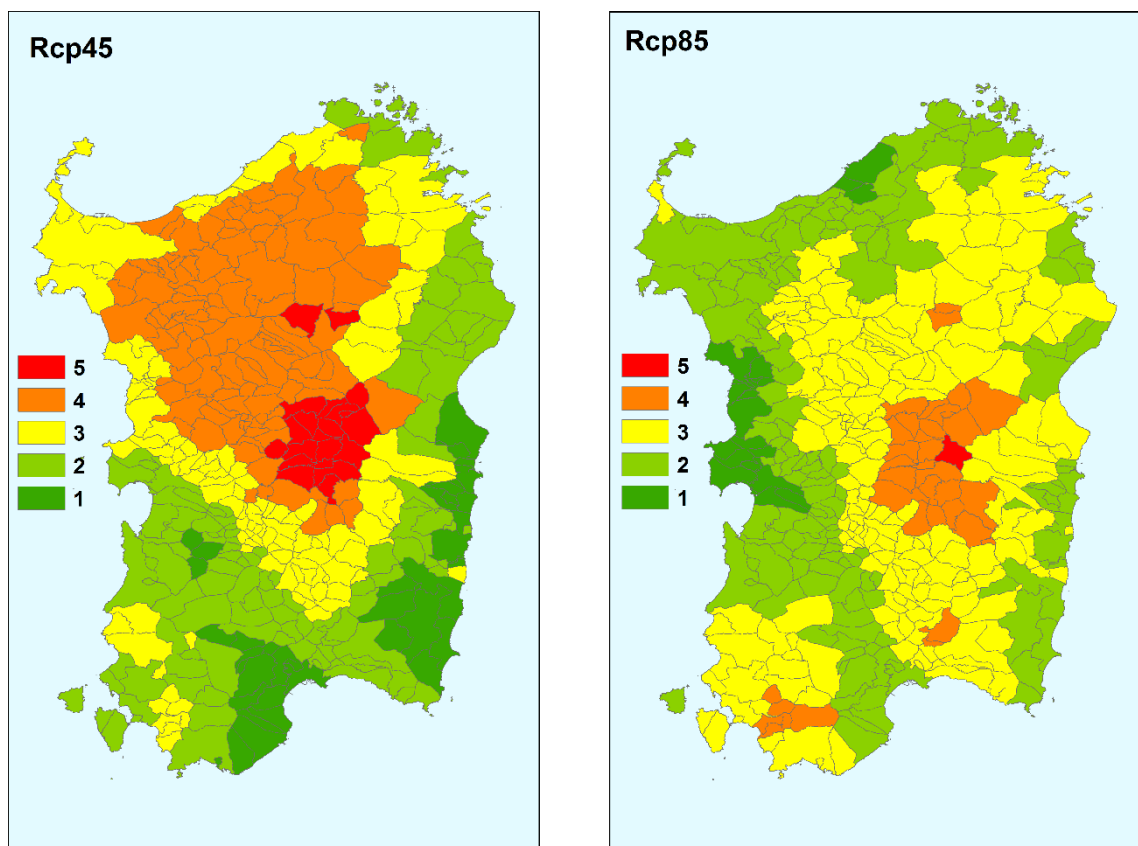


Figura 91 Classi di anomalia dell'indice di Aridità ottenuto con RCP4.5 e RCP8.5, periodo 2021-2050 vs 1980-2010.

Si può osservare come la maggior parte del territorio regionale sia classificata in classi intermedie di rischio. In particolare sono prevalenti classi medio-alte (classi 3 e 4) per lo scenario RCP 4.5 e classi medio-basse (classi 2 e 3) se si considera lo scenario RCP 8.5. Vengono identificate classi di maggior rischio nello scenario RCP 4.5, sulla base di minori precipitazioni previste rispetto allo scenario RCP 8.5 ed in particolare su zone centrali e più interne della Sardegna e generalmente a quote più elevate. L'aumento dell'aridità previsto è però mediamente abbastanza contenuto,

considerando anomalie medie dell'indice di aridità (il rapporto tra precipitazioni ed evapotraspirazione) del 3.5% per RCP 8.5 ed il 5% per RCP 4.5. La Tabella 72 riporta a titolo di sintesi il valore medio, il valore medio normalizzato e la classe media dei comuni della Sardegna relativamente alle anomalie in Aridità.

Tabella 72 Valori medi e normalizzati a livello regionale dell'indice di Aridità per il periodo 2021-2050 vs 1980-2010.

Indicatore	Valore medio	Valore normalizzato medio	Classe media
Variazione di Indice di Aridità RCP 4.5 (%)	-5	0,50	2,5
Variazione di Indice di Aridità RCP 8.5 (%)	-3,5	0,60	3,5

Pericolo meteo-indotto (Impatto intermedio)

Nelle Figura 92 e Figura 93 sono riportati i risultati delle simulazioni in termini di anomalia attesa per il periodo 2021-2050 rispetto al periodo di riferimento (1980-2010) per alcune delle colture più rappresentative in Sardegna, ottenute dalle simulazioni spaziali (risoluzione 8 x 8 km). Queste particolari proiezioni sono considerate potenziali, in quanto non si riferiscono specificamente (e solamente) alle zone dove effettivamente sono coltivate le colture irrigue in considerazione. Sulla base di queste simulazioni e delle proiezioni climatiche utilizzate, è chiaro che le colture principalmente influenzate dai cambiamenti climatici in termini di impatto sui fabbisogni irrigui sono quelle con periodi di crescita prevalentemente primaverili laddove si verificano i cali più consistenti di precipitazioni, oltre che le arboree sempreverdi e le colture annuali. Le colture con stagione di crescita nel periodo estivo risultano essere quelle con minori anomalie nel fabbisogno irriguo. E' anche opportuno considerare che i regimi di precipitazioni risultano essere più estremi in futuro e quindi meno utili in un bilancio idrico del suolo a soddisfare i fabbisogni idrici delle colture in campo.

Il calcolo della variazione del fabbisogno irriguo effettivo viene considerato su base comunale, aggregando i fabbisogni sulla base delle distribuzioni superficiali delle colture irrigue presenti sul territorio comunale secondo le statistiche ISTAT del 2010. Le variazioni (anomalie in percentuale) del fabbisogno irriguo su base comunale, considerando appunto la distribuzione delle principali colture irrigue presenti, sono normalizzate per i due modelli climatici e raggruppate nelle cinque classi indicate in Figura 94, in cui la classe 1 indica la situazione più favorevole e la classe 5 la situazione più critica.

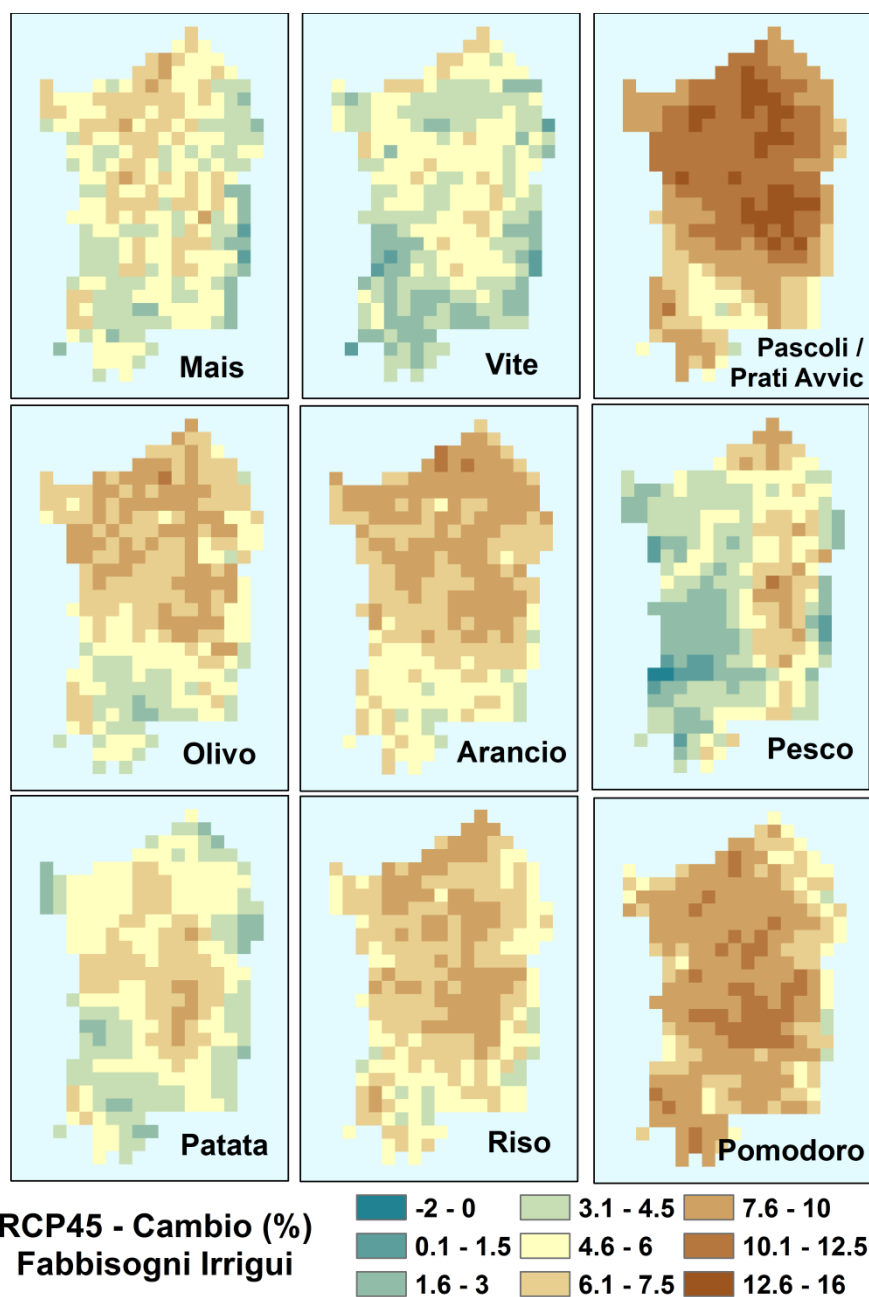


Figura 92 Anomalie di fabbisogni irrigui (%) per diverse colture rappresentative in Sardegna con RCP 4.5, periodo 2021-2050 vs 1980-2010.

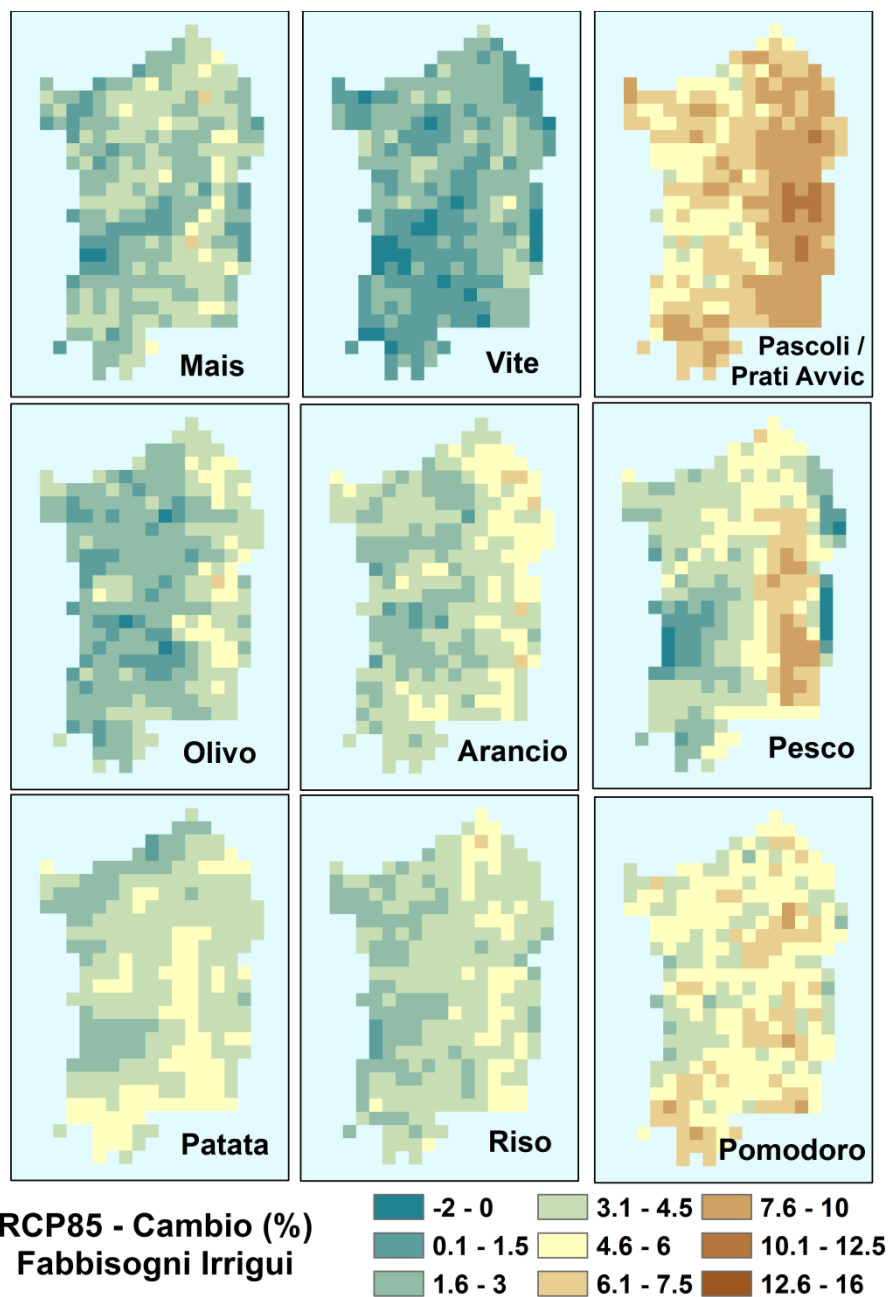


Figura 93 Anomalie di fabbisogni irrigui (%) per diverse colture rappresentative in Sardegna con RCP 8.5, periodo 2021-2050 vs 1980-2010.

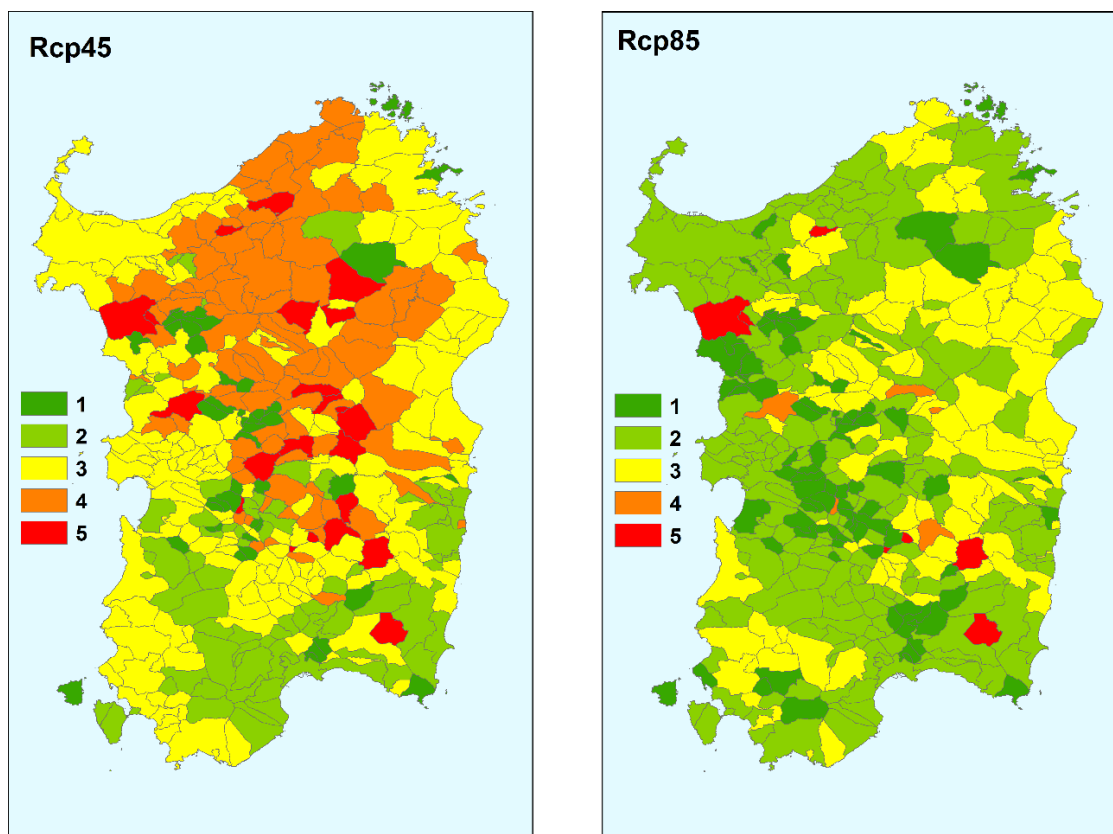


Figura 94 Anomalia di fabbisogni irrigui (%) su base comunale in Sardegna con RCP 4.5 e 8.5, per il periodo 2021-2050 vs 1980-2010, aggregando i fabbisogni della distribuzione superficiale delle principali colture irrigue presenti sul territorio comunale secondo le statistiche ISTAT del 2010.

Si può osservare come la maggior parte del territorio regionale ricada su classi medio-alte (classi 3 e 4) se si considera lo scenario intermedio RCP 4.5 e su classi medio-basse (classi 2 e 3) per lo scenario RCP 8.5. I comuni che ricadono sulle classi più alte in assoluto sono quelli caratterizzati maggiormente da colture invernali-primaverili. Va sottolineato che queste classi di impatto considerano un'anomalia in percentuale dei fabbisogni irrigui e quindi sono indipendenti dalla superficie irrigua specifica presente nel territorio comunale che viene considerata come esposizione.

La Tabella 73 riporta a titolo di sintesi il valore medio normalizzato e la classe media dei comuni della Sardegna delle anomalie dei fabbisogni irrigui (%).

Tabella 73 Valori medi e normalizzati a livello regionale dell'indicatore di Pericolo meteo-indotto per il periodo 2021-2050 vs 1980-2010.

Indicatore	Valore medio	Valore normalizzato medio	Classe media
Variazione (%) di fabbisogno irriguo RCP 4.5	7,1	0,53	2,7
Variazione (%) di fabbisogno irriguo RCP 8.5	4,8	0,34	1,7

Esposizione

I singoli indicatori selezionati per rappresentare i soggetti esposti (aree irrigate, popolazione residente e turismo) sono rappresentati nella figura sottostante (Figura 95) e i valori medi a livello regionale dei singoli indicatori sono riportati in Tabella 74. I valori normalizzati dei tre indicatori di esposizione analizzati sono stati mediati e raggruppati nelle cinque classi, in cui la classe 1 (verde) indica la situazione più favorevole e la classe 5 (rosso) la situazione più critica.

Le superfici agricole irrigate ricadono principalmente nelle aree coperte dai consorzi di bonifica, con concentrazioni più alte nella piana del Medio Campidano e dell'Oristanese. Altre aree con rilevanza per l'agricoltura irrigua sono localizzate nella Nurra, nel Sulcis, nella foce del Coghinas, ed in alcune aree lungo la costa orientale (Muravera, Tortolì, Cedrada-Posina). Il valore medio regionale (3 ha/km²) è molto basso: il 77% dei comuni della Sardegna ricade nella prima classe di esposizione, ossia con il livello di esposizione più basso.

I soggetti esposti a rischi idrici per uso civico vengono rappresentati dalla densità di popolazione, con concentrazioni maggiori nell'area metropolitana di Cagliari. Altre aree densamente popolate si concentrano intorno ai capoluoghi storici (Sassari, Oristano e Nuoro) e successivamente in minor misura negli altri capoluoghi. La maggior parte dei comuni ricade nelle classi 1 (60% dei comuni con densità di popolazione sotto le 50 persone/km²) e 2 (92% dei comuni con densità di popolazione sotto le 50 persone/km²). Solo 10 comuni spiccano nelle classi 4 e 5 (aree urbane, cioè con densità di popolazione sopra le 50 persone/km²).

I flussi turistici sono largamente concentrati sulle coste laddove solo venti comuni sono rappresentati nelle classi più esposte (rispettivamente classe 4 e 5) e raccolgono insieme il 75% degli arrivi turistici in Sardegna.

I valori finali di esposizione della Sardegna negli ambiti agricoli, domestici e turistici utilizzando gli indicatori menzionati in precedenza sono riportati in Tabella 74 e nella Figura 95 e denotano un'ampia prevalenza dei comuni nelle classi più basse di esposizione (classe media di esposizione 1,34-1,49).

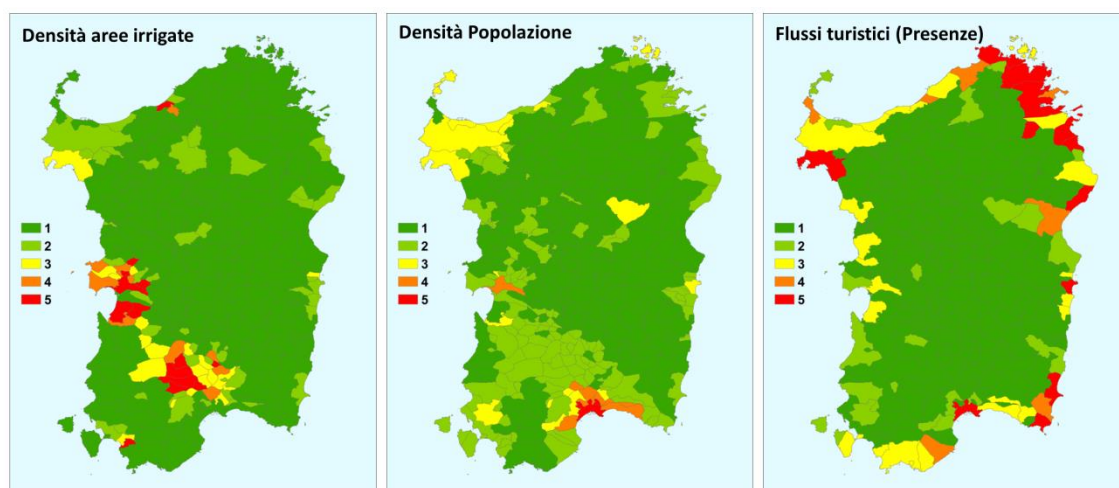


Figura 95 Indicatori normalizzati di esposizione in Sardegna per l'analisi di vulnerabilità e propensione al rischio su acque interne: Densità Aree Irrigate (ha/km²); Densità Popolazione (persone/km²) e Flussi Turistici (presenze/anno).

Tabella 74 Valori medi, normalizzati e classe media a livello regionale degli indicatori di esposizione.

Indicatore	Valore medio	Valore medio normalizzato	Classe media
Densità Aree irrigate (ha/km ²)	3,034	0,136	1,44
Densità di Popolazione (persone/km ²)	76,05	0,18	1,49
Flussi Turistici (Presenze)	38.056	0,26	1,34

Sensibilità

Le aree irrigate con la maggior sensibilità a rischi idrici, cioè con una maggiore risposta della resa a stress idrici, sono quelle con una più ampia prevalenza di mais, agrumi, ortive e fruttiferi (vedi schema e classificazione del ky per coltivo nella Tabella 50). Queste condizioni sono localizzate principalmente a San Vito (prevalenza di arancio), Arborea e Ardara (prevalenza di mais). Nelle zone più pianeggianti sono invece generalmente prevalenti ortive, con una sensibilità a stress idrici più intermedia. In altri comuni dove l'olivo e la vite in condizioni irrigue sono prevalenti (zone collinari) la sensibilità ai rischi idrici è la più bassa.

I comuni dove si verifica una più ampia concentrazione di flussi turistici (presenze) su popolazione residente sono concentrati lungo le coste e principalmente sulla zona

(nord-) orientale della Sardegna. Questo indicatore è stato utilizzato per evidenziare il peso relativo e la criticità che i consumi idrici per uso turistico potrebbero avere su esistenti infrastrutture a livello comunale. Si può notare che comuni con ampi flussi turistici in aree urbane maggiormente popolate (tipo Cagliari e Oristano) hanno una bassa sensibilità in quanto le infrastrutture sono sovradimensionate rispetto ai flussi turistici.

Infine per indicare la sensibilità della popolazione residente a rischi di carenza idrica si è utilizzato il consumo d'acqua pro capite per uso domestico, disponibile da dati ISTAT solo per capoluoghi di provincia, ed estrapolati a tutta la provincia per poter caratterizzare spazialmente la sensibilità del territorio. Tra i capoluoghi dove si evidenzia un comportamento più virtuoso con un fabbisogno più limitato ci sono Oristano ed il Medio Campidano. Cagliari con 66 m³/anno di consumo pro capite viene identificata come la provincia con la sensibilità più elevata. Dati ISTAT mostrano un trend generalmente invariato dei consumi per capoluogo, sul periodo 2003-2011, eccetto che per Nuoro che ha visto un sensibile aumento in questo periodo da 44 a 61 m³/anno.

I singoli indicatori selezionati per rappresentare la sensibilità dei soggetti esposti (aree irrigate, popolazione residente e turismo) sono rappresentati nella figura sottostante (Figura 96) e i valori medi a livello regionale dei singoli indicatori sono riportati in Tabella 75. I valori normalizzati dei tre indicatori di esposizione analizzati sono stati mediati e raggruppati nelle cinque classi, in cui la classe 1 (verde) indica la situazione più favorevole e la classe 5 (rosso) la situazione più critica.

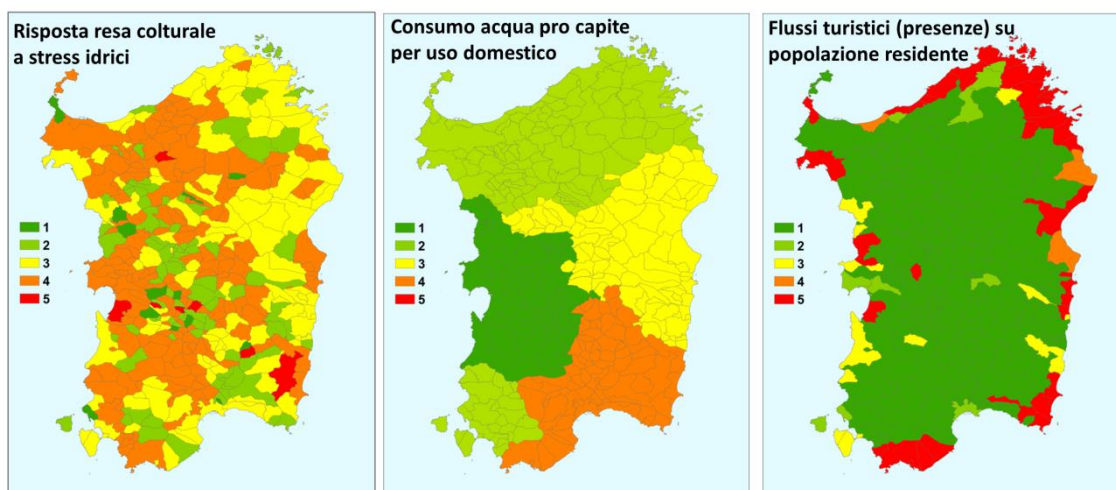


Figura 96 Indicatori normalizzati di sensibilità in Sardegna per l'analisi di vulnerabilità e propensione al rischio su acque interne: Risposta della resa colturale a stress idrici; Consumo acqua pro capite per uso domestico (m³/anno); Flussi turistici (presenze) su popolazione residente.

Tabella 75 Valori medi, normalizzati e classe media a livello regionale degli indicatori di sensibilità.

Indicatore	Valore medio	Valore medio normalizzato	Classe media
Risposta della resa colturale a stress idrici	0,96	0,55	3,33
Consumo acqua pro capite per uso domestico (livello provinciale)	55	0,43	2,66
Flussi Turistici (presenze) su popolazione residente	7,93	0,13	1,47

Capacità d'Adattamento

I singoli indicatori selezionati per rappresentare la capacità di adattamento sono rappresentati nella figura sottostante (Figura 97) e i valori medi a livello regionale dei singoli indicatori sono riportati in Tabella 76. I valori normalizzati dei quattro indicatori di capacità di adattamento analizzati sono stati mediati e raggruppati nelle cinque classi in cui la classe 1 (verde) indica la situazione più favorevole e la classe 5 (rosso) la situazione più critica.

Per caratterizzare il capitale umano e le capacità di interazione con informazioni e risorse è stato considerato l'indicatore relativo al numero di persone con laurea sul totale dei residenti comunali. I dati illustrano che i laureati rappresentano una parte inferiore della popolazione sarda (in media il 9%) e che sono principalmente concentrati nelle città capoluogo di provincia. Secondo questo indicatore il 92% dei comuni della Sardegna è stato classificato nelle classi di capacità di adattamento bassa e medio-bassa. Anche l'indicatore del reddito pro capite è un'importante determinante economica che definisce le possibilità che hanno gli individui (società civile ed istituzionale) ad accedere a risorse per mettere in pratica azioni di adattamento. Tale indicatore si riferisce a statistiche non recenti e definisce una concentrazione di tale capacità nelle principali città ed in presenza di attività economiche importanti (dal punto di vista turistico ed industriale). La forte disparità di condizioni economiche sul territorio è testimoniata dal fatto che la maggior parte dei comuni (circa l'83%) viene identificata in condizioni di adattamento più critiche (classe 5).

In aggiunta, indicatori relativi alla distribuzione ed efficienza delle infrastrutture sono stati utilizzati per rappresentare possibilità e margini di adattamento per il settore agricolo e quello domestico. Il dato infrastrutturale/tecnologico riferito alla diffusione di sistemi di irrigazione a più alta efficienza rispetto al totale rivela che la maggioranza

dei comuni in Sardegna utilizza un'ampia diffusione di sistemi di irrigazione efficienti nell'uso delle risorse idriche in agricoltura. Riguardo questo indicatore, il 61% dei comuni in Sardegna viene identificato nella classe più favorevole. In media i comuni sardi utilizzano il 76,77% di sistemi di irrigazione a più alta efficienza sul totale. Un indicatore di perdite di sistema nella distribuzione per uso domestico è però disponibile per i capoluoghi di provincia da analisi ISTAT (dati ambientali nelle città) ed è stato utilizzato per generalizzare una rappresentazione (anche se a livello provinciale) dell'efficienza dell'uso delle risorse idriche per uso civile per la popolazione residente e per il turismo.

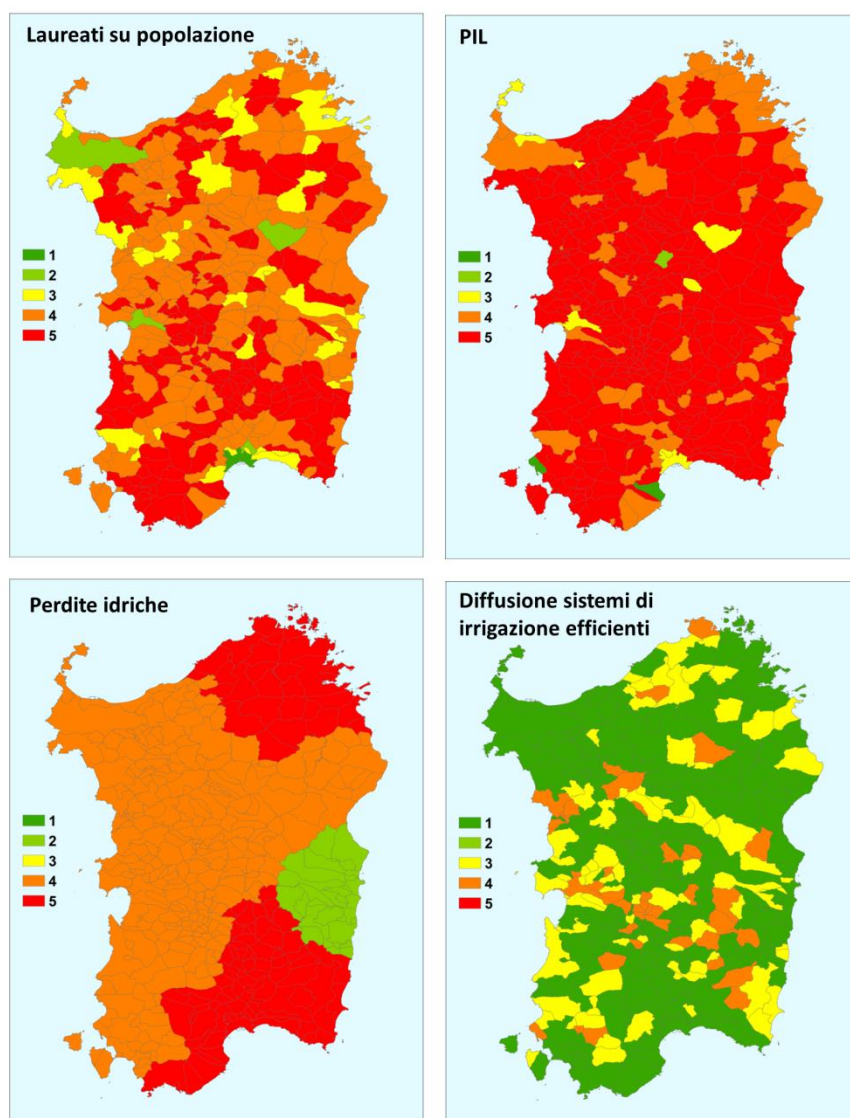


Figura 97 Indicatori normalizzati di Capacità di Adattamento in Sardegna per l'analisi di vulnerabilità e propensione al rischio su acque interne: Laureati su popolazione; PIL; Perdite idriche; Diffusione sistemi di irrigazione a basso consumo idrico.

Tabella 76 Valori medi, normalizzati e classe media a livello regionale degli indicatori di capacità di adattamento.

Indicatore	Valore medio	Valore medio normalizzato	Classe media
Laureati su popolazione (%)	9	0,76	4,33
Diffusione sistemi di irrigazione a basso consumo idrico (%)	76,77	0,77	1,77
Perdite idriche (livello provinciale) (%)	52,76	0,71	4,13
PIL	5,41	0,86	4,81

Vulnerabilità e propensione al rischio

Se confrontiamo le mappe relative ai pericoli con l'esposizione, la sensitività e la capacità d'adattamento (Figura 98), possiamo osservare che i livelli più elevati di pericolo meteo e pericolo meteo-indotto si manifestano nelle aree più interne, mentre i livelli di esposizione e sensitività più elevata sono distribuiti lungo le coste. Va però sottolineato che la maggioranza delle risorse idriche, da cui dipendono anche le zone costiere, si trovano nelle aree interne. Quindi gli effetti dei cambiamenti climatici finiscono per influenzare inevitabilmente anche quei comuni con più alta esposizione. Per poter verificare un effetto complessivo tra pericolo e recettori è necessario un più ampio bilancio idrico all'interno dei distretti idrografici, includendo una gestione integrata delle risorse idriche tra diversi settori per limitare conflitti. Seguendo tali aspetti la Direzione Generale Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna ha elaborato un bilancio idrico nel breve termine per tutti gli invasi del sistema idrico multisettoriale regionale dove la quantità di metri cubi d'acqua presenti nel sistema degli invasi vengono raffrontate con i fabbisogni dei singoli settori. Questa tipologia di metodologia integrata, insieme ad altre elaborate da progetti di ricerca e sviluppo (vedi H2020 SIM4NEXUS), che analizzano diversi aspetti del nexus Acqua-Energia-Cibo-Clima-Uso del Suolo vengono incoraggiate nello sviluppo di un piano di adattamento ai cambi climatici nel medio e lungo termine per la regione Sardegna. Queste raccomandazioni sono ancora più impellenti vista la bassa capacità d'adattamento raffrontata, come evidenziato dagli indicatori per rischi idrici usati in questo capitolo, e più in generale nel capitolo 2.

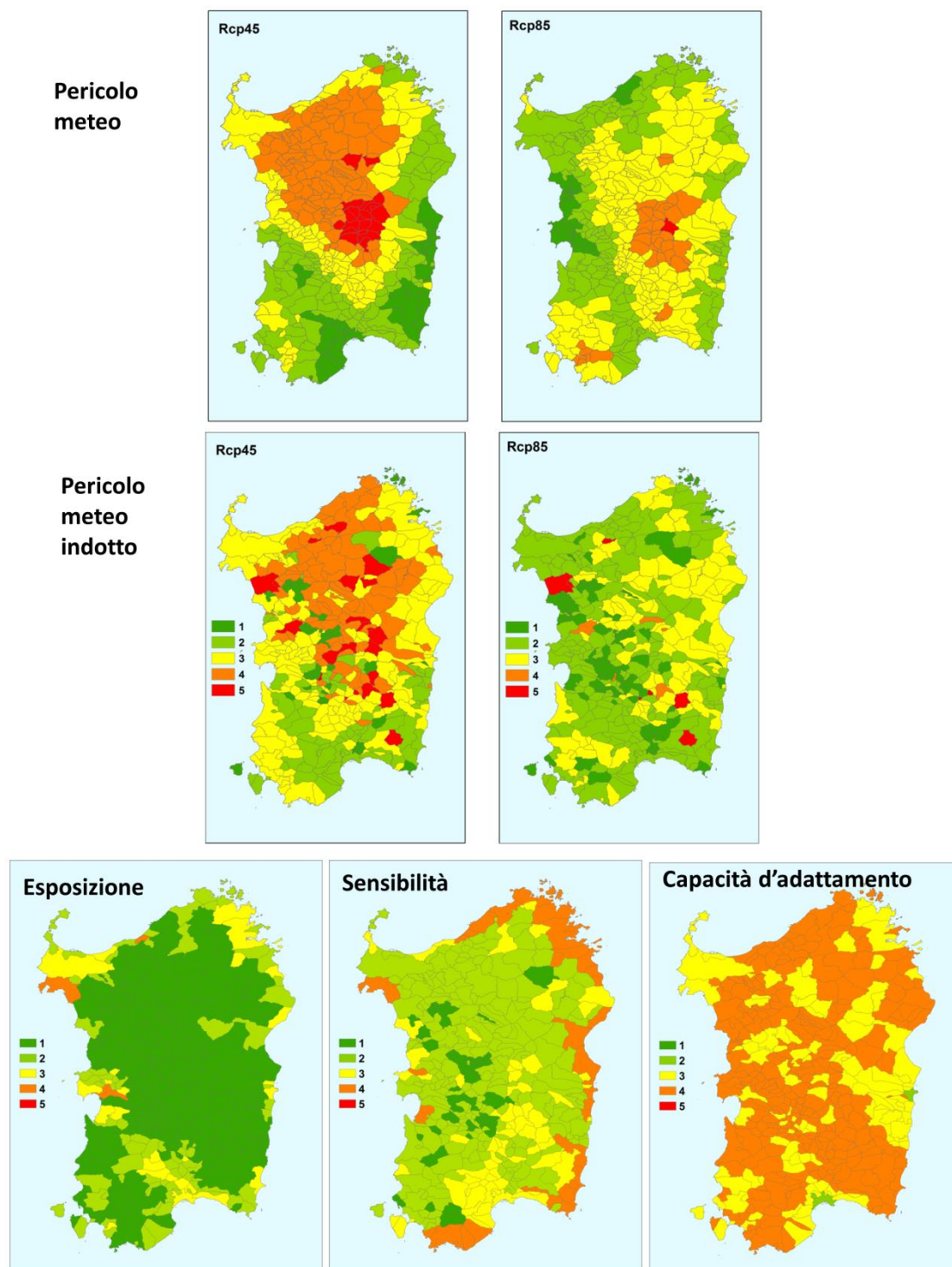


Figura 98 Indicatori normalizzati di Pericolo meteo e meteo-indotto (RCP 4.5 e RCP 8.5), Esposizione, Sensibilità e Capacità di Adattamento, per l'analisi di vulnerabilità e propensione al rischio su acque interne in Sardegna.

3.2.3.3 L'assetto e i rischi di natura idrogeologica del territorio

Le mappe dell'indice di pericolosità aggregato a livello comunale per rischio frana generalizzato sono mostrate in Figura 99, in cui la prima coppia di immagini in alto, (a) e (b), descrive l'*hazard* con la combinazione di indicatori Rx1day e WP, aggregati con pesi uguali, e la seconda in basso, (c) e (d), esprime la pericolosità con l'indicatore combinato Rx1day_LM(RT=20y) ed AP, usati con pesi del 60% e del 40%. Le immagini (a) e (c) a sinistra si riferiscono agli scenari RCP4.5, mentre quelle a destra, (b) e (d), allo scenario RCP8.5.

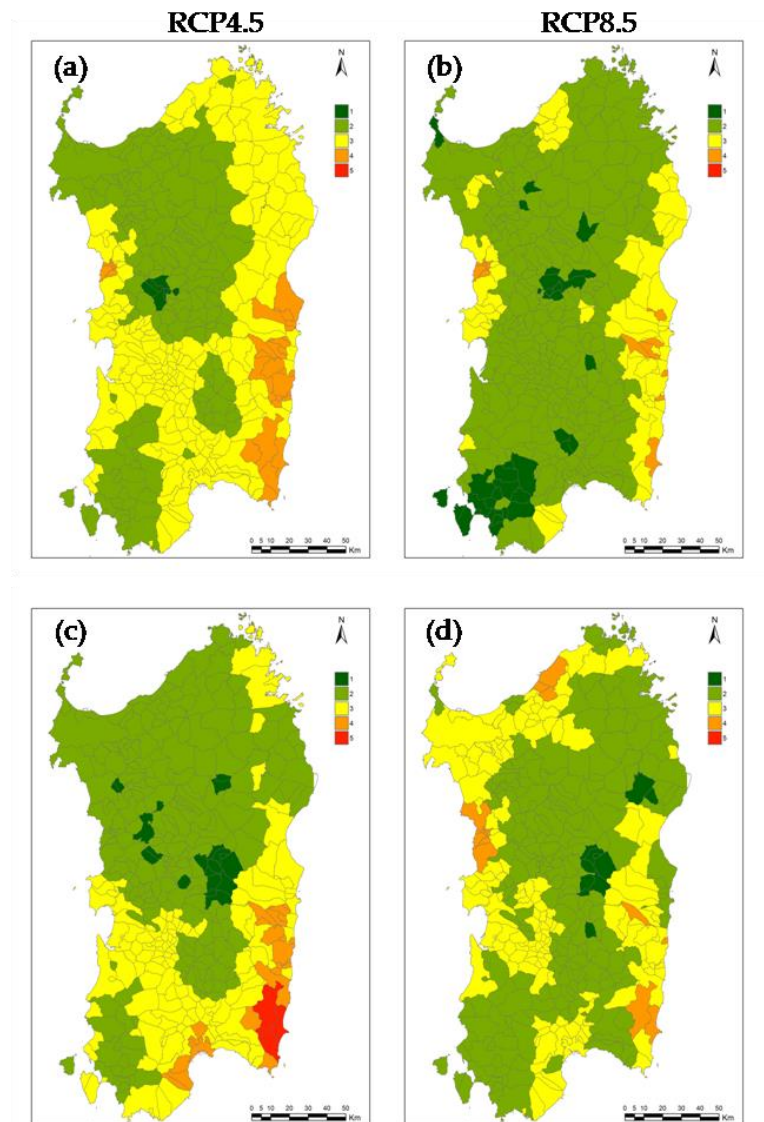


Figura 99 Mappe dell'indicatore di pericolosità globale a livello comunale per rischio frana generalizzato. Le immagini (a) e (b) descrivono rispettivamente gli scenari RCP4.5 e RCP8.5 per la combinazione degli indicatori RX1day e WP, aventi stesso peso, mentre le immagini (c) e (d) descrivono rispettivamente gli scenari RCP4.5 e RCP8.5 per la combinazione degli indicatori RX1day_LM(RT=20y) e AP, con pesi del 60% e del 40%.

In generale, nella prima combinazione (Figura 99 (a)) notiamo che nello scenario con emissioni intermedie (RCP4.5) sono forniti valori tendenzialmente maggiori rispetto a quello riferito alle proiezioni più alte (RCP8.5, Figura 99 (b)). Il risultato è condizionato dai massimi di precipitazione giornaliera (Rx1day) e ne riflette il comportamento descritto nelle analisi precedenti. Nello specifico, si può notare che le classi di pericolosità sono per lo più ristrette nelle categorie centrali e, soprattutto, non è presente nessun comune che ricade nella classe critica, mentre un ristretto insieme di comuni appartenenti all'area del Guilcer ricadono nella classe a criticità inferiore. Probabilmente, tale appiattimento dei risultati dipende dall'utilizzo della combinazione fra più indicatori, dato che, in coerenza con la metodologia descritta nel paragrafo 3.1, si è provveduto alla normalizzazione dei singoli indicatori ma non dell'indicatore di pericolosità aggregato finale.

Nel caso dello scenario RCP4.5 (Figura 99 (a)), le zone del Sarrabus, dell'Ogliastra ed i comuni nel confine Occidentale tra Montiferru e Planargia rientrano nelle aree a categoria di pericolosità alta, mentre per la totalità del restante territorio ricadente nelle fasce costiere, la categoria di pericolosità è neutrale, eccezion fatta per le aree meridionali del Basso-Sulcis e quelle settentrionali del Sassarese, della Nurra, della Romangia e dell'Anglona caratterizzate da pericolosità bassa. Nella classe 2 rientrano, inoltre, le altre zone nella Sardegna Centrale. Nello scenario RCP8.5 (Figura 99 (b)), il pattern di distribuzione della pericolosità è generalmente meno accentuato e si riducono le aree con pericolosità critica (classe 4) a discapito di un incremento delle aree caratterizzate da livello ottimale.

Nella seconda combinazione presentata, sono evidenti situazioni con possibile livello di pericolosità critica nello scenario RCP 4.5 (Figura 99 (c)) per i comuni di San Vito, Muravera e Castiadas. Inoltre, le altre aree dell'intero Sarrabus e gran parte dell'Ogliastra riportano un livello di pericolosità piuttosto critico (classe 4). La situazione dipende probabilmente dall'influenza dell'indicatore a quantile. D'altra parte, è evidente una sorta di dicotomia tra la parte Settentrionale e quella Meridionale, con quest'ultima caratterizzata da livelli di pericolosità generalmente più elevati. Il comportamento riflette la distribuzione spaziale della anomalie per l'indicatore AP. Nello scenario RCP 8.5 (Figura 99 (d)), il pattern della distribuzione si modifica soprattutto nell'area Nord e Nord Ovest dell'isola, con l'aumento di almeno un livello di categoria ed un salto doppio nei comuni dell'Anglona e nelle aree tra Montiferru e Planargia. D'altro canto, si nota un tendenziale miglioramento per le aree del Campidano, del Gerrei, della Gallura e delle situazioni precedentemente più critiche nell'Ogliastra e nel Sarrabus.

Il confronto tra le due combinazioni di indicatori presentate evidenzia per lo scenario RCP8.5 un livello di pericolosità tendenzialmente maggiore per le aree costiere Nord, Ovest e Sud-Ovest dell'isola nello scenario RCP 8.5 con la metodologia analoga alla diramazione degli stati di allerta PC. La situazione è diversa per lo

scenario RCP4.5, in cui la prima combinazione di calcolo (Figura 99 (a) e Figura 99 (b)) suggerisce possibili livelli di pericolosità maggiori per le aree costiere nei settori Nord, Nord-Est ed Est del territorio.

Le mappe dell'indice di pericolosità aggregata a livello comunale per rischio di allagamento in ambiente urbano con perdita di vite umane sono mostrate nella Figura 100, in cui le due immagini in alto, (a) e (b), descrivono l'*hazard* con l'indicatore a percentile 99p, mentre la seconda coppia in basso, (c) e (d), esprime i livelli di pericolosità in funzione dell'indicatore a quantile $Rx1day\_LM(RT=50y)$. La coppia di immagini a sinistra (a) e (c) si riferisce agli scenari RCP4.5, mentre le immagini a destra, (b) e (d), ad RCP8.5.

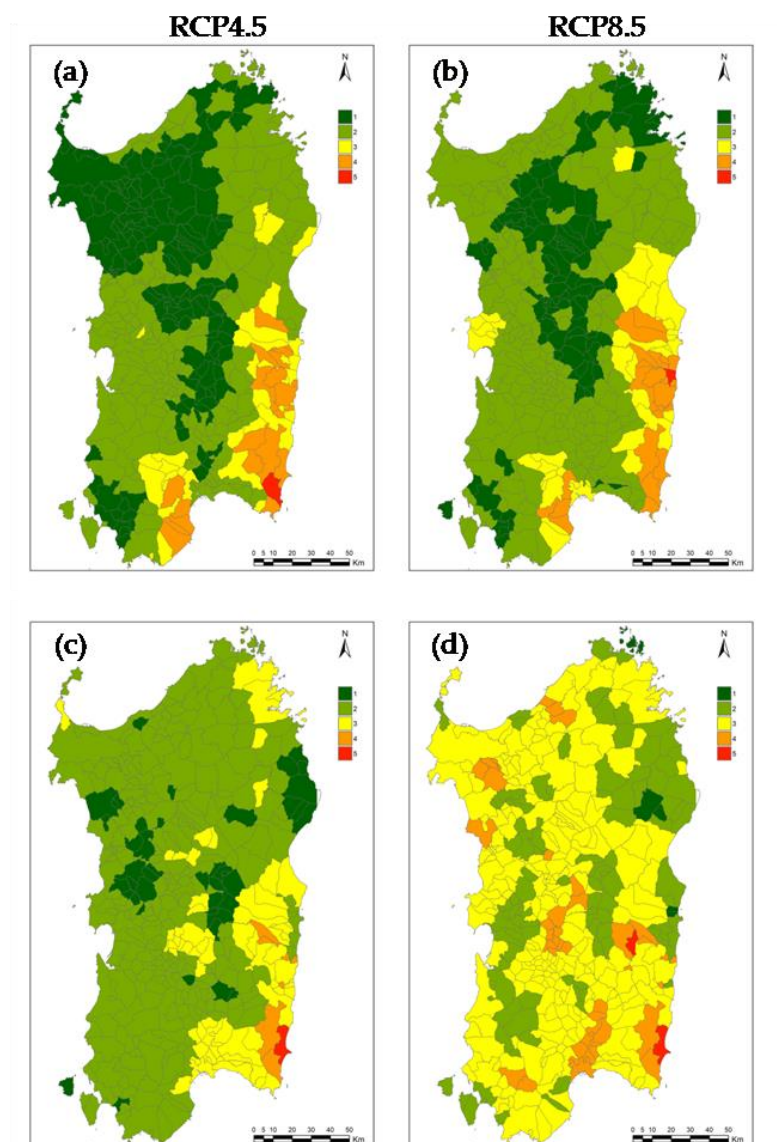


Figura 100 Mappa dell'indicatore di pericolosità globale a livello comunale per il rischio allagamento in ambiente urbano con perdita vite umane (catena d'impatto 1). Le immagini (a) e (b) descrivono rispettivamente gli scenari RCP4.5 e RCP8.5 per l'indicatore a percentile 99p, mentre le

immagini (c) e (d) descrivono rispettivamente gli scenari RCP4.5 e RCP8.5 per l'indicatore a quantile $Rx1day\_LM(RT=50y)$.

I pattern di rappresentazione per le due combinazioni sono stati discussi in dettaglio nelle analisi descritte in precedenza con riferimento alla scala ad alta risoluzione del modello COSMO-CLM (0.0715° in latitudine e longitudine, corrispondenti ad una maglia di circa 8×8 km²). Si fa notare che l'intensità dell'indice di pericolosità globale in alcuni comuni costieri (per esempio Siniscola) può essere influenzata dalla localizzazione dei nodi del Database COSMO-CLM (Figura 101).

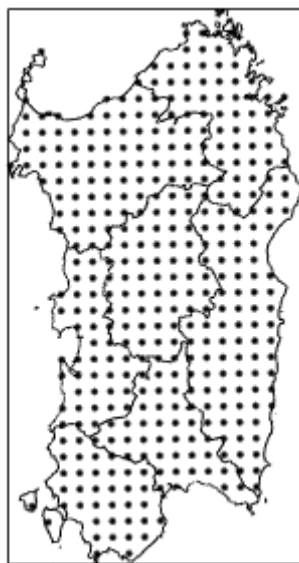


Figura 101 Delimitazione zone d'allerta regionali e localizzazione nodi climatici Database COSMO-CLM.

Per la scala di aggregazione comunale si può notare che per entrambi gli indicatori l'indice di pericolosità assume valori in tutte le 5 classi.

La situazione più pericolosa con lo scenario RCP4.5 è prevista nel Sarrabus, rispettivamente nei comuni di Castiadas e Muravera per 99p (si vedano le immagini (a) e (b) nella Figura 100 e $Rx1day\_LM(RT=50y)$ (si vedano le immagini (c) e (d) nella Figura 100). In tale scenario di emissione, inoltre, il quantile denota classi di pericolosità tendenzialmente più alte, ma con distribuzione più concentrata nelle categorie centrali; d'altra parte, il percentile suggerisce una distribuzione delle categorie più ampia, con code più lunghe sia nei livelli di pericolosità più bassi, sia in quelli più alti (situazione piuttosto negativa).

Lo scenario RCP8.5 denota un generale aggravio delle condizioni per il quantile (Figura 100 (d)) con un generale spostamento delle categorie di pericolosità verso condizioni più critiche: il livello di criticità più basso è presente solo nei Comuni di Lula, Loculi, Lotzorai e Girasole, mentre in situazione critica ricadono i Comuni di Ussassai e Muravera (situazione confermata nelle due proiezioni climatiche). Per il

percentile 99p (Figura 100 (a) e (b)) non sono evidenti sostanziali differenze tra i due scenari, eccezion fatta per l'incremento di pericolosità per il Comune di Cardedu e la diminuzione del Comune di Castiadas.

I risultati dell'aggregazione per scala comunale degli indici di pericolosità possono essere speditamente confrontati con la mappa in Figura 59, che rappresenta la mosaicatura delle aree di pericolosità adattata per la Sardegna da ISPRA (si vedano le informazioni spaziali in sitografia). In particolare, in Figura 59 sono mostrati gli involuppi sia delle aree a pericolosità idraulica, secondo i tre scenari indicati nel D. Lgs 49/2010 (v 4.0 – Dicembre 2017), sia delle zone a pericolosità da frana PAI (v 3.0 – Dicembre 2017). In linea generale, si rimarca il fatto che un confronto è possibile con opportuni accorgimenti, soprattutto in merito alla diversa finalità di tali mappe (si vedano le definizioni delle pericolosità e dei rischi presentate nei paragrafi precedenti) e, nello specifico, alla diversa metodologia con cui sono ottenute (analisi modellistiche). In tali termini, inoltre, gli indici di *hazard* aggregato del presente progetto trattano esclusivamente le precipitazioni giornaliere, mentre le pericolosità ISPRA derivano da complessive valutazioni (i.e. trasformazioni afflussi-deflussi, modellistica idraulica, etc. per la pericolosità idraulica). Infine, come è spiegato nelle analisi dei singoli indici componenti il rischio climatico, la mosaicatura ISPRA non è effettivamente completa; in merito alla pericolosità idraulica per esempio, molti comuni isolani non hanno ancora adeguato i propri strumenti urbanistici (PUC) al PAI e quindi redatto lo studio di compatibilità idraulica o di assetto idraulico/idrogeologico del territorio comunale ai sensi dell'art.8 delle NTA PAI attualmente in vigore. In aggiunta, gli studi di modellazione idrologica/idraulica sono primariamente riferiti ai corsi d'acqua del reticolo idrografico principale, mentre mancano generalmente gli approfondimenti di dettaglio per i rami secondari.

Esposizione

L'indicatore **E01 – aree urbanizzate** è stato calcolato per tutti i comuni della Sardegna, a partire dalla perimetrazione cartografica degli elementi esposti descritti nel paragrafo precedente riportata nel PGRA, come percentuale di superficie occupata da ciascuno dei suddetti elementi rispetto alla superficie totale per l'intera regione. I dati sono stati quindi prima normalizzati e poi aggregati utilizzando, per ciascun elemento, un peso compreso tra 0 e 1 commisurato alla classe assegnatagli nel PGRA, variabile da 1 a 4 in base al valore dell'esposto. In questo modo è stato possibile calcolare per ciascun comune un primo indicatore E01 relativo alle aree urbanizzate il cui valore, suddiviso in 5 classi, è riportato nelle figure seguenti (Figura 102). La prima (a) rappresenta la suddivisione in classi a partire dal dato ottenuto dalla aggregazione, il cui valore massimo risulta inferiore a 1, mentre la seconda (b) rappresenta la suddivisione in classi operata sul dato normalizzato:

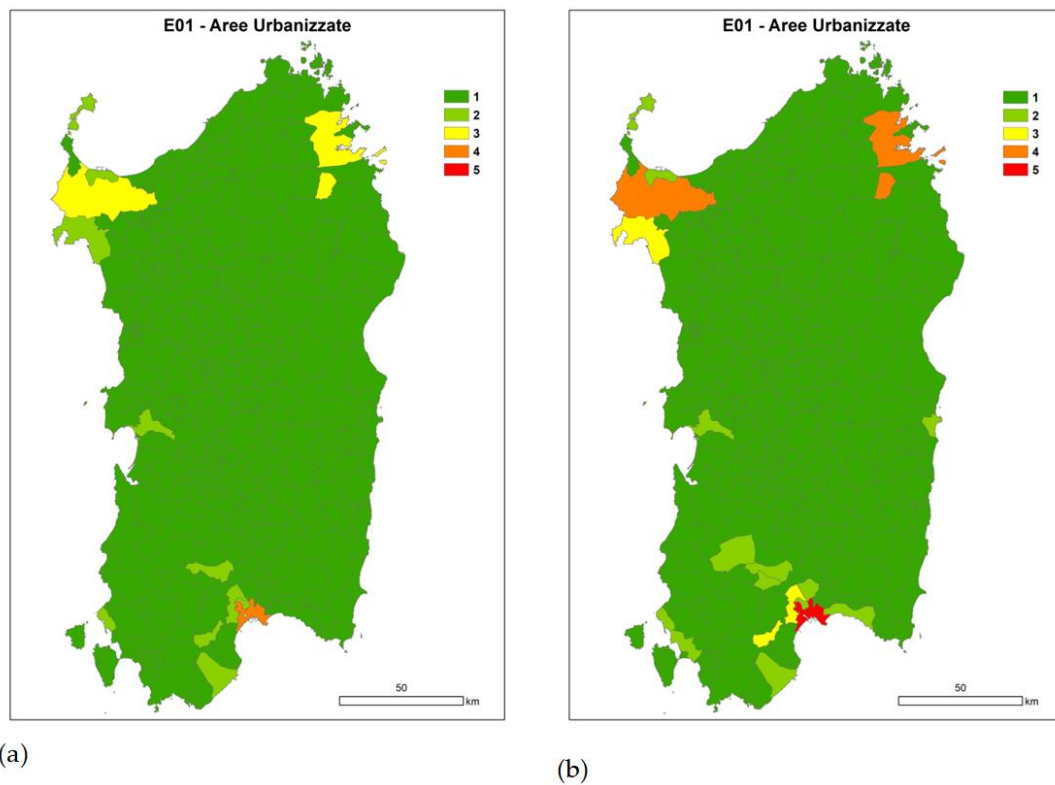


Figura 102 Sub indicatore E01 – Aree urbanizzate: a) dato calcolato, b) dato normalizzato.

L'indicatore evidenzia come condizioni maggiormente critiche quelle relative ai comuni di Cagliari, Sassari e Olbia. Gli altri comuni, ricadenti nelle classi 1, 2 e 3, mostrano invece una condizione di criticità intermedia o bassa.

L'indicatore **E02 – popolazione residente** è stato calcolato per ciascun comune, a partire dai dati di popolazione del Censimento Istat 2011, come percentuale del numero di residenti rispetto al totale regionale. Il valore, normalizzato e suddiviso in 5 classi, è rappresentato nella figura seguente (Figura 103):

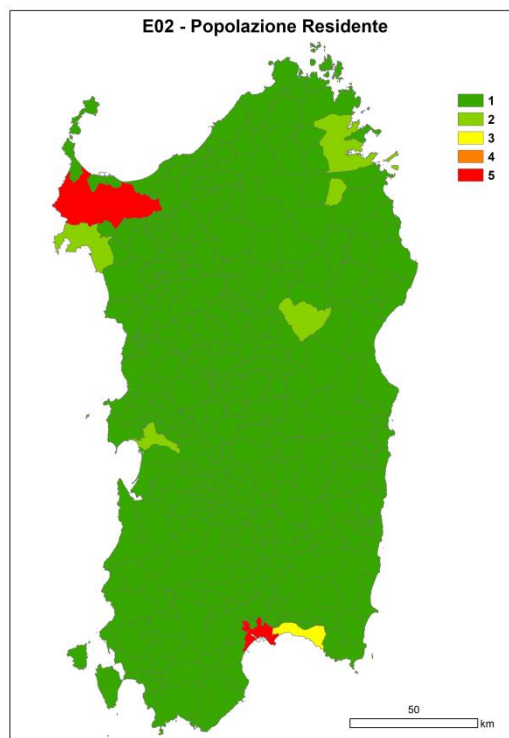


Figura 103 Sub indicatore E02 – Popolazione residente.

Anche per questo indicatore, sono i comuni più popolati della Sardegna, ovvero Cagliari e Sassari, a mostrare le condizioni più critiche mentre gli altri comuni mostrano condizioni di bassa criticità, nel caso dei comuni di Olbia, Nuoro e Alghero, e intermedia nel caso del comune di Quartu Sant'Elena.

Dalla aggregazione dei due indicatori sopra descritti, cui è stato assegnato peso uguale, si è ottenuto l'**indicatore aggregato di esposizione E** che, suddiviso in 5 classi, è rappresentato nella figura seguente (Figura 104):

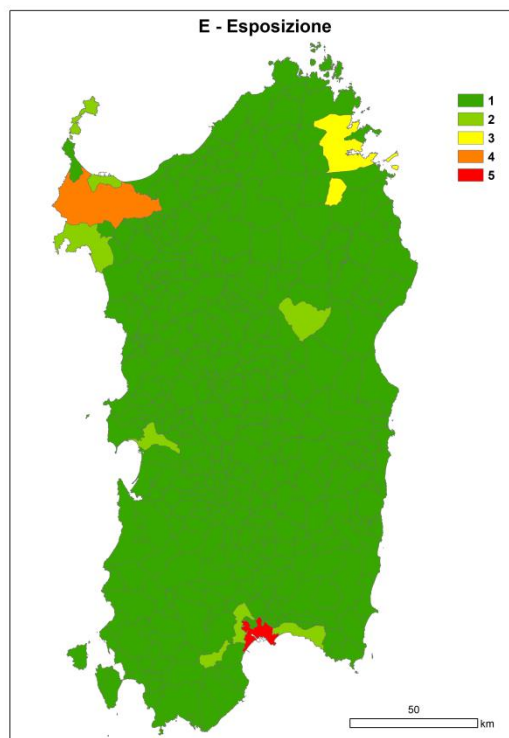


Figura 104 Indicatore E –Esposizione.

Si specifica che l'indicatore finale è stato calcolato utilizzando il valore dell'indicatore E01 tal quale, come risultante dalla aggregazione, e non il suo valore normalizzato.

L'indicatore di esposizione mostra una situazione critica per i comuni di Cagliari e Sassari, di criticità intermedia per il comune di Olbia e criticità bassa per gli altri comuni della Sardegna.

Sensibilità

L'indicatore **S01 – popolazione sensibile** è stato calcolato, a partire dai dati di popolazione del censimento Istat 2011, come la percentuale di anziani (residenti di età maggiore di 65 anni) e bambini (residenti di età inferiore ai 5 anni) rispetto al totale della popolazione residente di ciascun comune. Il dato, suddiviso in 5 classi, è rappresentato nella figura seguente (Figura 105). La figura (a) rappresenta la suddivisione in classi a partire dal dato ottenuto dalla aggregazione, il cui valore massimo risulta inferiore a 1, mentre la figura (b) rappresenta la suddivisione in classi operata sul dato normalizzato:

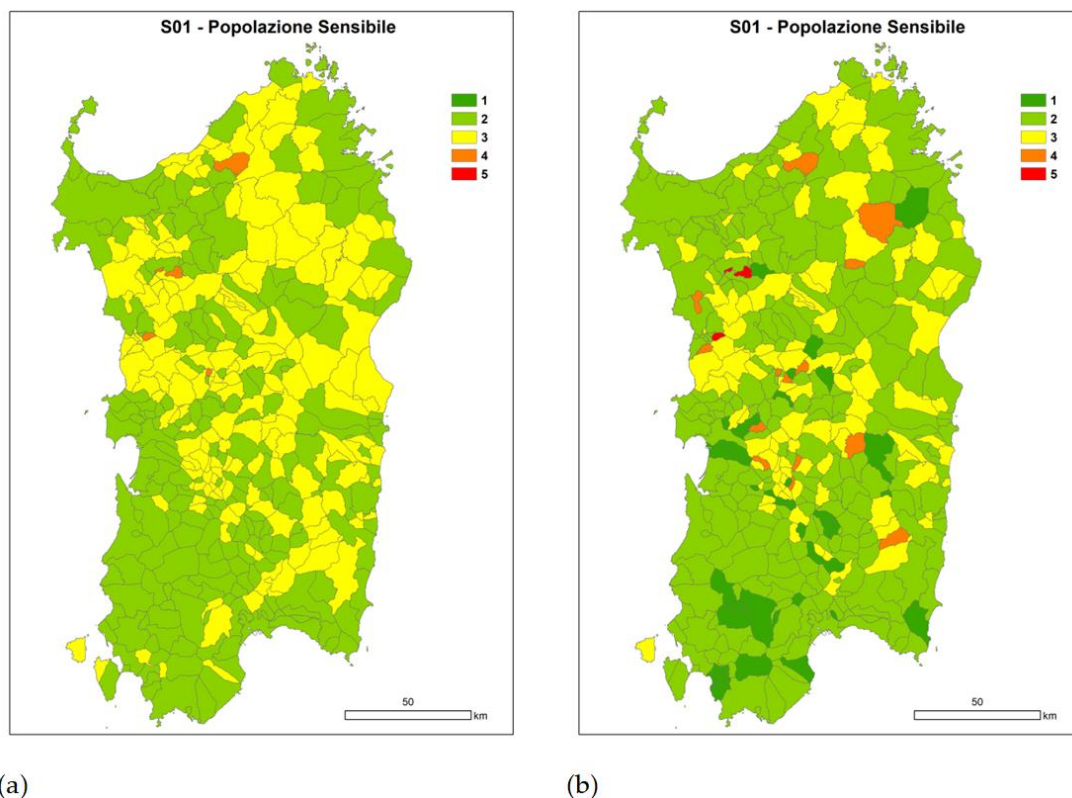


Figura 105 Sub indicatore S01 – Popolazione sensibile: (a) dato calcolato, (b) dato normalizzato.

Si specifica che, ai fini del calcolo dell'indicatore finale di sensibilità, il valore dell'indicatore S01 è stato utilizzato tal quale come risultante dalla aggregazione, senza considerare il suo valore normalizzato.

L'indicatore non mostra andamenti particolarmente significati. Spiccano, rispetto agli altri i comuni di Bortigiadas, Cheremule, Sagama e Soddi mostrando una situazione di elevata criticità, mentre gli altri comuni mostrano una situazione di criticità intermedia o bassa.

Come meglio specificato nei paragrafi precedenti, **l'indicatore S02 – zone urbanizzate ricadenti in aree a pericolosità idraulica** è stato calcolato sulla base della perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica che interessano le zone urbanizzate estrapolate dalla mappatura della pericolosità da alluvione del PGRA. Tali aree, suddivise per classe di pericolosità, sono state determinate per ciascun comune della Sardegna, come percentuale rispetto al totale delle aree urbanizzate a pericolosità idraulica della regione. I valori sono stati quindi accorpati assegnando un peso diverso a seconda della classe di pericolosità di appartenenza: peso 0.6 per la classe P3, peso 0.3 per la classe P2 e peso 0.1 per la classe P1.

L'indicatore S02 così calcolato, suddiviso in 5 classi, è rappresentato nelle figure seguenti (Figura 106). La prima (a) rappresenta la suddivisione in classi a partire dal

dato ottenuto dalla aggregazione, il cui valore massimo risulta inferiore a 1, mentre la seconda (b) rappresenta la suddivisione in classi operata sul dato normalizzato.

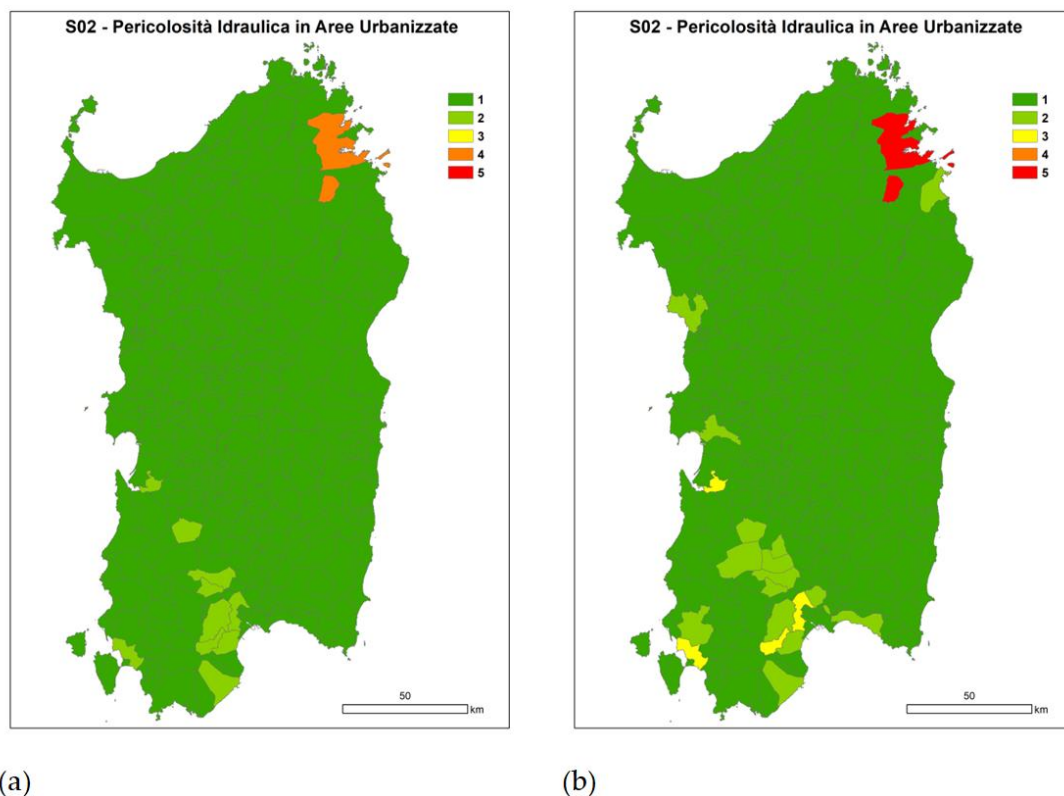


Figura 106 Sub indicatore S02 – Pericolosità idraulica in aree urbanizzate: (a) dato calcolato, (b) dato normalizzato.

Anche in questo caso, ai fini del calcolo dell'indicatore finale di sensibilità, il valore dell'indicatore S02 è stato utilizzato tal quale come risultante dalla aggregazione, senza considerare il suo valore normalizzato.

Bisogna inoltre sottolineare che la mappatura delle aree a pericolosità da alluvione operata dal PGRA nel 2016, risultando dall'involuppo delle aree pericolose individuate negli strumenti pianificatori originari, risente del fatto che la maggior parte dei comuni della Sardegna (355 su 377) non hanno ancora redatto gli studi di dettaglio per l'adeguamento dei propri strumenti urbanistici (PUC) al PAI. In tali comuni, pertanto, le aree pericolose, se presenti, risultano esclusivamente dalle mappature operate a livello regionale nell'ambito del PAI e del PSFF sui corsi d'acqua principali. Mancano quindi le perimetrazioni derivanti dagli studi di dettaglio sul reticolo idrografico minore, il che può determinare, per tali comuni, una sottostima della estensione delle aree pericolose.

Il dato più significativo che emerge dall'analisi di tale indicatore è l'evidenza di una condizione di criticità del Comune di Olbia rispetto ai restanti comuni della Sardegna,

che mostrano invece condizioni di bassa criticità. Il Comune di Olbia, come dimostrato dalle conseguente catastrofiche, in termini di perdita di vite umane e di danni all’abitato, dell’evento alluvionale del 18 novembre 2013, è infatti quello che mostra la massima sensibilità a tali eventi, presentando la maggiore percentuale di zone urbanizzate ricadenti in aree a pericolosità idraulica.

L’indicatore **S03 – Strutture strategiche** è stato espresso in termini di presenza o assenza, nei diversi comuni della Sardegna, di elementi esposti inclusi nella macrocategoria “Strutture strategiche” della mappatura del danno potenziale del PGRA, che comprende: strutture ospedaliere, sanitarie e scolastiche, edifici pubblici, aree cimiteriali e aree ricreative e sportive. Il PGRA, oltre a fornire la perimetrazione di tali strutture, le suddivide in 4 differenti classi in base al valore dell’esposto. Tale classificazione è stata utilizzata come riferimento per l’assegnazione di pesi differenti alle diverse tipologie di strutture nella fase di aggregazione per la determinazione dell’indicatore finale S03. L’indicatore, suddiviso in 5 classi, è rappresentato nella figura seguente (Figura 107):

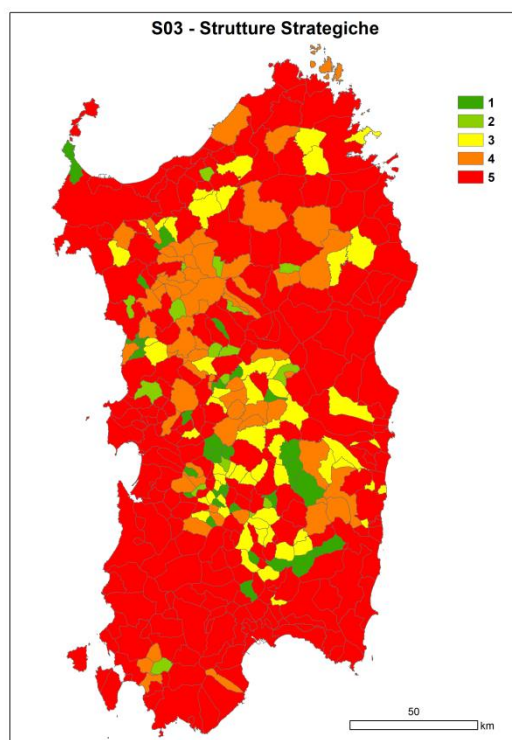


Figura 107 Sub indicatore S03 – Strutture strategiche.

Data la varietà di strutture strategiche considerate, che sono comunque presenti in maniera abbastanza omogenea in tutti i comuni della Sardegna, l’indicatore non mostra andamenti particolarmente significati.

L'indicatore **S04 – Canali tombati** è stato calcolato come percentuale dei canali tombati di ciascun comune rispetto al totale dei canali tombati della Sardegna. Il dato è stato estrapolato dal repertorio dei canali tombati inserito all'interno del PGRA, aggiornato a maggio 2017.

Il dato è stato quindi normalizzato e suddiviso in 5 classi, come mostrato nella figura sotto riportata (Figura 108). Si specifica che, non sapendo se il censimento sia stato completato su tutti i comuni della Sardegna, per alcuni di questi il dato potrebbe essere mancante.

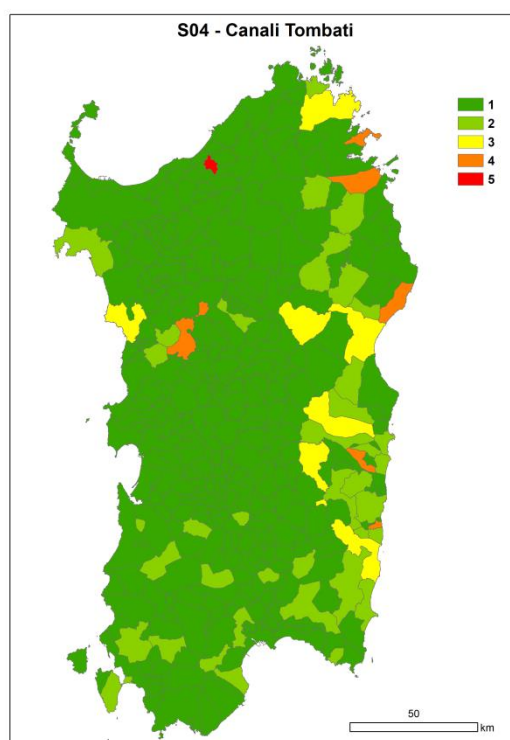


Figura 108 Sub indicatore S04 – Canali tombati.

L'indicatore mostra condizioni di criticità per Santa Maria Coghinas, Golfo Aranci, Loiri Porto San Paolo, Orosei, Macomer e Lanusei, mentre gli altri comuni della Sardegna presentano condizioni di criticità intermedia o bassa.

Dalla aggregazione degli indicatori sopra descritti si è pervenuti alla determinazione dell'indicatore di sensibilità aggregato. I pesi sono stati attribuiti secondo la tabella seguente:

Tabella 77 Pesi attribuiti ai sotto indicatori per il calcolo dell'indicatore di Sensibilità.

Sotto indicatore di Sensibilità	Peso
S01 – popolazione sensibile	0,1

Sotto indicatore di Sensibilità	Peso
S02 – zone urbanizzate ricadenti in aree a pericolosità idraulica	0,5
S03 – strutture strategiche	0,1
S04 – canali tombati	0,3

L'indicatore di sensibilità, così calcolato e suddiviso in cinque classi, è rappresentato nelle figure seguenti (Figura 109). La prima (a) rappresenta la suddivisione in classi operata sul dato ottenuto dalla aggregazione, il cui valore massimo risulta inferiore a 1, mentre la seconda (b) rappresenta la suddivisione in classi operata sul dato normalizzato:

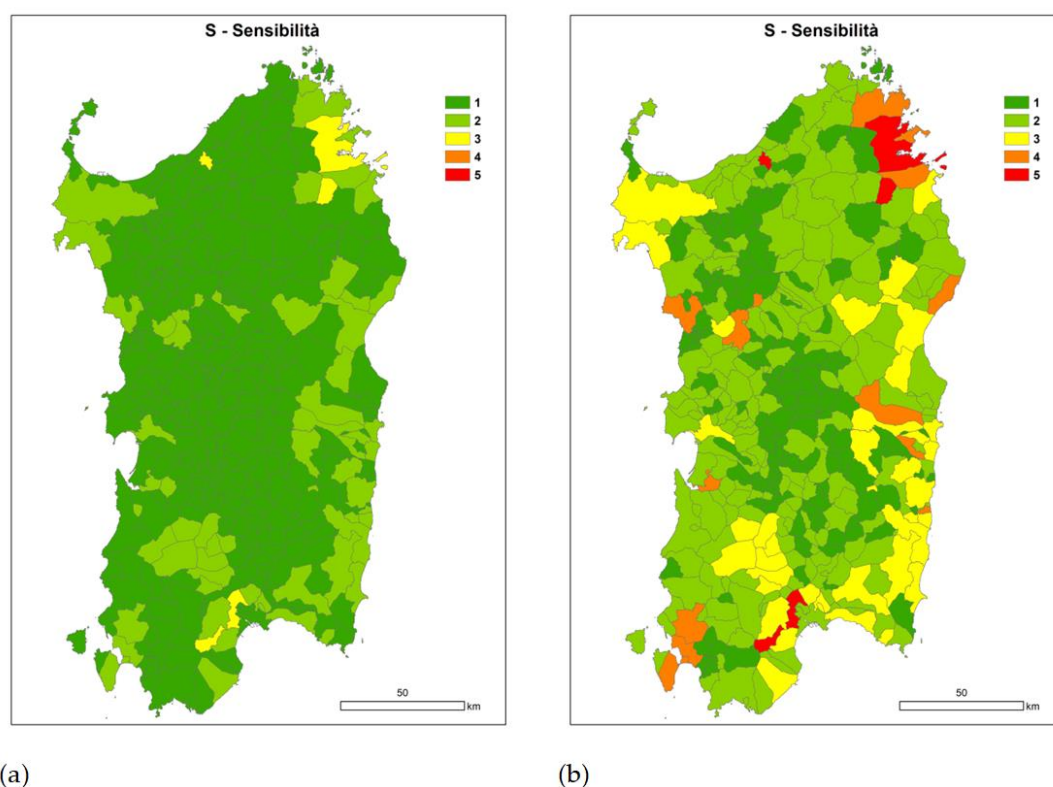


Figura 109 S - Indicatore di sensibilità: (a) dato calcolato, (b) dato normalizzato.

Dalla analisi di tale indicatore emergono, come condizioni di maggiori criticità, quelle riferite ai comuni di Olbia, Santa Maria Coghinas ed Assemini. Sia per Olbia che per Assemini, tale sensibilità è confermata dagli accadimenti passati che, come già evidenziato, hanno visto i due comuni subire conseguenze catastrofiche in occasione di eventi pluviometrici estremi (ad Assemini nel 1999 e nel 2008 e ad Olbia nel 2013). Il Comune di Santa Maria Coghinas invece non ha mai mostrato condizioni di particolare sensibilità, probabilmente anche grazie alla presenza dei due sbarramenti sul fiume Coghinas a monte dell'abitato che svolgono un'azione di laminazione delle piene.

Diversi altri comuni della Sardegna mostrano condizioni piuttosto critiche, tra i quali i comuni di Villagrande Strisaili, Terralba, Arzachena, Bosa e Orosei, che sono

stati tutti interessati in passato da conseguenze catastrofiche o molto rilevanti in occasione di afflussi meteorici estremi. Anche i comuni di Golfo Aranci, Loiri Porto San Paolo, Carbonia, San Giovanni Suergiu, Sant'Antioco, Macomer e Lanusei mostrano un valore piuttosto critico di tale indicatore ma, contrariamente ai precedenti, in passato, o non sono stati interessati da tali eventi o non hanno mostrato condizioni di particolare sensibilità ad essi. Gli altri comuni della Sardegna mostrano invece condizioni di criticità intermedia o bassa.

Capacità di adattamento

Ai fini della determinazione della capacità di adattamento all'allagamento in ambiente urbano, un primo indicatore utilizzato è il **CA01 – Diploma universitario**. Esso è stato calcolato come il numero di persone (sul totale dei residenti comunali) con un diploma di laurea. I risultati mostrano che i laureati rappresentano una piccolissima parte della popolazione sarda (in media il 9%), determinando una classificazione del 92% dei comuni della Sardegna in capacità di adattamento bassa e medio-bassa.

Anche l'indicatore del reddito procapite (**CA05 - PIL**) fa registrare l'85% dei comuni in classe di capacità di adattamento bassa.

I valori dell'indicatore **CA02 - copertura media (espressa in km) delle stazioni forestali del CFVA, dei nuclei dell'Agenzia FORESTAS, delle organizzazioni di volontariato, dei punti di avvistamento e dei distaccamenti dei VV.F.**, sono stati reperiti ed elaborati come descritto nel paragrafo 3.2.2.1 e descrivono una capacità adattativa media della Regione.

Gli indicatori **CA03** e **CA04** riportano il dato circa la presenza/assenza del Piano Urbanistico Comunale (PUC) redatto in adeguamento al PAI e del Piano di Protezione Civile (PPC). In particolare sono soltanto 22 su 377 i comuni che si sono dotati di un PUC adeguato al PAI, mentre sono 327 quelli dotati di PPC, per quanto non si abbiano informazioni circa il loro aggiornamento in coerenza con la normativa vigente.

L'aggregazione degli indicatori sopra descritti ha portato alla determinazione dell'indicatore aggregato di capacità di adattamento. I pesi sono stati attribuiti secondo la tabella seguente:

Tabella 78 Pesi attribuiti ai sotto indicatori per il calcolo dell'indicatore di Capacità di adattamento.

Sotto indicatore di Capacità di adattamento	Peso
CA01 – diploma universitario	0,1
CA02 - Copertura media stazioni forestali CFVA, distaccamenti VV.F, nuclei Agenzia Fo.Re.STASFORESTAS, organizzazioni volontariato, punti avvistamento	0,2
CA03 – presenza PUC adeguato al PAI	0,3
CA04 – presenza PPC comunale o sovracomunale	0,3
CA05 - PIL	0,1

L'indicatore di capacità di adattamento calcolato per i diversi comuni della Sardegna e suddiviso in 5 classi, è riportato nella figura seguente (Figura 110). La figura (a) rappresenta la suddivisione in classi a partire dal dato ottenuto dalla aggregazione, mentre la figura (b) rappresenta la suddivisione in classi operata sul dato normalizzato:

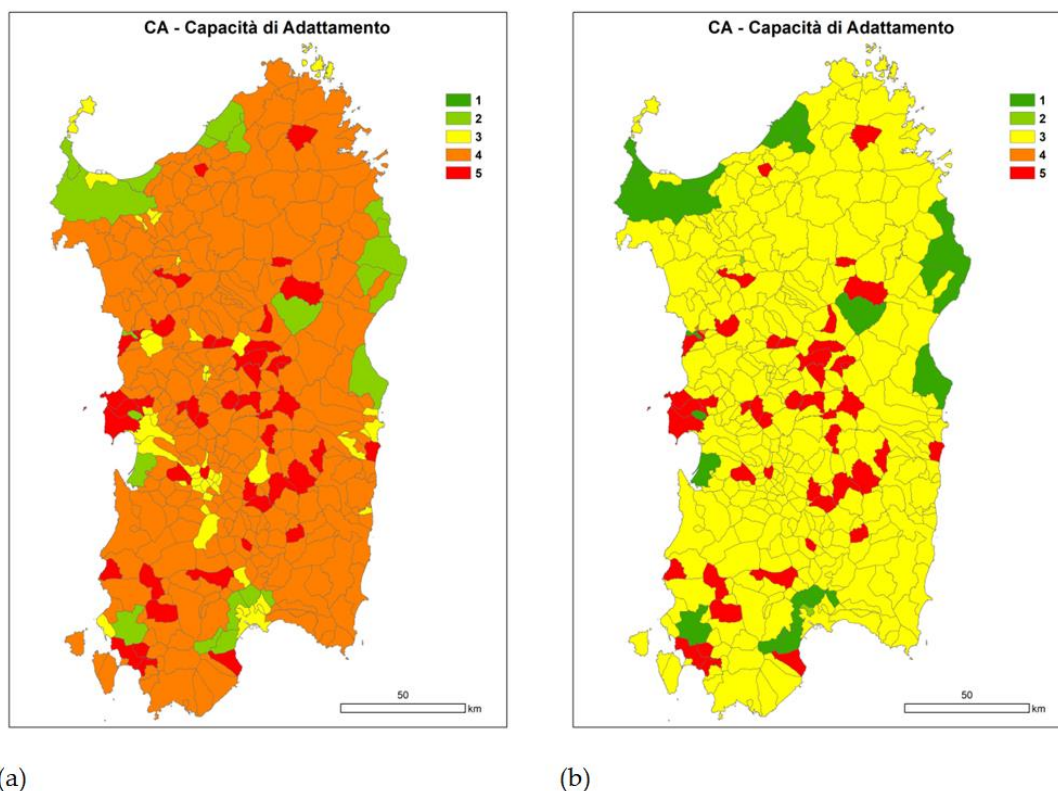


Figura 110 CA - Indicatore di capacità di adattamento: (a) dato calcolato, (b) dato normalizzato.

L'indice evidenzia condizioni di elevata criticità, in riferimento alla capacità di adattamento, in numerosi comuni della Sardegna, molti dei quali localizzati nella Sardegna centrale, nel Sarrabus-Gerrei, nell'Oristanese e nel Sulcis-Iglesiente: Sant'Antonio di Gallura, Bulzi, Giave, Osidda, Orune, Oniferi, Sindia, Tresnuraghes, Flussio, Modolo, Tinnura, Dualchi, Noragugume, Sarule, Olzai, Teti, Gavoi, Lodine, San Vero Milis, Riola Sardo, Cabras, Baratili San Pietro, Villanova Truschedu, Fordongianus, Allai, Ortueri, Sorgono, Belvì, Desulo, Gadoni, Morgongiori, Pompu, Gonnosnò, Esterzili, Gergei, Mandas, Nurri, Barisardo, Ussassai, Pimentel, Silius, Villasor, Buggerru, Domusnovas, Villamassargia, San Giovanni Suergiu, Tratalias, Giba, Sarroch.

Mostrano invece condizioni non critiche i comuni di Sorso, Sassari, Stintino, Badesi, Aggius, Trinità d'Agultu e Vignola, Budoni, Posada, Siniscola, Orosei, Irgoli, Nuoro, Baunei, Nurachi, Arborea, Magomadas, Carbonia, Assemini, Capoterra, Sestu, Elmas. Molti di questi, sono comuni che si sono dotati, nell'ultimo decennio, di uno strumento urbanistico (PUC) adeguato al PAI, dato considerato di particolare rilevanza per la

capacità di adattamento al rischio considerato, poiché comporta la conoscenza da parte di tecnici e amministratori delle aree a pericolosità idraulica presenti nel territorio comunale.

Si attestano su condizioni di criticità intermedia i restanti comuni della Sardegna.

-
- ⁱ EEA, 2017a.
ⁱⁱ EEA, 2017c; FAO, 2016.
ⁱⁱⁱ Lionello e Scarascia, 2018.
^{iv} Jacob et al., 2014.
^v EEA, 2017b.
^{vi} Lobell and Field 2007; Lobell et al., 2011; Olesen et al., 2011; Ciscar et al., 2018.
^{vii} Brisson et al., 2010; Olesen et al., 2011.
^{viii} Brisson et al., 2010; Kristensen et al., 2011; Trnka et al., 2014; Eyshi Rezaei et al., 2015; Olesen, 2016.
^{ix} Semenov and Shewry, 2011.
^x Supit et al., 2010, Ciscar et al., 2011; Ciscar et al., 2018.
^{xi} Resco et al., 2016; Fraga et al., 2015a,b.
^{xii} Challinor et al., 2014.
^{xiii} Ferrara et al., 2010; Bindi and Olesen, 2011; Moriondo et al. 2013; Moriondo et al. 2015; Fraga et al., 2016.
^{xiv} Cramer et al., 2018.
^{xv} Ciscar et al., 2018.
^{xvi} Tanasijevic, L. et al. 2014; Gabaldón-Leal, C. et al.2017; Fraga et al., 2016; Funes et al., 2016.
^{xvii} Arbex de Castro Vilas Boas, et al., 2017.
^{xviii} Ainsworth and Long, 2005; Lobell and Gourdj, 2012; Olesen, 2016; Deryng et al. 2016.
^{xix} Drake et al. 1997; Southworth et al. 2000; Kimball et al. 2002; Ainsworth and Long 2005; Yano et al. 2007; Qian et al. 2010.
^{xx} Trnka et al., 2011; Bocchiola, 2015; Olesen, 2016.
^{xxi} Fitzgerald et al., 2016; Ciscar et al., 2018.
^{xxii} Fernando et al., 2015; Olesen, 2016.
^{xxiii} Högy et al., 2013.
^{xxiv} Ciscar et al., 2018.
^{xxv} Schaap et al., 2011.
^{xxvi} Trnka et al., 2012.
^{xxvii} Kovats et al., 2014.
^{xxviii} Trnka et al., 2011; Daccache et al., 2012; Savè et al., 2012; Fraga et al., 2015a, b.
^{xxix} Roos et al., 2010.
^{xxx} Olesen, 2016.
^{xxxi} FAO, 2016.
^{xxxii} Notenbaert et al. 2017.
^{xxxiii} EEA, 2017b.
^{xxxiv} Kipling et al. 2016.
^{xxxv} FAO 2013.
^{xxxvi} Salis et al. 2013; Nudda et al. 2017.
^{xxxvii} Pausas e Fernández-Muñoz 2011.
^{xxxviii} Si veda per esempio Turco et al. 2016 e Spano et al. 2014
^{xxxix} e.g. Pausas e Fernández-Muñoz, 2012; Koutsias et al., 2012.

-
- xl Viedma et al., 2015; Moreira et al., 2011; Pausas, 2004.
- xli Salis et al., 2016.
- xlili Kovats et al. 2014; Santini et al. 2014; Turco et al. 2014.
- xliv Sirca 2014.
- xlii Salis et al. (2014) e Lozano et al. (2016).
- xlii Pellizzaro et al. 2014.
- xlii Amatulli et al. 2013.
- xlii Kovats et al. 2014; Bacciu et al. 2015.
- xlii Salis et al. 2016.
- xlii Choat et al., 2012.
- lOgaya et al., 2003.
- liPeñuelase Boada, 2003.
- lii Peñuelas et al., 2017.
- lii EEA, 2009.
- liv Langmead et al., 2007.
- lv Busch, 2006.
- lvi Reginster e Rounsevell, 2006.
- lvii Sousa et al., 2011.
- lviii GarcíaRuiz et al., 2011.
- lix Senatore et al., 2011.
- lx Olesen et al., 2011.
- lxi Majone et al., 2012.
- lxii Fader et al, 2016.
- lxiii Masia et al., 2017.
- lxiv Daccache e Lamaddalena, 2010.
- lxv van der Velde et al., 2010.
- lxvi García-Ruiz et al., 2011.
- lxvii World Bank, 2007.
- lxviii Varnes, 1984.
- lxix Ventroni, 2017.
- lxx Fonte IFFI.
- lxxi ISPRA 2018.
- lxxii ISPRA, 2018.
- lxxiii NWS, 2002, Sweeney, 1992.
- lxxiv Seoni, 2014.
- lxxv Drobinski et al., 2018; Marchi et al., 2010.
- lxxvi ISPRA, 2018.
- lxxvii Brouwer and van Ittersum, 2010; Ewert et al., 2011.
- lxxviii Hoogenboom, 2000.
- lxxix Parry et al., 2005; Rosenberg, 2010; White et al., 2011.
- lxxx Jones et al., 2003; Hoogenboom et al., 2015.
- lxxxi Palosuo et al, 2011; Bassu et al, 2014.
- lxxxii Mínguez et al., 2007; Giannakopoulos et al., 2009; Iglesias et al., 2012; Olesen et al., 2012; Gallo et al., 2015b.
- lxxxiii Ritchie e Otter, 1985; Hoogenboom et al., 2010.
- lxxxiv Jones and Kiniry, 1986; Hoogenboom et al., 2010.
- lxxxv Batjes, 2012.
- lxxxvi Bucchignani et al., 2014.

-
- lxxxvii St. Pierre et al., 2003.
- lxxxviii San Miguel-Ayanz 2002.
- lxxxix Van Wagner e Pickett, 1987; Van Wagner 1987.
- xc Viegas et al., 2004; Moriondo et al., 2006; Carvalho et al., 2008; Dimitrakopoulos et al., 2011b; Giannakopoulos et al., 2012.
- xc San Miguel-Ayanz et al., 2003; Camia et al. 2006 (<http://forest.jrc.ec.europa.eu/EFFIS>).
- xcii Lawson and Armitage 2008, Dymond et al., 2005; De Groot et al., 2006.
- xciii Viedma et al., 2015.
- xciv IPCC, 2014.
- xcv Snyder et al, 2004; Snyder et al, 2012.
- xcvi Allen et al., 1998.
- xcvii Masia et al., 2018.
- xcviii Masia et al., 2017, Masia et al. 2018.
- xcix Allen et al., 1998.
- c Batjes, 2012.
- ci Eurostat, 2011.
- cii Doorenbos e Kassam, 1979.
- ciii ISTAT, 2010.
- civ ISTAT 2010.
- cv Coles, 2001.
- cvi Coles, 2001.
- cvii Hosking e Wallis, 1997.
- cviii Hellies, 2016.
- cix Hosking e Wallis, 1997.

Pagina lasciata bianca intenzionalmente

4. Strategie di adattamento al cambiamento climatico: opzioni e priorità

4.1. Verso una strategia di adattamento al cambiamento climatico: teorie e concetti chiave

4.1.1. Adattamento al cambiamento climatico e apprendimento sociale

L'adattamento è fondamentalmente un cambiamento nelle pratiche e nei modi di pensare a livello dei governi, delle organizzazioni, delle comunità e degli individui. La scala del cambiamento può variare da alterazioni minime o incrementali a trasformazioni *tout court*, ma tutte avvengono in risposta ai bisogni percepiti. Ne consegue che per coloro che sono coinvolti nel processo, l'adattamento è una scelta consapevole - un atto intenzionale per alterare modelli di pensiero e di comportamento precedentemente accettati. L'adattamento è dunque un'espressione di apprendimento (*learning*).

Nel definire i macro obiettivi per l'adattamento al cambiamento climatico della Regione Sardegna, il concetto chiave sul quale ci si è basati è proprio quello dell'apprendimento sociale come processo che deve accompagnare gli sforzi e le strategie adattative da considerarsi come cambiamenti dinamici, in continua evoluzione.

Esistono molte forme di apprendimento, ma è possibile identificarne principalmente due tipi: l'apprendimento individuale e l'apprendimento sociale. Entrambi sono importanti per l'adattamento. L'apprendimento individuale può essere considerato come il tipo di apprendimento sperimentato a scuola - un insieme di conoscenze preesistenti viene trasmesso a un individuo che è quindi in grado di mettere in pratica ciò che ha appreso. In termini di adattamento, questo tipo di apprendimento funziona bene quando c'è un problema noto e una soluzione conosciuta per un problema specifico. Tuttavia, l'apprendimento individuale è insufficiente quando la situazione non è nota e la conoscenza necessaria per farvi fronte non è certa o è contestata. Questa è la tipica situazione con la quale ci scontra quando si ha a che fare con il cambiamento climatico e con l'incertezza legata alla pianificazione dell'adattamento. Il cambiamento climatico è un problema complesso che richiede dunque processi di risposta e politiche altrettanto complesse. La complessità risiede anche nella mancanza di un consenso su come inquadrare il problema e di conseguenza la/le soluzione/i. Il cambiamento climatico e i suoi impatti che si manifestano a più livelli, in differenti settori, con diverse scale temporali, impediscono una definizione chiara delle questioni da

affrontare che si presentano come un insieme disordinato e confuso di problemi interconnessi e di priorità.ⁱ Nuovi problemi e nuove opzioni emergono continuamente. Tipicamente, ci saranno molte diverse affermazioni e punti di vista degli stakeholder su quale sia la situazione e la giusta linea d'azione. In questo tipo di situazione, l'apprendimento sociale è più rilevante per consentire l'azione collettiva. Come osserva Adger (2003: 387) *“l’adattamento è un processo sociale dinamico: la capacità delle società di adattarsi è determinata, in parte, dalla capacità di agire collettivamente”*.

L'apprendimento sociale può essere associato alle seguenti situazioni:

- La convergenza di obiettivi e accordi;
- Il processo di co-creazione della conoscenza, che fornisce informazioni sulle cause e sui mezzi necessari per trasformare una situazione;
- Il cambiamento di comportamenti e azioni risultanti dalla comprensione di qualcosa attraverso l'azione (“conoscenza”) e che conduce ad un'azione concertata;
- Una proprietà emergente di un processo per trasformare una situazione.ⁱⁱ

L'apprendimento sociale integra altri modi di gestire le questioni socio-ambientali.

La Figura 111 mostra due diverse situazioni che richiedono una qualche forma di intervento per migliorare una situazione.

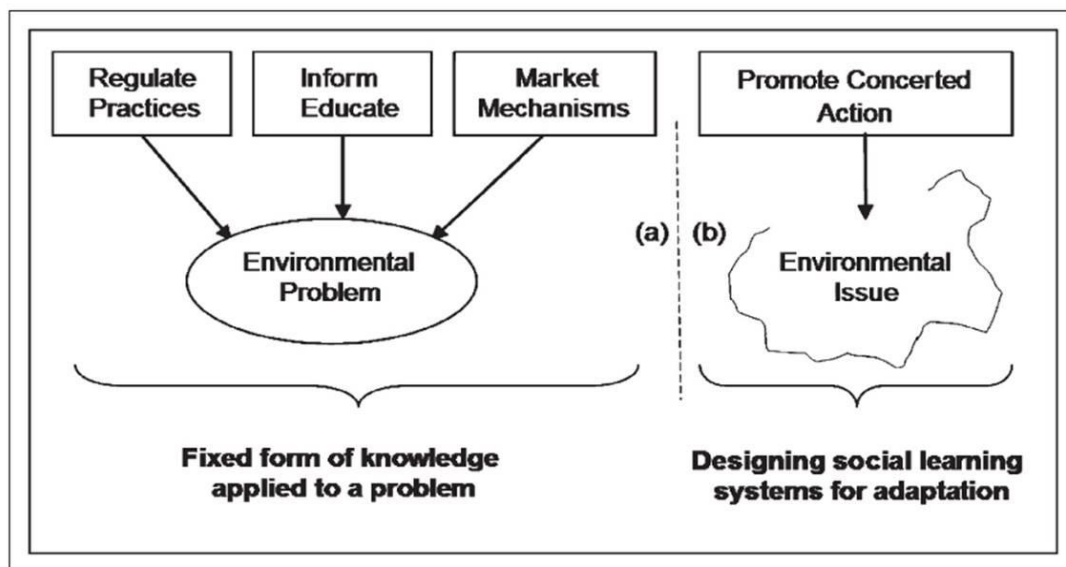


Figura 111 Apprendimento sociale per determinare l'adattamento in situazioni di incertezza (Ison et al., 2007).

Nella parte sinistra del diagramma c'è accordo sulla natura del problema ambientale, come problema conosciuto. In questo caso misure come ad esempio i

meccanismi di regolazione, le iniziative educative e gli incentivi di mercato possono essere applicate per determinare un cambiamento o un adattamento.

Nella parte destra del diagramma la questione ambientale non è chiara, c'è ambiguità rispetto ai confini del sistema e alle parti in relazione, tutte caratteristiche comuni al cambiamento climatico. In questo caso l'adattamento può procedere sulle basi di processi di apprendimento sociale tra una varietà di portatori di interesse tra loro interdipendenti, al fine di condividere la percezione della natura delle questioni e dei possibili cambiamenti. Nella pratica, entrambi i lati del diagramma sono necessari per un adattamento al cambiamento climatico di successo.

Gli attori chiamati allo sviluppo di una strategia di adattamento al cambiamento climatico devono quindi essere in grado di riconoscere quando una situazione è sufficientemente definita per poter utilizzare soluzioni già disponibili oppure quando la situazione non è chiara e dai confini incerti, per cui è utile progettare e attuare processi di apprendimento sociale. In quest'ultimo caso, quello che l'adattamento potrà determinare non è noto in anticipo e con precisione e si punta alla progettazione di percorsi che prevedono continue verifiche e iterazioni tra i soggetti coinvolti, che imparano a convivere con il cambiamento. Si tratta cioè di interpretare l'adattamento non come l'incastro di una tessera di un puzzle, cioè come il conseguimento di uno stato stazionario per il quale si possono trovare soluzioni di equilibrio, ma come un equilibrio dinamico che porta a prendere decisioni sulla base dell'esperienza e di nuove informazioni che arrivano continuamente. La qualità degli spazi per l'apprendimento e l'interazione tra le persone che devono prendere decisioni in questo caso diventano strategici, come pure il ruolo operato attivamente da professionisti della facilitazione del dialogo e della mediazione dei conflitti.

I processi di apprendimento sociale sono quindi dinamici in quanto l'apprendimento porta via via le persone a cambiare anche le prassi e quindi a situazioni dinamiche e in continua trasformazione. Nel contesto di ciascuna situazione, ci sono una serie di elementi che è utile considerare per rendere possibile o impedire il processo di trasformazione: i portatori di interesse, le istituzioni e le politiche, la facilitazione dell'apprendimento e le limitazioni di carattere epistemologico, come illustrato in Figura 112.ⁱⁱⁱ

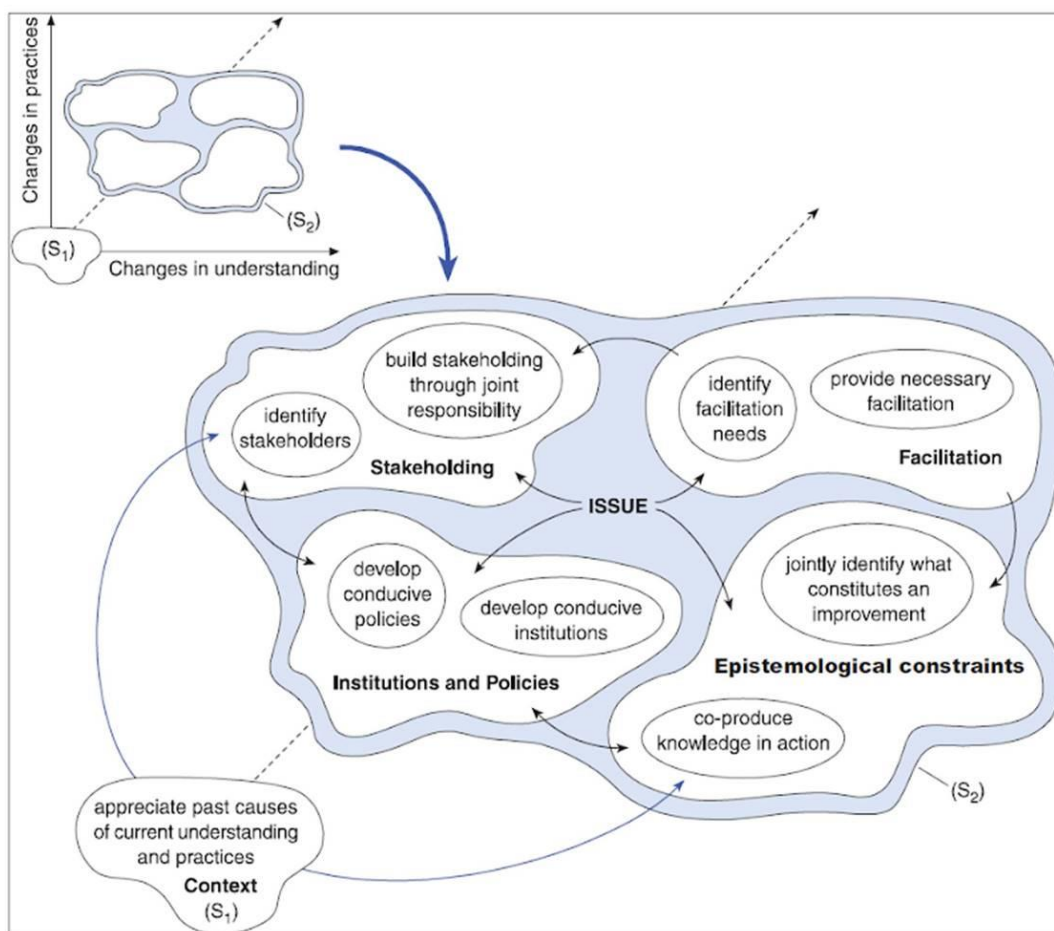


Figura 112 Elementi chiave (attività) di un progetto per l'apprendimento sociale per rendere possibile le trasformazioni adattative in situazioni complesse e incerte (da SLIM, 2004 in Collins & Ison, 2009).

La partecipazione è un elemento importante alla base dei processi di apprendimento sociale, ma di per sé non è sufficiente senza un impegno proattivo per lo sviluppo di azioni concertate. Ad esempio, convocare un incontro con gli agricoltori locali per informarli di una nuova politica per la gestione del suolo per combattere lo stress delle piante in condizioni di siccità potrebbe essere "partecipativa" in termini di numero di partecipanti, ma non è necessariamente un processo di apprendimento sociale. Riprogettare l'incontro per consentire sia agli agricoltori che ai responsabili delle politiche di riconoscere le rispettive preoccupazioni e necessità, identificare insieme la natura delle questioni e suggerire miglioramenti, costituiscono invece le basi per soddisfare i criteri di progettazione e facilitazione dei processi decisionali basati sull'apprendimento sociale.

Nel promuovere l'adattamento al cambiamento climatico è dunque fondamentale sviluppare una visione condivisa tra i partecipanti, identificando i processi di cambiamento basati sul co-apprendimento. L'apprendimento sociale si estende anche a

coloro che avviano e guidano i processi di apprendimento e non solo ai destinatari previsti. Vanno inoltre considerate, riconosciute e accettate come parte del riconoscimento della complessità delle relazioni sociali, le differenze tra i diversi attori.

In sintesi, progettare una strategia efficace di adattamento al cambiamento climatico basata sull'apprendimento sociale implica:

- Garantire tempo e risorse per lo sviluppo di partneriati e collaborazioni tra reti di conoscenza e pratica;
- Riconoscere e valutare metodi innovativi di lavoro e implementazione, vale a dire nuove prassi;
- Creare le condizioni per cui si possa generare una comprensione condivisa e olistica della situazione, la definizione di ruoli e opportunità offerte da un'azione concertata;
- Garantire flessibilità nella progettazione e negli obiettivi e le pratiche di progetti e interventi;
- Sviluppare processi appropriati per monitoraggio, revisione e valutazione per consentire ulteriori cicli adattativi;
- Consentire flessibilità nell'allocazione delle risorse per adattarsi ai risultati via via ottenuti e favorire l'avvio di ulteriori cicli adattativi.

Quanto descritto è in linea con le più recenti teorie sull'adattamento trasformativo, inteso come un percorso dinamico che richiede continui processi decisionali iterativi^{iv} in momenti nodali del percorso (Figura 113), che idealmente dovrebbero essere il risultato di processi di apprendimento sociale.^v

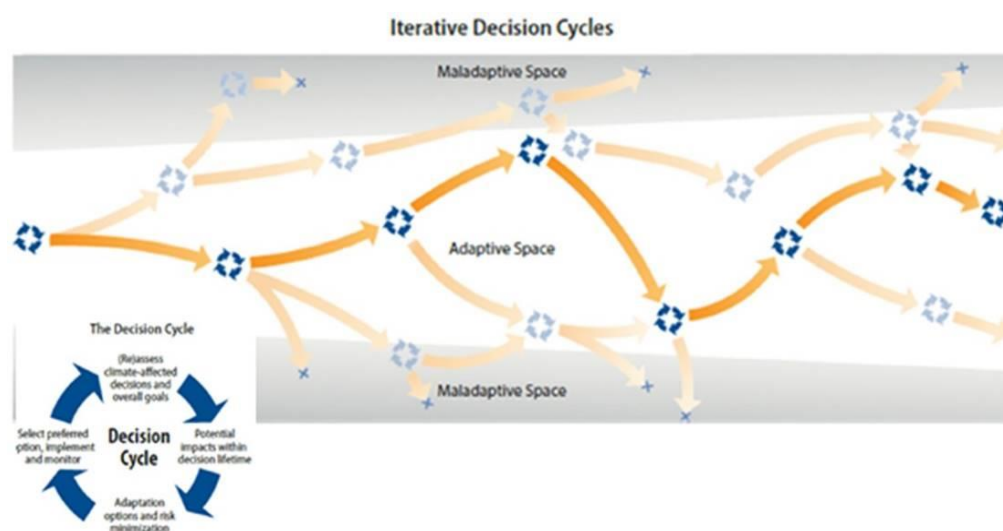


Figura 113 Processo decisionale come processo iterativo (da Andy Reisenger in Wise et al., 2014).

In Figura 113 viene rappresentato il processo decisionale, concettualizzato come un ciclo iterativo basato sulla valutazione delle decisioni su processi influenzati dal clima e sugli obiettivi generali, sui potenziali impatti che si verificano durante il periodo in cui si prende la decisione, sulla minimizzazione dei rischi associati alle opzioni adattative e le selezione di una opzione desiderabile e il relativo monitoraggio. Il processo decisionale viene qui interpretato all'interno di uno o più percorsi che, in relazione alle alternative scelte possono essere adattativi o non adattativi. Perché il percorso rimanga all'interno dei limiti adattativi, è necessario che le decisioni vengano continuamente riviste nel tempo man mano che si impara a riconoscere la natura delle situazioni che dinamicamente evolvono.

4.1.2. Adattamento incrementale, trasformativo e sistemico

La pianificazione dell'adattamento al cambiamento climatico nel breve periodo differisce rispetto a quella relativa al lungo periodo che si caratterizza per crescenti pressioni climatiche e livelli di incertezza.

Nel caso di anomalie climatiche limitate, i segnali di cambiamento sono difficilmente distinguibili in quanto confusi con la naturale variabilità climatica. In queste situazioni è sufficiente migliorare la precisione nella gestione dei rischi già noti, piuttosto che provare a identificare soluzioni completamente nuove (e incerte). Vermeulen et al. (2012) inquadrano questo tipo di adattamento come di tipo **incrementale**, basato sull'esperienza acquisita osservando quanto accaduto in passato in un clima altamente variabile. L'investimento chiave per l'adattamento incrementale è probabilmente il sostegno istituzionale agli attori della società per ampliare il loro portafoglio di strategie, sia nuove che vecchie, per gestire i crescenti rischi climatici.^{vi}

Quando l'anomalia climatica diventa più pressante, potrebbe essere necessario un **adattamento sistemico** o addirittura **trasformativo**. Ad esempio, possono essere necessarie riconfigurazioni dei servizi sociali, delle abitudini dei consumatori e della geografia dei sistemi agricoli e alimentari,^{vii} come già è avvenuto in passato in risposta ai cambiamenti del mercato. Questo tipo di adattamento, trasformativo e sistemico, richiede però una diversa comprensione dell'incertezza. Per esempio, le previsioni climatiche stagionali potrebbero potenzialmente migliorare la gestione del rischio, fornendo informazioni utili per gli investimenti finanziari riguardanti le assicurazioni agricole. Tuttavia, quando l'entità del cambiamento climatico è elevata, l'assicurazione sui rischi diventerà sempre meno efficace e potrebbe rendersi quindi necessario una trasformazione dei sistemi produttivi che va oltre (per esempio, il cambiamento di un sistema colturale - adattamento sistemico) e implica una trasformazione dell'indirizzo produttivo (es. in un allevamento, da produzione di latte a produzione di carne). L'adattamento sistemico, e ancor più quello trasformativo, richiede investimenti anticipati su larga scala nell'ambito delle infrastrutture, nella diversificazione dei mezzi

di produzione, ecc. Queste innovazioni comportano costi ingenti e, in alcuni casi, cambiamenti sociali dirompenti che se non sono equamente distribuiti, possono comportare rilevanti diseguaglianze sociali.^{viii}

I processi di apprendimento sociale di cui si è discusso nel precedente paragrafo diventano ancora più critici per il successo dell'adattamento di tipo trasformativo e sistemico di lungo periodo, rispetto all'innovazione a breve termine che può essere richiesta per un adattamento di tipo incrementale.

ⁱ Termeer et al. 2013.

ⁱⁱ SLIM, 2004.

ⁱⁱⁱ Collins e Ison, 2009.

^{iv} Holling, 1978.

^v Wise et al, 2014.

^{vi} Vermeulen, 2012.

^{vii} Rickards et al., 2012; Kates et al., 2012.

^{viii} Kates et al., 2012.

4.2. Metodologia e criteri utilizzati per l'identificazione delle opzioni di adattamento

Per individuare le priorità di adattamento possono essere seguite tre linee guida concettuali che orientano a livello generale le azioni.¹ In particolare:

1. Creare un **contesto di condizioni opportune** per l'adattamento, agendo sul livello delle regole, delle norme e della gestione dei processi;
2. Creare e **sostenere la capacità di adattamento**, attraverso le conoscenze e le competenze e la loro circolazione, ma anche fornendo i possibili strumenti per la realizzazione dell'adattamento;
3. **Indicare percorsi efficaci di adattamento** integrando tecniche, tecnologie e metodologie, dando priorità alla sostenibilità ecologica ed economica.

A questo proposito, dalle esperienze acquisite nei processi di *governance* in materia di adattamento degli stati membri dell'UE, secondo i principi della Strategia di Adattamento comunitaria (CE, 2013) e come previsto nella Strategia Nazionale di Adattamento al Cambiamento Climatico (SNACC), la proposta di processi di adattamento considera tre tipologie di misure, che sono:

- Le misure *soft* o non-infrastrutturali riguardano sostanzialmente interventi nell'ampliamento delle conoscenze, nella diffusione delle informazioni, nella promozione di azioni di monitoraggio o modifiche nella normativa vigente;
- Le misure *grey* o infrastrutturali indicano interventi tangibili nell'adeguamento o nella progettazione delle infrastrutture necessarie all'adattamento;
- Le misure *green* o ecosistemiche intervengono invece direttamente sull'ambiente per sfruttare i servizi ecosistemici naturali al fine di contenere le pressioni attuali e future dei cambiamenti climatici.

Per chiarezza espositiva e per i riferimenti a strumenti pianificatori, i macro obiettivi di adattamento previsti dal presente documento possono essere suddivisi in due macro categorie.

Un primo gruppo, detto **trasversale**, cioè non riferibile ad un solo specifico settore, è per lo più dedicato alle conoscenze relative al cambiamento climatico, ai modi di produzione di questa conoscenza e alle forme e strumenti per la sua disseminazione tra soggetti diversi.

L'altro gruppo riguarda invece **obiettivi specifici per i settori** identificati, sebbene di fatto tutte le proposte presentate possano essere considerate inter-settoriali, nella

misura in cui un obiettivo apparentemente settoriale di adattamento richiede di fatto co-produzione, cooperazione e il più possibile co-beneficialità tra i vari ambiti.

In quest'ultimo caso, per ciascun macro-obiettivo settoriale, si propongono:

- **obiettivi specifici;**
- una descrizione del macro-obiettivo;
- il livello di consenso degli attori;
- l'evoluzione desiderabile, ovvero le possibili fasi di attuazione e il possibile orizzonte temporale di ciascuna:
 - breve periodo: il periodo compreso tra il 2021 e il 2028;
 - medio periodo: orizzonti temporali tra il 2028 e il 2040;
 - lungo periodo: orizzonti temporali oltre il 2040.

Le indicazioni sugli interventi proposti, che costituiscono uno dei risultati del presente documento sulla Strategia regionale, non vanno intese come “prescrizioni” assolute ma piuttosto rappresentano la base di partenza di successivi approfondimenti, confronti e valutazioni per passi programmatici da definirsi in sinergia e coordinamento con tutti gli attori coinvolti, *in primis* nelle diverse Direzioni Generali della Regione Sardegna.

I macro obiettivi indicati nei paragrafi a seguire possono essere perseguiti attraverso molteplici sforzi operativi e misure, ma ciò che conta realmente sono le modalità messe in atto per raggiungerli, dalle quali dipende l'efficacia di un'azione di adattamento. È importante a questo fine che per declinare nella realtà i macro obiettivi di adattamento, sia trasversali sia settoriali, si sviluppino nuove forme di connessione tra ricercatori, policy makers e coloro che in concreto devono implementare le strategie (implementers). In particolare, sono necessari: i. nuovi tipi di dialogo tra pratiche e forme di conoscenza basate sull'esperienza; ii. consapevolezza dell'importanza e del perché attivare questo tipo di dialoghi; iii. costruzione di una comprensione olistica e condivisa di diversi domini di conoscenza da cui scaturisce l'azione pratica che insieme alle lezioni apprese durante l'attuazione, deve essere a sua volta nuovamente rivista congiuntamente in modo che un ulteriore ciclo adattativo possa iniziare alla luce di nuovi apprendimenti e approfondimenti.ⁱⁱ

ⁱ Regione Lombardia e Fondazione Lombardia per l'Ambiente, 2016.

ⁱⁱ Ison et al., 2011.

4.3. Proposte d'azione e priorità di adattamento

Le proposte di azione che seguono sono state raggruppate in macro-obiettivi per l'adattamento al cambiamento climatico in Sardegna con specifico riferimento ai settori strategici individuati. I macro-obiettivi, le proposte di azione e le relative priorità scaturiscono dal confronto con gli stakeholder (cfr. nota metodologica cap. 2) e tengono conto della valutazione degli impatti (cap. 3) e del parere degli esperti del gruppo di lavoro e degli esperti esterni consultati via via durante il lavoro. I macro-obiettivi sono stati raggruppati in macro-obiettivi strategici trasversali ai settori individuati e specifici per ciascun settore.

4.3.1. Macro-obiettivi strategici trasversali

Come suggerito dal framework delle Nazioni Unite per l'adattamento al cambiamento climatico delle aree costiere mediterranee,ⁱ alcune direttive strategiche (trasversali) sono necessarie per aumentare la resilienza dei sistemi socio economici agli impatti del cambiamento climatico.

Si fornisce qui di seguito una lista non esaustiva di possibili macro-obiettivi strategici trasversali, individuati sulla base degli elementi descritti nei capitoli precedenti, della letteratura specializzataⁱⁱ e tenendo conto dello specifico contesto ambientale e socio-economico della Sardegna. Per ciascun macro-obiettivo si indica la tipologia di adattamento (incrementale, sistemico o trasformativo) e di intervento (soft, gray, green) come definita sopra, il livello di priorità, il possibile orizzonte temporale e il livello di consenso tra gli stakeholder coinvolti nell'indagine descritta nella nota metodologica (capitoli 2 e 4).

Tabella 79 Macro-obiettivi strategici trasversali.

Macro-obiettivo trasversale	Possibili declinazioni
1. Sensibilizzare ed educare a diversi livelli (Sistemico, Priorità alta, breve periodo, alto consenso, Soft) - OT1	1.1 Progettare e facilitare nuovi spazi di apprendimento per il personale delle amministrazioni e agenzie pubbliche e dei manager d'impresa
	1.2 Sensibilizzare e informare i cittadini
	1.3 Coinvolgere gli stakeholder per favorire il comportamento pro attivo della popolazione e delle imprese nella tutela dei beni pubblici (es. servizi antincendio o di protezione civile operati da agricoltori)
	1.4 Investire su <i>lifelong learning</i> per la riqualificazione del personale di amministrazioni pubbliche e imprese private
	1.5 Educare e informare nelle scuole

Macro-obiettivo trasversale	Possibili declinazioni
	1.6. Progettare e gestire nuovi spazi di apprendimento sociale a diversi livelli Esempi: associazioni di imprese, amministrazioni pubbliche, agenzie ed enti di ricerca, associazioni di volontariato e ONG
2. Promuovere un quadro istituzionale e politico appropriato, caratterizzato da aumentata consapevolezza e coinvolgimento degli stakeholder e da forme avanzate di cooperazione e formazione (Trasformativo, Alta priorità, breve-medio periodo, Alto consenso, Soft) - OT2	2.1. Accrescere la consapevolezza e il coinvolgimento di stakeholder chiave per l'adattamento al clima
	2.2. Promuovere un approccio regionale alla gestione dei rischi di catastrofi
	2.3. Migliorare l'attuazione e l'efficacia di politiche di adattamento attraverso continui processi di monitoraggio e revisione
	2.4. Integrare l'adattamento al clima nei piani locali per la protezione e la gestione di aree di interesse speciale
	2.5. Integrare l'adattamento nelle regolamentazioni in materia di valutazione di impatto ambientale, valutazione ambientale strategica e valutazione d'incidenza.
3. Identificare necessità di adattamento e best practices (Sistemico, Alta priorità, breve periodo, alto consenso, Soft) – OT3	3.1. Sviluppare manuali di <i>best practice</i> per l'adattamento effettivo e sostenibile agli impatti del cambiamento climatico
	3.2. Promuovere <i>mainstreaming</i> , scambio e adozione di best practices (es. sulla sicurezza)
4. Promuovere l'accesso a meccanismi finanziari già esistenti o nuovi coerenti con le necessità di adattamento al cambiamento climatico, inclusi strumenti internazionali e locali (Sistemico, Alta priorità, breve-medio periodo, alto consenso, Soft) – OT4	4.1. Dare priorità alla spesa pubblica relativa all'adattamento al clima e mobilitare fonti nazionali di finanziamento ad hoc
	4.2. Facilitare l'accesso a fonti di finanziamento internazionali
	4.3. Costruire alleanze con settori bancari e assicurativi
5. Promuovere l'adozione di sistemi decisionali informati dalla ricerca e cooperazione scientifica e dalla disponibilità e uso di dati affidabili, informazioni e strumenti (Sistemico-trasformativo, Alta priorità, breve	5.1. Migliorare la comprensione della vulnerabilità dei sistemi naturali e socioeconomici, dei settori e dei possibili impatti
	5.2. Aumentare la capacità d'uso di valutazioni di vulnerabilità e rischio a scala regionale e locale
	5.3. Rafforzare l'interfaccia scienza-politica e l'accessibilità a dati e conoscenza

Macro-obiettivo trasversale	Possibili declinazioni
periodo, alto consenso, Soft) – OT5	5.4. Sviluppare sistemi informativi regionali ambientali (es. clima, suoli, uso del suolo, gestione) a un elevato livello di risoluzione spaziale e ad alta accessibilità, coerente con le strategie di gestione adattativa. Esempi: - dati meteo (real time) e climatici (serie storiche) spazializzati ad alta risoluzione - carta dei suoli ad alta risoluzione (es. 1:5.000) - uso del suolo aggiornato ad alta risoluzione - strati informativi associati alle pressioni e rischi climatici
6. Migliorare la capacità di progettare, realizzare e gestire (manutenzione e rinnovamento) infrastrutture strategiche materiali e immateriali (ICT) (Sistemico, Priorità alta, breve-medio periodo, alto consenso, Soft) – OT6	6.1. Promuovere la realizzazione di infrastrutture immateriali: open access dei dati, sistemi informativi, digitalizzazione della PA 6.2. Promuovere la realizzazione di infrastrutture materiali: migliorare l'efficacia di progettazione e realizzazione di infrastrutture tecniche (es. miglioramento delle procedure amministrative per l'esecuzione di opere infrastrutturali)
7. Sviluppo e attuazione di nuove politiche dedicate all'adattamento al cambiamento climatico (Trasformativo, Alta priorità, breve periodo, alto consenso, Soft) – OT7	7.1. Aumentare la sicurezza dei cittadini e delle imprese più esposti. Esempi: - Prevenire i rischi sanitari associati alle filiere agroalimentari (es. monitoraggio di micotossine negli alimenti) - Prevenire i rischi ambientali anche attraverso la piena attuazione dei piani territoriali esistenti (es. PAI, PFRA) e la promozione di specifiche politiche per la gestione integrata delle risorse idriche a scala di distretto o di bacino (es. contratti di fiume) anche in partnership con i privati 7.2. Aumentare la competitività delle imprese. Esempi: - Promuovere la qualificazione, riconoscibilità e tracciabilità di prodotto - Incentivare le iniziative private finalizzate all'adattamento - Incentivare comportamenti volontari coerenti con le iniziative di educazione formazione sensibilizzazione, che facilitino l'attuazione di leggi già esistenti finalizzate alla tutela e alla prevenzione dei rischi ambientali (es. piani territoriali relativi al rischio idrogeologico o alla gestione forestale)
8. Investire sulla innovazione tecnologica e digitale (Sistemico, Alta priorità, breve-medio periodo, alto consenso, Soft) – OT8	8.1 Sviluppare piattaforme digitali per la condivisione di dati e informazioni ambientali provenienti da diverse fonti (es. sensori satellitari, sensori prossimali, monitoraggio puntuali)

Macro-obiettivo trasversale	Possibili declinazioni
9. Internazionalizzare le attività economiche (Sistemico-trasformativo, Alta priorità, medio periodo, alto consenso, Soft) – OT9	8.2 Incentivare la digitalizzazione delle procedure amministrative regionali a tutti i livelli
	8.3 Incentivare l'adozione di tecnologie che favoriscono la condivisione di dati (es. agricoltura di precisione)
	9.1. Facilitare lo sviluppo di progettualità strategica interregionale con paesi mediterranei
	9.2. Incentivare la ricerca di nuovi mercati a scala internazionale
	9.3. Incentivare lo sviluppo di iniziative di cooperazione internazionale a favore di imprese e del sistema della formazione
	9.4. Facilitare gli scambi di esperienze tra imprese e tra istituzioni pubbliche (stile progetto Erasmus)

4.3.2. Macro-obiettivi specifici di settore

Le tabelle che seguono riportano in forma schematica, come fatto per gli obiettivi trasversali, i macro-obiettivi specifici dei settori strategici. In questo caso, vista la stretta connessione tra macro-obiettivi specifici per sotto-settori, si è optato per raggrupparli nel seguente modo:

- Acque interne (usi civili e agricoli)
- Agricoltura e allevamento
- Foreste
- Rischio idrogeologico

Per ciascun settore sono stati elencati una serie di macro-obiettivi e sono stati indicati, così come fatto per i macro-obiettivi trasversali, il livello di adattamento (incrementale, sistemico o trasformativo), il tipo di misure (Grey, Green Soft) e sono state fornite indicazioni di massima sul livello di priorità, la tempistica e il livello di consenso rilevato nella interlocuzione intrapresa con stakeholder ed esperti. Alcuni macro-obiettivi sono stati declinati in obiettivi ancor più specifici che potrebbero facilmente essere tradotti in un piano di azione, esigenza questa emersa dalle prime riunioni con il gruppo di lavoro Università-Regione. In alcuni casi, sono stati proposti approfondimenti specifici, che offrono un'idea di come i macro-obiettivi possano essere declinati in dettaglio.

Si tratta di un paragrafo relativamente eterogeneo per come è stato redatto, per il diverso livello di approfondimento con il quale sono stati affrontati i diversi temi. Infatti questo rappresenta una prima base di confronto, che scaturisce dalla integrazione di tutte le interlocuzioni intraprese con gli esperti del gruppo di lavoro, esperti esterni e stakeholder coinvolti nell'analisi SWOT (vedi nota metodologica dell'analisi SWOT). Si ritiene che questo possa aiutare ad avviare un dibattito più approfondito sui singoli temi, da cui far scaturire progetti partecipativi di percorsi di adattamento in linea con quanto indicato nella nota metodologica del cap. 4. Trattandosi di processi di adattamento dinamico, quanto riportato rappresenta un work in progress per definizione, dal quale però emergono spunti sufficienti a informare strategie e piani di azione efficaci per l'adattamento al cambiamento climatico in Sardegna nei settori strategici.

4.3.2.1. Acque interne (usi civili e agricoli)

Tabella 80 Macro-obiettivi specifici per il settore Acque interne (usi civili e agricoli).

Macro-obiettivo specifico	Possibili declinazioni
1. Sensibilizzare ed educare alla gestione sostenibile dell'acqua (Sistemico, <i>Soft</i> , alta priorità, breve-medio periodo, alto consenso) – OSS1-AI	1.1. Promuovere esempi virtuosi sul risparmio idrico negli enti pubblici (es. scuole)
	1.2. Sensibilizzare le imprese del settore turistico (es. Bar, ristorazione, alberghi)
	1.3. Promuovere iniziative di sensibilizzazione ed educazione dei cittadini
	1.4. Promuovere iniziative di sensibilizzazione ed educazione degli agricoltori
	1.5. Promozione di nuovi spazi (anche con strumenti e-learning facilitati) per la formazione specialistica rivolta a progettisti edili, imprese edili, rivenditori e produttori di materiali per l'idraulica, progettisti e tecnici in agricoltura e operatori del verde urbano
	1.6. Incentivare forme di certificazione ambientale per le attività economiche (EMAS, Ecolabel ecc.)
2. Migliorare le infrastrutture idriche (sistemico, <i>Grey + Green</i> , alta priorità, breve-medio periodo, alto consenso) – OSS2-AI	2.1. Ammodernare, mantenere efficienti le reti idriche
	2.2. Monitorare le perdite in rete in tempo reale con tecnologie aggiornate
	2.3. Riparare le reti in modo tempestivo
	2.4. Programmare le manutenzioni delle infrastrutture idriche in modo sistematico
	2.5. Incentivare il reimpiego di acque reflue depurate in agricoltura

Macro-obiettivo specifico	Possibili declinazioni
3. Migliorare la governance dell'acqua (Trasformativo, <i>Soft</i> , alta priorità, breve periodo, medio consenso) – OSS3-AI	2.6. Adottare tecnologie avanzate per il risparmio idrico, il monitoraggio delle perdite in tempo reale, il monitoraggio remoto e prossimo dei consumi idrici in agricoltura, il monitoraggio e la mappatura delle reti ecc.
	2.7. Incentivare le infrastrutture per l'irrigazione di precisione e di altre tecnologie che migliorino l'efficienza dell'irrigazione in agricoltura
	2.8. Completare i collegamenti interbacino
	2.9. Abbattere i consumi e i costi energetici per il sollevamento dell'acqua nei consorzi di bonifica e del Sistema Idrico Multisetoriale Regionale
	2.10. Migliorare l'efficacia degli impianti di depurazione fognaria soprattutto in aree caratterizzate da elevati flussi turistici stagionali
	3.1. Facilitare la realizzazione di sinergie e la prevenzione/mediazione dei conflitti tra agenzie regionali, ABBANOA, Comuni e Consorzi di bonifica e altri stakeholder a scala regionale (Alta priorità, breve periodo, medio consenso)
	3.2. Facilitare la realizzazione di sinergie e la prevenzione/mediazione dei conflitti tra stakeholder privati e pubblici a scala di bacino attraverso la sperimentazione e la diffusione di nuovi strumenti normativi come i Contratti di Fiume
	3.3. Potenziare i servizi idro-meteo-climatici
	Esempi:
	- Potenziare il servizio di previsioni agrometeorologiche finalizzato a minimizzare i consumi idrici (es. previsioni stagionali) - Promuovere azioni formative per gli utenti potenziali dei servizi, inclusi i rivenditori di mezzi di produzione - Migliorare l'accesso a dati e informazioni climatiche e meteorologiche sul web - Adottare applicazioni tecnologiche e strumenti per il supporto alle decisioni in agricoltura sull'uso sostenibile dell'acqua irrigua

Macro-obiettivo specifico	Possibili declinazioni
4. Assicurare elevati standard di qualità dell'acqua delle reti idropotabili (Sistemico, <i>Soft+Grey+Green</i> , breve-medio periodo, medio-alto consenso) – OSS4-AI	4.1. Migliorare la qualità dell'acqua in ingresso ai potabilizzatori con conseguente riduzione dei costi di potabilizzazione Esempi: - Monitorare (<i>Soft</i>) e migliorare la qualità dell'acqua dei corpi idrici superficiali, in particolare quelli che alimentano gli invasi da cui si fanno prelievi per uso idropotabile (Alta priorità, medio periodo, alto consenso) - Monitorare la temperatura superficiale dell'acqua negli invasi al fine di sviluppare strumenti di <i>early warning</i> (<i>Soft</i>) - Prevenire le crisi idriche associate all'aumento delle temperature dell'acqua negli invasi (medio periodo, medio consenso, <i>Soft+Green</i>) - Migliorare l'efficacia di depurazione dei reflui urbani con particolare riguardo ai depuratori ubicati a monte degli invasi da cui si attinge acqua da potabilizzare, in particolari in aree caratterizzate da flussi turistici stagionali - Incentivare usi del suolo conservativi nei distretti a monte degli invasi per ridurre il carico di nutrienti potenzialmente lisciviabili (medio periodo)
	4.2 Aggiornare le tecnologie per la potabilizzazione dell'acqua
	4.3 Valorizzare le risorse idriche sotterranee per usi idropotabili
	5.1. Promuovere la quantificazione delle risorse idriche sotterranee (Alta priorità, lungo periodo, medio consenso, <i>Soft</i>)
5. Aumentare la resilienza del sistema idrico regionale ai cambiamenti climatici (Trasformativo, <i>Soft + Grey + Green</i>) – OSS5.AI	5.2. Promuovere il monitoraggio e migliorare/conservare la qualità dell'acqua di acquiferi potenzialmente utilizzabili in caso di necessità, ad esempio zone potenzialmente vulnerabili da nitrati (Alta priorità, medio periodo, medio consenso, <i>Soft</i>)
	5.3. Realizzare dissalatori (Bassa priorità, lungo periodo, basso consenso)

Macro-obiettivo specifico	Possibili declinazioni
6. Definire priorità strategiche per la ricerca scientifica nel settore agro-zootecnico (sistemico-trasformativo, Soft) – OSS6-AI	6.1. Ricerca su nuove tecnologie (Alta priorità, breve-medio periodo, alto consenso) Esempi di linee di ricerca: - Aumento della resilienza dei sistemi colturali e di allevamento alla siccità - Miglioramento dell'efficienza d'uso dell'acqua e riduzione degli sprechi - Irrigazione di precisione - Previsione meteo stagionali + sistemi di supporto alle decisioni - Modelli matematici di nuova generazione accoppiati a tecnologie satellitari e digitali per la gestione sostenibile delle risorse idriche - Miglioramento genetico vegetale e animale per la tolleranza alle alte temperature e alla siccità, valorizzazione di germoplasma locale - Impronta idrica delle filiere agroalimentari - Energie rinnovabili per il sollevamento dell'acqua - Fonti idriche non convenzionali - Nuovi strumenti per il monitoraggio, misurazione, modellizzazione - Strumenti per la gestione sostenibile delle risorse idriche sotterranee - Tecnologie per il trattamento e riuso delle acque reflue, la desalinizzazione e lo stoccaggio di risorse idriche nel sottosuolo - Tecnologie avanzate per il monitoraggio in tempo reale delle perdite in rete
	6.2. Ricerca su Governance Esempi di linee di ricerca: - Miglioramento della governance e dell'efficienza economica nella gestione dell'acqua - Sviluppo di modelli attuativi delle politiche efficaci sulla gestione delle risorse idriche - Governance partecipativa dell'acqua a scala di bacino - Sviluppo di nuovi assetti istituzionali coordinati e intersettoriali (es. energia, agricoltura, ambiente) - Innovazione nel sistema di tariffe e sussidi legati all'acqua

4.3.2.2. Agricoltura e Allevamento

Tabella 81 Macro-obiettivi specifici per il settore Agricoltura e Allevamento.

Macro-obiettivo specifico	Possibili declinazioni
1. Sensibilizzare ed educare all'adattamento al cambiamento	1.1. Informare e sensibilizzare gli agricoltori sul cambiamento climatico (<i>learning to perceive</i> , Nguyen et al 2016) (Alta priorità, breve-medio periodo, alto consenso)

Macro-obiettivo specifico	Possibili declinazioni
climatico in agricoltura (Sistemico, Soft) – OSS1-AA	1.2. Produrre documentazione informativa su base scientifica sugli impatti attesi dal cambiamento climatico a scala di distretti rurali dell'isola e per le diverse tipologie aziendali Esempi: - Sviluppare strumenti modellistici previsionali di nuova generazione - Sviluppare strumenti di supporto alle decisioni in grado di produrre opzioni ritagliate sulle specifiche condizioni pedo-climatiche e gestionali delle singole aziende
2. Sviluppare nuovi servizi per facilitare l'adattamento di sistemi colturali e di allevamento al cambiamento climatico– OSS2-AA	2.1 Creare database open access ad alta risoluzione sui suoli agrari della Sardegna
	2.2 Sviluppare servizi agrometeorologici, di previsioni stagionali e di scenari climatici ad alta risoluzione ad alta accessibilità di dati e informazioni, associati a tutorial ad elevata accessibilità
	2.3 Creare osservatori ecosistemici di lunga durata "sul campo" per il monitoraggio della gestione agronomica, della risposta delle diverse specie e varietà di colture al cambiamento climatico in termini di fenologia, rese, resistenza a fitopatie e fitofagi, parametri produttivi ed ecofisiologici. Gli osservatori potrebbero fornire dati sulle dinamiche dei suoli e del clima, in ambienti rappresentativi delle diverse realtà rurali dell'isola Esempio: Un esempio che può essere utilizzato come riferimento è quello dei dati pedologici contenuti nel database <i>Soil Survey Geographic Database</i> (SSURGO) messi a disposizione dal <i>United State Department of Agriculture - Natural Resources Conservation Service</i>. Gli osservatori "sul campo" consentirebbero la creazione di database regionali ad alta risoluzione sulle tecniche in uso per la gestione agronomica delle coltivazioni, a supporto delle previsioni di resa e delle strategie di adattamento, il monitoraggio sistematico delle fitopatie e dell'incidenza di fitofagi per le principali colture, lo sviluppo di strumenti modellistici ad alta risoluzione per lo sviluppo di servizi a scala aziendale, il monitoraggio dello stato sanitario degli animali

Macro-obiettivo specifico	Possibili declinazioni
	2.4 Sviluppare servizi e strumenti di supporto alle decisioni per l'adattamento della tecnica agronomica e di allevamento (alimentazione, gestione degli animali) alle nuove pressioni climatiche (incrementale e sistemico, Soft+Green, alta priorità, breve-medio periodo, alto consenso) Esempi: - Sviluppare nuovi servizi per l'irrigazione sito-specifici: - o Estendere la disponibilità di acqua per l'irrigazione di soccorso ad almeno 9 mesi all'anno (marzo-novembre) anche in aree non servite dai consorzi - o Sviluppare servizi specifici a scala di distretto per l'irrigazione di soccorso - Produrre materiali di propagazione e sementi adattate alle specifiche condizioni pedoclimatiche dei diversi distretti rurali regionali, anche valorizzando il germoplasma locale - Sviluppare servizi a supporto delle scelte sulla gestione sostenibile della fertilizzazione soprattutto in zone vulnerabili da nitrati - Sviluppare servizi per l'agricoltura di precisione - Potenziare i servizi per la gestione integrata di fitofagi, parassiti e malerbe - Potenziare i servizi fitosanitari e zooprofilattici anche in porti e aeroporti - Sviluppare servizi a supporto di sistemi foraggeri sostenibili in particolare nelle zone non servite dall'irrigazione
	2.5 Sviluppare servizi dedicati al miglioramento genetico di colture e animali in produzione zootecnica per i seguenti aspetti (Incrementale e sistemico, Alta priorità, medio-lungo periodo, alto consenso, Soft+Green). Esempi: - tolleranza ad alte temperature e siccità - resistenza a fitofagi e parassiti - resistenza a eventi estremi - valorizzazione del germoplasma locale (razze animali autoctone, ecotipi vegetali locali) - miglioramento genetico delle razze rustiche locali bovine e suine basato su caratteri funzionali e non solo morfologici e genealogici
	2.6 Favorire il miglioramento della tecnologia per la gestione di specifiche tipologie di sistemi colturali (Alta priorità, medio periodo, alto consenso, Soft) Esempi: - sviluppare servizi a scala di distretto per aumentare la disponibilità di strumenti tecnologici per l'agricoltura conservativa (es. servizi condivisi per rendere disponibili attrezzature per la semina su sodo di precisione, oggi rari nelle aziende) - sviluppo di servizi a scala di distretto per l'agricoltura biologica (es. monitoraggio parassiti, servizi fitosanitari)

Macro-obiettivo specifico	Possibili declinazioni
3. Sviluppare politiche efficaci per l'adattamento al cambiamento climatico cfr. Box 3 (Sistemico, Soft, Alta priorità, breve periodo, alto consenso) – OSS3-AA	3.1 Rimodulare le modalità attuative delle politiche di sviluppo rurale per favorire la progettazione bottom-up a diversa scala Esempi: - Allineare e integrare gli strumenti informatici di gestione dei sussidi, che al momento ritardano i pagamenti - Sviluppare strumenti integrati per il coordinamento delle risposte adattative tra diversi soggetti pubblici e privati - Sviluppare misure che favoriscano la progettualità “dal basso” di soluzioni ritagliate sulle specifiche esigenze locali (coinvolgimento e formazione di professionisti) - Favorire la sussidiarietà dei privati nell'affrontare le crisi (es. attrezzando le aziende agricole per far fronte a incendi e alluvioni) - Facilitare la progettualità che valorizzi le sinergie tra diversi distretti rurali per la valorizzazione delle complementarità es. tra zone estensive (es. sistemi agropastorali di collina e montagna) e zone irrigue intensive (es. interscambio di prodotti, aggregazione di offerta e acquisto di mezzi di produzione)
	3.2 Sviluppare politiche incentivanti l'adozione di strategie di adattamento Esempi: - Aumentare la diversificazione colturale a scala aziendale e di distretto e gli accordi agro-climatico-ambientali d'area (es. per la lotta integrata ai fitofagi) - Aumentare l'auto approvvigionamento foraggero da parte delle aziende agro-zootecniche attraverso la produzione regionale di cereali e proteine vegetali in alternativa all'importazione - Migliorare la sostenibilità ambientale (es. riciclo dei nutrienti) delle produzioni zootecniche - Favorire l'aggregazione e riorganizzazione strutturale delle aziende zootecniche per aumentare l'efficienza d'uso delle risorse - Valorizzare le risorse locali con allevamento di razze rustiche locali di bovini da carne alimentati “all'erba” - Favorire la diversificazione delle risorse foraggere attraverso la valorizzazione agronomica dei pascoli permanenti e lo sviluppo di sistemi foraggeri basati su risorse locali - Sviluppare politiche di sviluppo rurale all'interfaccia rurale-urbano - Incrementare la produzione di suino <i>plén air</i> in condizioni controllate per ridurre i consumi idrici e aumentare la qualità
	3.3 Sviluppare strumenti integrati per la gestione del rischio in agricoltura
	3.4 Potenziare la tracciabilità dell'origine del prodotto e il contrasto all'agro-pirateria
	3.5 Programmare e governare le produzioni nel settore ovicaprino e la diversificazione dei prodotti lattiero caseari ovicaprini, anche attraverso la destagionalizzazione

Macro-obiettivo specifico	Possibili declinazioni
4. Innovare la governance per lo sviluppo del settore agricolo e zootecnico (Trasformativo, <i>Soft</i> , alta priorità, medio periodo, alto consenso) – OSS4-AA	4.1. Sviluppare nuovi processi facilitati per incentivare la progettualità “dal basso” e la semplificazione delle procedure di accesso ai sussidi (Box 3) Esempi: - Creare nuovi spazi di apprendimento e condivisione delle priorità tra decisori politici, associazioni di agricoltori/allevatori, ricercatori, tecnici ed esperti dell’assistenza tecnica - Sviluppare un programma strategico di sviluppo dell’agricoltura sarda, condiviso tra decisori politici, imprese e loro rappresentanze, tecnici e ricercatori del comparto, con individuazione di obiettivi strategici a medio e lungo termine, del ruolo dei diversi attori impegnati nel processo, degli strumenti finanziari e strumentali necessari, delle fasi intermedie di valutazione/confronto/revisione. - Aumentare la flessibilità per favorire una progettazione ben ritagliata sulle specificità ambientali e socio-economiche locali
5. Definire priorità strategiche per la ricerca scientifica in ambito agro-zootecnico (Sistemico-Trasformativo, <i>Soft</i>) – OSS5-AA	5.1. Sviluppare ricerca applicata con approcci integrati e interdisciplinari (Alta priorità, medio periodo, alto consenso) Esempi di linee di ricerca strategiche: - Implicazioni economiche delle risposte adattative dell’agricoltura sarda ai cambiamenti climatici - Impatti e risposte adattative per tipologia di impresa e di sistema agrario - Zootecnica di precisione per il miglioramento dell’efficienza delle risorse - Risposta fisiologica adattativa agli stress termici degli animali in produzione zootecnica - Nuove opzioni in termini di specie/cv e di tecnica agronomica, incluse le tecniche di agricoltura di precisione - Nuove opzioni adattative per l’allevamento, il benessere e la salute degli animali in produzione zootecnica in termini di specie, razza e tecnica di gestione, alimentazione in condizioni di stress, gestione dello stato sanitario - Gestione integrata dei parassiti in ambito agronomico e zootecnico - Monitoraggio e gestione integrata delle piante esotiche invasive - Conservazione della biodiversità vegetale, animale e microbica - Sicurezza sanitaria degli alimenti più soggetti alla contaminazione di micotossine per effetto della maggiore incidenza di fitofagi e parassiti - Tecnologie alimentari per la valorizzazione delle produzioni locali, inclusa la trasformazione di prodotti ottenuti da nuovi sistemi produttivi più adatti alle pressioni attese dal cambiamento climatico - Strumenti di pianificazione partecipata in ambito rurale

Macro-obiettivo specifico	Possibili declinazioni
6. Internazionalizzare il sistema agro-zootecnico della Sardegna (Sistemico, <i>Soft</i> , Alta priorità, medio periodo, medio consenso) – OSS6-AA	6.1. Sviluppare progettualità e strategie concertate tra paesi mediterranei con problematiche simili. Esempi: - Sviluppare accordi di mercato internazionali (es. Corsica, Nord Africa, Spagna) - Aggregare l'offerta e l'acquisto di materie prime (es. Coop, OP) - Sviluppare sinergie sulla complementarità delle risorse (es. produzione di materiali di propagazione/riproduzione) 6.2. Sviluppare progettualità strategica di cooperazione internazionale allo sviluppo, tenendo conto delle complementarità associate alle pressioni climatiche

Box 3 Migliorare l'efficacia delle politiche dello sviluppo rurale.^[1]

I periodi di [programmazione](#) 2007-2013 e 2014-2020 ancora in corso affidano al secondo pilastro finalità che possono ricondursi alle sfere ambientale-paesaggistica e della competitività delle imprese agricole, nonché al miglioramento della qualità della vita e alla promozione della diversificazione produttiva. Entrambi gli obiettivi devono ricondursi al più ampio traguardo del rafforzamento della [coesione economica e sociale](#), da perseguire attraverso un approccio strategico.

Nonostante la politica di sviluppo rurale, come oggi la conosciamo, sia una politica ormai roduta e dotata di ingenti risorse finanziarie, sono ancora molte le ombre e le critiche sollevate dagli addetti ai lavori sulla dubbia efficacia di tale politica nel raggiungimento degli obiettivi prefissati.

Alla politica di Sviluppo rurale va, sicuramente, riconosciuto e apprezzato l'imponente lavoro di definizione delle strategie nazionali attraverso i documenti di cornice, sia comunitari che nazionali, alla redazione dei programmi regionali di sviluppo rurali. Inoltre, con riferimento ai PSR regionali, va certamente riconosciuta la buona, e talvolta eccellente, qualità dell'analisi e lo sforzo generalmente compiuto nell'individuare soluzioni appropriate e originali nella precisazione degli obiettivi, nel disegno delle politiche e nella ripartizione delle risorse di spesa. Per quanto concerne i contenuti delle politiche, va anche particolarmente apprezzato lo sforzo compiuto nella ricerca di soluzioni mirate e selettive per l'individuazione dei soggetti e dei progetti da finanziare.

A fronte di indiscussi meriti, restano comunque molte ombre nella realizzazione della politica di sviluppo rurale e nella sua effettiva efficacia nel raggiungimento degli obiettivi.

Tra le ombre dell'esperienza realizzata in materia di secondo pilastro della PAC, sia nel precedente che nell'attuale periodo di programmazione, vanno ricordati innanzitutto i tempi eccessivamente lunghi che l'avvio del processo ha richiesto, tanto da potersi affermare che la politica di sviluppo rurale 2014-2020 in Italia sia effettivamente partita solo nel 2016. È questo un problema che deriva in prima battuta dalle complesse procedure imposte da Bruxelles, i cui tempi di approvazione del quadro normativo necessario all'implementazione della politica di sviluppo rurale ha richiesto nell'attuale ciclo di programmazione tempi esageratamente lunghi.

Indubbiamente poi in Italia, dove le competenze in materia di sviluppo rurale sono in capo alle Regioni e alle Province autonome, si sono dovuti redigere altrettanti PSR, i cui tempi di redazione e successiva approvazione da parte della Commissione hanno contribuito a dilatare i tempi di avvio. Le difficoltà attuative, particolarmente evidenti in molte regioni inclusa la Sardegna, hanno aggravato il ritardo nell'implementazione e nell'avanzamento dei programmi. In effetti, come testimoniano i dati sulla

spesa effettivamente sostenuta nell'attuale ciclo di programmazione, sono molte le Regioni che registrano un avanzamento di spesa incostante sebbene sufficiente a scongiurare i rischi del disimpegno automatico ma lontano dal raggiungimento di avanzamenti di spesa che possano essere definiti virtuosi.

Non si può però non rilevare come l'erogazione di fondi e il pagamento di premi o indennità con ritardo di diversi anni rispetto al tempo in cui viene presentata la domanda di sostegno da parte del beneficiario, abbassi notevolmente la forza incentivante dell'intervento pubblico.

Un'altra ombra della programmazione dello sviluppo rurale può essere individuata nella estrema differenza che a volte si percepisce nella lettura comparata della parte dedicata all'analisi dei problemi dello sviluppo rurale rispetto a quella dedicata all'individuazione delle politiche e al loro disegno.

Da una parte, infatti, l'analisi di contesto e la strategia indicata nei Programmi di sviluppo rurale individua e raccomanda l'adozione di strategie improntate alla concentrazione delle risorse su pochi e ben delimitati obiettivi e, conseguentemente, rimanda all'adozione di criteri di esclusione e selezione particolarmente stringenti sia dal punto di vista territoriale, settoriale, che delle tipologie di beneficiari (generalmente sottolineando la necessità di privilegiare gli imprenditori e le imprese o i soggetti e le aree con maggiori svantaggi).

Per contro, nella successiva traduzione delle politiche in bandi, questa tensione in genere si attenua e quegli orientamenti fanno i conti con spinte meramente distributive e con l'azione delle organizzazioni di interessi, prevalentemente orientate ad allentare i criteri di selezione fino a far comprendere tra i possibili beneficiari dell'intervento tutti i soggetti e tutti i territori sminuendo il principio stesso della programmazione.

Indubbiamente, questa prassi trova sostegno nella preoccupazione assolutamente prioritaria di numerose Regioni a spendere rapidamente tutti i fondi a disposizione che, di fronte al rischio di lasciarli inutilizzati, finisce con il prevalere sull'obiettivo di spenderli in modo efficiente ed efficace.

Questa spinta, rafforzata naturalmente dai citati ritardi nella fase di avvio e di implementazione della politica di sviluppo rurale, ha indubbiamente avuto il suo peso sia nella scelta della distribuzione dei fondi a disposizione tra le diverse politiche e misure, sia nella decisione su quali misure dovessero essere attivate prioritariamente nel corso del tempo. A questo riguardo, l'esperienza ormai conclusa del 2007-2013 e quella ancora in corso del 2014-2020, ha generalmente mostrato come si siano privilegiate subito quelle politiche alle quali è associata maggiore spesa e le politiche più facili e più tradizionali ma allo stesso tempo meno strategiche e innovative. Nell'attuale ciclo di programmazione un ruolo importante viene giocato dalle misure già presenti nel menu del precedente PSR, le così dette misure di trascinamento, che hanno garantito il raggiungimento di livelli di spesa sufficienti a scongiurare il disimpegno procrastinando, al contempo, l'attivazione e l'avvio di misure nuove e più innovative.

È sulla base di questi caratteri di fondo che, nella generalità delle Regioni, le politiche agro-ambientali in primo luogo, e subito dopo quelle strutturali e forestali sono state privilegiate rispetto a tutte le altre. Sono invece rimaste indietro, spesso con significativi ritardi, le politiche per la formazione e l'assistenza tecnica, per il ricambio generazionale, per l'innovazione e la cooperazione per l'innovazione, per la qualità alimentare, per la diversificazione e la qualità della vita.

Un altro problema è quello dello scarso coordinamento a livello interregionale e tra Regioni e Stato. L'attuazione di una stessa misura può apparire estremamente diversificata tra una Regione e l'altra in termini di criteri di selezione, ammontare dei premi concessi e tempi di istruttoria. Una difficoltà di coordinamento esiste anche nel rapporto tra la politica di sviluppo rurale e le altre politiche (europee, nazionali, regionali o anche locali) indirizzate alle aree rurali.

I limiti e le carenze della politica di sviluppo rurale sono stati evidenziati da Pulina (2018) impiegando gli indicatori di spesa, di risultato e di impatto relativi ai [Psr](#) delle regioni italiane, così come raccolti dalla [Rete Rurale Nazionale](#). L'intento della ricerca condotta da Pulina (2018) è verificare ex post l'efficacia e l'efficienza dell'azione politica profusa dalle [autorità di gestione](#) con riferimento ai periodi di programmazione 2007-2013 e formulare conseguenti considerazioni in chiave di prospettiva. L'esame degli indicatori di spesa circa l'uso delle risorse finanziarie dell'Unione, dello Stato e delle Regioni italiane nel periodo di [programmazione](#) concluso dimostra in maniera inconfutabile come la [programmazione](#) e l'esecuzione delle misure sia stata pressoché indistintamente efficiente, a testimonianza di una preoccupazione prioritaria nei confronti del trasferimento delle risorse stanziato allo scopo. Tale esito merita una riflessione al confronto con quello suggerito dagli altri indicatori, di risultato e di impatto. In questo caso, si può verificare che, mentre dei 315 indicatori di risultato dei 21

[Psr](#) regionali solo 112 (pari al 35%) denotano politiche regionali che hanno conseguito prestazioni in linea con quanto programmato, allo stesso modo le ricadute ripromesse nel lungo periodo, ed espresse dagli indicatori di impatto, risultano soddisfatte per il 34% dei casi, corrispondenti a 43 su 126 indicatori.

La lettura congiunta degli indicatori di spesa, di risultato e di impatto rivela dunque una marcata dicotomia tra la componente prettamente amministrativa e quella funzionale, che rivela come la [programmazione](#) operativa delle politiche per lo sviluppo dei territori rurali sia nei fatti derubricata a politica di spesa, nella quale la componente della rendicontazione dei trasferimenti finanziari, che pure avviene in modo irregolare e con ritardo tale però da non degenerare in disimpegno delle risorse, è dominante, mentre le ricadute dell'azione sul benessere delle popolazioni locali e nel territorio nel breve e nel lungo periodo risultano a maggior ragione deludenti, proprio alla luce della pressoché piena capacità di spesa rivelata.

Strategie di adattamento e raccomandazioni per il prossimo periodo di programmazione

Alla luce di quanto detto nei paragrafi precedenti, seppure in maniera necessariamente sintetica, è possibile stilare una serie di raccomandazioni da intendere non come prescrizioni ma come obiettivi verso i quali tendere in un'ottica di adattamento e di evoluzione migliorativa della politica di sviluppo rurale della regione Sardegna. È in tale chiave che si ritiene opportuno evidenziare alcuni fattori critici che giocano un ruolo determinante nell'attuazione del Programma e nel raggiungimento dei suoi obiettivi. Di tali fattori critici si dovrà tenere conto in futuro in un'ottica di più efficace implementazione della programmazione 2020-2027 oramai alle porte:

1) Il PSR 2007-2013 della Sardegna, e sembra si possa dire lo stesso per il PSR 2014-2020, ha incontrato innegabili problemi nell'avvio delle **procedure di attuazione**. Il valutatore indipendente (valutazione ex post, 2016) è stato più volte chiamato ad analizzare ed approfondire – soprattutto con riferimento alle misure ad investimento -, alcuni dei nodi critici individuati in ambito procedurale.

Rispetto alla sua originaria formulazione, il PSR è stato soggetto a numerose rimodulazioni, che ne hanno progressivamente modificato il profilo strategico, sia attraverso l'allocazione delle risorse finanziarie, sia attraverso la correlata revisione dei target di output e di realizzazione.

Largamente al di sotto delle attese è rimasta, per esempio, l'attuazione della strategia per la diversificazione dei redditi degli agricoltori e il miglioramento della qualità della vita promossa attraverso l'approccio Leader.

Il valutatore indipendente evidenzia come, solo in parte minore, si possa sostenere che le “deviazioni” dalla strategia iniziale sono effetto del cambiamento della volontà del programmatore. Più spesso sono invece rese necessarie dalle sollecitazioni e risposte dell'ambiente esterno nonché dalle opportunità e dai limiti dei meccanismi attuativi.

2) Le maggiori difficoltà attuative del Programma si sono in buona parte concentrate su misure (413, 123, 121, 122, 112, 133) fondate sulla progettualità espressa da aziende e da soggetti privati. Secondo il valutatore indipendente, il dato che sembra caratterizzare tutte queste misure è che soltanto una troppo piccola quota delle domande di aiuto si è trasformata in progetti finanziati e realizzati. Le cause alla base di questa altissima mortalità delle domande sono molteplici e non sempre riferibili alla complessità delle regole di partecipazione. Altre cause sono individuate nella eccessiva “leggerezza” e nella mancanza dei requisiti necessari, una progettualità carente di qualità e di supporto documentale, la scarsa condivisione delle regole di valutazione, la durata eccessiva delle istruttorie, il mutamento delle aspettative e delle prospettive degli operatori per via della crisi economica.

Al di là delle cause, quello che qui interessa sono le conseguenze, e cioè che in definitiva, **la progettualità endogena espressa dal tessuto economico rurale non è riuscita ad esprimersi come avrebbe potuto o, perlomeno, come ci si era atteso**. Al contrario, hanno avuto buon seguito e risultati superiori alle aspettative gli interventi promossi e guidati dall'Amministrazione (tra cui, in particolare, quelli a premio), ma anche dagli enti locali.

3) Le soluzioni organizzative e le modalità procedurali adottate per l'attuazione hanno avuto un peso decisivo sulla **velocità di avanzamento e sulla capacità di realizzare gli obiettivi prefissi**.

Da un lato, i meccanismi automatici che caratterizzano le misure a premio hanno consentito di mantenere gli impegni annuali di spesa.

Dall'altro, le procedure istruttorie delle misure ad investimento sono risultate più o meno penalizzate in ragione delle formule e le tempistiche adottate per la presentazione delle domande di aiuto e della documentazione, della complessità dei controlli da effettuare, della necessità di adattamento del sistema informativo, della disponibilità di risorse umane qualificate per svolgere le verifiche necessarie.

L'esperienza acquisita del Programma 2007-2013 e le criticità e i primi riscontri del programma 2014-2020, dovrebbero indurre ad una riflessione profonda in merito a:

- l'opportunità dell'adozione di formule "continue" di presentazione dei progetti di investimento come quelle divise in sotto-fasi, laddove non ci si possa affidare ad automatismi ben rodati, ma si debba esperire una valutazione di merito;
- la necessità di ridurre i termini di presentazione della documentazione da parte dei beneficiari selezionati;
- la previsione di azioni informative preliminari presso i tecnici ed i CAA volte a chiarire gli eventuali dubbi interpretativi sulle modalità di verifica dei requisiti, allo scopo di prevenire, per quanto possibile, le domande inammissibili;
- l'inserimento a sistema di una casistica standardizzata di cause di rigetto della domanda, finalizzata alla semplificazione delle istruttorie di merito;
- la maggiore condivisione degli obiettivi temporali tra tutti i soggetti responsabili di ciascuna procedura lungo tutta la filiera dell'attuazione.

In generale, dovrebbero quindi essere individuati ed analizzati preliminarmente con la massima attenzione gli elementi di discontinuità, magari attivando apposite task force qualificate. In ogni caso, rimettere la soluzione di questi nodi "problematici" ai soli uffici competenti e solo nel momento in cui si presentano, aumenta inevitabilmente i fattori di rischio per l'avanzamento delle procedure e/o delle misure interessate.

Le attività di accompagnamento (animazione, formazione, informazione, assistenza tecnica), messe in campo a sostegno di specifici interventi si sono rivelate decisive per raggiungere e mobilitare la platea dei potenziali beneficiari.

4) Analizzando gli esiti istruttori e le opinioni raccolte da ambo le parti (Regione e ARGEA da un lato, tecnici eCAA dall'altro) si giunge alla conclusione che **lo spostamento del focus dagli aspetti di forma a quelli di sostanza non è stato ancora pienamente interiorizzato dai potenziali beneficiari e dai tecnici che li rappresentano**. È questo, del resto, un processo che necessariamente richiede tempo, ma che dovrebbe anche essere accompagnato e supportato, più di quanto sia effettivamente avvenuto, da un'attività costante di informazione e comunicazione in merito a modalità, criteri e standard assunti per la valutazione delle domande e dei progetti. Sotto un altro profilo, se la semplificazione resta un obiettivo centrale, è necessario però che essa non incoraggi domande insufficienti nei requisiti o nell'idea progettuale.

[1] Il box riporta le conclusioni contenute in *La politica di sviluppo rurale 2007-2013*, a cura di Sotte F., Gruppo 2013 – Quaderni, Ed. Tellus, Roma, 2009.

4.3.2.3. Foreste

Tabella 82 Macro-obiettivi specifici per il settore Foreste.¹⁴

Macro-obiettivo specifico	Possibili declinazioni
1. Gestire le aree forestali con approcci partecipativi e adattativi (Trasformativo, Alta priorità, breve-medio periodo, <i>Soft+Green</i>) – OSS1-F	1.1. Sviluppare strategie forestali e programmi di gestione forestale con una visione ecosistemica e un approccio partecipato e adattativo, che tenga conto al contempo delle esigenze e specificità locali e della visione di contesto a scala di distretto o territorio
	1.2. Sviluppare una pianificazione forestale che integri gli aspetti ecologici e sociali, che tenga conto quindi della domanda di cambiamento espressa dagli stakeholder
	1.3. Accelerare l'attuazione dei Piani forestali territoriali di distretto e delle indicazioni di cui all'art. 7 L.R. 8/2016 in merito alla pianificazione e programmazione forestale territoriale di distretto
	1.4. Informare e coinvolgere gli stakeholder nella definizione delle linee gestionali più efficaci anche in base a una analisi particolareggiata alla scala locale e alla concertazione delle destinazioni funzionali (localmente prevalenti e complementari a scala superiore) delle aree forestali
2. Sensibilizzare e informare sulla gestione sostenibile delle foreste (Trasformativo, Alta priorità, brevissimo periodo, alto consenso, <i>Soft</i>) – OSS2-F	2.1. Sensibilizzare e informare la società sulle diverse modalità di gestione forestale in Sardegna, sui servizi ecosistemici associati sulla gestione utile a: (i) favorire l'adattamento del bosco al cambiamento climatico; (ii) favorire l'azione di mitigazione del bosco stesso sul cambiamento climatico attraverso la sua capacità di sottrarre CO ₂ all'atmosfera e sequestrarla nel legno e nel suolo e l'utilizzo di energie rinnovabili a bilancio di emissione zero, sostitutive del consumo di combustibili fossili.
	2.2. Sensibilizzare e informare la società sul corretto comportamento da assumere in aree forestali ad alta frequentazione, a fini preventivi
3. Prevenire gli incendi boschivi in aree ad alto pericolo (Trasformativo, Alta priorità, breve periodo, alto consenso, <i>Soft</i>) – OSS3-F	3.1. Integrare le prescrizioni e i piani antincendio previsti dalla LR 8/2016 con obiettivi di pianificazione territoriale di distretto finalizzati a contenere il pericolo di incendio, attraverso incentivi alla gestione intensiva agropastorale finalizzata al contenimento della vegetazione erbacea e arbustiva pirofila prossima a infrastrutture, aree boscate e aree ad alta frequentazione estiva (es. zone litoranee), con il coinvolgimento pro attivo della popolazione locale nelle azioni di prevenzione e autoprotezione.

¹⁴ In collaborazione con il Dr For Gianfranco Fabbio, già dirigente di ricerca CREA-FL, Arezzo.

Macro-obiettivo specifico	Possibili declinazioni
4. Gestire in modo integrato e sostenibile le aree forestali (Sistemico, Alta priorità, medio lungo periodo, alto consenso, Green) – OSS4-F	3.2. Integrare le azioni educative e di informazione già previste per legge con azioni mirate a informare sui comportamenti da assumere in caso di incendio boschivo per limitare i danni a cose o persone (es. campagne di educazione a livello scolastico, informazione ai turisti)
	4.1. Valorizzare i prodotti legnosi e non legnosi del bosco con modalità di gestione che garantiscano la rinnovazione, diminuiscano la vulnerabilità e aumentino la resilienza dei sistemi forestali alle pressioni climatiche
	4.2. Sviluppare specifiche strategie per la conservazione, la gestione sostenibile, il recupero e la promozione dei valori e dei prodotti sociali, culturali, economici e ambientali delle sugherete della Sardegna
	4.3. Gestire in modo integrato e sostenibile i boschi origine cedua oggi in abbandono culturale (Box 4) Esempi: integrare gli obiettivi produttivi con quelli di conservazione della biodiversità e l'erogazione di servizi ecosistemici ad essi complementari, inclusi quelli culturali. Attuazione di soluzioni colturali (ceduo su turni allungati, avviamento ad altofusto, evoluzione per via naturale) che si integrano in modo ottimale e adattativo alla variabilità del territorio e insieme realizzano la multifunzionalità del sistema bosco e il loro valore estetico e ambientale che valorizzano l'economia del territorio.
	4.4. Gestire in modo integrato e sostenibile i boschi coetanei litoranei di pino attraverso piani di assestamento forestale integrati per garantire nel tempo il mantenimento dei servizi ecosistemici
	4.5. Gestione integrata sostenibile delle aree forestali non boscate Esempi: - garantire la rinnovazione e il mantenimento dei pascoli arborati nel contesto di sistemi agro-silvo pastorali, integrando attività produttive che garantiscano la conservazione della biodiversità - valorizzare e tutelare le produzioni non legnose delle aree forestali (es. regolamentare la raccolta di funghi e frutti selvatici in aree private)
	4.6. Ridurre la frammentazione e l'erosione genetica e aumentare la diversità e quindi la resilienza al cambiamento climatico (FAO, 2018)
	4.7. Monitorare le dinamiche di lungo termine delle aree forestali attraverso osservatori sul campo progettati secondo protocolli condivisibili con database internazionali utili a sviluppare strategie per l'adattamento

Macro-obiettivo specifico	Possibili declinazioni
5. Innovare la governance per lo sviluppo del settore forestale (Trasformativo, <i>Soft</i> , alta priorità, medio periodo, alto consenso) – OSS5-F	5.1. Rinnovare la governance delle pubbliche amministrazioni che si occupano di foreste da servizi settoriali con expertise specialistiche a organizzazioni capaci di sviluppare nuove modalità di relazione con altri stakeholder (incluse altre amministrazioni) che prevedano maggiore interazione tra settori, persone e livelli decisionali, promuovendo così un approccio di sistema con maggior livello di interconnessione tra settori (es. sviluppo di sistemi agroforestali, coordinamento tra diversi usi del suolo a scala territoriale...) (Nocentini et al 2017; Ison et al 2011).
	5.2. Facilitare i rapporti pubblico-privato nella gestione produttiva delle foreste, anche attraverso misure specifiche del PSR dedicate alle partnership pubblico-privato a diversa scala
	5.3. Coinvolgere gli stakeholder nella pianificazione forestale, non solo attraverso informazione e sensibilizzazione ma anche con la creazione di nuovi spazi di interazione sinergica e la promozione di una volontà di azione condivisa tra attori diversi ⁱⁱⁱ
	5.4. Sviluppare nuove filiere agro-forestali per la produzione di biomateriali e di energie rinnovabili alternative al fossile
	5.5. Incentivare la certificazione forestale delle sugherete per la valorizzazione della relativa filiera e il contrasto dell'abbandono culturale
6. Aumento della resilienza delle aree forestali (Trasformativo, alta priorità, medio periodo, medio consenso, <i>Soft</i>) – OSS6-F	6.1. Favorire la diversificazione delle foreste e dei nuovi impianti per conferire alle formazioni forestali una maggiore capacità di adattamento al cambiamento climatico (FAO, 2018)
	6.2. Adottare nuovi approcci per la conservazione delle risorse forestali basati sul confronto tra esperti in resilienza sociale ed ecologica e tenendo conto delle aspettative e della domanda di servizi da parte degli stakeholder (Nocentini et al., 2017)
	6.3. Definire criteri e indicatori dinamici locali da impiegare per valutare la capacità dei sistemi forestali di rispondere alle perturbazioni mantenendo la propria integrità
	6.4. Recuperare le aree boscate attraversate da incendio attraverso strumenti di gestione integrata che prevedano anche servizi ecosistemici complementari come le produzioni foraggere, frutti, legna, conservazione della qualità delle risorse idriche (FAO, 2018, La Notte et al. 2017)
	6.5. Contestualizzare gli interventi di assestamento forestale rispetto alle specifiche condizioni locali per garantire il mantenimento di una elevata diversità genetica, di composizione specifica, strutturale, funzionale, garanzia di maggiore resilienza.

Macro-obiettivo specifico	Possibili declinazioni
	6.6. Certificare e tracciare il materiale di propagazione destinato ai nuovi impianti
7. Definire priorità strategiche per la ricerca scientifica (Trasformativo, priorità variabile, breve-medio periodo, <i>Soft</i>) – OSS7-F	7.1. Sviluppare ricerca applicata con approcci integrati e interdisciplinari, a supporto della gestione sostenibile delle foreste della Sardegna Esempi di linee di ricerca strategiche: - Nuove metodologie per studi di impatto che integrino aspetti ecologici, economici e sociali (Nocentini et al., 2017). - Osservatori di lunga durata su ecologia e gestione sostenibile dei boschi già cedui - o dinamica di lungo termine del carbonio nel suolo e nel soprassuolo vs modalità di gestione - o gestione sostenibile delle pinete litoranee - o resilienza delle foreste mediterranee vs. tipo di gestione - o recupero di aree incendiate - Gestione integrata di avversità biotiche delle foreste mediterranee (es. Phytophthora, Lymantria) - Opzioni economicamente sostenibili per la prevenzione degli incendi in aree forestali abbandonate - Multifunzionalità, servizi ecosistemici e conservazione della biodiversità dei pascoli arborati mediterranei - Miglioramento genetico, caratterizzazione, tutela e valorizzazione del germoplasma locale, orientato alla resilienza delle foreste alle pressioni climatiche e antropiche - Quantificazione dei flussi di carbonio sequestrato dalle diverse tipologie di aree forestali in funzione della modalità di gestione - Valutazione economica dei servizi ecosistemici forniti dalle aree forestali a supporto di analisi costi-benefici - Modelli matematici per la valutazione quantitativa di indicatori ecologici, economici e socio-culturali associati agli ecosistemi forestali - Sviluppo integrato della filiera sughericola
8. Internazionalizzare il sistema forestale regionale (Sistemico, <i>Soft</i> , Alta priorità, breve periodo, alto consenso) – OSS8-F	8.1. Sviluppare progettualità internazionale sulla lotta alla desertificazione in linea con gli obiettivi di sviluppo sostenibile (SDG) con particolare attenzione alle partnership mediterranee 8.2. Sviluppare iniziative di alta formazione a scala internazionale finalizzate allo sviluppo di sviluppo imprenditoriale nel settore forestale (es. EFI-MED)

Box 4 I boschi ex cedui della Sardegna (a cura di Roberto Scotti, Università di Sassari).

Una quota rilevante dei boschi della Sardegna è stata utilizzata e gestita con la ceduzione da tempi remoti. Tra '800 e '900 l'utilizzazione ha raggiunto picchi di intensità massima, poi la disponibilità di fonti energetiche più comode ha fatto precipitare ai minimi la pratica del ceduo. Oggi sono presenti deboli segnali di ripresa ma la maggior parte delle superfici utilizzate nei secoli scorsi sono cedui invecchiati, abbandonati o, nel migliore dei casi, avviati alla conversione con il metodo della matricinatura intensiva. La domanda di legna da ardere non si è mai azzerata. Alla richiesta sia per i forni, sia per i caminetti, più recentemente si è aggiunta la richiesta per riscaldamento alternativo ai combustibili fossili. Di fatto si registra da decenni un rilevante livello di importazione in Sardegna di legna da ardere (nessuna indagine è ancora riuscita a quantificare il fenomeno). In realtà, nell'isola sono disponibili estese superfici forestali che potrebbero essere gestite a ceduo con rilevanti vantaggi per le comunità locali e per la diversificazione strutturale del territorio (gamma-diversità).

Dal punto di vista dell'adattamento al cambiamento climatico, a fronte di questi elementi di vantaggio, il governo a ceduo presenta aspetti delicati, che richiedono particolare attenzione. L'aspetto strutturale di maggiore problematicità è connesso all'interazione con il tema biodiversità. Ceduire implica conservare il patrimonio genetico esistente, ovvero, se non si procede con le dovute cautele, implica non-favorire la riproduzione per seme e quindi la capacità di adattamento (l'autopoiesi del bosco). Procedere alla ceduzione nel quadro di una gestione attentamente pianificata ed approvata è quindi indispensabile, così come recentemente stabilito dal TUF (<http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2018/04/20/18G00060/sg>). Questo quadro normativo, in accordo con le norme regionali, evidenzia come fondamentale l'approccio alla pianificazione forestale a scala territoriale (distretto forestale), al fine di rendere possibile ed efficace la partecipazione attiva da parte delle comunità locali ai processi decisionali comuni.

Tabella 83 Caratterizzazione delle macrocategorie selvicolturali considerate in relazione ai diversi livelli di interazione con le principali dimensioni della sostenibilità.

Macrocategoria selvicolturale	Superficie (1.000 ha)	% su sup. for.	Dimensione economica	Dimensione ecologica	Dimensione socio-culturale
Fustaie di latifoglie senza sughera	144	12	-	ALTA	
Comparto subericolo potenziale (*)	139	11	ALTA	-	
Sistemi agro-silvo-pastorali(*)	62-721	5-59	-	-	ALTA
Bosco ceduo	129	11	-	-	ALTA
Boschi derivanti da impianti di conifere	56	5	BASSA	-	-
Boschi di neoformazione	40	3	-	ALTA	BASSA

(*) Macrocategorie parzialmente sovrapposte

Fonte: CAMPUS, S., D'ANGELO, M., & SCOTTI, R. (2013). Esigenze di ricerca in selvicoltura per la gestione sostenibile in Sardegna. *L'Italia Forestale e Montana*, 68(1), 25-41.

Approfondimenti:

- [Estratto TGR Mediterraneo, Renzo Motta](#)
- [Seminario sui cedui e lectio la Marca](#)

[CARATTERISTICHE PRODUTTIVE E GESTIONE DEI CEDUI IN ITALIA](#)
[Scheda Italy in "Coppice Forests in Europe"](#)

4.3.2.4. Dissesto Idrogeologico

Tabella 84 Macro-obiettivi specifici per il settore Dissesto Idrogeologico.

Macro-obiettivo specifico	Possibili declinazioni
1. Sensibilizzare ed educare alla gestione del rischio idrogeologico in Sardegna (Sistemico, <i>Soft</i> , Alta priorità, breve periodo, alto consenso) – OSS1-DI	1.1. Addestrare e educare la società civile ad assumere comportamenti corretti per far fronte alle emergenze
	1.2. Aumentare la capacità tecnica di tutta la catena della protezione civile (tecnici della protezione civile, del Corpo forestale, del Volontariato, dei Vigili del Fuoco) a livello regionale e comunale
	1.3. Potenziare l'alta formazione di figure professionali specialistiche della prevenzione e gestione delle emergenze in ambito idrogeologico
	1.4. Migliorare le competenze e la capacità didattica del corpo docente della scuola media e superiore sui temi del dissesto idrogeologico e sulle azioni di adattamento ai cambiamenti climatici.
2. Creare sistemi di allerta early-warning nelle aree a maggior rischio (Sistemico, <i>Soft</i> , Alta priorità, breve periodo, alto consenso) – OSS2-DI	2.1. Potenziamento dell'applicazione di nuove tecnologie per facilitare una precoce comunicazione d'emergenza e l'educazione dei cittadini a comportamenti virtuosi nei momenti critici
	2.2. Incentivare l'aumento della capacità predittiva di eventi predisponenti al rischio idrogeologico
	2.3. Sviluppare sistemi di monitoraggio innovativi basati per es. su <i>remote sensing</i> e applicazioni digitali
3. Mettere in sicurezza le popolazioni maggiormente esposte in aree a rischio (Trasformativo, <i>grey</i> , alta priorità, medio periodo, medio consenso) – OSS3-DI	3.1. Delocalizzare le popolazioni maggiormente esposte in aree a rischio (vedi Box 5)
	3.2. Incentivare amministrazioni e cittadini che adottano misure finalizzate ad annullare l'esposizione al rischio idrogeologico e a ridurre i costi di interventi di mitigazione
4. Sviluppare nuovi modelli di progettazione "naturalistica" (Sistemico, <i>Green</i> , media priorità, medio periodo, alto consenso) – OSS4-DI	4.1. Rafforzare i sistemi naturali che possiedono una resilienza più elevata al cambiamento climatico
	4.2. Favorire una fruizione sostenibile ed equilibrata dei territori a rischio idrogeologico (es. le aree oggetto di delocalizzazione) da parte della società civile (es. eco-turismo, turismo rurale, ecc.)

Macro-obiettivo specifico	Possibili declinazioni
5. Pianificazione territoriale integrata, adattativa e partecipata (Trasformativo, <i>soft</i> , alta priorità, medio periodo, alto consenso) – OSS5-DI	5.1. Supportare (economicamente e attraverso la normativa) l'attuazione di approcci metodologici integrati a scala di bacino per superare la frammentazione di competenze e la scarsa standardizzazione delle procedure e degli strumenti pianificatori tra amministrazioni
	5.2. Promuovere spazi per il coinvolgimento e la partecipazione dei cittadini
	5.3. Incentivare la progettualità <i>bottom-up</i> mettendo a disposizione risorse <i>ad hoc</i>
6. Adeguare la normativa e l'assetto istituzionale (Sistemico, <i>Soft</i> , alta priorità, breve periodo, alto consenso) – OSS6-DI	6.1. Creare un Servizio Geologico Regionale
	6.2. Completare gli iter di approvazione e attuazione su tutti i territori a rischio idrogeologico dei piani di gestione (es. PUL, PUC, PPR, PAI, ecc.)
	6.3. Inserire espliciti riferimenti al cambiamento climatico e agli scenari futuri negli strumenti di pianificazione
7. Adeguare il sistema informativo territoriale idrogeologico in modo da tenere conto delle dinamiche associate al cambiamento climatico. (Sistemico, <i>soft</i> , alta priorità, breve periodo, alto consenso) – OSS7-DI	7.1. Istituire l'archivio degli eventi catastrofici come base informativa di partenza per capire quali siano le condizioni evolutive del territorio
	7.2. Valutare il rischio residuo nelle aree già colpite da eventi di dissesto
	7.3. Sistematizzare e mettere in rete i dati disponibili presso diversi Enti e Istituzioni secondo approcci scientificamente robusti e perfettamente riproducibili (connessione con il Servizio Geologico Regionale)
	7.4. Promuovere il monitoraggio continuo nei territori interessati dai fenomeni alluvionali e di frana, al fine di supportare le scelte di manutenzione prima delle successive scelte di pianificazione territoriale.
8. Definire priorità strategiche di ricerca scientifica finalizzata alla riduzione del rischio idrogeologico in Sardegna (Sistemico, <i>Soft</i> , alta priorità, breve periodo, alto consenso) – OSS8-DI	8.1. Sviluppare ricerca applicata con approcci integrati e interdisciplinari, a supporto della riduzione del rischio idrogeologico in Sardegna
	Esempi di linee di ricerca strategiche: - Sviluppo di innovativi approcci metodologici, tecnologici e infrastrutturali integrati e adattativi per prevenire e mitigare i rischi - Strumenti innovativi per il monitoraggio e <i>early warning</i> - Modelli matematici previsionali - Valutazioni economiche di diverse opzioni per la riduzione del rischio idrogeologico in ambito urbano e rurale

Box 5 Gli strumenti per affrontare efficacemente i rischi idrogeologici delle popolazioni maggiormente esposte.

La delocalizzazione delle attività produttive, commerciali e residenziali presenti nelle aree a rischio e il loro reinsediamento in aree sicure è una soluzione urbanistica preventiva, attualmente non considerata nelle politiche regionali, ma che potrebbe risultare più sostenibile rispetto alla costruzione e manutenzione di opere di mitigazione del rischio solo apparentemente più semplici da percorrere. Questa strategia risponde alla ormai diffusa consapevolezza tecnica e politica che considera la prevenzione una scelta inevitabile. La delocalizzazione, rispetto agli interventi continui di riparazione o di realizzazione di inutili e fragili difese che a volte aumentano i rischi, annulla il pericolo, recupera aree per la laminazione, permette il recupero naturalistico e riduce i costi economici a lungo termine. Gli strumenti legislativi per l'applicazione di tale soluzione urbanistica preventiva sono peraltro già disponibili. Tra questi, la legge 183/1989 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo" che, nel capo III – Gli interventi, individuano nei Piani di Bacino il contenitore degli interventi di prevenzione. La stessa Autorità di Bacino Regionale della Sardegna, nella "Relazione sulle misure non strutturali" allegata al "Progetto di Piano di gestione del rischio alluvioni", suggerisce l'adozione di norme regionali per la delocalizzazione in situazioni a forte rischio (punto 17 della succitata Relazione). Queste Norme demandano ai Comuni, col loro ruolo di gestori della pianificazione urbanistica e territoriale locale, l'attivazione e la realizzazione di questi interventi. Tuttavia, le destinazioni urbanistiche già approvate e facenti parte delle normative locali (PUC) limitano fortemente la possibilità di attuare la delocalizzazione.

Altro aspetto importante è quello degli incentivi, premialità edilizie o eventuali ulteriori agevolazioni, che potrebbero essere attribuiti in base al livello di rischio e al valore economico dei beni e alla tutela delle vite umane.

Il tema della delocalizzazione è particolarmente delicato in quanto riguarda i rischi concreti e tangibili di insediamenti ubicati in aree già considerate ad alto rischio, dove in alcuni casi si sono anche verificati nel recente passato eventi che hanno portato a perdite di vite umane. I segnali di cambiamento climatico rivelano un chiaro aumento delle probabilità che si verifichino eventi estremi. L'argomento è complesso in quanto riguarda l'interazione tra processi biofisici (clima, territorio) di cui è possibile prevedere entro certi limiti entità e frequenza, con processi sociali ed economici, spesso generati da scelte più o meno consapevoli fatte in passato, su cui è molto costoso e complicato tornare indietro. Molti governi affrontano la questione con un approccio basato sul rischio, che a differenza di quanto avveniva in passato (trovare soluzioni all'interno dei confini del bacino es. riducendo la probabilità di allagamento), pone l'accento sulla minimizzazione del danno più che alla prevenzione (meno efficace in condizioni di cambiamento climatico) dell'evento. In questo contesto, la dimensione umana del pericolo si integra con quella biofisica nella pianificazione del territorio. Date le limitate risorse in gioco per eventuali interventi di delocalizzazione, le crescenti pressioni climatiche e i limiti intrinseci in certe situazioni per l'adozione di misure efficaci di protezione dalle alluvioni o dalle frane, il coinvolgimento dei residenti nella gestione del rischio idrogeologico diventa una parte fondamentale della soluzione.^{iv} I numerosi studi e approfondimenti sul tema sono centrati soprattutto sulla quantificazione a scala locale di rischi e soluzioni tecniche, mentre i dilemmi a livello sociale ad essi connessi sono stati meno studiati. Per la natura complessa e multidimensionale delle questioni, le strategie di adattamento devono far riferimento a sistemi flessibili capaci di affrontare le questioni in modo dinamico e adattativo. Il ruolo dei residenti e degli attori sociali nell'affrontare questi rischi è fondamentale, visti i limiti dimostrati da azioni di governo tipo "top-down" o "comando-controllo". La strategia deve essere fortemente contestualizzata e multidimensionale (aspetti politici, socio-economici, legali, di contenuto con misure strutturali e strumenti politici di azione, di processo che interessa le modalità di attuazione, la programmazione basata su analisi di scenario e i processi di apprendimento a diversi livelli). Le azioni possono quindi spaziare da forme assicurative relativamente semplici di compensazione del danno (es. assicurazioni), adatte alle situazioni più semplici, ad azioni più drastiche che prevedano sistemi di allerta o di soccorso nelle emergenze sino alla realizzazione di infrastrutture di protezione o in ultima analisi alla delocalizzazione degli insediamenti interessati. Il tema merita quindi un livello di approfondimento non compatibile con lo scopo di questo lavoro e interessa diversi livelli della politica e della governance a scala regionale e locale. Le soluzioni non emergono da panacee tecnologiche o economiche, ma apprezzando la natura socio-ecologica delle questioni, da affrontare mettendo al centro l'apprendimento

a diversi livelli e ridefinendo i confini anche geografici, in relazione alle interdipendenze locali.^v Una strategia efficace di adattamento deve riconoscere l'esigenza di integrare diversi livelli di conoscenza e diverse prospettive di analisi, per arrivare ad azioni concertate e condivise. Questo tipo di strategia contempla all'aumento di consapevolezza e della capacità percettiva degli stakeholder, gli spazi di apprendimento e la comunicazione, la ridefinizione di ruoli, responsabilità e capacità di risposta. La traduzione delle strategie di adattamento nell'ambito del rischio idrogeologico dovrebbero comprendere anche un "Piano di delocalizzazione regionale" permetterebbe di individuare a livello regionale i principi guida, le regole e i processi attuativi, tenendo conto non delle evidenze climatiche e fisiche dei territori, ma anche delle opportunità di sicurezza, sociali ed economiche per le popolazioni interessate.

ⁱ UN 2017.

ⁱⁱ UNEP, 2017:15.

ⁱⁱⁱ McLain e Lee, 1996.

^{iv} Kreibich et al. 2011; Tempels et al., 2016.

^v Melo Zurita et al., 2018.

4.4. Criteri per il monitoraggio dell'attuazione della strategia di adattamento

Fino ad oggi, a livello europeo, non sono state prodotte linee guida specifiche su come dovrebbe essere sviluppato un sistema di monitoraggio e valutazione delle politiche e delle strategie regionali di adattamento al cambiamento climatico, analogamente a quanto previsto per esempio per le linee guida per lo sviluppo di strategie nazionali di adattamento,ⁱ la guida tecnica sull'integrazione dell'adattamento ai cambiamenti climatici nei programmi e negli investimenti della politica di coesioneⁱⁱ e le raccomandazioni per l'integrazione delle considerazioni di adattamento ai cambiamenti climatici nei programmi di sviluppo rurale.ⁱⁱⁱ Questa lacuna è legata anche al fatto che l'attuazione di strategie e conseguenti piani di adattamento al cambiamento climatico sono ancora recenti in Europa. A ciò si aggiunge la presenza di alcune sfide di natura concettuale e metodologica sui sistemi generali di Monitoraggio e Valutazione.^{iv}

Esistono singoli studi che in una certa misura hanno cercato di colmare questa lacuna, attraverso la compilazione di una lista dei punti utili da considerare. Tra questi vi sono gli studi di Harley and van Minnen (2009) con il documento tecnico del Centro Tematico Europeo su Aria e Cambiamenti Climatici (ETC/ACC), Hammill et al. (2014), che invece hanno proposto uno dei primi esempi di una lista di raccomandazioni per la creazione di un sistema di monitoraggio e valutazione. Inoltre, l'EEA ha aggiornato la Fase 6 relativa al monitoraggio e alla valutazione dello strumento di supporto all'adattamento (Adaptation Support Tool) e ha predisposto una lista di auto-controllo di monitoraggio e valutazione sulla base dei principali risultati presentati nel rapporto^v relativo al monitoraggio, rendicontazione e valutazione nazionale.

Sulla base delle fonti sopra riportate e sulla base di quanto riportato dal Piano Nazionale di Adattamento al Cambiamento Climatico^{vi} un sistema di monitoraggio sarebbe utile considerasse i principi di seguito descritti.

4.4.1. Schema generale, scopo e obiettivi

1. Flessibilità intrinseca del sistema di monitoraggio. Lo schema generale del sistema di MRV (Monitoraggio, reporting e valutazione) dovrebbe permettere, per quanto possibile, un'integrazione facile e tempestiva delle eventuali modifiche necessarie in futuro, alla luce delle mutevoli condizioni ed esigenze e degli insegnamenti appresi.

2. Le motivazioni dello sviluppo di un sistema MRV dovrebbero essere considerate con attenzione quando si intende definirne lo scopo. Queste potrebbero includere i processi politici di adattamento a livello nazionale, o altri processi che si verificano al di là dei confini nazionali, connessi per esempio, agli accordi internazionali e alle politiche europee.
3. Gli obiettivi di un sistema MRV dovrebbero essere chiaramente definiti nelle fase iniziale del processo di sviluppo e comunicati e condivisi con tutti i responsabili politici e gli altri portatori di interesse. Ciò consentirebbe di impiegare un approccio proattivo e di sviluppare politiche attinenti e altre iniziative al fine del monitoraggio e della valutazione.

4.4.2. Metodologie

Nei sistemi MRV risulta importante utilizzare approcci multipli quantitativi e qualitativi. L'uso di un singolo metodo, infatti, potrebbe fornire un quadro distorto o parziale della realtà e quindi inficiare il processo decisionale. Per esempio, l'uso di indicatori è molto utile ma si limita a fornire informazioni sui cambiamenti osservati e non sui motivi per cui si sono verificati.^{vii}

L'uso di molteplici fonti informative potrebbe consentire di produrre un quadro più robusto dei cambiamenti climatici e degli impatti rilevanti a ciascun paese, dei gruppi, dei settori e delle aree vulnerabili.

La scelta degli indicatori dovrebbe riflettere le finalità e gli obiettivi del sistema MRV. Per questa ragione sarebbe opportuno garantire che gli obiettivi possano essere misurati, monitorati e che i loro effetti possano essere valutati.

La selezione degli indicatori considerati in un sistema di MRV dell'adattamento dovrebbe seguire una procedura trasparente e motivata. Perciò, bisognerebbe stabilire i criteri relativi alla scelta degli indicatori in modo da soddisfare le esigenze tecniche, scientifiche, economiche e politiche. Sono esempi di questi criteri: la disponibilità e la continuità dei dati, l'esistenza di indicatori già sviluppati o potenzialmente disponibili, la rilevanza, la rappresentatività e l'efficienza economica. La lista finale di indicatori dovrebbe essere ridotta ad un insieme minimo.^{viii}

Gli indicatori considerati in un sistema MRV dell'adattamento dovrebbero essere definiti chiaramente. Occorrerebbe considerare per lo meno le priorità di adattamento, gli impatti dei cambiamenti climatici, il tipo di indicatori, il soggetto che gli indicatori cercano di catturare (ad es. quali processi vengono sottoposti a monitoraggio con l'indicatore), la fonte dei dati, la lunghezza delle serie temporali, la frequenza di raccolta e i potenziali limiti.

Sarebbe importante tenere in considerazione tutti i fattori che possono condizionare l'avanzamento e i risultati dell'adattamento. Mentre lo scopo specifico degli indicatori di adattamento è quello di monitorare i progressi e verificare l'efficacia dell'attuazione di politiche, misure e azioni di adattamento, il monitoraggio di altri fattori che influiscono sul processo di adattamento potrebbe contribuire ad una valutazione più realistica del fenomeno. Questo permetterebbe ai responsabili politici di superare in una certa misura la sfida dell'attribuzione.

Gli indicatori considerati in un sistema MRV dovrebbero includere sia gli indicatori "outcome-based" (basati sui risultati degli interventi di adattamento) sia gli indicatori "process-based" (che misurano il progresso dell'attuazione delle misure di adattamento). In particolare, gli indicatori di valutazione dell'efficacia dovrebbero essere in grado di esprimere quanto questa si manifesti nelle politiche, nelle misure e nelle azioni valutate in termini di riduzione degli impatti dei cambiamenti climatici o della vulnerabilità, e/o dell'aumento della resilienza.^{ix}

4.4.3. Governance e partecipazione

L'assegnazione dei ruoli e la descrizione delle responsabilità dovrebbero essere chiaramente riportate nella descrizione delle attività di monitoraggio e di valutazione dell'adattamento. Ciò dovrebbe comprendere i soggetti coinvolti nelle varie attività, la frequenza e la modalità con cui tali attività avranno luogo (ad es. attraverso processi indipendenti, valutazione interna o esterna).

Sarebbe importante definire i meccanismi volti ad assicurare il coinvolgimento e la partecipazione delle parti interessate durante lo sviluppo e l'attuazione di sistemi MRV. La considerazione di un ampio e rappresentativo spettro di punti di vista potrebbe migliorare la coerenza e la robustezza delle attuali conoscenze di riferimento, arricchire la comprensione delle necessità, e favorire una migliore collaborazione tra scienza e politica.^x

Gli attori coinvolti nelle attività di monitoraggio e valutazione sull'adattamento dovrebbero connettersi con la comunità di MRV esistente a livello nazionale ed eventualmente europeo. Il collegamento con le reti di MRV (es. la rete europea dei valutatori ambientali) e la partecipazione alle attività che mirano a condividere le esperienze e gli insegnamenti appresi, sarebbe fondamentale per promuovere la conoscenza ed evitare duplici sforzi. Queste attività potrebbero avere un focus specifico sull'adattamento o prendere in considerazione anche le attività di MRV in altri settori che devono affrontare sfide simili nel contesto dell'adattamento.^{xi}

La collaborazione tra diverse direzioni generali regionali e un'ampia partecipazione dei portatori di interesse, potrebbero favorire un approccio pragmatico e conveniente alle attività MRV di adattamento. Un'ampia partecipazione dei soggetti interessati

potrebbe facilitare l'individuazione e l'utilizzo dei dati esistenti e degli indicatori, aiutare a identificare le necessità e le lacune importanti, contribuire all'accettazione generale del sistema e a ridurre i costi di gestione.^{xii}

Sarebbe importante coniugare le sinergie dell'adattamento con altri settori. Ad esempio, indicatori MRV sviluppati in settori diversi dall'adattamento come mitigazione, gestione delle risorse idriche, riduzione del rischio disastri ("Sendai Framework for Disaster Risk Reduction"), sviluppo sostenibile ("Sustainable Development Goals") potrebbero essere utili per le attività di monitoraggio e di valutazione dell'adattamento e viceversa. A questo scopo dovrebbe essere condotta una mappatura degli indicatori esistenti nei vari settori e delle rilevanti attività in corso e delle esigenze previste.^{xiii}

4.4.4. Reporting e utilizzo dei risultati prodotti delle attività di Monitoraggio e Valutazione

La redazione di rapporti intermedi è utile a fornire alcune evidenze sulle misure attuate o meno per il raggiungimento di macro obiettivi, nel caso di una strategia e dei risultati attesi nel caso di un successivo Piano. Queste informazioni possono consentire l'attivazione di misure tempestive di miglioramento, prima della fine del periodo di riferimento e facilitare l'apprendimento dall'esperienza.^{xiv}

Per facilitare l'impiego dei risultati delle attività di monitoraggio e valutazione dell'adattamento, ad esempio per informare lo sviluppo o la revisione delle politiche rilevanti, sarebbe opportuno formularli considerando attentamente le necessità e le competenze dei responsabili politici cui sono destinate e comunicarle tempestivamente ai portatori di interesse.

Sarebbe essenziale assicurare un coordinamento puntuale ed efficiente dei processi delle politiche di adattamento con altre a livello locale e con il livello nazionale.^{xv}

ⁱ EC 2013b

ⁱⁱ EC 2013c.

ⁱⁱⁱ EC 2013d.

^{iv} Ad es. Bours et al. 2014.

^v EEA 2015.

^{vi} PNACC, 2017.

^{vii} Hammill et al. 2014a; EEA 2015c.

^{viii} PNACC, 2017.

^{ix} PNACC, 2017.

^x PNACC, 2017.

^{xi} Si veda ad es. Pringle et al. 2017

^{xii} Hammill et al. 2014a.

^{xiii} PNACC, 2017.

^{xiv} PNACC, 2017.

^{xv} PNACC, 2017.

4.5. Appendice A. Sviluppo di strumenti integrati per la gestione del rischio climatico in agricoltura

Nell'Unione Europea il dibattito sulle politiche di gestione dei rischi in agricoltura è in corso ormai da oltre un decennio, da quando, già nel 2005, la Commissione, attraverso la "Comunicazione della Commissione al Consiglio relativa alla gestione dei rischi e delle crisi nel settore agricolo", aveva proposto e valutato l'introduzione di diversi strumenti a tutela delle produzioni agricole: l'assicurazione contro le calamità naturali, il sostegno ai fondi di mutualizzazione dei rischi e la fornitura di una copertura di base contro le crisi dei redditi.

Da quelle prime riflessioni il processo di rafforzamento della centralità della gestione del rischio nelle politiche agricole comunitarie è proseguito con grande celerità, culminando, nel 2010, con l'introduzione dei primi strumenti nel quadro programmatico comunitario ed in particolare delle assicurazioni agricole agevolate nell'ambito dell'articolo 68 del regolamento (CE) n. 73/2009 e dell'OCM vino ed ortofrutta (regolamento (CE) n. 1234/2007).

L'inserimento delle assicurazioni agevolate nella PAC avvenuto nel 2010, specificamente tra le misure del primo pilastro, non è stato un evento occasionale ma solo l'inizio di un crescente processo di rafforzamento delle misure di gestione del rischio finanziate da fondi comunitari. Questo processo ha trovato conferma e sviluppo anche nella nuova PAC 2014-2020 che identifica la gestione del rischio come strumento prioritario di politica agraria a tutela dei redditi degli agricoltori e del sistema produttivo agricolo dell'Unione Europea, segnandone però il passaggio dal primo al secondo pilastro.

Allo stato attuale, la gestione del rischio intercetta annualmente una spesa pubblica potenziale di 314 milioni di euro tra fondi statali, regionali e comunitari. Si tratta prevalentemente, per 239 milioni di euro (circa il 76% del totale), di risorse stanziare per interventi ex ante, con il concorso di fondi Ue, sulle polizze assicurative agevolate (PSRN e FEAGA-OCM vino). A queste somme si aggiungono risorse annuali per poco meno di 40 milioni di euro dei PSR regionali e per circa 35 milioni del Fondo di solidarietà nazionale, comprensivi degli interventi ex post.

Il mercato assicurativo agricolo agevolato in Italia esprime, per valori, il 19% della Produzione lorda vendibile (PLV) delle coltivazioni vegetali e, per superfici, il 9% del totale della Superficie agricola utilizzata (SAU). Il mercato si caratterizza inoltre per un elevato grado di concentrazione, sia in termini di prodotti sia di territori.

Uva da vino, mele, mais, riso e pomodoro da industria rappresentano oltre due terzi dei valori assicurati; seguono pere, frumento tenero e nettarine. In termini di superfici

il 53% delle aree assicurate è riconducibile invece a solo tre colture, rappresentate da mais, riso e uva da vino.

Il baricentro resta al Nord. I dati ripartiti a livello regionale attribuiscono due terzi dei valori assicurati a Emilia Romagna, Veneto, Lombardia, Trentino Alto Adige e Piemonte.

L'azienda tipo assicurata appare decisamente più strutturata rispetto alla media nazionale, di dimensioni ben più elevate (oltre 17 ettari di media) e con più marcate connotazioni imprenditoriali. Si tratta in prevalenza di ditte individuali, con una quota comunque significativa di società di persone, condotte da soggetti più giovani rispetto alla media e di sesso maschile. Aziende più flessibili anche nella composizione fondiaria, che ricorrono con maggiore frequenza ai contratti di locazione per ampliare la maglia poderale, maggiormente meccanizzate, soprattutto nella componente irrigua, biologiche nella stessa misura delle altre e con scarsa propensione alla multifunzionalità. Anche sotto il profilo occupazionale l'azienda tipo assicurata mostra un carattere più professionale e un prevalente impiego di personale a tempo pieno. In generale si può affermare che le imprese assicurate mostrano una migliore sostenibilità finanziaria degli investimenti, con potenziali vantaggi anche in termini di accesso al credito.

Il tema del risk management, considerata l'esposizione ai rischi che le aziende agricole sono chiamate a gestire, sta assumendo tra l'altro una maggiore centralità negli orientamenti post-2020.

La revisione di metà percorso della PAC 2014-2020, i cui contenuti sono stati inseriti dalla Commissione europea in un'unica maxi-proposta di modifica della politica Ue fino al 2020, nota come "regolamento Omnibus", rappresenta una grossa opportunità per dare impulso alla riforma degli attuali strumenti di sostegno al settore primario.

L'esperienza avviata in Italia con la Misura 17 del Programma Nazionale di Sviluppo Rurale 2014-2020 ha tuttavia messo in luce, nella prima fase di attuazione, alcune criticità che hanno contribuito a ridurre il tasso di adesione delle imprese agricole alle polizze assicurative agevolate (Sottomisura 17.1), oggi costituite dalle multirischio, per la copertura di tutti rischi assicurabili, e dalle pluririschio per la copertura di almeno tre eventi.

Seppure fisiologico nelle fasi di passaggio da vecchi a nuovi regimi di aiuto, il calo dei valori assicurati, di cui si è avuta evidenza a partire dal 2015, riflette il passaggio dalle regole del Primo Pilastro della PAC a quelle più stringenti dello sviluppo rurale e la riduzione significativa dell'intensità dell'aiuto alle aziende agricole, con la percentuale massima della contribuzione pubblica sul costo della polizza assicurativa scesa dall'80 al 65 per cento.

La combinazione di questi fattori, ha determinato frequenti fenomeni di abbandono, certificati dai dati del Sistema nazionale di gestione dei rischi, creando una sorta di disaffezione e la conseguente fuoriuscita di molte aziende dagli schemi di copertura multi e pluririschio a vantaggio delle polizze “vecchio tipo” monorischio, non agevolate, sicuramente favorite dai costi più bassi, ma evidentemente limitate dalla loro funzione di garantire la copertura rispetto ad un solo evento avverso lasciando scoperti una serie di altri eventi che, se si verificassero, comporterebbero la necessità di interventi di ripristino ex-post.

Il mercato delle assicurazioni agevolate, dopo due anni di calo, sembra essersi stabilizzato su valori assicurati pari a poco più di 7 miliardi di euro.

Più nel dettaglio, prosegue il trend al ribasso per le colture. Nel 2017, secondo le stime ISMEA, i valori assicurati relativi alle colture vegetali, che rappresentano il principale settore assicurato, si sono attestati a 4.981 milioni di euro, il dato più contenuto dal 2010.

Per contro, è cresciuta, in misura particolarmente accentuata, la dimensione del mercato assicurativo della zootecnia. Analizzato per comparto produttivo, il mercato assicurativo zootecnico mostra un elevato grado di concentrazione, con la categoria dei bovini da latte che da sola contribuisce per il 70% ai valori assicurati totali. Suini e bovini da carne incidono, ciascuno, per il 10%, mentre gli ovicapri (per la quasi totalità riconducibili agli allevamenti da latte) si attestano al 4% di quota. Le restanti specie animali assicurabili rappresentano nell'insieme il 6% residuo.

Con specifico riferimento alla regione Sardegna, i valori assicurati nel 2017, secondo le stime Ismea, ammontano a 47 milioni di euro. Tale ammontare porta la regione Sardegna ad essere la terza regione per rilevanza nel mercato assicurativo agricolo nel Sud Italia, dietro a Puglia e Abruzzo. I premi ammontano, sempre nel 2017, a 9,8 milioni di euro, in calo dell'8% circa su base annua. Ancora più in dettaglio, il medio campidano è la provincia con i più alti valori assicurati (il 36% del totale regionale), seguita da Oristano (21%), Sassari (18%) e Cagliari (16%). L'insieme delle altre province totalizza meno del 10% di quota.

Con riferimento ai comparti produttivi, la domanda assicurativa è concentrata sui carciofi (56%), seguiti a distanza dall'uva da vino (13%) prevalentemente DOC-DOCG e ortofrutta con prevalenza per il pomodoro da industria (5%).

L'emorragia di aziende dal sistema assicurativo agevolato sperimentato in questi ultimi anni sta pertanto vanificando gli sforzi intrapresi dall'Italia verso una strategia di risk management efficace e moderna, avviata con l'approvazione del decreto legislativo n. 102 del 2004, nell'esigenza di assicurare non solo la copertura dei tradizionali rischi di frequenza, come la grandine, ma anche quella dei cosiddetti rischi catastrofali (gelo e brina, siccità e alluvione), la cui rilevanza sta notevolmente aumentando proprio a causa dei cambiamenti climatici.

Resta dunque prioritario avviare un'attenta riflessione volta a perfezionare il sistema di gestione del rischio soprattutto per semplificare l'accesso ai contributi pubblici e per promuovere l'applicazione degli strumenti di gestione del rischio, ritenuti ormai sempre più strategici.

Strategie di adattamento e raccomandazioni per il futuro

1) In primo luogo andrebbe superato, nell'approccio culturale oggi prevalente, l'assimilazione del concetto di gestione del rischio con la stipula di una polizza assicurativa. **Sarebbe invece auspicabile prevedere una strategia nazionale pluriennale con la proposta di strumenti integrati di gestione del rischio**, che prevedano azioni di difesa attiva (investimenti PSR, consulenza aziendale, strategia di impresa più orientata al risk management), interventi ex-ante mediante la sottoscrizione di polizze assicurative tradizionali e innovative, fondi di mutualità e di stabilizzazione del reddito, nonché interventi ex-post assistiti dal Fondo di solidarietà nazionale.

2) In secondo luogo, è opportuno promuovere la riforma del sistema di gestione del rischio prevedendo **la semplificazione degli adempimenti richiesti per la presentazione della domanda e la riduzione dei relativi documenti**.

3) Inoltre, in tale contesto, nell'era digitale e dell'agricoltura di precisione, non si può più prescindere dall'investimento nella costituzione di una rete di banche dati certificate e costantemente aggiornate, interconnesse e facilmente consultabili anche dagli stessi imprenditori agricoli, in grado di fornire gli elementi agronomici/economici per l'efficientamento dei processi produttivi, l'innovazione e la qualità imprenditoriale delle imprese agricole attraverso una nuova formazione del processo decisionale. Queste informazioni, rese disponibili, rappresenterebbero la base conoscitiva per l'integrazione in modelli previsionali climatici che permetterebbero di meglio definire l'entità del rischio e commisurare i premi in maniera equilibrata.

4.6. Appendice B. I modelli matematici come strumenti a supporto alle decisioni: caso di studio in un microbacino imbrifero della Nurra

Premessa

L'analisi dell'impatto dei cambiamenti climatici sui sistemi produttivi agricoli è particolarmente complessa e può essere effettuata a diversa scala di indagine e con diverse metodologie.

Questo caso di studio riporta un esempio di come sia possibile quantificare con elevata risoluzione spaziale gli effetti attesi dal cambiamento climatico sulle coltivazioni di un territorio rurale. L'alta risoluzione spaziale delle valutazioni è indispensabile per rispondere all'esigenza di individuare opzioni di adattamento ritagliate sulla diversità di specifiche realtà gestionali che caratterizzano il mondo agricolo della Sardegna. La quantificazione degli effetti della variabilità climatica sui sistemi colturali può essere abbinata a modelli di valutazione economica che, oltre agli impatti sulle rese delle colture, tiene conto anche delle specifiche caratteristiche delle diverse tipologie aziendali presenti in un territorio.¹ Una simile valutazione distribuita sul territorio, attuata con strumenti modellistici di ultima generazione capaci di aggiornarsi continuamente in base a come variano i dati di input, rappresenterebbe per i decisori politici e non solo un supporto decisionale formidabile, perché permetterebbe di individuare le scelte che con il minimo costo potrebbero portare i maggiori vantaggi o, quantomeno, individuare gli ambiti prioritari su cui intervenire.

Per poter estendere questo tipo di analisi a tutto il territorio della Sardegna, occorre una base dati che purtroppo ancora non è pienamente disponibile. Occorrono infatti i dati meteo giornalieri (come minimo temperatura massima e minima e precipitazioni) di almeno 30 anni continuativi per tutte le stazioni di rilevamento disponibili sul territorio. Questi dati vengono utilizzati per il *bias correction* degli scenari climatici forniti dal CMCC, la cui risoluzione spaziale non è sufficiente a tenere conto dei microclimi che caratterizzano un territorio come quello sardo, che oltre a essere circondato dal mare, ha una orografia molto irregolare. Occorre poi una carta pedologica digitale con la disponibilità di profili-tipo e dati analitici di base (es. profondità, tessitura, contenuto di carbonio organico per ciascun orizzonte diagnostico) e in scala adeguata (almeno 1:10000), in quanto i suoli rappresentano un fondamentale input per la simulazione su base giornaliera del bilancio idrico e dei principali nutrienti per le piante. Infine, occorre conoscere, almeno entro distretto, i principali sistemi colturali in uso, cioè gli avvicendamenti colturali e le tecniche agronomiche, e le relative rese in biomassa epigea e/o produzione raccolta. Con le tecnologie digitali e di georeferenziazione già oggi potenzialmente disponibili e già installate nelle nuove macchine agricole, è pensabile che in pochi anni si possano

ottenere gran parte di questi dati ad altissima risoluzione spaziale in forma automatica. La disponibilità di dati open access provenienti dai nuovi satelliti del programma ESA-Copernicus¹⁵, consentirebbe di integrare ulteriormente le informazioni con quelle dei sensori iperspettrali dei satelliti e generare così un sistema informativo territoriale molto potente, arricchito dalle capacità previsionali dei modelli matematici accoppiati con modelli economici.

Il caso di studio qui presentato riguarda solamente una fase della valutazione, quella relativa all'impatto dei cambiamenti climatici sui sistemi colturali di un sottobacino della Nurra.

I modelli colturali per le analisi di scenario

Gli strumenti modellistici per la simulazione dei sistemi colturali rispondono al crescente interesse sociale a valutare l'incertezza degli scenari futuri su clima e rese delle colture.ⁱⁱ Questi sono strumenti largamente accettati per la valutazione di opzioni di gestione delle colture o per la valutazione dell'impatto del cambiamento climatico sulla produzione delle colture, sulla sicurezza alimentare e sui servizi ecosistemici.ⁱⁱⁱ I modelli di simulazione possono però variare nella loro struttura, parametrizzazione e rappresentazione dei processi fisici e biofisici. Per questa ragione, essi possono rispondere in maniera differente agli scenari climatici simulando differenti impatti sulle dinamiche degli agroecosistemi nonostante la corretta calibrazione. L'affidabilità dei modelli di simulazione colturale è strettamente legata alla qualità e affidabilità dei dataset da utilizzare come input e per la loro calibrazione e la validazione. Un buon dataset di input permette di conseguire affidabili simulazioni sugli effetti del cambiamento climatico e di valutare efficacemente gli effetti dell'adattamento, non solo sulle rese ma anche sulle implicazioni relative alla sostenibilità economica e ambientale.^{iv}

Gli strumenti modellistici si sono evoluti negli ultimi decenni dall'iniziale approccio empirico-statistico sino allo sviluppo di complessi modelli matematici in grado di simulare i principali processi biologici e fisico-chimici che regolano le relazioni tra pratiche agricole, sistemi colturali e ambiente.^v I modelli sono oggi largamente impiegati nella ricerca agronomica per lo studio delle relazioni tra fattori ambientali e colture agrarie.

Numerosi sono gli esempi che documentano la corretta simulazione della risposta delle colture al cambiamento climatico,^{vi} con applicazioni a scala locale e globale.^{vii} Ulteriori esempi riguardano le analisi dell'effetto del cambiamento climatico sul bilancio idrico del terreno, sulle perdite di elementi nutritivi dal suolo e la dinamica del carbonio organico nel suolo,^{viii} dell'azoto e dell'acqua nel suolo;^{ix} l'erosione del suolo

¹⁵<https://scihub.copernicus.eu/>

dovuta al ruscellamento e la valutazione degli effetti a lungo termine della lavorazione convenzionale rispetto alla non lavorazione sul contenuto di sostanza organica del suolo.^x

Un elemento particolarmente rilevante della potenzialità d'uso di questi strumenti per la strategia regionale di adattamento al cambiamento climatico è legato al fatto che in agricoltura in particolare, l'efficacia delle strategie di adattamento è condizionata da una contestualizzazione delle azioni e dei progetti, che sono quindi strettamente sito-specifiche. Le strategie di adattamento sono cioè fortemente influenzate dalle condizioni microclimatiche locali, dalle caratteristiche dei suoli e dalla tipologia di sistema colturale e aziendale interessato. I modelli matematici di sistema colturale, se impiegati alla scala appropriata in combinazione con scenari climatici corretti per le specifiche condizioni locali e integrati con informazioni locali sulle modalità di gestione delle risorse, sono gli unici strumenti attualmente disponibili per poter arrivare all'“ultimo miglio” e offrire un supporto alle decisioni relative alle colture da scegliere e alle tecniche colturali da impiegare per adattarsi agli scenari climatici futuri.^{xi}

Metodologia di analisi

Scenari climatici

Per poter analizzare l'effetto del cambiamento climatico e comprendere le interazioni tra clima, ecosistemi e attività umane, è necessario basarsi su dati di scenari climatici che forniscano una descrizione plausibile del clima futuro.^{xii} Gli scenari climatici sono costituiti dalle proiezioni climatiche attese per un periodo futuro rispetto a un periodo di riferimento. Gli scenari futuri vengono realizzati in maniera tale da considerare le variazioni di precipitazioni e temperatura sia in termini medi che di valori estremi e sono generalmente ottenuti sulla base di scenari di emissione di gas serra resi disponibili dall'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Gli scenari, indicati con la sigla RCP (Representative Concentration Pathway) rappresentano differenti scenari di emissione di gas serra che porterebbero il clima ad evolversi in direzioni differenti. Per il caso di studio in esame si è deciso di utilizzare i seguenti scenari tra quelli proposti dall'IPCC: RCP4.5, RCP8.5 (si veda capitolo 1).

La metodologia seguita prevede l'utilizzo di modelli di circolazione generale i cui output vengono utilizzati per “forzare” i modelli climatici regionali in maniera tale da ottenere scenari climatici futuri rappresentativi per specifiche aree geografiche. La rappresentazione della variabilità atmosferica e climatica prodotta dai modelli è però, per sua stessa natura, imperfetta. Pertanto, è buona norma adottare una strategia di calibrazione degli output in modo da aumentare la rappresentatività dei risultati

ottenuti dai modelli climatici. Un metodo di calibrazione frequentemente utilizzato è il *bias correction*. Si tratta di una calibrazione statistica delle serie meteorologiche sintetiche che costituiscono gli scenari futuri, rispetto a serie di dati meteorologici giornalieri osservati presso stazioni meteo di riferimento. Le correzioni così introdotte consentono da un lato di ridurre gli errori sistematici generati dal modello di circolazione globale e dall'altro di non alterare le distribuzioni di probabilità di occorrenza delle anomalie termiche e pluviometriche previste dallo stesso modello. In questo modo viene rispettata la coerenza fisica delle serie temporali simulate garantendo la rappresentatività della variabilità atmosferica.

Integrando i tre aspetti precedentemente descritti (modelli di simulazione, scenari climatici futuri e differenti aree di studio) è possibile valutare l'interazione tra cambiamento climatico e agro-ecosistemi.

Caso di studio: il comprensorio della Nurra

L'analisi è stata condotta in un sottobacino del comprensorio della Nurra, localizzata nel nord ovest della Sardegna e caratterizzata da differenti sistemi agricoli. All'interno dell'area oggetto di studio sono stati individuati diversi sistemi produttivi, rappresentativi dell'area, tra cui seminativi asciutti e irrigui, sistemi foraggeri, pascoli naturali, vigneti, oliveti e aree naturali. Tra tutti i sistemi colturali individuati, sono stati considerati quelli maggiormente diffusi, nel caso specifico: sistemi foraggeri basati sulla coltivazione in asciutto di graminacee a ciclo autunno-vernino (loglio) o leguminose perenni (erba medica) destinate alla produzione di fieno, sistemi per la coltivazione di cereali autunno-vernini da granella (frumento), sistemi per la coltivazione del mais ceroso per la produzione di insilato, vigneti, aree destinate a pascolo naturale e aree naturali occupate da vegetazione spontanea (macchia mediterranea).

Il modello di simulazione: APEX

Per la ricerca svolta è stato utilizzato il modello di simulazione Agricultural Policy/Environmental eXtender (APEX) versione 1501.^{xiii} APEX è un'estensione diretta del modello di simulazione EPIC (Environmental Policy Integrated Climate),^{xiv} ed è in grado di lavorare su scala spaziale che va dal campo fino al bacino idrografico con scala temporale giornaliera. È basato sui processi che simulano il flusso giornaliero dell'acqua, la crescita colturale, il ciclo dei nutrienti, l'erosione del suolo e perdita di nutrienti.^{xv} Il modello APEX è scritto in Fortran e il suo codice è open source. APEX è un modello fisico largamente utilizzato per valutare un'ampia gamma di scenari alternativi di gestione della fertilizzazione,^{xvi} per simulare sistemi colturali alternativi a quelli presenti e il loro impatto ambientale.^{xvii} Secondo Steglich e Williams (2013),

APEX può simulare scenari a lungo termine che si estendono fino a 4000 anni e può valutare l'impatto delle diverse pratiche di gestione su sedimento, ruscellamento superficiale, nutrienti, contenuto idrico del suolo ed evapotraspirazione.

ArcAPEX è un'interfaccia utente grafica disponibile come estensione di ArcGIS, e utilizzata per facilitare il pre-processing dei dati di input e la gestione dei database in ambito GIS. L'interfaccia ArcAPEX, lavorando in ambiente GIS, permette quindi di suddividere automaticamente un bacino idrografico in unità omogenee (HRUs – Hydrologic Response Units) sulla base di un modello di elevazione digitale del terreno (DEM), delle caratteristiche del suolo, dell'uso del suolo e della pendenza. Le aree delimitate, chiamate subaree, sono concettualmente equivalenti a un'unità di campo o paesaggio con omogenee condizioni climatiche, caratteristiche pedologiche, uso del suolo e pratiche agronomiche adottate. Peculiarità del modello di simulazione APEX è la rappresentazione delle dinamiche idrologiche entro subaree e tra subaree adiacenti. Questo rende possibile la connessione tra le aree simulando le reali direzioni di flusso superficiale e sotto superficiale simulando processi come la deposizione e l'erosione di particelle di terreno (sedimenti), il trasporto dei nutrienti tra le subaree a monte e quelle a valle del bacino idrografico individuato.

Il processo di modellizzazione è iniziato con la delineazione del bacino all'interno dell'area oggetto di studio. Il modello APEX è stato informato con i tre livelli di informazione GIS, ovvero il modello di elevazione digitale (DEM), informazioni sulle caratteristiche pedologiche e dati sull'uso del suolo. Queste informazioni sono state utilizzate per delineare le unità spaziali più piccole (subaree) considerate dal modello. Il DEM (Regione Sardegna, risoluzione 10 metri) è stato utilizzato per definire le linee di deflusso naturali delle acque superficiali e per calcolare i parametri che caratterizzano le diverse subaree, quali pendenza, lunghezza delle linee di compluvio ed esposizione dei versanti.

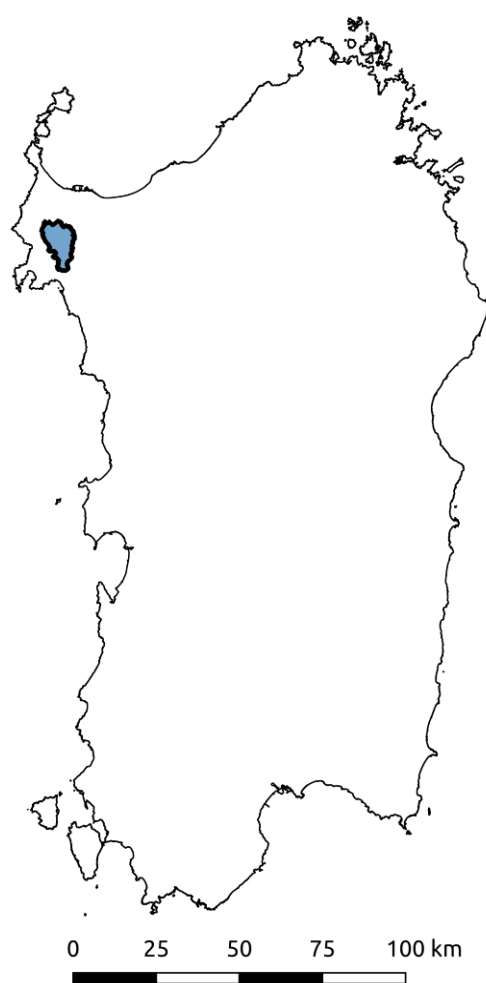


Figura 114 Ubicazione dell'area di studio nel distretto della Nurra.

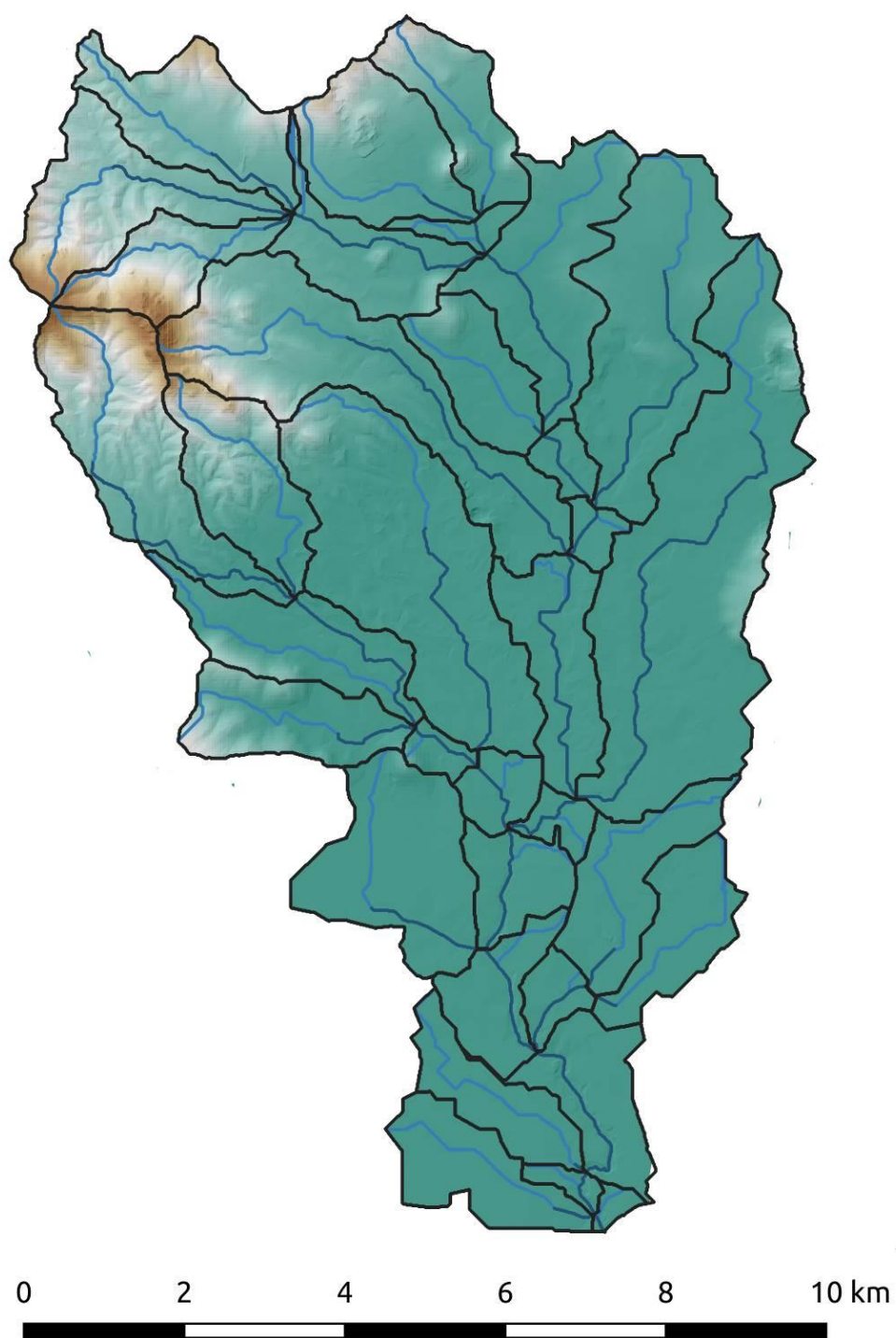


Figura 115 Delimitazione del bacino e delle subaree all'interno dell'area di studio.

I set di dati del suolo richiesti come input sono stati utilizzati per parametrizzare gli input fisici, chimici e idraulici del suolo. Queste informazioni comprendono il gruppo idrologico, la potenza del suolo, la densità apparente, la capacità di campo e il punto di appassimento, la conducibilità idrica satura e dati di tessitura del suolo (% di argilla, sabbia, limo e scheletro). Tra le proprietà chimiche del suolo è possibile fornire come dati in input il contenuto di carbonio e azoto organico, il pH, la capacità di scambio cationico, somma delle basi scambiabili ed il contenuto di carbonato di calcio. Dove disponibili, sono stati utilizzati dati di proprietà del Dipartimento di Agraria dell'Università di Sassari, i dati mancanti sono stati ottenuti estrapolando le informazioni da un database esterno sulla base della classificazione dei tipi pedologici definiti dalla carta pedologica regionale attualmente disponibile, che seguono la Soil Taxonomy.^{xviii}

Le informazioni sull'uso del suolo e sulla copertura del terreno sono state ottenute dallo strato informativo dell'uso del suolo fornite dalla Regione Sardegna. Queste informazioni sono state utilizzate per fornire al modello gli input necessari per simulare, in maniera realistica, la gestione agronomica ordinaria degli agro-ecosistemi studiati e le caratteristiche dei sistemi naturali presenti all'interno dell'area di studio. I dati sulla tecnica agronomica (lavorazioni del terreno, le fertilizzazioni e le eventuali irrigazioni includendo, per ciascuna di queste, la data o il periodo in cui vengono normalmente effettuate e i quantitativi di fertilizzante e acqua distribuiti, date di semina e di raccolta delle diverse colture) sono state ricavate da precedenti studi^{xix} o dalla consultazione di esperti locali.

Per il suo funzionamento, il modello APEX richiede serie temporali giornaliere di precipitazioni e temperatura massima e minima ed è inoltre possibile fornire informazioni aggiuntive su umidità relativa, radiazione solare e velocità del vento. Il modello è stato fatto girare utilizzando dati meteorologici derivanti dagli scenari climatici forniti dal CMCC calibrati per l'area oggetto di studio.

Con i dati così raccolti è stato possibile riprodurre, all'interno del modello, un bacino idrografico rappresentativo dell'area di studio. Inoltre, attraverso un'accurata ricerca bibliografica integrata con misurazioni in campo, sono stati ricostruiti i dataset sulle colture presenti nel bacino: resa delle colture e dinamica di sviluppo della superficie fogliare (indice di area fogliare, LAI). Queste informazioni sono state utilizzate per la calibrazione del modello. È stata quindi fatta una simulazione basata sullo scenario climatico di riferimento e i parametri del modello sono stati calibrati per ottenere risultati verosimili considerando tra gli altri la produzione delle colture, l'evapotraspirazione, il ruscellamento superficiale e la percolazione.

Scenari climatici: input forniti al modello di simulazione

Gli scenari climatici sono stati ottenuti partendo dai dati simulati dal modello climatico regionale COSMO-CLM^{xx} alla risoluzione orizzontale di circa 8 km, forzato dal modello globale l'ECHAM 5.4 sviluppato ed utilizzato del Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici (CMCC)^{xxi} con risoluzione orizzontale di circa 80 km.^{xxii} Le simulazioni sono state eseguite adottando la configurazione ottimizzata dalla Fondazione CMCC.

Gli scenari climatici sono stati corretti secondo la metodologia della *bias correction*. Gli indici per la correzione sono stati calcolati sul punto griglia di E-OBS più vicino alla stazione meteorologica di riferimento scelta in base alla disponibilità di una lunga serie storica e alla sua vicinanza all'area di studio. La stazione di riferimento scelta è quella di Alghero (AHO, 40°38'18" N, 8°17'59" E), sulla quale sono stati calcolati i fattori di correzione per ciascuna delle grandezze considerate: temperatura massima, temperatura minima e precipitazioni. Gli indici così calcolati sono stati applicati per correggere le serie giornaliere degli scenari climatici estratte per i punti griglia pertinenti all'area di studio.

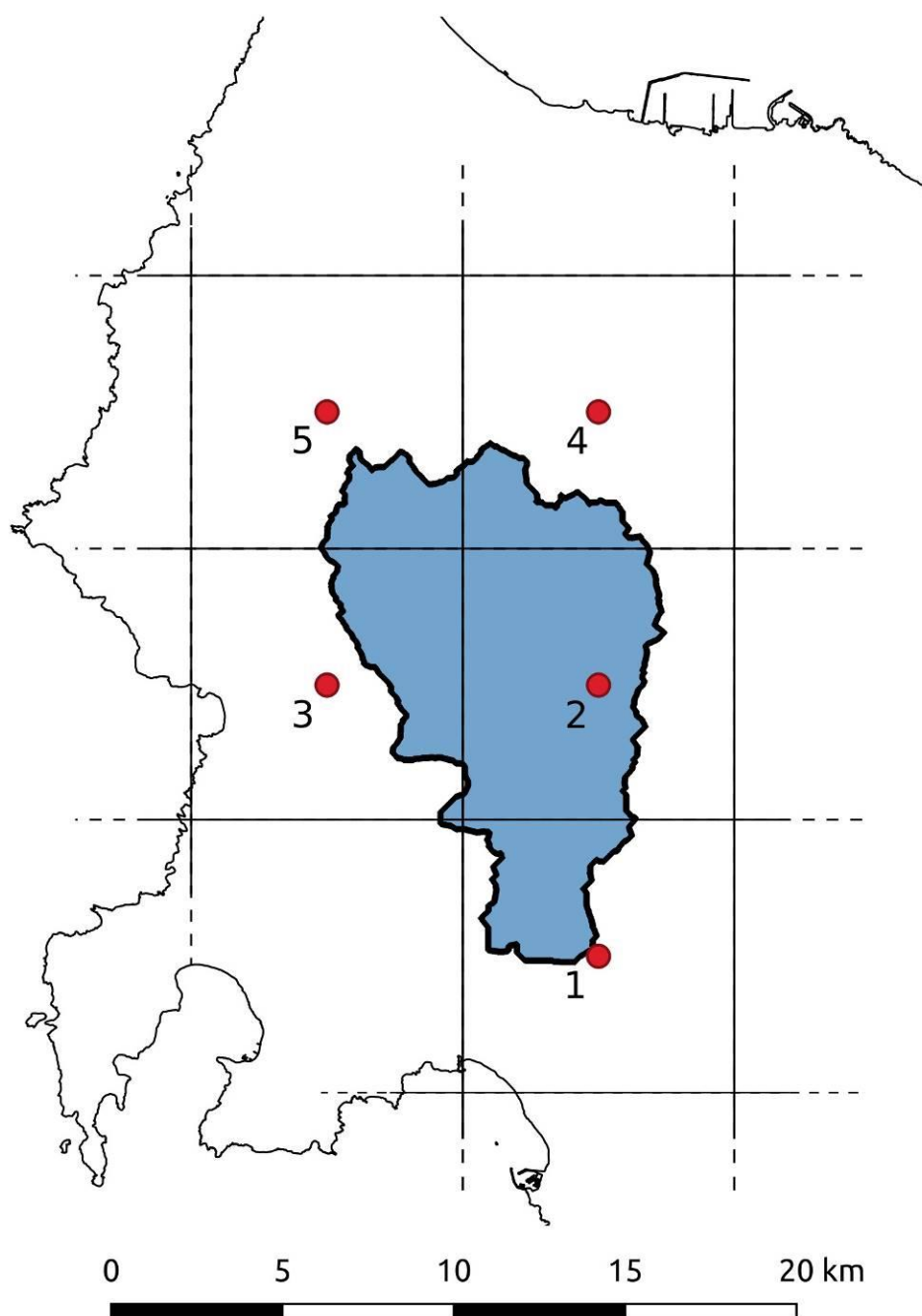


Figura 116 Posizione delle celle di estrazione dei dati climatici in riferimento al bacino oggetto di studio.

Il periodo di riferimento utilizzato per il clima attuale (PRESENTE) è il 1981-2010, mentre il periodo 2021-2050 è stato utilizzato come riferimento per quelli futuri considerando due differenti scenari di emissione IPCC: RCP4.5 e RCP8.5. Come input per il modello di simulazione APEX sono stati forniti un totale di tre scenari climatici: PRESENTE caratterizzato da concentrazione atmosferica di CO₂ pari a 380 ppm, RCP4.5 avente concentrazione di CO₂ pari a 460 ppm e RCP8.5 con CO₂ pari a 490 ppm.

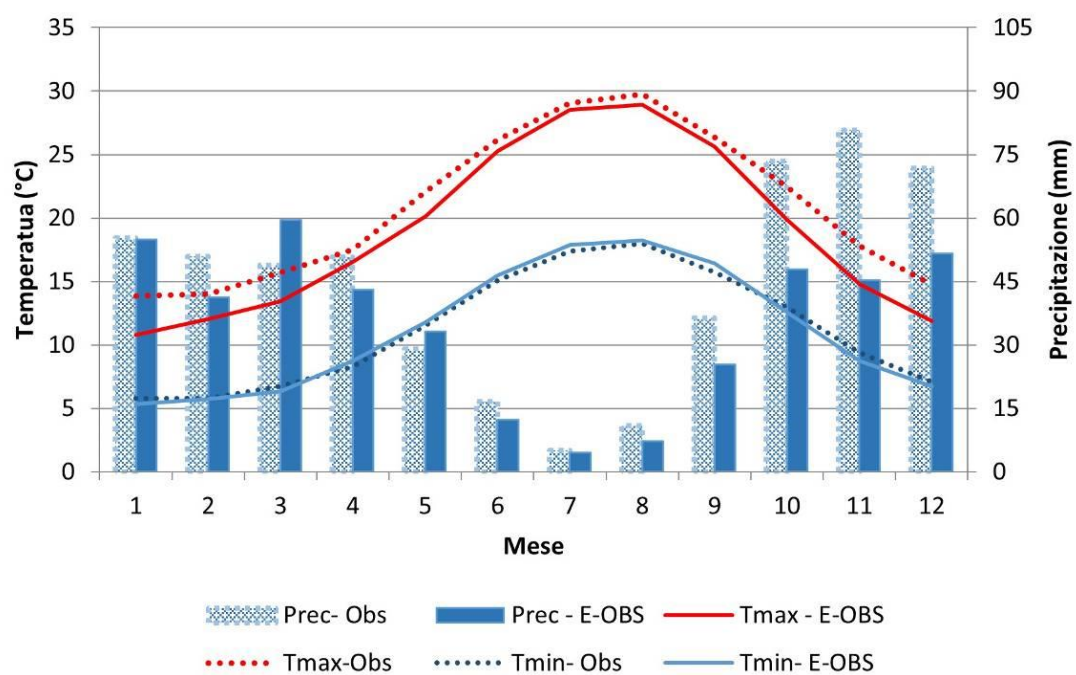


Figura 117 Confronto dei valori mensili medi di temperatura massima (Tmax), temperatura minima (Tmin), e precipitazione cumulata (Prec) tra la stazione di riferimento AHO (Obs) e il punto griglia E-OBS (E-OBS).

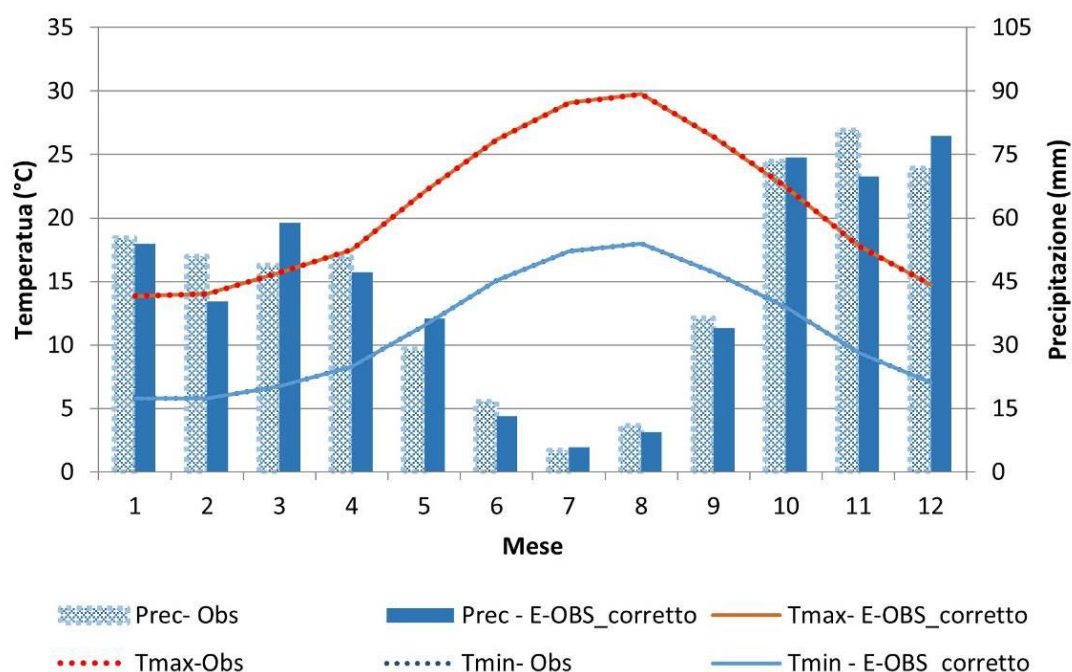


Figura 118 Confronto dei valori mensili medi di temperatura massima (Tmax), temperatura minima (Tmin), e precipitazione cumulata (Prec) tra la stazione di riferimento AHO (Obs) e il punto griglia E-OBS corretto con la bias – correction (E-OBS_corretto).

Nel periodo climatico di riferimento per il clima attuale (PRESENTE), la precipitazione media annuale è risultata 469 mm, mentre negli scenari futuri RCP4.5 e RCP8.5 rispettivamente di 455 mm e 459 mm. Negli scenari futuri è stata riscontrata una riduzione delle precipitazioni in particolare nei mesi primaverili da marzo a maggio (rispettivamente di -17% e -19% in RCP4.5 e RCP8.5) e nei mesi estivi. Un aumento delle precipitazioni è invece stato previsto nei mesi di ottobre e novembre (rispettivamente +20% e +12% in RCP4.5 e RCP8.5). Per quanto riguarda le temperature, mediamente negli scenari futuri la temperatura media mensile aumenta rispettivamente di +2,1 °C in RCP4.5 e + 3,1 °C in RCP8.5. In entrambi gli scenari, agosto è il mese con temperatura media mensile più elevata, mentre luglio è risultato il mese caratterizzato da un maggior aumento della temperatura media mensile (RCP4.5 + 2.83 °C, RCP8.5 +3.74 °C).

Tabella 85 Valori annuali medi di temperatura massima (Tmax), temperatura minima (Tmin), e precipitazione cumulata (Prec) per gli scenari PRESENTE, RCP4.5, RCP8.5 per ciascun punto griglia considerato e le differenze (Δ) tra gli scenari futuri e lo scenario presente.

PUNTI GRIGLIA	PRESENTE			RCP4.5			RCP8.5		
	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Prec (mm)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Prec (mm)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Prec (mm)
1	20,8	11,2	523	23,0	13,2	509	24,0	14,1	522
2	20,8	11,1	465	23,0	13,1	451	23,9	14,1	454
3	20,1	11,5	451	22,2	13,5	434	23,2	14,4	435
4	20,5	11,2	437	22,6	13,2	416	23,5	14,1	419
5	20,2	11,3	467	22,3	13,3	463	23,3	14,3	464
MEDIA	20,4	11,2	469						
Δ				+ 2,2	+ 2,0	- 14	+ 3,1	+ 3,0	- 10

Interazioni tra clima e agro-ecosistemi

Lo studio dell'impatto sui sistemi colturali del cambiamento climatico è basato sul confronto dei risultati delle simulazioni effettuate utilizzando come dati meteorologici in input le serie sintetiche che fanno riferimento al clima attuale (PRESENTE) e quelle che si riferiscono al clima futuro (RCP4.5, RCP8.5). Il modello calibrato è stato utilizzato per simulare le dinamiche che avvengono sul territorio preso in esame in un arco temporale di 30 anni. Le rese sono state analizzate separatamente per ciascuna coltura considerando la media delle rese ottenute da tutte le subaree aventi uno stesso uso del suolo (Tabella 86). Tutti i valori di produzione di seguito riportati sono espressi in sostanza secca.

Nel caso dei sistemi colturali asciutti, per gli erbai sono state ottenute rese medie annue di 3,1 Mg ha⁻¹ per lo scenario di riferimento, per gli scenari futuri si stimano degli incrementi di 0,24 e 0,29 Mg ha⁻¹ rispettivamente per lo scenario RCP4.5 e RCP8.5. Per quanto riguarda il pascolo permanente, sono state analizzate le produzioni totali annue, in questo caso per gli scenari futuri si stimano piccoli incrementi nelle rese pari a 0,12 Mg ha⁻¹, rispetto alla produzione media totale di 1,78 Mg ha⁻¹ ottenuta per lo scenario presente. L'aumento delle rese è da attribuire alle più miti temperature nei mesi più freddi durante i quali, con clima attuale, si verifica un rallentamento o una stasi dell'attività vegetativa delle colture. A questo si unisce l'aumento delle precipitazioni precedentemente descritto e l'effetto fertilizzante della maggiore concentrazione della CO₂ atmosferica. Al contrario, i risultati delle simulazioni per il frumento mostrano una riduzione delle produzioni medie di 0,25 e 0,33 Mg ha⁻¹ rispettivamente per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5, rispetto alla produzione media di 2,81 Mg ha⁻¹ simulata per lo scenario di riferimento. In questo caso, trattandosi di

produzione di granello, la riduzione delle rese è dovuta all'aumento delle temperature e alla riduzione delle precipitazioni che si verificano nel periodo di massima sensibilità della coltura agli stress idrici, determinano un forte deficit evapotraspirativo con conseguente stress per la coltura.

Tabella 86 Dati colturali medi di rese e consumi irrigui per lo scenario PRESENTE e le rispettive differenze per gli scenari futuri RCP45 e RCP85.

COLTURA	PRESENTE	RCP45	RCP85	PRESENTE	RCP45	RCP85
	Resa (Mg ha ⁻¹)	Δ (%)	Δ (%)	IRGA (mm)	Δ (%)	Δ (%)
Erbaio	3,1	+ 7,7	+ 9,4	0		
Frumento	2,81	- 8,9	- 11,7	0		
Mais	22,69	+ 2,6	+ 3,0	588	+ 13,9	+ 10,1
Medica	12,49	+ 25,9	+ 31,6	654	+ 15,2	+ 13,4
Pascolo	1,78	+ 6,7	+ 6,7	0		
Vite	4,53	+ 33,6	+ 27,6	251	+ 19,7	+ 3,3

Nel caso dei sistemi colturali irrigui, sono state analizzate le rese medie annue delle aree interessate dalla coltivazione di mais, erba medica e dei vigneti. Per quanto riguarda il mais destinato alla produzione di insilato, per gli scenari futuri RCP4.5 e RCP8.5 si prevedono incrementi delle rese rispettivamente di 0,58 e 0,68 Mg ha⁻¹, rispetto alla produzione media ottenuta per lo scenario presente di 22,69 Mg ha⁻¹. Per quanto riguarda l'erba medica, la produzione media annua totale simulata dal modello è stata di 12,49 Mg ha⁻¹ per lo scenario di riferimento, mentre per gli scenari futuri è stimato un incremento pari a 3,24 e 3,95 Mg ha⁻¹ rispettivamente per RCP4.5 e RCP8.5. Le rese della vite ottenute per lo scenario di riferimento sono state di 4,53 Mg ha⁻¹, mentre sono stati stimati incrementi medi per gli scenari futuri di 1,52 e 1.25 Mg ha⁻¹ per RCP 4.5 e RCP8.5. In questi sistemi colturali irrigui, l'aumento delle temperature negli scenari futuri comporta, oltre all'aumento delle rese, anche un aumento delle esigenze irrigue stagionali, che passano da una media di 588 mm per il mais nello scenario presente a 699 (+18,9%) e 647 mm (+10,0%) nel clima futuro RCP4.5 e RCP8.5. Per la coltivazione dell'erba medica le esigenze irrigue sono stimate in 654 mm stagionali per lo scenario presente, mentre 753 mm (+15,1%) per lo scenario futuro RCP4.5 e 742 mm (+13,5%) per quello RCP8.5.

Dall'analisi dei risultati ottenuti per l'area di studio, è emerso che i fenomeni di *runoff* (Figura 119) e di erosione sono più marcati nello scenario futuro rispetto al presente. Nonostante la riduzione delle precipitazioni totali annuali, questi fenomeni sono dovuti ad una maggiore intensità delle precipitazioni autunnali (ottobre-novembre) periodo in cui, per alcuni sistemi colturali simulati, la copertura del suolo è al minimo annuale.

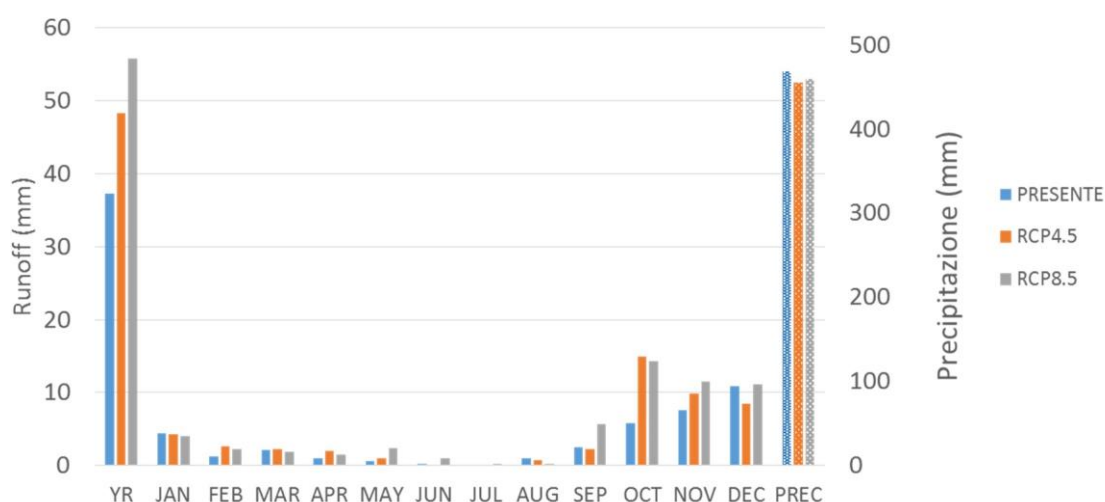


Figura 119 Precipitazioni medie annuali e *runoff* totale annuo e medio mensile simulato coi i tre scenari climatici.

Conclusioni

I risultati del lavoro di analisi proposto offrono numerosi elementi quantitativi sull'effetto atteso dai cambiamenti climatici sulle produzioni e sui processi caratterizzanti gli agro-ecosistemi dell'area oggetto di studio. Il principale punto di forza di queste valutazioni è che impiegano strumenti di analisi basati su teorie consolidate e validate scientificamente, che valorizzano dataset costruiti con dati provenienti da anni di sperimentazione a scala di campo, che ne hanno permesso una accurata calibrazione.

I risultati mettono in evidenza che in alcune situazioni, a differenza di quanto osservato precedentemente in altri distretti della Sardegna,^{xxiii} il cambiamento climatico potrebbe potenzialmente portare effetti positivi sulle rese delle colture, per effetto dell'attenuazione degli stress termici invernali e l'effetto fertilizzante associato all'incremento della concentrazione di CO₂, considerata dal modello. Tuttavia occorre considerare due aspetti: da una parte il significativo aumento dei fabbisogni idrici delle colture irrigue, che ha implicazioni sulla disponibilità di acqua per l'irrigazione, visto che l'incremento significativo delle temperature si traduce in un bilancio idrico meno favorevole rispetto al clima presente. Emerge anche una tendenza a un incremento dell'erosione del suolo, dovuto alla maggiore intensità delle precipitazioni attesa dal clima futuro proprio nel periodo in cui il suolo è più erodibile perché meno coperto da vegetazione.

L'altro aspetto riguarda il fatto che il modello impiegato non tiene conto degli effetti dell'aumento delle temperature sulle malattie e i fitofagi delle colture. Ciò vale in particolare per le colture irrigue estive, più esposte a questo problema, su cui è

necessario un ulteriore approfondimento. Questo limite può essere superato se si impiegano modelli specialistici per la simulazione delle dinamiche di fitofagi e parassiti.

Occorre inoltre tenere conto della qualità dei dati di input, che nel caso specifico non è ottimale, per i motivi citati in premessa. Per quanto riguarda i sistemi colturali intensivi, la disponibilità di dati è facilitata dal fatto che si basano in genere su monoculture ben caratterizzate per tipologia, fenologia e risposta ai vari fattori di stress, per le quali i modelli sono stati sottoposti a numerosi studi di sensibilità. Nel caso invece dei sistemi foraggeri estensivi basati sui pascoli permanenti, trattandosi di formazioni vegetali complesse, che rispondono in modo non lineare e fortemente dipendente dalla composizione floristica ai diversi fattori di stress, è più ampia la variabilità della risposta alle diverse condizioni climatiche. Inoltre, i sistemi che fanno riferimento ad aree marginali, caratterizzate da importanti limitazioni dovute alla fertilità e profondità del suolo, alla disponibilità idrica, rendono le performance dei modelli meno affidabili di quelle conseguibili in condizioni idriche e nutrizionali non limitanti.

Quanto riportato è un esempio di come questi strumenti possono essere utilizzati per l'analisi dell'interazione tra il clima e gli agro-ecosistemi a scala di bacino. Con questo approccio, la qualità ed il livello di dettaglio dei dati forniti come input al modello è fondamentale per ottenere risultati robusti ed accurati. I modelli di simulazione rappresentano uno strumento che può essere impiegato non solo per ottenere delle previsioni future, ma anche per analizzare e comprendere le complesse dinamiche che caratterizzano gli agro-ecosistemi. Infine, un modello di simulazione correttamente calibrato può essere impiegato per fornire una base informativa a supporto dell'individuazione di opzioni conservative anche in relazione ai cambiamenti climatici come ad esempio: l'adozione di differenti gestioni agronomiche, l'introduzione di nuove colture in sistemi agricoli preesistenti, l'adozione di strategie di difesa del suolo. Inoltre, permettono di valutare la sostenibilità a lungo termine dei sistemi colturali in termini di rese, fertilità del suolo, dei nutrienti e ciclo dell'acqua e possono essere impiegati in analisi di sistema con approccio multidisciplinare.

Data la complessità della tematica affrontata, l'attività potrà essere svolta con un processo multidisciplinare che consentirebbe una più efficace analisi dei sistemi oggetto di studio. Questa metodologia di analisi consente di effettuare valutazioni quantitative ex ante su tutto il territorio della produzione nei vari distretti agricoli regionali. Come precedentemente evidenziato, le precondizioni per questo tipo di valutazione sono la disponibilità di dati di base (clima, suolo, risorse, gestione agronomica) su tutto il territorio a un livello di dettaglio coerente con la precisione richiesta per la stima e adeguati strumenti per la spazializzazione dei dati.^{xxiv} A conferma di quanto detto, i risultati presentati da Wallor E. (2018) evidenziano, per una

corretta calibrazione dei modelli, la necessità di banche dati che forniscano in parallelo, e per un lungo periodo, informazioni su suolo e colture.^{xxv}

Dato che l'effetto del cambiamento climatico sulle rese e fenomeni come la percolazione, la lisciviazione e l'emissione di gas serra sono fortemente sito-specifici,^{xxvi} la capacità dei modelli di replicare le risposte delle colture e la dinamica dell'acqua e degli elementi nutritivi in differenti condizioni, è fondamentale per valutare correttamente l'effetto del cambiamento climatico e delle strategie di adattamento a scala regionale. Ad esempio, l'aggregazione spaziale a scale differenti delle caratteristiche dei suoli, può avere un effetto prevalente sul risultato delle rese simulate a livello regionale.^{xxvii}

C'è comunque un crescente riconoscimento dell'importanza della valutazione dell'effetto del cambiamento climatico e delle possibili strategie di adattamento a livello di distretto produttivo o anche aziendale^{xxviii} invece che focalizzare l'analisi su risultati aggregati su scala più ampia. L'aggregazione su scala a bassa risoluzione infatti potrebbe nascondere dinamiche che per l'individuazione di strategie di adattamento potrebbero rivelarsi decisive. Nel caso specifico per esempio, i risultati indicano che le strategie di adattamento dovrebbero essere rivolte prevalentemente all'aumento dell'efficienza d'uso dell'acqua per i sistemi colturali irrigui. Ciò può essere conseguito in diversi modi, a partire dalla riduzione delle perdite d'acqua in rete, come sottolineato nella sezione relativa all'acqua, sino all'impiego di tecniche di irrigazione di precisione, capaci di ridurre i consumi irrigui in modo significativo. Tuttavia per l'esperienza maturata con questo esercizio, la più efficace strategia di adattamento a scala regionale è più di tipo trasformativo, relativa cioè alla costituzione e continuo aggiornamento di un robusto sistema informativo contenente dati ad alta risoluzione su suoli, meteo e modalità di gestione dei sistemi colturali, che costituirebbe la base essenziale per poter progettare efficaci interventi di adattamento a diversa scala.

ⁱ Dono et al., 2016.

ⁱⁱ Wallach et al., 2016.

ⁱⁱⁱ Ewert et al., 2015.

^{iv} Dono et al., 2016; Deyetieux et al., 2016.

^v Brown et al., 1997.

^{vi} Adejuwon, 2005.

^{vii} Thomson et al., 2006; Brassard e Singh, 2007; Tan e Shibasaki, 2003.

^{viii} Izaurralde et al., 2007.

^{ix} Rahil e Antonopoulos, 2007.

^x Bhuyan et al., 2002; Iocola et al., 2017.

^{xi} Ewert et al., 2015.

^{xii} Moss et al., 2010.

^{xiii} Williams e Izaurralde, 2006.

^{xiv} Williams, 1995.

-
- ^{xv} Wang et al., 2009; Gassman et al., 2010; Wang et al., 2012; Williams et al., 2015.
- ^{xvi} Golmohammadi et al., 2014; Steglich e Williams, 2013.
- ^{xvii} Wang et al., 2006.
- ^{xviii} Soil Survey Staff, 1999.
- ^{xix} Dono et al., 2016, Dono et al., 2013.
- ^{xx} Rockel et al., 2008.
- ^{xxi} www.cmcc.it.
- ^{xxii} Scoccimarro et al., 2011.
- ^{xxiii} Dono et al., 2016.
- ^{xxiv} Zhao et al., 2015 e 2016; Kollas et al., 2015.
- ^{xxv} Kersebaum et al., 2015.
- ^{xxvi} Kersebaum e Nendel, 2014; Nendel et al., 2014.
- ^{xxvii} Hoffmann et al., 2016.
- ^{xxviii} Claessens et al., 2012.

Pagina lasciata bianca intenzionalmente

5. Attuazione delle azioni di adattamento: modelli integrati di *governance*

Secondo dati climatici attendibili, la superficie della Terra è diventata sempre più calda negli ultimi tre decenni rispetto a qualsiasi decennio precedente da quando le misurazioni delle temperature iniziarono, oltre 150 anni fa.ⁱ Il cambiamento climatico viene comunemente riconosciuto come uno dei più importanti fenomeni critici degli ultimi anniⁱⁱ e alcuni suoi effetti consistono in un generale aumento della temperatura media a livello mondiale, un innalzamento del livello medio del mare, nonché frequenti e intense inondazioni e periodi siccitosi.ⁱⁱⁱ Nel tempo, una serie di misure di adattamento è stata proposta per prevenire o minimizzare gli effetti negativi dei cambiamenti climatici e talvolta trarne vantaggio. L'adattamento ai cambiamenti climatici si riferisce all'adeguamento dei sistemi naturali o umani come risposta agli stimoli climatici attuali o previsti o ai loro effetti, che mitiga i danni o sfrutta le opportunità benefiche.^{iv} L'importanza delle misure di adattamento ai cambiamenti climatici è cresciuta nel tempo. Infatti, anche se le emissioni di gas serra cessassero oggi, i cambiamenti climatici in corso continuerebbero in futuro per diverso tempo.^v Le misure di adattamento includono diversificazione delle colture, sistemi di allerta rapida e previsioni climatiche stagionali.^{vi}

D'altra parte, le questioni ambientali sono intrinsecamente transfrontaliere; dunque non sorprende che siano affrontate e valutate – almeno in prima istanza – dalla Comunità internazionale. Parimenti vengono esercitate le più rilevanti pressioni da parte di associazioni non governative e soggetti terzi nei confronti di Capi di Stato e di Governo. Dalla approvazione della Convenzione delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici e del relativo Protocollo di attuazione (cd. Protocollo di Kyoto), la Comunità internazionale ha sollecitato gli Stati nazionali ad impegnarsi a ridurre le emissioni inquinanti e foriere di cambiamenti climatici irreversibili, e di introdurre misure di adattamento.

In tal senso, l'Unione Europea si è subito attivata mediante l'introduzione di direttive e misure normative molto ambiziose nei confronti dell'attuazione degli impegni internazionali. Nel 2013, la Commissione europea ha adottato una strategia per l'adattamento ai cambiamenti climatici (Strategia di adattamento dell'UE) che mira a rendere il contesto europeo più resiliente. La strategia di adattamento dell'UE si concentra su promozione (i) dell'azione da parte degli Stati membri, (ii) di un processo decisionale più informato e (iii) dell'adattamento in settori chiave vulnerabili.^{vii} Tale strategia, pur non essendo un atto normativo vincolante per gli Stati membri (come, ad esempio, le Direttive ed i Regolamenti), richiede che ogni Stato membro introduca una strategia nazionale di adattamento.

L'adattamento ai cambiamenti climatici è influenzato da una serie di elementi, tra cui risorse economiche e fattori sociali (valori, interessi, tradizioni e così via). Fattori legali, economici e tecnologici e fattori sociali dovrebbero essere considerati negli approcci di governance dell'adattamento; in particolare, i fattori sociali sono talvolta riconosciuti come rilevante barriera da superare per l'attuazione delle strategie di adattamento.^{viii} Il cambiamento climatico pone elevati requisiti di governance, richiedendo coordinamento su scala internazionale, nazionale, regionale e locale, nonché il coordinamento tra i settori.^{ix} Governance per l'adattamento ai cambiamenti climatici significa che politiche e programmi di azione esistono a diversi livelli e sono coordinati attraverso livelli e settori.^x La governance è un fattore chiave nel modellare il processo di adattamento^{xi} e l'effettivo adattamento ai cambiamenti climatici richiede nuovi approcci capaci di colmare o, addirittura, di trascendere i livelli governativi e i domini della società.^{xii} I cambiamenti climatici influenzano diversi settori e attori e vi è la necessità di una governance dell'adattamento coordinata e cooperativa per risolvere o evitare i conflitti e attuare misure di adattamento.^{xiii} In generale, sono ampiamente auspicati per l'azione pubblica gli atti di integrazione (*mainstreaming*) nelle politiche esistenti degli obiettivi di adattamento ai cambiamenti climatici.^{xiv}

In Italia, nel 2015 il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha approvato la 'Strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici' (SNACC).^{xv} La SNACC illustra i principali impatti dei cambiamenti climatici per i settori socioeconomici e naturali e propone misure di adattamento. Il 'Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici' (PNACC), attuativo della Strategia nazionale, è stato sottoposto a consultazione in sede di Commissione Ambiente ed Energia e alla Conferenza Stato-Regioni.^{xvi} Il PNACC. Un aspetto rilevante è che nel percorso di coinvolgimento delle Regioni e delle Province autonome, attuato tramite un questionario articolato su differenti quesiti, sono pervenuti diversi contributi che hanno, a livello generale, evidenziato l'opportunità di sottoporre il Piano a Valutazione Ambientale Strategica

La Strategia ed il Piano nazionale rappresentano un quadro di orientamento per ogni strategia locale si voglia attuare in Italia. In generale, ai fini di questo lavoro, le misure di adattamento sono classificabili in 'gray', 'green' e 'soft'.^{xvii} Le misure gray includono soluzioni tecnologiche e ingegneristiche, quelle green consistono in approcci basati sugli ecosistemi, mentre quelle soft includono approcci gestionali, legali e politici (incluso il sistema di governance). Secondo la SNACC, nei prossimi decenni nella regione mediterranea europea gli effetti dovuti ai cambiamenti climatici saranno particolarmente negativi.^{xviii} Tali effetti, in combinazione con quelli dovuti alla pressione antropica sulle risorse naturali, rendono quest'area una delle più vulnerabili in Europa. La Strategia di adattamento dell'UE consiste in diversi documenti, tra cui quello su 'Principi e raccomandazioni per integrare le considerazioni sull'adattamento ai cambiamenti climatici nell'ambito dei programmi di sviluppo rurale 2014-2020'.

Secondo tale documento, finora la valutazione ambientale strategica (VAS) è stata pensata principalmente per valutare gli effetti di determinati piani e programmi sull'ambiente. Tuttavia, gli effetti dei cambiamenti climatici sono strettamente correlati anche alle questioni ambientali, poiché influenzano biodiversità ed ecosistemi.^{xix} Quindi sarebbe desiderabile integrare la dimensione del cambiamento climatico all'interno delle VAS per definire, per esempio, scenari più realistici e proporre alternative di piano o di programma più credibili. La Commissione europea sottolinea la necessità di considerare gli impatti dei cambiamenti climatici nell'attuazione (i) delle direttive europee sulle valutazioni ambientali (es. valutazione di impatto ambientale e VAS) e (ii) delle politiche di pianificazione territoriale.^{xx} Poiché tra gli scopi della VAS vi è quello di incoraggiare processi decisionali trasparenti e informati sull'ambiente,^{xxi} essa è riconosciuta come veicolo per l'implementazione della protezione del clima nell'ambito della pianificazione territoriale.^{xxii} Per ulteriormente rimarcare l'importanza della VAS rispetto al tema dei cambiamenti climatici, nel 2013 la Commissione europea ha pubblicato le 'Linee guida sull'integrazione dei cambiamenti climatici e della biodiversità nella valutazione ambientale strategica', che seguono cronologicamente le linee guida su VAS e adattamento al cambiamento climatico della *Organisation for Economic Co-operation and Development* del 2008.^{xxiii}

Sia la Strategia europea che quella nazionale evidenziano l'importanza del coinvolgimento attivo degli enti locali (in primis, le Regioni) nel promuovere azioni ed obiettivi di adattamento al fenomeno del cambiamento climatico. In Italia, tale previsione è peraltro conforme a quanto previsto dalla Strategia nazionale e – in linea di principio – anche al dettato costituzionale in materia di potestà amministrative degli enti regionali e rappresenta una necessità in considerazione delle rilevanti differenze geografiche e morfologiche esistenti tra le varie zone del nostro paese. La SNACC propone un sistema di azioni per l'adattamento ai cambiamenti climatici. Il PNACC, a sua volta, prevede un gruppo di azioni indirizzandole a ciascuna delle sei macro regioni in cui viene diviso il territorio nazionale. La SNACC è una strategia sovraordinata rispetto alle corrispondenti strategie regionali, mentre il PNACC è sovraordinato ai piani e programmi regionali. La Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici della Sardegna si iscrive nelle previsioni della SNACC e del PNACC, con riferimento alla macro regione sei. In questo senso, è utile approfondire le modalità con cui le autorità pubbliche possono affrontare correttamente i cambiamenti climatici e prepararsi a fronteggiarne i molti effetti avversi.

Quindi, obiettivo di questo capitolo è l'individuazione e definizione di modelli di governance da utilizzare per la pianificazione e l'attuazione delle opzioni di adattamento a livello regionale e locale che permettano di agire in maniera coordinata tra i diversi settori di interesse e in coerenza con la programmazione unitaria.

Ai fini del raggiungimento degli obiettivi è stata seguita la metodologia di seguito descritta (Tabella 87).

Tabella 87 Metodo proposto per giungere alla definizione del modello di governance e fornire suggerimenti per l'integrazione dell'adattamento nelle valutazioni ambientali.

Fasi	Descrizione
Ricerca bibliografica	Analisi di libri e articoli scientifici pubblicati da editori internazionali di accertata credibilità per individuare criteri, suggerimenti e indicazioni universalmente riconosciute in materia di adattamento ai cambiamenti climatici e di scelta di alternative adatte allo specifico contesto regionale.
Ricostruzione sistema competenze RAS	Ricostruzione dell'organigramma della RAS e delle competenze degli assessorati e dei servizi. Verifica del grado di consapevolezza delle competenze – esplicite oppure implicite – rispetto all'adattamento ai cambiamenti climatici.
Analisi strumenti di pianificazione territoriale di livello regionale e relativi rapporti ambientali	Indagine sul livello di integrazione, anche in modo implicito, del tema dell'adattamento nei piani e programmi regionali e relativi rapporti ambientali VAS. Costruzione di un quadro di base sui riferimenti a strategia europea di adattamento, SNACC e PNACC, a obiettivi e misure di adattamento e alle responsabilità sull'attuazione pratica delle strategie dei piani. Valutazione dei piani rispetto ad alcuni criteri rilevanti nella letteratura scientifica internazionale.
Proposta di modello di governance	Costruzione di un modello consistente in un database relazionale che, per ogni settore prioritario incroci: (i) gli indicatori da calcolare, (ii) i dati necessari per calcolarli, (iii) gli enti produttori del dato, (iv) le azioni di adattamento, (v) gli strumenti di pianificazione e (vi) gli enti responsabili di realizzare le azioni.
Suggerimenti per l'integrazione delle considerazioni relative all'adattamento all'interno della VAS e della VINCA	Individuazione delle carenze dei vari elaborati in tema di adattamento e degli elementi chiave rispetto ai quali fornire suggerimenti per integrare le considerazioni sull'adattamento ai cambiamenti climatici all'interno delle procedure di VAS e di VINCA.

Si anticipa che le difficoltà riscontrate in tale esercizio, similmente a quanto accaduto in ambito nazionale, riguardano prevalentemente l'elevato numero di autorità che sono competenti in materia di cambiamenti climatici (come, ad esempio, gli enti operanti sulla gestione idrica, il dissesto idrogeologico, la pianificazione e protezione del territorio, ecc.). Del resto, proprio per le loro caratteristiche intrinseche, le politiche sull'adattamento ai cambiamenti climatici coinvolgono e riguardano vari e diversi settori inerenti attività antropiche potenzialmente impattanti sul territorio e sulle risorse naturali.

Con alcune differenze rispetto alla SNACC, in questo capitolo si sviluppa un'analisi top-down delle competenze dell'amministrazione regionale della Sardegna e, quindi, delle sue svariate divisioni. D'altra parte, il raggruppamento amministrativo di tale varietà di enti rappresenta un vantaggio, rispetto all'identificazione di possibili modelli di *governance* effettivi e funzionanti. Infatti, mediante una buona e capillare campagna di sensibilizzazione e informazione, è possibile ipotizzare una politica regionale coordinata e completa che faccia capo all'ente regionale in qualità sia di programmatore sia di attuatore delle soluzioni individuate. Similmente, nel PNACC la

scelta del modello di *governance* si fonda sull'incarico ad un'autorità esistente di coordinare le politiche di adattamento ai cambiamenti climatici. In alternativa, è previsto un ulteriore coordinamento superiore da parte di un organo collegiale, un Osservatorio sui Cambiamenti Climatici, comprendente i rappresentanti delle varie autorità interessate.

La scelta di affidarsi al sistema delle autorità esistenti ha il pregio di ottimizzare le risorse esistenti sotto vari profili, mentre rischia di appesantire ulteriormente un ufficio o un servizio già magari esposto ad emergenze o necessità ambientali. Oltre a ciò, dal punto di vista metodologico, si segnala che affidare ad un determinato ufficio (es. servizio difesa del suolo oppure servizio protezione civile) un ruolo rilevante in materia di cambiamenti climatici significa dare una connotazione ben precisa della priorità che la politica regionale sui cambiamenti climatici deve avere. Tale priorità può ben essere attivata mediante l'individuazione di un ufficio competente ma dovrebbe essere perlomeno condivisa precedentemente con tutti gli attori coinvolti (i cosiddetti *stakeholders*) sia privati che pubblici per garantire un processo trasparente ed equo.

Al contrario, l'istituzione di un Osservatorio garantirebbe di per sé un approccio democratico ed egitario da parte di tutti gli uffici coinvolti (quindi senza alcun criterio di priorità) pur rappresentando senz'altro un ulteriore appesantimento delle autorità coinvolte, con relativo rischio di rendere tale organo un ulteriore detentore di competenze invece di un coordinatore di ruoli. In tal caso, si consiglia quindi di prevedere dei meccanismi di semplificazione procedurale e sostanziale che governino l'intervento e il ruolo di tale ente. Una ipotesi implicherebbe, ad esempio, che decisioni pur assunte dall'Osservatorio siano in effetti attuate da specifici uffici competenti con criteri di competenza e indipendenza e riportando il proprio operato all'Osservatorio. In altri termini, si suggerisce di far rivestire all'Osservatorio un ruolo di consultazione e decisione ma non di attuazione delle politiche e delle attività in materia di cambiamenti climatici.

ⁱ Bush, 2018.

ⁱⁱ Larsen et al., 2012.

ⁱⁱⁱ IPCC, 2014.

^{iv} Salzmänn et al., 2016.

^v Baffo et al., 2009.

^{vi} Ochieng et al., 2016.

^{vii} Commissione europea, 2013a.

^{viii} Grothmann, 2011.

^{ix} Keskitalo, 2010.

^x Keskitalo, 2010.

^{xi} Wolf, 2011.

^{xii} Bauer e Steurer, 2014.

^{xiii} Juhola e Westerhoff, 2011; Grothmann, 2011.

^{xiv} Runhaar et al., 2017.

-
- ^{xv} MATTM, 2015.
- ^{xvi} MATTM, 2017.
- ^{xvii} MATTM, 2015.
- ^{xviii} MATTM, 2015.
- ^{xix} Commissione europea, 2013a.
- ^{xx} Commissione delle Comunità europee, 2009.
- ^{xxi} Fundingsland Tetlow e Hanusch, 2012.
- ^{xxii} Wende et al., 2012; Blanco et al., 2009.
- ^{xxiii} Commissione europea, 2013b; OECD, 2008.

5.1. Proposta metodologica per l'elaborazione di un modello di governance per l'implementazione di azioni di adattamento

La governance dell'adattamento ai cambiamenti climatici richiede coordinamento tra vari livelli istituzionali in senso sia verticale sia orizzontale. Rispetto al coordinamento in senso verticale, in questa sede si è messa in evidenza la coerenza tra gli indirizzi definiti a livello nazionale nella SNACC e nel PNACC con le competenze dei Servizi degli assessorati della RAS. In particolare, si sono raggiunti due obiettivi. Il primo consiste nell'aver evidenziato che già ora i Servizi hanno sia potenziali sia specifiche competenze in tema di adattamento. Il secondo riguarda la definizione di obiettivi e macro-azioni coerenti con quelle contenute nel PNACC (macro-regione 6) e da calibrare sul contesto regionale preferibilmente con un approccio bottom-up. In altri termini, gli obiettivi sarebbero da calibrare rispetto a osservazioni e considerazioni espresse anche da soggetti pubblici e privati sui quali la futura strategia di adattamento avrà effetti.

Rispetto al coordinamento in senso orizzontale, nella relazione e negli allegati sono evidenziate le azioni di adattamento che i Servizi dovrebbero/potrebbero adottare anche in coordinamento tra loro. Spetterebbe però agli enti sovraordinati definire un quadro di azioni coordinate, a partire dall'insieme di azioni e competenze descritte in questa relazione (vedi Sezione 5.2).

La proposta di modello di governance dell'adattamento non si limita a considerare le responsabilità, ma mette a sistema un insieme di attori, dati, azioni e strumenti, fornendo un quadro delle relazioni che intercorrono tra questi ed è costituito da sette elementi (Tabella 88).

Tabella 88 Elementi del modello di *governance*.

Elementi modello di <i>governance</i>	Descrizione
1. Settori di studio	Sono: settore agro-forestale, settore dei rischi di natura idrogeologica e settore delle acque interne
2. Enti responsabili	Assessorati e i Servizi regionali competenti
3. Indicatori di rischio/adattabilità	Gli indicatori di rischio/adattabilità sono descritti nei capitoli 1, 2, 3 e 4
4. Dati	Basi di dati affidabili e aggiornate
5. Enti che producono i dati	Enti regionali e non-regionali, la cui credibilità sia documentata
6. Azioni di adattamento	Dovrebbero favorire il raggiungimento di obiettivi di adattamento definiti a livello regionale
7. Strumenti di pianificazione	Piani e programmi regionali hanno la potenziale capacità di veicolare l'adattamento ai cambiamenti climatici attraverso azioni mirate

I settori di studio usati come esempio nel modello includono: settore agro-forestale, settore dei rischi di natura idrogeologica e settore delle acque interne. Gli enti responsabili sono gli assessorati e i servizi regionali competenti. Gli indicatori di rischio/adattabilità sono descritti nei capitoli 1, 2, 3 e 4.

Gli indicatori usati per valutare l'efficacia della strategia dovrebbero essere realistici e fondati su basi di dati affidabili e aggiornate. Tali caratteristiche sono soddisfatte se i dati sono certificati da enti regionali e non-regionali, la cui credibilità sia documentata. In questo senso, la qualità del dato è accettabile se sono noti i seguenti aspetti: chi lo ha prodotto, dove è reperibile, a quando risale, il livello di dettaglio e la scala a cui si riferisce, il formato in cui è disponibile, eventuali diritti di uso e distribuzione (copyright).

Le azioni di adattamento sono elemento imprescindibile del modello. Queste dovrebbero favorire il raggiungimento di obiettivi di adattamento definiti a livello regionale. Naturalmente, obiettivi e azioni di adattamento dovrebbero quantomeno essere coerenti con gli orientamenti proposti già a livello europeo e nazionale, al fine di raggiungere un buon livello di resilienza globale del continente europeo. Obiettivi e azioni dovrebbero, però, tener conto anche del contesto specifico, rispetto al quale sono stabiliti e perciò delle considerazioni dei soggetti pubblici e privati interessati dagli effetti della strategia. In questo documento, l'attenzione si rivolge a due aspetti: soggetti responsabili delle azioni; strumenti di pianificazione che includono già in forma esplicita o implicita azioni di adattamento. Dei primi si è già riferito nella parte introduttiva di questa sezione. Rispetto ai secondi, piani e programmi regionali hanno la potenziale capacità di veicolare l'adattamento ai cambiamenti climatici attraverso azioni mirate. Pertanto, l'integrazione delle questioni di adattamento sarebbe auspicabile già in fase di stesura di tali strumenti.

Per mettere a sistema i sette elementi che costituiscono il modello di governance (vedi Tabella 88) ed esplicitare le relazioni che intercorrono tra questi, si propone la creazione di un'ontologia relativa al dominio della governance dell'adattamento ai cambiamenti climatici per la RAS. Nello specifico, la proposta prevede la creazione di un database relazionale (Figura 120 e Figura 121), nel quale ciascuna tabella rappresenti uno dei sette elementi del modello. Nelle colonne di ciascuna tabella vengono fornite le informazioni relative al tipo di dati contenuti, mentre ciascun campo archivia il valore effettivo di un attributo. Ogni riga rappresenta una raccolta di valori correlati ad un'entità/oggetto ed è contrassegnata con un indicatore univoco che ne costituisce la chiave principale. Attraverso le chiavi esterne, le righe di tabelle diverse possono essere correlate. In questo modo, ad esempio, a partire da una specifica azione di adattamento è possibile accedere agli indicatori, enti, dati e strumenti, correlati a quel tipo di azione, presenti nel database.

Il modello di governance proposto mira a favorire il *mainstreaming* dell'adattamento in settori e strumenti strategici della RAS.

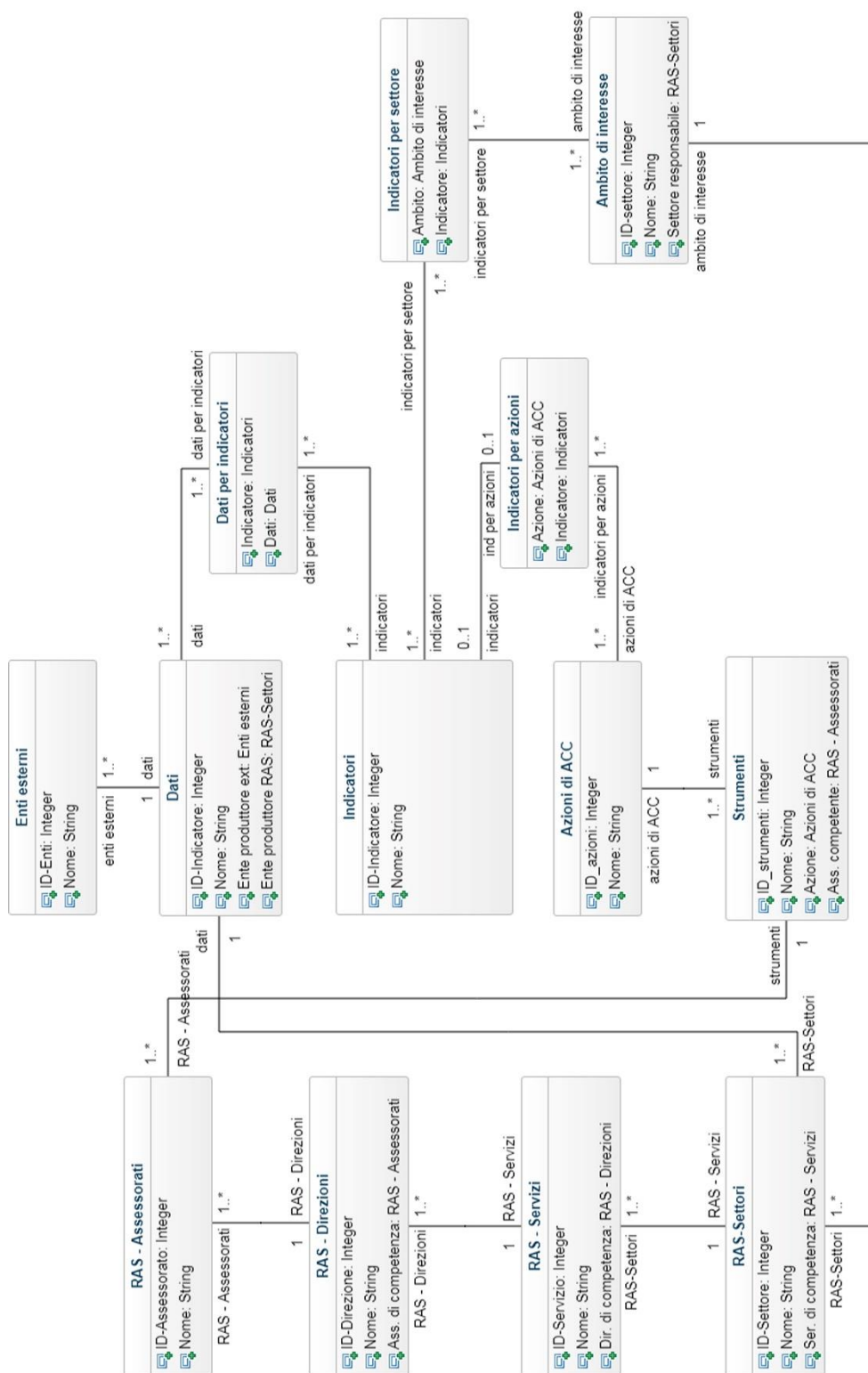


Figura 121 Modello di governance: schema del database relazionale.

5.2. Ricostruzione delle competenze dei Servizi della RAS in relazione all'adattamento

Il primo passo per la definizione delle competenze della RAS in tema di ACC, è la descrizione della sua struttura amministrativa. La ricostruzione dell'organigramma della RAS ha permesso di formalizzarne le unità e di identificare le responsabilità relative alle diverse aree di attività e le linee di dipendenza funzionale e gerarchica tra le parti.

La Figura 122 mette in evidenza come la struttura organizzativa sia articolata "ad albero": a ciascun Assessorato fanno capo Direzioni, cui compete il coordinamento dei Servizi, ciascuno dei quali a sua volta si ramifica in Settori.

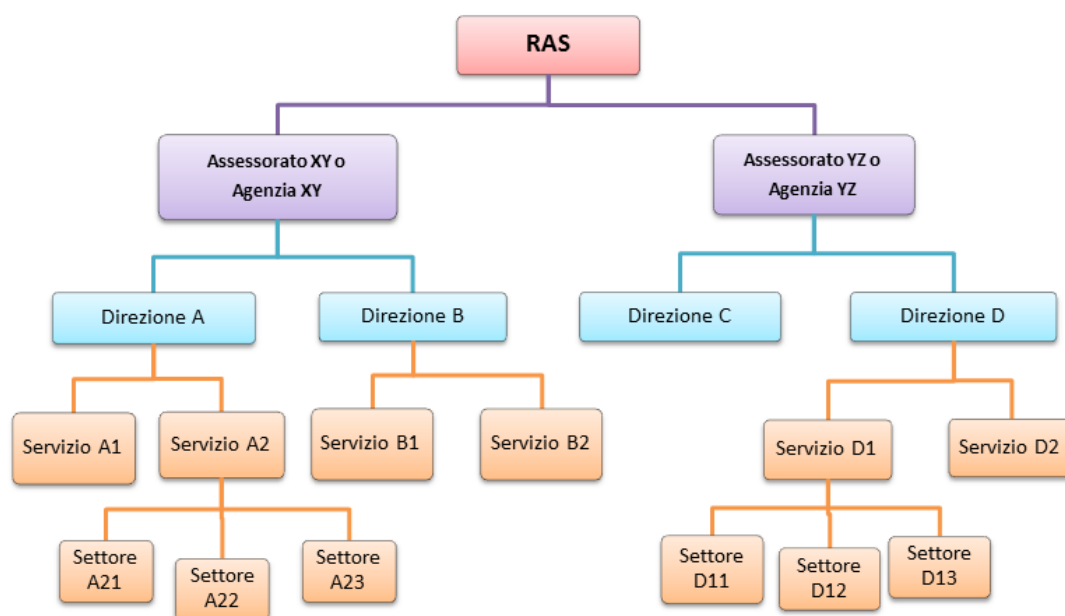


Figura 122 Schema della struttura organizzativa della RAS.

Il livello di consapevolezza dei funzionari regionali rispetto al tema dell'adattamento ai cambiamenti climatici è la prima questione affrontata nell'indagine sulla base dei risultati di un questionario definito nell'ambito del progetto Life MASTER ADAPT. L'indagine è necessaria per capire fino a che punto l'adattamento ai cambiamenti climatici è permeato in organi vitali della Regione – come gli assessorati – cui spetta la definizione di strategie in diversi settori. Un alto livello di consapevolezza degli assessorati rispetto al tema dei cambiamenti climatici e all'adattamento appare come condizione minima per definire una proposta di strategia regionale di adattamento radicata su conoscenze e obiettivi condivisi.

Altro aspetto chiave per definire una strategia regionale di adattamento ai cambiamenti climatici è la ricostruzione delle competenze degli organi regionali. Considerata la carenza di informazioni strutturate disponibili rispetto alle competenze

degli assessorati regionali, si è ritenuto necessario procedere alla ricognizione di tali responsabilità. In dettaglio, l'attenzione è rivolta ai compiti che già ora sono assegnati per decreto ai Servizi degli assessorati. Obiettivo della ricognizione è evidenziare se i Servizi hanno già competenze esplicite oppure implicite (anche solo potenziali) rispetto alla definizione e/o applicazione di misure di adattamento ai cambiamenti climatici. In dettaglio, le competenze dei Servizi sono state ricostruite a partire dai decreti di istituzione disponibili sul sito istituzionale della RAS. Questa fase si rende necessaria anche allo scopo di evidenziare competenze dei Servizi che siano coerenti con misure definite nella SNACC e nel PNACC (macroregione 6, in particolare per i settori strategici: comparto agricoltura e foreste; comparto delle acque; settore legato a rischi di natura idrogeologica).

Infine, l'analisi di piani e programmi regionali, dei rapporti ambientali VAS e degli studi di incidenza ambientale chiarisce se, e fino a che punto, il tema dell'adattamento è attualmente considerato nella prassi e se misure esplicite o implicite di adattamento sono già definite. Per cui, da un insieme di circa trenta piani e programmi regionali ne è stato selezionato un campione - tra quelli disponibili liberamente on-line - che avesse particolare attinenza alle tematiche dell'adattamento e che rappresentasse strumenti quanto più recenti possibile.

I diversi aspetti legati alla governance dell'adattamento ai cambiamenti climatici sono stati affrontati secondo il metodo descritto nella Tabella 89.

Tabella 89 Metodo adottato per giungere alla proposta di modello di governance.

Focus	Strumenti	Descrizione
Governance e adattamento ai cambiamenti climatici	Questionario on-line	Uso dei dati registrati dalla RAS attraverso un questionario on-line predisposto per il progetto Life 'Master Adapt'. I dati sono utili per inquadrare il livello di consapevolezza dei funzionari regionali rispetto al tema dell'adattamento ai cambiamenti climatici.
	Analisi del sito web istituzionale della RAS e dei decreti di istituzione dei Servizi	Ricostruzione dell'organigramma degli assessorati e dei Servizi regionali per individuare le responsabilità sulla realizzazione/adozione/... delle misure di adattamento.
	Analisi di piani e programmi regionali e relativi rapporti ambientali	Analisi di piani, programmi e rapporti ambientali regionali per valutare se e fino a che punto il tema dell'adattamento ai cambiamenti climatici è stato trattato.

I risultati del questionario sono stati utili per mettere in evidenza un livello di consapevolezza che presenta ancora ampi margini di miglioramento. L'analisi istituzionale ha messo in luce delle responsabilità (anche implicite e/o potenziali) in tema di adattamento. In generale, gli strumenti analizzati forniscono, invece, un quadro generale su quanto il tema dell'adattamento sia al momento considerato nella prassi (in forma esplicita oppure implicita).

In generale, grazie al metodo di indagine adottato, sono emersi punti sia di forza sia di debolezza relativi al sistema di governance dell'adattamento ai cambiamenti climatici. Si è così in grado di valutare su quali aspetti intervenire per risolvere criticità e rendere il sistema più efficiente ed auspicabilmente più efficace. È importante partire dalla mappatura degli enti/uffici competenti e dei relativi ambiti di competenza per comprendere appieno la complessità derivante dal numero degli ambiti e settori coinvolti e dalla loro eterogeneità.

5.2.1. Analisi della coerenza delle competenze dei Servizi della RAS con le misure previste nella SNACC e nel PNACC

Le competenze dei servizi degli assessorati rispetto al tema dell'adattamento ai cambiamenti climatici sono state ricostruite a partire dall'analisi dei decreti di istituzione. Le competenze individuate sono riassunte nella Tabella 90: la prima colonna individua l'assessorato di riferimento, la seconda il servizio (in genere non viene specificata la Direzione poiché si ritiene che l'indicazione dell'assessorato e del servizio sia condizione sufficiente per individuare le responsabilità), nella terza sono elencate le potenziali competenze dei servizi riconducibili al tema dell'adattamento, mentre nella quarta si è evidenziata la coerenza delle competenze dei servizi con le misure di adattamento contenuto nella SNACC e nel PNACC (macroregione 6). In dettaglio, lo scopo della tabella consiste nel fornire un quadro delle potenziali responsabilità dei Servizi degli assessorati rispetto al tema dell'adattamento ai cambiamenti climatici. Infatti, tra le competenze dei Servizi rientrano alcune che, esplicitamente ma più spesso implicitamente, rispondono alle misure di adattamento già definite a livello nazionale nella SNACC e nel PNACC. In particolare, le principali competenze dei Servizi riconducibili anche al tema dell'adattamento (terza colonna della Tabella 90), sono coerenti a vario livello con alcune misure previste dal PNACC (macroregione 6) e delle quali - per semplicità di lettura e facilitarne l'individuazione nel documento nazionale - si fornisce il relativo codice univoco. In altri termini, nella quarta colonna della Tabella 90, sono elencati i codici delle azioni previste nel PNACC, le quali hanno una certa affinità con competenze che già oggi i Servizi degli assessorati della Regione Sardegna hanno, benché esse non siano spesso definite in modo specifico per l'adattamento ai cambiamenti climatici.

Tabella 90 Analisi delle competenze in materia di adattamento nell'amministrazione regionale.
Nella quarta colonna, si evidenzia la coerenza delle competenze dei Servizi con le misure contenute nella SNACC (✓) e nel PNACC, macroregione 6 (per i codici, vedi PNACC); Servizio potenzialmente interessato alla definizione di misure, le quali potrebbero essere coerenti con SNACC e PNACC (-).

Assessorato	Servizio	Principali competenze riconducibili anche al tema dell'adattamento	Coerenza
PRESIDENZA DELLA REGIONE, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna	Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni	Studi, indagini e monitoraggio, attività tecnico amministrative in materia di: - idrologia degli eventi di piena; - geomorfologia; - regimazione dei corsi d'acqua; - predisposizione del piano di gestione del rischio alluvioni [...] e dei piani stralcio di settore; - gestione dei piani stralcio di settore [...]; - elaborazione, analisi dei dati di monitoraggio del territorio per i settori di competenza; - gestione delle emergenze; - predisposizione di atti di indirizzo che fissano criteri e obiettivi guida indicati dall'Autorità ad altri Enti che operano sul territorio nelle materie di competenza; - predisposizione degli atti amministrativi da sottoporre all'approvazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino nelle materie di competenza; ...	✓ Vedi: RI023, DI001, DI002, DI006, DI007, DI008, DI009, DI010, DI012, DI014, DI015, DI016, DI017, DI018, DI019, DI023, DI025, DI027, AG016, SA001, SA004.
	Servizio tutela e gestione delle risorse idriche, vigilanza sui servizi idrici e gestione delle siccità	Studi, indagini e monitoraggio, attività tecnico amministrative in materia di: - idrologia e regimi pluviali; - idrogeologia; - matrici ambientali dei bacini idrografici; - qualità dei corpi idrici; - equilibrio del bilancio idrico; - economia del ciclo idrico; - valore economico degli usi dell'acqua; - caratteristiche e prestazioni dei servizi idrici; - servizio idrico integrato; - predisposizione del piano di gestione del distretto idrografico [...] e dei piani stralcio di settore [...]; - elaborazione, analisi dei dati di monitoraggio del territorio per i settori di competenza; - gestione delle emergenze; - predisposizione di atti di indirizzo che fissano criteri e obiettivi guida indicati dall'Autorità ad altri Enti che operano sul territorio nelle materie di competenza; - predisposizione degli atti amministrativi da sottoporre all'approvazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino nelle materie di competenza.	✓ Vedi: RI001, RI002, RI003, RI023, RI005, RI006, RI015, RI008, RI017, RI010, EA003, SA001, SA004.

Assessorato	Servizio	Principali competenze riconducibili anche al tema dell'adattamento	Coerenza
Direzione generale della protezione civile	Servizio previsione rischi e dei sistemi informativi, infrastrutture e reti	Previsione dei rischi naturali e antropici e gestione del Centro funzionale decentrato, settore idro e AiB; emissione e diramazione dei bollettini di criticità regionale e delle allerte; attività di Information and Communication technology, per l'intera Direzione, inclusa la gestione delle reti telematiche e della rete radio regionale.	✓ Vedi: ZC005, DI014, DI018, AG016, TR005, TR006.
ASSESSORATO DELL'AGRICOLTURA E RIFORMA AGRO-PASTORALE	Servizio Sostenibilità e Qualità delle Produzioni Agricole e Alimentari	Benessere animale; Sviluppo delle produzioni animali e vegetali; Sviluppo del miglioramento genetico e selezione delle colture.	✓ Vedi: AG028, AG013, AG024, AG008, AG011, AG012, AG023, AG024, AG025, AG026, ZC012.
	Servizio Attuazione Misure Agroambientali e Salvaguardia della Biodiversità	Pagamenti agro-climatico –ambientali a favore degli agricoltori; Sostegno alle imprese agricole e silvicole per azioni di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici; Sostegno a silvicoltori per interventi consistenti in uno o più impegni silvoambientali e climatici; Rapporti tra agricoltura e ambiente.	✓ Vedi: AG001, AG007, FO034, ZC003.
	Servizio Programmazione e Governance dello Sviluppo Rurale	Infrastrutture irrigue e rurali; Finanziamento e controllo dei consorzi di bonifica.	✓ Vedi: RI005, RI006, RI015, RI017, AG004.
	Servizio Sviluppo delle Filiere Agroalimentari e dei Mercati	Sostegno per progetti pilota per lo sviluppo di nuovi prodotti, pratiche, processi e tecnologie; Sostegno per la cooperazione di filiera, per la creazione e lo sviluppo di filiere corte e mercati locali; Azioni di informazione e promozione sui prodotti agricoli e agroalimentari; Pratiche innovative nei sistemi di allevamento.	✓ Vedi: AG001, AG008, AG011, AG012, AG015, AG018, AG024, AG023, AG025, AG026, ZC012.

ASSESSORATO DELLA DIFESA DELL'AMBIENTE	Assessorato	Principali competenze riconducibili anche al tema dell'adattamento	Coerenza
	Servizio		
	Servizio delle Valutazioni ambientali	Atti di indirizzo e regolamentazione in materia di valutazione di impatto ambientale, valutazione ambientale strategica e valutazione d'incidenza; Coordinamento delle amministrazioni provinciali in materia di valutazione ambientale strategica.	✓ Vedi: SA009.
	Servizio della sostenibilità e dei sistemi informativi ambientali	Promozione e definizione di strumenti per l'affermazione di principi e criteri di sostenibilità ambientale; Elaborazione dei programmi regionali per lo sviluppo sostenibile, per la gestione ambientale, l'agenda 21, l'educazione (sistema Infea), formazione, comunicazione, reporting ambientale; acquisti pubblici ecologici; Attività connesse agli interventi finanziari di promozione delle azioni di sostenibilità ambientale; Azioni di promozione e di incentivazione dello sviluppo delle energie rinnovabili; Definizione di linee guida relative al risparmio energetico e sulle energie rinnovabili; Programmi finanziari in materia di energie rinnovabili e risparmio energetico rivolti agli enti pubblici; ...	✓ Vedi: EN007, EN016, EN021.
	Servizio tutela della natura e politiche forestali	Programmazione degli interventi e i rapporti istituzionali con gli enti preposti alla gestione delle aree protette e dei siti istituzionalmente tutelati; Programmazione e gestione finanziaria per la realizzazione di interventi nelle aree di interesse naturalistico; Coordinamento e gestione e attuazione del Piano forestale Regionale; Attuazione dei Piani territoriali di distretto PFAR; Concessione dei contributi per la manutenzione e la valorizzazione del patrimonio boschivo; Pianificazione e programmazione e finanziamento degli interventi in materia di difesa delle coste dall'erosione e salvaguardia dei litorali; ...	✓ Vedi: FO004, FO005, FO009, FO017, FO018, FO021, FO023, FO024, FO028, ZC001, ZC003, ZC015, ZC002, ZC017.

Assessorato	Servizio	Principali competenze riconducibili anche al tema dell'adattamento	Coerenza
	Servizio antincendio, protezione civile e scuola forestale	Collaborazione alla pianificazione regionale antincendio; Coordinamento partecipazione personale CFVA alle attività della SOUP per l'antincendio boschivo ed alle attività regionali di Protezione Civile nella SORI; Coordinamento dell'attività dei Servizi Territoriali per l'antincendio boschivo e la protezione civile e della logistica, con particolare riferimento alla gestione delle basi elicotteri; Concorso alla elaborazione di procedure e standard di certificazione e qualità, progettazione con fondi regionali e comunitari; ...	✓ Vedi: FO010, FO011, FO012, FO013, FO014, FO015, FO029, FO031, FO032.
	Servizio vigilanza e coordinamento tecnico	Attività tecnica e cartografica in materia idrogeologica, forestale e biodiversità.	✓ Vedi: RI023.
	Servizio territoriale degli Ispettorati ripartimentali del CFVA – n°7 servizi territoriali: CAGLIARI – SASSARI – NUORO – ORISTANO – TEMPPIO – LANUSEI - IGLESIAS	Riordino e amministrazione del vincolo idrogeologico e per altri scopi; Collaudo tecnico, controllo e vigilanza delle opere di sistemazione idraulico-forestale; Incoraggiamento a favore della selvicoltura, controllo della produzione e commercio di sementi e piante da rimboschimento; Tutela tecnico-economica dei beni silvo-pastorali dei Comuni e degli Enti Pubblici; ...	✓ Vedi: FO010, FO011, FO012, FO013, FO014, FO015, FO018, FO029, FO031, FO032, DI027, ZC001, ZC013, ZC016.
	Servizio previsione rischi e dei sistemi informativi, infrastrutture e reti	Emissione e diramazione dei bollettini di criticità regionale e delle allerte; Gestione e sviluppo del sistema integrato per le comunicazioni in emergenza.	✓ Vedi: DI014, DI018.
	Servizio pianificazione e gestione delle emergenze	Studi e ricerche sulla pianificazione e gestione delle emergenze. Pianificazione regionale AIB (antincendi boschivi) e di protezione civile.	✓ Vedi: DI019, ET010.

Assessorato	Servizio	Principali competenze riconducibili anche al tema dell'adattamento	Coerenza
ASSESSORATO DELL'INDUSTRIA	Servizio Energia ed Economia Verde	Pianificazione e programmazione strategica in materia energetica; Coordinamento, elaborazione ed attuazione del Piano Energetico Ambientale della Regione e delle politiche e strategie in materia di energia; Programmazione, promozione, sviluppo e gestione delle misure per l'efficienza energetica, la valorizzazione e sviluppo delle energie alternative e delle fonti rinnovabili ed il risparmio energetico; Strutture e infrastrutture energetiche; Coordinamento degli interventi in materia energetica in raccordo con gli altri soggetti competenti della Regione; Predisposizione di atti normativi e regolamentari in materia energetica; ...	✓ Vedi: EN001, EN002, EN007, EN020, EN021, EN023, EN010, EN011, EN012, EN016, EN024, EN025, EN026, EN015, EN017, EN018, EN022, EN003, EN004, EN005, EN006.
	Servizio per le Politiche di Sviluppo Attività Produttive, ricerca industriale e innovazione tecnologica	Programmazione regionale strategica per le politiche industriali e le attività produttive; Pianificazione e finanziamento delle infrastrutture per le attività produttive, aree industriali e PIP; Interventi nei distretti industriali e nei sistemi produttivi locali.	✓
ASSESSORATO DEI TRASPORTI	Servizio per gli affari comunitari, rapporti istituzionali, sistema informativo, bilancio e controllo	Pianificazione, programmazione e gestione del sistema informativo dell'Assessorato (SiTra); Attività di partecipazione per quanto di competenza, agli aggiornamenti dei vari piani di settore di rilievo comunitario, nazionale, regionale e locale; Formazione del personale.	✓ Vedi: TR002, TR009.
	Servizio per il trasporto marittimo e aereo e della continuità territoriale	Partecipazione alla redazione e aggiornamento del Piano Regionale dei Trasporti (PRT) e dei vari piani di settore di rilievo comunitario, nazionale, regionale e locale, per quanto di competenza.	✓ Vedi: TR002, TR009.
	Servizio per il trasporto pubblico locale terrestre	Partecipazione alla redazione e aggiornamento del Piano Regionale dei Trasporti (PRT) e dei vari piani di settore di rilievo comunitario, nazionale, regionale e locale, per quanto di competenza.	✓ Vedi: TR002, TR009.

Assessorato	Servizio	Principali competenze riconducibili anche al tema dell'adattamento	Coerenza
ASSESSORATO DELLA PUBBLICA ISTRUZIONE, BENI CULTURALI, INFORMAZIONE, SPETTACOLO E SPORT	Servizio per le infrastrutture, la pianificazione strategica e gli investimenti nei trasporti	Programmazione, coordinamento, attuazione e vigilanza degli interventi infrastrutturali di natura trasportistica; Studi di fattibilità e progettazione interventi infrastrutturali; Attività tecnico-amministrativa connessa alla attuazione degli interventi comunitari, nazionali e regionali in materia di infrastrutture di trasporto; Redazione e aggiornamento, in raccordo con gli altri Servizi, del Piano Regionale dei Trasporti (PRT); ...	✓ Vedi: TR002, TR009, TR013.
	Servizio beni culturali e sistema museale	Restauro beni culturali.	✓ Vedi: PC002, PC003, PC004, PC005
	Servizio sport, spettacolo e cinema	Impiantistica sportiva; Intervento ex Manifatture Tabacchi.	✓ Vedi: PC002, PC003, PC004, PC005
	Servizio Istruzione	Edilizia scolastica.	Vedi: PC002, PC003, PC004, PC005
	Servizio Università e Politiche giovanili	Edilizia Universitaria.	Vedi: PC002, PC003, PC004, PC005
ASSESSORATO DEGLI ENTI LOCALI FINANZA ED URBANISTICA	Servizio demanio e patrimonio di Cagliari, Oristano e Sassari, & Servizio gestione contratti per funzionamento uffici regionali	Predisposizione dei programmi concernenti la valorizzazione del patrimonio o la sua dismissione; Manutenzione ordinaria e straordinaria immobili uffici regionali (Impianti dati e telefonici, impianti elettrici, termici e condizionamento, impianti antincendio, estintori e videosorveglianza, infissi, impianti idrici/idraulici, opere murarie); Manutenzione ordinaria e straordinaria degli immobili del patrimonio regionale non utilizzato per fini istituzionali; Gestione e alienazione del patrimonio (LR 35/1995) nell'ambito territoriale di competenza.	Vedi: DI028, DI029.

Assessorato	Servizio	Principali competenze riconducibili anche al tema dell'adattamento	Coerenza
	Servizio gestione contratti per funzionamento uffici regionali	Manutenzione ordinaria e straordinaria immobili uffici regionali (Impianti dati e telefonici, impianti elettrici, termici e condizionamento, impianti antincendio, estintori e videosorveglianza, infissi, impianti idrici/idraulici, opere murarie); Manutenzione ordinaria e straordinaria degli immobili del patrimonio regionale non utilizzato per fini istituzionali; Efficientamento energetico; Pianificazione e gestione interventi di recupero e ristrutturazione delle sedi regionali a uso ufficio; Progettazione e direzione lavori.	Vedi: EN001, EN002.
	Servizio della "Centrale regionale di committenza"	Comunicazione, formazione e addestramento per gli utenti della "Centrale regionale di committenza" e sviluppo strategia di Green Public Procurement (Acquisti Verdi)	-
	Servizio demanio e patrimonio e autonomie locali di Oristano e Sassari	Predisposizione dei programmi concernenti la valorizzazione del patrimonio o la sua dismissione; Gestione e alienazione del patrimonio (LR 35/1995) nell'ambito territoriale di competenza.	Vedi: DI028.
	Servizio supporti direzionali, affari giuridici e finanziari	Supporta gli enti locali nell'applicazione della normativa paesaggistica, urbanistica, edilizia; Svolge le attività di programmazione, monitoraggio tecnico-amministrativo, rendicontazione delle risorse comunitarie, nazionali e regionali in materia di politiche per le aree urbane, riqualificazione urbana e recupero dei centri storici; ...	Vedi: PC006, ZC007, ZC008.
	Servizio pianificazione paesaggistica e urbanistica	Coordina e svolge le attività di elaborazione, revisione, aggiornamento del Piano Paesaggistico Regionale; Predisporre, in collaborazione con il Servizio Osservatorio, gli strumenti e metodologie finalizzati alla tutela e valorizzazione dei beni paesaggistici inclusi i centri di antica e prima formazione; ...	✓ Vedi: PC006, PC010, PC011, PC012, PC013, ZC003, ZC007.
	Servizio osservatorio del paesaggio e del territorio, sistemi informativi territoriali	Favorisce lo scambio di conoscenza e cooperazione tra amministrazioni allo scopo di promuovere un uso consapevole del territorio, la salvaguardia e la valorizzazione del patrimonio paesaggistico della Regione; Formula proposte per la programmazione di interventi di riqualificazione paesaggistica; ...	Vedi: PC001, PC007.

Assessorato	Servizio	Principali competenze riconducibili anche al tema dell'adattamento	Coerenza
ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITA' E DELL'ASSISTENZA SOCIALE	Servizio tutela del paesaggio e vigilanza, province di CA, SS., NU, <i>eccetera</i>	Collabora alle attività di pianificazione paesaggistica; Supporta gli enti locali nella redazione dei piani particolareggiati e attuativi insistenti in aree vincolate; ...	-
	Servizio del Sistema Informativo, Affari legali e istituzionali	Gestione e promozione delle iniziative di raccordo con gli altri sistemi informativi regionali e con la rete telematica regionale; ...	
	Servizio di Programmazione sanitaria e economico finanziaria e controllo di gestione	Supporto tecnico alla Programmazione sanitaria; Gestione del patrimonio delle Aziende sanitarie.	Vedi: SA005
	Servizio della Promozione della salute e osservatorio epidemiologico	Definizione e governo del Piano Regionale di Prevenzione; Educazione sanitaria.	✓ Vedi: SA002, SA003, SA005, SA008, SA014, SA018, SA019.
	Servizio della Sanità pubblica veterinaria e sicurezza alimentare	Educazione sanitaria.	✓ Vedi: SA008, SA018.
	Servizio della Qualità dei servizi e governo clinico	Autorizzazione alla realizzazione ed esercizio delle strutture sanitarie e socio-sanitarie.	-
	Servizio Politiche per la famiglia e l'inclusione sociale	Attuazione interventi di riqualificazione delle strutture oratoriali e similari.	-
ASSESSORATO DEI LAVORI PUBBLICI	Servizio interventi delle opere sanitarie, degli enti e della sicurezza sui luoghi di lavoro, bilancio, personale e osservatorio (SIS)	Programmi interventi Edilizia Sanitaria (e altro).	✓ Vedi: IU012, IU013, IU014, IU007, IU008, IU010, IU015, ...

Assessorato	Servizio	Principali competenze riconducibili anche al tema dell'adattamento	Coerenza
	Servizio infrastrutture di trasporto e sicurezza stradale (STS)	Viabilità statale e rapporti con ANAS; Viabilità regionale, locale e sicurezza stradale; Portualità regionale; Progettazione e studi.	-
	Servizio opere idriche e idrogeologiche (SOI)	Opere idrogeologiche; Dighe "regionali" (LR 12/2007); Progettazione e studi.	Vedi: RI001, RI003, RI003.
	Servizio edilizia residenziale (SER)	Housing sociale.	Vedi: IU012, IU013, IU014, IU007, IU008, IU010, IU015 ...
	Servizio territoriale opere idrauliche di Cagliari (STOICA), Nuoro (STOINU), <i>eccetera</i>	Dighe "regionali" (LR12/2007); Attività inerenti all'edilizia demaniale; ...	Vedi: RI001, RI003, RI003.

Dai risultati emerge che i Servizi degli assessorati regionali hanno già ora competenze e poteri di rilievo rispetto all'adattamento ai cambiamenti climatici. Tra i Servizi che hanno esplicita o implicita competenza rientrano quantomeno i seguenti:

- PRESIDENZA DELLA REGIONE, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna:
 - Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni;
 - Servizio tutela e gestione delle risorse idriche, vigilanza sui servizi idrici e gestione delle siccità;
 - Servizio previsione rischi e dei sistemi informativi, infrastrutture e reti.
- ASSESSORATO DELL'AGRICOLTURA E RIFORMA AGRO-PASTORALE:
 - Servizio Sostenibilità e Qualità delle Produzioni Agricole e Alimentari;
 - Servizio Attuazione Misure Agroambientali e Salvaguardia della Biodiversità;
 - Servizio Programmazione e Governance dello Sviluppo Rurale;
 - Servizio Sviluppo delle Filiere Agroalimentari e dei Mercati.
- ASSESSORATO DELLA DIFESA DELL'AMBIENTE:

- Servizio delle Valutazioni ambientali;
- Servizio della sostenibilità e dei sistemi informativi ambientali;
- Servizio tutela della natura e politiche forestali;
- Servizio antincendio, protezione civile e scuola forestale;
- Servizio vigilanza e coordinamento tecnico;
- Servizio territoriale degli Ispettorati ripartimentali del CFVA – n° 7
servizi territoriali: CAGLIARI – SASSARI – NUORO – ORISTANO –
TEMPIO – LANUSEI – IGLESIAS;
- Servizio previsione rischi e dei sistemi informativi, infrastrutture e reti;
- Servizio pianificazione e gestione delle emergenze.
- **ASSESSORATO DELL'INDUSTRIA:**
 - Servizio Energia ed Economia Verde;
 - Servizio per le Politiche di Sviluppo Attività Produttive, ricerca industriale e innovazione tecnologica.
- **ASSESSORATO DEI TRASPORTI:**
 - Servizio per gli affari comunitari, rapporti istituzionali, sistema informativo, bilancio e controllo;
 - Servizio per il trasporto marittimo e aereo e della continuità territoriale;
 - Servizio per il trasporto pubblico locale terrestre;
 - Servizio per le infrastrutture, la pianificazione strategica e gli investimenti nei trasporti.
- **ASSESSORATO DELLA PUBBLICA ISTRUZIONE, BENI CULTURALI, INFORMAZIONE, SPETTACOLO E SPORT:**
 - Servizio beni culturali e sistema museale;
 - Servizio sport, spettacolo e cinema;
 - Servizio Istruzione;
 - Servizio Università e Politiche giovanili.
- **ASSESSORATO DEGLI ENTI LOCALI FINANZA ED URBANISTICA:**
 - Servizio demanio e patrimonio di Cagliari, Oristano e Sassari;
 - Servizio gestione contratti per funzionamento uffici regionali;
 - Servizio demanio e patrimonio e autonomie locali di Oristano e Sassari;
 - Servizio supporti direzionali, affari giuridici e finanziari;
 - Servizio pianificazione paesaggistica e urbanistica;
 - Servizio osservatorio del paesaggio e del territorio, sistemi informativi territoriali;
 - Servizio tutela del paesaggio e vigilanza, province di Cagliari - Carbonia Iglesias, Sassari-Olbia Tempio, Nuoro-Ogliastra, Oristano-Medio Campidano.
- **ASSESSORATO DELL'IGIENE E SANITÀ E DELL'ASSISTENZA SOCIALE:**
 - Servizio di Programmazione sanitaria e economico finanziaria e controllo di gestione;

- Servizio della Promozione della salute e osservatorio epidemiologico;
- Servizio della Sanità pubblica veterinaria e sicurezza alimentare.
- **ASSESSORATO DEI LAVORI PUBBLICI:**
 - Servizio interventi delle opere sanitarie, degli enti e della sicurezza sui luoghi di lavoro, bilancio, personale e osservatorio (SIS);
 - Servizio opere idriche e idrogeologiche (SOI);
 - Servizio edilizia residenziale (SER);
 - Servizio territoriale opere idrauliche di Cagliari (STOICA), Nuoro (STOINU), Oristano (STOIOR), Sassari (STOISS).

Naturalmente, il pieno riconoscimento delle competenze rispetto al tema dell'adattamento andrebbe riverificato attraverso consultazione coi responsabili di ogni Servizio.

A completamento del quadro delle responsabilità, di seguito si riportano alcuni obiettivi nazionali di adattamento (macro-regione 6) che si suggerisce diventino anche 'proposti obiettivi regionali di adattamento ai cambiamenti climatici' (PORACC). A tali PORACC sono già associate una serie di macro-azioni derivate dalle competenze dei Servizi della RAS, le quali sono coerenti con le azioni definite nel PNACC. Nelle Tabelle 92-102, la prima colonna riporta il settore di intervento (risorse idriche, zone costiere, dissesto geologico, idrologico e idraulico, eccetera), la seconda contiene i PORACC estratti dal PNACC e definiti specificamente per la macro-regione 6 (approccio *top-down*), la terza gli obiettivi regionali di ACC individuati nel capitolo 4 (approccio *bottom-up*), la quarta elenca una serie di macro-azioni che discendono direttamente dalle competenze dei Servizi della RAS (il codice alfa numerico si riferisce alla relativa coerente misura di adattamento PNACC) e, infine, la quinta colonna specifica quale Servizio è responsabile per le macro-azioni elencate nella quarta colonna. È evidente che i PORACC dovrebbero essere calibrati anche tenendo conto di un approccio *bottom-up*, come proposto in questa sezione, per arrivare a definire degli obiettivi di adattamento reali, frutto di scelte condivise che includano i punti di vista di soggetti pubblici e privati portatori di interesse e - direttamente o indirettamente - suscettibili di subire gli effetti di determinate scelte strategiche (l'approccio è coerente con uno simile adottato nel progetto Life MASTER ADAPT).

La Tabella 91 schematizza i risultati dalla Tabella 92 alla Tabella 102, fornendo un elenco dei settori di intervento prioritari che sono stati oggetto di analisi e dei rispettivi Servizi RAS che sono risultati competenti in quell'ambito specifico. Le Tabelle 92-102 sono suddivise per settore di intervento, al fine di facilitarne la lettura. Ogni tabella è corredata da un breve commento che ne anticipa i contenuti rispetto ai principali Servizi e Assessorati coinvolti.

Tabella 91 Settori di intervento e Servizi competenti: sintesi.

	Settore di intervento	Servizi o settori RAS potenzialmente coinvolti
1	Risorse idriche	Servizio vigilanza e coordinamento tecnico, Ass. Ambiente; Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni e Servizio tutela e gestione delle risorse idriche, vigilanza sui servizi idrici e gestione delle siccità, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, Presidenza della Regione
2	Ecosistemi e biodiversità in acque interne e di transizione	Servizio tutela e gestione delle risorse idriche, vigilanza sui servizi idrici e gestione delle siccità, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, Presidenza della Regione.
3	Dissesto geologico, idrologico e idraulico	Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, Presidenza della Regione; Servizio previsione rischi e dei sistemi informativi, infrastrutture e reti; Servizio pianificazione e gestione delle emergenze; Servizio territoriale degli Ispettorati ripartimentali del CFVA – n° 7 servizi territoriali: CAGLIARI – SASSARI – NUORO – ORISTANO – TEMPIO – LANUSEI – IGLESIAS, Ass. Ambiente; Servizio demanio e patrimonio di Cagliari, Oristano e Sassari e Servizio gestione contratti per funzionamento uffici regionali, Ass. Enti Locali
4	Foreste	Servizio Attuazione Misure Agroambientali e Salvaguardia della Biodiversità, Ass. Agricoltura; Servizio tutela della natura e politiche forestali e Servizio territoriale degli Ispettorati ripartimentali del CFVA – n° 7 servizi territoriali: CAGLIARI – SASSARI – NUORO – ORISTANO – TEMPIO – LANUSEI – IGLESIAS, Ass. Ambiente.
5	Ecosistemi terrestri	Servizio pianificazione e gestione delle emergenze, Ass. Ambiente
6	Agricoltura e produzione alimentare	Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna; Direzione generale della protezione civile, Servizio previsione rischi e dei sistemi informativi, infrastrutture e reti, Presidenza della Regione; Servizio Sostenibilità e Qualità delle Produzioni Agricole e Alimentari; Servizio Attuazione Misure Agroambientali e Salvaguardia della Biodiversità; Servizio Sviluppo delle Filiere Agroalimentari e dei Mercati; Servizio Programmazione e Governance dello Sviluppo Rurale, Ass. Agricoltura
7	Infrastruttura critica – trasporti	Servizio per il trasporto marittimo e aereo e della continuità territoriale; Servizio per il trasporto pubblico locale terrestre; Servizio per le infrastrutture, la pianificazione strategica e gli investimenti nei trasporti; Servizio per gli affari comunitari, rapporti istituzionali, sistema informativo, bilancio e controllo; Ass. Trasporti; Servizio previsione rischi e dei sistemi informativi, infrastrutture e reti, Direzione generale della protezione civile, Presidenza della Regione.
8	Infrastruttura critica – patrimonio culturale	Servizio osservatorio del paesaggio e del territorio, sistemi informativi territoriali; Servizio pianificazione paesaggistica e urbanistica; Servizio supporti direzionali, affari giuridici e finanziari, Ass. Enti Locali. Servizio beni culturali e sistema museale, Servizio sport, spettacolo e cinema; Servizio Istruzione; Servizio Università e Politiche giovanili,

Settore di intervento		Servizi o settori RAS potenzialmente coinvolti
9	Energia	Ass. Beni Culturali. Servizio Energia ed Economia Verde, Ass. Industria; Servizio gestione contratti per funzionamento uffici regionali, Ass. Enti Locali
	Salute	Servizio delle Valutazioni ambientali, Ass. Ambiente; Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni; Servizio tutela e gestione delle risorse idriche, vigilanza sui servizi idrici e gestione delle siccità, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, Presidenza della Regione; Servizio della Promozione della salute e osservatorio epidemiologico, Ass. Sanità

La Tabella 92 attiene al settore risorse idriche, rispetto al quale i Servizi potenzialmente coinvolti sono: Servizio vigilanza e coordinamento tecnico, **Ass. Ambiente**; Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni e Servizio tutela e gestione delle risorse idriche, vigilanza sui servizi idrici e gestione delle siccità, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, **Presidenza della Regione**.

Tabella 92 Potenziali obiettivi regionali e macro-azioni: settore risorse idriche.

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
RISORSE IDRICHE	Migliorare l'efficacia del monitoraggio.	OSS2-AI- Miglioramento delle infrastrutture	RI023. Attività tecnica e cartografica in materia idrogeologica, forestale e biodiversità.	RI023. Servizio vigilanza e coordinamento tecnico, ASS. AMBIENTE
				RI023. Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna,

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
		OSS3-AI - Miglioramento della governance dell'acqua	RI023. Studi, indagini e monitoraggio, attività tecnico amministrative in materia di: - idrologia degli eventi di piena; - geomorfologia; - regimazione dei corsi; d'acqua; - predisposizione del piano di gestione del rischio alluvioni [...] e dei piani stralcio di settore; - gestione dei piani stralcio di settore [...]; - elaborazione, analisi dei dati di monitoraggio del territorio per i settori di competenza; - gestione delle emergenze; - predisposizione di atti di indirizzo che fissano criteri e obiettivi guida indicati dall'Autorità ad altri Enti che operano sul territorio nelle materie di competenza; - predisposizione degli atti amministrativi da sottoporre all'approvazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino nelle materie di competenza; ...	PRESIDENZA DELLA REGIONE RI023. Servizio tutela e gestione delle risorse idriche, vigilanza sui servizi idrici e gestione delle siccità, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, PRESIDENZA DELLA REGIONE
	Migliorare l'efficacia nella programmazione dell'uso della risorsa.	OSS3- AI- Miglioramento della governance dell'acqua		RI005, ..., RI015. Servizio Programmazione e Governance dello Sviluppo Rurale, ASS. AGRICOLTURA RI005, ..., RI015. Servizio tutela e gestione delle

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
				risorse idriche, vigilanza sui servizi idrici e gestione delle siccità, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, PRESIDENZA DELLA REGIONE
	Migliorare l'efficienza nell'uso della risorsa.	OSS5- AI- Aumento della resilienza del sistema idrico regionale ai cambiamenti climatici	RI017. Infrastrutture irrigue e rurali; Finanziamento e controllo dei consorzi di bonifica. RI017. Studi, indagini e monitoraggio, attività tecnico amministrative in materia di: - idrologia e regimi pluviali; - idrogeologia; - matrici ambientali dei bacini idrografici; ...	RI017. Servizio Programmazione e Governance dello Sviluppo Rurale, ASS. AGRICOLTURA RI008, RI017. Servizio tutela e gestione delle risorse idriche, vigilanza sui servizi idrici e gestione delle siccità, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, PRESIDENZA DELLA REGIONE
	Miglioramento dell'efficacia della pianificazione.	OSS5- AI- Aumento della resilienza del sistema idrico regionale ai cambiamenti climatici	RI010. Studi, indagini e monitoraggio, attività tecnico amministrative in materia di: - idrologia e regimi pluviali; - idrogeologia; - matrici	RI010. Servizio tutela e gestione delle risorse idriche, vigilanza sui servizi idrici e

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
			ambientali dei bacini idrografici; ...	gestione delle siccità, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, PRESIDENZA DELLA REGIONE
	Migliorare l'efficienza delle infrastrutture idriche.	OSS2-AI- Miglioramento delle infrastrutture	RI001, RI002, RI003. Opere idrogeologiche; Dighe "regionali" (LR 12/2007); Progettazione e studi. RI001, RI002, RI003. Studi, indagini e monitoraggio, attività tecnico amministrative in materia di: - idrologia e regimi pluviali; - idrogeologia; - matrici ambientali dei bacini idrografici; - servizio idrico integrato; - predisposizione del piano di gestione del distretto idrografico [...] e dei piani stralcio di settore [...]; ...	RI001, RI002, RI003. Servizio opere idriche e idrogeologiche (SOI), Servizio territoriale opere idrauliche di Cagliari (STOICA), Nuoro (STOINU), Oristano (STOIOR), Sassari (STOISS), ASS. LAVORI PUBBLICI RI001, RI002, RI003. Servizio tutela e gestione delle risorse idriche, vigilanza sui servizi idrici e gestione delle siccità, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, PRESIDENZA DELLA

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
REGIONE				

La Tabella 93 attiene al settore ecosistemi e biodiversità in acque interne e di transizione, rispetto al quale i Servizi potenzialmente coinvolti sono: Servizio tutela e gestione delle risorse idriche, vigilanza sui servizi idrici e gestione delle siccità, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, **Presidenza della Regione**.

Tabella 93 Potenziali obiettivi regionali e macro-azioni: settore ecosistemi e biodiversità in acque interne e di transizione.

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
ECOSISTEMI E BIODIVERSITÀ IN ACQUE INTERNE E DI TRANSIZIONE	Regolamentare le concessioni e gli usi dell'acqua in un'ottica di gestione ecosistemica.	OT2. Promozione di un quadro istituzionale e politico appropriato, caratterizzato da aumentata consapevolezza e coinvolgimento degli stakeholder e da forme avanzate di cooperazione e formazione	EA003. Predisposizione del piano di gestione del distretto idrografico [...] e dei piani stralcio di settore [...];	EA003. Servizio tutela e gestione delle risorse idriche, vigilanza sui servizi idrici e gestione delle siccità, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, PRESIDENZA DELLA REGIONE

La Tabella 94 attiene al settore zone costiere, rispetto al quale i Servizi potenzialmente coinvolti sono: Servizio pianificazione paesaggistica e urbanistica e Servizio supporti direzionali, affari giuridici e finanziari, **Ass. Enti Locali**; Direzione generale della protezione civile, Servizio previsione rischi e dei sistemi informativi, infrastrutture e reti, **Presidenza della Regione**; Servizio Attuazione Misure Agroambientali e Salvaguardia della Biodiversità e Servizio Sostenibilità e Qualità

delle Produzioni Agricole e Alimentari, Servizio Sviluppo delle Filiere Agroalimentari e dei Mercati, **Ass. Agricoltura**; Servizio tutela della natura e politiche forestali; Servizio previsione rischi e dei sistemi informativi, infrastrutture e reti; Servizio territoriale degli Ispettorati ripartimentali del CFVA – n° 7 servizi territoriali: CAGLIARI – SASSARI – NUORO – ORISTANO – TEMPIO – LANUSEI – IGLESIAS. **Ass. Ambiente.**

Tabella 94 Potenziali obiettivi regionali e macro-azioni: settore zone costiere.

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
ZONE COSTIERE	Ridurre e/o prevenire l'esposizione di assets umani e infrastrutture ai rischi legati a inondazione e erosione proteggendo le linee di costa.	OT2. Promozione di un quadro istituzionale e politico appropriato, caratterizzato da aumentata consapevolezza e coinvolgimento degli stakeholder e da forme avanzate di cooperazione e formazione	ZC007. Coordinare e svolgere le attività di elaborazione, revisione, aggiornamento del Piano Paesaggistico Regionale; Predisporre gli strumenti e metodologie finalizzati alla tutela e valorizzazione dei beni paesaggistici inclusi i centri di antica e prima formazione; ... ZC007, ZC008. Supportare gli enti locali nell'applicazione della normativa paesaggistica, urbanistica, edilizia; Svolgere le attività di programmazione, monitoraggio tecnico-amministrativo, rendicontazione delle risorse comunitarie, nazionali e regionali in materia di politiche per le aree urbane, riqualificazione urbana e recupero dei centri storici; ...	ZC007. Servizio pianificazione paesaggistica e urbanistica, ASS. ENTI LOCALI ZC007, ZC008. Servizio supporti direzionali, affari giuridici e finanziari, ASS. ENTI LOCALI
	Ridurre esposizione e vulnerabilità delle comunità	OT7. Sviluppo e attuazione di nuove politiche dedicate sull'adattamento al	ZC005. Previsione dei rischi naturali e antropici e gestione del Centro funzionale	ZC005. Direzione generale della protezione civile, Servizio

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
	costiere agli eventi di mareggiata	cambiamento climatico	decentrato, settore idro e AiB; emissione e diramazione dei bollettini di criticità regionale e delle allerte; attività di Information and Communication technology, per l'intera Direzione, inclusa la gestione delle reti telematiche e della rete radio regionale. ZC005. Emissione e diramazione dei bollettini di criticità regionale e delle allerte.	previsione rischi e dei sistemi informativi, infrastrutture e reti, PRESIDENZA DELLA REGIONE ZC005. Servizio previsione rischi e dei sistemi informativi, infrastrutture e reti, ASS. AMBIENTE
	Garantire la conservazione e la tutela degli ecosistemi e habitat, aumentare la biodiversità.	OT1. Sensibilizzazione ed educazione a diversi livelli	ZC001. Riordino e amministrazione del vincolo idrogeologico e per altri scopi; Incoraggiamento a favore della selvicoltura, controllo della produzione e commercio di sementi e piante da rimboschimento; Tutela tecnico-economica dei beni silvo-pastorali dei Comuni e degli Enti Pubblici; Propaganda forestale, educazione ambientale.	ZC001. Servizio territoriale degli Ispettorati ripartimentali del CFVA – n° 7 servizi territoriali: CAGLIARI – SASSARI – NUORO – ORISTANO – TEMPIO – LANUSEI – IGLESIAS. ASS. AMBIENTE
			ZC003. Rapporti tra agricoltura e ambiente.	ZC003. Servizio Attuazione Misure Agroambientali e Salvaguardia della Biodiversità, ASS. AGRICOLTURA
		OT2. Promozione di un quadro istituzionale e politico appropriato, caratterizzato da aumentata consapevolezza e coinvolgimento degli	ZC003. Coordinare e svolgere le attività di elaborazione, revisione, aggiornamento del Piano Paesaggistico Regionale.	ZC003. Servizio

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
		stakeholder e da forme avanzate di cooperazione e formazione		pianificazione paesaggistica e urbanistica, ASS. ENTI LOCALI
		OT4. Accesso a meccanismi finanziari già esistenti o nuovi coerenti con le necessità di adattamento al cambiamento climatico, inclusi strumenti internazionali e locali	ZC001, ZC003, ZC015, ZC002, ZC017. Programmazione degli interventi e i rapporti istituzionali con gli enti preposti alla gestione delle aree protette e dei siti istituzionalmente tutelati; Programmazione e gestione finanziaria per la realizzazione di interventi nelle aree di interesse naturalistico; Coordinamento e gestione e attuazione del Piano forestale Regionale; Attuazione dei Piani territoriali di distretto PFAR; Concessione dei contributi per la manutenzione e la valorizzazione del patrimonio boschivo (legge regionale n. 6 del 15 marzo 2012, art. 5, comma 5, lettera b); Verifica del conseguimento degli indirizzi regionali per l'attività dell'Ente foreste in correlazione con le politiche regionali forestali; Pianificazione e programmazione e finanziamento degli	ZC001, ZC003, ZC015, ZC002, ZC017. Servizio tutela della natura e politiche forestali, ASS. AMBIENTE

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
			interventi in materia di difesa delle coste dall'erosione e salvaguardia dei litorali.	
	Protezione strutturale della costa dagli effetti di innalzamento del mare, dall'azione di erosione e da eventi di mareggiata.	OT1.Sensibilizzazione ed educazione a diversi livelli	ZC013, ZC016. Riordino e amministrazione del vincolo idrogeologico e per altri scopi; Incoraggiamento a favore della selvicoltura, controllo della produzione e commercio di sementi e piante da rimboschimento; Tutela tecnico-economica dei beni silvo-pastorali dei Comuni e degli Enti Pubblici; Propaganda forestale, educazione ambientale.	ZC013, ZC016. Servizio territoriale degli Ispettorati ripartimentali del CFVA – n° 7 servizi territoriali: CAGLIARI – SASSARI – NUORO – ORISTANO – TEMPIO – LANUSEI – IGLESIAS. ASS. AMBIENTE
	Ridurre e gestire eventuali perdite agricole causate da inondazioni e fenomeni di mareggiata.	OSS3- AA- Politiche integrate di adattamento	ZC012. Sviluppo delle produzioni animali e vegetali; Sostegno per progetti pilota per lo sviluppo di nuovi prodotti, pratiche, processi e tecnologie.	ZC012. Servizio Sostenibilità e Qualità delle Produzioni Agricole e Alimentari, Servizio Sviluppo delle Filiere Agroalimentari e dei Mercati, ASS. AGRICOLTURA

La Tabella 95 attiene al settore dissesto geologico, idrologico e idraulico, rispetto al quale i Servizi potenzialmente coinvolti sono: Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, **Presidenza della Regione**; Servizio previsione rischi e dei sistemi informativi, infrastrutture e reti; Servizio pianificazione e gestione delle emergenze; Servizio territoriale degli Ispettorati ripartimentali del CFVA – n° 7 servizi territoriali: CAGLIARI – SASSARI – NUORO – ORISTANO – TEMPIO –

LANUSEI – IGLESIAS, **Ass. Ambiente**; Servizio demanio e patrimonio di Cagliari, Oristano e Sassari e Servizio gestione contratti per funzionamento uffici regionali, **Ass. Enti Locali**.

Tabella 95 Potenziali obiettivi regionali e macro-azioni: settore dissesto geologico, idrologico e idraulico.

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
DISSESTO GEOLOGICO, IDROLOGICO E IDRAULICO	Migliorare la conoscenza delle criticità geologiche e idrauliche del territorio e dei rischi ad essi associati.	OT5. Promozione di sistemi decisionali informati dalla ricerca e cooperazione scientifica e dalla disponibilità e uso di dati affidabili, informazioni e strumenti	DI001, DI002. Studi, indagini e monitoraggio, attività tecnico amministrative in materia di: - idrologia degli eventi di piena; - geomorfologia; - regimazione dei corsi; d'acqua; - predisposizione del piano di gestione del rischio alluvioni [...] e dei piani stralcio di settore; - gestione dei piani stralcio di settore [...]; - elaborazione, analisi dei dati di monitoraggio del territorio per i settori di competenza; - gestione delle emergenze; - predisposizione di atti di indirizzo che fissano criteri e obiettivi guida indicati dall'Autorità ad altri Enti che operano sul territorio nelle materie di competenza; - predisposizione degli atti amministrativi da sottoporre all'approvazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino nelle materie di competenza; ...	DI001, DI002. Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, PRESIDENZA DELLA REGIONE
	Migliorare il		DI006, DI007, ..., DI012.	DI006, DI007,

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
	monitoraggio del territorio per la produzione di basi dati aggiornate.		Studi, indagini e monitoraggio, attività tecnico amministrative in materia di: - idrologia degli eventi di piena; - geomorfologia; - regimazione dei corsi; d'acqua.	DI008, DI009, DI010, DI012. Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, PRESIDENZA DELLA REGIONE
	Migliorare la gestione delle emergenze da parte delle amministrazioni a tutti i livelli e aumento della partecipazione della popolazione.	OSS2-DI- Creazione di sistemi di allerta early-warning OSS1-DI- Educazione e formazione tecnica	DI014, DI018, DI019. Emissione e diramazione dei bollettini di criticità regionale e delle allerte; Gestione e sviluppo del sistema integrato per le comunicazioni in emergenza; Studi e ricerche sulla pianificazione e gestione delle emergenze.	DI014, DI018, DI019. Servizio previsione rischi e dei sistemi informativi, infrastrutture e reti, Servizio pianificazione e gestione delle emergenze, ASS. AMBIENTE DI014, DI015,

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
		OSS5-DI- Pianificazione territoriale integrata, adattativa e partecipata OSS6-DI- Adeguamento normativo e istituzionale	DI014, DI015, DI016, DI017, DI018, DI019. Studi, indagini e monitoraggio, attività tecnico amministrative in materia di: - idrologia degli eventi di piena; - geomorfologia; - regimazione dei corsi; d'acqua; - predisposizione del piano di gestione del rischio alluvioni [...] e dei piani stralcio di settore; - gestione dei piani stralcio di settore [...]; - elaborazione, analisi dei dati di monitoraggio del territorio per i settori di competenza; - gestione delle emergenze; - predisposizione di atti di indirizzo che fissano criteri e obiettivi guida indicati dall'Autorità ad altri Enti che operano sul territorio nelle materie di competenza; - predisposizione degli atti amministrativi da sottoporre all'approvazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino nelle materie di competenza; ...	DI016, DI017, DI018, DI019. Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, PRESIDENZA DELLA REGIONE
	Migliorare la gestione e la manutenzione del territorio.	OT1.Sensibilizzazione ed educazione a diversi livelli	DI023, DI025, DI027. Studi, indagini e monitoraggio, attività tecnico amministrative in materia di: - idrologia degli eventi di piena; - geomorfologia; -	DI023, DI025, DI027. Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
			regimazione dei corsi; d'acqua; - predisposizione del piano di gestione del rischio alluvioni [...] e dei piani stralcio di settore; - gestione dei piani stralcio di settore [...]; - elaborazione, analisi dei dati di monitoraggio del territorio per i settori di competenza; - gestione delle emergenze; - predisposizione di atti di indirizzo che fissano criteri e obiettivi guida indicati dall'Autorità ad altri Enti che operano sul territorio nelle materie di competenza; - predisposizione degli atti amministrativi da sottoporre all'approvazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino nelle materie di competenza; ... DI027. Riordino e amministrazione del vincolo idrogeologico e per altri scopi; Incoraggiamento a favore della selvicoltura, controllo della produzione e commercio di sementi e piante da rimboschimento; Tutela tecnico-economica dei beni silvo-pastorali dei Comuni e degli Enti Pubblici; Propaganda forestale, educazione	rischio alluvioni, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, PRESIDENZA DELLA REGIONE DI027. Servizio territoriale degli Ispettorati ripartimentali del CFVA – n° 7 servizi territoriali: CAGLIARI – SASSARI – NUORO – ORISTANO – TEMPIO – LANUSEI – IGLESIAS. ASS. AMBIENTE

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
			ambientale.	
	Migliorare la conoscenza dello stato dei manufatti e delle infrastrutture per aumentarne la resilienza.	OSS7-DI- Adeguamento del sistema delle "conoscenze" del territorio e delle sue dinamiche	DI028. Predisposizione dei programmi concernenti la valorizzazione del patrimonio o la sua dismissione; Manutenzione ordinaria e straordinaria immobili uffici regionali (Impianti dati e telefonici, impianti elettrici, termici e condizionamento, impianti antincendio, estintori e videosorveglianza, infissi, impianti idrici/idraulici, opere murarie); Manutenzione ordinaria e straordinaria degli immobili del patrimonio regionale non utilizzato per fini istituzionali.	DI028. Servizio demanio e patrimonio di Cagliari, Oristano e Sassari, Servizio gestione contratti per funzionamento o uffici regionali, ASS. ENTI LOCALI

La Tabella 96 attiene al settore ecosistemi terrestri, rispetto al quale i Servizi potenzialmente coinvolti sono: Servizio pianificazione e gestione delle emergenze, **Ass. Ambiente**.

Tabella 96 Potenziali obiettivi regionali e macro-azioni: settore ecosistemi terrestri.

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
ECOSISTEMI TERRESTRI	Migliorare l'integrazione dell'adattamento nella pianificazione, gestione e conservazione della biodiversità.	OSS4-F- Gestione integrata e sostenibile delle aree forestali	ET010. Pianificazione regionale AIB e di protezione civile.	ET010. Servizio pianificazione e gestione delle emergenze, ASS. AMBIENTE

La Tabella 97 attiene al settore foreste, rispetto al quale i Servizi potenzialmente coinvolti sono: Servizio Attuazione Misure Agroambientali e Salvaguardia della Biodiversità, **Ass. Agricoltura**; Servizio tutela della natura e politiche forestali e Servizio territoriale degli Ispettorati ripartimentali del CFVA – n° 7 servizi territoriali: CAGLIARI – SASSARI – NUORO – ORISTANO – TEMPPIO – LANUSEI – IGLESIAS, **Ass. Ambiente**.

Tabella 97 Potenziali obiettivi regionali e macro-azioni: settore foreste.

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
	Promuovere e rafforzare azioni legate all'innovazione, ricerca, educazione e formazione.	OT1.Sensibilizzazione ed educazione a diversi livelli OT5. Promozione di sistemi decisionali informati dalla ricerca e cooperazione scientifica e dalla disponibilità e uso di dati affidabili, informazioni e strumenti OT8. Investimento sulla innovazione tecnologica e digitale OSS7-F- Priorità per la ricerca scientifica	FO034. Sostegno agli agricoltori per investimenti nello sviluppo delle aree forestali e nel miglioramento della produttività delle foreste; Sostegno alle imprese agricole/forestali per l'elaborazione / miglioramenti dei Piani di gestione forestale.	FO034. Servizio Attuazione Misure Agroambientali e Salvaguardia della Biodiversità, ASS. AGRICOLTURA
	Tutelare e conservare la biodiversità e aumentare la resilienza nel settore forestale.	OSS6-F- Aumento della resilienza delle aree forestali OSS4-F- Gestione integrata e sostenibile delle aree forestali	FO009, FO017, FO021. Programmazione degli interventi e i rapporti istituzionali con gli enti preposti alla gestione delle aree protette e dei siti istituzionalmente tutelati; Programmazione e gestione finanziaria per la realizzazione di interventi nelle aree di interesse	FO009, FO017, FO021. Servizio tutela della natura e politiche forestali, ASS. AMBIENTE

FORESTE

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
			naturalistico; Coordinamento e gestione e attuazione del Piano forestale Regionale; Attuazione dei Piani territoriali di distretto PFAR; Concessione dei contributi per la manutenzione e la valorizzazione del patrimonio boschivo (legge regionale n. 6 del 15 marzo 2012, art. 5, comma 5, lettera b); Verifica del conseguimento degli indirizzi regionali per l'attività dell'Ente foreste in correlazione con le politiche regionali forestali; Pianificazione e programmazione e finanziamento degli interventi in materia di difesa delle coste dall'erosione e salvaguardia dei litorali.	
	Promuovere la pianificazione forestale, anche in ottica di prevenzione e gestione dei rischi, e la semplificazione e armonizzazione della normativa e	OSS5-F- Iniziative di governance innovation per lo sviluppo del settore forestale	FO028. Programmazione degli interventi e i rapporti istituzionali con gli enti preposti alla gestione delle aree protette e dei siti istituzionalmente	FO028. Servizio tutela della natura e politiche forestali, ASS. AMBIENTE

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top- down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom- up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
	programmazione in ambito forestale		tutelati; Programmazione e gestione finanziaria per la realizzazione di interventi nelle aree di interesse naturalistico; Coordinamento e gestione e attuazione del Piano forestale Regionale; Attuazione dei Piani territoriali di distretto PFAR; Concessione dei contributi per la manutenzione e la valorizzazione del patrimonio boschivo (legge regionale n. 6 del 15 marzo 2012, art. 5, comma 5, lettera b); Verifica del conseguimento degli indirizzi regionali per l'attività dell'Ente foreste in correlazione con le politiche regionali forestali; Pianificazione e programmazione e finanziamento degli interventi in materia di difesa delle coste dall'erosione e salvaguardia dei litorali.	
	Aumentare la resilienza a fattori di disturbo quali	OSS3-F- Prevenzione degli incendi boschivi	FO010, ..., FO032. Coordinamento redazione ed	FO010, FO011, FO012, FO013, FO014, FO015,

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
	incendi, insetti e malattie per proteggere la biodiversità e mantenere la produttività forestale.		attuazione dei piani operativi ripartimentali antincendio e concorso operativo in materia di protezione civile, sala operativa ripartimentale ambientale.	FO029, FO031, FO032. Servizio territoriale degli Ispettorati ripartimentali del CFVA – n° 7 servizi territoriali: CAGLIARI – SASSARI – NUORO – ORISTANO – TEMPPIO – LANUSEI – IGLESIAS, ASS. AMBIENTE
	Favorire e sostenere le soluzioni basate sui servizi ecosistemici. Aumentare la resilienza nel settore forestale e il mantenimento dei servizi ecosistemici promuovendo la pianificazione e la gestione forestale sostenibile.	OSS4-F- Gestione integrata e sostenibile delle aree forestali	FO004, FO005, FO018, FO023, FO024. Programmazione degli interventi e i rapporti istituzionali con gli enti preposti alla gestione delle aree protette e dei siti istituzionalmente tutelati; Programmazione e gestione finanziaria per la realizzazione di interventi nelle aree di interesse naturalistico; Coordinamento e gestione e attuazione del Piano forestale Regionale; Attuazione dei Piani territoriali di distretto PFAR; Concessione dei contributi per la manutenzione e la valorizzazione del patrimonio	FO004, FO005, FO018, FO023, FO024. Servizio tutela della natura e politiche forestali, ASS. AMBIENTE FO018. Servizio territoriale degli Ispettorati ripartimentali del CFVA – n° 7 servizi territoriali: CAGLIARI – SASSARI – NUORO – ORISTANO – TEMPPIO – LANUSEI – IGLESIAS, ASS. AMBIENTE

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top- down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom- up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
			boschivo (legge regionale n. 6 del 15 marzo 2012, art. 5, comma 5, lettera b); Verifica del conseguimento degli indirizzi regionali per l'attività dell'Ente foreste in correlazione con le politiche regionali forestali; Pianificazione e programmazione e finanziamento degli interventi in materia di difesa delle coste dall'erosione e salvaguardia dei litorali. FO018. Incoraggiamento a favore della selvicoltura, controllo della produzione e commercio di sementi e piante da rimboschimento.	

La Tabella 98 attiene al settore agricoltura e produzione alimentare, rispetto al quale i Servizi potenzialmente coinvolti sono: Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna; Direzione generale della protezione civile, Servizio previsione rischi e dei sistemi informativi, infrastrutture e reti, **Presidenza della Regione**; Servizio Sostenibilità e Qualità delle Produzioni Agricole e Alimentari; Servizio Attuazione Misure Agroambientali e Salvaguardia della Biodiversità; Servizio Sviluppo delle Filiere Agroalimentari e dei Mercati; Servizio Programmazione e Governance dello Sviluppo Rurale, **Ass. Agricoltura**.

Tabella 98 Potenziali obiettivi regionali e macro-azioni: settore agricoltura e produzione alimentare.

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
AGRICOLTURA E PRODUZIONE ALIMENTARE	Promuovere e sostenere la ricerca per la valutazione del rischio e per lo sviluppo di soluzioni di adattamento e mitigazione.	OT5. Promozione di sistemi decisionali informati dalla ricerca e cooperazione scientifica e dalla disponibilità e uso di dati affidabili, informazioni e strumenti OSS5- AA- Priorità per la ricerca scientifica	AG016. Predisposizione del piano di gestione del rischio alluvioni [...]	AG016. Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, PRESIDENZA DELLA REGIONE
			AG016. Previsione dei rischi naturali e antropici e gestione del Centro funzionale decentrato, settore idro e AiB.	
			AG018. Sostegno per progetti pilota per lo sviluppo di nuovi prodotti, pratiche, processi e tecnologie; Sostegno per la cooperazione di filiera, per la creazione e lo sviluppo di filiere corte e mercati locali.	AG016. Direzione generale della protezione civile, Servizio previsione rischi e dei sistemi informativi, infrastrutture e reti, PRESIDENZA DELLA REGIONE
			AG028. Sviluppo delle produzioni animali e vegetali.	AG018. Servizio Sviluppo delle Filiere Agroalimentari e dei Mercati, ASS. AGRICOLTURA
				AG028. Servizio Sostenibilità e Qualità delle Produzioni Agricole e

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
				Alimentari, ASS. AGRICOLTURA
	Migliorare l'educazione e la formazione per la gestione delle risorse nel settore agricolo.	OT1. Sensibilizzazione ed educazione a diversi livelli OSS1- AA- Sensibilizzazione e educazione	AG001. Rapporti tra agricoltura e ambiente; Azioni di informazione e promozione sui prodotti agricoli e agroalimentari.	AG001. Servizio Attuazione Misure Agroambientali e Salvaguardia della Biodiversità, Servizio Sviluppo delle Filiere Agroalimentari e dei Mercati, ASS. AGRICOLTURA
	Promuovere la fattibilità economica e ambientale delle attività imprenditoriali, garantendo iniziative globalmente sostenibili con approccio innovativo e multifunzionale.	OSS2- AA- Adattamento dei sistemi colturali e di allevamento	AG007. Pagamenti agro-climatico – ambientali a favore degli agricoltori; Sostegno alle imprese agricole e silvicole per azioni di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici; Sostegno a silvicoltori per interventi consistenti in uno o più impegni silvoambientali e climatici.	AG007. Servizio Attuazione Misure Agroambientali e Salvaguardia della Biodiversità, ASS. AGRICOLTURA
	Promuovere il benessere animale.	OSS5- AA- Priorità per la ricerca scientifica	AG013, AG024. Benessere animale; Sviluppo delle produzioni animali e vegetali; Sostegno per progetti pilota per lo sviluppo di nuovi prodotti, pratiche, processi e tecnologie.	AG013, AG024. Servizio Sostenibilità e Qualità delle Produzioni Agricole e Alimentari, Servizio Sviluppo delle Filiere Agroalimentari e dei Mercati, ASS. AGRICOLTURA
	Promuovere la selezione di genotipi resilienti e resistenti ai cambiamenti	OSS3- AA- Politiche integrate di adattamento	AG015. Sostegno per progetti pilota per lo sviluppo di nuovi prodotti, pratiche, processi e tecnologie.	AG015. Servizio Sviluppo delle Filiere Agroalimentari e dei Mercati, ASS.

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
	climatici.			AGRICOLTURA
	Implementazione di pratiche agricole benefiche per il clima e l'ambiente.	OSS3- AA- Politiche integrate di adattamento	AG008, AG011, AG012, AG023, AG025, AG026. Sviluppo delle produzioni animali e vegetali; Sostegno per progetti pilota per lo sviluppo di nuovi prodotti, pratiche, processi e tecnologie.	AG008, AG011, AG012, AG023, AG025, AG026. Servizio Sostenibilità e Qualità delle Produzioni Agricole e Alimentari, Servizio Sviluppo delle Filiere Agroalimentari e dei Mercati, ASS. AGRICOLTURA
	Migliorare l'efficienza aziendale e aumentare l'integrazione territoriale delle imprese agricole.	OSS3- AA- Politiche integrate di adattamento	AG004. Infrastrutture irrigue e rurali; Finanziamento e controllo dei consorzi di bonifica.	AG004. Servizio Programmazione e Governance dello Sviluppo Rurale, ASS. AGRICOLTURA

La Tabella 99 attiene al settore infrastruttura critica – trasporti, rispetto al quale i Servizi potenzialmente coinvolti sono: Servizio per il trasporto marittimo e aereo e della continuità territoriale; Servizio per il trasporto pubblico locale terrestre; Servizio per le infrastrutture, la pianificazione strategica e gli investimenti nei trasporti; Servizio per gli affari comunitari, rapporti istituzionali, sistema informativo, bilancio e controllo; **Ass. Trasporti**; Servizio previsione rischi e dei sistemi informativi, infrastrutture e reti, Direzione generale della protezione civile, **Presidenza della Regione**.

Tabella 99 Potenziali obiettivi regionali e macro-azioni: settore infrastruttura critica – trasporti.

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
	Integrare i rischi connessi al cambiamento climatico nella pianificazione e progettazione verso la resilienza e l'adattamento.	OSS4- AA-Governance innovation per lo sviluppo del settore agricolo e dell'allevamento	TR002, TR009. Partecipazione alla redazione e aggiornamento del Piano Regionale dei Trasporti (PRT) e dei vari piani di settore di rilievo comunitario, nazionale, regionale e locale, per quanto di competenza; Proposizione di nuovi modelli per l'ottimizzazione dei costi, il miglioramento dei servizi di TPL, e per favorire l'integrazione dei sistemi di trasporto e l'intermodalità; Programmazione, coordinamento, attuazione e vigilanza degli interventi infrastrutturali di natura trasportistica; Studi di fattibilità e progettazione interventi infrastrutturali; Redazione e aggiornamento, in raccordo con gli altri Servizi, del Piano Regionale dei Trasporti (PRT); Processi tecnici, amministrativi e contabili connessi alla acquisizione e sostituzione dei mezzi relativi alle varie modalità di trasporto, in raccordo con il Servizio per il trasporto pubblico locale terrestre; Pianificazione, programmazione e gestione del sistema informativo dell'Assessorato (SiTra); Attività di partecipazione per quanto di competenza, agli aggiornamenti dei vari	TR002, TR009. Servizio per il trasporto marittimo e aereo e della continuità territoriale, Servizio per il trasporto pubblico locale terrestre, Servizio per le infrastrutture, la pianificazione strategica e gli investimenti nei trasporti, Servizio per gli affari comunitari, rapporti istituzionali, sistema informativo, bilancio e controllo, ASS. TRASPORTI

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
			piani di settore di rilievo comunitario, nazionale, regionale e locale; Formazione del personale.	
	Messa in sicurezza delle infrastrutture.		TR013. Programmazione, coordinamento, attuazione e vigilanza degli interventi infrastrutturali di natura trasportistica.	TR013. Servizio per le infrastrutture, la pianificazione strategica e gli investimenti nei trasporti, ASS. TRASPORTI
	Migliorare l'efficacia dei sistemi di monitoraggio, allerta e intervento in caso di emergenze ai servizi di trasporto.		TR005, TR006. Emissione e diramazione dei bollettini di criticità regionale e delle allerte; gestione e sviluppo del sistema integrato per le comunicazioni in emergenza.	TR005, TR006. Servizio previsione rischi e dei sistemi informativi, infrastrutture e reti, Direzione generale della protezione civile, PRESIDENZA DELLA REGIONE

La Tabella 100 attiene al settore infrastruttura critica – patrimonio culturale, rispetto al quale i Servizi potenzialmente coinvolti sono: Servizio osservatorio del paesaggio e del territorio, sistemi informativi territoriali; Servizio pianificazione paesaggistica e urbanistica; Servizio supporti direzionali, affari giuridici e finanziari, **Ass. Enti Locali**. Servizio beni culturali e sistema museale, Servizio sport, spettacolo e cinema; Servizio Istruzione; Servizio Università e Politiche giovanili, **Ass. Beni Culturali**.

Tabella 100 Potenziali obiettivi regionali e macro-azioni: settore infrastruttura critica – patrimonio culturale.

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
INFRASTRUTTURA CRITICA – PATRIMONIO CULTURALE	Aumentare le conoscenze relative al valore del patrimonio culturale e ai danni cui può essere soggetto a causa dei cambiamenti climatici.	OT5. Promozione di sistemi decisionali informati dalla ricerca e cooperazione scientifica e dalla disponibilità e uso di dati affidabili, informazioni e strumenti	PC001, PC007. Favorire lo scambio di conoscenza e cooperazione tra amministrazioni allo scopo di promuovere un uso consapevole del territorio, la salvaguardia e la valorizzazione del patrimonio paesaggistico della Regione.	PC001, PC007. Servizio osservatorio del paesaggio e del territorio, sistemi informativi territoriali, ASS. ENTI LOCALI
	Trasferire la conoscenza e preservare tecniche e pratiche tradizionali di costruzione degli edifici e di gestione dei paesaggi.	OT1. Sensibilizzazione ed educazione a diversi livelli	PC011. Coordinare e svolgere le attività di elaborazione, revisione, aggiornamento del Piano Paesaggistico Regionale; Predisporre, in collaborazione con il Servizio Osservatorio, gli strumenti e metodologie finalizzati alla tutela e valorizzazione dei beni paesaggistici inclusi i centri di antica e prima formazione; ...	PC011. Servizio pianificazione paesaggistica e urbanistica, ASS. ENTI LOCALI
	Contrastare il degrado dei materiali e delle strutture.		PC002, PC003, PC004, PC005. Restauro beni culturali; Impiantistica sportiva; Intervento ex Manifatture Tabacchi; Edilizia scolastica; Edilizia Universitaria.	PC002, PC003, PC004, PC005. Servizio beni culturali e sistema museale, Servizio sport, spettacolo e cinema, Servizio Istruzione, Servizio Università e Politiche giovanili, ASS.

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
				BENI CULTURALI
	Trovare nuove soluzioni di finanziamento per far fronte all'aumento dei costi.	OT4. Accesso a meccanismi finanziari già esistenti o nuovi coerenti con le necessità di adattamento al cambiamento climatico, inclusi strumenti internazionali e locali	PC010. Coordinare e svolgere le attività di elaborazione, revisione, aggiornamento del Piano Paesaggistico Regionale; Predisporre, in collaborazione con il Servizio Osservatorio, gli strumenti e metodologie finalizzati alla tutela e valorizzazione dei beni paesaggistici inclusi i centri di antica e prima formazione; ...	PC010. Servizio pianificazione paesaggistica e urbanistica, ASS. ENTI LOCALI
	Valutare la perdita irreversibile di manufatti culturali e del paesaggio naturale.		PC006, PC012, PC013. Coordinare e svolgere le attività di elaborazione, revisione, aggiornamento del Piano Paesaggistico Regionale; Predisporre, in collaborazione con il Servizio Osservatorio, gli strumenti e metodologie finalizzati alla tutela e valorizzazione dei beni paesaggistici inclusi i centri di antica e prima formazione; ... PC006. Supportare gli enti locali nell'applicazione della normativa paesaggistica, urbanistica, edilizia; Svolgere le attività di programmazione, monitoraggio tecnico-amministrativo, rendicontazione delle risorse comunitarie, nazionali e regionali in materia di politiche per le aree urbane, riqualificazione urbana e	PC006, PC012, PC013. Servizio pianificazione paesaggistica e urbanistica, ASS. ENTI LOCALI PC006. Servizio supporti direzionali, affari giuridici e finanziari, ASS. ENTI LOCALI

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
			recupero dei centri storici; ...	

La Tabella 101 attiene al settore energia, rispetto al quale i Servizi potenzialmente coinvolti sono: Servizio Energia ed Economia Verde, **Ass. Industria**; Servizio gestione contratti per funzionamento uffici regionali, **Ass. Enti Locali**.

Tabella 101 Potenziali obiettivi regionali e macro-azioni: settore energia.

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
ENERGIA	Incrementare l'utilizzo di fonti energetiche alternative.	OT7. Sviluppo e attuazione di nuove politiche dedicate sull'adattamento al cambiamento climatico OT4. Accesso a meccanismi finanziari già esistenti o nuovi coerenti con le necessità di adattamento al cambiamento climatico, inclusi strumenti internazionali e locali	EN007, EN020, EN021, EN023. Pianificazione e programmazione strategica in materia energetica; Coordinamento, elaborazione ed attuazione del Piano Energetico Ambientale della Regione e delle politiche e strategie in materia di energia; Analisi dei consumi energetici, dei fabbisogni regionali con riferimento ai diversi settori e monitoraggio risultati raggiunti attraverso i programmi di intervento; Programmazione, promozione, sviluppo e gestione delle misure per l'efficienza energetica, la valorizzazione e sviluppo delle energie alternative e delle fonti rinnovabili ed il risparmio energetico; Predisposizione di atti	EN007, EN020, EN021, EN023. Servizio Energia ed Economia Verde, ASS. INDUSTRIA

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
			normativi e regolamentari in materia energetica; Stimolo e promozione degli investimenti nel campo delle energie rinnovabili e più in generale delle attività economiche derivanti dalla c.d. Green Economy; Politiche di investimento in materia di sviluppo energetico sostenibile, di risparmio e di efficientamento energetico, di promozione delle fonti di energia rinnovabile (FER); Gestione delle politiche e delle misure dei Programmi Operativi cofinanziati con risorse comunitarie, nazionali e regionali in materia di energia, efficienza energetica, la valorizzazione e sviluppo delle energie alternative e delle fonti rinnovabili ed il risparmio energetico; Gestione dei regimi di aiuto alle imprese per la promozione delle fonti energetiche rinnovabili e del risparmio ed efficienza energetica con riferimento ai programmi comunitari, nazionali, interregionali e regionali; Strutture e infrastrutture energetiche; Supporto e gestione dell'Accordo di Programma Quadro per la metanizzazione della Sardegna; Coordinamento degli interventi in materia	

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
			energetica in raccordo con gli altri soggetti competenti della Regione.	
	Incrementare la resilienza del sistema energetico e ridurre la vulnerabilità della produzione idroelettrica e termoelettrica.	OT7. Sviluppo e attuazione di nuove politiche dedicate sull'adattamento al cambiamento climatico	EN010, EN011, EN012, EN016. Pianificazione e programmazione strategica in materia energetica; Coordinamento, elaborazione ed attuazione del Piano Energetico Ambientale della Regione e delle politiche e strategie in materia di energia; Analisi dei consumi energetici, dei fabbisogni regionali con riferimento ai diversi settori e monitoraggio risultati raggiunti attraverso i programmi di intervento; Programmazione, promozione, sviluppo e gestione delle misure per l'efficienza energetica, la valorizzazione e sviluppo delle energie alternative e delle fonti rinnovabili ed il risparmio energetico; Predisposizione di atti normativi e regolamentari in materia energetica; Stimolo e promozione degli investimenti nel campo delle energie rinnovabili e più in generale delle attività economiche derivanti dalla c.d. Green Economy; Politiche di investimento in materia di sviluppo energetico sostenibile, di risparmio e di efficientamento energetico,	EN010, EN011, EN012, EN016. Servizio Energia ed Economia Verde, ASS. INDUSTRIA

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
			di promozione delle fonti di energia rinnovabile (FER); Gestione delle politiche e delle misure dei Programmi Operativi cofinanziati con risorse comunitarie, nazionali e regionali in materia di energia, efficienza energetica, la valorizzazione e sviluppo delle energie alternative e delle fonti rinnovabili ed il risparmio energetico; Gestione dei regimi di aiuto alle imprese per la promozione delle fonti energetiche rinnovabili e del risparmio ed efficienza energetica con riferimento ai programmi comunitari, nazionali, interregionali e regionali; Strutture e infrastrutture energetiche; Supporto e gestione dell'Accordo di Programma Quadro per la metanizzazione della Sardegna; Coordinamento degli interventi in materia energetica in raccordo con gli altri soggetti competenti della Regione.	
	Promuovere ed incrementare una miglior gestione della domanda di energia per riscaldamento e raffrescamento.		EN001, EN002. Programmazione, promozione, sviluppo e gestione delle misure per l'efficienza energetica, la valorizzazione e sviluppo delle energie alternative e delle fonti rinnovabili ed il risparmio energetico; Strutture e infrastrutture energetiche;	EN001, EN002. Servizio gestione contratti per funzionamento uffici regionali, ASS: ENTI LOCALI

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
			Efficientamento energetico.	

La Tabella 102 attiene al settore salute, rispetto al quale i Servizi potenzialmente coinvolti sono: Servizio delle Valutazioni ambientali, **Ass. Ambiente**; Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni; Servizio tutela e gestione delle risorse idriche, vigilanza sui servizi idrici e gestione delle siccità, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, **Presidenza della Regione**; Servizio della Promozione della salute e osservatorio epidemiologico, **Ass. Sanità**.

Tabella 102 Potenziali obiettivi regionali e macro-azioni: settore salute.

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
SALUTE	Promuovere la capacità di governance dei rischi climatici per la salute e dell'adattamento.	OT2. Promozione di un quadro istituzionale e politico appropriato, caratterizzato da aumentata consapevolezza e coinvolgimento degli stakeholder e da forme avanzate di cooperazione e formazione	SA009. Atti di indirizzo e regolamentazione in materia di valutazione di impatto ambientale, valutazione ambientale strategica e valutazione d'incidenza. SA019. Definizione e governo del Piano Regionale di Prevenzione.	SA009. Servizio delle Valutazioni ambientali, ASS. AMBIENTE SA019. Servizio della Promozione della salute e osservatorio epidemiologico, ASS. SANITÀ
	Promuovere formazione ed educazione sui rischi climatici per la salute.	OT1. Sensibilizzazione ed educazione a diversi livelli	SA008, SA018. Definizione e governo del Piano Regionale di Prevenzione; Educazione sanitaria.	SA008, SA018. Servizio della Promozione della salute e osservatorio epidemiologico, ASS. SANITÀ
	Migliorare le	OT5. Promozione di	SA002, SA003.	SA002, SA003.

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top-down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom-up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
	conoscenze e promuovere la ricerca su rischi meteo indotti e resilienza.	sistemi decisionali informati dalla ricerca e cooperazione scientifica e dalla disponibilità e uso di dati affidabili, informazioni e strumenti	Definizione e governo del Piano Regionale di Prevenzione.	Servizio della Promozione della salute e osservatorio epidemiologico, ASS. SANITÀ
	Sviluppare sistemi informatici di monitoraggio su eventi estremi e impatti sulla salute.	OT8. Investimento sulla innovazione tecnologica e digitale	SA001. Studi, indagini e monitoraggio, attività tecnico amministrative in materia di elaborazione, analisi dei dati di monitoraggio del territorio per i settori di competenza.	SA001. Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni, Servizio tutela e gestione delle risorse idriche, vigilanza sui servizi idrici e gestione delle siccità, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, PRESIDENZA DELLA REGIONE
	Sviluppare sistemi informativi e di monitoraggio relativi alle isole di calore urbano.	OT7. Sviluppo e attuazione di nuove politiche dedicate sull'adattamento al cambiamento climatico	SA004. Studi, indagini e monitoraggio, attività tecnico amministrative in materia di elaborazione, analisi dei dati di monitoraggio del territorio per i settori di competenza. SA005. Definizione e governo del Piano Regionale di	SA004. Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni, Servizio tutela e gestione delle risorse idriche, vigilanza sui

Settore d'intervento (da PNACC)	Obiettivi regionali (da PNACC, macro regione 6) - Approccio top- down	Obiettivi regionali capitolo 4 - Approccio bottom- up	Macro-azioni da competenze Servizi RAS (con codici misure PNACC)	Servizio e assessorato di riferimento
			Prevenzione.	servizi idrici e gestione delle siccità, Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, PRESIDENZA DELLA REGIONE SA005. Servizio della Promozione della salute e osservatorio epidemiologico, ASS. SANITÀ
	Potenziamento della governance del rischio da malattie infettive.		SA014. Definizione e governo del Piano Regionale di Prevenzione.	SA014. Servizio della Promozione della salute e osservatorio epidemiologico, ASS. SANITÀ

Si ritiene infatti che tali “macro-azioni” si adattino perfettamente, ed anzi rappresentino una priorità, per quanto riguarda l’assetto territoriale regionale, da tenere in considerazione nella stesura di una politica locale sui cambiamenti climatici.

Dal punto di vista delle competenze, peraltro, emerge chiaramente che la maggior parte dei servizi è al momento affidata alla Presidenza della Regione (quantomeno dal punto di vista numerico), poi a seguire all’assessorato enti locali/servizi territoriali del Corpo Forestale dello Stato, mentre altri assessorati hanno competenze – numericamente – minori. Tale condizione agevola senz’altro la possibilità di considerare alcuni uffici già in grado di promuovere un’azione di programmazione delle attività e politiche climatiche a livello regionale senza rilevanti modifiche dell’assetto istituzionale di riferimento.

Dal punto di vista dei soggetti competenti, quindi, sia che si opti per una scelta “conservativa” dell’assetto istituzionale esistente, sia che si voglia proporre un Osservatorio di coordinamento, senz’altro le condizioni attuali di ripartizione delle competenze agevolano un avvio rapido ed efficace delle azioni necessarie.

5.2.2. Analisi degli strumenti di pianificazione territoriale a scala regionale rispetto alle azioni di adattamento

In questa sezione, si chiarisce se, e in che modo, il tema dell’adattamento ai cambiamenti climatici è stato trattato in maniera esplicita o implicita in vari piani e programmi regionali di settore, secondo quanto proposto da De Montis et al. (in stampa, b). Il metodo di analisi applicato tiene conto di elementi di base sul tema dell’adattamento, tra cui: il riferimento a strategie di adattamento definite a livello europeo e nazionale e la definizione di specifiche misure di adattamento, siano esse esplicite o implicite. Il riferimento a strategia europea e nazionale dà una prima indicazione del livello di coerenza del piano o programma con gli orientamenti a livello sovraregionale. La definizione di misure di adattamento (anche potenziali) è condizione minima per valutare fino a che punto il tema dell’adattamento è permeato nella prassi. Infine, la distinzione tra misure esplicite e implicite è necessaria perché, benché l’adattamento ai cambiamenti climatici sia entrato relativamente di recente tra i temi di interesse nazionale e regionale, alcuni piani di recente concezione potrebbero già prevedere azioni di adattamento, mentre altri (recenti e no) potrebbero contenerne di implicite o non contenerne né di esplicite né di implicite. In altri termini, per esempio, piani come il piano stralcio di assetto idrogeologico del 2004, sebbene non contengano riferimenti all’adattamento ai cambiamenti climatici, includono comunque misure che possono contribuire ad aumentare la resilienza di un territorio anche rispetto agli eventi estremi (per esempio alluvioni) legati ai cambiamenti climatici.

Nella Tabella 103 e nella Tabella 104, si sintetizzano schematicamente le caratteristiche dei processi che sottendono ciascun piano o programma analizzato, con il dettaglio della procedura di VAS e VInCA sviluppata.

Tabella 103 Caratteristiche dei processi che sottendono ciascun piano o programma analizzato.

Piani o programmi di livello regionale	Autorità di riferimento	Anno approvazione	VAS	VIncA
1. Piano Paesaggistico Regionale (PPR)	RAS - Assessorato degli enti locali, finanze ed urbanistica	2006	no	no
2. Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)	RAS – Assessorato dei Lavori Pubblici	2004 (aggiornamento nel 2018)	no	no
3. Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF)	RAS – Assessorato dei Lavori Pubblici	2015	no	no
4. Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)	RAS - Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna	2016	si	si
5. Piano di Gestione del Distretto idrografico (PGDI)	RAS - Direzione generale agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna - Servizio tutela e gestione delle risorse idriche, vigilanza sui servizi idrici e gestione delle siccità	2009 - I ciclo 2015 II ciclo	2009 – VAS 2015 – (screening con esito di non assoggettabilità)	2009 – si 2015 - no
6. Piano di Tutela delle Acque (PTA)	RAS – Assessorato alla difesa dell'ambiente	2006	no	no
7. Piano stralcio di bacino regionale per l'utilizzo delle risorse idriche (PSURI)	RAS – Assessorato dei Lavori Pubblici Ente Autonomo del Flumendosa	2006 (adottato)	si	no
8. Piano Regolatore Generale degli Acquedotti	RAS – Assessorato dei Lavori Pubblici	2006	no	no
9. Piano d'ambito	Autorità d'Ambito a livello di Ambito territoriale Ottimale (ATO)	2002	no	no
10. Piano Forestale Ambientale Regionale (PFAR)	RAS – Assessorato Difesa	2007	si	no

Piani o programmi di livello regionale	Autorità di riferimento	Anno approvazione	VAS	VIncA
	Ambiente – Servizio protezione civile, tutela del suolo e politiche forestali			
11. Piano regionale di previsione, protezione e lotta attiva contro gli incendi boschivi - 2017 – 2019	Direzione Generale della Protezione Civile Direzione Generale del Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale Direzione Generale dell'Agenzia FoReSTAS Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente per la Sardegna	2018	no	no
12. Piano Energetico Ambientale della Regione Sardegna (PEARS)	RAS – Assessorato dell'industria – Servizio energia	2016	si	si
13. Piano d'azione regionale energie rinnovabili	RAS – Assessorato dell'industria – Servizio energia	2012	??	
14. Piano Regionale dei Trasporti	RAS - Assessorato Regionale dei Trasporti - Servizio della Mobilità	2008	si (trovato solo scoping)	?
15. Piano Regionale della mobilità ciclistica (PRMC)	RAS – Assessorato Lavori Pubblici - Servizio Infrastrutture dei Trasporti e Sicurezza Stradale	2018	si	si
16. Piano per la qualità dell'aria ambiente (PQA)	RAS – Assessorato Difesa Ambiente – Servizio tutela dell'atmosfera e del territorio	2017	No (screening con esito di non associabilità)	no
17. Piano Regionale di Gestione Rifiuti – Sezione Rifiuti Urbani (PRGRU)	RAS – Assessorato Difesa Ambiente – Servizio tutela	2016	Si (screening con esito di non	?

Piani o programmi di livello regionale	Autorità di riferimento	Anno approvazione	VAS	VIncA
18. -aggiornamento del PRGRU 2008-	dell'atmosfera e del territorio		assoggettabilità)	
19. Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti Speciali (PRGRS)	RAS – Assessorato Difesa Ambiente – Servizio tutela dell'atmosfera e del territorio	2012	si	si
20. Piano regionale di protezione, decontaminazione, smaltimento e bonifica dell'ambiente ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto	RAS – Assessorato Difesa Ambiente	2015	si	Si (ma non trovato)
21. Piano regionale di Gestione dei rifiuti – sezione Bonifica delle aree inquinate (PRB)	RAS – Assessorato Difesa Ambiente	2018 (adozione)	si (in itinere)	si (in itinere)
22. Piano Regionale delle Attività Estrattive	RAS – Assessorato dell'industria – Servizio attività estrattive	2008 (adozione)		
23. Piano di Azione Ambientale Regionale (PAAR) 2009-2013	RAS – Assessorato Difesa Ambiente	2009	no	no
24. Piano Regionale dello Sviluppo Turistico Sostenibile		2006 (mai adottato??)	no	no
25. Piano per gli Acquisti Pubblici Ecologici della Regione Sardegna (PAPERS2)	RAS – Assessorato Difesa Ambiente	2017	no	no
26. Piano faunistico venatorio regionale (PFVR)	RAS – Assessorato Difesa Ambiente	2014 (proposta??)	si	si
27. Programma Operativo Regionale 2014-2020 finanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale, POR FESR 2014 – 2020	RAS – Assessorato programmazione	2015	si	si
28. Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020 finanziato dal Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale (PSR FEASR 2014/2020)	RAS - Assessorato dell'agricoltura e riforma agro pastorale RAS – Assessorato programmazione	2015	si	si

Tabella 104 Caratteristiche dei processi che sottendono ciascun piano o programma analizzato: focus sui piani di gestione siti Rete Natura 2000.

Piani di Gestione siti Rete Natura 2000	Autorità di riferimento	Anno approvazione	VAS	VIncA
PdG ZPS Altopiano di Abbasanta	Comune di Birori	2015	si	si
PdG SIC Altopiano di Campeda	Comune di Macomer	2014	si	si
PdG ZPS Campidano Centrale	Comune di Guspini	2014	si	si
PdG ZPS Capo Carbonara e stagno di Notteri -Punta Molentis	Comune di Villasimius	2015	si	si

Nella Tabella 105, si sintetizzano i criteri adottati per valutare i piani e programmi.

Tabella 105 Criteri di valutazione dei piani e programmi (De Montis et al., in stampa, b).

Criterio		Aspetti chiave	Riferimenti bibliografici
1	Strategia di adattamento	I piani e programmi si riferiscono a strategie nazionali o internazionali di adattamento ai cambiamenti climatici	European Commission (2013), MEPLS (2015)
2	Misure di adattamento (anche potenziali)	I piani e programmi definiscono le misure di adattamento ai cambiamenti climatici	European Commission (2013), MEPLS (2015)
3	Misure esplicite o implicite	Gli strumenti di piano e i programmi contengono misure di adattamento esplicite (definite appositamente in risposta ai cambiamenti climatici) o implicite (non appositamente definite come risposta ai cambiamenti climatici, ma utili anche per l'adattamento)	Donner et al. (2016)
4	Responsabilità dell'adattamento	I responsabili delle misure di adattamento sono individuati nei piani e programmi	Mees and Driessen (2018), MEPLS (2015)

Il metodo consente di verificare se: (i) i piani si riferiscono a strategie nazionali o internazionali di adattamento ai cambiamenti climatici (per esempio SEACC o SNACC), le quali definiscono un quadro per la definizione di azioni di adattamento a livello nazionale e regionale, e (ii) le misure di adattamento sono definite dai piani (anche in forma implicita). Distinguiamo tra misure di adattamento esplicite o implicite: per misure esplicite, si intendono quelle proposte appositamente in risposta ai cambiamenti climatici, mentre per implicite le attività (misure o azioni) che possono ridurre la vulnerabilità della società a stress esterni, come gli eventi climatici (per esempio, lo sviluppo di capacità), ma che potrebbero non essere state esplicitamente definite in risposta a previsti cambiamenti climatici.ⁱ Infine, il chiaro riconoscimento delle responsabilità è un elemento rilevante per la *governance* dell'adattamento e, quindi, nei piani e programmi che contenevano azioni di adattamento esplicite sono stati individuati i soggetti responsabili di tali misure.ⁱⁱ

In totale, sono stati esaminati 13 piani e programmi di livello regionale e 4 Piani di Gestione di siti afferenti alle Rete regionale Natura 2000. La sintesi dei risultati è mostrata nella Tabella 106.

Tabella 106 Sintesi dell'analisi dei piani e programmi rispetto alle misure di adattamento ai cambiamenti climatici.

	Piano o programma, anno	Strategia di adattamento	Misure di adattamento (anche potenziali)	Esplicite	Implicite	Responsabili azioni esplicite
1.	Piano Paesaggistico regionale (PPR), 2006	☹	☺		✓	
2.	Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI), 2004	☹	☺		✓	
3.	Riesame e aggiornamento del piano di gestione del distretto idrografico della Sardegna (PGDI), 2016	☹	☺	✓		☺
4.	Programma di sviluppo rurale (PSR) 2014-2020, 2014 (aggiornato 08/11/2017 - 12:35:18 CET)	☺	☺	✓		☺
5.	Piano energetico ambientale della Regione Sardegna 2015-2030 - PROPOSTA TECNICA, 2015	☺	☺		✓	
6.	Piano di tutela delle acque (PTA), 2006	☹	Misure contenute nel Titolo III del D.Lgs. 152/99 e s.m.i.		✓	
7.	Piano forestale ambientale regionale (PFAR), 2007	☹	☺		✓	

	Piano o programma, anno	Strategia di adattamento	Misure di adattamento (anche potenziali)	Esplicite	Implicite	Responsabili azioni esplicite
8.	Piano regionale di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi 2017-2019, 2018	☹	Azioni di adattamento risultano assenti, ma forse qualche misura inserita nel piano potrebbe essere calibrata rispetto a tale aspetto.			
9.	Piano d'Azione Ambientale Regionale (PAAR) 2009 – 2013, 2009	☹	☺		✓	
10.	Piano Regionale Bonifica delle Aree Inquinare (PRB) – Luglio 2018	☹	☹			
11.	Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA), 2016 (agg. 2017)	☺	☺	✓		☺
12.	Piano regionale dei trasporti (PRT)	☹	☺		✓	
13.	Piano Regionale della mobilità ciclistica	☺	☺	✓		☺
14.	PdG ZPS Altopiano di Abbasanta	☹	☺		✓	
15.	PdG SIC Altopiano di Campeda	☹	☺		✓	

	Piano o programma, anno	Strategia di adattamento	Misure di adattamento (anche potenziali)	Esplicite	Implicite	Responsabili azioni esplicite
16.	PdG ZPS Campidano Centrale	☹	☺		✓	
17.	PdG ZPS Capo Carbonara e stagno di Notteri -Punta Molentis	☹	☺		✓	

Negli strumenti, sono state evidenziate carenze e aspetti critici, ma anche punti di forza. Nello specifico, nella maggior parte dei casi i piani non fanno riferimento ad alcuna strategia di adattamento. Il PSR 2014-2020, il PEARS 2015-2030 (PROPOSTA TECNICA) e il PGRA 2016 contengono un esplicito riferimento alla strategia europea e/o a quella nazionale di adattamento; il PSR 2014-2020 e il PGRA 2016 includono specifiche misure di adattamento. PPR 2006, PAI 2004, PFAR 2007, PAAR 2009 – 2013 e PRB 2018 contengono azioni che, in certa misura, possono (potrebbero) contribuire ad aumentare la resilienza del territorio regionale rispetto ai cambiamenti climatici, nonostante esse non siano state definite esplicitamente per affrontare tali tipi di criticità. In generale, appare necessaria una maggior attenzione dedicata al tema dell'adattamento nella maggior parte degli strumenti esaminati. Alcuni dei piani e programmi considerati sono accompagnati da VAS e/o da VInCA e nella Sezione 5.4 verrà presentato un approfondimento su tali strumenti. In particolare, per le VAS si presenterà la disamina dei Rapporti Ambientali, mentre per le VInCA quello degli studi di incidenza ambientale.

ⁱ Donner et al., 2016.

ⁱⁱ Mees e Driessen, 2018.

5.3. Proposta metodologica per la rappresentazione in forma diagrammatica dei processi di implementazione di azioni adattative attraverso l'uso del BPMN

I processi decisionali, in linea generale, possono essere definiti come una successione di momenti di apprendimento e negoziazione tra una molteplicità di attori.ⁱ Essi prevedono un certo grado di complessità gestionale, perché è necessario mediare obiettivi, talvolta conflittuali, e costruire il consenso. L'implementazione di specifiche azioni adattive prevede, nella maggior parte dei casi, la necessità di coordinare ed orchestrare operazioni, talvolta parallele ed altre volte consequenziali, che fanno capo a organismi diversi e che implicano processi multi settore e multi attore. La complessità delle relazioni che intercorrono tra i diversi enti competenti in tema di adattamento ai cambiamenti climatici per ciascun settore prioritario può rendere il processo caotico e difficile da coordinare.

Il Business Process Management (BPM) fornisce metodologie di modellazione ed analisi e strumenti tecnologici per organizzare in maniera esplicita le attività di un processo di *business* e le loro interrelazioni.ⁱⁱ Nel BPM, un processo può essere rappresentato a diversi livelli di astrazione, a partire dall'individuazione degli obiettivi più generali, fino alla descrizione delle singole strategie per metterli in atto.ⁱⁱⁱ

Attraverso il ricorso al linguaggio sintetico Business Process Model e Notation (BPMN) le componenti del processo possono essere rappresentate con una notazione facilmente interpretabile, allo scopo di chiarirne (i) le attività che devono essere svolte (ii) i principali attori coinvolti e (iii) le risorse necessarie per conseguire i risultati attesi. Il BPMN consente infatti la modellazione e rappresentazione grafica in forma diagrammatica di processi business finalizzati al raggiungimento di un obiettivo, scomposti in flussi di attività svolte in maniera coordinata.^{iv}

Gli elementi di notazione base utilizzati per rappresentare i diagrammi si dividono in 4 categorie principali, ciascuna delle quali comprende una serie di elementi (Figura 123).

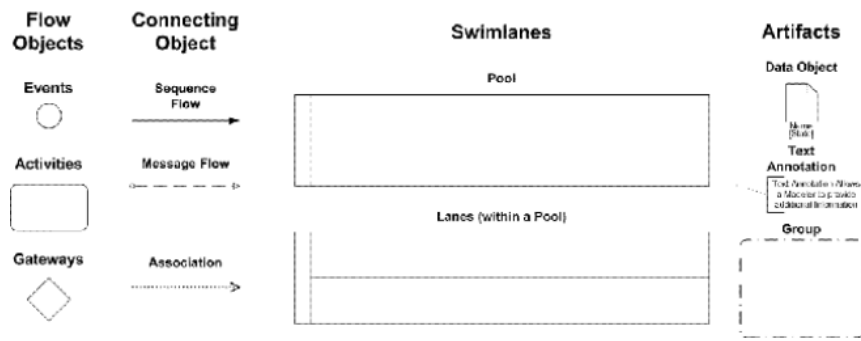


Figura 123 BPMN: Categorie di elementi (Fonte: Weske, 2012)

Nello specifico:

1. Swimlanes

Rappresentano gli attori o le organizzazioni che partecipano al processo, e definiscono dunque le responsabilità all'interno di un processo aziendale. Comprendono:

- *pool*, che costituisce un'unità con chiare funzioni organizzative (p. es. un'azienda);
- *lanes*, che costituisce una sotto-unità, contenuta all'interno di una pool, con specifiche funzioni (p. es. un dipartimento dell'azienda principale).

2. Flow objects

Rappresentano gli elementi portanti dell'architettura del diagramma e comprendono:

- *activities*, sono i blocchi principali del diagramma e rappresentano le singole azioni che devono essere eseguite all'interno del processo;
- *events*, segnalano che si è verificato un particolare evento, inclusi l'inizio e la fine del processo e qualsiasi evento intermedio che rappresenti un'interazione con l'ambiente interno o esterno. Si dividono in diverse tipologie in funzione della loro posizione all'interno del processo (*start event*, *end event*, *intermediate event*) ed a seconda dell'evento che devono rappresentare (p. es. *message event*, *error event*, *timer event*);
- *gateways*, vengono utilizzati per rappresentare punti di unione o di ramificazione del flusso di lavoro e si dividono in diverse tipologie (p.es. *exclusive gateway*, *parallel gateway*, *event-based gateway*).

3. Connecting Objects

Collegano i precedenti elementi al fine di ordinare cronologicamente e logicamente il flusso di lavoro, e comprendono:

- *sequence flow*, collega activities, events e gateways per rappresentarne con precisione l'ordine di esecuzione;
- *message flow*, è utilizzato per rappresentare interazioni che avvengono tra due diverse unità organizzative (due diverse pool);
- *association*, collega gli elementi aggiuntivi del processo (artefacts) con gli elementi del processo cui sono associati.

4. Artefacts

Mostrano informazioni aggiuntive sul processo, non strettamente indispensabili per la comprensione del flusso di lavoro, e comprendono:

- *data objects*, indicano i dati che devono essere utilizzati all'interno del processo. Si dividono in diverse tipologie (p.es. *input data object*, *output data object*);
- *groups*, consentono di raggruppare elementi del processo (per definirne ad esempio delle fasi specifiche);
- *annotation*, documentano specifici aspetti del processo in forma testuale.

La mappatura del processo di implementazione delle azioni di adattamento consente dunque di visualizzare il flusso logico e cronologico delle attività che devono essere svolte e di migliorare:

- la comprensione, da parte degli attori coinvolti, del processo nella sua interezza e del proprio ruolo al suo interno;
- la comprensione delle risorse necessarie in ciascuna fase;
- la tracciabilità dello stato di avanzamento del processo;
- la comprensione del processo da coloro che lo osservano dall'esterno;
- la riconfigurazione del processo caso per caso;
- la comprensione di come le analisi ambientali informino le azioni di adattamento.

ⁱ Kørnøv & Thissen, 2000.

ⁱⁱ Campagna, 2014.

ⁱⁱⁱ Weske, 2012.

^{iv} Weske, 2012.

5.4. Valutazione ambientale, pianificazione e adattamento

L'integrazione delle tematiche dell'adattamento all'interno delle politiche e degli strumenti di pianificazione a scala nazionale, regionale e locale, rappresenta uno degli obiettivi enunciati all'interno della "Strategia dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici", presentata dalla Commissione Europea nel 2013. Sebbene infatti 25 Stati membri dell'Unione Europea (Figura 124) abbiano già adottato una Strategia Nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici, e si sia rilevato, nel corso degli ultimi anni, un incremento dell'introduzione delle misure di adattamento all'interno delle politiche settoriali, nella maggior parte dei casi l'efficacia di simili strumenti è ancora nelle sue fasi iniziali.

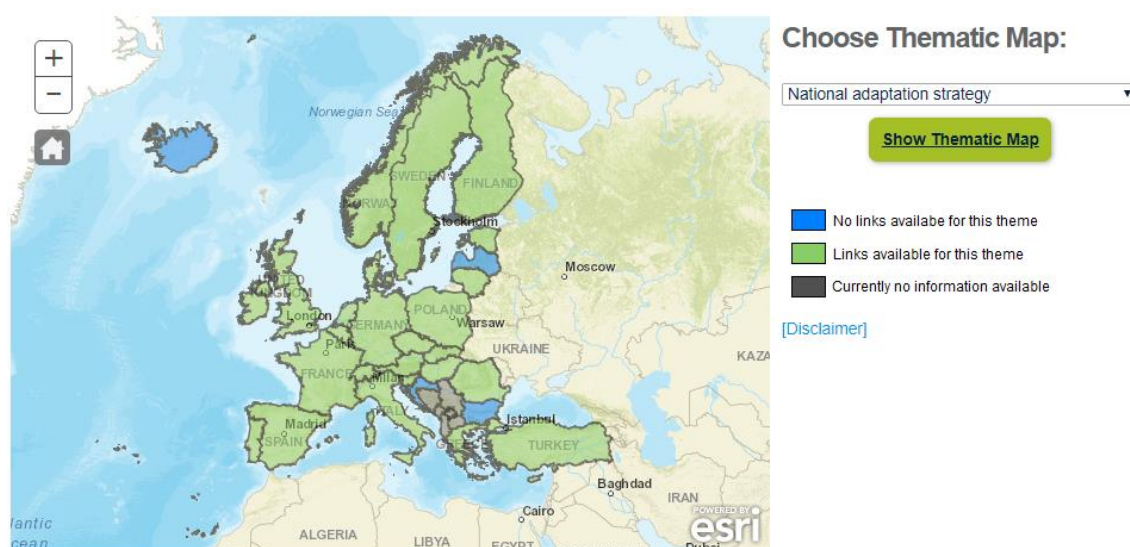


Figura 124 Stati Membri dell'UE provvisti di una Strategia Nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici (Fonte <https://climate-adapt.eea.europa.eu/countries-regions/countries>).

Il coordinamento e la coerenza tra i diversi livelli di pianificazione è considerato uno degli aspetti più complessi delle misure di adattamento. La Valutazione Ambientale Strategica, concepita allo scopo di garantire l'integrazione delle considerazioni ambientali durante la fase di elaborazione di Piani e Programmi, rappresenta un'opportunità per l'efficace integrazione del tema dell'adattamento ai cambiamenti climatici a tutti i livelli della pianificazione.

Come noto, la normativa definisce la VAS quale "processo che comprende [...] lo svolgimento di una verifica di assoggettabilità, l'elaborazione del rapporto ambientale, lo svolgimento di consultazioni, la valutazione del piano o del programma, del rapporto e degli esiti delle consultazioni, l'espressione di un parere motivato, l'informazione sulla decisione ed il monitoraggio". Tale processo accompagna, garantendo l'attenzione ai profili di tutela ambientale, l'adozione, approvazione ed attuazione di piani e programmi. Non vi sono previsioni esplicite in merito alla

assoggettabilità alla VAS degli atti pianificatori in materia di adattamento ai cambiamenti climatici (i.e. strategia e piani attuativi), tanto che la questione è affrontata ma non ancora risolta neanche a livello nazionale.

In particolare, le problematiche principali che, almeno dal punto di vista pratico, possono evidenziarsi nel merito riguardano il contenuto eventualmente pianificatorio della strategia, il suo carattere trasversale e non di settore, nonché l'oggetto della valutazione e le modalità del monitoraggio, dal momento che nel caso di strategie di adattamento si prevedono misure specifiche di natura ambientale che dovranno essere introdotte nella pianificazione di settore, a sua volta soggetta alla procedura di VAS nel corso della sua approvazione.

L'assoggettabilità o meno alla VAS di una strategia sugli adattamenti climatici potrà dipendere quindi anche dal suo contenuto (p. es. individuazione di azioni specifiche o politiche generali) nonché dalle modalità attuative delle misure ivi indicate (p. es. attuazione diretta o mediante inserimento in altri piani di settore).

Sarebbe anche possibile ipotizzare, vista la specifica tipologia di atto programmatico rappresentato da una Strategia di adattamento ai cambiamenti climatici, lo sviluppo di una VAS di livello superiore rispetto a quella normalmente svolta per piani e programmi di settore. I contenuti di tale VAS di livello superiore potrebbero essere poi trasferiti all'interno delle VAS dei singoli piani e programmi al fine di garantire che ogni valutazione di natura ambientale svolta in sede di Strategia venga adeguatamente trasferita nella pianificazione attuativa. Certamente tale soluzione sarebbe di natura sperimentale, ma potrebbe essere di ausilio nel rendere omogeneo lo sviluppo delle azioni attuative della Strategia.

5.4.1. Integrazione delle considerazioni relative all'adattamento negli strumenti di pianificazione territoriale: il ruolo della VAS

La Valutazione Ambientale Strategica (VAS), introdotta in Europa con la Direttiva 2001/42/CE (in seguito Direttiva VAS) e recepita in Italia tramite il D.Lgs. 152/2006 e ss. mm. ii. recante "Norme in materia ambientale", è un processo che accompagna l'elaborazione di Piani e Programmi (P/P) a qualsiasi scala, che possano avere un impatto significativo sull'ambiente.

Lo scopo della VAS è quello di indirizzare il governo dello sviluppo fisico del territorio secondo i principi di sostenibilità e di incoraggiare processi decisionali trasparenti, partecipati ed informati sull'ambiente (Fundingsland Tetlow & Hanusch, 2012).

La Direttiva VAS richiede che l'intero processo di valutazione ambientale sia documentato all'interno del Rapporto Ambientale (RA), un documento nel quale siano descritti e valutati *"i possibili effetti significativi sull'ambiente, compresi aspetti quali la*

biodiversità, la popolazione, la salute umana, la flora e la fauna, il suolo, l'acqua, l'aria, i fattori climatici, i beni materiali, il patrimonio culturale, anche architettonico e archeologico, il paesaggio e l'interrelazione tra i suddetti fattori"¹⁶ che l'attuazione del P/P potrebbe avere sull'ambiente, gli obiettivi ambientali stabiliti a livello internazionale e comunitario, nonché le ragionevoli alternative progettuali varate alla luce degli obiettivi e dell'ambito territoriale di riferimento.

Secondo molti autori, la VAS è davvero efficace, se è profondamente innervata nel processo di elaborazione dei P/Pⁱ costituendone processo interno, una sorta di endoprocedimento rispetto all'atto di preparazione del piano.ⁱⁱ Il processo di VAS costituisce, per sua natura, un importante momento, nel quale ragionare in termini di adattamento ai cambiamenti climatici. Ma la VAS può anche contribuire a formulare una proposta di P/P che sia orientata a ridurre rischi e vulnerabilità dovuti ai mutamenti del clima e a sfruttarne le opportunità favorevoli. In questa fase, infatti, è possibile affrontare in maniera critica aspetti relativi alla localizzazione di diversi tipi di progetto, tra cui quelli di tipo infrastrutturale, che consentono di evitare situazioni problematiche nelle successive fasi di progettazione e Valutazione di Impatto Ambientale.

In Sardegna, la VAS sta lentamente permeando gli strumenti di pianificazione programmazione di livello regionale, mentre in anni recenti alcune carenze sono state evidenziate nell'applicazione della procedura a livello provincialeⁱⁱⁱ e comunale.^{iv} Tuttavia, non sono al momento disponibili pubblicazioni scientifiche aggiornate rispetto all'evoluzione della prassi negli ultimi anni. I benefici derivanti dall'affrontare le tematiche dell'adattamento ai cambiamenti climatici nell'ambito della VAS sono:

- conformità rispetto alle principali politiche ed impegni nazionali ed internazionali in materia di cambiamenti climatici;
- individuazione tempestiva degli aspetti chiave del cambiamento climatico, in relazione all'ambito di influenza del P/P, anche con l'aiuto dei soggetti competenti in materia ambientale e dei portatori di interesse;
- definizione di un P/P che sia resiliente in relazione ad uno scenario climatico mutevole;
- considerazione dei principali rischi legati ai cambiamenti climatici in fase di pianificazione dei diversi usi del suolo, di localizzazione di progetti ed infrastrutture e di allocazione di risorse finanziarie;
- gestione di potenziali conflitti e sinergie tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici, che eviti quindi un adattamento imperfetto, ovvero

¹⁶ Allegato I della Direttiva 2001/42/CE.

un'azione che provochi l'aumento della vulnerabilità ai rischi legati ai cambiamenti climatici nel medio-lungo termine;

- sensibilizzazione dei portatori di interesse sui rischi legati al cambiamento climatico e sulle opzioni adattative a disposizione.

5.4.2. Analisi dei Rapporti Ambientali di Piani e Programmi regionali

In questa sezione, si tratta dell'analisi comparativa condotta per valutare quali tra i piani e programmi regionali attualmente adottati o approvati (Tabella 103) sono corredati da VAS e/o Valutazione di Incidenza Ambientale (VIncA) che già tengono conto dei cambiamenti climatici e di aspetti attinenti all'adattamento.

La scelta di svolgere l'analisi su piani e programmi a scala regionale nasce dall'esigenza di verificare se questi strumenti individuino già una serie di obiettivi/prescrizioni che riguardano l'adattamento, e rispetto ai quali gli strumenti di pianificazione sottordinata dovrebbero essere coerenti. L'integrazione di misure di ACC nei piani a scala regionale, infatti, ha una diretta influenza anche su quelli a scala locale.

Ad ulteriore conferma, si ricorda che le amministrazioni comunali, in sede di analisi di coerenza esterna dei Piani Urbanistici Comunali (PUC), sono chiamate ad appurare la coerenza del proprio strumento di piano rispetto a tutti i piani sovraordinati. Se tali piani perseguissero, come auspicabile, obiettivi orientati all'ACC, a cascata, anche i PUC e gli altri piani sotto ordinati si dovrebbero adeguare virtuosamente.

Oltre alle valutazioni ambientali relative agli strumenti programmatici e pianificatori di scala regionale, sono state analizzate anche le VAS relative a quattro Piani di Gestione di siti afferenti la Rete Natura 2000 (Tabella 104), allo scopo di valutare se, ed in quale misura, il tema dell'adattamento permeasse le politiche di protezione ambientale dei siti di interesse comunitario presenti nel territorio regionale.

Su trentadue strumenti considerati, diciotto piani o programmi sono corredati di VAS. Di questi, sono stati esaminati tredici casi, per valutare fino a che punto l'adattamento ai cambiamenti climatici è permeato nella prassi.

La disamina dei documenti è stata svolta in parte rispetto a un insieme di criteri proposti da De Montis et al. (in press) che tengono conto, in particolare, di indicazioni riconosciute a livello internazionale, contenute (i) nelle Linee Guida per l'Integrazione dei Cambiamenti Climatici e della Biodiversità nella Valutazione Ambientale Strategica,^v (ii) nel documento "Strategic Environmental Assessment and adaptation to climate change",^{vi} in parte considerando alcune peculiarità che discendono dalla prassi corrente. A livello internazionale, un'analisi di questo tipo è stata svolta anche in

riferimento ai rapporti ambientali di alcuni piani regionali della Sassonia (Germania), per cui la procedura è già validata.^{vii}

I criteri rispetto ai quali sono stati esaminati i Rapporti Ambientali sono schematizzati nella Tabella 107.

Tabella 107 Criteri di valutazione dei Rapporti Ambientali.

	Criterio	Aspetti chiave	Riferimenti bibliografici
1	Riferimento a politiche su ACC fissate a livello nazionale ed internazionale	Riferimento a SEACC, SNACC, PNACC	European Commission (2013) MEPLS (2015)
2	Analisi meteorologica	Individuazione dei principali trend climatici Analisi degli scenari climatici attesi Analisi delle vulnerabilità legate ai CC Valutazione della capacità adattativa del territorio	Prutsch et al. (2010) European Commission (2013) Risse et al. (2008)
3	Obiettivi di adattamento da integrare nel P/P e definizione di alternative progettuali	Individuazione di obiettivi e alternative progettuali che delineino scenari resilienti ai CC	Prutsch et al. (2010) Donner et al. (2016) Risse et al. (2008) European Commission (2013)
4	Analisi degli impatti	Analisi dei possibili impatti del P/P sui CC e dei CC sul P/P	European Commission (2013) Risse et al. (2008)
5	Indicatori di monitoraggio	Individuazione di indicatori che misurino l'efficacia delle azioni di adattamento in termini di risultati	European Commission (2013) Risse et al. (2008)

La sintesi dei risultati è mostrata nella Tabella 108. In cinque casi, i piani fanno riferimento alla Strategia Europea di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SEACC) o alla SNACC (PGRA, PGDI, PEARS, PSR 2014-2020, PRMC) e, come ci si poteva aspettare, è il caso dei P/P approvati o adottati più di recente. In meno della metà dei casi, gli strumenti sono coerenti con i principi di adattamento e gli orientamenti di strategie sovraordinate. Undici piani contengono un'analisi meteorologica, che nella maggior parte dei casi caratterizza il clima regionale allo stato attuale, ma alla quale non sempre corrisponde un'analisi delle tendenze in atto o delle criticità emergenti

(per esempio, scarse precipitazioni unite ad una eccezionalità di eventi alluvionali violenti), né un'analisi della vulnerabilità del territorio in tema di ACC. Solo in tre casi, sono descritti esplicitamente obiettivi di adattamento, probabilmente scaturiti dalla contestualizzazione degli obiettivi di adattamento emersi dalle strategie sovraordinate analizzate. In alcuni casi, sono definiti (i) indicatori di monitoraggio dell'attuazione di interventi che possono essere considerabili di adattamento (p. es. nuova superficie sottoposta a sistemazioni idrauliche, numero di campagne di sensibilizzazione alle tematiche ambientali e di adattamento ai cambiamenti climatici) o (ii) indicatori di monitoraggio dello stato dell'ambiente relativamente alle tematiche del cambiamento climatico (per esempio, precipitazioni medie annuali, intensità massima delle precipitazioni in 60 minuti, rapporto tra fabbisogni idrici e disponibilità idriche complessive).

Tabella 108 Risultati dell'analisi dei Rapporti Ambientali relativi alle VAS di piani e programmi di livello regionale.

Piano o programma	Anno	Riferimento a politiche su ACC fissate a livello nazionale ed internazionale	Analisi meteoroclimatica	Obiettivi di adattamento da integrare nel P/P (Impliciti/Esliciti) e definizione di alternative progettuali	Analisi degli impatti	Indicatori di monitoraggio
Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)	2016	☺	☺	☺ E	☺	☺
Riesame e aggiornamento del piano di gestione del distretto idrografico della Sardegna (PGDI)	2009 2015	☺	☺	☺ I		☺
Piano forestale ambientale regionale (PFAR)	2007	☹	☹	☺ I		☺
Piano energetico ambientale della Regione Sardegna (PEARS) 2015-2030	2015	☺	☺	☺ I		☺
Programma di sviluppo	2015	☺	☺	☺ I		☺

Piano o programma	Anno	Riferimento a politiche su ACC fissate a livello nazionale ed internazionale	Analisi meteorologica	Obiettivi di adattamento da integrare nel P/P (Impliciti/Esliciti) e definizione di alternative progettuali	Analisi degli impatti	Indicatori di monitoraggio
rurale 2014-2020 (PSR 2014-2020)						
Piano Regionale di Gestione Rifiuti – Sezione Rifiuti Urbani (PRGRU)	2016	☹	☹	☹	☹	☹
Piano Regionale di Gestione Rifiuti – Sezione Rifiuti Speciali (PRGRS)	2012	☹	☺	☺ E	☹	☹
Piano regionale di Gestione dei rifiuti – sezione Bonifica delle aree inquinate (PRB)	2018 (adoz.)	☹	☺	☹	☹	☹
Piano Regionale della Mobilità Ciclistica (PRMC)	2018 (adoz.)	☺	☺	☺ E	☺	☺
PdG ZPS Altopiano di Abbasanta	2015	☹	☺	☺ I	☺	☺
PdG SIC Altopiano di Campeda	2014	☹	☺	☺ I	☺	☺
PdG ZPS Campidano Centrale	2014	☹	☺	☺ I	☺	☺
PdG ZPS Capo Carbonara e stagno di Notteri -Punta Molentis	2015	☹	☺	☺ I	☺	☺

Contestualmente all'analisi dei Rapporti Ambientali, per sette casi di studio è stata svolta anche l'analisi delle rispettive Valutazioni di Incidenza Ambientale (VInCA). Si ricorda che la VInCA è un procedimento, in cui si verifica che l'attuazione di un certo piano/progetto non determini impatti significativi sui siti Natura 2000 interessati e non ne pregiudichi dunque l'integrità. La procedura si applica obbligatoriamente nel caso di piani e progetti il cui territorio di riferimento comprenda anche parzialmente superficie territoriali interessate dai siti della Rete Natura 2000, secondo la Direttiva 92/43/CEE del 21 maggio 1992 così come recepita in Italia attraverso il D.P.R. 357/97 e s.m.i. In questo caso, si accerta se le tematiche relative all'adattamento siano già affrontate in fase di definizione delle politiche di protezione ambientale dei siti di interesse comunitario presenti nel territorio regionale.

I risultati dell'analisi svolta, riportati nella Tabella 109, mostrano che le VInCA analizzate nella maggior parte dei casi non fanno esplicito riferimento alla Strategia europea o nazionale di ACC, tuttavia includono contenuti implicitamente connessi al tema, compresa l'individuazione di potenziali incidenze delle azioni di adattamento previste dal Piano su habitat e specie.

Tabella 109 Risultati dell'analisi degli Studi di Incidenza relativi alle VInCA di alcuni piani e programmi di livello regionale.

Piano o programma	Anno	Riferimento a SNACC o SEACC	Obiettivi di adattamento (Impliciti/Espliciti)	Analisi dell'incidenza
Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)	2016	☺	☺ E	☺
Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti Speciali (PRGRS)	2012	☹	☺ I	☺
Piano Energetico Ambientale Regionale della Sardegna (PEARS)	2016	☺	☺ E	☺
PdG ZPS Altopiano di Abbasanta	2015	☹	☺ I	☺
PdG SIC Altopiano di Campeda	2014	☹	☺ I	☺
PdG ZPS Campidano Centrale	2014	☹	☺ I	☺
PdG ZPS Capo Carbonara e stagno di Notteri -Punta Molentis	2015	☹	☺ I	☺

Si riporta ora un'analisi comparativa tra attitudine dei piani rispetto all'ACC e tendenza a sviluppare correttamente la VAS rispetto all'ACC. Lo scopo è quello di

verificare se un corretto sviluppo di processi di valutazione ambientale strategica abbiano effettivamente contribuito ad integrare il piano o programma con contenuti attinenti alle tematiche dell'adattamento ai cambiamenti climatici.

I risultati della comparazione sono riportati nella Tabella 110 e confermano quanto si poteva attendere: le VAS di Piani e Programmi di recente elaborazione (PEARS, POR, PSR, PRMC), attentamente orientate al tema dell'adattamento ai cambiamenti climatici, contribuiscono a redigere Piani e Programmi, in cui sono definiti esplicitamente obiettivi di adattamento.

Tabella 110 Analisi comparativa tra i risultati ottenuti dall'analisi dei P/P e l'analisi dei rispettivi Rapporti Ambientali.

Piano o programma	Anno	Obiettivi di adattamento Impliciti/Espliciti nel Piano	VAS	Adattamento trattato nel RA
Piano Paesaggistico regionale (PPR)	2006	I	no	/
Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI)	2004	I	no	/
Piano di tutela delle acque (PTA)	2006	I	no	/
Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)	2016 (agg. 2017)	E	si	si
Piano forestale ambientale regionale (PFAR)	2007	I	si	no
Piano regionale di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi 2017-2019	2018	/	no	/
Piano energetico ambientale della Regione Sardegna 2015-2030	2015	E	si	si
Piano Regionale di Gestione Rifiuti – Sezione Rifiuti Urbani (PRGRU)	2016	/	Si (screening)	No (Rapporto Preliminare)
Piano Regionale di Gestione Rifiuti – Sezione Rifiuti Speciali (PRGRS)	2012	E	si	no

Piano o programma	Anno	Obiettivi di adattamento Impliciti/Espliciti nel Piano	VAS	Adattamento trattato nel RA
Piano regionale di Gestione dei rifiuti – sezione Bonifica delle aree inquinate (PRB)	2018 (adozione)	/	si	no
Piano regionale dei trasporti (PRT)	2008	I	si (trovato solo scoping)	no
Piano Regionale della Mobilità Ciclistica (PRMC)	2018 (adozione)	E	si	si
Programma di sviluppo rurale 2014-2020 (PSR 2014-2020)	2015	E	si	si
Programma Operativo Regionale 2014-2020 (POR FESR 2014 – 2020)	2015		si	si
PdG ZPS Altopiano di Abbasanta	2015	I	si	no
PdG SIC Altopiano di Campeda	2014	I	si	no
PdG ZPS Campidano Centrale	2014	I	si	no
PdG ZPS Capo Carbonara e stagno di Notteri - Punta Molentis	2015	I	si	no

In conclusione, si può affermare che i temi dell’adattamento ai cambiamenti climatici negli ultimi anni stanno cominciando a permeare le pratiche di pianificazione a scala regionale della Regione Sardegna, con una sempre maggiore consapevolezza e padronanza del tema.

Simili risultati mettono ulteriormente in luce l’importante ruolo della Valutazione Ambientale Strategica nell’informare il redigendo P/P sui temi della sostenibilità ambientale, e offrono uno spunto di riflessione sull’opportunità di individuare alcuni aspetti chiave che si ritiene opportuno siano trattati nel corso delle VAS di strumenti programmatici e pianificatori, a scala sia regionale sia locale, perché queste siano in grado di orientare il P/P verso scelte più resilienti ai cambiamenti climatici.

5.4.3. Suggerimenti per l'integrazione delle considerazioni relative all'adattamento all'interno della valutazione ambientale strategica

In questa sezione si intende fornire alcune indicazioni generali che possano indirizzare ai temi dell'adattamento ai cambiamenti climatici le valutazioni ambientali strategiche di piani e programmi a scala regionale e locale.

Per farlo è necessario riflettere su quali aspetti specifici sia necessario considerare nel corso delle consuete fasi della procedura di VAS.

FASE 1 – Valutazione Preliminare

▪ Screening

Verificare se il P/P costituisce un quadro di riferimento per progetti che possono subire effetti (di segno negativo o positivo) in relazione alle problematiche inerenti il cambiamento climatico, per cui possa rendersi necessaria l'introduzione di opzioni di adattamento.

FASE 2 – Elaborazione e redazione

▪ Scoping

Le problematiche relative all'adattamento ai cambiamenti climatici devono essere affrontate sin dalle prime fasi del processo decisionale, a partire dunque già dalla fase di scoping, nella quale viene definito l'ambito di influenza del P/P, e proseguire parallelamente all'elaborazione del P/P.

In particolare, in questa fase è opportuno:

- analizzare il contesto delle politiche sui cambiamenti climatici ed i principali obiettivi fissati a livello nazionale ed internazionale;
- individuare i portatori di interesse e i soggetti competenti in materia ambientale che, in virtù delle loro specifiche competenze, potrebbero contribuire ad identificare gli aspetti chiave in materia di adattamento ai cambiamenti climatici di competenza del P/P. I principali soggetti interessati saranno: (i) coloro che sono interessati allo sviluppo e all'attuazione del piano o programma (inclusi specialisti dei cambiamenti climatici); (ii) coloro che sono particolarmente vulnerabili ai cambiamenti climatici e che subiranno gli effetti del piano o programma, e che quindi hanno interesse a migliorare la resilienza del P/P ai cambiamenti climatici (p. es. popolazioni con alti livelli di esposizione e vulnerabilità ai rischi legati ai cambiamenti climatici); (iii) quelli che potrebbero subire gli effetti ed essere coinvolti nell'attuazione di misure per rispondere ai rischi climatici (p. es. imprese private, esponenti di specifici settori produttivi quali ad esempio agricoltori ed allevatori). In questa fase, è anche

- importante definire le modalità di coinvolgimento degli attori nelle diverse fasi di consultazione e partecipazione (p. es. incontri, assemblee, forum, workshop);
 - individuare, in collaborazione con i portatori di interesse, gli aspetti chiave dei cambiamenti climatici da trattare nel P/P e definirne la priorità in funzione del suo ambito di influenza;
 - definire le informazioni necessarie per le analisi da svolgere e le fonti da cui reperirle;
 - identificare i metodi e gli strumenti da utilizzare per portare avanti gli approfondimenti necessari.
- **Analisi del quadro programmatico e pianificatorio di riferimento**
- Ciascun progetto di sviluppo del territorio deve essere analizzato in relazione al contesto programmatico e pianificatorio esistente. In questa fase, oltre a fare riferimento ai principali impegni internazionali in materia di cambiamenti climatici (UNFCCC, Protocollo di Kyoto etc.), è importante individuare ed analizzare gli obiettivi ed i target relativi all'ACC stabiliti dalle politiche comunitarie (SEACC), nazionali (SNACC, PNACC) e, se presenti, regionali (futura SRACC).
- La VAS, nel corso dell'analisi di coerenza esterna, dovrà valutare se le linee di sviluppo delineate dal redigendo P/P siano coerenti con gli obiettivi prioritari per i cambiamenti climatici stabiliti a livello nazionale ed internazionale, nonché l'opportunità di integrare il set di obiettivi del P/P.
- **Analisi del contesto ambientale allo stato di fatto**
- Nell'ambito dell'analisi delle caratteristiche ambientali del contesto allo stato di fatto, è opportuno riportare un'analisi della condizione climatica attuale e passata, redatta in funzione della scala territoriale di studio. L'analisi dovrebbe riportare lo stato delle principali grandezze climatiche prima dell'attuazione del P/P e le loro tendenze a medio e a lungo termine, in modo da costituire un quadro conoscitivo completo della variabilità climatica futura relativa al contesto territoriale.
- Tra gli aspetti ed i fenomeni da analizzare in questa fase, sono da considerare:
- temperatura;
 - precipitazioni;
 - ondate di calore (ed i relativi impatti sulla salute umana, i danni alle colture e il rischio incendio);
 - siccità (inclusa la riduzione della disponibilità e della qualità dell'acqua e l'aumento della domanda);
 - condizioni atmosferiche estreme, tra cui temporali intensi e vento forte, che provocano anche danni ad infrastrutture, edifici, colture e foreste;
 - innalzamento del livello del mare;
 - erosione costiera;
 - intrusione del cuneo salino.

Occorre inoltre considerare come questi aspetti interagiscano con le altre componenti ambientali e di contesto (p. es. disponibilità della risorsa idrica, deterioramento degli ecosistemi, dissesto idrogeologico, salute umana). Simili informazioni sono utili ad informare gli obiettivi del P/P, ma anche a fornire uno scenario di riferimento (baseline) rispetto a cui analizzare l'evoluzione delle tendenze in fase di monitoraggio.

- **Analisi delle tendenze ambientali**

Individuare i principali rischi legati ai cambiamenti climatici per settori strategici (p. es. perdita di sistemi costieri per il turismo, aumento della variabilità delle precipitazioni per l'agricoltura, incremento delle gamme di vettori nocivi per la salute).

Analisi di vulnerabilità e propensione al rischio e valutazione della capacità adattativa del territorio.

- **Individuazione di obiettivi/misure di ACC**

Individuare gli obiettivi e le misure di adattamento ai cambiamenti climatici da integrare all'interno del P/P per specifici settori strategici di intervento, che limitino gli impatti negativi del cambiamento climatico, salvaguardino la salute e il benessere della popolazione e promuovano una gestione del territorio volta a migliorarne la resilienza.

Gli obiettivi vengono definiti in relazione al settore di influenza del redigendo P/P (p. es. settore trasporti, energia, dissesto idrogeologico), contestualizzando gli obiettivi prioritari per i cambiamenti climatici stabiliti a livello nazionale ed internazionale in funzione dei risultati dell'analisi di contesto e delle proiezioni climatiche.

- **Definizione delle alternative**

Elaborare alternative progettuali che delineino scenari resilienti in relazione alle principali criticità legate ai cambiamenti climatici individuate (p. es. prevedere la delocalizzazione di progetti o infrastrutture, incentivare la selezione di colture sostenibili in relazione alla disponibilità di risorsa idrica ed alla produttività del suolo).

- **Valutazione degli effetti del P/P**

Valutare se e come l'attuazione del P/P potrebbe influire sui cambiamenti climatici e come sarà influenzato da questi e valutare la sua resilienza e capacità di affrontarli. Valutare gli effetti sinergici /cumulativi del cambiamento climatico per capire le interazioni.

Laddove, alla luce dell'analisi degli effetti attesi, i P/P proposti non dovessero riuscire a fornire i risultati attesi a causa dell'impatto dei cambiamenti climatici,

chiarire se esistono alternative che potrebbero essere più efficaci in un dato scenario di cambiamenti climatici (p. es. laddove le ridotte precipitazioni dovessero influenzare la redditività della produzione di energia idroelettrica, l'idroelettrico potrebbe essere sostituito o integrato con una micro-generazione comprendente biogas, solare, o altro).

Valutare come mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici interagiscano tra loro (p. es. un effetto positivo sulla mitigazione dei cambiamenti climatici può portare a effetti negativi in termini di adattamento).

FASE 3 – Consultazione, adozione e approvazione

▪ Consultazione

Coinvolgere i decisori, i Soggetti competenti in materia ambientale ed i portatori di interesse nella formulazione di alternative di Piano resilienti ai CC.

Spiegare quali incentivi possono garantire che le misure di adattamento identificate siano integrate in piani e programmi generali o settoriali (p. es. sviluppo di normativa, tasse sulle emissioni di carbonio, assistenza finanziaria per facilitare le pratiche di adattamento e mitigazione).

Chiarire se esistono conflitti di interesse tra i diversi gruppi interessati dal P/P e le misure di adattamento definite e se tali conflitti potrebbero essere aggravati dall'introduzione delle misure di adattamento.

Spiegare come migliorare le opportunità e mitigare gli impatti:

- spiegare in che modo il P/P proposto possa aiutare le persone che vivono in aree remote e con limitate opzioni di adattamento;
- chiarire se potrebbero essere adottate misure per ridurre il rischio di catastrofi (p. es. leggi in materia di zonizzazione, testi unici in materia di edilizia, educazione al rischio, sistemi di allarme rapido migliorati per alluvioni e tempeste, eccetera);
- spiegare in che modo le informazioni sulle proiezioni sui cambiamenti climatici possono essere adattate alle esigenze della comunità;
- spiegare quali altre opzioni di gestione del rischio potrebbero essere incorporate per facilitare l'adattamento e se tali opzioni offrirebbero anche vantaggi in termini di mitigazione.

FASE 4 – Attuazione e monitoraggio

▪ Monitoraggio

Elaborare un Piano di Monitoraggio che possa rilevare l'efficacia, in termini di adattamento ai cambiamenti climatici, delle azioni del P/P nel corso della sua vita utile, attraverso l'individuazione di una serie di indicatori da misurare ad intervalli di tempo regolari e da confrontare con lo scenario di riferimento iniziale (baseline).

Gli indicatori dovranno (i) descrivere il livello di attuazione delle azioni di ACC definite dal P/P, (ii) descrivere lo stato delle risorse naturali e no (in particolare quelle ritenute maggiormente vulnerabili) per verificare se le misure messe in campo dal P/P siano efficaci in termini di risultati o se determinino una maggiore/minore vulnerabilità agli impatti dei cambiamenti climatici nel sistema ricevente.

Alla luce dei risultati emersi, sarà possibile valutare se specifici eventi o tendenze climatiche abbiano influito sul raggiungimento degli obiettivi del P/P ed eventualmente mettere in campo misure che consentano di affrontare in modo sistematico i problemi emersi.

ⁱ Partidario, 2012; Fundingsland et al., 2012; Brown et al., 2000.

ⁱⁱ Zoppi, 2012.

ⁱⁱⁱ De Montis, 2013.

^{iv} De Montis et al., 2014.

^v Commissione europea, 2013b.

^{vi} Risse et al., 2008.

^{vii} Wende et al., 2012.

6. Il SIRA (Sistema Informativo Regionale Ambientale): utilità, valutazioni, indicatori, metadati e orientamenti per l'armonizzazione degli output e per l'implementazione ulteriore del sistema

6.1. Introduzione al SIRA

Il Sistema Informativo Regionale Ambientale (SIRA)ⁱ è stato progettato e realizzato con l'obiettivo di diffondere le informazioni di carattere ambientale sia ai vari livelli della Pubblica Amministrazione sia alle diverse categorie di soggetti privati. Il SIRA consente la gestione di un'unica banca dati, che accoglie le informazioni ambientali organizzate secondo le direttive del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINANET-).ⁱⁱ Quindi, il SIRA indica la fonte principale per gli indicatori utili alla conoscenza dello stato dell'ambiente della Sardegna, offre gli strumenti per rendere l'informazione ambientale sempre più tempestiva e aggiornata all'attualità e garantisce, in prospettiva, l'accesso per tutti ai dati assicurandone un'ampia visibilità. Nella sezione dedicata ai dati ambientali, gli indicatori sono suddivisi per area tematica in sezioni. Ciascuna sezione presenta un numero eterogeneo di indicatori scelti sulla base della attendibilità, misurabilità e utilità stessa della base dati di partenza. Ogni indicatore è rappresentato secondo la modalità ritenuta più significativa (mappa, grafico, tabella, etc.) per garantire la massima accessibilità, comprensibilità e fruibilità.

Rispettando la struttura e le finalità del sistema, il SIRA è stato interrogato per la ricerca degli indicatori -e dei corrispondenti metadati- necessari alla quantificazione della capacità adattativa e della vulnerabilità, di cui ai capitoli 1, 2, 3 e 4. Ulteriore aspetto rilevante è l'analisi del metadato per accertare meglio quali siano i soggetti amministrativi (enti, uffici, servizi regionali, etc.) responsabili della produzione, pubblicazione e validazione dei dati da configurare nei moduli di Business Intelligence del SIRA. In questo senso, il SIRA può essere interpretato come sistema capace di supportare le decisioni in materia di governance dell'attuazione delle azioni prioritarie di adattamento individuate (vedi capitoli 4 e 5). Tale indagine ha lo scopo di: 1) individuare gli indicatori e i dati già presenti nel SIRA e utili a sostenere una strategia regionale di adattamento ai cambiamenti climatici e, laddove questi indicatori mancassero, 2) fornire al SIRA ulteriori indicatori per integrare i catasti esistenti con un altro specificamente dedicato ai cambiamenti climatici.

Infatti, allo stato attuale, il SIRA non contiene un catasto dedicato alla raccolta dei dati e degli indicatori descrittivi dei cambiamenti climatici e degli aspetti collegati.

Tuttavia, considerata la moltitudine degli aspetti ambientali coinvolti, alcuni dati sono stati reperiti negli altri catasti del SIRA, e acquisiti dalle apposite sezioni.

La predisposizione di un'area tematica sui cambiamenti climatici permetterebbe di sviluppare sia gli indicatori già presenti sia quelli mancanti e consentirebbe di mettere a disposizione una banca dati a beneficio delle amministrazioni locali chiamate a redigere appositi strumenti di pianificazione circa l'adattamento ai cambiamenti climatici. Contemporaneamente, la nuova banca dati sarebbe in continuo aggiornamento, sia per gli indicatori ricavati a scala regionale, sia per indicatori aggiornati dagli enti preposti, individuati nei capitoli precedenti, ma anche dalle nuove informazioni prodotte dalle amministrazioni locali, in sede di elaborazione dei propri piani di adattamento.

La previsione di un catasto apposito per i dati e gli indicatori sui cambiamenti climatici nel SIRA richiede che vengano rispettati degli standard di struttura e contenuto dei dati. Tali standard, come nel caso del Repertorio Nazionale dei Dati territoriali, sono stabiliti dalle norme ISO 19115, ISO 19119 e TS 19139 sugli standard per l'informazione geografica, prodotti dal comitato tecnico ISO/TC211, in modo che sia assicurata la conformità dei dati e dei metadati senza ulteriori adempimenti al regolamento comunitario CE n. 1205/2008 in attuazione della direttiva 2007/02/CE INSPIRE, recepita in Italia con il decreto legislativo 32/2010. La direttiva INSPIRE stabilisce: i requisiti per la creazione e l'aggiornamento di metadati per i set di dati territoriali, le serie di dati territoriali e i servizi di dati territoriali corrispondenti alle tematiche riportate negli allegati alla direttiva stessa (art. 1 della direttiva) e un set minimo di elementi (metadati) indispensabili a individuare la risorsa geografica, il riferimento temporale, la qualità e la validità del dato, in conformità alle disposizioni in materia di interoperabilità dei dati territoriali e dei servizi collegati e di limitazioni d'uso.

Per queste ragioni, una volta individuate tutte le informazioni da inserire nel catasto, è necessario un processo di armonizzazione degli indicatori e dei dati impiegati nelle analisi a supporto di questo documento, in modo che essi siano facilmente implementabili nel sistema. L'obiettivo può essere raggiunto attraverso la definizione di una struttura del dato e degli indicatori collegati che ne descriva il contenuto, in termini di informazioni, reperibilità, ente proprietario e algoritmo di calcolo. Il SIRA è una infrastruttura di dati spaziali gestita da una pubblica amministrazione, pertanto, deve rispettare quanto sancito all'articolo 4 del D.lgs 32/2010, secondo cui ogni pubblica amministrazione che produce, gestisce o aggiorna dei set di dati territoriali e i servizi corrispondenti alle categorie tematiche, stabiliti dagli allegati della direttiva INSPIRE, deve strutturare i metadati, secondo certe modalità esecutive e temporali. Il metadato, infatti, è inteso come raccolta strutturata di informazioni che descrivono i set di dati territoriali e i servizi annessi, secondo quanto

espressamente descritto all'art. 4 del D.lgs 32/2010. In Tabella 111, si riportano schematicamente tali informazioni.

Tabella 111 Aspetti trattati nelle informazioni contenute nel metadato (art. 4 D.lgs 32/2010).

Conformità dei set di dati territoriali alle disposizioni di esecuzione definite al livello comunitario.
Condizioni applicabili all'accesso e all'utilizzo sia dei dati, sia dei servizi relativi e di eventuali canoni.
Qualità e validità dei set di dati territoriali.
Autorità pubbliche responsabili della creazione, gestione, manutenzione e distribuzione dei set dei dati territoriali e dei servizi.
Limitazioni dell'accesso del pubblico e motivi di tali limitazioni (per esempio quando l'accesso libero a tali dati possa pregiudicare la riservatezza delle delibere delle autorità, gli accordi internazionali alla sicurezza pubblica o difesa nazionale, dei procedimenti giudiziari e riservatezza delle informazioni commerciali e industriali (art. 9 D.lgs. 32/2010).

Secondo l'art. 7 del D.lgs 32/2010, l'infrastruttura pubblica di dati spaziali deve erogare dei servizi per i set di dati territoriali e del monitoraggio ambientale, nonché per i servizi per i set di dati territoriali per i quali sono stati creati metadati. Tale servizi di rete sono riportati nella Tabella 112.

Tabella 112 Servizi di rete previsti per i dati territoriali (art. 7 D.lgs 32/2010).

Servizi di ricerca che consentano l'individuazione del dato e dei servizi relativi in base al contenuto dei metadati.
Servizi di consultazione che consentano almeno la visualizzazione, navigazione, variazione della scala di visualizzazione, sovrapposizione dei dati e visualizzazione delle legende.
Servizi di download.
Servizi di conversione, per garantire l'interoperabilità.
Servizi di richiamo di servizi dei dati.

Per i servizi di ricerca, fondamentali per l'individuazione delle informazioni, deve essere applicata la combinazione di criteri di ricerca indicati nella Tabella 113.

Tabella 113 Criteri di ricerca di dati e indicatori.

Parole chiave.
Classificazione dei dati territoriali e dei relativi servizi.
Qualità e validità.
Grado di conformità rispetto a quanto stabilito al livello comunitario.
Localizzazione geografica.
Condizioni di accesso.
Autorità pubbliche responsabili del dato.

Sulla base di questo quadro normativo, ormai ampiamente attuato, anche nello stesso SIRA, sono state effettuate le ricerche delle informazioni necessarie al popolamento degli indicatori individuati, se non dell'indicatore stesso. Inoltre, le stesse disposizioni devono essere rispettate per l'inserimento di quei dati e indicatori che saranno inseriti nel SIRA.

6.2. Individuazione indicatori

I cambiamenti climatici e, di conseguenza, la strategia per l'adattamento sono questioni complesse, perché coinvolgono una ampia gamma di aspetti comprendenti, oltre ovviamente al clima in quanto tale, tutte le sue ripercussioni sul territorio e sulle politiche di governo. Da questa considerazione, nasce l'esigenza di descrivere lo stato dell'ambiente nel modo più completo possibile. Tale descrizione è fatta con l'utilizzo di indicatori, che spesso hanno una natura complessa o composita. Da questa complessità, nasce l'esigenza di una base di dati coerente (devono rappresentare esattamente uno degli aspetti coinvolti nel fenomeno) e completa (non deve essere trascurato alcun aspetto del fenomeno complesso).

Nel caso generale, è possibile definire gli indicatori come delle misure che descrivono lo stato attuale di un sistema (ambientale, economico, sociale, culturale, etc.) in modo quantitativo.

Gli indicatori complessi -o compositi- sono strumenti in grado di misurare attraverso un valore qualitativo o quantitativo l'effetto simultaneo di diversi e concorrenti aspetti della realtà. Il Joint Research Centre dell'Unione Europea definisce indicatore composito "un indice aggregato che comprende indicatori individuali e la loro rispettiva importanza (pesi)".ⁱⁱⁱ Inoltre, l'indicatore composito è anche una misura

di determinate caratteristiche della realtà non percettibili immediatamente.^{iv} In senso lato, un indicatore composito può essere visto come una manipolazione di diversi indicatori che produce una misura cardinale o ordinale delle prestazioni di un sistema.^v Secondo Saltelli (2007), l'interesse recente verso questi strumenti di rappresentazione della realtà è dovuta a una serie di ragioni, tra cui gli aspetti riportati in Tabella 114.

Tabella 114 Aspetti rilevanti degli indicatori (dopo Saltelli, 2007).

Aspetto	Descrizione
Unicità	La capacità degli indicatori complessi di riassumere in un unico valore aspetti multidimensionali.
Rappresentazione	La capacità di fornire il quadro generale di un fenomeno e quindi facilitare la costruzione di una variabilità di questo tra unità spaziali (confini amministrativi, unità di rischio etc.) e Munda et al. (2003).
Decisione pubblica	La capacità dell'indicatore di attrarre interesse pubblico, che ne fa degli strumenti di supporto alla decisione.
Non ridondanza	La capacità di ridurre il numero di indicatori che partecipano alla definizione del fenomeno, per esempio eliminando quelli ridondanti.

Un indicatore è, in sostanza, l'espressione di un modello matematico capace di descrivere la realtà mediante la combinazione di una serie di variabili, che contribuiscono alla definizione di vari aspetti, in modo da poterne indagare anche le dimensioni latenti.^{vi} In quanto esso stesso frutto di un modello fisico-matematico, un indicatore complesso si ispira al sistema naturale che deve essere descritto ed è influenzato dalla percezione della realtà. I sistemi naturali sono formati dalla casualità che ne definisce la loro struttura; per cui, non esistono regole fisse per codificarli in un sistema formale. Il processo di formalizzazione del sistema naturale rappresenta la costruzione della struttura teorica dell'indicatore. Questo processo genera l'immagine che riflette la realtà del sistema naturale, ma anche le scelte fatte da chi osserva e vuole rappresentare la realtà.^{vii} Per questo motivo, la strutturazione del modello formale deve garantire una convergenza con gli obiettivi e le intenzioni dell'utilizzatore nel descrivere il sistema reale. Una definizione chiara della struttura teorica dell'indicatore consente di scegliere le variabili più appropriate e di apprezzarne l'importanza, o peso, all'interno del modello.^{viii} Quindi, la definizione teorica della struttura dell'indicatore, per quanto soggettiva e imprecisa, descrive sempre il fenomeno multidimensionale da quantificare e le relazioni tra le singole componenti. La misura delle singole componenti dipende, a sua volta, dalla scala dell'analisi; implicazioni e contraddizioni possono insorgere, se la

scala di rappresentazione di un fenomeno cambia, perché alcuni aspetti possono essere molto importanti ad una scala e trascurabili ad un'altra. La costruzione di un indicatore complesso è, quindi, un processo che richiede grande attenzione alla realtà, che -inevitabilmente- è percepita diversamente da osservatori differenti, perché ciascuno è influenzato dalla propria cultura e obiettivi. Per questo motivo, un indicatore deve essere costruito, in modo da veicolare un'informazione chiara su cosa e come lo rappresenta, in modo da non creare situazioni fuorvianti soprattutto in sede di decisione politica.^{ix} Rispetto alla costruzione di un indicatore complesso, aspetto delicato -in quanto può determinarne un limite di utilizzo- è la quantità e la qualità dei dati. Descrivere aspetti complessi della realtà richiede una grande quantità di dati, che devono garantire un buon livello di qualità, se si vuole ottenere una descrizione precisa del fenomeno. I dati da inserire all'interno di un indicatore dipendono da cosa l'indicatore deve rappresentare e, quindi, quali e quanti sono gli aspetti rilevanti, secondo quanto stabilito in sede di strutturazione dell'indicatore.

La qualità del dato dipende certamente dall'accuratezza, ma anche da altre caratteristiche, come l'aggiornamento costante, la facilità di accesso e la consistenza rispetto agli altri dati (i set di dati utilizzati all'interno di un indicatore complesso non devono contraddirsi). Il dato deve essere rilevante all'interno della definizione complessiva di indicatore. Ancora, il dato deve essere credibile, ovvero deve essere sicuro nel descrivere un determinato aspetto. Nella costruzione di indicatori complessi, è importante anche che sia il più corto possibile l'intervallo di tempo intercorso tra la rilevazione e l'effettiva disponibilità del dato. Secondo quanto già citato in precedenza, l'accessibilità riguarda le modalità con cui il dato è reso disponibile, ma anche il formato, la distribuzione e la disponibilità dei relativi metadati. Come appena descritto, il concetto di accessibilità è uno degli aspetti fondamentali nell'utilizzo degli indicatori complessi, perché ne influenza il costo di produzione e la possibilità di aggiornamento. Una scarsa accessibilità dei dati rende l'indicatore poco credibile, perché ne rende difficile la replica da parte di terze parti. Secondo gli standard descritti in precedenza, l'implementazione delle infrastrutture di dati spaziali favorisce l'accessibilità ai dati. Assicurare la qualità dei dati è il punto di partenza per la costruzione di indicatori robusti.^x La costruzione di indicatori complessi coinvolge, oltre alla formulazione teorica e la raccolta di set di dati di qualità, una serie di passaggi, ciascuno dei quali può essere sviluppato con metodi diversi, ma garantendo sempre una coerenza metodologica. Quando l'indicatore complesso deve essere utilizzato per confrontare tra loro le prestazioni di diverse unità spaziali, i dati devono essere tra loro comparabili. L'indicatore adeguatamente costruito fornisce una misura previsionale su quella che potrebbe essere l'evoluzione di un determinato sistema/fenomeno, sotto determinate condizioni al contorno come, per esempio, l'aumento delle temperature a causa del cambiamento climatico.

In un'ottica di descrizione dei cambiamenti climatici e delle loro conseguente complesse sui sistemi naturali e antropici, in questo documento sono stati individuati settori prioritari da descrivere per mezzo di indicatori principali e secondari. Gli indicatori principali rappresentano aspetti assolutamente necessari alla descrizione dello stato dei fenomeni indagati e sono stati effettivamente utilizzati. D'altra parte, gli indicatori secondari sono stati enumerati e analizzati, in quanto capaci di descrivere informazioni complementari. Tali indicatori non sono stati utilizzati per mancanza di dati ma sono comunque caldamente consigliati.

6.2.1. Indicatori principali

In accordo con le attività 1, 2, 3 e 4, sono stati individuati tre diversi insiemi di indicatori per descrivere: l'andamento climatico, la vulnerabilità e la capacità adattativa.

Il SIRA non dispone ancora di una sezione/catasto dedicata al clima e all'adattamento ai cambiamenti climatici. Tuttavia, una parte degli indicatori o dei dati necessari per descrivere alcune delle caratteristiche di vulnerabilità e adattamento sono comuni ad alcuni dei catasti già implementati dal sistema. Per ciascun macro settore dell'adattamento ai cambiamenti climatici, sono state strutturate in forma tabellare (vedi al termine del capitolo) le informazioni utili alla comprensione della natura dell'indicatore, dei dati necessari al popolamento, dei soggetti che producono quel dato e in che modalità il dato viene reso disponibile. In Tabella 115, si riporta la struttura delle tabelle del metadato.

Tabella 115 Descrizione della struttura delle tabelle del metadato.

Intestazione di colonna	Descrizione
Settore	settore prioritario di analisi
Indicatore	nome dell'indicatore;
Descrizione	aspetto descritto
Dati elementari	dati necessari per costruire l'indicatore
Soggetto proprietario	ente responsabile della produzione e manutenzione del dato, o "N.D." quando l'informazione non è disponibile. Questo campo è stato creato appositamente per collegare la produzione del dato alle esigenze di governance
Formato	formato di archiviazione del dato all'interno del portale

Intestazione di colonna	Descrizione
Portale	portale web e la sezione del portale all'interno della quale è reperibile il dato
Nuova interrogazione	"sì", quando il dato è presente nel portale ma è necessario rappresentarlo in maniera personalizzata secondo la struttura dell'indicatore.
Download	"sì", quando il dato è scaricabile dal portale
Elaborazione in ambiente desktop	"sì", se il dato scaricato necessita di una post elaborazione (per esempio selezionare e estrarre solo le features necessarie al popolamento dell'indicatore)
Aggiornamento SIRA	"sì", quando il dato deve essere implementato all'interno del sistema in quanto assente oppure riferito ad un intervallo temporale non adeguato

Quando non sono implementati direttamente sul SIRA, gli indicatori sono stati popolati con i dati elementari risiedenti all'interno del portale del SIRA o di altre fonti (e.g. Istat). In questo modo, è stata sfruttata l'informazione presente all'interno dei vari sistemi informativi, nella prospettiva di implementare l'indicatore finito, cioè di fornire un prodotto conforme agli standard del sistema. Questa circostanza permette di creare un modulo per il monitoraggio degli strumenti operativi per l'adattamento ai cambiamenti climatici e orientare la costruzione di eventuali indicatori complessi.

6.2.2. Indicatori secondari

Questi indicatori sono stati denominati secondari, non perché hanno una minore importanza nel descrivere la capacità adattiva in un contesto di cambiamento climatico, ma per il fatto che non sono stati considerati nella costruzione dei modelli di analisi nei capitoli 1, 2, 3 e 4. I motivi alla base della loro esclusione sono vari. Il più frequente è legato alla circostanza che si richiedono dati attualmente non reperibili all'interno del SIRA o in altri portali di dati. In altri casi, si tratta di informazioni che i soggetti produttori non rendono disponibili per il pubblico accesso.

Gli indicatori secondari sono riportati nella Tabella 119 e nella Tabella 120, con la stessa struttura descritta nella Tabella 115.

6.3. Descrizione del processo di individuazione dell'indicatore del relativo metadato

6.3.1. Verifica della disponibilità dell'indicatore nel SIRA o altre fonti

Il primo riferimento per il popolamento degli indicatori è il SIRA nella sua prima versione, in quanto la nuova versione (nota come SIRA2) è ancora in fase di implementazione. La ricerca dei vari indicatori o dei dati dei per popolarli è stata eseguita principalmente in tre modi:

- accedendo al relativo catasto (Figura 125 e Figura 126);
- utilizzando la sezione Modulo Gestione Indicatori Ambientali (MGIA) (Figura 127);
- utilizzando il modulo di ricerca del Catalogo dei Metadati (Figura 128 e Figura 129).

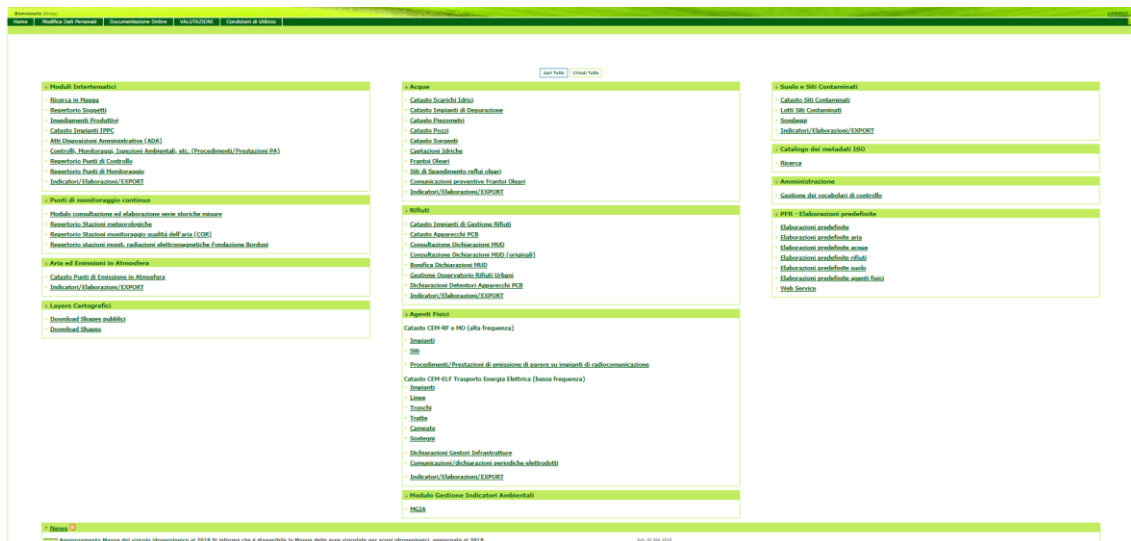


Figura 125 Elenco catasti presenti nel SIRA.

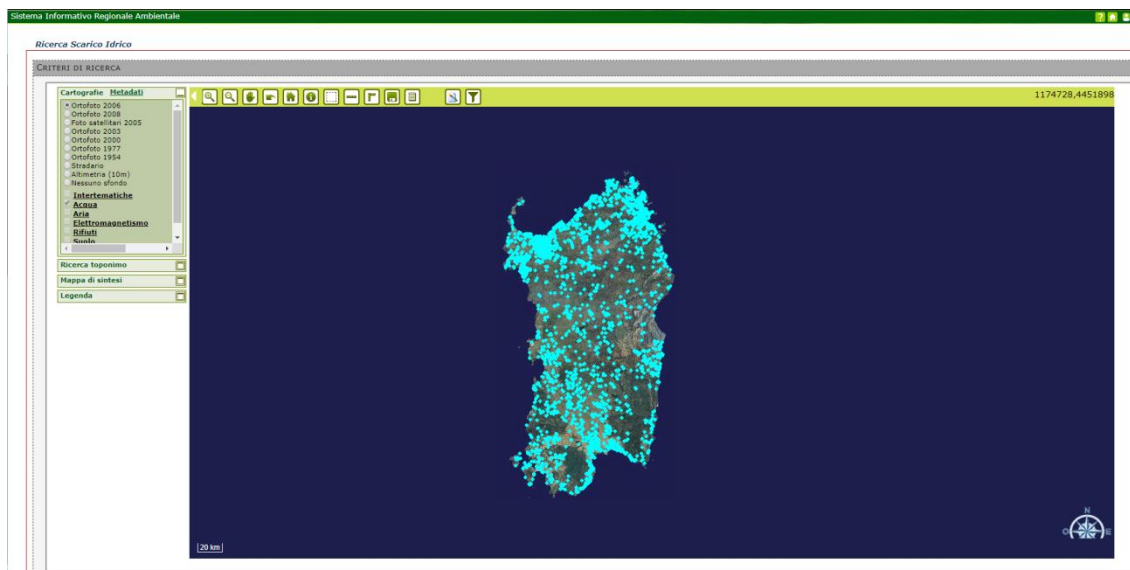


Figura 126 Esempio di accesso al dato tramite catasto.

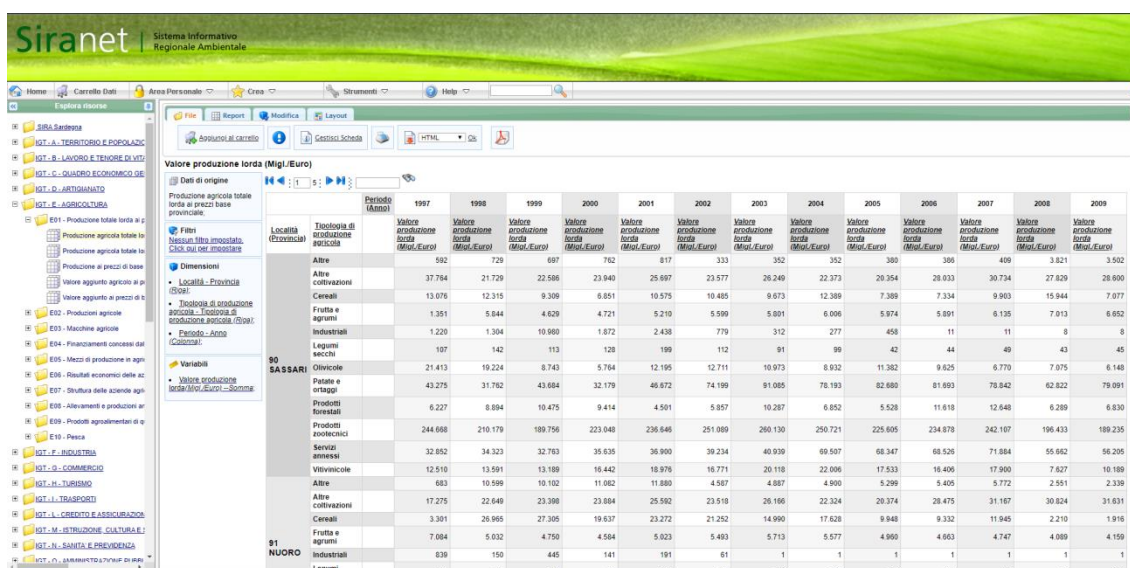


Figura 127 Modulo Gestione Indicatori Ambientali del SIRA.

Nome
RICERCA
Scheda Dublin Core
Approfondimento: - Scheda ISO 19115 - Visualizza
Titolo Acqua - Bacini idrografici - Catasto
Descrizione Il Catasto dei Bacini idrografici fornisce un quadro dei bacini individuati nel territorio regionale, provenienti dal DB CeDOC - Centro Documentazione bacini idrografici. Nel SIRA non esiste un modulo gestionale dedicato ai bacini idrografici, ma essi sono visualizzabili come dataset geografici di contesto, tramite la funzionalità GIS.
Autore Operatori del SIRA - Regione Autonoma della Sardegna - Assessorato della Difesa dell'Ambiente
Altri contributi n.d.
Tipo di dato Mappa digitale Tabelle digitali
Lingua Italiano
Editore Servizio S.A.V.I. - Regione Autonoma della Sardegna
Tema (soggetto) Agricoltura Ambiente Informazioni geo-scientifiche Acque interne Strutture
Estensione geografica (Gauss-Boaga fuso Ovest) 1428638.0 1570229.0 4301311.0 4573602.0 Intero territorio regionale
Formato
Data di pubblicazione 2008
Identificatore /sira-subsestamenti/form_ricerca_copetti_mappa.asp
Fonte Per l'importazione del dataset geografico relativo ai bacini idrografici è stata effettuata una procedura ETL a partire dal Database Microsoft Sql Server del CeDOC. Il sistema di riferimento del dato di origine è coerente con il sistema di riferimento Gauss Boaga presente sul SIRA. Il database del CeDOC è stato fornito dall'Assessorato della Difesa dell'Ambiente - Servizio Tutela delle Acque (oggi Servizio tutela e gestione delle risorse idriche, vigilanza sui servizi idrici e gestione delle scottà della Direzione generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna).
Relazioni n.d.

Figura 128 Visualizzazione della scheda del metadato.

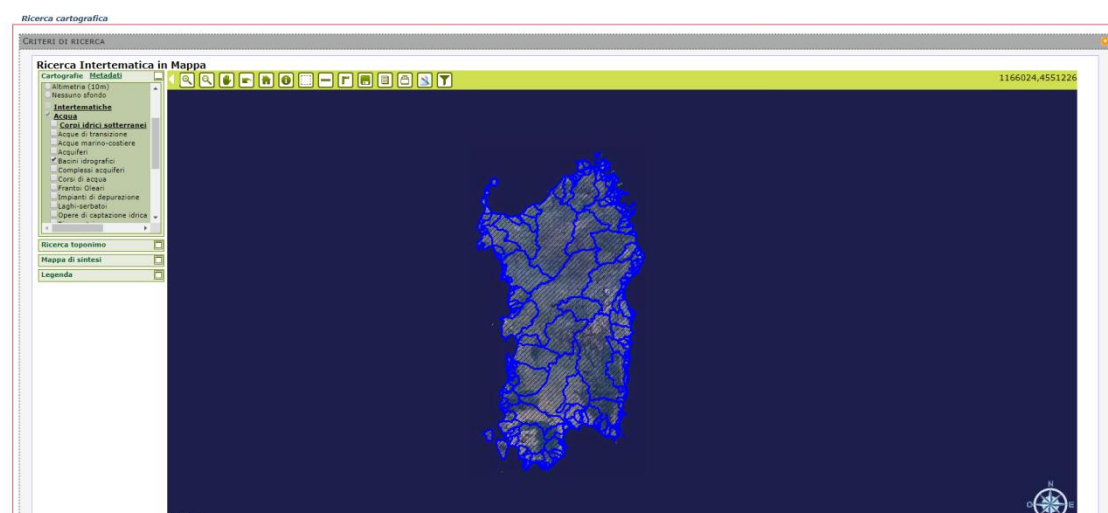


Figura 129 Visualizzatore del dato del catalogo di ricerca del metadato.

Home	
Home Ricerca Scheda ISO 19115 Approfondimenti: Visualizza Scarica metadato in XML Indice: Caratteristiche generali Distribuzione Qualità Metadati Caratteristiche generali Tabella Acqua - Bacini idrografici - Catasto Descrizione Il Catasto dei Bacini idrografici fornisce un quadro dei bacini individuati nel territorio regionale, provenienti dal DB CeDOC - Centro Documentazione bacini idrografici. Nel SIRA non esiste un modulo gestionale dedicato ai bacini idrografici, ma essi sono visualizzabili come dataset geografici di contesto, tramite la funzionalità GIS. Autore: nome: Operatori del SIRA organizzazione: Regione Autonoma della Sardegna - Assessorato della Difesa dell'Ambiente telefono: n.d. fax: n.d. indirizzo: Via Roma n.80 09123 Cagliari (CA) email: n.d. indirizzo web: n.d. Proprietario: nome: Regione Autonoma della Sardegna organizzazione: n.d. telefono: +39 070 606 1 fax: n.d. indirizzo: Viale Trento n.49 09123 Cagliari (CA) email: info@regione.sardegna.it indirizzo web: http://www.regione.sardegna.it Altri contributi n.d. Tipo di dato Rappo digitale Tabella digitale	

Figura 130 Esempio di struttura del metadato in accordo con il protocollo ISO 19115.

Lo strumento maggiormente utilizzato è stato il modulo di ricerca del catalogo dei metadati, in quanto, per definizione, il modulo fornisce le informazioni relative al dato, in accordo con le specifiche della Direttiva 2007/2/EC INSPIRE. La procedura consente di capire la funzionalità di ciascun indicatore ben prima di eseguirne il “download”. Tra le caratteristiche di maggior rilievo, i metadati forniscono informazioni sul soggetto che ha prodotto il dato, quando è avvenuto il rilievo del dato, la data di ultimo aggiornamento, la scala di rilievo, il tipo di formato, l'estensione spaziale e il contenuto, in accordo con quanto previsto dagli standard sui metadati, secondo quanto disposto dalla Direttiva 2007/02 INSPRE e dal D.lgs 32/2010, nonché dagli standard ISO 19115, ISO 19119 e TS 19139 (Figura 130).

Laddove i dati necessari alla definizione degli indicatori non risiedessero nel SIRA, si sono consultate altre fonti: per esempio, l'ISTAT, per una parte dei dati demografici o per alcuni indicatori relativi all'agricoltura, e il Geoportale della Sardegna, per alcuni layer informativi geografici. In accordo con le direttive e gli standard sui dati spaziali, anche le ulteriori fonti interrogate possiedono un metadato che ne facilita la comprensione del contenuto e il livello di utilizzazione.

6.3.2. Definizione e struttura delle informazioni del processo di ricerca del dato

Per diversi motivi, è stata definita una struttura del processo di ricerca delle informazioni necessarie al popolamento degli indicatori. Esiste una grande quantità di informazione che non sempre è stata trovata nel SIRA; quindi, bisogna soddisfare la necessità di tenere traccia della infrastruttura di dati in cui l'informazione risiede. L'informazione non è sempre utilizzabile direttamente, ma spesso è necessario costruire delle interrogazioni (query) su apposite viste o moduli, di cui quasi tutte le

infrastrutture di dati sono dotate. Infine, i dati/indicatori, anche dopo essere stati selezionati con l'utilizzo di una interrogazione e scaricati, possono avere bisogno di un ulteriore post processamento in ambiente desktop.

Quindi, lo scopo di questa struttura è rendere tracciabile e replicabile il percorso di raccolta dei dati. La Tabella 115 sopra descritta è stata strutturata in modo da consentire di ricostruire il percorso di ricerca del dato: incrociando le informazioni contenute nelle colonne "Dati elementari", "Soggetto proprietario", "Portale" e "Formato", si è in grado di rintracciare il dato e il relativo metadato.

6.4. Armonizzazione degli indicatori all'interno del SIRA

In accordo con quanto descritto in precedenza, l'informazione raccolta per la costruzione degli indicatori utilizzati deve essere inserita e resa fruibile attraverso il SIRA, con la forma e le modalità descritte dagli standard europei e nazionali. Prima di tutto, è necessario distinguere tra due tipi indicatori: quelli che risiedono già nel SIRA e quelli cosiddetti di contesto.

I primi sono indicatori che: 1) sono già implementati all'interno del SIRA oppure 2) sono costruibili a partire dai dati presenti nel SIRA, pur in mancanza di una apposita vista di interrogazione. Questi dati/indicatori possiedono già i metadati strutturati secondo gli standard sull'informazione geografica, già implementati dal SIRA. Quindi la loro ricerca all'interno del sistema soddisfa i requisiti di ricerca e fruizione delle informazioni geografiche. Nel caso in cui l'indicatore non sia implementato direttamente sul SIRA, ma il sistema abbia al suo interno i dati necessari al suo popolamento, il processo di armonizzazione consiste nel fornire tutte le informazioni sul modello attraverso il quale l'indicatore è stato generato affinché possa essere interrogato all'interno del sistema. Questo passaggio può essere svolto mediante strumenti che il sistema già possiede, come la costruzione di nuove viste, o la strutturazione di query in grado di estrarre dal sistema le informazioni desiderate e restituire il valore dell'indicatore al livello di disaggregazione desiderato, visualizzarlo e scaricarlo dal sistema.

Gli indicatori di contesto, invece, sono definiti come quegli indicatori che non hanno una base di dati residente all'interno del SIRA, ma tuttavia possono essere acquisiti dal sistema e resi disponibili, nel loro valore finale, attraverso le diverse finestre di navigazione attraverso routine di download. Questi indicatori non possono essere implementati tramite un modello, a causa del fatto che la loro base di dati è esterna al sistema per diversi motivi, soprattutto quando l'ente produttore delle informazioni necessarie non è tenuto a renderle disponibili attraverso il SIRA. In questi casi, infatti, il SIRA non possiede strumenti di legge coercitivi per acquisire il dato al suo interno. Il processo di armonizzazione per tali indicatori consiste 1) nel fornire le informazioni su cosa l'indicatore descrive, chi è il soggetto produttore dei dati per il suo popolamento,

e 2) consegnare l'indicatore nel suo valore finale, nel formato più efficace alla rappresentazione dell'indicatore e alla sua visualizzazione con i navigatori del sistema. Una struttura di metadato come quella definita dalla Tabella 115 fornisce le informazioni necessarie alla definizione corretta del contenuto dell'indicatore, agevolando il processo di costruzione del metadato secondo standard normativi.

6.5. Implementazione del SIRA

L'adattamento ai cambiamenti climatici è argomento complesso e necessita di una grande quantità di informazioni rispondente a determinati standard di accuratezza e qualità. Inoltre, si tratta di argomento cruciale per lo sviluppo dell'ambiente e del territorio e rappresenta una sfida per la pianificazione futura delle diverse risorse naturali e antropiche coinvolte da tali cambiamenti. Per questi motivi, si rende necessario implementare il SIRA con una sezione dedicata a tale tematica. Tale sezione, deve essere in grado di fornire agli utenti il supporto informativo utile ai vari livelli di governance del territorio per poter elaborare gli indicatori a scala locale, e individuare, così, le azioni di adattamento adeguate.

L'implementazione del sistema deve avvenire, in prima battuta, organizzando le informazioni già presenti all'interno del sistema, sulla base delle indicazioni fornite dagli indicatori, in modo tale da renderle immediatamente fruibili. Compatibilmente con i processi di raccolta e validazione dei dati, le informazioni presenti devono avere il massimo livello di aggiornamento possibile, in accordo con i principi di qualità e di credibilità del dato. In alcuni moduli di ricerca, in particolare il MGIA, è possibile costruire indicatori, ma spesso tali dati necessitano di aggiornamento, in quanto molti dei set di dati presenti sono riferiti ad un intervallo temporale troppo lontano nel passato. Un altro aspetto è il livello di disaggregazione. In un'ottica di implementazione del sistema per la messa a disposizione delle informazioni per le amministrazioni locali, il dato dovrebbe poter essere visualizzabile alla scala locale (comunale o provinciale). Di contro, il sistema deve garantire l'aggiornabilità dal parte delle amministrazioni locali che sono chiamate ad integrare le informazioni presenti nel sistema, con quelle prodotte dalle loro attività di pianificazione.

Per ciò che riguarda gli indicatori di contesto, il SIRA deve essere implementato con l'inserimento di tali indicatori. Parallelamente si dovrebbero cercare/costruire quelle misure che permettano ai diversi enti produttori di dati, di dialogare attraverso un flusso organizzato di dati, tale che nel futuro sia possibile implementare tutti gli indicatori all'interno di un unico sistema che raccolga tutta la quantità di informazione necessaria.

Si riportano di seguito le tabelle sui metadati.

-
- ⁱ www.sardegna.sira.it.
- ⁱⁱ www.sinanet.isprambiente.it.
- ⁱⁱⁱ OCSE/JRC, 2008, Munda et al, 2005, Nardo et al, 2005.
- ^{iv} Tarantola e Saltelli, 2008.
- ^v Saltelli, 2007.
- ^{vi} Paruolo et al., 2012.
- ^{vii} Nardo et al, 2005.
- ^{viii} Nardo et al, 2005.
- ^{ix} Saisana et al, 2002; Nardo et al 2005.
- ^x OCSE/JRC, 2008.

Tabella 116 Indicatori Climatici primari.

Settore	Indicatore	Descrizione	Dati elementari	Ente proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Clima	Temperatura media	Media annuale della temperatura media giornaliera	E-OBS, COSMO-CLM (RCP4.5 e RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	raster:jpeg	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
Clima	Summer days	Numero di giorni con temperatura massima maggiore di 30.1 °C (valore medio spaziale sulla Sardegna del 95° percentile della temperatura massima utilizzando il dataset E-OBS)	E-OBS, COSMO-CLM (RCP4.5 e RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	raster:jpeg	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
Clima	Frost days	Numero di giorni con temperatura minima al di sotto di 0°C	E-OBS, COSMO-CLM (RCP4.5 e RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change	raster:jpeg	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change	no	si	si	si

Settore	Indicatore	Descrizione	Dati elementari	Ente proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
				(CMCC)		(CMCC)				
Clima	Precipitazione media	Media annuale della precipitazione giornaliera	COSMO-CLM (RCP4.5 e RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	raster:jpeg	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
Clima	Giorni di precipitazione intensa	Numero di giorni con precipitazione giornaliera superiore ai 20 mm	COSMO-CLM (RCP4.5 e RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	raster:jpeg	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
Clima	Massimo di precipitazione giornaliera	Massimo valore di precipitazione giornaliera	COSMO-CLM (RCP4.5 e RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	raster:jpeg	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si

Settore	Indicatore	Descrizione	Dati elementari	Ente proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Clima	Precipitazione cumulata annuale	Cumulata delle precipitazioni annuali	COSMO-CLM (RCP4.5 e RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	raster;jpeg	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
Clima	Precipitazione cumulata invernale	Cumulata delle precipitazioni nei mesi invernali (Dicembre, Gennaio, Febbraio)	COSMO-CLM (RCP4.5 e RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	raster;jpeg	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
Clima	Precipitazione cumulata estiva	Cumulata delle precipitazioni nei mesi estivi (Giugno, Luglio, Agosto)	COSMO-CLM (RCP4.5 e RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	raster;jpeg	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
Clima	Consecutive dry days	Massimo numero di giorni consecutivi all'anno con precipitazione	E-OBS, COSMO-CLM (RCP4.5 e RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D	raster;jpeg	European climate Assessment & Dataset - ECA&D	no	si	si	si

Settore	Indicatore	Descrizione	Dati elementari	Ente proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
		giornaliera inferiore a 1 mm								
Clima	Copertura nevosa	Numero di giorni per cui l'ammontare di neve superficiale è maggiore di un 1 cm	COSMO-CLM (RCP4.5 e RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	raster;jpeg	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
Clima	Evaporazione	Evaporazione cumulata annuale	COSMO-CLM (RCP4.5 e RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	raster;jpeg	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
Clima	Indice termoigrometrico	THI (°C) = $T_a - (0.55 - 0.55 \times RH/100) \times (T_a - 58)$; $T_a = (1,8 \times T_{mean}) + 32$ (°C) , RH = umidità relativa (%)	COSMO-CLM (RCP4.5 e RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	raster;jpeg	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si

Settore	Indicatore	Descrizione	Dati elementari	Ente proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Clima	xx° (*) percentile della precipitazione	xx° percentile della precipitazione	COSMO-CLM (RCP4.5 e RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	raster;jpeg	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
Clima	Giorni di precipitazione maggiore del xx° (*) percentile	Numero di giorni con precipitazione maggiore del xx° percentile della precipitazione nel periodo 1981-2010	COSMO-CLM (RCP4.5 e RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	raster;jpeg	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
Clima	Precipitazione massima giornaliera con tempo di ritorno 2 anni	Quantità massima di precipitazione giornaliera con un periodo di ritorno di 2 anni	COSMO-CLM (RCP4.5 e RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	raster;jpeg	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
Clima	Precipitazione massima giornaliera con tempo di ritorno 5	Quantità massima di precipitazione giornaliera con un periodo di ritorno di 5	COSMO-CLM (RCP4.5 e RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center	raster;jpeg	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center	no	si	si	si

Settore	Indicatore	Descrizione	Dati elementari	Ente proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
	anni	anni		on Climate Change (CMCC)		on Climate Change (CMCC)				

(*) xx indica i seguenti percentili: 25, 50, 75, 80, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99.

Tabella 117 Indicatori di vulnerabilità primari.

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Agricoltura	Variazione di resa per il frumento duro per il periodo 2021 - 2050 vs 1976 - 2005, RCP 4.5	Temperatura massima giornaliera, COSMO-CLM (RCP4.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		Temperatura minima giornaliera, COSMO-CLM (RCP4.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		Precipitazione giornaliera,COSMO-CLM (RCP4.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
		Radiazione solare giornaliera, COSMO-CLM (RCP4.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		dataset ISRIC-WISE v.1.2	ISRIC	Raster ; JPEG	ISRIC	no	si		

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
		Gestione colturale	Centro di ricerca per la cerealicoltura/L'informatore agrario	.pdf	CREA	no	si, su abbo nam ento		
Agricoltura	Variazione di resa per il frumento duro per il periodo 2021-2050 vs 1976-2005, RCP 8.5	Temperatura massima giornaliera, COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		Temperatura minima giornaliera, COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		Precipitazione giornaliera, COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
		Radiazione solare giornaliera, COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		dataset ISRIC-WISE v.1.2	ISRIC	Raster ; JPEG	ISRIC	no	si		

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
		Gestione colturale	Centro di ricerca per la cerealicoltura/L'informatore agrario	.pdf	CREA	no	si, su abbo nam ento		
Agricoltura	Variazione di resa per il frumento tenero per il periodo 2021-2050 vs 1976-2005, RCP 4.5	Temperatura massima giornaliera, COSMO-CLM (RCP4.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		Temperatura minima giornaliera, COSMO-CLM (RCP4.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		Precipitazione giornaliera,COSMO-CLM (RCP4.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
		Radiazione solare giornaliera, COSMO-CLM (RCP4.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		dataset ISRIC-WISE v.1.2	ISRIC	Raster ; JPEG	ISRIC	no	si		

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
		Gestione colturale	Centro di ricerca per la cerealicoltura/L'informatore agrario	.pdf	CREA	no	si, su abbo nam ento		
Agricoltura	Variazione di resa per il frumento tenero per il periodo 2021-2050 vs 1976-2005, RCP 8.5	Temperatura massima giornaliera, COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		Temperatura minima giornaliera, COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		Precipitazione giornaliera, COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
		Radiazione solare giornaliera, COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		dataset ISRIC-WISE v.1.2	ISRIC	Raster ; JPEG	ISRIC	no	si		

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
		Gestione colturale	Centro di ricerca per la cerealicoltura/L'informatore agrario	.pdf	CREA	no	si, su abbo nam ento		
Agricoltura	Variazione di resa per il mais per il periodo 2021-2050 vs 1976-2005, RCP 4.5	Temperatura massima giornaliera, COSMO-CLM (RCP4.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		Temperatura minima giornaliera, COSMO-CLM (RCP4.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		Precipitazione giornaliera,COSMO-CLM (RCP4.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
		Radiazione solare giornaliera, COSMO-CLM (RCP4.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		dataset ISRIC-WISE v.1.2	ISRIC	Raster ; JPEG	ISRIC	no	si		

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
		Gestione colturale	Centro di ricerca per la cerealicoltura/L'informatore agrario	.pdf	CREA	no	si, su abbo nam ento		
Agricoltura	Variazione di resa per il mais per il periodo 2021-2050 vs 1976-2005, RCP 8.5	Temperatura massima giornaliera, COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		Temperatura minima giornaliera, COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		Precipitazione giornaliera, COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
		Radiazione solare giornaliera, COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		dataset ISRIC-WISE v.1.2	ISRIC	Raster ; JPEG	ISRIC	no	si		

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira	
		Gestione colturale	Centro di ricerca per la cerealicoltura/L'informatore agrario	.pdf		CREA	no	si, su abbo nam ento		
Agricoltura	Superfici a seminativo per la produzione di granella a livello comunale	Superfici a seminativo per la produzione di granella a livello comunale	ISTAT	foglio elettronico		ISTAT	si	si	no	si
Agricoltura	Aziende agricole su superficie del comune	Aziende agricole su superficie del comune	ISTAT	foglio elettronico		ISTAT	si	si	no	si
Agricoltura	Percentuale di cittadini in possesso di laurea	grado di istruzione della popolazione residente da 6 anni e più	ISTAT	foglio elettronico		ISTAT	si	si	no	si
		Popolazione residente al 31 dicembre per comune e sesso (2011)	ISTAT	foglio elettronico		ISTAT	si	si		
Agricoltura	Superfici irrigate su SAU	Superfici irrigate su SAU	ISTAT	foglio elettronico		ISTAT	si	si	no	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Agricoltura	Occupati nel settore primario	Occupati nel settore primario	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	no	si
Agricoltura	PIL	PIL procapite	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	no	si
Allevamento	Variazione THI per il periodo 2021-2050 vs 1976-2005, RCP 4.5	Temperatura media giornaliera COSMO-CLM (RCP4.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
		Umidità Relativa, COSMO-CLM (RCP4.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
Allevamento	Variazione THI per il periodo 2021-2050 vs 1976-2005, RCP 8.5	Temperatura media giornaliera, COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
		Umidità Relativa, COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Allevamento	Numero di capi animali per comune	Numero di capi animali per comune	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	no	si
Allevamento	Aziende agricole su superficie del comune	Aziende agricole su superficie del comune	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	no	si
Allevamento	Composizione delle tipologie di bestiame (bovini, ovini, suini ed avicoli)	Numero di capi per tipo	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	no	si
Allevamento	Percentuale di cittadini in possesso di laurea	Grado di istruzione della popolazione residente da 6 anni e più	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	no	si
		Popolazione residente al 31 dicembre per comune e sesso (2011)	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si		
Allevamento	Occupati nel settore primario	Occupati nel settore primario	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	no	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Allevamento	PIL	PIL procapite	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	no	si
Allevamento	Capi di bestiame (bovini, ovini, suini)	Numero di capi per tipo	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	no	si
Comparto Forestale	Densità dei capi di bestiame su superficie comunale (n/km²)	Numero di capi per tipologia (bovini, ovini, suini)	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	si	si
		Superficie territoriale per comune	ANPA (Agenzia Nazionale per la protezione dell'Ambiente)	foglio elettronico	SIRA (MGIA)	no	si		
Comparto Forestale	Superfici agricole utilizzate su superficie comunale	Corine Land Cover 2012	ISPRA	shapefile	SINANET	no	si	si	si
		Superficie territoriale per comune	ANPA (Agenzia Nazionale per la protezione dell'Ambiente)	foglio elettronico	SIRA (MGIA)	no	si		

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Comparto Forestale	Territori boscati e seminaturali su superficie comunale	Corine Land Cover 2012	ISPRA	shapefile	SINANET	no	si	si	si
		Superficie territoriale per comune	ANPA (Agenzia Nazionale per la protezione dell'Ambiente)	foglio elettronico	SIRA (MGIA)	no	si		
Comparto Forestale	Aree protette (parchi, SIC, ZPS) e complessi forestali su superficie comunale	SIC/ZSC - Siti di Interesse Comunitario e Zone Speciali di Conservazione Dicembre 2017	Servizio tutela della natura e politiche forestali	shapefile	SIRA	no	si		
		ZPS - Zone Protezione Speciale Dicembre 2017	Servizio tutela della natura e politiche forestali	shapefile	SIRA	no	si	no	no
		Superficie territoriale per comune	ANPA (Agenzia Nazionale per la protezione dell'Ambiente)	foglio elettronico	SIRA (MGIA)	no	si		
Comparto Forestale	Densità delle aziende agricole su superficie comunale (n/km²)	Numero di aziende agricole	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale		Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
		Superficie territoriale per comune	ANPA (Agenzia Nazionale per la protezione dell'Ambiente)	foglio elettronico		SIRA (MGIA)	si	si		
Comparto Forestale	Aree irrigate su superficie comunale (n/km2)	Corine Land Cover 2012	ISPRA	shape		SINANET	no	si	si	si
		Superficie territoriale per comune	ANPA (Agenzia Nazionale per la protezione dell'Ambiente)	foglio elettronico		SIRA (MGIA)	si	si		
Comparto Forestale	Indice di infiammabilità	Corine Land Cover 2012	ISPRA	shape		SINANET	no	si	si	si
		pubblicazione Xanthopoulos et al., 2012								
Comparto Forestale	Livello di protezione delle aree protette	SIC/ZSC - Siti di Interesse Comunitario e Zone Speciali di Conservazione Dicembre 2017 e	Servizio tutela della natura e politiche forestali	shape e foglio elettronico		SIRA		no	si	no

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
		Classificazione internazionale delle aree protette secondo IUCN							
Comparto Forestale	Percentuale di cittadini in possesso di laurea	grado di istruzione della popolazione residente da 6 anni e più	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	no	si
		Residenti per comune	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	no	si
Comparto Forestale	Percentuale di residenti in possesso di laurea	grado di istruzione della popolazione residente da 6 anni e più	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	no	si
Comparto Forestale	Copertura media stazioni forestali CFVA, nuclei Agenzia Forestas, organizzazioni volontariato, punti avvistamento	Informazioni cartografiche relative alla localizzazione spaziale delle stazioni forestali CFVA, nuclei Agenzia Forestas, organizzazioni volontariato, punti avvistamento	Regione Sardegna - Piano Antincendi Boschivi aggiornamento 2018	jpg	Protezione civile	?	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Comparto Forestale	Presenza e stato piano comunale AIB	Informazione cartografica relativa al numero di combuni con piano antincendio boschivo	Regione Sardegna - Piano Antincendi Boschivi aggiornamento 2018	jpg	Protezione civile	?	si	si	si
Comparto Forestale	PIL	PIL procapite 1991	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	no	si
Comparto Forestale	Percentuale di occupati nel settore primario sul totale della forza lavoro	Occupati per sezione di attività economica	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	no	si
Servizi ecosistemici	TFMC	Superficie forestale sottoposta a rilievi inventariali dendroauxometrici	Carabinieri - nucleo ambientale	foglio elettronico	INFC	no	si*	si	si
		Consecutive dry days	European climate Assessment & Dataset - ECA&D	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D	no	si		

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
		Corine Land Cover 2012	ISPRA	shape	SINANET	no	si		
		Superficie comunale	Superficie territoriale per comune	ANPA (Agenzia Nazionale per la protezione dell'Ambiente)	foglio elettronico	SIRA (MGIA)	si		
		Dati per ogni specie da letteratura scientifica	autori vari	file di testo	vari	no	si		
Acque interne	Evapotraspirazione di riferimento (Eto)	Temperatura massima giornaliera, COSMO-CLM (RCP4.5 e RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Acque interne	Variazione Indice di aridita (RCP4.5)	Temperatura minima giornaliera, COSMO-CLM (RCP4.5 e RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		Precipitazione giornaliera, COSMO-CLM (RCP4.5 e RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		Radiazione solare media giornaliera, COSMO-CLM (RCP4.5 e RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		Umidità Relativa E-OBS, COSMO-CLM (RCP4.5 e RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
	Variazione Indice di aridita (RCP4.5)	precipitazione annuale cumulata - COSMO-CLM (RCP4.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		Evapotraspirazione di riferimento (Eto)	Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	no: elaborazione CMCC	no	no	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Acque interne	Variazione Indice di aridita (RCP8.5)	precipitazione annuale cumulata - COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
		Evapotraspirazione di riferimento (Eto)	Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	no: elaborazione CMCC	no	no		
Acque interne	Variazione fabbisogno idrico (RCP4.5)	Superficie irrigata per coltura e comune	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	si	si
		Evapotraspirazione di riferimento (Eto)	Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	no: elaborazione CMCC	no	no		
		Precipitazione, COSMO-CLM (RCP4.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si		
		domanda idrica per coltura	Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	no		

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
		dataset ISRIC-WISE v.1.2	ISRIC	Raster ; JPEG	ISRIC	no	si		
		Superficie irrigata per coltura e comune	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si		
		Evapotraspirazione di riferimento (Eto)	Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	no: elaborazione CMCC	no	no		
Acque interne	Variazione fabbisogno idrico (RCP8.5)	Precipitazione, COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
		domanda idrica per coltura	Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	Raster ; JPEG	Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	no		
		dataset ISRIC-WISE v.1.2	ISRIC	Raster ; JPEG	ISRIC	no	si		

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Acque interne	Densità aree irrigate	Classe di superficie irrigata per comune	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	no	si
		Superficie territoriale per comune	ANPA (Agenzia Nazionale per la protezione dell'Ambiente)	foglio elettronico	SIRA (MGIA)	si	si		
Acque interne	Densità di popolazione residente per comune	Popolazione residente al 31 dicembre per comune e sesso (2011)	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	si	si
		Superficie territoriale per comune	ANPA (Agenzia Nazionale per la protezione dell'Ambiente)	foglio elettronico	SIRA (MGIA)	no	si		
Acque interne	Flussi Turistici	Flussi Turistici	Assessorato Turismo, Artigianato e Commercio	foglio elettronico	Assessorato Turismo, Artigianato e Commercio	no	si	si	si
Acque interne	Risposta della resa colturale agli stress idrici	Fattore di risposta alla produzione per coltura (Ky)	FAO	.pdf	letteratura scientifica	no	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
		Classe di superficie irrigata per comune	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si		
Acque interne	Consumo acqua per capita per uso domestico (livello provinciale)	Consumo acqua per capita per uso domestico (livello provinciale)	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	si	si
Acque interne	Flussi Turistici (presenze) su popolazione residente	Flussi Turistici (presenze) su popolazione residente	Assessorato Turismo, Artigianato e Commercio	foglio elettronico	Assessorato Turismo, Artigianato e Commercio	no	si	si	si
Acque interne	Percentuale di cittadini in possesso di laurea	grado di istruzione della popolazione residente da 6 anni e più	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	no	si
		Popolazione residente al 31 dicembre per comune e sesso (2011)	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si		
Acque interne	Diffusione di sistemi di irrigazione a basso consumo	Diffusione di sistemi di irrigazione a basso consumo	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	no	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Acque interne	Perdite idriche (Livello Provinciale)	Perdite idriche (Livello Provinciale)	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	no	si
Acque interne	PIL	PIL procapite	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	no	si
Rischio idrogeologico	99° percentile di precipitazione (99p)	Precipitazione giornaliera, COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	ASCII	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
Rischio idrogeologico	Quantità massima di precipitazione giornaliera con tempo di ritorno di 50 anni (Rx1day_LM(RT=50y))	Rx1day, COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	ASCII	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
Rischio idrogeologico	Massimo valore di precipitazione giornaliera (Rx1day)	Precipitazione giornaliera, COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	ASCII	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
Rischio idrogeologico	Cumulata delle precipitazioni nei mesi invernali (Dicembre,	Precipitazione giornaliera, COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	ASCII	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
	Gennaio, Febbraio) (WP)								
Rischio idrogeologico	Quantità massima di precipitazione giornaliera con tempo di ritorno di 20 anni (Rx1day_LM(RT=20y))	Rx1day,COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	ASCII	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
Rischio idrogeologico	Cumulata delle precipitazioni annuali (AP)	Precipitazione giornaliera,COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	ASCII	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
Rischio idrogeologico	Cumulata di pioggia nei 15 giorni precedenti (AP_15gg)	AP,COSMO-CLM (RCP8.5)	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	ASCII	European climate Assessment & Dataset - ECA&D, Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC)	no	si	si	si
Rischio idrogeologico	E01 - aree urbanizzate	PGRA 2017 Inviluppo Hi Sub01 (Pericolosità da alluvione per ognuno dei 7 Sub Bacini)	PGRA	shapefile	Regione Sardegna, PGRA	no	si	si	si
Rischio idrogeologico	E02 - Popolazione residente	Popolazione residente al 31 dicembre per com	ISTAT	foglio elettro	ISTAT	si	si	no	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
		une e sesso (2011)		nico					
Rischio idrogeologico	S01 – popolazione sensibile	Popolazione residente al 31 dicembre per comune e sesso (2011)	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	si	si
Rischio idrogeologico	S02 – zone urbanizzate ricadenti in aree a pericolosità idraulica;	PGRA 2017 Inviluppo Hi-(Pericolosità da alluvione per ognuno dei 7 Sub Bacini)	PGRA	shapefile	Regione Sardegna, PGRA	no	si	si	si
		PGRA 2017, mappe danno potenziale	PGRA	shapefile	Regione Sardegna, PGRA	no	si	si	si
Rischio idrogeologico	S03 – strutture strategiche	PGRA 2017, mappe danno potenziale	PGRA	shapefile	Regione Sardegna, PGRA	no	si	si	si
Rischio idrogeologico	S04 - canali tombati	Repertorio Canali Tombati shapefile (Agg. maggio 2017)	PGRA	shapefile	Regione Sardegna, PGRA	no	si	si	si
Rischio idrogeologico	CA01 - Diploma universitario	grado di istruzione della popolazione residente da 6 anni e più	ISTAT	foglio elettronico	ISTAT	si	si	si	si
Rischio idrogeologico	CA02 - Copertura media stazioni forestali CFVA, distaccamenti VV.F, nuclei	Rete di avvistamento e presidi territoriali AIB	Regione Sardegna - Corpo Forestale Regionale - Piano Regionale di Previsione, Prevenzione e Lotta attiva contro gli incendi boschivi - 2018	pdf	Sardegna ambiente - Corpo forestale	no	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
	Agenzia Fo.Re.STAS, organizzazioni volontariato, punti avvistamento								
Rischio idrogeologico	CA03 - Presenza PUC adeguato al PAI					no	no	si	si
Rischio idrogeologico	CA04 - Presenza PPC comunale o sovracomunale	Pianificazione comunale o intercomunale di protezione civile, elenco comuni che hanno elaborato e trasmesso (o caricato nel Sistema Informativo di Protezione Civile regionale Zero GIS) il Piano comunale e/o intercomunale di protezione civile (Agg. 3 Luglio 2018)	Protezione Civile Nazionale e Servizio Pianificazione e Gestione delle Emergenze Protezione Civile RAS	pdf	Protezione civile Nazionale	no	no	si	si
Rischio idrogeologico	PIL	PIL procapite	ISTAT	foglio elettro	ISTAT	si	si	no	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
				nico				

*La riproduzione è consentita a scopo di studio, ricerca e divulgazione, a condizione di citare la fonte secondo la seguente dicitura: INFC 2005 - Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio. Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, Ispettorato Generale - Corpo Forestale dello Stato. CRA - Unità di ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione forestale.

Tabella 118 Indicatori di Capacità Adattiva primari.

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Agricoltura	Finanziamenti oltre il breve termine agli investimenti in agricoltura	Annuario dell'agricoltura Italiana	CREA	documento pdf	CREA	no	si	si	si
Agricoltura	Livello spesa pubblica programmata per misura 05 PSR 2014-2020 ripristino del potenziale produttivo agricolo danneggiato da calamità naturali rispetto al dato nazionale	PSR Sardegna 2014-2020	Rete Rurale Nazionale	documento pdf	Rete Rurale Nazionale	no	si	si	si
Agricoltura	Avanzamento spesa del PSR (2014-2020) per misura 4 "Investimenti in immobilizzazioni materiali" su dotazione complessiva per quella misura	PSR Sardegna 2014-2020	Rete Rurale Nazionale	documento pdf	Rete Rurale Nazionale	no	si	si	si
Agricoltura/ Allevamento	Costi variabili/PLV a scala aziendale	Commento ai risultati contabili	CREA	documento pdf	RICA.CREA	no	si	si	si
Agricoltura/Allevamento	Ammontare dei premi assicurativi anno 2016	Assicurazioni agricole	ISMEA	documento pdf	ISMEA	no			

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Agricoltura/ Allevamento	Peso della regione Sardegna sugli scambi nazionali (agroalimentare)	Il Commercio con l'estero dei prodotti agroalimentari	CREA	documento pdf	CREA	no	si	si	si
Agricoltura/ Allevamento	Numero di aziende che adottano il pascolamento sul totale delle aziende agricole regionali	Censimento popolazione	Istat	foglio elettronico	Istat	si	si	si	si
Agricoltura/ Allevamento	Avanzamento spesa per misura 2 PSR 2014-2020 " Servizi di consulenza, di sostituzione e di assistenza alla gestione delle aziende agricole" sul totale programmato per quella stessa misura nel PSR Sardegna	PSR Sardegna 2014-2020	Rete Rurale Nazionale	documento pdf	Rete Rurale Nazionale	no	si	si	si
Agricoltura/ Allevamento	Risorse spese del PSR 2007-2013 per misura 311 diversificazione verso attività non agricole sul totale programmato	PSR Sardegna 2007-2013	Rete Rurale Nazionale	documento pdf	Rete Rurale Nazionale	no	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Agricoltura/ Allevamento	Attività di spesa delle regioni per il settore agricolo	Attività di spesa delle Regioni per il settore agricolo	CREA	foglio elettronico	Data warehouse CREA-PB	si	si	no	si
Agricoltura/ Allevamento	Risorse spese del PSR 2007-2013 per misura 126 Ripristino del potenziale agricolo danneggiato da calamità naturali sul totale programmato	PSR Sardegna 2007-2013	Rete Rurale Nazionale	documento pdf	Rete Rurale Nazionale	no	si	si	si
Agricoltura/ Allevamento	Livello spesa pubblica programmata per misura 16 PSR 2014 2020 "Cooperazione" sul totale programmato PSR Sardegna	PSR Sardegna 2014-2020	Rete Rurale Nazionale	documento pdf	Rete Rurale Nazionale	si	si	si	si
Agricoltura/ Allevamento	Livello spesa pubblica programmata del PSR 2014 2020 per misura 2 " Servizi di consulenza, di sostituzione e di assistenza alla gestione delle aziende agricole" sul totale programmato PSR Sardegna	PSR Sardegna 2014-2020	Rete Rurale Nazionale	documento pdf	Rete Rurale Nazionale	si	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Agricoltura/ Allevamento	Incidenza della spesa delle imprese in Ricerca e Sviluppo (R&S) sul PIL	Censimento popolazione	Istat	foglio elettronico	Istat	si	si	si	si
Agricoltura/ Acqua	Costo irriguo medio per ettaro	Relazione ricognitiva sui consorzi di bonifica della Sardegna e proposta di revisione	RAS	documento pdf	Nessuno	no	si	si	si
Agricoltura/ Acqua	Superficie irrigata con acque all'interno o nelle vicinanze dell'azienda	Censimento Agricoltura, Dati per fonte di approvvigionamento dell'acqua irrigua - livello comunale	Istat	foglio elettronico	Istat	si	si	si	si
Agricoltura/ Acqua	Superficie irrigata su superficie irrigua infrastrutturata	Relazione ricognitiva sui consorzi di bonifica della Sardegna e proposta di revisione	RAS	documento pdf	Nessuno	si	si	si	si
Agricoltura/ Acqua	Sistemi di irrigazione efficienti	Censimento Agricoltura, Dati per sistema di irrigazione unico o prevalente - livello comunale	Istat	foglio elettronico	Istat	si	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Agricoltura/ Allevamento/ Foreste	Percentuale di capi azienda nella fascia di età compresa tra 25-40 anni rispetto al totale dei capi azienda	Censimento agricoltura, Capo d'azienda per età	Istat	foglio elettronico	Istat	si	si	si	si
Agricoltura/ Allevamento/ Foreste	Percentuale di agricoltori con laurea	Censimento agricoltura	Istat	foglio elettronico	Istat	si	si	si	si
Agricoltura/ Allevamento/ Acqua	Aziende con vacche da latte e bufale stabulate sul totale della aziende con bovini e bufali a scala regionale	Censimento agricoltura	Istat	foglio elettronico	Istat	si	si	si	si
Agricoltura/ Allevamento/ Acqua	Risorse spese del PSR 2007-2013 per misura 114 "Ricorso ai servizi di consulenza da parte di imprenditori agricoli e forestali" sul totale programmato	PSR Sardegna 2007-2013	Rete Rurale Nazionale	documento pdf	Rete Rurale Nazionale	no	si	si	si
Agricoltura/ Allevamento/ Acqua	Aziende con gestione informatizzata sul totale delle aziende agricole regionali	Censimento popolazione	Istat	foglio elettronico	Istat	si	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Agricoltura/ Allevamento/ Foreste	Risorse spese del PSR 2007-2013 per misura 214 Pagamenti agro ambientali sul totale programmato	PSR Sardegna 2007-2013	Rete Rurale Nazionale	documento pdf	Rete Rurale Nazionale	no	si	si	si
Agricoltura/ Allevamento/ Foreste	Livello spesa pubblica programmata per misura 1 PSR 2014 2020 "Trasferimento conoscenze e azioni di informazione" rispetto al dato nazionale	PSR Sardegna 2014-2020	Rete Rurale Nazionale	documento pdf	Rete Rurale Nazionale	si	si	si	si
Agricoltura/ Allevamento/ Foreste/Dissesto idrogeologico	Rapporto tra popolazione in età non attiva (0-14 anni e 65 anni e più) e popolazione in età attiva (15-64 anni), moltiplicato per 100	Censimento Popolazione, Popolazione residente per comune, sesso, stato civile per fasce di età (5 anni)	Istat	foglio elettronico	SIRA (MGIA)	si	si	si	si
Agricoltura/ Allevamento/ Foreste/Dissesto idrogeologico	Avanzamento spesa per misura 15 PSR 2014-2020 "Servizi silvo climatico ambientali e salvaguardia delle foreste" sul totale impegnato per quella	PSR Sardegna 2014-2021	Rete Rurale Nazionale	documento pdf	Rete Rurale Nazionale	no	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
	misura								
Agricoltura/ Allevamento/ Foreste/Dissesto idrogeologico	Livello spesa pubblica programmata per misura 15 PSR 2014-2020 "Servizi silvo climatico ambientali e salvaguardia delle foreste" rispetto al dato nazionale	PSR Sardegna 2014-2020	Rete Rurale Nazionale	documento pdf	Rete Rurale Nazionale	si	si	si	si
Agricoltura/ Allevamento/ Foreste/Dissesto idrogeologico/ Acqua	Dipendenti regionali con laurea	Mappatura competenze del personale del Sistema Regione	RAS - Assessorato degli Affari Generali, Personale e Riforma della Regione	pdf	RAS	si	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Agricoltura/ Allevamento/ Foreste/ Dissesto idrogeologico/ Acqua	Persone di 14 anni e più che hanno partecipato a riunioni di volontariato, di associazioni ecologiche, per i diritti civili, per la pace o hanno svolto attività gratuita per associazioni di volontariato sul totale della popolazione della Regione Sardegna di 14 anni e più	Censimento popolazione	Istat	foglio elettronico	Istat	si	si	si	si
Agricoltura/ Allevamento/ Foreste/Dissesto idrogeologico/ Acqua	Produttività del lavoro settore primario rispetto agli altri settori	Conti nazionali, Misure di produttività, Produttività del lavoro	Istat	foglio elettronico	Istat	si	si	si	si
Agricoltura/ Allevamento/ Foreste/Dissesto idrogeologico/ Acqua	PIL Pro capite	Conti nazionali, Prodotto interno lordo lato produzione	Istat	foglio elettronico	Istat	si	si	si	si
Agricoltura/ Allevamento/ Foreste/Dissesto idrogeologico/ Acqua	Tasso di povertà	Condizioni economiche delle famiglie e disuguaglianze, Incidenza di povertà	Istat	foglio elettronico	Istat	si	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Agricoltura/ Allevamento/ Foreste/Dissesto idrogeologico/ Acqua	Tasso disoccupazione	Lavoro e retribuzioni, Incidenza dei disoccupati sulla popolazione	Istat	foglio elettronico	Istat	si	si	si	si
Agricoltura/ Allevamento/ Foreste/Dissesto idrogeologico/ Acqua	Intensità brevettuale: n di brevetti registrati per milione di abitanti	Obiettivo Tematico 1 dell'Accordo di Partenariato 2014–2020 - Rafforzare la ricerca, lo sviluppo tecnologico e l'innovazione	European Patent Office (EOP)	foglio elettronico	Istat	si	si	si	si
Agricoltura/ Allevamento/ Foreste/Dissesto idrogeologico/ Acqua	Incidenza della spesa pubblica per R&S sul PIL	Censimento popolazione	Istat	foglio elettronico	Istat (SIRA, MGIA aggiornata al 2005)	si	si	si	si
Agricoltura/ Allevamento/ Foreste/Dissesto idrogeologico/ Acqua	Imprese con almeno 10 addetti che hanno introdotto innovazioni tecnologiche (di prodotto e processo) nel triennio di riferimento in percentuale sul totale delle imprese con almeno 10 addetti	Censimento industria e servizi	Istat	foglio elettronico	Istat	si	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Allevamento	Addetti delle società cooperative sul totale degli addetti	Censimento agricoltura	Istat	foglio elettronico	Istat	si	si	si	si
Foreste	Avanzamento spesa PSR (2014-2020) per Misura 8 "Investimenti nello sviluppo delle aree forestali e nel miglioramento della redditività delle foreste" sul totale impegnato per quella misura	PSR Sardegna 2014-2020	Rete Rurale Nazionale	documento pdf	Rete Rurale Nazionale	no	si	si	si
Acqua	Superficie irrigata con acque all'interno o nelle vicinanze dell'azienda rispetto alla superficie irrigata totale	Relazione ricognitiva sui consorzi di bonifica della Sardegna e proposta di revisione	RAS	documento pdf	Nessuno	no	si	si	si
Acqua	Carico inquinante potenziale dell'acqua per usi civili e agricoli (espresso in abitanti equivalenti)rispetto alla superficie regionale	Censimento Acque	Istat	documento pdf	Istat	no	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Acqua	Carico inquinante potenziale dell'acqua (espresso in abitanti equivalenti)rispetto alla superficie regionale	Censimento Acque	Istat	documento pdf	Istat	no	si	si	si
Acqua	Acqua prelevata per uso potabile da corsi d'acqua superficiali o da bacino artificiaLERispetto alla totale	Censimento Acque	Istat	documento pdf	Istat	si	si	si	si
Acqua	Perdite idriche reali	Censimento Acque	Istat	documento pdf	Istat	si	si	si	si
Acqua	Impianti di depurazione delle acque reflue urbane in esercizio con tecnologia avanzata sul totale	Censimento Acque	Istat	documento pdf	Istat	si	si	si	si
Acqua	Quota di carichi inquinanti civili confluiti negli impianti di depurazione secondari e avanzati	Censimento Acque	Istat	documento pdf	Istat	si	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Acqua	Consumi pro capite di acqua erogati per tutti gli usi autorizzati (acqua uso civile)	Censimento Acque	Istat	documento pdf	Istat	si	si	si	si
Dissesto idrogeologico	Numero di Associazioni di volontari iscritti agli elenchi di Protezione civile rapportati alla superficie regionale delle aree pericolose	Elenco nazionale delle organizzazioni di volontariato di protezione civile	Protezione Civile	pagina web	Protezione civile	si	si	si	si
Dissesto idrogeologico	Consumo di suolo in aree soggette a pericolosità idraulica nel 2017 su base regionale	Rapporto Consumo Suolo, ISPRA 2018	ISPRA	documento pdf	ISPRA	no	si	si	si
Dissesto idrogeologico	Consumo di suolo in aree soggette a pericolosità da frana nel 2017 su base regionale	Rapporto Consumo Suolo, ISPRA 2018	ISPRA	documento pdf	ISPRA	no	si	si	si
Dissesto idrogeologico	Presenza di piani di protezione civile comunale e sovracomunale (Unione dei comuni) approvatisul totale dei	Report Pianificazione comunale o intercomunale di protezione civile	Protezione Civile Sardegna	documento pdf	Sardegnaambiente	si	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
	comuni della Sardegna								
Dissesto idrogeologico	Presenza Piano Urbanistico Comunale adeguato al PAI approvato/sul totale dei comuni della Sardegna	Sardegna Geoportale	RAS	mappe	Sardegna Geopèortale	si	si	si	si
Dissesto idrogeologico	Importi finanziati dal 1999 in rapporto alla superficie pericolosa su scala regionale	database ISPRA-RENDIS	ISPRA	pagina web	ISPRA	no	si	si	si
Dissesto idrogeologico	Rapporto tra il numero di interventi per la difesa del suolo ultimati e il totale degli interventi pianificati dal 1999 al 2018 su base regionale	database ISPRA-RENDIS	ISPRA	pagina web	ISPRA	no	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Dissesto idrogeologico	Rapporto tra gli importi finanziati per gli interventi per la difesa del suolo ultimati e gli importi finanziati sul totale degli interventi pianificati dal 1999 al 2018	database ISPRA-RENDIS	ISPRA	pagina web	ISPRA	no	si	si	si
Dissesto idrogeologico	Presenza piano di utilizzo del litorale approvato per comune/sul totale dei comuni costieri	Sardegna Geoportale	RAS	mappe	Sardegna Geopèortale	si	si	si	si
Dissesto idrogeologico	Presenza/assenza Piano Protezione Civile Comunale		Direzione Generale Protezione Civile – Servizio Pianificazione e Gestione delle Emergenze - RAS	documento pdf		no	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
		COMUNE COMUNE EXT (Ambiti amministrativi, DBGT10K)	Servizio osservatorio del paesaggio e del territorio, sistemi informativi territoriali	shapefile	Sardegna Geoportale	no	si	si	si

Tabella 119 Indicatori di vulnerabilità secondari.

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Agricoltura	Superficie irrigata per classe di approvvigionamento (acque superficiali, acque di falda)	Censimento Agricoltura, Dati per fonte di approvvigionamento dell'acqua irrigua -	Istat	foglio elettronico	Istat	si	si	no	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
		livello comunale							
Agricoltura	Superficie agricola utilizzata per tipologia di coltura	Censimento Agricoltura, Numero di aziende e superficie per classe di superficie totale, utilizzazione dei terreni - livello comunale	Istat	foglio elettronico	Istat	si	si	no	si
Agricoltura	Aziende con seminativi per principali coltivazioni								
Agricoltura	Aziende con coltivazioni legnose agrarie per principali coltivazioni								
Agricoltura	Aziende con allevamenti per principali categorie di bestiame								

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Agricoltura	Superficie dei consorzi di bonifica								
Comparto Forestale	Superficie (forestale) sottoposta a vincolo idrogeologico RDL 3267/23	Vincolo idrogeologico RD3267 Art1	Servizio Protezione civile tutela del suolo e politiche forestali	shapefile	SIRA	no	si	si	no
Comparto Forestale	Superficie forestale percorsa da incendio	Perimetrazioni aree percorse dal fuoco (2005-2016)	CFVA	shapefile	SardegnaGeoportale (Sira fino al 2013)	no	no	no	no
		Carta delle aree boscate	SAVI	shapefile	SIRA	no	si		
Comparto Forestale	Superficie forestale comunale	Carta delle aree boscate (2011)	SAVI	shapefile	SIRA	no	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
		COMUNE COMUNE EXT (Ambiti amministrativi, DBGT10K)	Servizio osservatorio del paesaggio e del territorio, sistemi informativi territoriali	shapefile	SardegnaGeoportale	no	si		
Comparto Forestale	Superficie boscata media percorsa da incendio	Perimetrazioni aree percorse dal fuoco (2005-2016)	CFVA	shapefile	SardegnaGeoportale (SIRA fino al 2013)	no	no	si	si
		Carta delle aree boscate	SAVI	shapefile	SIRA	no	si		
Comparto Forestale	Superfici forestali ricadenti in aree a forte e media potenzialità di erosione e dissesto secondo il modello di valutazione PFAR	Carta delle unità di paesaggio	PFAR	shapefile	SIRA	no	si	si	si
		Carta delle aree boscate	SAVI	shapefile	SIRA	no	si		

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Comparto Forestale	Superficie forestale gestita mediante strumenti approvati che si connotano come piani di gestione naturalistica (piani di gestione SIC, piani di gestione delle aree protette)	SIC/ZSC - Siti di Interesse Comunitario e Zone Speciali di Conservazione Dicembre 2017	Servizio tutela della natura e politiche forestali	shapefile	SIRA	no	si		
		ZPS - Zone Protezione Speciale Dicembre 2017	Servizio tutela della natura e politiche forestali	shapefile	SIRA	no	si		
		Parchi istituiti regionali/Parchi naturali regionali	Assessorato degli enti locali, finanze e urbanistica - Servizio degli enti locali	shapefile	SIRA	no	si	si	si
		Oasi permanenti di Protezione faunistica e di cattura Istituite	Servizio tutela della natura e politiche forestali	shapefile	SIRA	no	si		
		Parchi nazionali istituiti non zonati	PFAR	shapefile	SIRA	no	no		

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
		Superficie comunale	ANPA (Agenzia Nazionale per la protezione dell'Ambiente)	foglio elettronico	SIRA (MGIA)	si	si		
		Carta delle aree boscate	SAVI	shapefile	SIRA	no	si		
Comparto Forestale	Sviluppo e grado di cartografia forestale specifica ad uso pianificatorio								
Comparto Forestale	Presenza di reti per il monitoraggio delle foreste								
Comparto Forestale	Superficie forestale a fustaia o ceduo								
Comparto Forestale	Superficie a macchia	UdS Categorie forestali (2008)	PFAR	shapefile	SIRA	no	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
		Superficie comunale	ANPA (Agenzia Nazionale per la protezione dell'Ambiente)	foglio elettronico	SIRA (MGIA)	si	si		
		UdS Categorie forestali (2008)	PFAR	shapefile	SIRA	no	si		
Comparto Forestale	Superficie con vegetazione rada		ANPA (Agenzia Nazionale per la protezione dell'Ambiente)					si	si
		Superficie comunale		foglio elettronico	SIRA (MGIA)	si	si		
Comparto Forestale	Composizione in specie per parcella da Inventario forestale								
Servizi ecosistemici	Provvigioni medie di legname								

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Servizi ecosistemici	Incrementi medi annui								
Servizi ecosistemici	Superficie boscata interessata da fenomeni di deperimento, soprattutto per cause biotiche								
Servizi ecosistemici	Area Basale per specie e parcella da inventario forestale								
Servizi ecosistemici	Biomassa epigea per specie e parcella da inventario forestale								
Acque interne	Superficie dei bacini idrografici	Bacini idrografici	Regione Autonoma della Sardegna	shapefile	SIRA	no	si	si	no

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
		Superficie comunale	ANPA (Agenzia Nazionale per la protezione dell'Ambiente)	foglio elettronico	SIRA (MGIA)	si	si		
Acque interne	Percentuale della popolazione collegata all'acquedotto per uso civico								
Acque interne	Numeri di giorni per cui Abbanoa non ha erogato il servizio								
Acque interne	Numeri di giorni per cui Abbanoa non ha erogato il servizio								
Acque interne	Serie storica mensile delle portate d'acqua nei fiumi								

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Acque interne	Serie storica mensile dei volumi d'acqua per invaso								
Acque interne	Serie storica mensile della distribuzione d'acqua per settore per invaso/distretto								
Rischio idrogeologico	Numero di edifici ricadenti in aree a pericolosità idraulica e/o da frana	EDIFC CR EDF IS (Immobili ed antropizzazioni, DBGT10K)	Servizio osservatorio del paesaggio e del territorio, sistemi informativi territoriali	shapefile	SardegnaGeoportale	no	si	si	si
		PGRA 2017 Inviluppo Hi Sub01 (Pericolosità da alluvione per ognuno dei 7 Sub Bacini)	PGRA	shapefile	Regione Sardegna, PGRA	no	si		

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
		PGRA 2017 Inviluppo Hg (Pericolosità da frana)	PGRA	shapefile	Regione Sardegna, PGRA	no	si		
Rischio idrogeologico	Percentuale portatori di handicap/Incidenza del numero di portatori di handicap sulla popolazione residente ricadente in aree a pericolosità idraulica e/o da frana								
Rischio idrogeologico	Percentuale superficie aree edificate rispetto alla superficie totale	EDIFC CR EDF IS (Immobili ed antropizzazioni, DBGT10K)	Servizio osservatorio del paesaggio e del territorio, sistemi informativi territoriali	shapefile	SardegnaGeoportale	no	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
		Superficie comunale	ANPA (Agenzia Nazionale per la protezione dell'Ambiente)	foglio elettronico	SIRA (MGIA)	si	si		
Rischio idrogeologico	Coefficienti di deflusso per invaso (annuali)								
Rischio idrogeologico	Coefficienti di deflusso per invaso (stagionali)								
Rischio idrogeologico	Numero aziende agricole e/o zootecniche ricadenti in aree a pericolosità idraulica								
Rischio idrogeologico	Superficie all'allagamento delle diverse colture ricadenti in aree a pericolosità idraulica								

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Rischio idrogeologico	Sensibilità all'allagamento delle diverse colture ricadenti in aree a pericolosità idraulica								
Rischio idrogeologico	Numero tratti infrastrutture viarie ricadenti in aree a pericolosità idraulica e/o da frana	PGRA 2017 Inviluppo Hi Sub01 (Pericolosità da alluvione per ognuno dei 7 Sub Bacini)	PRGA	shapefile	Regione Sardegna, PGRA	no	si	si	si
Rischio idrogeologico	Estensione tratti infrastrutture viarie ricadenti in aree a pericolosità idraulica e/o da frana	PGRA 2017 Inviluppo Hi Sub01 (Pericolosità da alluvione per ognuno dei 7 Sub Bacini)	PRGA	shapefile	Regione Sardegna, PGRA	no	si	si	si
Rischio idrogeologico	Presenza/Numero di infrastrutture di attraversamento viario o ferroviario non sicuri	PGRA 2017 Inviluppo Hi Sub01 (Pericolosità da alluvione per ognuno dei 7 Sub Bacini)	PRGA	shapefile	Regione Sardegna, PGRA	no	si	si	si

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Rischio idrogeologico	Superficie (forestale) a pericolosità idrogeologica di frana (L267/98)	PGRA 2017 Inviluppo Hi Sub01 (Pericolosità da alluvione per ognuno dei 7 Sub Bacini)	PRGA	shapefile	Regione Sardegna, PGRA	no	si		
		PGRA 2017 Inviluppo Hg (Pericolosità da frana)	PRGA	shapefile	Regione Sardegna, PGRA	no	si	si	si
		Carta delle aree boscate	SAVI	shapefile	SIRA	no	si		

Tabella 120 Indicatori di Capacità Adattiva secondari.

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Agricoltura	Avanzamento spesa per misura 05 PSR 2014-2020 ripristino del potenziale produttivo agricolo danneggiato da calamità naturali rispetto al dato nazionale	PSR Sardegna 2014-2020	Rete Rurale Nazionale	documento pdf	Rete Rurale Nazionale		si	si	si
Agricoltura	Percentuale di impiegati nelle Agenzie Regionali con profilo tecnico sul totale degli impiegati dell'Agenzia (AGRIS, Assessorato all'Agricoltura Regione Sardegna)								
Agricoltura	Percentuale di aziende agricole con sistemi di irrigazione (presenza di pozzi in azienda; utenza consorzio irriguo)								
Agricoltura	Percentuale di aziende agricole che si rivolgono a conto terzi per operazioni colturali (livv meccanizzazione)								

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Agricoltura	Addetti delle società cooperative sul totale degli addetti (percentuale) oppure % Aziende agricole che aderiscono a Cooperative o Associazione di produttori								
Agricoltura/Allevamento	Livello spesa pubblica programmata per misura 16 PSR 2014 2020 "Cooperazione" rispetto al dato nazionale	PSR Sardegna 2014-2020	Rete Rurale Nazionale	documento pdf	Rete Rurale Nazionale		si	si	si
Agricoltura/Allevamento	Livello spesa pubblica programmata del PSR 2014 2020 per misura 2 " Servizi di consulenza, di sostituzione e di assistenza alla gestione delle aziende agricole" rispetto al dato nazionale	PSR Sardegna 2014-2020	Rete Rurale Nazionale	documento pdf	Rete Rurale Nazionale		si	si	si
Agricoltura/Allevamento	Numero di campagne di sensibilizzazione Regionali destinate alla popolazione sul tema del cambiamento climatico, uso efficiente delle risorse idriche, ecc.								

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Agricoltura/Allevamento	Ripartizione delle imprese in piccole medie e grandi aziende								
Agricoltura/Allevamento	Livello di risorse attualmente spese per misura 16.9 "Cooperazione-Sottomisura 16.9 Sostegno per la diversificazione delle attività agricole in attività riguardanti l'assistenza sanitaria, l'integrazione sociale, l'agricoltura sostenuta dalla comunità e l'educazione ambientale e alimentare" su dotazione complessiva per quella misura								
Agricoltura/Allevamento	Livello di risorse attualmente spese per misura 1 "Trasferimento conoscenze" su dotazione complessiva per quella misura								

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Agricoltura/Allevamento	Avanzamento della spesa pubblica del PSR 2007-2013 per misura 2.1 "Sostegno per aiutare gli aventi diritto ad avvalersi di servizi di consulenza" rispetto alla dotazione programmata								
Agricoltura/Allevamento/Foreste	Percentuale di responsabili di aziende con allevamenti nella fascia di età compresa tra 30-39 anni rispetto al totale dei responsabili azienda								
Agricoltura/Allevamento/Foreste/Acqua	Livello avanzamento spesa del PSR 2014-2020 per misura 2.1 "Sostegno per aiutare gli aventi diritto ad avvalersi di servizi di consulenza" rispetto alla dotazione complessiva per quella misura								

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Allevamento	Numero di utenti sul totale delle aziende con allevamento che hanno usufruito di servizi di informazione Regionali (servizi agrometeorologici, assistenza tecnica per allevamento o altro)								
Allevamento	Percentuale di impiegati nelle Agenzie Regionali con profilo tecnico sul totale degli impiegati dell'Agenzia (LAORE)								
Allevamento	Livello di meccanizzazione aziende con allevamenti								
Allevamento	Viabilità rurale								
Allevamento	Presenza di riserve idriche a livello comunale (metri cubi potenzialmente invasabili)								
Allevamento	Percentuale di superficie comunale coperta dai consorzi di bonifica ovvero strutturata per l'irrigazione								

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Allevamento	Percentuale di superficie aziendale (con allevamenti) coperta da infrastrutture per ricovero animale								
Allevamento	Percentuale di allevatori con diploma o laurea								
Allevamento	Finanziamenti oltre il breve termine agli investimenti in ALLEVAMENTO								
Acqua	Percentuale di impiegati nelle Agenzie Regionali del settore con profilo tecnico sul totale degli impiegati dell'Agenzia (ADIS, ENAS, ABBANOVA)								
Acqua	Percentuale di impiegati nei Consorzi di bonifica del settore con profilo tecnico sul totale degli impiegati nei Consorzi di bonifica								

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Acqua	Percentuale di interventi strutturali per ammodernamento ed efficientamento delle reti di distribuzione per uso irriguo (aziende agricole) o per processo produttivo (industriale) per riduzione perdite , a livello di Consorzi di Bonifica della Sardegna e/o Consorzi Industriali								
Acqua	Livello avanzamento spesa del PSR (2014-2020) per misura "Miglioramento delle infrastrutture rurali destinate allo sviluppo del settore agroforestale" su dotazione complessiva per quella misura (PSR 2014-2020)								
Acqua	N opere per risorse idriche completate e inutilizzate								
Acqua	fabbisogni idrici/disponibilità annuali negli ultimi 15-30 anni								

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Acqua	quantità di acqua erogata da fonti esterne al consorzio rispetto a quelle previste								
Acqua	quota di approvvigionamento energetico per il sollevamento di acqua da fonti rinnovabili								
Acqua	indice di obsolescenza (età infrastrutture) di infrastrutture idriche per irrigazione e usi civili								
Foreste	Superf. aree forestali protette/sup forestale totale								
Foreste	Avanzamento spesa pubblica per misura 15.1 "Pagamento per impegni silvo - ambientali e impegni in materia di clima" su spesa programmata per quella misura								
Foreste	n. campagne di sensibilizzazione Regionali per popolazione sul tema del								

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
	cc/incendi/deforestazione								
Foreste	Percentuale superficie di foreste gestite da servizi per la ricezione al pubblico (scala regionale)/sul totale della superficie forestale								
Foreste	Percentuale responsabili aziende forestali con diploma o laurea								
Foreste	Percentuale di aziende che utilizzano sistemi di difesa integrata per le foreste								
Foreste	km fasce taglia fuoco/sup forestale demaniale								
Foreste	n. torrette avvistamento a livello comunale rispetto alla superfic.forestata demaniale								
Foreste	n. di canadair posseduti a livello Regionale								
Foreste	Percentuale di aziende dotate di macchinari specifici per raccolta sughero/legno (livello meccanizzazione								

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
	aziende forestali)								
Foreste	Finanziamenti oltre il breve termine agli investimenti nel settore forestale/sughero								
Foreste	Ettari impiantati e attualmente produttivi a sughera								
Foreste	Avanzamento spesa PSR (2014-2020) per Misura 8.6 "Sostegno agli investimenti in tecnologie silvicole e nella trasformazione, mobilitazione e commercializzazione dei prodotti delle foreste" sul totale impegnato per quella misura								
Foreste	Peso della regione Sardegna sugli scambi nazionali nel 2017.								
Foreste	Costi variabili/PLV a scala aziendale								
Foreste	Addetti delle società cooperative sul totale degli								

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
	addetti								
Foreste/ Disegno idrogeologico	Numero di comandi stazione del CFVA per km ² di area forestale con fenomeni di dissesto su base regionale, rapportata al valore nazionale	INFC 2005 - Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio	Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, Ispettorato Generale - Corpo Forestale dello Stato. CRA - Unità di ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione forestale		Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali				
Dissesto idrogeologico	N. stazioni forestali (CFVA) per km2 di aree con pericolosità								

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Dissesto idrogeologico	Presenza di piani di emergenza comunale e sovracomunale (Unione dei comuni) approvati/sul totale dei comuni della Sardegna								
Dissesto idrogeologico	N. cantieri forestali (FORESTAS) per km2 di copertura forestale								
Dissesto idrogeologico	N. stazioni vigili del fuoco per km2 di aree con pericolosità								
Dissesto idrogeologico	Occupati nel CFVA, Vigili del Fuoco, Forestas/ sul totale della popolazione occupata (scala comunale) oppure n per km2 confronto con regioni con copertura forestale e numero di persone impegate								
Dissesto idrogeologico	% (o n.) di Volontari di Protezione civile e altre associazione/rapportati alla superficie delle aree pericolose								

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Dissesto idrogeologico	Presenza di un sistema di monitoraggio in tempo reale del livello idrico dei corsi d'acqua per comune								
Dissesto idrogeologico	Presenza di un sistema di monitoraggio in tempo reale dei versanti in frana per comune/sul totale dei comuni								
Dissesto idrogeologico	Presenza mappe di dettaglio della pericolosità di inondazione costiera per comune /su totale comune costieri								
Dissesto idrogeologico	Presenza interventi di sistemazione idraulica realizzati/o finanziati per comune (sul totale dei comuni a rischio idraulico)								
Dissesto idrogeologico	Presenza interventi di sistemazione dei versanti realizzati/o finanziati per comune (sul totale dei comuni a rischio frana)								

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Dissesto idrogeologico	N. di verifiche di sicurezza dei canali tombati approvati per Comune con presenza di canali tombati/ (sul totale dei comuni con canali tombati)								
Dissesto idrogeologico	N. di verifiche di sicurezza infrastrutture di attraversamento viario e/o ferroviario di altre opere interferenti sul reticolo idrografico approvati per Comune in cui sono presenti/ (sul totale dei comuni con infrastrutture di quel tipo) provare solo per strade statali								
Dissesto idrogeologico	numero di comuni interessati dalla pericolosità da frana rispetto al numero totale								
Dissesto idrogeologico	numero di comuni interessati dalla pericolosità idraulica sul numero totale								
Dissesto idrogeologico	superficie interessata da pericolosità da frana/ tot regionale								

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Dissesto idrogeologico	superfici urbanizzate interessate da pericolosità idraulica/ superficie urbanizzata totale								
Dissesto idrogeologico	superfici urbanizzate interessate da pericolosità frana / superficie urbanizzata totale								
Dissesto idrogeologico	superfici agricole interessate da pericolosità idraulica/ superficie agricola totale								
Dissesto idrogeologico	superfici agricole interessate da pericolosità idraulica/ superficie agricola totale								
Dissesto idrogeologico	superficie potenzialmente interessata da inondazioni costiere sul totale della superficie dei comuni costieri								
Dissesto idrogeologico	superficie urbanizzata interessata da inondazione costiera in rapporto al totale della superficie interessata da inondazione costiera								

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Dissesto idrogeologico	Popolazione della Sardegna a rischio residente in aree a pericolosità idraulica sul totale confrontato su base nazionale								
Dissesto idrogeologico	Popolazione della Sardegna a rischio residente in aree a pericolosità frana sul totale confrontato su base nazionale								
Dissesto idrogeologico	% Persone con diploma o laurea (scala comunale)								
Dissesto idrogeologico	Presenza di un sistema di allertamento della popolazione in caso di emergenza per comune /sul totale dei comuni								
Dissesto idrogeologico	Presenza piano di manutenzione dei corsi d'acqua/canali per comune (sul totale dei comuni della Sardegna)								

Settore	Indicatore	Dati elementari	Soggetto proprietario	Formato	Portale	Nuova interrogazione	Download	Elaborazione ambiente desktop	Aggiornamento Sira
Dissesto idrogeologico	N. di verifiche di sicurezza dei canali di guardia approvati per Comune con presenza di canali di guardia/ (sul totale dei comuni con canali di guardia)								
Dissesto idrogeologico	% (o n.) di Volontari di Protezione civile e altre associazione/ popolazione con più di 16/18 anni (scala comunale) oppure n. per km2								
Dissesto idrogeologico	Numero di interventi per la difesa del suolo ultimati su base regionale rapportati alla superficie pericolosa	database ISPRA-RENDIS	ISPRA	html	ISPRA				
Dissesto idrogeologico	Numero di interventi per la difesa del suolo totali rapportati alla superficie pericolosa	database ISPRA-RENDIS	ISPRA	html	ISPRA				

Pagina lasciata bianca intenzionalmente

Conclusioni

In questo capitolo si sintetizzano le conclusioni dell'intero documento a supporto della progettazione della Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici. Il documento presenta una varietà di analisi e di risultati, che sono stati discussi nei diversi capitoli. Per seguire e ricapitolare la logica complessiva sottostante, le considerazioni conclusive sono organizzate in sotto sezioni. La prima è dedicata all'analisi climatica e alla previsione degli scenari futuri. La seconda alla valutazione della capacità di adattamento ai cambiamenti climatici. La terza riguarda lo studio della vulnerabilità e dei rischi potenziali. La quarta è incentrata sugli obiettivi strategici di adattamento al cambiamento climatico. La quinta si concentra sulla proposizione di un modello di governance degli enti interessati al cambiamento climatico. Infine, la sesta riporta le considerazioni conclusive circa l'armonizzazione della base informativa e degli indicatori nel Sistema Informativo Regionale Ambientale, un sistema a supporto delle politiche di adattamento ai cambiamenti climatici.

Analisi del clima nel recente passato e proiezioni per il futuro

Lo studio dei cambiamenti climatici di natura antropica e la valutazione dei suoi effetti interessa da diversi anni la comunità scientifica mondiale, soprattutto alla luce delle crescenti evidenze sugli impatti negativi su diversi ambiti economici e sociali. Già nel quarto rapporto di valutazione dell'IPCC (2007), si afferma che il riscaldamento globale in corso è inequivocabile. Ciò è ampiamente confermato dai dati osservati su scala globale circa l'aumento della temperatura dell'aria e degli oceani, lo scioglimento dei ghiacciai e l'aumento del livello dei mari. Si afferma, inoltre, che è estremamente probabile che le attività umane siano la causa principale dell'aumento delle concentrazioni di gas serra e del conseguente riscaldamento. L'area Mediterranea è considerata un *hot spot* dei cambiamenti climatici: dunque, anche la Sardegna risente (e risentirà) dei relativi effetti.

L'analisi condotta nel capitolo 1 mira a caratterizzare la variabilità climatica locale osservata, basandosi sull'analisi dei dati osservati disponibili, e a valutare localmente le anomalie attese in futuro per effetto dei cambiamenti climatici, considerando due diversi scenari climatici. Lo scenario RCP4.5 è uno scenario intermedio di emissione di gas serra che contempla l'efficacia di alcune misure di mitigazione. In questo scenario, gli incrementi attesi di temperatura media annuale si attesterebbero su 2-3°C, mentre le precipitazioni medie annue, pur subendo piccole riduzioni, si verificherebbero con una frequenza significativamente maggiore degli eventi idrometeorici estremi. Lo scenario RCP8.5 è, invece, caratterizzato da livelli di concentrazione di CO₂ in atmosfera più alti, associati all'assenza di misure di mitigazione, e conduce a prevedere incrementi di

temperatura media dell'ordine di 4°C per l'ultimo trentennio del XXI secolo (2071-2100), un incremento negli eventi intensi di precipitazione e una diminuzione della precipitazione totale annua. Per valutare le anomalie climatiche attese, sono stati utilizzati indicatori che, anche con il supporto di esperti locali, sono ritenuti di particolare interesse per valutare l'evoluzione di alcune caratteristiche del clima ritenute rilevanti sul territorio della Sardegna. Quest'ultima analisi è stata effettuata utilizzando proiezioni climatiche ad alta risoluzione (circa 8 km x 8 km) attualmente disponibili sul territorio italiano, pubblicate nel 2015 ed ampiamente utilizzate in Italia per lo svolgimento di diversi studi scientifici.

L'analisi dei dati climatici osservati (dati delle stazioni dell'ex Servizio Idrografico per il periodo 1951-1999) segnala un'elevata variabilità della temperatura e delle precipitazioni. La temperatura minima media annua varia tra 7,2 °C e 14,6 °C e la temperatura massima media annua tra 15,6 °C e 22,7 °C. La precipitazione media annuale varia tra 414 mm e 1119 mm. Questo ampio *range* di variazione delle medie annuali di questi indicatori rivela una varietà di situazioni microclimatiche nell'isola, che suggerisce la necessità di disporre di serie storiche di dati climatici osservati per migliorare la qualità e la risoluzione spaziale degli scenari climatici futuri. Gli indicatori selezionati per individuare eventi estremi, indicano che la Sardegna è caratterizzata da un numero medio di giorni all'anno con temperatura massima giornaliera maggiore di 30,1 °C (SU95p) che varia tra 5 e 55, con picchi di circa 55 giorni/anno a sud, mentre il numero medio di giorni all'anno con temperatura minima giornaliera al di sotto di 0 °C (FD) varia tra 0 e 12, con picchi di circa 12 giorni/anno sull'area montuosa centrale. In termini di precipitazione, la Sardegna è caratterizzata da un numero massimo di giorni annui consecutivi senza precipitazione (CDD) che varia da circa 60 a 80.

Le proiezioni climatiche per il trentennio futuro 2021-2050 indicano un generale aumento delle temperature, la cui entità dipende dallo scenario considerato, e un aumento più marcato dell'intensità degli eventi di precipitazione nella parte orientale dell'isola, per entrambi gli scenari considerati. Lo scenario futuro prospetta, quindi, una concentrazione delle precipitazioni in un numero limitato di eventi intensi, caratteristica che spesso gli scenari climatici riportano per diverse aree del mediterraneo.

Capacità di adattamento ai cambiamenti climatici

L'analisi della capacità adattativa a scala regionale, riportata in dettaglio nel capitolo 2, ha rivelato la natura complessa delle diverse questioni relative al cambiamento climatico per gli ambiti individuati come strategici per la Sardegna. La molteplicità di stakeholder coinvolti nell'analisi e le diverse prospettive di analisi offerte dalla integrazione di diversi metodi di indagine (SWOT, qualitativa, fuzzy) hanno rivelato

un quadro complessivo che offre spunti rilevanti a supporto di strategie di adattamento al cambiamento climatico per la Sardegna.

Per quanto riguarda le **acque interne**, l'analisi degli stakeholder ha messo in evidenza la prevalenza di soggetti pubblici nelle responsabilità di gestione. Questo fatto è associato alle criticità emerse dall'indagine dello stato attuale, tra cui: perdite in rete tra le più alte in Italia, scarsa qualità dell'acqua potabile distribuita in alcuni distretti, tecnologie di potabilizzazione spesso obsolete, elevata dipendenza da risorse idriche superficiali più vulnerabili all'inquinamento, ecc. Queste criticità potranno essere ulteriormente aggravate dalle pressioni climatiche future dovute, ad esempio, all'aumento dei consumi idrici in agricoltura, delle temperature e del trasporto solido nelle acque dei bacini, con conseguente maggiore rischio di processi di eutrofizzazione. Una prospettiva che rende urgenti le risposte efficaci e tempestive da parte degli Enti competenti. La Sardegna è dotata di una notevole riserva idrica legata alla capacità di invaso complessiva e ad un sistema centralizzato della governance dell'acqua che offre ampie garanzie sulla capacità di risposta, nel caso particolare degli eventi siccitosi ricorrenti. La capacità di risposta è rafforzata nei distretti, i cui invasi sono interconnessi con quelli di altri distretti. Tuttavia, l'analisi con metodo *fuzzy* per il settore idrico ha evidenziato un indice sintetico di capacità adattativa relativamente basso, per lo più associato a consapevolezza e fattori economici. Alcune di queste determinanti, come quelle relative alle condizioni di istruzione e all'economia complessiva della regione, possono essere affrontate con azioni di medio-lungo termine. Nel breve periodo, invece, appaiono strategici e potenzialmente efficaci il miglioramento delle infrastrutture e degli impianti, per risolvere alcune criticità fondamentali, come l'elevata incidenza delle perdite in rete, che si traduce anche in alti costi per il sollevamento e la distribuzione in rete, e la scarsa qualità dell'acqua per usi civili in alcuni distretti.

L'analisi della capacità di adattamento nel **sistema agricolo e dell'allevamento** zootecnico regionale indica una complessiva debolezza del sistema, che emerge anche dagli indicatori disponibili e utilizzati per l'analisi con metodo *fuzzy*. È stata riscontrata una forte convergenza degli stakeholder sull'individuazione di criticità croniche del sistema che minano la capacità di rispondere efficacemente alle sfide associate al cambiamento climatico. Tra queste, la scarsa efficacia e l'eccessiva lentezza e complessità delle procedure burocratiche per l'attuazione delle politiche di sviluppo rurale, che si contrappone a una elevata disponibilità e capacità di spesa dimostrata dalla Regione Sardegna, rispetto ad altre regioni d'Italia (ma non d'Europa). Inoltre, è emersa la cronica incapacità di aggregazione delle imprese, per quanto mascherata parzialmente dai dati statistici sulla cooperazione nel settore dell'allevamento, che, salvo rari esempi virtuosi (es. Arborea), espone le piccole imprese, in particolare, alle implacabili vicende dei mercati globali. La cooperazione nel settore ovino non ha trovato il necessario terreno fertile per la crescita del settore, a causa di lacune nella

capacità tecnica di valorizzazione delle potenzialità del latte ovino e negli aspetti manageriali e strategie di mercato. A ciò si aggiungono, nel settore suinicolo, le croniche criticità associate alle epidemie endemiche, che ancora sino a oggi hanno penalizzato lo sviluppo economico del settore. È fortemente percepita dagli stakeholder la grande potenzialità dell'immagine di genuinità e qualità dei prodotti agroalimentari sardi; immagine riconosciuta dai consumatori, tuttavia valorizzata solo in pochi casi imprenditoriali di nicchia o, comunque, troppo sporadici. La disponibilità di cospicue risorse finanziarie per l'innovazione e lo sviluppo rurale potrebbe supportare efficaci azioni di crescita del settore.

In questo contesto, le pressioni climatiche minacciano il reddito di diversi tipi di imprese agricole, con particolare attenzione per quelli più esposti a causa di rilevanti investimenti o perché più soggetti alla variabilità climatica (es. in asciutto). Le opportunità associate alla crescente incidenza di giovani e qualificati imprenditori agricoli e alla disponibilità di nuove tecnologie anche digitali, potrebbero contribuire a ridurre la differenza tra rese potenziali ed effettive delle colture e degli allevamenti o, quantomeno, i costi di produzione, e favorire l'accesso a nuovi mercati. Alle minacce climatiche, che includono le emergenze sanitarie in ambito agro-zootecnico, si associano anche quelle relative all'abbandono dei territori più marginali, con i conseguenti fenomeni di spopolamento, aumento dei rischi ambientali (es. incendi e alluvioni) e degrado ambientale, culturale ed economico.

Nell'ambito **forestale**, sono emerse diverse e contrastanti indicazioni. Nonostante la superficie boscata sia in forte crescita negli ultimi decenni, l'articolata normativa di tutela e la grande quantità di risorse pubbliche disponibili per la gestione e valorizzazione di questo patrimonio, oltre il 90% dei boschi sardi non è gestito secondo i criteri di sostenibilità dettati dal Piano Forestale Regionale, varato oltre 10 anni fa. Lo stato di abbandono, in cui versano molti boschi, li espone a rischi ambientali (incendi, dissesto), i cui costi ricadono inevitabilmente sulla collettività. La peculiarità del patrimonio forestale sardo, integrato in sistemi agro-silvo-pastorali, non è valorizzata abbastanza, rispetto agli aspetti di multifunzionalità, e al momento le opportunità appaiono sottovalutate. Gli stakeholder intervistati convergono sul fatto che si debba costruire una visione regionale dello sviluppo in ambito forestale che integri le diverse prospettive e valorizzi le peculiarità dei territori. L'aumentata frequenza di eventi climatici estremi, in particolare, siccità e precipitazioni, e la crescente diffusione di parassiti forestali, rappresentano una seria minaccia per questo settore, la cui gestione efficace e sostenibile implica imprenditorialità competente e ben equipaggiata. La carente o mancata gestione dei boschi espone i soprassuoli a costi di recupero che diventano insostenibili per le imprese e che, quindi, ricadono sulla collettività. Una particolare attenzione al riguardo merita il settore sughericolo, a cui si associano importanti servizi ecosistemici oggi non adeguatamente remunerati. Proprio la remunerazione di servizi ecosistemici, inclusi quelli culturali, turistici e ricreativi,

emerge come elemento chiave per lo sviluppo del settore in un contesto di cambiamento climatico. Gli aspetti normativi vengono percepiti prevalentemente come vincoli prescrittivi e obsoleti rispetto alla situazione attuale, quindi spesso inadeguati a favorire una gestione sostenibile del patrimonio forestale isolano, anche per la lentezza con la quale vengono adeguati alle dinamiche (es. spopolamento, abbandono) degli ultimi decenni. A queste dinamiche si sovrappongono le crescenti pressioni climatiche. Per questo comparto, l'analisi *fuzzy* ha evidenziato una capacità adattativa relativamente bassa associata soprattutto a criticità in componenti come la consapevolezza (es. livello di istruzione) e i fattori economici.

Nel caso del **rischio idrogeologico**, una criticità è rappresentata da un lento trasferimento delle prescrizioni di piano dall'amministrazione regionale e quelle locali. La Sardegna si è dotata di un Piano di Assetto Idrogeologico Regionale e di una normativa articolata che regola e, quando necessario, riduce anche drasticamente l'edificazione di nuovi insediamenti e infrastrutture in aree a rischio. Tuttavia, sono tutt'ora pochissimi i comuni sardi che hanno adeguato i propri Piani Urbanistici Comunali (PUC) a tali dispositivi sovraordinati. Una causa spesso citata è riconducibile alla percezione che l'iter di adeguamento e approvazione dei PUC sia troppo lungo e inadeguato. Inoltre, nonostante esista un Piano di Gestione del Rischio Alluvioni e un centro funzionale della protezione civile, le azioni di sensibilizzazione ed educazione della popolazione appaiono ancora insufficienti e diventano, quindi, urgenti. L'incompatibilità delle aree urbanizzate localizzate in zone ad alto rischio idrogeologico è risolvibile solo raramente con delocalizzazioni (come capitato a Tepilora). Più spesso avviene con interventi a monte di mitigazione e, a valle, di continua manutenzione delle strutture idrauliche necessarie a garantire il deflusso sicuro delle acque. Tuttavia, è noto che questi interventi non sono condotti con regolarità dalle amministrazioni competenti per molte diverse ragioni. La disponibilità di nuove tecnologie digitali e di reti *social* su *web* rappresenta una formidabile opportunità per facilitare la comunicazione e l'educazione sui comportamenti corretti da assumere in situazioni di emergenza, ma può non essere sufficiente nelle aree più a rischio inondazione o frana. In questi casi, è necessario prevedere una nuova destinazione d'uso dei terreni (es. da edificabile a agricolo; da seminativo a pascolo o prato permanente) adeguata alle specifiche situazioni, che azzeri l'esposizione ai rischi idrogeologici. Da questo punto di vista, occorre tenere conto delle risorse disponibili per questo tipo di progettualità rivolta anche alle misure non strutturali per la mitigazione, che tengano conto dei mutati scenari climatici. In questo senso, occorre sottolineare quanto rappresentino serie minacce vizi diffusi come: deroghe, rinvii, carenza di interazione tra amministrazioni competenti e scarsa diffusione della cultura ambientale.

Per tutti gli ambiti strategici considerati, l'analisi degli stakeholder ha permesso di apprezzare la concorrenza di interessi di diversi soggetti pubblici con competenze

complementari o parzialmente sovrapposte tra loro e la cui efficacia d'azione, chiaro segno di buona capacità adattativa, dipende in larga misura dalla concertazione di strategie e azioni, che raramente si verificano nella prassi corrente.

L'analisi proposta presenta due limiti: (1) tipo e numero di stakeholder coinvolti nell'indagine e (2) disponibilità di dati per la costruzione degli indicatori utilizzati per l'analisi fuzzy. L'analisi degli stakeholder richiede continue iterazioni nel tempo, per garantire la rappresentazione della più ampia varietà di prospettive. L'analisi proposta ha coinvolto diversi tipi di stakeholder chiave (attori, fruitori e soggetti con potere di controllo dei principali processi associati ai diversi ambiti strategici considerati) e, quindi, costituisce una base di informazioni sufficientemente solida. Per quanto riguarda le limitazioni relative agli indicatori, di questo si è tenuto conto nell'attribuzione dei pesi e nella discussione dei risultati conseguiti. L'analisi proposta, comunque, non può considerarsi esauriente e rappresenta un punto di partenza verso un processo che potrà e dovrà coinvolgere ulteriori soggetti pubblici e privati che in questa fase non sono stati ancora coinvolti. Per esempio, quando si considerano le imprese, non si può fare a meno di considerare gli istituti di credito, la cui strategia di finanziamento per gli investimenti non potrà non tenere conto dell'evoluzione del clima, soprattutto per le imprese maggiormente esposte.

Vulnerabilità e rischi potenziali

La valutazione della vulnerabilità e/o della propensione al rischio in seguito ai cambiamenti climatici sviluppata nel capitolo 3 è un passaggio fondamentale per l'indirizzo di efficaci politiche di adattamento al cambiamento climatico. In questo senso, la conoscenza degli elementi ambientali, sociali ed economici che determinano la vulnerabilità del territorio e la comprensione della loro interazione col clima che cambia sono elementi imprescindibili, nella prospettiva di calibrare una pianificazione territoriale, paesaggistica e ambientale attenta alla conservazione e/o valorizzazione delle risorse e alla mitigazione degli impatti attesi. Gli impatti attesi dal cambiamento climatico sono sito-specifici e richiedono quindi analisi e valutazioni ben contestualizzate e a scala appropriata, in funzione della diversa vulnerabilità dei territori, dei livelli di sviluppo economico e delle diverse capacità di adattamento locali.

L'approccio proposto in questo documento per la valutazione della vulnerabilità della Sardegna ai cambiamenti climatici si è basato sull'utilizzo di indicatori che rappresentano diversi aspetti di natura sociale, economica e ambientale del territorio. L'approccio scelto ha solide basi scientifiche, facendo tesoro della metodologia sviluppata e proposta dal Progetto LIFE Master-ADAPT e tiene conto delle raccomandazioni dell'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA).

Sono state sviluppate “catene di impatto” specifiche per il territorio, per il singolo fenomeno analizzato e per ciascun settore strategico individuato. La “catena d'impatto” è uno strumento analitico che aiuta ad approfondire, descrivere e valutare i fattori che guidano la vulnerabilità e/o la propensione al rischio nel sistema di interesse. Le catene di impatto sono utili perché non solo forniscono una comprensione più dettagliata del rischio climatico e delle sue diverse componenti, ma consentono anche di avere indicazioni operative: rappresentano cioè la base conoscitiva essenziale per guidare la successiva identificazione di obiettivi e opzioni di adattamento specifiche per rispondere al singolo rischio e settore di rilevanza.

Un punto di forza della metodologia proposta è la flessibilità e replicabilità in diversi contesti. È necessario, però, disporre dell'accesso a dati necessari per il calcolo degli indicatori da utilizzare per analizzare le diverse componenti del rischio per il territorio e il sistema in esame: pericolosità meteo-indotta, esposizione, sensibilità e capacità adattativa.

Rispetto al **comparto agricolo**, ad esempio, la catena di impatto relativa al rischio di perdita della produttività cerealicola in Sardegna ha evidenziato un livello di pericolosità meteo-indotta in classe 4 (criticità medio alta), per entrambi gli scenari climatici considerati (RCP4.5 e RCP 8.5). Nel Campidano e nella Nurra, i valori della pericolosità nelle aree più esposte (classi 2 e 3) sono caratterizzati da criticità media con lo scenario RCP 4.5 e da criticità medio alta con lo scenario RCP 8.5. Su tutta la regione, il valore medio della capacità di adattamento è in classe 4 (criticità medio alta). Questo valore, in linea con quello riportato nel capitolo 2, indica una bassa capacità di adattamento media regionale, con l'eccezione del comune di Arborea, che ricade in un livello di criticità bassa, soprattutto in riferimento alla percentuale di aree equipaggiate per l'irrigazione ed utilizzo di sistemi di irrigazione efficienti e percentuale di occupati nel settore.

L'analisi ha evidenziato come ci si possa attendere impatti maggiori per colture a ciclo primaverile-estivo e irrigue, come il mais, rispetto a colture autunno-vernine in asciutto, come il frumento. Questo effetto è attribuibile, principalmente, all'aumento di temperatura invernale e alla riduzione della durata del periodo di crescita della coltura. A questo effetto si somma la specifica risposta colturale all'incrementata concentrazione atmosferica di CO₂, che manifesta effetti positivi specialmente su colture a meccanismo fotosintetico C3 come il frumento, il riso, l'orzo, l'avena, etc., rispetto a colture C4 come ad esempio il mais e il sorgo.

L'analisi effettuata a scopo esemplificativo per la produzione cerealicola da granella su frumento e mais può essere replicata su altre colture (ad es. altre colture cerealicole, come avena e orzo, che occupano una quota importante della produzione cerealicola regionale, e/o colture ortive e da tubero, foraggere, etc.), a patto che siano disponibili dati osservati o rilevati da sperimentazioni di campo su fenologia e produzione

colturale per un sufficiente numero di anni necessario alla parametrizzazione e calibrazione dei modelli di simulazione colturale. I modelli colturali sono infatti uno strumento fondamentale non solo per stimare l'impatto dei cambiamenti climatici su uno specifico sistema colturale, ma anche per simulare gli effetti sull'agroecosistema di differenti condizioni di gestione agronomica (es. lavorazioni, rotazioni colturali, gestione della fertilizzazione e dell'irrigazione, variazione dei calendari colturali, etc.) per supportare scelte di adattamento. La piattaforma GIS-DSSAT utilizzata in questo studio è uno strumento flessibile che permette di legare i modelli di simulazione colturale, che operano generalmente a scala di campo, a una piattaforma per simulazioni spazializzate direttamente legate alla griglia del modello climatico. Uno strumento di questo tipo consente potenzialmente di fornire informazioni a livello di singolo campo o unità di gestione aziendale, per orientare le decisioni degli agricoltori. Con gli stessi strumenti è possibile anche effettuare analisi a scala territoriale (es. di bacino, comunale e/o regionale), per effettuare valutazioni utili a supportare le scelte di politica agraria. Il livello di robustezza delle informazioni ottenibili dai modelli è però strettamente dipendente dalla disponibilità e dalla qualità dei dati di input che dovrebbero idealmente derivare da dataset osservativi di lungo periodo e ad elevata risoluzione spaziale su clima, suolo e tecniche di gestione colturale.

I risultati dell'analisi della catena di impatto per il **benessere animale** mostrano una pericolosità che si attesta con entrambi gli scenari climatici in classe 2 (criticità medio bassa). L'esposizione ha una criticità bassa (valore medio regionale) mentre la capacità di adattamento regionale è caratterizzata da criticità medio alta. I risultati ottenuti indicano un rischio complessivamente moderato per il settore zootecnico. Tuttavia, bisogna tenere presente che tale analisi è fortemente condizionata dalla disponibilità di indicatori affidabili su scala comunale e che, quindi, la rappresentazione ottenuta non è da considerarsi esaustiva e potrà essere ulteriormente affinata qualora dovessero rendersi disponibili dati di maggior dettaglio per il territorio regionale, per specifiche aree di interesse e per le diverse tipologie di allevamento di particolare interesse per la regione.

Rispetto al **comparto forestale**, occorre preliminarmente ricordare che la Sardegna ha un indice di boscosità elevato: la percentuale di territori classificati come forestali, boscati e semi-naturali, è stata calcolata dall'Inventario forestale nazionale pari al 48% della superficie territoriale. Soltanto il 25% del territorio boscato regionale è soggetto ad una qualche forma di vincolo naturalistico, e circa il 65% del territorio boscato è di proprietà privata. L'attuazione del piano forestale regionale, che prevede azioni pianificatorie di tipo partecipativo a scala di distretto, da cui dovrebbero discendere i piani particolareggiati, è ancora largamente non applicata e ciò costituisce un limite a una gestione forestale sostenibile e ben pianificata e all'implementazione di strategie di adattamento coordinate sul territorio.

Secondo il quadro socio-economico emerso dallo studio, la società sarda presenta un'occupazione nel settore primario che contribuisce per solo il 7,65%, rispetto al totale dell'occupazione regionale e un numero di aziende agricole -come pure il reddito pro capite- relativamente bassi, rispetto al contesto nazionale. La situazione nel suo insieme comporta, quindi, una capacità di adattamento mediamente bassa, per quanto riguarda gli incendi, la perdita di funzioni ecosistemiche e i cambiamenti di composizione della vegetazione forestale. Da un punto di vista della governance, delle istituzioni e delle infrastrutture, invece, la bassa capacità di adattamento è controbilanciata, seppur parzialmente, da una strategia di intervento che comprende prevalentemente l'avvistamento e spegnimento degli incendi grazie ad un'infrastruttura che copre capillarmente l'intero territorio regionale e un coordinamento efficace fra gli enti preposti alla previsione e lotta attiva.

Il rischio incendi in Sardegna è già molto elevato, tenendo conto delle caratteristiche climatiche del periodo di riferimento (1981-2010) e i risultati dell'analisi rilevano un possibile ulteriore aumento della pericolosità e, quindi, un aumento degli incendi, soprattutto con lo scenario climatico RCP4.5, che -pur essendo caratterizzato da una minore concentrazione di CO₂ in atmosfera- prevede per la Sardegna una minore piovosità nel periodo estivo. Il territorio sardo risulta in classe 2 (criticità medio-bassa), per quanto riguarda l'insieme dei possibili elementi di esposizione agli incendi mentre la sensibilità risulta in classe 3 (criticità media). L'indice di capacità di adattamento a livello comunale mostra che il 70% dei comuni ricade in una classe media e la restante quota nelle classi di più alta criticità.

Per quanto riguarda le funzioni e i servizi ecosistemici, il rischio di perdita di produttività e/o cambio di composizione della vegetazione forestale indotto da un aumento di aridità risulta essere elevato (classe 4 e 5) per le formazioni forestali con esigenze idriche maggiori, come i castagneti e i querceti a caducifoglie, mentre l'impatto atteso sulle coperture forestali composte da sempreverdi (latifoglie e aghifoglie) è inferiore da questo punto di vista. L'esposizione al rischio risulta soprattutto a carico delle formazioni forestali a quote più elevate e, dunque, dei territori rurali montuosi della Sardegna, i quali sono già indeboliti dalle dinamiche demografiche e socio-economiche. La capacità di adattamento per questo settore risulta mediamente bassa (classe 4), a causa essenzialmente del basso reddito pro-capite e delle difficoltà di coinvolgimento e coordinamento dei privati proprietari dei boschi nella adozione di efficaci strategie di adattamento.

L'analisi per il settore delle **acque interne** mostra come la maggior parte del territorio regionale sia classificata in classi intermedie di pericolosità meteo-indotta, considerando variazioni medie abbastanza contenute dell'indice di aridità (rapporto tra precipitazioni ed evapotraspirazione di riferimento su base annuale). Il maggior pericolo meteo-indotto è stato identificato nello scenario climatico futuro RCP 4.5, per le minori precipitazioni previste, rispetto allo scenario climatico più estremo RCP 8.5 e,

in particolare, su zone centrali e più interne della Sardegna e a quote più elevate. Le variazioni di aridità hanno impatti potenziali sulle risorse idriche, a cui si somma l'aumento dei fabbisogni irrigui delle colture per effetto dell'aumento delle temperature.

Sulla base delle simulazioni modellistiche e delle proiezioni climatiche utilizzate, le colture principalmente influenzate dai cambiamenti climatici in termini di impatto sui fabbisogni irrigui sono quelle con periodi di crescita prevalentemente primaverili, laddove sono attesi i cali più consistenti di precipitazioni, le colture arboree sempreverdi e le colture a ciclo annuale. Le colture con stagione di crescita nel periodo estivo risultano essere quelle con minori anomalie nel fabbisogno irriguo, in quanto l'aumento di evapotraspirazione associato all'aumento di temperatura è compensato da condizioni meno critiche, in termini di precipitazioni durante l'estate. Inoltre, gli effetti dell'aumento della temperatura possono portare ad una riduzione del ciclo colturale e, conseguentemente, dei fabbisogni irrigui. Per questo, risultano maggiormente esposti i comuni con una maggiore presenza di colture a ciclo autunno-vernino (come frumento, orzo e avena), ma anche le colture arboree sempreverdi (come agrumi) e le colture foraggere irrigue.

Sui consumi di acqua associati ad altri usi civili, non sono pronosticabili variazioni dei fabbisogni in funzione dei cambiamenti climatici.

Per quanto riguarda l'esposizione nell'ambito delle acque interne, le superfici agricole irrigate ricadono principalmente nelle aree di competenza dei consorzi di bonifica e, in particolare, nella piana del Medio Campidano e dell'Oristanese, nella Nurra, nel Sulcis, nella foce del fiume Coghinas e in alcune aree irrigue della costa orientale (Muravera, Tortolì, Cedrino-Posada). Il valore medio regionale di esposizione relativamente ai fabbisogni irrigui è molto contenuto, con ben il 77% dei comuni della Sardegna nella classe di esposizione meno critica.

I comuni esposti a rischi idrici per uso civile sono, invece, sono quelli in cui la densità di popolazione è più elevata: in primis, i comuni appartenenti all'area metropolitana di Cagliari e, successivamente, i capoluoghi di provincia. La maggior parte (92% del totale) dei comuni sardi presenta un livello di esposizione più basso (in classe 1 e 2) e presenta una densità di popolazione inferiore a 150 abitanti per km². Solo dieci comuni caratterizzati da densità di popolazione superiore a 350 abitanti per km² presentano un livello di esposizione più alto (in classe 4 e 5). I flussi turistici sono largamente concentrati sulle coste: solo venti comuni ricadono nelle classi più esposte (rispettivamente classe 4 e 5) raccogliendo complessivamente il 75% degli arrivi turistici in Sardegna.

L'analisi del settore delle acque interne rileva, quindi, che i livelli più elevati di pericolosità meteo-indotta si manifestano nelle aree più interne, mentre i livelli di esposizione e sensibilità più elevata sono distribuiti lungo la fascia costiera. Va

sottolineato, però, che la maggioranza delle risorse idriche da cui dipendono anche le zone costiere si trovano nelle aree interne. Quindi, gli effetti dei cambiamenti climatici inevitabilmente influenzano anche i comuni costieri caratterizzati da maggiore esposizione.

Per poter valutare in modo più accurato l'effetto dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche, si raccomanda l'impiego di strumenti capaci di quantificare il bilancio idrico complessivo all'interno dei singoli distretti idrografici, tenendo conto della gestione integrata delle risorse idriche tra diversi settori, anche per limitare conflitti. In particolare, la Direzione Generale dell'Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna ha elaborato un bilancio idrico nel breve termine per tutti gli invasi del sistema idrico multisettoriale regionale confrontando risorse idriche con fabbisogni dei singoli settori. L'applicazione estensiva e sistematica di questa metodologia integrata e di altri metodi elaborati a cura di gruppi di lavoro UNISS in vari progetti di ricerca e sviluppo (es. H2020 SIM4NEXUS) consente di analizzare diversi aspetti del *nexus* Acqua-Energia-Cibo-Clima-Uso del Suolo e dovrebbe essere incoraggiata per lo sviluppo di un piano di adattamento ai cambiamenti climatici nel medio e lungo termine per la regione Sardegna. Queste raccomandazioni sono ancora più impellenti, vista la bassa capacità d'adattamento del settore delle acque interne che emerge da questo studio.

Per quanto riguarda il **dissesto idrogeologico**, le analisi sono state indirizzate primariamente allo sviluppo della catena d'impatto riferita al rischio di allagamento con perdita di vite umane in ambito urbano. Per ciascuna delle 6 catene d'impatto previste per il settore, si è fornito comunque uno spettro di possibili opzioni per la definizione degli scenari di pericolosità con l'utilizzo di singoli indicatori (*proxy*), diversificando la scelta in funzione del tipo di rischio allagamento/alluvione e rischio frana generalizzato, associati, rispettivamente, all'aumento degli eventi pluviometrici estremi (di elevata intensità) e alle piogge copiose di lunga durata.

I risultati ottenuti sono condizionati da tanti elementi, tra cui i limiti di rappresentazione del regime di precipitazione insiti nei modelli climatici (attenuazione dei picchi, risoluzione spaziale, etc.), gli indicatori climatici a disposizione, la scala di aggregazione comunale degli indicatori e le modalità di analisi scelte.

Gli scenari di pericolosità meteo-indotta per il rischio di allagamento in ambito urbano con possibile perdita di vite umane sono stati calcolati con due possibili combinazioni. Nella prima è stato usato un indicatore a percentile, come stima della magnitudo degli eventi di precipitazione giornaliera intensa, in cui il *proxy* è rappresentato dalle anomalie del novantanovesimo percentile della distribuzione della precipitazione giornaliera, indicato con il termine 99p. Nella seconda combinazione è stato usato un indicatore a quantile, che deriva da un'analisi statistica dei massimi di precipitazione giornaliera e permette una stima della magnitudo e della frequenza

degli eventi estremi di precipitazione. Nello specifico, il *proxy* è rappresentato dai valori delle anomalie della massima precipitazione giornaliera che mediamente si verifica con un tempo di ritorno di 50 anni, o, in sintesi, il valore del quantile di precipitazione giornaliera con tempo di ritorno di 50 anni.

I risultati delle analisi mostrano livelli di pericolosità da eventi estremi di precipitazione giornaliera particolarmente alti nelle seguenti zone: Ogliastro, Sarrabus-Gerrei, Capoterra e Cagliari. Fa eccezione il territorio del Nuorese, dove non sono evidenti scenari di comportamento critico.

Il modello di rappresentazione descritto è prevalente in entrambi gli scenari RCP per la combinazione con il percentile 99p, mentre si riduce nello scenario RCP4.5 e si diversifica nello scenario RCP8.5 per il quantile con tempo di ritorno di 50 anni.

Il confronto diretto con le mappe di pericolosità d'alluvione presenti nel Piano di Gestione Rischio Alluvioni regionale (PGRA) non è immediato, a causa di diversi limiti dettati dalla disponibilità di dati, obiettivi, tempistiche e mancanza di strumenti di valutazione comuni. Le elaborazioni del PGRA sono state effettuate infatti con strumenti modellistici differenti (trasformazioni afflussi/deflussi, idraulica delle correnti a pelo libero, etc.), di cui gli afflussi meteorici costituiscono solo una delle variabili in ingresso nel complessivo ciclo di calcolo. Inoltre, le analisi non riguardano ancora l'intero reticolo idrografico regionale e hanno scale più fini di dettaglio ed elaborazione. Tuttavia, gli scenari di pericolosità presentati e proposti potranno essere utilizzati come variabili di input per le condizioni iniziali di strumenti modellistici più completi, utilizzabili con una base dati adeguata.

L'indicatore di esposizione valuta la distribuzione degli elementi esposti sul territorio regionale. Tali elementi sono stati identificati prioritariamente come popolazione residente e zone urbanizzate. L'indicatore mostra una situazione di elevata criticità per i comuni di Cagliari e Sassari, che sono i più popolosi e hanno la maggiore estensione di superficie urbanizzata; di criticità intermedia per il comune di Olbia, per via della notevole estensione delle aree urbanizzate rispetto alla superficie comunale; e di criticità bassa per gli altri comuni della Sardegna, generalmente poco abitati e caratterizzati da un piccolo nucleo insediativo e ampie aree agricole o naturali.

L'indicatore di sensibilità è stato determinato dalla somma pesata di quattro diversi sotto-indicatori, alcuni dei quali si sono mostrati non particolarmente significativi per riuscire a discernere l'effettiva sensibilità di un territorio, rispetto ai fenomeni di allagamento presi in considerazione: tra questi, in particolare, l'indicatore relativo alle strutture strategiche, comunque presenti, seppure in numero più o meno elevato, nei diversi comuni della Sardegna. L'indicatore relativo alla popolazione sensibile, seppur significativo in termini assoluti, perde di significatività se valutato alla scala regionale. Esso, infatti, risulta particolarmente rilevante alla scala di dettaglio, quale quella ad esempio dei Piani di Protezione Civile Comunali, perché descrive il numero di soggetti

sensibili, che risiedono negli edifici ricadenti in aree a pericolosità idraulica e, quindi, potenzialmente coinvolti, in maniera diretta, dall'evento. Invece, risultano particolarmente significativi gli indicatori relativi alla percentuale di zone urbanizzate ricadenti nelle aree a pericolosità idraulica e la percentuale di canali tombati presenti nei diversi comuni, seppure, allo stato dell'arte, l'incompletezza delle informazioni potrebbe aver portato a risultati sottostimati. Infatti, molti comuni della Sardegna (355 su 377) non hanno adeguato i propri strumenti urbanistici (PUC) al PAI e, pertanto, non hanno redatto lo studio di compatibilità idraulica per l'intero territorio comunale e, di conseguenza, individuato le aree pericolose riferite al reticolo idrografico minore. In tali casi, la consistenza delle aree a pericolosità idraulica può risultare sottostimata. Per ciò che concerne, invece, i canali tombati, sarebbe opportuno conoscere i risultati delle verifiche di sicurezza idraulica, di cui non si hanno i dati, per capire se costituiscono elementi di criticità o no e se, quindi, determinano o no un effettivo aumento della sensibilità del territorio, in caso di eventi meteorici estremi.

L'analisi dell'indicatore di sensibilità segnala condizioni di maggiori criticità nei comuni di Olbia, Santa Maria Coghinas ed Assemini. Per Olbia e Assemini, il dato conferma la particolare sensibilità mostrata in passato, in occasione di esondazioni e allagamenti che produssero ingenti danni e perdite di vite umane (per i noti eventi pluviometrici estremi del 1999 e nel 2008 ad Assemini e del 2013 ad Olbia). Meno comprensibile -in prima analisi- risulta il valore attribuito a Santa Maria Coghinas, il cui abitato -in realtà- dovrebbe essere protetto dai due sbarramenti posti a monte sul fiume Coghinas nei confronti dell'azione di laminazione delle piene. Invece, l'abitato finisce molto probabilmente per risentire -in ogni caso- della presenza di aree a pericolosità idraulica nel territorio, al contrario di altri comuni in cui queste sono totalmente assenti (sia per effettiva mancanza di pericolo, sia per la mancata redazione dei necessari studi di compatibilità idraulica o di assetto idraulico richiesti dagli strumenti legislativi regionali). Diversi altri comuni della Sardegna mostrano condizioni di elevata criticità. Anche in questo caso, il riscontro appare evidente per diversi comuni, quali Villagrande Strisaili, Terralba, Arzachena, Bosa e Orosei, che sono stati tutti interessati in passato da conseguenze catastrofiche, o molto rilevanti, in occasione di afflussi meteorici estremi, mentre non risulta così evidente per gli altri comuni, che non hanno invece mostrato in passato particolare sensibilità a tali eventi.

L'indicatore di capacità di adattamento evidenzia condizioni di elevata criticità in numerosi comuni della Sardegna, molti dei quali localizzati nella Sardegna centrale, nel Sarrabus-Gerrei, nell'Oristanese e nel Sulcis-Iglesiente. Mostra, invece, condizioni non critiche la maggioranza dei comuni che si sono dotati, nell'ultimo decennio, di uno strumento urbanistico (PUC) adeguato al PAI, condizione di particolare rilevanza per la capacità di adattamento al tipo di rischio considerato, poiché comporta la conoscenza da parte di tecnici e amministratori delle aree a pericolosità idraulica presenti nel proprio territorio comunale. Tale conoscenza risulta, infatti, di

fondamentale importanza per affrontare e gestire eventi di allagamento ed esondazione e sviluppare strategie di adattamento efficaci, e lo sarebbe ancora di più se integrata con studi che permettono di simulare le aree pericolose relative agli scenari climatici futuri. A tal proposito, è importante sottolineare nuovamente come la complessità della procedura di adeguamento dei PUC al PAI e i relativi costi, oltre ai numerosi interessi in gioco, sono elementi che rallentano e, spesso, disincentivano le amministrazioni ad avviare, sviluppare e completare tale processo. Vista l'importanza strategica, si tratta quindi di un elemento che merita particolare attenzione nello sviluppo della strategia regionale di adattamento ai cambiamenti climatici.

Obiettivi strategici di adattamento al cambiamento climatico

L'analisi proposta nel capitolo 4 ha messo in luce la complessità e l'articolazione delle strategie regionali di adattamento al cambiamento climatico. La scelta di integrare approcci quantitativi *top-down* per la valutazione degli impatti con altri qualitativi *bottom-up* sulle capacità adattative e di risposta, si è rivelata efficace.

L'analisi ha messo in evidenza l'opportunità di sviluppare **strategie trasversali** comuni ai diversi settori oggetto di studio, come emerge dalle complesse interdipendenze tra i vari attori e settori esaminati.

L'adattamento al cambiamento climatico richiede interventi ritagliati sulle specifiche situazioni territoriali e imprenditoriali. Lo sviluppo di obiettivi strategici e la relativa pianificazione implica, pertanto, la strutturazione di un **sistema informativo** territoriale a elevata risoluzione spaziale e temporale, che garantisca un efficace interscambio di dati tra diversi strumenti di analisi e la disponibilità di informazioni da fonti diverse e per utenti diversi. La quantità, qualità e aggiornamento dei dati di input per gli strumenti di valutazione (es. modelli matematici per la simulazione di scenari climatici) rappresenta una fonte primaria di informazioni per la programmazione regionale in ambito agrario e ambientale. Gli sforzi in tale direzione permetterebbero di aumentare la capacità di programmazione e di sviluppo di progettualità strategica in modo significativo. Un esempio di buona pratica al riguardo è quello del sistema USDA degli Stati Uniti d'America, la cui progettazione e attuazione implica un investimento iniziale sulla rilevazione "*una tantum*" sul campo di dati oggi non disponibili (es. carta dei suoli ad alta risoluzione) e la messa a punto di un sistema di monitoraggio capillare (es. meteo e uso del suolo) che oggi può essere resa disponibile con risorse relativamente contenute, sfruttando le nuove tecnologie digitali e la disponibilità di dataset ad accesso aperto, come quelli del sistema Copernicus. La creazione di una piattaforma digitale aggiornabile e aperta (capace di far dialogare sistemi diversi) potrebbe offrire l'opportunità di valorizzare i "*big data*" prodotti da sensori prossimali (es. quelli montati sulle macchine agricole per l'agricoltura di precisione), di cui si prevede nel prossimo futuro un crescente impiego a costi sempre

più accessibili. In un intervallo temporale decennale, è potenzialmente possibile che la Sardegna possa dotarsi di un sistema informativo capace di fornire informazioni in tempo reale e ad alta risoluzione che, integrato dalla capacità di analisi dei modelli matematici, potrebbe supportare scelte adattative a diversi livelli e in diversi ambiti di attività (agricoltura, foreste, acqua e dissesto idrogeologico). In questo senso, una proposta operativa è elaborata nel capitolo 6 e sintetizzata più avanti, con riferimento agli sviluppi del Sistema Informativo Regionale Ambientale.

Un secondo macro-obiettivo strategico trasversale riguarda l'importanza della **sensibilizzazione ed educazione** alle tematiche e alle problematiche legate al cambiamento climatico, per garantire una piena consapevolezza dei rischi futuri associati alle pressioni climatiche attese e per stimolare risposte orientate anche allo sviluppo di una progettualità dal basso ben calibrata sulle specifiche esigenze locali. Questo aspetto è oggi trascurato anche dalle politiche incentivanti, che sono concentrate prevalentemente sulla mitigazione, cioè riduzioni delle emissioni di gas serra, che beneficiano di grandi risorse finanziarie, per esempio per le energie rinnovabili o il risparmio energetico. A differenza di quanto accaduto per la mitigazione, che ha favorito una concentrazione di grandi interventi alla portata di pochi grandi imprenditori, un piano di incentivazione mirato all'adattamento potrebbe garantire un percorso *"win-win"* in cui ogni imprenditore o cittadino potrebbe sviluppare un proprio progetto di percorso adattativo, la cui validità andrebbe valutata rispetto a criteri predefiniti. Le ricadute di un simile processo sarebbero così distribuite sul territorio. L'obiettivo di sensibilizzare ed educare, in questa prospettiva, rappresenta un fondamentale prerequisito per lo sviluppo di un percorso virtuoso di adattamento.

Un terzo fondamentale macro-obiettivo strategico e trasformativo riguarda la **rimessa delle procedure amministrative**, con le quali la pubblica amministrazione si rapporta alla società nei percorsi adattativi. L'attuale prassi amministrativa, in particolare quella che riguarda gli iter autorizzativi e i pagamenti dei sussidi in agricoltura, è stata oggetto di critiche unanimi (anche dagli stessi amministratori), in quanto inadeguata a tenere il passo con il mutevole contesto, non solo climatico ma anche economico e sociale. La capacità di risposta adattativa degli organi amministrativi richiede tempestività, disponibilità alla cooperazione e a *"fare rete"* tra diverse amministrazioni: atteggiamenti cioè rivolti allo sviluppo territoriale integrato più che a forme di gestione tipo *"comando e controllo"*, dimostrate inefficaci nella pratica.

Per quanto riguarda il settore delle acque interne, un macro-obiettivo strategico su cui è stata espressa piena convergenza tra gli intervistati, è la **riduzione delle perdite nelle reti idriche**, attraverso investimenti che suppliscano alla mancata manutenzione delle reti per decenni. Questo obiettivo è legato all'avvio di un piano sistematico di manutenzione ordinaria e straordinaria delle infrastrutture idriche e di un

monitoraggio in tempo reale dell'uso dell'acqua con tecnologie avanzate (es. monitoraggio remoto e prossimale dei consumi idrici in agricoltura). Questi interventi avrebbero anche il vantaggio di migliorare l'efficienza d'uso della risorsa idrica e, attraverso il coinvolgimento attivo dei singoli utenti nel monitoraggio, di aumentare la consapevolezza degli utenti, indispensabile per l'adozione di comportamenti volontari più sostenibili nella gestione dell'acqua in campo civile e agricolo.

Un ulteriore macro-obiettivo strategico è il **miglioramento della governance dell'acqua** a scala regionale, che dovrebbe prevedere ruoli sinergici e complementari dei diversi soggetti pubblici, eliminando le sovrapposizioni di competenze e funzioni, semplificando gli iter attuativi dei piani di gestione e promuovendo la ricerca scientifica orientata allo sviluppo e applicazione di nuove tecnologie (es. fonti idriche non convenzionali; previsioni meteo stagionali; integrazione di tecnologie satellitari e digitali con modelli matematici di nuova generazione).

La creazione di **osservatori agro-ecosistemici di lunga durata** è un macro-obiettivo strategico di grande rilevanza per l'adattamento al cambiamento climatico in ambito agro-zootecnico e forestale. Si tratta di investire sul monitoraggio e la sistematica raccolta di dati sul campo sulla gestione delle coltivazioni e degli allevamenti, sulla risposta delle diverse specie e varietà di colture al cambiamento climatico in termini di ciclo biologico, rese, resistenza a fitopatie e fitofagi, parametri produttivi ed ecofisiologici. I dataset agro-ambientali prodotti, resi altamente accessibili e con un'alta risoluzione spazio-temporale, sarebbero la base ideale su cui applicare strumenti modellistici capaci di simulare le risposte dinamiche degli ecosistemi con valutazioni sito-specifiche a supporto di scelte strategiche efficaci, specifiche per le diverse tipologie di imprese nei diversi territori.

Un altro macro-obiettivo per il settore agricoltura e allevamento riguarda le politiche di sviluppo rurale, che dovrebbero favorire la **progettazione "dal basso"** e incidere a scala territoriale e singola azienda, favorendo lo sviluppo di strategie ritagliate sulle specifiche esigenze locali e informate dalle innovazioni di ricerca scientifica. Nell'ambito delle strategie a scala territoriale, è di particolare interesse l'ipotesi di creare sinergie tra diversi distretti rurali per la valorizzazione delle complementarità, per esempio, tra zone marginali non irrigue in collina e montagna e zone irrigue intensive in pianura, per esempio attraverso l'interscambio di prodotti, l'aggregazione dell'offerta dei prodotti e dell'acquisto di mezzi di produzione).

Un altro esempio di strategia territoriale è la promozione della **sussidiarietà** dei privati nell'affrontare le emergenze climatiche, al fine di favorire sinergie nell'interfaccia ambiente rurale e urbano. Le imprese agricole potrebbero, infatti, integrare gli interventi della protezione civile per prevenire e affrontare situazioni di crisi associate ad eventi estremi (es. incendi e alluvioni).

L'**internazionalizzazione** del settore agro-zootecnico isolano, attraverso lo sviluppo di strategie concertate tra paesi mediterranei con problematiche simili (es. accordi di mercato internazionali; aggregazione di offerta e acquisto di materie prime), è considerata tra i macro-obiettivi strategici sistemici con alta priorità da promuovere nel medio periodo, finalizzata a garantire una maggiore stabilità attraverso la valorizzazione sinergica delle complementarità tra domanda e offerta di prodotti, conoscenza e strumenti di analisi.

Per quanto riguarda il settore delle foreste, le analisi partecipative hanno messo in evidenza una forte convergenza degli intervistati sulla necessità di gestire in modo sostenibile il patrimonio forestale regionale attraverso la piena **attuazione del Piano Forestale Regionale** su tutto il territorio interessato. È necessario promuovere strategie di pianificazione forestale a scala di distretto orientate alla diversificazione produttiva (es. valorizzazione di produzioni non legnose), alla integrazione delle valenze produttive con la conservazione della biodiversità e la fornitura di servizi ecosistemici, alla sensibilizzazione dei portatori di interesse da coinvolgere nella definizione di linee gestionali e di destinazioni funzionali più efficaci delle aree forestali. La piena attuazione del Piano Forestale e Ambientale Regionale avrà effetti anche sulla **prevenzione degli incendi boschivi** che rappresenta una priorità assoluta, anche in relazione alle ingenti risorse investite annualmente nelle campagne antincendi.

Un altro macro-obiettivo strategico da perseguire in ambito forestale è la promozione di strumenti di mobilitazione di risorse finanziarie che spesso non sono noti o sono poco considerati dai proprietari forestali (es. misure PSR incentivanti i piani di gestione forestale). In questo contesto, il PSR o altri strumenti di pianificazione, potrebbero rappresentare un'importante risorsa da valorizzare per **facilitare i rapporti pubblico-privato** nella gestione produttiva e nella protezione delle foreste a diverse scale. Questo tipo di azione è funzionale alla prevenzione o risoluzione di conflitti sulla destinazione funzionale delle foreste sarde, incentivando forme di gestione integrata con obiettivi produttivi, conservazionistici e di fruizione turistica. Lo sviluppo di **piani di gestione forestale di distretto** supportati da un **sistema di incentivazione finanziaria**, potrebbe favorire il coinvolgimento proattivo della popolazione locale in azioni di **prevenzione e autoprotezione** dal pericolo di incendio (es. gestione agropastorale per il contenimento della vegetazione erbacea e arbustiva altamente infiammabile prospiciente a infrastrutture, aree di interfaccia urbano-rurale/urbano-forestale e aree ad alta frequentazione estiva), che rappresenta una delle maggiori emergenze nelle aree forestali in Sardegna, rispetto agli scenari di cambiamento climatico previsti per i prossimi decenni.

Nell'ambito del dissesto idrogeologico, uno dei macro-obiettivi considerati prioritari dagli intervistati e dagli esperti coinvolti è lo sviluppo di un **Piano di Delocalizzazione Regionale**. Il Piano fornirebbe una mappa dettagliata delle aree a rischio inondazione destinate ad attività produttive, commerciali e residenziali, in vista di una attesa

intensificazione degli eventi estremi. Esso permetterebbe di valutare il rapporto costi-benefici e la relativa sostenibilità di ciascuna opzione di mitigazione e, nei casi più a rischio, individuerrebbe le soluzioni per le attività che dovrebbero essere soggette a spostamento e reinsediamento in aree sicure. Il tema è tuttavia particolarmente delicato in quanto riguarda i rischi concreti e tangibili di insediamenti ubicati in aree già considerate ad alto rischio, dove in alcuni casi si sono anche verificati nel recente passato eventi che hanno portato a perdite di vite umane. L'argomento è complesso e ha una natura multidimensionale in quanto riguarda l'interazione tra processi biofisici (clima, territorio) di cui è possibile prevedere entro certi limiti entità e frequenza, con processi sociali ed economici, spesso generati da scelte più o meno consapevoli fatte in passato, su cui è molto costoso e complicato tornare indietro. In questo contesto, le strategie di adattamento devono far riferimento a sistemi analitici flessibili capaci di affrontare le questioni in modo dinamico e adattativo. Date le limitate risorse in gioco per eventuali processi di delocalizzazione, le crescenti pressioni climatiche con aumento della probabilità di eventi estremi e i limiti intrinseci in certe situazioni per l'adozione di misure efficaci di protezione dalle alluvioni, il coinvolgimento dei residenti e degli attori sociali nella gestione del rischio alluvionale diventa una parte fondamentale della soluzione. La strategia deve essere fortemente contestualizzata e multidimensionale (aspetti politico, socio-economici, legali, di contenuto con misure strutturali e strumenti politici di azione, di processo che interessa le modalità di attuazione, la programmazione basata su analisi di scenario e i processi di apprendimento a diversi livelli). Le azioni possono quindi spaziare da forme assicurative relativamente semplici di compensazione del danno (es. assicurazioni), adatte alle situazioni più semplici, ad azioni più drastiche che prevedano sistemi di allerta o di soccorso nelle emergenze sino alla realizzazione di infrastrutture di protezione o in ultima analisi alla delocalizzazione degli insediamenti interessati. Il tema merita quindi un livello di approfondimento non compatibile con lo scopo di questo lavoro e interessa diversi livelli della politica e della governance a scala regionale e locale.

Per la realizzazione di un Piano di Delocalizzazione Regionale, così come per l'attuazione efficace ed efficiente di altri strumenti pianificatori come PUL, PUC, PPR, PAI, è però necessario da un lato mettere a sistema e in rete tutti i dati disponibili attualmente frammentati presso diversi Enti e Istituzioni, con l'istituzione di un Servizio Geologico Regionale, dall'altro investire su misure efficaci di educazione e sensibilizzazione, che facilitino l'adozione di scelte consapevoli *bottom-up*. La Pubblica Amministrazione dovrebbe farsi carico di una pianificazione territoriale integrata e partecipata, al fine di superare la frammentazione di competenze e la scarsa standardizzazione delle procedure e degli strumenti pianificatori tra amministrazioni, e coinvolgere la società civile per favorire una progettualità "dal basso". È inoltre percepita come fondamentale la creazione di **sistemi di allerta precoci** nelle aree a

maggior rischio, attraverso l'applicazione di nuove tecnologie, per facilitare una precoce comunicazione d'emergenza e l'educazione dei cittadini a comportamenti virtuosi nei momenti critici e lo sviluppo di sistemi di monitoraggio continuo innovativi basati per es. su *remote sensing* e applicazioni digitali.

In tutti gli ambiti strategici considerati, sono stati identificati alcuni esempi di priorità per la **ricerca scientifica**, a cui si attribuisce un ruolo particolarmente importante, sotto due principali direttrici: lo **sviluppo di tecnologie e infrastrutture innovative**, anche basate su **piattaforme digitali ad alta accessibilità**, e la ricerca di nuovi **strumenti integrati e adattativi** che permettano di coinvolgere i diversi stakeholder nella identificazione di obiettivi e priorità ma anche nel monitoraggio e la condivisione di dati e informazioni.

Governance per l'adattamento ai cambiamenti climatici

Nel capitolo 5, si è proposto uno schema complessivo per l'interpretazione di specifiche condizioni di contesto, tramite l'elaborazione di modelli innovativi di *governance* regionale per l'adattamento ai cambiamenti climatici. Ogni modello di *governance*, in questo ambito, è influenzato da fattori legali, economici, tecnologici e sociali. Innanzi tutto, è necessario sviluppare una *governance* coordinata tra autorità di settore, livelli gerarchici e scale (i.e. a partire dal contesto internazionale fino a quello locale). Il coinvolgimento attivo delle autorità regionali è un fattore di fondamentale importanza per la pianificazione e l'attuazione di strategie efficaci.

Riconosciuta la necessità di promuovere il coordinamento tra vari livelli istituzionali in senso sia verticale sia orizzontale, il modello di *governance* proposto mette a sistema attori, indicatori, dati, azioni e strumenti, fornendo un quadro delle relazioni che intercorrono tra questi, tale da favorire la trasparenza e la trasposizione di innovazioni nella governance in ambiti circoscritti a livello di intero sistema (*mainstreaming*).

Il capitolo 5 si interroga sulle proposte di *governance* focalizzandosi sui soggetti istituzionali (es. quali autorità debbano occuparsi di adattamento ai cambiamenti climatici) e sui campi (quali macro-azioni o principi debbano essere riconosciuti come fondamentali).

Rispetto al primo aspetto, lo studio ha dimostrato che attualmente ai Servizi degli assessorati della Regione Autonoma della Sardegna sono state già attribuite - stando all'analisi dei rispettivi decreti istitutivi - specifiche competenze in materia di adattamento ai cambiamenti climatici. L'autorità regionale è pertanto di fatto l'ente pubblico deputato a proporre e gestire una *governance* tematica, sfruttando risorse e competenze già disponibili e localizzate all'interno dei suoi diversi Servizi. Questa situazione di partenza facilita senz'altro l'avvio di una solida ed efficace politica regionale sui cambiamenti climatici. Una politica, cioè, che possa produrre, anche in

tempi rapidi, risultati efficaci e che tenga in considerazione le peculiarità locali e regionali già note e gestite dai relativi Servizi. I servizi della RAS sono descritti e ricostruiti nella sezione 5.2, dove è stata analizzata anche la coerenza delle competenze dei Servizi della RAS con le misure previste in materia di cambiamenti climatici a livello nazionale (i.e. SNACC e PNACC). Lo stesso capitolo 5 analizza, quale alternativa al riconoscimento del ruolo della RAS, la costituzione di un “Osservatorio” di coordinamento tra le varie autorità coinvolte – anche in considerazione di quanto previsto dal PNACC – identificando, peraltro, le caratteristiche principali dello stesso osservatorio.

L’analisi ha preso le mosse da un confronto tra i compiti esistenti e attualmente riconosciuti ai vari Servizi regionali e le macro-azioni identificate dal PNACC, ove applicabili. Il risultato di questa indagine ha evidenziato che la maggior parte delle azioni individuate dal PNACC per la macro-regione 6, in cui la Regione Sardegna ricade e concretamente applicabili a livello regionale, già rientrano all’interno dei compiti e delle competenze di specifici Servizi della RAS. Ciò conferma, pertanto, quanto emerso dall’analisi soggettiva in merito al fatto che **la RAS sia già di fatto l’ente più competente e qualificato per avviare una governance dedicata al tema in oggetto.**

Un’ulteriore analisi ha permesso di rilevare come gli obiettivi tratti dal PNACC (approccio *top-down*), siano sostanzialmente coerenti con i macro-obiettivi trasversali e i macro-obiettivi di settore che sono stati identificati nel capitolo 4 (approccio *bottom-up*), questi ultimi scaturiti dal confronto con gli stakeholder e tenendo in considerazione la valutazione degli impatti illustrata nel capitolo 3, il parere degli esperti del gruppo di lavoro e degli esperti esterni consultati. La congruenza tra il set di macro-obiettivi che derivano dalla **integrazione di approcci bottom-up e top-down**, conferma la significatività dei macro-obiettivi proposti in questo documento in relazione alla pianificazione sovraordinata e dimostra un elevato grado di consapevolezza da parte degli stakeholder intervistati sulle tematiche in oggetto.

Un altro aspetto cruciale che la proposta di schema per il modello di *governance* presenta consiste nell’urgenza di adeguare alle tematiche dell’adattamento l’intero **quadro pianificatorio e programmatico** a scala regionale e locale. Le analisi condotte sugli attuali strumenti di pianificazione e programmazione di scala regionale censiti e sulle relative Valutazioni Ambientali Strategiche che li accompagnano, hanno permesso di rilevare che i temi dell’adattamento ai cambiamenti climatici negli ultimi anni stanno cominciando a permeare le pratiche di pianificazione e valutazione ambientale con una sempre maggiore consapevolezza ed efficacia. Ad una simile evoluzione ha concorso anche la recente attribuzione di competenza in materia di cambiamenti climatici ad un Servizio regionale specifico che, in qualità di soggetto competente in materia ambientale, ha promosso l’introduzione di misure di adattamento durante i processi di elaborazione degli ultimi piani approvati. Ciò

avvalora l'idea dell'importanza di istituire un organo di gestione dedicato -come **l'Osservatorio sui cambiamenti climatici** proposto in questa sede- a cui affidare il compito di orchestrare i diversi Servizi RAS verso iniziative coordinate di adattamento a scala regionale, nonché stimolare pratiche virtuose presso le amministrazioni locali. Il coordinamento va inteso anche fra i vari settori, garantendo lo sviluppo di piani e azioni sinergiche su settori multipli e in modo da evitare conflitti fra politiche. Di particolare rilievo l'analisi di **coerenza fra i diversi piani di sviluppo**, che avrebbe anche la funzione di rendere più efficace lo sviluppo dell'economia circolare.

Se il coordinamento tra i diversi livelli di pianificazione ed il loro adeguamento alle tematiche dell'adattamento è considerato uno degli aspetti più complessi delle misure di adattamento, la **Valutazione Ambientale Strategica (VAS)**, concepita ai sensi della Direttiva europea 2001/42/CE allo scopo di arricchire piani e programmi in corso di elaborazione con opportune considerazioni di tipo ambientale, rappresenta un'importante opportunità per l'efficace integrazione del tema dell'adattamento nella pianificazione. A questo scopo, vengono proposti vari aspetti chiave, che si ritiene opportuno siano trattati nel corso delle VAS di strumenti programmatici e pianificatori, perché queste siano in grado di orientare i piani e programmi attualmente in corso di redazione verso scelte più coerenti e resilienti rispetto agli impatti attesi dai cambiamenti climatici. Simili aspetti chiave sono stati individuati in relazione alle consuete fasi della procedura e dunque includono, tra gli altri, aspetti come: l'analisi delle politiche sull'adattamento di livello nazionale ed internazionale; il coinvolgimento e la sensibilizzazione degli *stakeholder* nel corso delle fasi di partecipazione; l'analisi delle tendenze ambientali in relazione a vulnerabilità, propensione al rischio e valutazione della capacità adattativa del territorio; l'elaborazione di alternative progettuali che delineino scenari resilienti in relazione alle principali criticità riscontrate; l'elaborazione di un Piano di Monitoraggio che possa rilevare l'efficacia, in termini di adattamento ai cambiamenti climatici, delle azioni di un piano o programma. Questi aspetti, applicabili a VAS di piani e programmi di qualsiasi scala e settore, potrebbero costituire stimoli importanti rispetto ad una revisione delle procedure di VAS.

Il Sistema Informativo Regionale Ambientale (SIRA) a supporto dell'adattamento al cambiamento climatico

Le potenzialità del Sistema Informativo Regionale Ambientale (SIRA) nella attuazione di strategie di adattamento al cambiamento climatico sono state analizzate nel capitolo 6, con una sezione dedicata ai dati e indicatori utilizzati per i vari modelli sviluppati. La descrizione e l'analisi di fenomeni complessi tramite descrittori sintetici, come gli indicatori ambientali, consente di analizzarli e monitorarli in maniera consistente, ripetibile e comparabile sia nel tempo sia nello spazio. Il SIRA è

potenzialmente la fonte principale per gli indicatori utili alla conoscenza dello stato dell'ambiente della Sardegna e ne garantisce accessibilità, condivisione e continuo aggiornamento. Nella sua attuale strutturazione, il SIRA contiene già una sezione dedicata ai dati ambientali, che sono suddivisi in diverse aree tematiche e rappresentati nella modalità ritenuta più intellegibile (mappa, grafico, tabella, etc.).

Le analisi sviluppate nei capitoli 1, 2, 3 e 4 sulle conseguenze dei cambiamenti climatici sull'ambiente e sui settori prioritariamente coinvolti, ha mobilitato un vasto patrimonio informativo richiedendo il tracciamento dei dati richiesti. In questo senso, il SIRA è stato interrogato per **selezionare i dati e i metadati necessari** alla costruzione degli indicatori che definiscono il rischio meteo-indotto, la capacità adattativa e la vulnerabilità dei settori interessati. Ciò ha consentito, anzitutto, di individuare quali dati e, dunque, quali indicatori utili a sostenere una strategia regionale di adattamento ai cambiamenti climatici (SRACC) siano già contenuti nel SIRA e quali siano le principali lacune da colmare. In secondo luogo, si è proposta l'integrazione del patrimonio informativo esistente con un catasto specificamente dedicato ai cambiamenti climatici. A tal proposito, per la strutturazione del catasto degli indicatori descrittivi della vulnerabilità e del rischio dovuto ai cambiamenti climatici, diversi dati sono stati derivati da catasti già esistenti nel SIRA. Tuttavia, è necessario precisare che i dati presenti nel SIRA si sono rivelati insufficienti per derivare il set di indicatori per le valutazioni di capacità adattativa e per l'analisi delle catene di impatto, che sono state effettuate utilizzando altre fonti. È pertanto necessaria un'azione sistematica di integrazione del sistema informativo garantendo un continuo flusso di dati valorizzando anche la struttura del sistema già progettata.

La predisposizione di un'**area tematica sui cambiamenti climatici** adeguatamente popolata e aggiornata consentirebbe di mettere a disposizione una banca dati a beneficio di amministrazioni locali e progettisti chiamati a redigere appositi strumenti di pianificazione circa l'adattamento ai cambiamenti climatici. L'**aggiornamento continuo** di dati e metadati contenuti nel SIRA deve avvenire, secondo standard di struttura e di contenuto per l'informazione geografica, in maniera conforma a quanto previsto dal Repertorio Nazionale dei Dati territoriali (RNDT), che recepisce i dettami della Direttiva 2007/02/CE INSPIRE (*Infrastructure for Spatial Information in Europe*). L'adesione a questi standard garantisce la piena interoperabilità tra dataset spesso eterogenei.

Per descrivere e monitorare i cambiamenti climatici e le loro complesse conseguenze sui sistemi naturali e antropici, i settori prioritari individuati sono stati descritti per mezzo di indicatori principali e secondari. Gli **indicatori principali** rappresentano aspetti assolutamente necessari alla descrizione dello stato dei fenomeni indagati e sono stati effettivamente utilizzati. D'altra parte, gli **indicatori secondari**, non utilizzati per mancanza o indisponibilità dei dati di base, sono stati enumerati e analizzati, in quanto capaci di descrivere informazioni complementari, e dunque consigliati nella

futura implementazione della Strategia Regionale di Adattamento. Gli indicatori sono molto numerosi, non sono sempre disponibili nel SIRA e sono rappresentati in una varietà di formati (mappa, grafico, tabella, etc.). Rispetto a tale quadro, si è definita una struttura del processo di ricerca delle informazioni necessarie al popolamento degli indicatori per rendere tracciabile e replicabile il percorso di raccolta dei dati.

L'integrazione del SIRA deve avvenire, anzitutto, organizzando le informazioni già presenti sulla base dei requisiti strutturali degli indicatori ed in modo tale da renderle immediatamente fruibili. Compatibilmente con i processi di raccolta e validazione dei dati, le informazioni presenti devono essere costantemente aggiornate attraverso la progettazione di un **sistema di acquisizione dati in continuo e un controllo di qualità** ben strutturato.

In alcuni moduli di ricerca del SIRA, in particolare il Modulo Gestione Indicatori Ambientali (MGIA), è possibile costruire indicatori. Tuttavia, si è riscontrato che i dati attualmente presenti spesso non fossero aggiornati e pertanto non è stato possibile utilizzarli per le valutazioni.

Un altro aspetto importante è il **livello di disaggregazione**. Per rendere le informazioni disponibili alle amministrazioni locali con una certa efficacia, il dato dovrebbe poter essere ottenibile e visualizzabile, secondo una disaggregazione locale (comunale o provinciale). Di contro, il SIRA deve garantire la possibilità di aggiornamento anche da parte delle amministrazioni locali, che sono chiamate ad integrare le informazioni presenti con quelle prodotte nelle loro attività di pianificazione. Parallelamente, è necessario sviluppare misure strategiche, che permettano ai diversi enti produttori di dati di dialogare attraverso un flusso organizzato di dati, in modo tale che in futuro sia possibile gestire tutti gli indicatori all'interno di un unico sistema che raccolga ogni informazione necessaria.

In linea con la digitalizzazione dell'informazione, andrebbero anche prese in considerazione le enormi potenzialità di aggiornare e immagazzinare dati in automatico (per esempio con tecnologia block-chain) in modo da agevolare sensibilmente lo scambio d'informazioni fra i vari utenti, investendo però su un sistema per il controllo di qualità che permetta di garantire la affidabilità delle informazioni.

Pagina lasciata bianca intenzionalmente

Riferimenti bibliografici

Adejuwon, J. (2005, 03). Assessing The Suitability Of The Epic Crop Model For Use In The Study Of Impacts Of Climate Variability And Climate Change In West Africa. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 26(1), 44-60. doi:10.1111/j.0129-7619.2005.00203.x

Adger, W. N. (2003). Social capital, collective action, and adaptation to climate change. *Economic Geography* 79:387-404.

Adger, W. N., and K. Vincent. (2005). Uncertainty in adaptive capacity. *Comptes Rendus Geoscience* 337:399-410.

Ainsworth E.A., Long S.P., 2005. What have we learned from 15 years of free-air CO₂ enrichment (FACE)? A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant production to rising CO₂. *New Phytol* 165: 351–371.

Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. (1998) Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 56; FAO: Rome, Italy, p. 300

Amatulli, G., Camia, A., & San-Miguel-Ayanz, J. (2013) Estimating future burned areas under changing climate in the EU-Mediterranean countries. *Science of The Total Environment*. 2013; 450-451(0):209–222. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.02.014

Arbex de Castro Vilas Boas, A., Page, D., Giovinazzo, R., Bertin, N. & Fanciullino, A.-L. Combined effects of irrigation regime, genotype, and harvest stage determine tomato fruit quality and aptitude for processing into puree. *Front. Plant Sci.* 8, 1725 (2017).

Assessorato della Difesa dell'Ambiente della Regione Sardegna - Servizio Protezione civile, Tutela del suolo e Politiche forestali (2005). Progetto IFFI Regione Sardegna – Relazione tecnica e illustrativa.

ARPA Piemonte (2004). Soglie Pluviometriche. Redatto dalla Regione Piemonte per il progetto "Sistema informativo meteo-idrologico che integra le risorse osservative e modellistiche a supporto della gestione del rischio per la Protezione Civile Nazionale", convenzione tra il Dipartimento della Protezione Civile e ARPA Piemonte stipulato nel 2001 per l'assistenza alla gestione delle situazioni di rischio idro-meteorologico sul territorio nazionale.

Autorità di Bacino Regionale della Sardegna (2016). Piano di gestione del rischio di alluvioni. Relazione generale e Relazione sulle mappe di pericolosità e rischio idraulico

- Aggiornamento marzo 2016. Allegato alla Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15/03/2016.

Autorità di Bacino Regionale della Sardegna (2016). Piano di gestione del rischio di alluvioni. Repertorio dei canali tombati - Aggiornamento maggio 2017. Allegato alla Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 3 del 17/05/2017.

Bacciu, V., Spano, D., & Salis, M. (2015). Emissions from Forest Fires: Methods of Estimation and National Results. R. Valentini and F. Miglietta (eds.), *The Greenhouse Gas Balance of Italy*, Environmental Science and Engineering, DOI 10.1007/978-3-642-32424-6_6

Bacciu V., Salis M., Mastinu S., Masala F., Sirca C., Spano D. (2012). Characterization of fire regime in Sardinia (Italy). European Geosciences Union General Assembly. Vienna, Austria, April 2012. Abstract published on Geophysical Research Abstracts, Vol. 14, EGU2012-10052, 2012.

Baffo, F., Gaudio, D., & Giordano, F. (2009). L'adattamento ai cambiamenti climatici: strategie e piani in Europa. Rapporti 94/2009. Roma, Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144: ISPRA – Istituto Superiore per la protezione e la ricerca ambientale.

Bassu, S., Brisson, N., Durand, J.-L., Boote, K., Lizaso, J., Jones, J.W., Rosenzweig, C., Ruane, A.C., Adam, M., Baron, C., Basso, B., Biernath, C., Boogaard, H., Conijn, S., Corbeels, M., Deryng, D., De Sanctis, G., Gayler, S., Grassini, P., Hatfield, J., Hoek, S., Izaurralde, C., Jongschaap, R., Kemanian, A.R., Kersebaum, K.C., Kim, S.-H., Kumar, N.S., Makowski, D., Müller, C., Nendel, C., Priesack, E., Pravia, M.V., Sau, F., Shcherbak, I., Tao, F., Teixeira, E., Timlin, D., and Waha, K., 2014. How do various maize crop models vary in their responses to climate change factors? *Glob. Change Biol.* 20, 2301-2320. <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.12520>.

Batjes, N.H., 2012. ISRIC-WISE derived soil properties on a 5 by 5 arc-minutes global grid (ver. 1.2). Report 2012/01, ISRIC-World Soil Information, Wageningen (with data set available at <http://www.isric.org>) Report 2012/01. 52 pp.; 9 fig.; 6 tab.; 48 ref. (downloaded on 20th February 2012).

Bauer, A., & Steurer, R. (2014). Multi-level governance of climate change adaptation through regional partnerships in Canada and England. *Geoforum*, 51, 121-129. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.10.006>.

Bellocchi, G., Acutis, M., Fila, G., Donatelli, M., (2002). An indicator of solar radiation model performance based on a fuzzy expert system. *Agronomy Journal* 94, 1222-1233.

Bhuyan, S. J., Kalita, P. K., Janssen, K. A., & Barnes, P. L. (2002, 01). Soil loss predictions with three erosion simulation models. *Environmental Modelling & Software*, 17(2), 135-144. doi:10.1016/s1364-8152(01)00046-9

Bindi, M. and J.E. Olesen, 2011. The responses of agriculture in Europe to climate change. *Regional Environmental Change*, 11(Suppl. 1), 151-158.

Blanco, H., Alberti, M., Forsyth, A., Krizek, K. J., Rodríguez, D. A., Talen, E., & Ellis, C. (2009). Hot, congested, crowded and diverse: Emerging research agendas in planning. *Progress in Planning*, 71(4), 153-205. doi: <https://doi.org/10.1016/j.progress.2009.03.001>.

Bocchiola D., 2015. Impact of potential climate change on crop yield and water footprint of rice in the Po valley of Italy. *Agricultural Systems*, Volume 139, Pages 223–237.

Bodini, A., Cossu, Q.A. (2009). Observed trends in heavy rainfall during 2nd half of the 20th Century in an area of Sardinia (Italy) at high hydrogeological risk. *Sottoposto per la pubblicazione a NHESS*.

Bours D, McGinn C, Pringle P (2014) Twelve reasons why climate change adaptation M&E is challenging, SEA Change Community of Practice, Phnom Penh, Cambodia, and UK Climate Impacts Programme (UKCIP). Oxford, UK.

Brassard, J., & Singh, B. (2007, 04). Impacts of climate change and CO2 increase on agricultural production and adaptation options for Southern Québec, Canada. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 13(3), 241-265. doi:10.1007/s11027-007-9109-2

Brisson, N., Gate, P., Gouache, D., Charmet, G., Oury, F.-X. and Huard, F., 2010. Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France. *Field Crops Research* 119(1), 201–212 (doi: 10.1016/j.fcr.2010.07.012).

Brouwer, F.M. and van Ittersum, M., 2010. Environmental and Agricultural Modelling. *Integrated Approaches for Policy Impact Assessment*. Springer, pp. 1-325.

Brown, R. A., & Rosenberg, N. J. (1997, 02). Sensitivity of crop yield and water use to change in a range of climatic factors and CO2 concentrations: A simulation study applying EPIC to the central USA. *Agricultural and Forest Meteorology*, 83(3-4), 171-203. doi:10.1016/s0168-1923(96)02352-0

Brown, P. R., Nelson, R., Jacobs, B., Kokic, P., Tracey, J., Ahmed, M., & DeVoi, P. (2010). Enabling natural resource managers to self-assess their adaptive capacity. *Agricultural Systems*, 103(8), 562-568.

Brunetti, M., Colacino, M., Maugeri, M., Nanni, T. (2001). Trends in the daily intensity of precipitation in Italy from 1951 to 1996. *International Journal of Climatology*, 21, 299–316.

Brunetti, M., Maugeri, M., Monti, F., Nanni, T. (2006) Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenized instrumental time series. *International Journal of Climatology*, 26, 345-381.

Bucchignani, E., Montesarchio, M., Zollo, A.L., and Mercogliano, P., 2014. Regional climate simulations with COSMO-CLM over the Mediterranean area. In: *Climate change: Scenarios, impacts and policy (Proceedings of II SISC Conference)*, Venezia, 29-30 settembre 2014, pp: 338-351.

Bucchignani, E., Montesarchio, M., Zollo, A. L., & Mercogliano, P. (2016). High-resolution climate simulations with COSMO-CLM over Italy: performance evaluation and climate projections for the 21st century. *International Journal of Climatology*, 36(2), 735-756. doi:10.1002/joc.4379.

Busch G., (2006) Future European agricultural landscapes – what can we learn from existing quantitative land use scenario studies? *Agriculture, Ecosystems and Environment*: 114(1), 121-140.

Bush, M. J. (2018). *Climate Change Adaptation in Small Island Developing States*. First edition. USA and UK: John Wiley & Sons Ltd.

Cardano, M. (2008). *La ricerca qualitativa*. Il Mulino, Bologna.

Challinor, A.J., Watson, J., Lobell, D.B., 2014. A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. *Nat. Clim. Chang.* 4, 637–643.

Checkland, P.B. (1981). *Systems thinking, systems practice*. John Wiley & Sons, New York.

Ciscar, J.-C., A. Iglesias, L. Feyen, L. Szabó, D. Van Regemorter, B. Amelung, R. Nicholls, P. Watkiss, O.B. Christensen, R. Dankers, L. Garrote, C.M. Goodess, A. Hunt, A. Moreno, J. Richards, and A. Soria, 2011. Physical and economic consequences of climate change in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(7), 2678-2683.

Ciscar J.C., D. Ibarreta, A. Soria, A. Dosio, A. Toreti, A. Ceglar, D. Fumagalli, F. Dentener, R. Lecerf, A. Zucchini, L. Panarello, S. Niemeyer, I. Pérez-Domínguez, T. Fellmann, A. Kitous, J. Després, A. Christodoulou, H. Demirel, L. Alfieri, F. Dottori, M.I. Voudoukas, L. Mentaschi, E. Voukouvalas, C. Cammalleri, P. Barbosa, F. Micale, J.V. Vogt, J.I. Barredo, G. Caudullo, A. Mauri, D. de Rigo, G. Libertà, T. Houston Durrant, T. Artés Vivancos, J. San-Miguel-Ayanz, S.N. Gosling, J. Zaherpour, A. De Roo, B. Bisselink, J. Bernhard, L., Bianchi, M. Rozsai, W. Szewczyk, I. Mongelli and L. Feyen, *Climate impacts in Europe: Final report of the JRC PESETA III project*, EUR 29427 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-97218-8, doi:10.2760/93257, JRC112769.

Claessens, L., Antle, J., Stoorvogel, J., Valdivia, R., Thornton, P., & Herrero, M. (2012, 09). A method for evaluating climate change adaptation strategies for small-scale farmers using survey, experimental and modeled data. *Agricultural Systems*, 111, 85-95. doi:10.1016/j.agsy.2012.05.003

Coles, S. (2001). An introduction to statistical modeling of extreme values. London: Springer-Verlag.

Collins, K., & Ison, R. (2009a). Jumping off Arnstein's ladder: social learning as a new policy paradigm for climate change adaptation. *Environmental Policy and Governance*, 19(6), 358-373.

Collins, K., & Ison, R. (2009b). Living with environmental change: adaptation as social learning. *Environmental Policy and Governance*, 19(6), 351-357.

Commissione delle Comunità europee (2009). White Paper. Adapting to climate change: Towards a European framework for action. {SEC(2009) 386} {SEC(2009) 387} {SEC(2009) 388} /* COM/2009/0147 final */. Brussels: Commission of the European Communities.

Commissione europea (2013a). EU Adaptation Strategy. Fonte: <http://climate-adapt.eea.europa.eu/eu-adaptation-policy/strategy>. Ultimo accesso: giugno 2018.

Commissione europea (2013b). Guidance on Integrating Climate Change and Biodiversity into Strategic Environmental Assessment. Fonte: <http://ec.europa.eu/environment/eia/pdf/SEA%20Guidance.pdf>. Ultimo accesso: giugno 2018.

Corona, P., Ferrari, B., Cartisano, R., Barbati, A. (2014). Calibration assessment of forest flammability potential in Italy. *iForest* 7: 300-305 [online 2014-05-07] URL: <http://www.sisef.it/iforest/contents/?id=ifor1123-007>

Cossu, Q.A., and De Waele, J., Di Gregorio, F. (2007). Coastal Karst geomorphosites at risk? A case study: the floods of 6-11 December 2004 in centraleast Sardinia. 2007. In *Natural and Anthropogenic Hazards in Karst Areas: Recognition, Analysis and Mitigation*. Geological Society, Parise, M. and Gunn, J. (Eds), London, Special Publications, 279, 85–95. doi: 10.1144/SP279.8 0305-8719/07/.

Cossu Q.A., Bodini A., Canu S. (2009a). Vulnerabilità della regione Sardegna agli eventi estremi di precipitazione. Atti del "12mo Convegno nazionale di Agrometeorologia", Sassari, 15-17 Giugno 2009.

Cossu, Q.A., De Waele, J., Bodini, A., Sanna, L., and Cabras, S. (2009b). Peak discharge evaluation of five exceptional flash floods of 2004-2008 in Central-East Sardinia karst areas and their geomorfological effectiveness (Italy), EGU General Assembly, Vienna, Austria, 19-24 April 2009, EGU2009-4066.

Cramer et al., 2018. Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean, *Nature Climate Change* (2018). DOI: 10.1038/s41558-018-0299-2.

CREA (2015). L'AGRICOLTURA NELLA SARDEGNA IN CIFRE 2014. Rapporto a cura di Floris F., et al. ISBN 978-88-8145-329-0.

Daccache A., Lamaddalena N. (2010) Climate change impacts on pressurized irrigation systems. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Engineering Sustainability*: 163(2), 97-105.

Daccache, A., C. Keay, R.J.A. Jones, E.K. Weatherhead, M.A. Stalham, and J.W. Knox, 2012. Climate change and land suitability for potato production in England and Wales: impacts and adaptation. *Journal of Agricultural Science*, 150(2), 161-177.

Decreto legislativo 27 gennaio 2010, n. 32 "European Union (2007), Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council, of 14 March 2007, establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)".

Deidda, R., Piga, E., Sechi, G.M. (2000). Analisi regionale di frequenza delle precipitazioni intense in Sardegna. *L'Acqua* (5) Sezione I/Memorie.

Della Porta D., (2010). *L'intervista qualitativa*, Editori Laterza, Bari.

De Montis, A. (2013). Implementing strategic environmental assessment of spatial planning tools. A study on the Italian provinces. *Environmental Impact Assessment Review*, 41, 53–63.

De Montis, A., Ledda, A., Caschili, S., Ganciu, A., Barra, M. (2014). SEA effectiveness for landscape and master planning: An investigation in Sardinia. *Environmental Impact Assessment Review*, 47, p. 1-13, ISSN: 0195-9255, doi: 10.1016/j.eiar.2014.03.002.

De Montis, A., Di Cesare, E.A., Ledda, A., Trogu, D., Campagna, M., Cocco, G., Satta, G., Marcus, A. (in press, a). Integrating climate change adaptation and spatial planning: an assessment for Sardinia, Italy. *Tema. Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 11, xxx-xxx.

De Montis, A., Ledda, A., Di Cesare, E.A., Trogu, D., Campagna, M., Cocco, G., Satta, G. (in press, b). Governance and adaptation to climate change: An investigation in Sardinia. *Tema. Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 11, xxx-xxx.

Deryng, D. et al. Regional disparities in the beneficial effects of rising CO₂ concentrations on crop water productivity. *Nat. Clim. Change* 6, 786–790 (2016).

Deytieux, V., Munier-Jolain, N., & Caneill, J. (2016, 01). Assessing the sustainability of cropping systems in single- and multi-site studies. A review of methods. *European Journal of Agronomy*, 72, 107-126. doi:10.1016/j.eja.2015.10.005

Dono, G., Cortignani, R., Dell'Unto, D., Deligios, P., Doro, L., Lacetera, N., ... & Roggero, P. P. (2016). Winners and losers from climate change in agriculture: Insights from a case study in the Mediterranean basin. *Agricultural Systems*, 147, 65-75.

Dono, G., Cortignani, R., Doro, L., Giraldo, L., Ledda, L., Pasqui, M., & Roggero, P. (2013a). Adapting to uncertainty associated with short-term climate variability changes in irrigated Mediterranean farming systems. *Agricultural systems*, 117, 1-12.

Dono, G., Cortignani, R., Doro, L., Giraldo, L., Ledda, L., Pasqui, M., & Roggero, P. (2013b). An integrated assessment of the impacts of changing climate variability on agricultural productivity and profitability in an irrigated Mediterranean catchment. *Water resources management*, 27(10), 3607-3622.

Dono, G., Cortignani, R., Doro, L., Lacetera, N., Ledda, L., Pasqui, M., ... & Mazzapicchio, G. (2014). Una valutazione integrata degli impatti produttivi ed economici del cambiamento della variabilità climatica in un'area mediterranea irrigua. *QA Rivista dell'Associazione Rossi-Doria*.

Dono, G., Cortignani, R., Giraldo, L., Doro, L., Ledda, L., & Roggero, P. P. (2012). Valutare l'impatto economico e produttivo dei cambiamenti climatici in una zona di agricoltura irrigua mediterranea soggetta a scarsità idrica. *Economia e Diritto Agroalimentare*, 17(3), 395.

Dono, G., Cortignani, R., Doro, L., Giraldo, L., Ledda, L., Pasqui, M., & Roggero, P. (2013, 05). Adapting to uncertainty associated with short-term climate variability changes in irrigated Mediterranean farming systems. *Agricultural Systems*, 117, 1-12. doi:10.1016/j.agry.2013.01.005

Dono, G., Cortignani, R., Dell'unto, D., Deligios, P., Doro, L., Lacetera, N., . . . Roggero, P. P. (2016, 09). Winners and losers from climate change in agriculture: Insights from a case study in the Mediterranean basin. *Agricultural Systems*, 147, 65-75. doi:10.1016/j.agry.2016.05.013

Doorenbos J., Kassam A.H. (1979) Yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33*. Rome, FAO.

Drake BG, González-Meler MA, Long SP (1997) More Efficient Plants: A Consequence of Rising Atmospheric CO₂? *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 48:609–639 . doi: 10.1146/annurev.arplant.48.1.609.

Drobinski, P., Bastin, S., Arsouze, T., Béranger, K., Flaounas, E., and Stéfanon, M. (2018): North-Western Mediterranean Sea-Breeze Circulation in a Regional Climate System Model, *Clim. Dynam.* 51(3), pp. 1077-1093, <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3595-z>, on-line first, 2017.

EC (2013b) Guidelines on developing adaptation strategies. SWD 134:1–54. EC (2013b) Guidelines on developing adaptation strategies. SWD 134:1–54.

EC (2013c) Technical guidance on integrating climate change adaptation in programmes and investments of Cohesion Policy. SWD 135:1–30.

EEA (2009) Water Resources Across Europe – Confronting Water Scarcity and Drought. European Environment Agency (EEA), Publications Office of the European Union, Luxembourg, Luxembourg, 55 pp.

EEA (2015) National monitoring, reporting and evaluation of climate change adaptation in Europe - EEA Technical report No 20/2015.

EEA (2017a). Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016 - An indicator-based report, EEA Report N.1/2017.

EEA (2017b). Climate change adaptation and disaster risk reduction in Europe. Enhancing coherence of the knowledge base, policies and practices. EEA Report N.15/2017.

EEA (2017c). Food in a green light - A systems approach to sustainable food. EEA Report No 16/2017.

Ellis, F. (2000). Rural livelihoods and diversity in developing countries. Oxford University Press, Oxford, UK.

Engle, N. L. (2011). Adaptive capacity and its assessment. *Global Environmental Change* 21:647-656.

Engle, N.L., Lemos, M.C., (2010). Unpacking governance: Building adaptive capacity to climate change of river basins in Brazil. *Global Environmental Change* 20, 4–13
Special issue on Adaptive Capacity to Global Change in Latin America.

European Union (2007), Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council, of 14 March 2007, establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE).

Ewert, F., van Ittersum, M.K., Heckelei, T., Therond, O., Bezlepkina, I., and Andersen, E., 2011. Scale changes and model linking methods for integrated assessment of agri-environmental systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 142 (1-2), 6-17.

Ewert, F., Rötter, R., Bindi, M., Webber, H., Trnka, M., Kersebaum, K., . . . Asseng, S. (2015, 10). Crop modelling for integrated assessment of risk to food production from climate change. *Environmental Modelling & Software*, 72, 287-303.
doi:10.1016/j.envsoft.2014.12.003

Eyshi Rezaei, E., Webber, H., Gaiser, T., Naab, J. and Ewert, F., 2015. Heat stress in cereals: Mechanisms and modelling', *European Journal of Agronomy* 64, 98–113 (doi: 10.1016/j.eja.2014.10.003).

Fader M., Shi S., Von Bloh W., Bondeau A., Cramer W. (2016) Mediterranean irrigation under climate change: more efficient irrigation needed to compensate increases in irrigation water requirements. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 20, 953–973.

FAO, 2016. THE STATE OF FOOD AND AGRICULTURE. CLIMATE CHANGE, AGRICULTURE AND FOOD SECURITY. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2016.

FAO, 2013. Climate-smart agriculture. Sourcebook. E-ISBN 978-92-5-107721-4. <http://www.fao.org/docrep/018/i3325e/i3325e.pdf>

Fernando, N. et al. Rising CO₂ concentration altered wheat grain proteome and flour rheological characteristics. *Food Chem.* 170, 448–454 (2015).

Ferrara, R.M., P. Trevisiol, M. Acutis, G. Rana, G.M. Richter, and N. Baggaley, 2010. Topographic impacts on wheat yields under climate change: two contrasted case studies in Europe. *Theoretical and Applied Climatology*, 99(1-2), 53-65.

Fideli R., Marradi A., (1996) Intervista. In *Enciclopedia delle Scienze Sociali*, vol. V. Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana, pp. 71-82.

Fitzgerald, G. J. et al. Elevated atmospheric [CO₂] can dramatically increase wheat yields in semi-arid environments and buffer against heat waves. *Glob. Change Biol.* 22, 2269–2284 (2016).

Folke, C., T. Hahn, P. Olsson, and J. Norberg. (2005). Adaptive governance of social-ecological systems. *Annual Review of Environment and Resources* 30:441-473.

Fraga, H., García de Cortázar Atauri, I., Malheiro, A. C. & Santos, J. A. Modelling climate change impacts on viticultural yield, phenology and stress conditions in Europe. *Glob. Change Biol.* 22, 3774–3788 (2016).

Fraga H., Malheiroa A.C., Moutinho-Pereira J., Santos J.A., 2015a. Grapevines growing under future RCP scenarios in Europe. *Procedia Environmental Sciences* 29 (2015) 20.

Fraga H., Santos J. A., Malheiro A. C., Oliveria A. A., Moutinho-Pereira, J., Jones G. V., 2015b. Climatic suitability of Portuguese grapevine varieties and climate change adaptation. *International Journal of Climatology*. Doi: 10.1002/joc.4325.

Fundingsland Tetlow, M., Hanusch, M. (2012). Strategic environmental assessment: The state of the art. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 30(1), 15–24. doi: <https://10.1080/14615517.2012.666400>.

Funes, I. et al. Future climate change impacts on apple flowering date in a Mediterranean subbasin. *Agricult. Water Manage.* 164, 19–27 (2016).

Gabaldón-Leal, C. et al. Impacts of changes in the mean and extreme temperatures caused by climate change on olive flowering in southern Spain. *Int. J. Climatol.* 37, 940–957 (2017).

Gallo, A., Mereu, V., Trabucco, A., and Spano, D., 2015b. Changes in maturity and yield of *Triticum durum* Desf., *Triticum aestivum* L. and *Zea mays* L. in Italy under climate change. (In preparation)

Gallo, A., Mereu, V., and Spano, D., 2015c. Parameterization of CSM-CERES-Wheat and CSM-CERES-Maize models to predict phenology and yield of *Triticum durum* Desf., *Triticum aestivum* L. and *Zea mays* L. in different Italian environments. (In submission)

García-Ruiz J.M., López-Moreno J.I., Vicente-Serrano S.M., Lasanta-Martínez T., Bagería S. (2011) Mediterranean water resources in a global change scenario. *Earth-Science Reviews*: 105(3-4), 121-139.

Gassman, P. W., Williams, J. R., Wang, X., Saleh, A., Osei, E., Hauck, L. M., . . . Flowers, J. D. (2010). Invited Review Article: The Agricultural Policy/Environmental eXtender (APEX) Model: An Emerging Tool for Landscape and Watershed Environmental Analyses. *Transactions of the ASABE*, 53(3), 711-740. doi:10.13031/2013.30078

Gianturco G., (2005). *L'intervista qualitativa. Dal discorso al testo scritto*. Edizioni Angelo Guerini e Associati Spa, Milano.

Giannakopoulos, C., Le Sager, P., Bindi, M., Moriondo, M., Kostopoulou, E., and Goodess, C.M., 2009. Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2 °C global warming. *Global and Planetary Change* 68 (3), 209-224.

GIZ, Adelphi and EURAC research (2014). *The Vulnerability Sourcebook – Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments*.

GIZ & EURAC (2017). *Risk Supplement to the Vulnerability Sourcebook. Guidance on how to apply the Vulnerability Sourcebook's approach with the new IPCC AR5 concept of climate risk*. Bonn, GIZ.

Giordano, F., Capriolo, A., Mascolo, R. (2013). *Planning for adaptation to climate change-Guidelines for Municipalities*. Progetto LIFE ACT – Adapting to Climate change in Time.

Golmohammadi, G., Prasher, S., Madani, A., & Rudra, R. (2014, 05). Evaluating Three Hydrological Distributed Watershed Models: MIKE-SHE, APEX, SWAT. *Hydrology*, 1(1), 20-39. doi:10.3390/hydrology1010020

Gorden, R. L. (1975). *Interviewing: strategy, techniques and tactics*, Homewood, Ill., Dorsey Press.

Grothmann, T. (2011). *Governance Recommendations for Adaptation in European Urban Regions: Results from Five Case Studies and a European Expert Survey*. In K. Otto-Zimmermann (Ed.), *Resilient Cities. Cities and Adaptation to Climate Change*

Proceedings of the Global Forum 2010 (pp. 167-175). Netherlands: Springer Science+Business Media B.V. doi: <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0785-6>.

Gupta, J., C. Termeer, J. Klostermann, S. Meijerink, M. van den Brink, P. Jong, S. Nooteboom, and E. Bergsma. 2010. The adaptive capacity wheel: a method to assess the inherent characteristics of institutions to enable the adaptive capacity of society. *Environmental Science and Policy* 13:459-471.

Hall, L.O., Kandel, A., (1991). The evolution from expert systems to fuzzy expert systems. In: Kandel, A. (ed.) *Fuzzy expert systems theory*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 3-21.

Hammill A, Dekens J, Olivier J, et al (2014b) Monitoring and evaluating adaptation at aggregated levels: a comparative analysis of ten systems.

Harley M, van Minnen J (2009) Development of Adaptation Indicators. ETC/ACC Technical Paper 2009/6.

Haylock, M., Hofstra, N., Klein Tank, A., Klok, E., Jones, P., & New, M. (2008). A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006. *J. Geophys.* doi:10.1029/2008JD010201.

Hellies, M. (2016). Extreme rainfall regime characterization in Sardinia using daily rainfall data. Tesi Dottorato: Università degli Studi di Cagliari, DICAAR.

Hoffmann, H., Zhao, G., Asseng, S., Bindi, M., Biernath, C., Constantin, J., . . . Ewert, F. (2016, 04). Impact of Spatial Soil and Climate Input Data Aggregation on Regional Yield Simulations. *Plos One*, 11(4). doi:10.1371/journal.pone.0151782

Högy P, Poll C, Marhan S, et al (2013) Impacts of temperature increase and change in precipitation pattern on crop yield and yield quality of barley. *Food Chem* 136:1470–1477. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.09.056

Holling, C. S. (1978). *Adaptive environmental assessment and management*. John Wiley & Sons.

Hoogenboom G, Jones JW, Wilkens PW, et al (2015) Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.6 (<http://dssat.net>). Prosser, Washington

Hoogenboom, G., Jones, J.W., Porter, C.H., Wilkens, P.W., Boote, K.J., Hunt, L.A., and Tsuji, G.Y., 2010. *Decision Support System for Agrotechnology Transfer Version 4.5. Volume 1: Overview*. University of Hawaii, Honolulu, HI

Hoogenboom, G., 2000. Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications. *Agricultural and Forest Meteorology* 103 (1-2), 137-157.

Hosking, J. R., & Wallis, J. R. (1997). *Regional frequency analysis: an approach based on L-Moments*. Cambridge: Cambridge University Press.

Iglesias, A., et al., 2012, 'From climate change impacts to the development of adaptation strategies: Challenges for agriculture in Europe', *Climatic Change* 112(1), pp. 143-168 (DOI: 10.1007/s10584-011-0344-x).

INFC (2005). *Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio*.

INFC (2015) *Terzo inventario forestale nazionale*.

Iocola, I., Bassu, S., Farina, R., Antichi, D., Basso, B., Bindi, M., . . . Roggero, P. P. (2017, 10). Can conservation tillage mitigate climate change impacts in Mediterranean cereal systems? A soil organic carbon assessment using long term experiments. *European Journal of Agronomy*, 90, 96-107. doi:10.1016/j.eja.2017.07.011

IPCC (2000). *Special Report on Emissions Scenarios*. Nakicenovic N. & Swart R. (eds), Cambridge University Press, Cambridge.

IPCC (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp.

IPCC (2012): *Summary for Policymakers*. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 1-19.

IPCC (2014a): *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

IPCC (2014b): *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Summaries, Frequently Asked Questions, and Cross-Chapter Boxes. A Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 190 pp.

IPCC (2014c). *Annex II: Glossary* [Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow (eds.)]. In: *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

[Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130.

IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C. B., V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White (Eds.)]. United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.

ISMEA (2018), *Rapporto sulla gestione del rischio in Italia, Stato dell'arte e scenari evolutivi per la stabilizzazione dei redditi in agricoltura*. Gennaio 2018.

Ison R, Collins K, Colvin J, Jiggins J, Roggero PP, Seddaiu G, Steyaert P, Toderi M, Zanolli C. (2011). Sustainable catchment managing in a climate changing world: new integrative modalities for connecting policy makers scientists and other stakeholders. *Water Resour Mang*. 25:3977–3992.

ISRI (2016), *Rapporto di valutazione ex post*, [5° comma art. 86 del Reg.(CE) n.1698/2005], Versione 03.2 – Cagliari, dicembre 2016

ISPRA (2018). *Rapporti 287/2018: Trigila, A., Iadanza, C., Bussetini, M., Lastoria B. (2018). Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio*.

ISTAT (2010) VI° Censimento Agricoltura.

Ivey, J.L., Smithers, J., de Loe, R.C., Kreutzweiser, R.D., (2004). Community capacity for adaptation to climate-induced water shortages: linking institutional complexity and local actors. *Environmental Management* 33 (1), 36–47.

Izaurrealde, R. C., Williams, J. R., Post, W. M., Thomson, A. M., McGill, W. B., Owens, L. B., & Lal, R. (2006, 12). Long-term modeling of soil C erosion and sequestration at the small watershed scale. *Climatic Change*, 80(1-2), 73-90. doi:10.1007/s10584-006-9167-6

Jacob, D. et al. EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Reg. Environ. Change* 14, 563–578 (2014).

Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C. H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijsman, A.J., and Ritchie, J.T., 2003. The DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy* 18 (3-4), 235-265.

Jones, C.A. and Kiniry, J.R., 1986. *CERES-Maize: A Simulation Model of Maize Growth and Development*. Texas A & M University Press, College Station, Texas, pp. 1-194.

Juhola, S., & Westerhoff, L. (2011). Challenges of adaptation to climate change across multiple scales: A case study of network governance in two European countries. *Environmental Science and Policy*, 14(3), 239-247. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2010.12.006>.

Karl, T., Nicholls, N., & Ghazi, A. (1999). CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: Workshop summary. *Climatic Change*, 42, 3-7.

Kates RW, Travis WR, Wilbanks TJ, (2012) Transformational adaptation when incremental adaptations to climate change are insufficient. *Proc Natl Acad Sci USA* 109(19):7156–7161.

Kaufmann, J.C., (2007). *L'Intervista qualitativa*, Il Mulino IBS, Bologna.

Kersebaum, K., & Nendel, C. (2014, 01). Site-specific impacts of climate change on wheat production across regions of Germany using different CO₂ response functions. *European Journal of Agronomy*, 52, 22-32. doi:10.1016/j.eja.2013.04.005

Kersebaum, K., Boote, K., Jorgenson, J., Nendel, C., Bindi, M., Frühauf, C., . . . Wegehenkel, M. (2015, 10). Analysis and classification of data sets for calibration and validation of agro-ecosystem models. *Environmental Modelling & Software*, 72, 402-417. doi:10.1016/j.envsoft.2015.05.009

Keskitalo, E. C. H. (2010). Introduction – Adaptation to Climate Change in Europe: Theoretical Framework and Study Design. In E. C. H. Keskitalo (Ed.), *Developing Adaptation Policy and Practice in Europe: Multi-level Governance of Climate Change* (pp. 1-38). Dordrecht Heidelberg London New York: Springer Science+Business Media B.V. doi: <https://doi.org/10.1007/978-90-481-9325-7>.

Kimball B, Kobayashi K, Bindi M (2002) Responses of agricultural crops to free-air CO₂ enrichment. Elsevier {BV}

Kipling RP, Bannink A, Bellocchi G, et al (2016) Modeling European ruminant production systems: Facing the challenges of climate change. *Agric. Syst.* 147:24–37

Kollas, C., Kersebaum, K. C., Nendel, C., Manevski, K., Müller, C., Palosuo, T., . . . Wu, L. (2015, 10). Crop rotation modelling – A European model intercomparison. *European Journal of Agronomy*, 70, 98-111. doi:10.1016/j.eja.2015.06.007

Kotlarski, S., Keuler, K., Christensen, O.B., et al (2014). Regional climate modeling on European scales: A joint standard evaluation of the EURO-CORDEX RCM ensemble. *Geosci Model Dev* 7:1297–1333. doi: 10.5194/gmd-7-1297-2014.

Koutsias, N., Arianoutsou, M., Kallimanis, A.S., Mallinis, G., Halley, J.M., Dimopoulos, P. (2012). Where did the fires burn in Peloponnisos, Greece the summer of 2007? Evidence for a synergy of fuel and weather. *Agricultural and Forest Meteorology*. 156: 41-53.

Kovats, R.S., Valentini, R., Bouwer, L.M., Georgopoulou, E., Jacob, D., Martin, E., Rounsevell, M., Soussana, J.-F. (2014). Europe. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1267-1326.

Kreibich, H., Christenberger, S., Schwarze, R., 2011, Economic motivation of households to undertake private precautionary measures against floods, *Natural Hazards and Earth System Sciences* 11(2):309-321.

Kristensen, K., Schelde, K. and Olesen, J. E., 2011. Winter wheat yield response to climate variability in Denmark. *The Journal of Agricultural Science* 149(1), 33–47 (doi: 10.1017/S0021859610000675).

Krysanova, V., Dickens, C., Timmerman, J., Varela-Ortega, C., Schlüter, M., Roest, K., ... & de Pedraza Carrera, J. (2010). Cross-comparison of climate change adaptation strategies across large river basins in Europe, Africa and Asia. *Water Resources Management*, 24(14), 4121-4160.

Laore Sardegna, 2017. La filiera vitivinicola. Scenario regionale.
http://www.sardegnaagricoltura.it/documenti/14_43_20171221104424.pdf.

Langmead O., McQuatters-Gollop A., Mee L.D. (eds.) (2007) *European Lifestyles and Marine Ecosystems: Exploring Challenges for Managing Europe's Seas*. University of Plymouth Marine Institute, Plymouth, UK, 44 pp.

Larsen, S. V., Kørnøv, L., & Wejs, A. (2012). Mind the gap in SEA: An institutional perspective on why assessment of synergies amongst climate change mitigation, adaptation and other policy areas are missing. *Environmental Impact Assessment Review*, 33(1), pp. 32-40. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2011.09.003>.

Lionello, P. & Scarascia, L. The relation between climate change in the Mediterranean region and global warming. *Reg. Environ. Change* 18, 1481–1493 (2018).

Lobell, D.B. and Field, C.B. (2007) Global Scale Climate-Crop Yield Relationships and the Impacts of Recent Warming. *Environmental Resources Letter*, 2, Article ID: 014002.

Lobell DB, Schlenker W, Costa-Roberts J (2011) Climate trends and global crop production since 1980. *Science* 333:616–620 . doi: 10.1126/science.1204531

Lobell, D. B. and Gourdji S. M., 2012. The Influence of Climate Change on Global Crop Productivity. *Plant Physiol.* 2012 Dec; 160(4): 1686–1697. doi: 10.1104/pp.112.208298.

Lozano, O.M., Salis, M., Ager, A.A., Arca, B., Alcasena, F.J., Monteiro, A.T., Finney, M.A., Del Giudice, L., Scoccimarro, E., Spano, D. (2016) Assessing Climate Change Impacts on Wildfire Exposure in Mediterranean Areas. Risk Analysis. doi:10.1111/risa.12739

Majone B., Bovolo C.I., Bellin A., Blenkinsop S., Fowler H.J. (2012) Modeling the impacts of future climate change on water resources for the Gállego river basin (Spain). Water Resources Research: 48(1).

Mancosu N., Spano D., Orang M., Sarreshteh S., Snyder R.L. (2016) SIMETAW# – A Model for Agricultural Water Demand Planning. Water Resour. Manag.: 30, 541–557.

Manuale Protezione Civile (2014a) - Allegato 1 “Manuale operativo delle allerte ai fini di Protezione Civile - Procedure di allertamento del sistema regionale di protezione civile per rischio meteorologico, idrogeologico e idraulico – Allegato 1, Zone di Allerta”. Protezione Civile Regionale, approvato con Deliberazione della Giunta Regionale n. 53/25 del 29.12.2014.

Manuale Protezione Civile (2014b) “Manuale operativo delle allerte ai fini di Protezione Civile - Procedure di allertamento del sistema regionale di protezione civile per rischio meteorologico, idrogeologico e idraulico”. Protezione Civile Regionale, approvato con Deliberazione della Giunta Regionale n. 53/25 del 29.12.2014.

Marchi, L., Borga, M., Preciso, E., Gaume, E. (2010). Characterisation of Selected Extreme Flash Floods in Europe and Implications for Flood Risk Management. Journal of Hydrology 394(1-2):pp. 118-133 DOI: 10.1016/j.jhydrol.2010.07.017.

Masia S. (2017) A modeling tool to assess local and regional impact of climate change on crop water requirement in Euro-Mediterranean Countries, and assessment of Mediterranean irrigated agriculture vulnerability. Ph.D. thesis, Università di Sassari.

Masia S., Sušnik J., Marras S., Mereu S., Spano D., Trabucco A. (2018) Assessment of irrigated agriculture vulnerability under climate change in Southern Italy. Water: 10(2), 209.

Master Adapt (MAInSTreaming Experience at Regional and local level for adaptation to climate change). “Linee guida, principi e procedure standardizzate per l’analisi climatica e la valutazione della vulnerabilità a livello regionale e locale”.

Mastinu Sebastiano (2012). Il regime degli incendi in Sardegna e le condizioni meteorologiche legate alla loro insorgenza. Tesi di laurea magistrale. Università degli Studi di Sassari. Italia.

MATTM (2013). Linee guida. Documento Conclusivo Tecnico del Tavolo Tecnico Stato Regioni: Indirizzi operativi per l’attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi da alluvioni con riferimento alla predisposizione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni (Decreto

Legislativo n. 49/2010).Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e Autorità di bacino di rilievo nazionale.

MATTM (2015). Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNACC), approvata con il decreto direttoriale n. 86 del 16 giugno 2015. Fonte: http://www.pdc.minambiente.it/sites/default/files/allegati/Strategia_nazionale_adattamento_cambiamenti_climatici.pdf. Ultimo accesso: giugno 2018.

MATTM (2017). Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici. Bozza 2017 sottoposta a consultazione. Fonte: http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio_immagini/adattamenti_climatici/documento_pnacc_luglio_2017.pdf. Ultimo accesso: giugno 2018.

McLain, R. J., & Lee, R. G. (1996). Adaptive management: promises and pitfalls. *Environmental management*, 20(4), 437-448.

Melo Zurita, M., Thomsen, D., Holbrook, N., Smith, T., Lyth, A., Munro, P., De Bruin, A., Seddaiu, G., Roggero, P.P., Baird, J., Plummer, R., Bullock, R., Collins, K. & Powell, N. (2018). Global water governance and climate change: Identifying innovative arrangements for adaptive transformation. *Water*, 10(1), 29.

Meloni, B. (2008). La costruzione sociale dello sviluppo territoriale. Dal Progetto Sardegna dell’Oce alla Progettazione Integrata. In: Anfossi A. ,Socialità e organizzazione in Sardegna. Studio sulla zona di Oristano-Bosa-Macomer. CUEC, Cagliari, 9-81.

Mercogliano, P., Rianna G., 2017. Strategies to take into account variations in extreme rainfall events for design storms in urban area: an example over Naples (Southern Italy). AGU Fall Meeting 2017, New Orleans (H31A-1483).

Metzger, M. J., Rounsevell, M. D. A., Acosta-Michlik, L., Leemans, R., & Schröter, D. (2006). The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, ecosystems & environment*, 114(1), 69-85.

Mínguez, M.I., Ruiz-Ramos, M., Díaz-Ambrona, C.H., Quemada, M., and Sau, F., 2007. First-order impacts on winter and summer crops assessed with various high-resolution climate models in the Iberian Peninsula. *Climatic Change* 81 (1), 343-355

Montesperelli, P. (1998). *L'intervista ermeneutica* (Vol. 9). FrancoAngeli, Milano.

Moreira, F., Viedma, O., Arianoutsou, M., Curt, T., Koutsias, N., Rigolot, E., Barbati, A., Corona, P., Vaz, P., Xanthopoulos, G., Mouillot, F., Bilgili, E. (2011). Landscape – wildfire interactions in southern Europe: implications for landscape management. *J Environ Manage* 92: 2389–2402

Moriondo, M., Ferrise, R., Trombi, G., Brilli, L., Dibari, C., Bindi, M., 2015. Modelling olive trees and grapevines in a changing climate. *Environmental Modelling & Software* 72 (2015) 387-401.

Moriondo, M., Trombi, G., Ferrise, R., Brandani, G., Dibari, C., Amman, C.M., Mariotti- Lippi, M., Bindi, M., 2013. Olive trees as bio-indicators of climate evolution in the Mediterranean Basin. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 22, 818-833.
<http://dx.doi.org/10.1111/geb.12061>.

Morrison, M., E. Oczkowski, and J. Greig. (2011). The primacy of human capital and social capital in influencing landholders' participation in programmes designed to improve environmental outcomes. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 55:560-578.

Moser SC, Ekstrom JA (2010) A framework to diagnose barriers to climate change adaptation. *Proc Natl Acad Sci USA* 107(51):22026–22031.

Moss, R. H., Edmonds, J. A., Hibbard, K. A., Manning, M. R., Rose, S. K., Vuuren, D. P., . . . Wilbanks, T. J. (2010, 02). The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463(7282), 747-756. doi:10.1038/nature08823

Munda G., Nardo M. (2003), On the Methodological Foundations of Composite Indicators Used for Ranking Countries, OECD/JRC Workshop on Composite Indicators of Country Performance.

Munda G., Nardo M. (2005), Constructing Consistent Composite Indicators: the Issue of Wiegths, European Commission, Joint Research Centre, Institute for the Protection and Security of Citizen.OCSE/JRC (2008), Handbook on Constructing Composite Indicators, methodology and user guide; OECD Publication.

Nardo M., Saisana M., Saltelli A., Tarantola S. (2005), Tool for Composite Indicators Building, European Commission, Joint Research Centre, Institute for the Protection and Security of Citizen Econometrics and Statistical Support to Antifraud Unit.

Nelson, R., P. Kokic, S. Crimp, H. Meinke, and S. M. Howden. (2010). The vulnerability of Australian rural communities to climate variability and change: part I - conceptualising and measuring vulnerability. *Environmental Science and Policy* 13:8-17.

Nendel, C., Kersebaum, K., Mirschel, W., & Wenkel, K. (2014, 01). Testing farm management options as climate change adaptation strategies using the MONICA model. *European Journal of Agronomy*, 52, 47-56. doi:10.1016/j.eja.2012.09.005

Nguyen, T. P. L., Mula, L., Cortignani, R., Seddaiu, G., Dono, G., Viridis, S. G., ... & Roggero, P. P. (2016a). Perceptions of present and future climate change impacts on water availability for agricultural systems in the western Mediterranean region. *Water*, 8(11), 523.

Nguyen, T. P. L., Seddaiu, G., Viridis, S. G. P., Tidore, C., Pasqui, M., & Roggero, P. (2016). Perceiving to learn or learning to perceive? Understanding farmers' perceptions and adaptation to climate uncertainties. *Agricultural Systems*, 143, 205-216.

Nguyen, T. P. L., Seddaiu, G., Viridis, S. G. P., Tidore, C., Pasqui, M., & Roggero, P. (2016b). Perceiving to learn or learning to perceive? Understanding farmers' perceptions and adaptation to climate uncertainties. *Agricultural Systems*, 143, 205-216.

Notenbaert AMO, Cardoso JA, Chirinda N, et al (2017) Climate change impacts on livestock and implications for adaptation: Climate impacts on land use, food production and productivity session. Rome

Nudda, G., Botti, P., Tola, F., Chessa, M., Diana, G., Cocco, S., Delogu, G., Giannasi, M.P., Mavuli, S., Congiu, F., Muntoni, G., Pirisi, A., Sattanino, A., Pulina, G., Casula, A., Patteri, G., Bianco, G., Fiori, M., Capece, P., Bacciu, V., Salis, M., Sirca, C., Duce, P., Arca, B. (2015). Rapporto sugli incendi boschivi e rurali in Sardegna. Anno 2014. Eds. Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato alla Difesa dell'Ambiente & Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici, 74 pp. ISBN 978-889-766-606-6.

Nudda, G., Botti, P., Tola, F., Chessa, M., Diana, G., Cocco, S., Masnata, C., Congiu, F., Delogu, G., Giannasi, M.P., Mavuli, S., Muntoni, G., Pirisi, A.M., Sattanino, A., Pulina, G., Casula, A., Patteri, G., Bianco, G., Fiori, M., Capece, P., Salis, M., Sirca, C., Del Giudice, L., Scarpa, C., Lozano, O., Duce, P., Arca, B., Pellizzaro, G., Bacciu, V. (2016). Rapporto sugli incendi boschivi e rurali in Sardegna. Anno 2015. Eds. Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato alla Difesa dell'Ambiente, 80 pp. ISBN 978-88-88817-06-4.

Nudda et al. 2017. Comunicazione personale.

Ochieng, J., Kirimi, L., & Mathenge, M. (2016). Effects of climate variability and change on agricultural production: The case of small scale farmers in Kenya. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 77, 71-78. doi: <https://doi.org/10.1016/j.njas.2016.03.005>.

OECD (2008). Strategic Environmental Assessment and Adaptation to Climate Change. Organisation for Economic Co-operation and Development. Endorsed by members of the DAC Network on Environment and Development Co-operation (ENVIRONET) at their 8th Meeting on 30 October 2008. <http://www.oecd.org/dac/environment-development/42025733.pdf>.

Olesen, J. E., et al., 2011, 'Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change', *European Journal of Agronomy* 34(2), pp. 96-112 (DOI: 10.1016/j.eja.2010.11.003).

Olesen, J.E., Børgesen, C.D., Elsgaard, L., Palosuo, T., Rötter, R.P., Skjelvåg, A.O., Peltonen-Sainio, P., Börjesson, T., Trnka, M., Ewert, F., Siebert, S., Brisson, N.,

- Eitzinger, J., van Asselt, E.D., Oberforster, M., and van der Fels-Klerx, H.J., 2012. Changes in time of sowing, flowering and maturity of cereals in Europe under climate change. *Food Additives & Contaminants: Part A* 29 (10), 1527-1542.
- Olesen, J. E., 2016. Socio-economic Impacts—Agricultural Systems. In: M. Quante and F. Colijn (eds.), *North Sea Region Climate Change Assessment, Regional Climate Studies*, DOI 10.1007/978-3-319-39745-0_1.
- Pahl-Wostl, C. (2009). A conceptual framework for analysing adaptive capacity and multi-level learning processes in resource governance regimes. *Global Environmental Change* 19:354-365.
- Palosuo, T., Kersebaum, K.C., Angulo, C., Hlavinka, P., Moriondo, M., Olesen, J.E., Patil, R.H., Ruget F., Rumbaur, C., Takáč, J., Trnka, M., Bindi, M., Çaldağ, B., Ewert, F., Ferrise, R., Mirschel, W., Şaylan, L., Šiška, B., and Rötter, R., 2011. Simulation of winter wheat yield and its variability in different climates of Europe: A comparison of eight crop growth models. *European Journal of Agronomy* 35 (3), 103-114.
- Parry, M., Rosenzweig, C., and Livermore, M., 2005. Climate change, global food supply and risk of hunger. *Philosophical Transactions of The Royal Society B: Biological Sciences* 360 (1463), 2125-2138.
- Paruolo P., Saisana M., Saltelli A, (2012), Ratings and rankings: Voodoo or Science?, *Journal of the Royal Statistical Society: Series A*, 176, 3: 609 – 634.
- Pausas, J.G., (2004). Changes in fire and climate in the eastern Iberian peninsula (Mediterranean Basin). *Clim Change* 63(3):337–350
- Pausas, J.G., Fernández-Muñoz, S., (2012) *Climatic Change* 110: 215.
<https://doi.org/10.1007/s10584-011-0060-6>
- Pelling, M., and C. High. (2005). Understanding adaptation: what can social capital offer assessment of adaptive capacity? *Global Environmental Change* 15:308-319.
- Pelling, M., High, C., Dearing, J., & Smith, D. (2008). Shadow spaces for social learning: a relational understanding of adaptive capacity to climate change within organisations. *Environment and Planning A*, 40(4), 867-884.
- Pellizzaro, G., Dubrovsky, M., Bortolu, S., Ventura, A., Arca, B., Masia, P., Duce, P. (2014). Estimating live fuel status by drought indices: an approach for assessing local impact of climate change on fire danger. *Geophysical Research Abstracts Vol. 16*, EGU2014-5795.
- Peterson, T. (2001). Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001. WMO, Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071.

Pisanu, G. (2014). Analisi dei cambiamenti del regime degli incendi e dei fattori guida in Sardegna dal 1971 al 2010. Tesi di Master II Livello PIROS “Pianificazione, Prevenzione e Lotta agli Incendi Boschivi in Area Mediterranea”. Università degli Studi di Sassari. Italia.

Plummer, R. (2013). Can adaptive comanagement help to address the challenges of climate change adaptation? *Ecology and Society* 18(4): 2.

PNACC – Allegato tecnico-scientifico I “Analisi della condizione climatica attuale e futura” Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, versione luglio 2017.

PNACC – Allegato tecnico-scientifico II “Allegato tecnico all’indice di rischio climatico”. Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici PNACC, versione aprile 2018.

Pringle P, Prutsch A, Makinen K, Karali E (2017) Monitoring, Reporting and Evaluation of national level adaptation in Europe: Lessons and experiences from other policy domains. ETC/CCA Working Paper 1/ 2007.

PROTERINA C (2009-2012). Prodotti del programma Italia/Francia ‘Marittimo’ 2007-2013.

Pulina P., (2018), La valutazione delle politiche per lo sviluppo rurale nella prospettiva post 2020 *Agriregionieuropa* anno 14 n°52, Mar 2018.

Pretty, J., and H. Ward. (2001). Social capital and the environment. *World Development* 29(2):209-227.

PSR (2014-2020). Rural Development Programme (Regional) – Sardegna. Direzione Generale dell’Assessorato dell’Agricoltura e Riforma agro-pastorale. Versione 4.0. Adottato dalla CE.

Qian B, Zhang X, Chen K, et al (2010) Observed long-term trends for agroclimatic conditions in Canada. *J Appl Meteorol Climatol* 49:604–618 . doi: 10.1175/2009JAMC2275.1

Rahil, M., & Antonopoulos, V. (2007, 09). Simulating soil water flow and nitrogen dynamics in a sunflower field irrigated with reclaimed wastewater. *Agricultural Water Management*, 92(3), 142-150. doi:10.1016/j.agwat.2007.05.019

RAS (2013). Il 6° Censimento Generale dell’Agricoltura in Sardegna. Caratteristiche strutturali delle aziende agricole regionali. Redazione a cura della Presidenza Direzione generale della Programmazione unitaria e della statistica regionale. Servizio della Statistica regionale Via XXIX Novembre 1847, 23 - 09123 Cagliari.

Raymond, C. M., & Robinson, G. M. (2013). Factors affecting rural landholders' adaptation to climate change: Insights from formal institutions and communities of practice. *Global Environmental Change*, 23(1), 103-114.

Regione Autonoma della Sardegna, 2015. Relazione ricognitiva sui Consorzi di Bonifica della Sardegna e proposta di revisione della materia. Agosto 2015.

Regione Lombardia e Fondazione Lombardia per l'Ambiente, 2016. Documento di Azione Regionale per l'Adattamento al Cambiamento Climatico. Regione Lombardia (G. L. Gurrieri, N. Carfagno, A. Suppa, M. G. Pedrana) e Fondazione Lombardia per l'Ambiente (F. Piccarolo, M. Lapi, A. Ballarin Denti, M. Pregnolato, F. Fraschini, L. Cozzi).

Reginster I., Rounsevell M. (2006) Scenarios of future urban land use in Europe. *Environment and Planning B: Planning & Design*: 33(4), 619-636.

Resco P, Iglesias A, Bardaji I, Soté's V, 2016. Exploring adaptation choices for grapevine regions in Spain. *Reg Environ Change* (2016) 16:979–993. DOI 10.1007/s10113-015-0811-4.

Rianna, G., Iodice, L., Fariello, L., Guarino, F., Mercogliano, P., 2016. Stima dell'effetto dei cambiamenti climatici sui fenomeni di dissesto geo-idrologici: il caso studio della Campania centrale. *Ingegneria dell'Ambiente* 3(1).

Rickards L, Howden SM (2012) Transformational adaptation: Agriculture and climate change. *Crop Pasture Sci* 63(3):240–250.

Ritchie, J.R. and Otter, S., 1985. Description and performance of CERES-Wheat: a user-oriented wheat yield model. In: ARS Wheat Yield Project. ARS-38. Natl Tech. Info. Serv., Springfield, Missouri, pp. 159-175.

Rockel, B., Will, A., & Hense, A. (2008). The regional climate model COSMO-CLM (CCLM). *Meteorol. Z.*, 17(4), 347-348. doi:10.1127/0941-2948/2008/0309

Roos, J., Hopkins, R., Kvarnheden, A. and Dixelius, C., 2010. The impact of global warming on plant diseases and insect vectors in Sweden. *European Journal of Plant Pathology* 129, 9–19 (doi: 10.1007/s10658-010-9692-z).

Rosenberg, N.J., 2010. Climate change, agriculture, water resources: what do we tell those that need to know? *Climate Change* 100 (1), 113-117.

Runhaar, H., Wilk, B., Persson, Å., Uittenbroek, C., & Wamsler, C. (2018). Mainstreaming climate adaptation: taking stock about “what works” from empirical research worldwide. *Regional Environmental Change*, 18(4), 1201-1210. doi: <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1259-5>.

Saisana M., Saltelli A., Tarantola S. (2005), Uncertainty and sensitivity analysis techniques as tools for the quality assessment of composite indicators, *Journal of the Royal Statistical Society* 168: 307-323.

Saisana M. and Tarantola S. (2002), State-of-the-art report on current methodologies and practices for composite indicator development, EUR 20408 EN, European Commission-JRC: Italy.

Salis, M., Ager, A.A., Arca, B., et al (2013) Assessing exposure of human and ecological values to wildfire in Sardinia, Italy. *Int J Wildl Fire* 22. doi: 10.1071/WF11060

Salis, M., Alcasena, F.J., Munoz Lozano, O., et al (2014) Produzione di mappe di probabilità e di comportamento potenziale degli incendi a scala regionale con proiezioni di scenari climatici. Roma

Salis, M., Laconi, M., Ager, A.A., Alcasena, F.J., Arca, B., Lozano, O., Fernandes de Oliveira, A., Spano, D. (2016). Evaluating alternative fuel treatment strategies to reduce wildfire losses in a Mediterranean area. *Forest Ecology and Management*, 368: 207–221, DOI: 10.1016/j.foreco.2016.03.009

Salzmann, N., Huggel, C., Nussbaumer, S. U., & Ziervogel, G. (2016). Setting the Scene: Adapting to Climate Change – A Large-Scale Challenge with Local- Scale Impacts. In N. Salzmann, C. Huggel, S. U. Nussbaumer, G. Ziervogel (Eds.), *Climate Change Adaptation Strategies – An Upstream-downstream Perspective* (pp. 3-15). Switzerland: Springer International Publishing AG. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-40773-9>.

Sanginga P, Waters-Bayer A, Kaaira S, Njuki J, Wettasinha C (2009) *Innovation Africa: Enriching Farmers' Livelihoods* (Earthscan, London).

Santini, M, Collalti, A, Valentini, R. (2014) Climate change impacts on vegetation and water cycle in the Euro-Mediterranean region, studied by a likelihood approach. *Reg Environ Chang* 14:1405–1418 . doi: 10.1007/s10113-013-0582-8

Savé, R., de Herralde, F., Aranda, X., Pla, E., Pascual, D., Funes, I. and Biel, C., 2012. Potential changes in irrigation requirements and phenology of maize, apple trees and alfalfa under global change conditions in Fluvà watershed during XXIst century: Results from a modeling approximation to watershed-level water balance. *Agricultural Water Management* 114, 78–87 (doi: 10.1016/j.agwat.2012.07.006).

Schaap B.F., Blom-Zandstra M., Hermans C.M.L., Meerburg B.G., Verhagen J., 2011. Impact of climatic extremes on arable farming in the north of the Netherlands. *Reg Env Change* 11:731–741

Scoccimarro E, Gualdi S, Bellucci A, Sanna A, Fogli P, Manzini E, Vichi M, Oddo P, Navarra A. 2011. Effects of tropical cyclones on ocean heat transport in a high

resolution coupled general circulation model. *J. Clim.* 24: 4368–4384, doi: 10.1175/2011JCLI4104.1.

Semenov M and Shewry P R 2011 Modelling predicts that heat stress, not drought, will increase vulnerability of wheat in Europe *Nat. Sci. Rep.* 1 66.

Seoni, A. (2014). Modelli di preannuncio delle piene in piccoli bacini ed incertezze legate alla densità della rete pluviometrica. Tesi Dottorato. Università degli Studi di Cagliari, DICAAR.

Senatore A., Mendicino G., Smiatek G., Kunstmann H. (2011) Regional climate change projections and hydrological impact analysis for a Mediterranean basin in Southern Italy. *Journal of Hydrology*: 399(1-2), 70-92.

Silverman, D. (2002). Come fare ricerca qualitativa: una guida pratica. Carocci editore, Roma.

Sirca, C. (2014) Report sugli impatti dei cambiamenti climatici sulla pericolosità potenziale degli incendi nell'area Euro-Mediterranea.

Sirca, C., Salis, M., Arca, B., Duce, P., Spano, D. (2018). Assessing the performance of fire danger indexes in a Mediterranean area. *iForest* 11: 563-571. – doi: 10.3832/for2679-011 [online 2018-09-01]

Smit B, & Wandel J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 16, 282–292.

Smith, B., I. Burton, R. J. T. Klein, and J. Wandel. (2000). An anatomy of adaptation to climate change and variability. *Climatic Change* 45:223-251.

Snyder R.L., Geng S., Orang M., Sarreshteh S. (2012) Calculation and Simulation of Evapotranspiration of Applied Water. *J. Integr. Agric.*: 11, 489–501.

Snyder R.L., Geng S., Orang M.N., Matyac J.S., Sarreshteh S. (2004) A simulation model for ET of applied water. *Acta Horti*: 664, 623–629.

Soil Survey Staff (1999). Soil Taxonomy - A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. USDA-NRCS Agriculture Handbook Number 436.

Sotte F., (a cura di), La politica di sviluppo rurale 2007-2013, Gruppo 2013 – Quaderni, Ed. Tellus, Roma, 2009.

Sousa P.M., Trigo R.M., Aizpurua P., Nieto R., Gimeno L., Garcia-Herrera R. (2011) Trends and extremes of drought indices throughout the 20th century in the Mediterranean. *Natural Hazards and Earth System Science*: 11(1), 33-51.

Southworth J, Randolph JC, Habeck M, et al (2000) Consequences of future climate change and changing climate variability on maize yields in the midwestern United States. *Agric Ecosyst Environ* 82:139–158 . doi: 10.1016/s0167-8809(00)00223-1

Spano, D., Camia, A., Bacciu, V., Masala, F., Duguy, B., Trigo, R., et al. (2014) Recent trends in forest fires in Mediterranean areas and associated changes in fire regimes. In: Moreno J, editor. Forest fires under climate, social and economic changes in Europe, the Mediterranean and other fire-affected areas of the world. FUME. Lesson learned and outlook, p. 6–7

Steduto P., Hsiao T.C., Fereres E., Raes D. (2012) Crop yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 66. FAO, Rome.

Stock, R., Birkenholtz, T., & Garg, A. (2017). Let the people speak: improving regional adaptation policy by combining adaptive capacity assessments with vulnerability perceptions of farmers in Gujarat, India. *Climate and Development*, 1-15.

St-Pierre, N.R., B. Cobanov, and G. Schnitkey. 2003. Economic losses from heat stress by U.S. livestock industries. *J. Dairy Sci.* 86:(E. Suppl.): E52-77.

Sugeno, M. (1985). An introductory survey of fuzzy control. *Information Sciences* 36, 59-83.

Supit, I., C.A. van Diepen, A.J.W. de Wit, P. Kabat, B. Baruth, and F. Ludwig, 2010. Recent changes in the climatic yield potential of various crops in Europe. *Agricultural Systems*, 103, 683-694.

Sweeney, T.L. (1992). Modernized Areal Flash Flood Guidance, NOAA Technical Memorandum NWS Hydro 44, Silver Spring, MD.

Tan, G., & Shibasaki, R. (2003, 10). Global estimation of crop productivity and the impacts of global warming by GIS and EPIC integration. *Ecological Modelling*, 168(3), 357-370. doi:10.1016/s0304-3800(03)00146-7

Tanasijevic, L. et al. Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region. *Agricult. Water Manage.* 144, 54–68 (2014).

Tarantola S., Saltelli A. (2008), Composite indicators: the art of mixing apples and oranges, European Commission, Joint Research Centre, Institute for the Protection and Security of Citizen.

Tempels, B., Boelens, L., & Boussauw, K. (2016). Flood resilience: a co-evolutionary approach. Residents, spatial developments and flood risk management in the Dender basin.

Termeer, C., Dewulf, A., & Breeman, G. (2013). Governance of wicked climate adaptation problems. In *Climate change governance*, Springer Berlin Heidelberg.

Thomson, A. M., Izaurrealde, R. C., Rosenberg, N. J., & He, X. (2006, 06). Climate change impacts on agriculture and soil carbon sequestration potential in the Huang-

Hai Plain of China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 114(2-4), 195-209.
doi:10.1016/j.agee.2005.11.001

Trabucco, A., Gallo, A., Mereu, V., and Spano, D., 2014. GIS DSSAT: GIS spatial platform analyzing yield and crop risk for climate time-series geodatasets. Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC). Annual meeting. 10th-13th June, 2014. Marina di Ugento, Lecce, Italy.

Trnka, M., Rötter, R. P., Ruiz-Ramos, M., Kersebaum, K. C., Olesen, J. E., Žalud, Z. and Semenov, M. A., 2014. Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. *Nature Climate Change* 4(7), 637–643 (doi: 10.1038/nclimate2242).

Trnka M, Brázdil R, Olesen JE, Eitzinger J, Zahradníček P, Kocmánková E, Dobrovolný P, Štěpánek P, Možný M, Bartošová L, Hlavinka P, Semerádová D, Valášek H, Havlíček M, Horáková V, Fischer M, Žalud Z (2012) Could the changes in regional crop yield be a pointer of climatic change? *Agric Forest Meteorol* 166-167:62–71.

Trnka, M., Olesen, J. E., Kersebaum, K. C., Skjelvåg, A. O., Eitzinger, J., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., Rötter, R., Iglesias, A., Orlandini, S., Dubrovský, M., Hlavinka, P., Balek, J., Eckersten, H., Cloppet, E., Calanca, P., Gobin, A., Vučetić, V., Nejedlik, P. et al., 2011. Agroclimatic conditions in Europe under climate change, *Global Change Biology* 17(7), 2 298–2 318 (doi: 10.1111/j.1365-2486.2011.02396.x).

Turco, M, Bedia, J, Di Liberto, F, Fiorucci, P, von Hardenberg, J, Koutsias, N, et al. (2016) Decreasing Fires in Mediterranean Europe. *PLoS ONE* 11(3): e0150663.
doi:10.1371/journal.pone.0150663

UNEP (United Nations Environment Programme) (1997) World atlas of desertification 2ED. UNEP, London.

van der Velde M., Wriedt G., Bouraoui F. (2010) Estimating irrigation use and effects on maize yield during the 2003 heatwave in France. *Agriculture Ecosystems & Environment*: 135(1-2), 90-97.

Varnes & IAEG Commission on Landslides (1984). *Landslides Hazard Zonation – a review of principles and practice*. UNESCO, Paris.

Ventroni, M. (2017). On coastal flooding: from extreme offshore wave climate characterization to wave runup simulation with online-coupled numerical models. *Tesi Dottorato*. Università degli Studi di Cagliari, DICAAR.

Vermeulen SJ, et al. (2012) Options for support to agriculture and food security under climate change. *Environ Sci Policy* 15(1):136–144.

Van der Werf, H.M.G., Zimmer, C., (1998). An indicator of pesticide environmental impact based on a fuzzy expert system. *Chemosphere* 36, 2225-2249.

Viedma, O., Moity, N., Moreno, J.M. (2015) Changes in landscape fire-hazard during the second half of the 20th century: Agriculture abandonment and the changing role of driving actors. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 207:126–140. doi: 10.1016/j.agee.2015.04.011

Wagner, T., Themeßl, M., Schüppel, A., et al (2017). Impacts of climate change on stream flow and hydro power generation in the Alpine region. *Environ Earth Sci* 76:4. doi: 10.1007/s12665-016-6318-6.

Wallach, D., Mearns, L. O., Ruane, A. C., Rötter, R. P., & Asseng, S. (2016, 09). Lessons from climate modeling on the design and use of ensembles for crop modeling. *Climatic Change*, 139(3-4), 551-564. doi:10.1007/s10584-016-1803-1

Wallor, E., Kersebaum, K., Ventrella, D., Bindi, M., Cammarano, D., Coucheney, E., . . . Trombi, G. (2018, 11). The response of process-based agro-ecosystem models to within-field variability in site conditions. *Field Crops Research*, 228, 1-19. doi:10.1016/j.fcr.2018.08.021

Wang, E., Xin, C., Williams, J. R., & Xu, C. (2006). Predicting Soil Erosion for Alternative Land Uses. *Journal of Environment Quality*, 35(2), 459. doi:10.2134/jeq2005.0063

Wang, X., Hoffman, D. W., Wolfe, J. E., Williams, J. R., & Fox, W. E. (2009). Modeling the Effectiveness of Conservation Practices at Shoal Creek Watershed, Texas, using APEX. *Transactions of the ASABE*, 52(4), 1181-1192. doi:10.13031/2013.27794

Wang, X., Williams, J. R., Gassman, P. W., Baffaut, C., Izaurrealde, R. C., Jeong, J., & Kiniry, J. R. (2012). EPIC and APEX: Model Use, Calibration, and Validation. *Transactions of the ASABE*, 55(4), 1447-1462. doi:10.13031/2013.42253

Wende, W., Bond, A., Bobylev, N., & Stratmann, L. (2012). Climate change mitigation and adaptation in strategic environmental assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 32(1), pp. 88-93. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2011.04.003>.

White, J.W., Hoogenboom, G., Kimball, B.A., and Wall, G.W., 2011. Methodologies for simulating impacts of climate change on crop production. *Field Crop Research* 124 (3), 357-368.

Williams, J. R. & Izaurrealde, R. C. (2006). The APEX model. In: V. P. Singh & D. K. Frevert (Ed.), *Watershed models* (437-482). Taylor & Francis.

Williams, J. R. (1995). The EPIC model. In: V. P. Singh (Ed.). *Computer Models of Watershed Hydrology* (909–1000). Water Resources Publications.

Williams, J. R., Izaurrealde, R. C., Williams, C., Steglich, E. M. (2015). *Agricultural Policy/Environmental eXtender Model Theoretical Documentation*. Version 0806. October 2015.

Wise, R. M., Fazey, I., Smith, M. S., Park, S. E., Eakin, H. C., Van Garderen, E. A., & Campbell, B. (2014). Reconceptualising adaptation to climate change as part of pathways of change and response. *Global Environmental Change*, 28, 325-336.

Wolf, J. (2011). Climate Change Adaptation as a Social Process. In J. D. Ford, L. Berrang-Ford (Eds.), *Climate Change Adaptation in Developed Nations - From Theory to Practice* (pp. 21-32). Dordrecht Heidelberg London New York: Springer Science+Business Media B.V. doi: <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0567-8>.

World Bank (2007) Guidance Note 7: Evaluating Adaptation via Economic Analysis. Guidance Notes Series, Mainstreaming Adaptation to Climate Change in Agriculture and Natural Resources Management Projects, Climate Change Team Environment Department, World Bank, Washington DC, USA, 18 pp.

Xanthopoulos, G., Calfapietra, C., Fernandes, P. (2012). Fire hazard and flammability of European forest types. In: "Post-fire management and restoration of Southern European forests" (Moreira F, Arianoutsou M, Corona P, De Las Heras G eds). *Managing Forest Ecosystems* 24, Springer, Berlin, Germany, pp. 79-92.

Yano T, Aydin M, Haraguchi T (2007) Impact of Climate Change on Irrigation Demand and Crop Growth in a Mediterranean Environment of Turkey. *Sensors* 7:2297–2315 . doi: 10.3390/s7102297.

Zhao, G., Hoffmann, H., Bussel, L. V., Enders, A., Specka, X., Sosa, C., . . . Ewert, F. (2015, 09). Effect of weather data aggregation on regional crop simulation for different crops, production conditions, and response variables. *Climate Research*, 65, 141-157. doi:10.3354/cr01301

Zollo, A. L., Rillo, V., Bucchignani, E., Montesarchio, M., & Mercogliano, P. (2016). Extreme temperature and precipitation events over Italy: assessment of high resolution simulations with COSMO-CLM and future scenarios. *International Journal of Climatology*, 36(2), 987-1004. doi:10.1002/joc.4401.

Sitografia

- <http://etccdi.pacificclimate.org/index.shtm>
- http://www.sardegnaambiente.it/documenti/21_162_20100212115613.pdf
- <http://www.sar.sardegna.it/pubblicazioni/notetecniche/nota2/index.asp>
- <http://www.ecad.eu/download/ensembles/download.php#datafiles>
- <http://www.regione.sardegna.it/pianogestionerischioalluvioni/elaborati/>
- <http://www.nws.noaa.gov/oh/rfcdev/docs/ffgitreport.pdf>

- http://antares.crea.gov.it:8080/documents/10179/124894/SardegnaConta2015_Web01.pdf
- <http://censimentoagricoltura.istat.it/>
- http://www.regione.sardegna.it/speciali/programmasvilupporurale/sites/default/files/allegati_upload/PSR%20Sardegna%20versione%204.0.pdf
- http://www.sardegna statistiche.it/documenti/12_103_20130710170153.pdf
- <http://www.minambiente.it/pagina/zone-umide-di-importanza-internazionale-ai-sensi-della-convenzione-di-ramsar>
- <http://www.minambiente.it/pagina/rete-natura-2000>
- <http://www.minambiente.it/pagina/sic-zsc-e-zps-italia>
- <http://intranet.sardegnaambiente.it/sira-webinsediamenti/index.spr>
- <http://geodati.gov.it/geoportale/>
- <http://www.minambiente.it/>
- <https://portal.sardegna sira.it/web/sardegnaambiente/cambiamenti-climatici>
- Piano di gestione del distretto idrografico della Sardegna:
<http://www.regione.sardegna.it/speciali/pianogestionedistrettoidrografico/>
- Programma di Sviluppo Rurale della Sardegna:
- <http://www.regione.sardegna.it/speciali/programmasvilupporurale/benvenuto-sul-sito-del-psr-2014-2020>
- ISTAT censimento dell'agricoltura 2010 : <http://dati-censimentoagricoltura.istat.it/Index.aspx#>
- [1]
<https://www.regione.sardegna.it/j/v/2420?s=1&v=9&c=14012&na=1&n=10&tb=14006&esp=1>
- [2] <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/mosaicature-nazionali-ispra-pericolosita-frane-alluvioni>
- [3] <https://www.istat.it/it/censimenti-permanenti/censimenti-precedenti/popolazione-e-abitazioni/popolazione-2011>
- <http://www.minambiente.it/pagina/zone-umide-di-importanza-internazionale-ai-sensi-della-convenzione-di-ramsar>
- <http://www.minambiente.it/pagina/rete-natura-2000>
- <http://www.minambiente.it/pagina/sic-zsc-e-zps-italia>
- <http://www.minambiente.it/pagina/zone-umide-di-importanza-internazionale-ai-sensi-della-convenzione-di-ramsar>

- <http://www.minambiente.it/pagina/rete-natura-2000>
- <http://www.minambiente.it/pagina/sic-zsc-e-zps-italia>
- <http://www.minambiente.it/pagina/consultazione-su-piano-nazionale-adattamento-cambiamenti-climatici>
- http://sito.entecra.it/portale/cra_dati_istituto.php?id=205
- <http://www.informatoreagrario.it/>
- <http://www.pik-potsdam.de/~mmalte/rcps/>
- <http://www.sar.sardegna.it/documentazione/agro/thi.asp>
- https://www.politicheagricole.it/flex/FixedPages/Common/miepfyE00_indicatoreThi.php/L/IT