



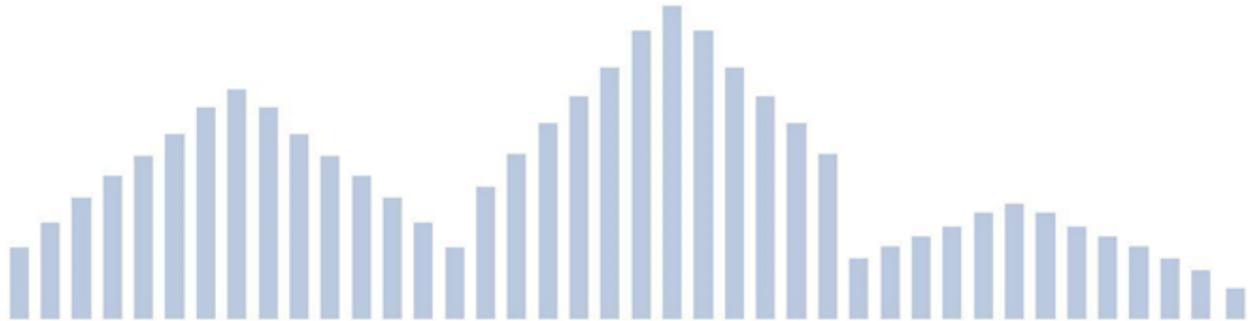
Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Piano locale di adattamento ai cambiamenti climatici per il rischio alluvioni del Comune di Sassari





Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Introduzione	4
Il percorso per la definizione del Piano	5
Quadro normativo	8
Analisi delle principali criticità locali allo stato attuale	11
La pericolosità idraulica in Italia	11
La pericolosità idraulica in Sardegna	19
La pericolosità idraulica nel territorio comunale	25
L'esposizione nel territorio comunale	37
La capacità di adattamento nel territorio comunale	50
Sintesi del Profilo Climatico Locale	54
Analisi dell'incidenza del cambiamento climatico sulle principali criticità locali	60
Azioni di adattamento ed elementi per l'implementazione	68
Azioni di adattamento	72
Implementazione delle azioni, monitoraggio e valutazione	88
Monitoraggio del piano	91
Monitoraggio degli indicatori di rischio e di vulnerabilità	92
Monitoraggio delle azioni	94
Conclusioni	98
Glossario	100
Bibliografia	106
Allegato A	109
Allegato B	118
Allegato C	160



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Il documento è stato sviluppato dalla Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC)

Autori (in ordine alfabetico): Marianna Adinolfi, Carmela Aprea, Valentina Bacciu, Giulia Galluccio, Serena Marras, Paola Mercogliano, Valentina Mereu, Roberta Padulano, Guido Rianna, Eugenio Sini, Marcella Sodde, Veronica Villani, Nicola Zollo

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Introduzione

I cambiamenti climatici rappresentano una delle sfide più rilevanti su scala globale. Gli studi scientifici più recenti evidenziano che l'Europa meridionale e l'area mediterranea dovranno fronteggiare nei prossimi decenni gli impatti più significativi dei cambiamenti climatici e saranno fra le aree più a rischio del pianeta, in particolare per l'aumento delle temperature, la riduzione delle precipitazioni e la maggiore frequenza di eventi estremi (ondate di calore, precipitazioni intense, ecc.). Per far fronte a questa problematica, le politiche climatiche adottate a livello internazionale hanno individuato la necessità di promuovere, a vari livelli e scale, l'adozione di strategie e azioni di adattamento ai cambiamenti climatici. Le città svolgono un ruolo particolarmente importante in questo processo in quanto sono chiamate da un lato a concorrere al raggiungimento degli obiettivi di mitigazione e dall'altro ad adeguarsi alle ormai mutate condizioni climatiche, cercando di ridurre quanto più possibile gli impatti negativi causati dal clima ed aumentando la propria resilienza.

In questo contesto si inserisce il progetto ADAPT "Assistere l'adattamento ai cambiamenti climatici dei sistemi urbani dello spazio Transfrontaliero, cofinanziato dal Programma Interreg Italia-Francia Marittimo 2014-2020". Il progetto, coordinato da ANCI Toscana, coinvolge enti italiani (fra cui il comune di Sassari) e francesi competenti in materia di gestione del rischio, pianificazione territoriale e ricerca scientifica nel settore, con l'obiettivo di dotare le città partecipanti di approcci e strumenti per adattarsi alle conseguenze dei cambiamenti climatici, con particolare riferimento alle alluvioni causate da precipitazioni intense.

Nell'ambito del progetto ADAPT, il comune di Sassari, con il supporto della Fondazione CMCC, ha realizzato eventi di sensibilizzazione (*social adapt*) e di formazione (*empowerment*) sul tema dell'adattamento ai cambiamenti climatici, con particolare riferimento alle alluvioni urbane da acque meteoriche, volti a migliorare le conoscenze e competenze del territorio coinvolgendo cittadini, referenti tecnici e politici della pubblica amministrazione.

Nell'ambito del progetto sono state inoltre prodotte le Analisi Territoriali e Tematiche è stato sviluppato il Profilo Climatico Locale per il comune di Sassari, con l'indicazione delle proiezioni climatiche attese fino a fine secolo.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Le risultanze di queste analisi ed attività hanno portato all'elaborazione degli elementi di base per la redazione del Piano di Adattamento ai cambiamenti climatici per il rischio di allagamenti urbani. Tale documento, sviluppato in accordo con le linee guida proposte dal capofila del progetto ANCI Toscana, presenta gli elementi del Piano di Adattamento ai Cambiamenti Climatici per il rischio alluvioni per il comune di Sassari, in cui a valle dell'analisi delle criticità territoriali in termini di pericolosità, esposizione e capacità di rispondere al cambiamento climatico, sono state individuate 30 azioni di adattamento per la gestione dei rischi derivanti dai fenomeni alluvionali in un'ottica di cambiamento climatico. Sono inoltre stati individuati gli indicatori per la valutazione dell'implementazione delle azioni e della loro efficacia, ai fini dei futuri aggiornamenti del presente documento.

Il percorso per la definizione del Piano

Il percorso per la definizione di un piano di adattamento ai cambiamenti climatici prevede una fase di avvio durante la quale devono essere definiti alcuni elementi utili per garantire l'efficacia del processo.

Tra questi l'individuazione del responsabile del piano e del gruppo di lavoro, il coinvolgimento dei portatori di interesse, l'informazione e sensibilizzazione della cittadinanza, la formazione dei tecnici e degli amministratori e le analisi preliminari quali la valutazione dello stato delle politiche in materia di adattamento già in atto nel comune e la redazione del profilo climatico locale.

Tutte le fasi di sviluppo del Piano di Adattamento al rischio alluvioni per il Comune di Sassari, nonché la successiva attuazione e il suo monitoraggio, sono in capo al Servizio di Sostenibilità ambientale del Settore Ambiente, che ha coordinato il coinvolgimento e i contributi dei referenti degli uffici tecnici del Comune e degli amministratori per la definizione degli elementi del Piano.

Un altro degli aspetti prioritari da definire per l'avvio di un percorso di adattamento, oltre all'individuazione del responsabile, è la definizione del gruppo di lavoro e il coinvolgimento dei portatori di interesse. Lo sviluppo del Piano di adattamento per il comune di Sassari, essendo previsto come prodotto del progetto ADAPT, ha potuto avvalersi innanzitutto delle strutture di supporto alla redazione dello stesso previste dal progetto che nello specifico sono:

- la *Task force* che fornisce l'assistenza tecnica per supportare i partner nella realizzazione delle azioni di progetto;

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- il *Comitato transfrontaliero ADAPT* che fornisce il supporto politico-istituzionale;
- il PUA, ossia il *Partenariato Urbano per l'Adattamento*, che ha il compito di sostenere la partecipazione attiva della società civile.

Il PUA in particolar modo è stato uno strumento fondamentale di supporto all'amministrazione e ai referenti tecnici durante il percorso che ha portato alla definizione del Piano. Il PUA è stato formalmente costituito a Sassari durante l'incontro del 14/11/2017 che ha visto la partecipazione dei principali portatori di interesse.

Nello specifico hanno firmato l'adesione al PUA di Sassari esponenti degli organi direttivi degli Ordini professionali dei Dottori Agronomi e Forestali, dei Geologi e degli Architetti; rappresentanti della Camera di commercio, di Coldiretti, di Confapi (Associazione delle Piccole e Medie Industrie della Sardegna), di Legambiente e WWF e della Protezione Civile regionale. Hanno aderito al PUA anche rappresentanti del Dipartimento di Agraria dell'Università degli Studi di Sassari; dell'ARPA Sardegna; i referenti dei 4 progetti presentati alla Climathon del 2017; il comitato di Sant'Orsola e alcuni rappresentanti del comune di Sassari appartenenti ai settori: polizia municipale, protezione civile, lavori pubblici e manutenzione, servizio energia e valutazioni ambientali, pianificazione urbanistica. Il PUA è stato convocato in diverse occasioni per la presentazione dei risultati del progetto e per la discussione, individuazione e definizione delle azioni di adattamento da includere nel Piano.

La cittadinanza è stata coinvolta durante i due eventi di Social Adapt, a cura del CMCC, organizzati rispettivamente ad inizio e a metà progetto con l'obiettivo di sensibilizzare la popolazione rispetto alle tematiche oggetto dello studio ed acquisire il punto di vista dei cittadini e dei portatori di interesse sulle criticità e sulle possibili soluzioni da implementare nel territorio per fronteggiare il rischio di allagamenti urbani. La cittadinanza è stata inoltre consultata tramite un questionario online i cui esiti sono riportati nell'allegato C di questo documento.

Nelle prime fasi di avvio dello sviluppo del Piano è stata inoltre organizzata una sessione di Empowerment, a cura del CMCC, finalizzata alla formazione dei tecnici e degli amministratori comunali sulle tematiche oggetto del presente Piano. Sia gli eventi Social Adapt che la sessione di Empowerment sono state attività previste dal progetto ADAPT a supporto del percorso di adattamento e dello sviluppo del presente Piano.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Tra gli elementi propedeutici allo sviluppo del Piano ci sono infine state le analisi relative alla valutazione dello stato delle politiche in materia di adattamento già in atto nel comune e la redazione del profilo climatico locale. Per quanto riguarda l'analisi delle politiche comunali, sono stati analizzati gli strumenti strategici e normativi in vigore nel Comune relativi al tema del rischio alluvioni. Il quadro sintetico di questa analisi è discusso nel prodotto "Analisi territoriali e tematiche" del progetto ADAPT che riporta i documenti di indirizzo politico, i piani e i programmi, i progetti nazionali e internazionali e le iniziative e le opere di adattamento già realizzate in ambito comunale, evidenziando quelle più specificatamente riconducibili al rischio alluvioni. Tale quadro conoscitivo è servito per delineare gli obiettivi dell'adattamento e le analisi alla base dello studio.

L'analisi del profilo climatico locale del comune di Sassari, basata sulle osservazioni e sulle proiezioni climatiche attualmente disponibili, ha consentito di caratterizzare la variabilità climatica locale osservata sia le anomalie climatiche attese in futuro localmente per effetto dei cambiamenti climatici. Partendo da questi elementi è stato possibile sviluppare le successive analisi di dettaglio relative alla pericolosità, all'esposizione e alla capacità di adattamento del territorio, alla base della definizione e della scelta delle azioni di adattamento per fronteggiare il rischio alluvioni per il territorio comunale.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Quadro normativo

Il dissesto idrogeologico costituisce da sempre un argomento di particolare criticità per l'Italia a causa degli impatti sulla popolazione, sulle infrastrutture di comunicazione e sul tessuto economico e produttivo. La naturale propensione tipica del territorio italiano rispetto ai fenomeni alluvionali e di frana, legata alle caratteristiche morfologiche del territorio nazionale (in cui spazi e distanze concessi al reticolo idrografico dai rilievi montuosi e dal mare sono ridotti), è stata aggravata dall'abbandono delle aree rurali montane e collinari in favore delle aree urbanizzate, verificatosi in particolare a partire dal secondo dopoguerra, spesso in assenza di una corretta pianificazione territoriale, e ciò ha portato ad un aumento generalizzato della porzione di territorio a rischio.

Dal punto di vista normativo, 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.



Interreg
MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Attualmente è la Direttiva 2007/60/CE, nota come Direttiva Alluvioni (*Floods Directive* - FD), emanata nel 2007 e recepita nell'ordinamento legislativo nazionale solo tre anni dopo con il D.Lgs. 49 del 23 febbraio 2010, a disciplinare l'approccio alla gestione del rischio alluvioni. In particolare, la Direttiva mette in rilievo come, al di là della propensione naturale del terreno a subire eventi di dissesto, alcune pratiche attuali possano aggravare la situazione sia agendo sulla pericolosità, sia andando ad aumentare gli elementi esposti ad un eventuale danneggiamento in caso di eventi calamitosi. Esempi tipici sono 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. Di conseguenza, la Direttiva sancisce la necessità di dotarsi di adeguati strumenti normativi volti non solo a gestire correttamente le emergenze, ma anche a disciplinare e regolamentare la gestione del territorio, in termini sia di utilizzo che di manutenzione, nonché ad implementare adeguate misure di salvaguardia. Naturalmente, tale strategia non può che prendere le mosse da una adeguata conoscenza del territorio e dalla definizione e quantificazione della pericolosità, ovvero della probabilità di accadimento di un evento alluvionale di prefissata intensità e della associata frequenza. Di qui la necessità, da parte degli Enti preposti (in particolare le Autorità di Bacino, successivamente aggregate nelle Autorità di Distretto Idrografico) di dotarsi di adeguati strumenti conoscitivi, confluiti nel Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), per la valutazione preliminare del rischio di alluvione e l'individuazione delle aree a potenziale rischio significativo di alluvione.

La perimetrazione delle aree esposte al potenziale verificarsi del fenomeno alluvionale è stata condotta, negli anni, mediante diversi approcci e con vari livelli di dettaglio dalle diverse Autorità, e solo nel corso degli ultimi anni tali studi sono stati uniformati, al fine di avere una caratterizzazione omogenea alla scala nazionale. L'omogeneizzazione ha riguardato in particolar modo la scelta degli scenari di pericolosità utilizzati per la perimetrazione delle aree inondabili, che vengono attualmente così definiti:

1. Pericolosità bassa (P1). Le porzioni di territorio associate a questo livello di pericolosità sono quelle a scarsa probabilità di alluvione o inondate da una piena eccezionale, con periodo di ritorno T di 300-500 anni;



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

2. Pericolosità media (P2). Le porzioni di territorio associate a questo livello di pericolosità sono quelle inondate da una piena corrispondente a un periodo di ritorno T di 100-200 anni;
3. Pericolosità elevata (P3). Le porzioni di territorio associate a questo livello di pericolosità sono quelle inondate da una piena corrispondente a un periodo di ritorno T di 20-50 anni.

L'adozione omogenea di tali scenari da parte degli Enti preposti ha reso possibile la "mosaicatura" ovvero la creazione di un'unica mappa di pericolosità a scala nazionale che sintetizza i risultati dei diversi studi a scala locale.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Analisi delle principali criticità locali allo stato attuale

La pericolosità idraulica in Italia

La fonte più recente riguardante l'inquadramento del territorio nazionale nel contesto del rischio da alluvione è l'ultimo Rapporto ISPRA sul Dissesto Idrogeologico (Trigila et al., 2018), che propone una panoramica della situazione italiana in termini di elementi di pericolosità e di esposizione, presentando in particolar modo una sintesi su base regionale. I dati utilizzati nel Rapporto sono essenzialmente le Carte di Pericolosità Idraulica, derivanti da studi idraulici e idrologici effettuati in sede di Autorità di Bacino/Distretto Idrografico e presentate nei Piani Stralcio per l'Assetto Idrologico (PAI) con continui aggiornamenti nel corso degli anni, e gli studi ISTAT per la definizione degli elementi (abitazioni, attività produttive, tessuto industriale, beni culturali) esposti al rischio.

Attualmente, le aree a pericolosità idraulica elevata in Italia sono pari a 12.405 km² ovvero il 4.1% del territorio nazionale (Figura 1), le aree a pericolosità media ammontano a 25.398 km² (8.4%) (Figura 2), quelle a pericolosità bassa a 32.961 km² (10.9%) (Figura 3). Dalla mosaicatura è assente però lo scenario a pericolosità elevata P3 e lo scenario a pericolosità bassa P1 per il territorio dell'ex Autorità di Bacino Regionale delle Marche. Lo scenario a pericolosità bassa P1 non è inoltre disponibile per il territorio della ex Autorità di Bacino Conca-Marecchia e dei Bacini Regionali Romagnoli, e per il reticolo di irrigazione e bonifica del territorio del bacino del Po ricadente nella Regione Emilia-Romagna. Dall'analisi della mosaicatura si riscontra una certa disomogeneità legata al reticolo idrografico di riferimento che è stato oggetto di perimetrazione: in alcune porzioni del territorio nazionale è stato modellato soprattutto il reticolo principale, in altre è stato indagato con grande dettaglio anche il reticolo secondario collinare e montano (es. Regione Valle d'Aosta) o il reticolo secondario di pianura (es. canali di bonifica; Regione Emilia-Romagna). Dalla mosaicatura del 2018 emerge inoltre la necessità di un aggiornamento continuo dei dati; è da notare infatti che, in rapporto alla mosaicatura ISPRA 2015, emerge un aumento delle superfici esposte a tutti gli scenari di pericolosità dell'ordine di 1 – 4 punti percentuali, che ha in particolare interessato la regione Sardegna, il bacino del Po in regione Lombardia, i bacini



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



delle Marche, il bacino del Tevere in regione Lazio, il bacino dell'Arno e quelli regionali toscani, e i bacini della Puglia.

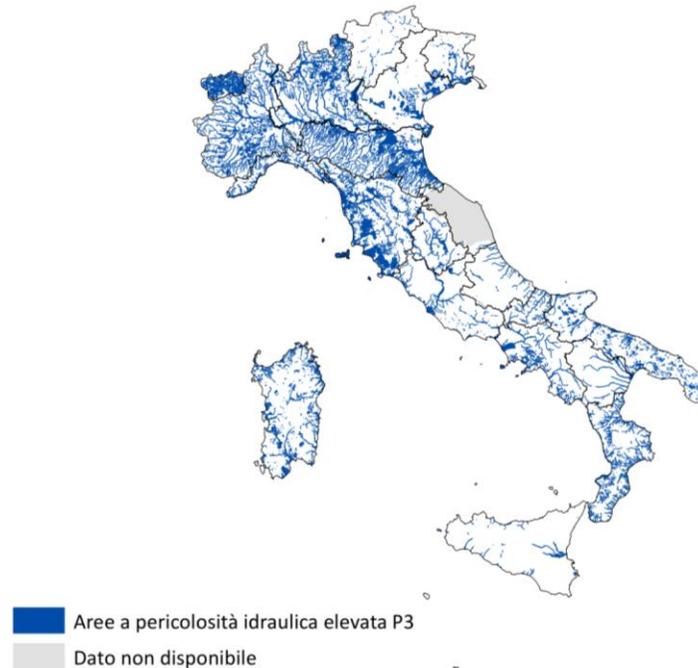


Figura 1: Mosaicatura delle aree a pericolosità idraulica elevata (P3 – T=20-50 anni) (Trigila et al., 2018)

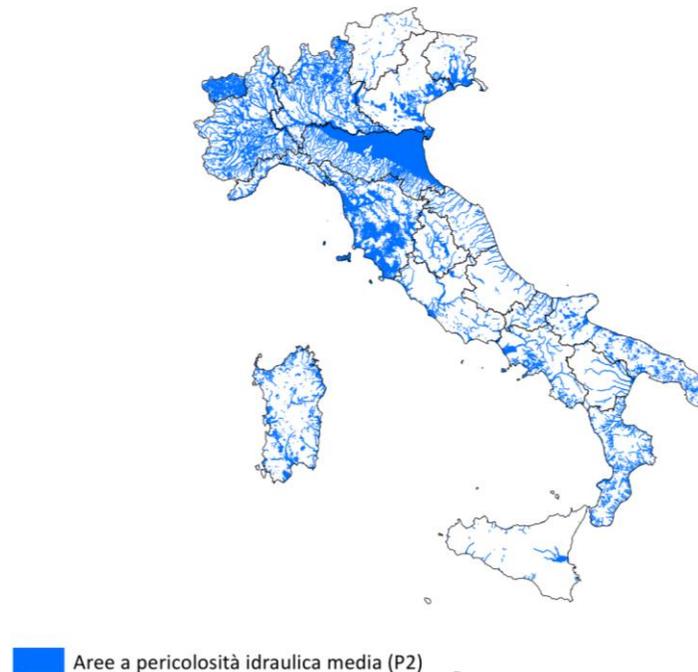


Figura 2: Mosaicatura delle aree a pericolosità idraulica media (P2 – T=100-200 anni) (Trigila et al., 2018)

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

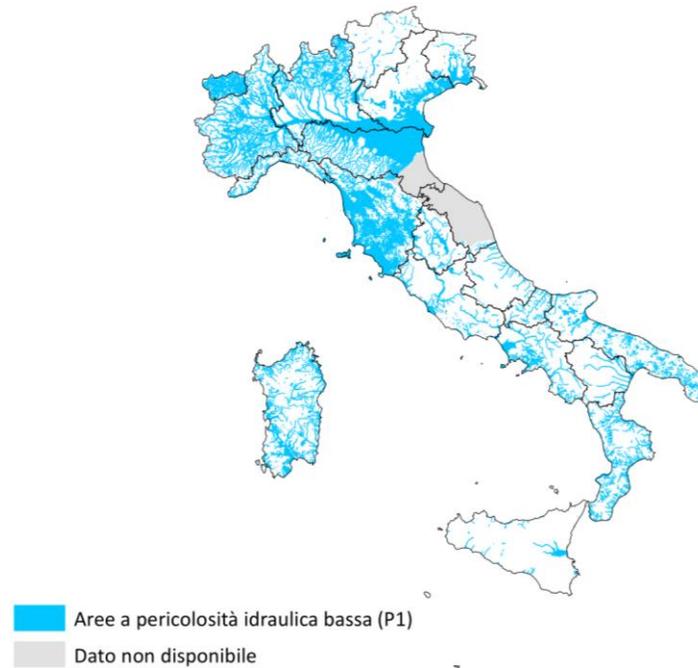


Figura 3: Mosaicatura delle aree a pericolosità idraulica bassa (P1 – T=300-500 anni) (Trigila et al., 2018)



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

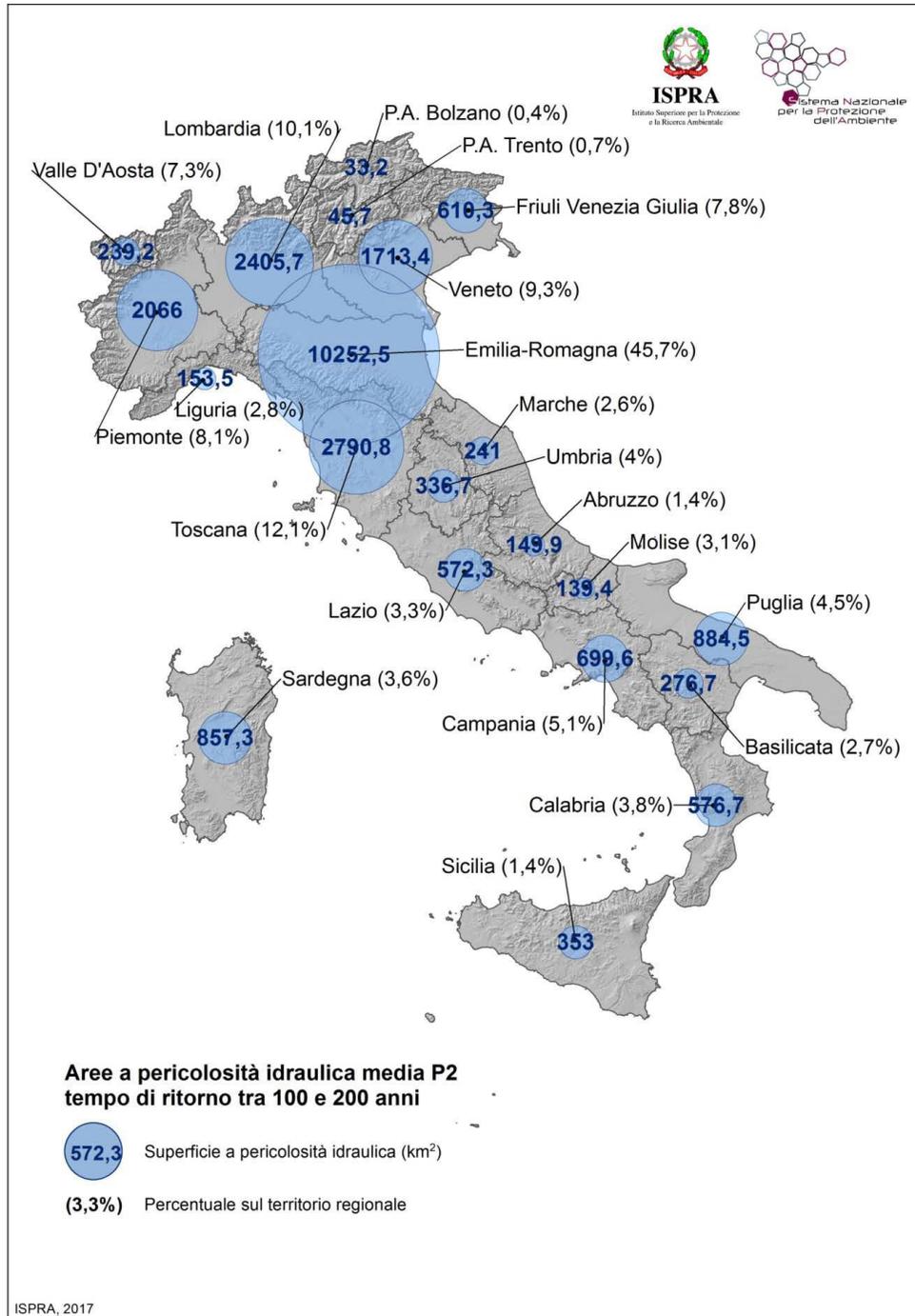


Figura 4: Aree a pericolosità idraulica media (P2) su base regionale (Trigila et al., 2018)



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



La rappresentazione sintetica delle aree a pericolosità idraulica media in Figura 4 mostra come nel territorio della Regione Sardegna il 3.6% della superficie regionale, pari a 857.3 km², ricada all'interno della perimetrazione relativa a tale scenario. A tale superficie corrispondono 73 Comuni, pari al 19.4% del numero totale di Comuni nella Regione. Il dettaglio riportato in Figura 1 mostra che, per le 5 province sarde, Cagliari e Oristano sono quelle il cui territorio è maggiormente soggetto a criticità di tipo alluvionale, sia in termini amministrativi che di estensione del territorio.

Tabella 1: Pericolosità media P2 (valori salienti per la Sardegna)

	n. Comuni		Area Provincia		Comuni a pericolosità media P2		Are a pericolosità media P2
	n.	km ²	n.	%	km ²		
Sassari	92	7.692,1	3	3,3	169,7		
Nuoro	74	5.638,0	3	4,1	136,4		
Cagliari	17	1.248,7	5	29,4	108,2		
Oristano	87	2.990,4	33	37,9	198,3		
Sud Sardegna	107	6.530,7	29	27,1	244,8		

Nonostante la percentuale di Comuni ricadenti nelle aree perimetrate sia relativamente bassa, appare abbastanza chiaro che la consapevolezza delle amministrazioni sul tema della pericolosità da alluvioni è ancora scarsa. Nell'ambito del progetto "Ecosistema Rischio" di Legambiente, dall'analisi dei dati illustrati nel rapporto del 2017 (Legambiente, 2017) emerge che in tutta Italia la percentuale di Comuni che pone sufficiente attenzione alle tematiche del rischio idraulico è ancora molto bassa, con disomogeneità lungo la Penisola (complessivamente, hanno aderito all'iniziativa solo 1462 amministrazioni comunali, pari a circa il 20% dei Comuni classificati secondo ISPRA ad elevata pericolosità idrogeologica). Per quanto riguarda in particolare la Regione Sardegna, è emerso che solo 39 Comuni (circa il 12% del totale) ha risposto al questionario somministrato da Legambiente legato alle tematiche in oggetto. Tale questionario, ed in particolare la seconda parte dal titolo "Gestione del territorio", focalizzata sull'attuale gestione del territorio e sugli interventi messi in campo per un corretto uso del suolo, verte sui seguenti aspetti:

- il recepimento nei piani urbanistici delle perimetrazioni contenute nei PAI, finalizzato all'adozione delle opportune prescrizioni per la tutela delle zone più vulnerabili;



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

- l'avvenuta delocalizzazione di quelle strutture presenti nelle zone soggette a maggiore pericolo, ove possibile;
- se nel territorio di propria competenza il Comune abbia svolto attività di manutenzione ordinaria delle sponde o delle opere di difesa idraulica e più in generale del territorio;
- se siano stati realizzati interventi per la mitigazione del rischio e di quale tipologia (è importante sottolineare a tal proposito che le attività di manutenzione dei corsi d'acqua e gli interventi di messa in sicurezza spesso non sono di diretta competenza delle amministrazioni comunali, bensì di enti sovraordinati).

La Tabella 2 riporta i risultati del questionario di Legambiente relativi all'anno 2017. Emerge in particolare, per quanto attiene alla mera consapevolezza relativa alla pericolosità idraulica, che solo il 61.5% dei Comuni sardi ha recepito il Piano di Assetto Idrogeologico di competenza all'interno del proprio Piano Urbanistico (24 Comuni su 39). Tale percentuale, oltre ad essere preoccupante di per sé, risulta anche essere notevolmente inferiore rispetto alla media delle amministrazioni intervistate sull'intero territorio nazionale (78.3%). È da notare che il recepimento delle aree perimetrate secondo il PAI all'interno dei PUC dovrebbe essere un obbligo di legge e pertanto l'inadempienza del 38.5% (21.7% sull'intero territorio nazionale) delle amministrazioni intervistate su questo punto dimostra come ci sia ancora molto da fare sui territori. Similmente, solo il 53.8% dei Comuni sardi intervistati (21 su 39) dichiara di aver provveduto ad opere di manutenzione ordinaria nell'ultimo anno, contro il 70.1% su base nazionale. Rimane infine ancora troppo alta la percentuale di Comuni che ricorre ai tombamenti di corsi d'acqua come misura di mitigazione del rischio idraulico.

Tabella 2: Risultati del questionario "Ecosistema Rischio" (Legambiente, 2016)

Attività di prevenzione	Italia		Sardegna
	n. Comuni	%	n. Comuni
Manutenzione ordinaria nell'ultimo anno	1025	70,1	21
Opere di mitigazione del rischio	952	65,1	22
Tombamento dei corsi d'acqua	137	9,4	3
Delocalizzazione di abitazioni	59	4,0	1
Delocalizzazione di fabbricati industriali	29	2,0	0
Recepimento PAI nel piano urbanistico	1145	78,3	24



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Secondo il Rapporto ISPRA 2018 (Trigila et al., 2018), la Sardegna non si classifica come una delle regioni ad alta criticità, se si fa semplicemente riferimento alla percentuale di superficie ricadente all'interno delle aree pericolose, come emerge dalla Tabella 1. Tuttavia, la necessità di adoperarsi al fine di migliorare la gestione del territorio per ciò che attiene agli eventi alluvionali emerge con forza se si guarda ad esempio alle percentuali di mortalità legate agli eventi di inondazione, come mostrato in Figura 5 e Figura 6, dati che emergono dall'ultimo Rapporto Periodico sul Rischio posto alla Popolazione Italiana da Frane e Inondazioni (IRPI-CNR, 2018).

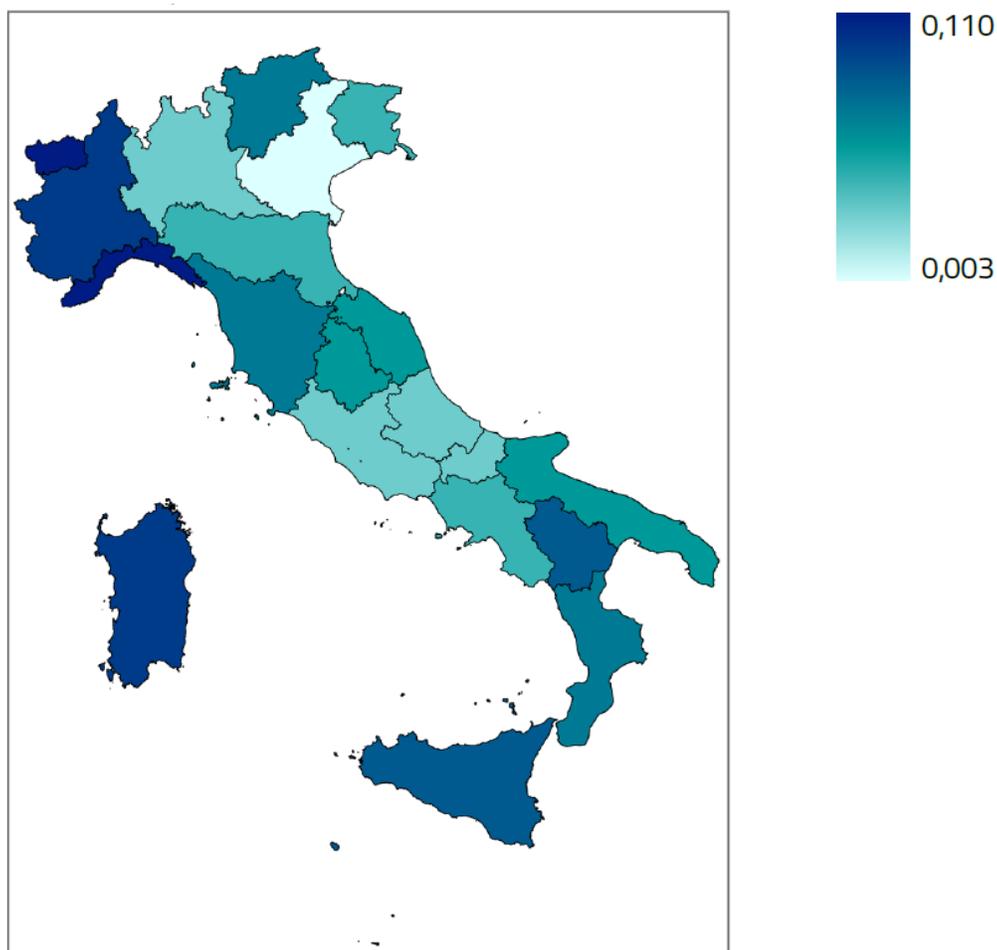


Figura 5: Mortalità per inondazione in Italia (CNR-IRPI, 2018)

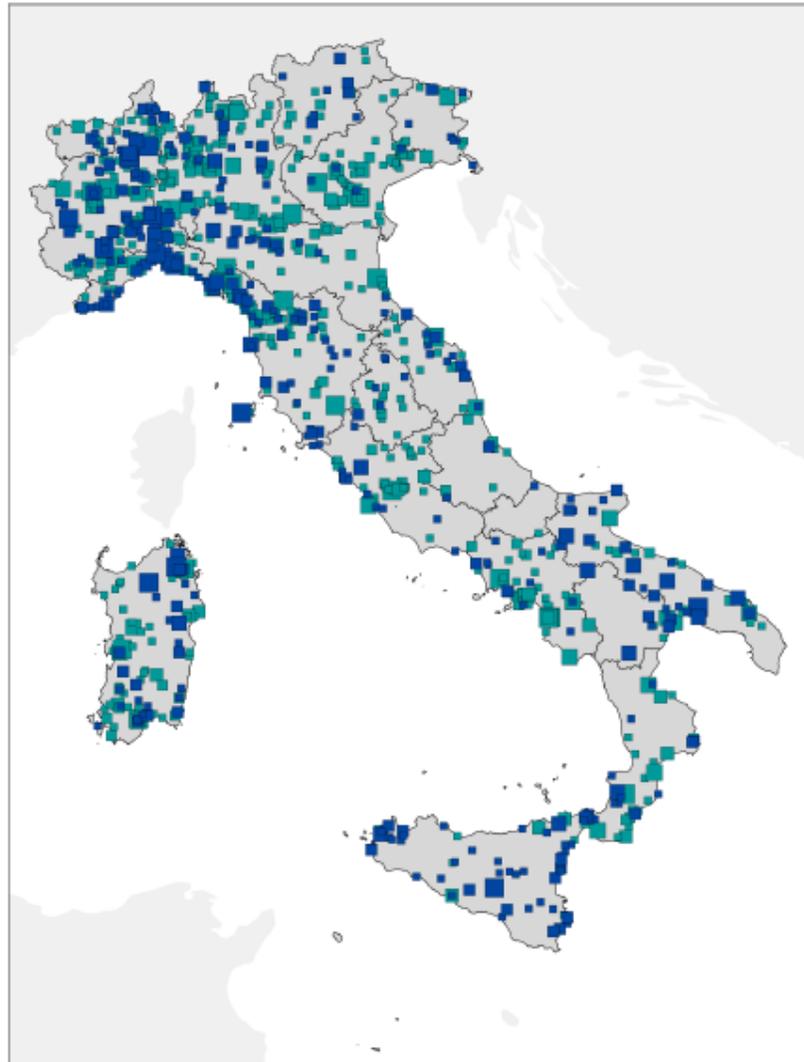


Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



morti, dispersi e feriti
per Inondazione

- >5
- 4-5
- 2-3
- 1

evacuati e senzatetto
per Inondazione

- >250
- 151-250
- 101-150
- 51-100
- 1-50

Figura 6: Mappa degli eventi di inondazione con vittime nel periodo 1968-2017 (CNR-IRPI, 2018)



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



La pericolosità idraulica in Sardegna

Per una comprensione adeguata delle metodologie di valutazione della pericolosità idraulica nella Regione Sardegna, nonché degli scopi e implicazioni della tematica, sono particolarmente utili i seguenti documenti, che costituiscono degli strumenti normativi e pianificatori coerenti e integrati:

- Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI);
- Il Piano Stralcio per le Fasce Fluviali (PSFF);
- Il Piano di Gestione del Distretto Idrografico (PG);
- Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA).

Nel seguito, si riporta una breve definizione di tali strumenti, al fine di sintetizzare e recepire le informazioni utili ai fini del presente Piano Locale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici.

Piano di Assetto Idrogeologico

Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo e alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato. Le misure di salvaguardia pertinenti tale Piano sono entrate in vigore per la Sardegna, nella loro versione definitiva, a decorrere dal marzo 2005 e il Piano, nella sua interezza, è stato definitivamente approvato nel luglio del 2006. Il PAI costituisce un processo pianificatorio dinamico, in quanto l'assetto idrogeologico e le sue caratteristiche fisiche ed ambientali sono soggette ad un continuo processo evolutivo caratterizzato sia da mutamenti che si esplicano nel lungo periodo, legati alla naturale evoluzione idrogeologica del territorio, sia soprattutto da alterazioni e/o cambiamenti repentini dovuti al verificarsi di eventi di dissesto ovvero conseguenti alle trasformazioni antropiche dei luoghi. In questo progressivo sviluppo del Piano è preponderante l'attività di approfondimento e affinamento delle conoscenze dell'assetto idrogeologico che si esplica attraverso analisi e studi di maggior dettaglio. Tra le funzioni del PAI vi è la definizione di criteri e prescrizioni generali in materia di pericolosità idraulica.

Piano Stralcio delle Fasce Fluviali

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo, tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali. In quanto tale, esso costituisce un approfondimento ed integrazione necessaria al PAI in quanto è lo strumento per la

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



delimitazione delle regioni fluviali (intese come fasce di pericolosità idraulica), 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. Le misure di salvaguardia correlate alle risultanze di tale studio sono divenute operative, per la quasi totalità dei corridoi fluviali dallo stesso piano analizzati, a decorrere dal giugno 2012. Il PSFF relativo alla Regione Sardegna è stato adottato in via definitiva (ma ad esclusione di una porzione del territorio), con opportuna delibera, nel giugno 2013 e, in una sua versione aggiornata, nel dicembre 2015.

Particolarmente utile, ai fini del presente Piano, è l'approvazione nell'ambito del PSFF di relazioni monografiche di bacino, contenenti informazioni e indagini di carattere geomorfologico, idrologico e idraulico.

Piano di Gestione del Distretto Idrografico

Il Piano di Gestione del Distretto Idrografico (PG), previsto dalla Direttiva quadro sulle Acque (Direttiva 2000/60/CE), rappresenta lo strumento operativo attraverso il quale si devono pianificare, attuare e monitorare le misure per la protezione, il risanamento e il miglioramento dei corpi idrici superficiali e sotterranei e agevolare un utilizzo sostenibile delle risorse idriche. L'obiettivo fondamentale della Direttiva è quello di raggiungere lo stato "buono" per tutti i corpi idrici entro il 2015, presentandosi quale strumento per la pianificazione, l'attuazione e il monitoraggio delle attività e delle misure necessarie per il raggiungimento degli obiettivi ambientali e di sostenibilità nell'uso delle risorse idriche.

Il PG relativo alla Regione Sardegna, nella sua seconda versione, è stato approvato con opportuna delibera nell'ottobre 2016.

Piano di Gestione del Rischio Alluvioni

L'obiettivo generale del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) è la riduzione delle conseguenze negative derivanti dalle alluvioni 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 degli eventi alluvionali; tali misure vengono predisposte in considerazione delle specifiche caratteristiche del bacino idrografico o del sottobacino interessato. Il PGRA individua strumenti operativi e di *governance*



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



(linee guida, buone pratiche, accordi istituzionali, modalità di coinvolgimento attivo della popolazione) finalizzati alla gestione del fenomeno alluvionale in senso ampio, al fine di ridurre quanto più possibile le conseguenze negative. In questo senso, il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni è uno strumento trasversale di raccordo tra diversi piani e progetti, di carattere pratico e operativo ma anche informativo, conoscitivo e divulgativo, per la gestione dei diversi aspetti organizzativi e pianificatori correlati con la gestione degli eventi alluvionali in senso lato.

Dall'analisi degli strumenti normativi precedentemente definiti, nelle loro versioni più aggiornate, è possibile trarre una serie di informazioni utili ai fini dell'analisi della pericolosità da alluvione. Di seguito tali informazioni sono riportate così come stralciate dai corrispondenti piani.

Il PAI della Regione Sardegna è valido per il Bacino Idrografico Unico (in seguito "Distretto Idrografico Unico") corrispondente all'intero territorio regionale, comprese le isole minori, con una superficie di circa 24.000 km²; il territorio è suddiviso nei seguenti sette sottobacini (Figura 7):

1. Sub-bacino 1: Sulcis;
2. Sub-bacino 2: Tirso;
3. Sub-bacino 3: Coghinas – Mannu – Temo;
4. Sub-bacino 4: Liscia;
5. Sub-bacino 5: Posada – Cedrino;
6. Sub-bacino 6: Sud-Orientale;
7. Sub-bacino 7: Flumendosa – Campidano – Cixerri.

Il PAI disciplina per la Regione Sardegna quantifica la pericolosità idraulica "Hi" in termini di probabilità di superamento della portata al colmo di piena, individuando, in accordo al DPCM 29/09/98, quattro livelli:

- Pericolosità moderata Hi1, corrispondente ad un periodo di ritorno $T = 500$ anni;
- Pericolosità media Hi2, corrispondente ad un periodo di ritorno $T = 200$ anni;
- Pericolosità elevata Hi3, corrispondente ad un periodo di ritorno $T = 100$ anni;
- Pericolosità molto elevata Hi4, corrispondente ad un periodo di ritorno $T = 50$ anni.

Ai fini della perimetrazione delle aree pericolose sul territorio regionale, il PAI individua sul reticolo idrografico regionale un insieme di tronchi caratterizzati da condizioni particolarmente critiche in relazione al rischio idraulico. Tale analisi è quindi da ritenersi parziale rispetto all'estensione territoriale del bacino unico regionale. Inoltre, appare importante evidenziare che le mappe della



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



pericolosità e del rischio di alluvioni predisposte nell'ambito del PAI non soddisfano le indicazioni del D.Lgs. 49/2010.

Sulla base degli stessi principi metodologici contenuti nelle Linee Guida del PAI, i Comuni della Sardegna, in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici anche di livello attuativo e di varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti, hanno redatto appositi studi di compatibilità idraulica riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate dagli atti proposti all'adozione, le cui indicazioni sono state valutate e, qualora da queste scaturissero nuove aree classificate a pericolosità idrogeologica, sottoposte all'approvazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino.

Mediante la successiva redazione del PSFF, la Regione Sardegna ha voluto integrare ed approfondire gli studi predisposti nell'ambito del PAI in materia di alluvioni. Infatti, mediante il PSFF sono state considerate ed analizzate le aste fluviali per tutta la loro estensione, e non più per tronchi critici. L'analisi svolta dal PSFF interessa il reticolo idrografico dei sette sub-bacini definiti dal P.A.I., che è stato suddiviso nelle seguenti due categorie:

- aste principali, caratterizzate da un bacino idrografico con superficie superiore o uguale a 30 km²;
- aste secondarie, ovvero tratti di corso d'acqua caratterizzati da un bacino idrografico di estensione inferiore al limite sopra definito e che, in linea generale, non comprendono l'intero reticolo idrografico minore, ma una porzione dello stesso.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

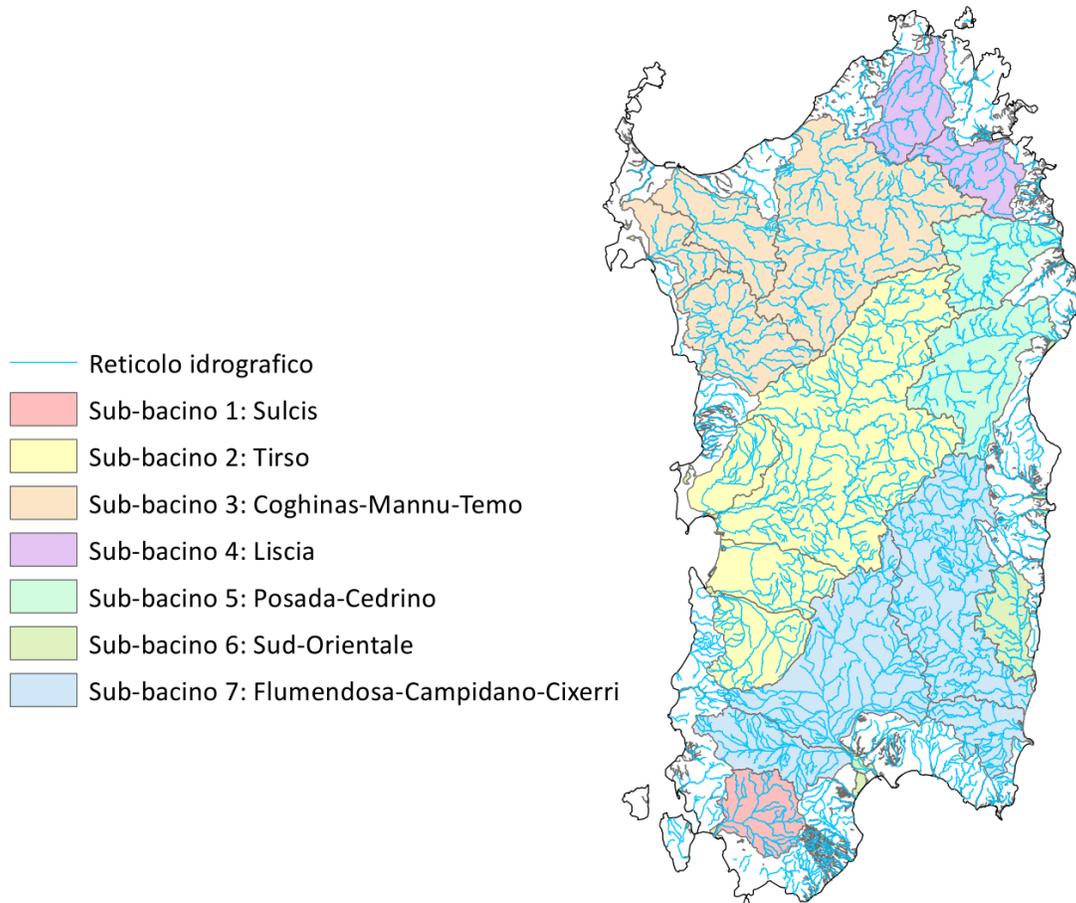


Figura 7: Bacini idrografici della Regione Sardegna

La delimitazione delle aree di allagamento, per le due categorie sopra evidenziate, è stata effettuata secondo la modalità diverse per le due classi in cui è stato suddiviso il reticolo idrografico. Per le aste principali sono state individuate diverse classi di aree allagate, in funzione delle portate di piena valutate con diversi tempi di ritorno, che sono state delimitate utilizzando i risultati sia delle analisi idrologiche ed idrauliche (valutazione delle portate di piena con tempo di ritorno crescente e simulazione delle condizioni di deflusso delle stesse portate), sia delle analisi geomorfologiche. Per le aste secondarie, è stata individuata un'unica fascia, che è stata delimitata unicamente sulla base di analisi geomorfologiche, e che rappresenta l'area potenzialmente occupata dall'inondazione in occasione di una piena catastrofica ($T = 500$ anni). Sono state sinteticamente individuate le seguenti fasce:



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- Fascia A2, ovvero aree inondabili al verificarsi dell'evento con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T = 2$ anni (corrispondente alla pericolosità Hi4 del PAI);
- Fascia A50, ovvero aree inondabili al verificarsi dell'evento con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T = 50$ anni (corrispondente alla pericolosità Hi4 del PAI);
- Fascia B100, ovvero aree inondabili al verificarsi dell'evento con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T = 100$ anni (corrispondente alla pericolosità Hi3 del PAI);
- Fascia B200, ovvero aree inondabili al verificarsi dell'evento con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T = 200$ anni (corrispondente alla pericolosità Hi2 del PAI);
- Fascia C, ovvero aree inondabili al verificarsi dell'evento con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T = 500$ anni o superiore (corrispondente alla pericolosità Hi1 del PAI), comprensiva quindi anche di eventi storici eccezionali, e, nel caso siano più estese, comprendenti anche le aree storicamente inondate e quelle individuate mediante analisi geomorfologica.

In merito alle modalità di tracciamento delle aree inondate occorre precisare che, relativamente ai tratti arginati ed alle portate che comportano la tracimazione degli stessi, i limiti delle fasce fluviali sono stati tracciati con riferimento alla quota del profilo idrico derivante dal modello di calcolo, che è stata estesa all'intera pianura inondabile posta al di là degli argini, ovvero è stata ipotizzata l'assenza della funzione di ritenuta dell'argine.

Il D.Lgs. 49/2010 ha assegnato alle Autorità di bacino il compito di predisporre, entro il 22 giugno 2013, le mappe della pericolosità da alluvione e le mappe del rischio di alluvioni, in scala non inferiore a 1:10.000, secondo le indicazioni contenute nello stesso Decreto Legislativo. Come già accennato in precedenza, le mappe della pericolosità da alluvione devono tenere conto dei seguenti tre scenari:

- alluvioni rare di estrema intensità – tempo di ritorno fino a 500 anni (bassa probabilità);
- alluvioni poco frequenti – tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (media probabilità);

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- alluvioni frequenti – tempo di ritorno fra 20 e 50 anni (elevata probabilità).

Ogni scenario deve essere caratterizzato con i seguenti parametri idraulici:

- estensione dell'inondazione;
- altezza idrica o livello;
- caratteristiche del deflusso (velocità e portata).

Al fine di rispondere in maniera adeguata a quanto richiesto dalla Direttiva Alluvioni, dal D.Lgs. 49/2010 e dagli indirizzi operativi predisposti dal MATTM, le quattro classi di pericolosità definite dagli strumenti di pianificazione adottati od approvati dalla Regione Sardegna (PAI e PSFF) nonché i perimetri delle aree interessate dall'evento alluvionale del 18.11.2013 denominato "Cleopatra", sono state accorpate secondo le tre classi di seguito riportate:

- P3, ovvero aree a pericolosità elevata, con elevata probabilità di accadimento ($T \leq 50$);
- P2, ovvero aree a pericolosità media, con media probabilità di accadimento ($100 \leq T \leq 200$);
- P1, ovvero aree a pericolosità bassa, con bassa probabilità di accadimento ($200 < T \leq 500$).

La pericolosità idraulica nel territorio comunale

Il territorio comunale di Sassari ricade all'interno del Sub-bacino 3 "Coghinas – Mannu – Temo" (Figura 7), che si estende per 5402 km², pari al 23% del territorio regionale; in esso sono presenti nove opere di regolazione in esercizio e cinque opere di derivazione. Dal punto di vista idrografico, i corsi d'acqua principali sono i seguenti:

- Il Rio Mannu di Porto Torres, sul quale confluiscono, nella parte più montana, il Rio Bidighinzu con il Rio Funtana Ide (detto anche Rio Binza 'e Sea);
- Il Rio Minore, che si congiunge al Mannu in sponda sinistra;
- Il Rio Carrabusu, affluente in sinistra idrografica;
- Il Rio Mascari, affluente del Mannu di Portotorres in sponda destra;
- Il Fiume Temo (regolato dall'invaso di Monteleone Roccadoria), che riceve i contributi del Rio Santa Lughia, Rio Badu 'e Ludu, Rio Mulino, Rio Melas, affluenti di sinistra che si sviluppano nella parte montana del bacino. Negli ultimi chilometri riveste particolare rilevanza il reticolo idrografico che circonda il centro urbano, il cui torrente principale è rappresentato dal Rio Sa Sea;



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- Il Rio Sa Entale, che si innesta nel Temo in destra idrografica, e il Rio Ponte Enas, in sinistra, costituiscono gli affluenti principali per estensione del rispettivo bacino.
- Fiume Coghinas, il cui bacino occupa una superficie di 2.453 km² ed è regolato da due invasi, riceve contributi dai seguenti affluenti: Rio Mannu d'Ozieri, Rio Tilchiddesu, Rio Butule, Rio Su Rizzolu, Rio Puddina, Rio Gazzini, Rio Giobaduras.

Il territorio comunale di Sassari è attraversato da molteplici sistemi idrografici, tra cui in particolare il sistema del Riu Astimini, che scorre lungo il confine con il Comune di Porto Torres, e il sistema del Riu Mannu di Porto Torres, che prende origine all'intero dei Comuni a Est di Alghero, si sviluppa all'intero del Comune di Sassari e trova la sua foce infine nel Comune di Porto Torres (Figura 8) (per ulteriori approfondimenti si faccia riferimento all'allegato A). La Figura 9 mostra i principali corsi d'acqua dell'area.

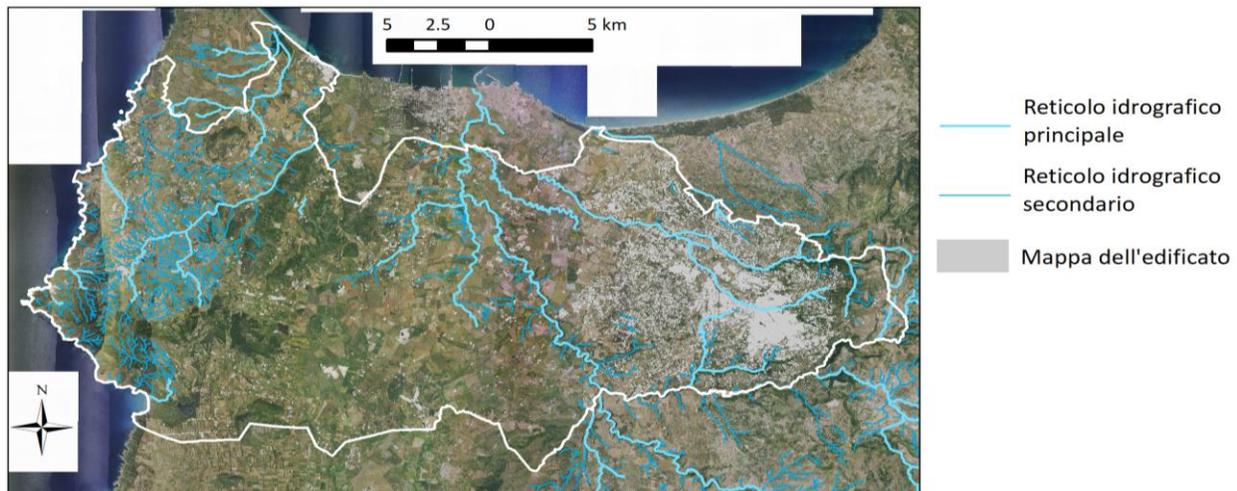


Figura 8: Inquadramento idrografico del comune di Sassari (Ortofoto 2016 – Regione Autonoma Sardegna)



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

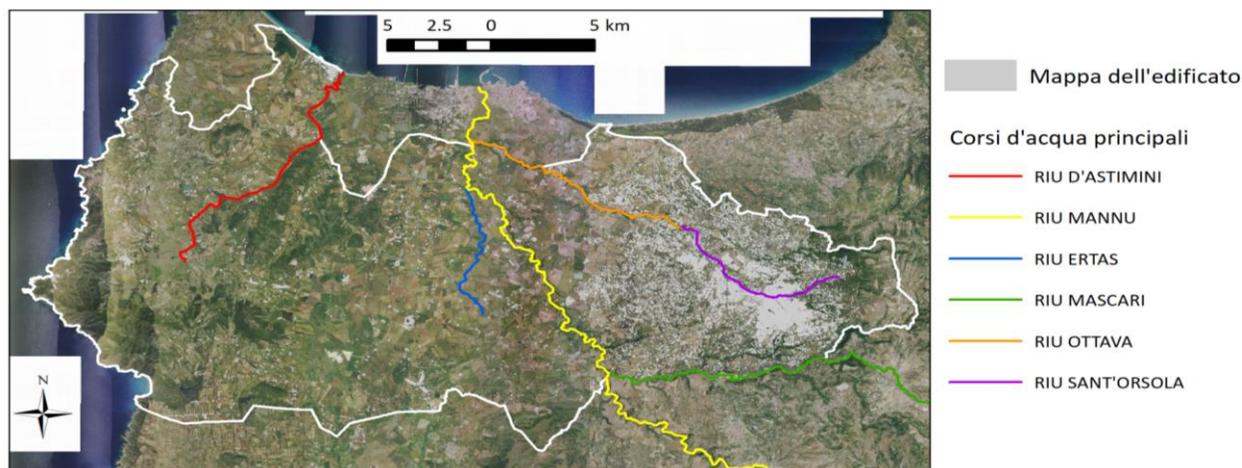


Figura 9: Corsi d'acqua principali nel comune di Sassari (Ortofoto 2016 – Regione Autonoma Sardegna)

Nell'ambito degli studi finalizzati alla redazione ed implementazione del PSFF (Regione Sardegna, 2012), per ognuno dei sistemi idrografici e relativi corsi d'acqua summenzionati sono evidenziate delle criticità di seguito riportate.

Riu Astimini

Lungo il tratto di asta in oggetto non sono emerse criticità particolari; si segnala solo che in corrispondenza del tratto terminale, in sponda sinistra, tutte le fasce sono addossate all'opera di difesa del rilevato su cui sono edificate le installazioni industriali Enichem e la centrale di Fiume Santo, che sono poste a quota di sicurezza. Occorre solo che nel tempo venga controllata e mantenuta la buona funzionalità della suddetta opera di difesa al fine di evitare l'innescio di fenomeni erosivi pericolosi.

Riu Mannu di Porto Torres

Sul riu Mannu di Porto Torres l'unica criticità riguarda l'inadeguatezza del sistema difensivo in corrispondenza della stazione di Porto Torres, difesa da un argine inadeguato già per l'evento cinquantennale e potenzialmente raggiungibile dalle acque di piena. Inoltre la situazione è aggravata dal fascio infrastrutturale che attraversa le aree golenali poco a monte della foce, le cui rampe di accesso, interferendo con il deflusso di piena, favoriscono l'innalzamento dei livelli a monte. In tale contesto, oltre al settore occupato dalla stazione e dagli edifici retrostanti, vengono interessati dagli allagamenti anche diversi edifici situati rispettivamente in destra, in prossimità



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



della banchina della teleferica, ed in sinistra, immediatamente a monte dell'attraversamento ferroviario.

Riu Ottava

Per quanto riguarda il Riu Ottava si segnala, nei pressi di Sassari, l'area del vivaio forestale interamente inclusa con i vari edifici di servizio all'interno dell'area di esondazione di tale corso d'acqua. A rischio risultano inoltre una serie di fabbricati ad uso abitativo, per lo più ville già alluvionate in passato, site in località Strada Vicinale San Quirico. Inoltre si segnala che il tratto terminale della canalizzazione presente presso la confluenza nel Mannu di Porto Torres è pesantemente scalzato per processi di erosione regressiva che alla lunga potrebbero protrarsi fino ai due ponti poco a monte con rischio per la stabilità degli stessi.

Per quanto riguarda il reticolo secondario, la principale criticità è legata al rio Sant'Orsola, in corrispondenza dell'attraversamento di Sassari dove, per consentire l'urbanizzazione delle aree limitrofe, si è proceduto contestualmente al tombamento dell'alveo del rio, aggravando la possibilità di allagamento di aree di fondovalle alluvionale.

La Figura 10 mostra le aree soggette a pericolosità idraulica ai sensi del Rapporto ISPRA relativo all'anno 2017 (Trigila et al., 2018). Si nota come l'estensione delle aree soggette ad esondazione per i tempi di ritorno di riferimento coinvolga anche le aree edificate del Comune, in particolare per quanto attiene il Riu Sant'Orsola e il Riu Ottava.

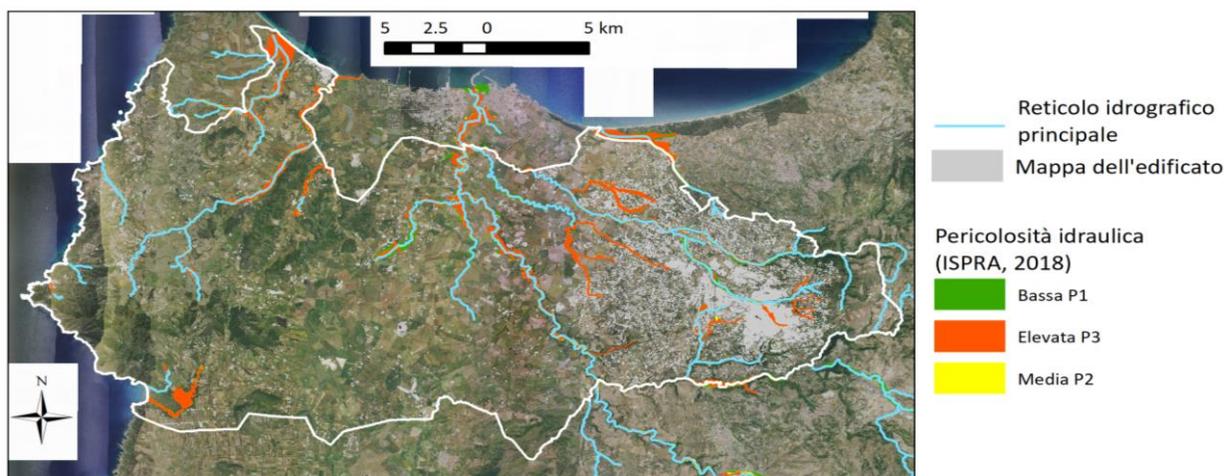


Figura 10: Mappa della pericolosità idraulica del Comune di Sassari (Trigila et al., 2018)



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



La perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica in Figura 10 è il risultato dell'involuppo delle perimetrazioni del PSFF, del PAI e dello Studio di Compatibilità Idraulica redatto dal Comune di Sassari per l'adeguamento del PUC al PAI, in ottemperanza all'art. 8 comma 2 delle NTA del PAI, e approvato con Del. C. I. n. 4 del 12/12/2012. Rispetto al PSFF, il PAI e lo studio art. 8 comma 2 estendono la modellazione idraulica a diversi rami del reticolo idrografico minore completando così la perimetrazione sull'intero territorio comunale.

Di seguito vengono invece riportate le criticità emerse in occasione di eventi meteorici estremi verificatisi nell'ultima decade, così come segnalato dalle Autorità Comunali. Tali eventi non trovano spazio all'interno dell'ultimo Rapporto ISPRA (Trigila et al., 2018) né tantomeno nei Rapporti Polaris relativi agli ultimi anni (CNR – IRPI, 2015-2018), poiché essi non hanno comportato danni in termini di vittime e/o sfollati. Tuttavia, come ampiamente riportato dai *mass-media* di rilevanza locale e nazionale, tali eventi hanno causato notevoli disagi alla viabilità, alle attività sociali e produttive e alla sicurezza. Le Autorità Comunali hanno segnalato la presenza delle seguenti zone, specialmente in ambiente urbano, che sono soggette ad allagamenti anche in seguito ad eventi meteorici di entità ridotta:

1. Rio d'Ottava (abitazioni prospicienti il fiume);
2. Rio Calamasciu, zona Predda Niedda (retro Eurospin): allagamenti delle strade e del piazzale del centro commerciale;
3. Viale Italia in prossimità della confluenza con Via Amendola;
4. Via Budapest (in ingresso al Comune);
5. Viadotto Don Sturzo;
6. Via A. Deffenu, in prossimità della confluenza con Via E. De Nicola;
7. Rotatoria "Bricoman" S.S. 131 direzione Sassari – Porto Torres;
8. Via Prati;
9. Via Gorizia/Viale Trento/Via Mannu;
10. Via Predda Niedda in prossimità del centro commerciale Tanit;
11. Via XXV Aprile, in prossimità della confluenza in Piazza Santa Maria;
12. Via Miniera Vecchia e zone limitrofe (borgata Argentiera).

La totalità di tali criticità attiene alla frequenza di incidenti stradali verificatisi in tempo di pioggia anche per precipitazioni non particolarmente violente. Al punto 12, inoltre, si registrano frequenti



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



fenomeni di instabilità del versante. La Figura 11 e la Figura 13 mostrano come la quasi totalità delle criticità segnalate ricada nel centro urbano di Sassari, in aree a scarsa acclività prospicienti i corsi d'acqua, in particolare il Riu Ottava e il Riu Sant'Orsola. Si nota in particolare come alcune criticità, quali quelle localizzate in Borgata Argentiera e in zona Predda Niedda, siano prospicienti le perimetrazioni relative alla pericolosità idraulica.

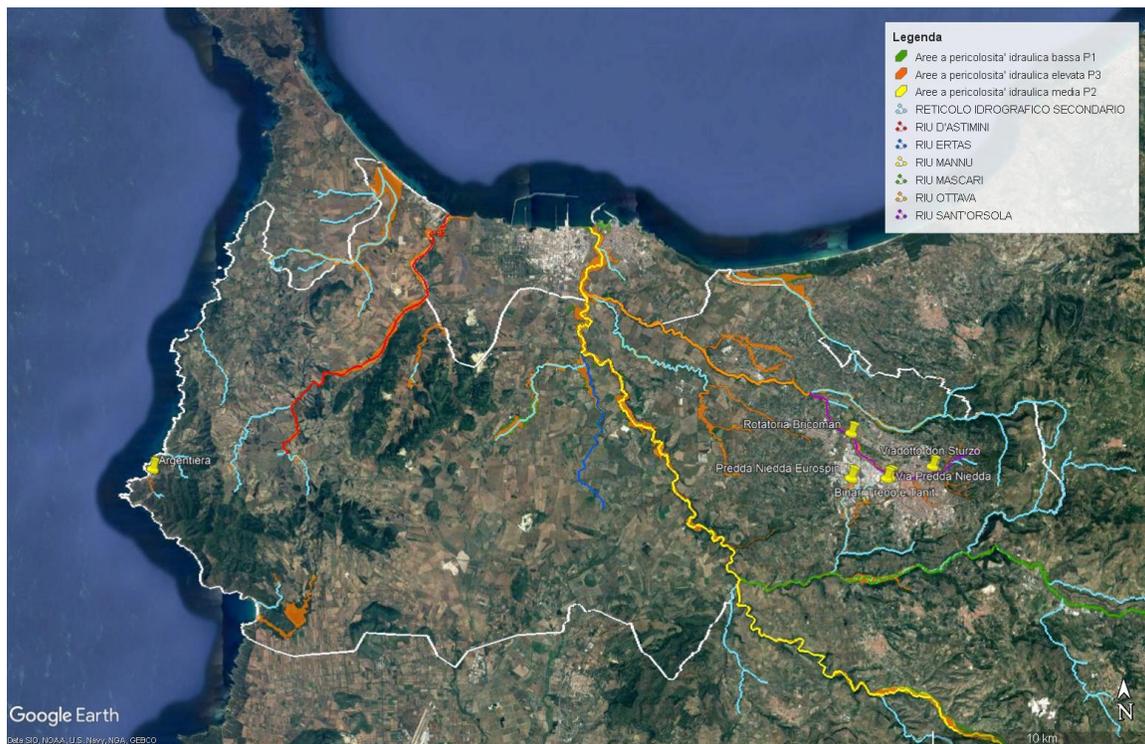


Figura 11: Localizzazione dei principali fenomeni di allagamento urbano



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Figura 12: Localizzazione dei principali fenomeni di allagamento: centro urbano



Figura 13: Localizzazione dei principali fenomeni di allagamento: borgata Argenteria

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Di seguito si riportano gli eventi meteorologici che negli ultimi anni hanno causato ingenti danni alla viabilità, alle attività sociali e produttive e alla sicurezza.

Evento del 26 Novembre 2015

Il violento nubifragio e i conseguenti allagamenti hanno causato il crollo del muro di recinzione alle spalle del negozio Conforama (Figura 14), nonché drammatici effetti sul traffico cittadino (Figura 15).



Figura 14: Conseguenze dell'evento del 26 novembre 2015: crollo del muro alle spalle del negozio Conforama (<https://bit.ly/2FfxwAh>)



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Figura 15: Conseguenze dell'evento del 26 novembre 2015 sul traffico cittadino (<https://bit.ly/2T5Aavl>)

Evento del 6 Novembre 2016

In questa occasione una quantità impressionante di acqua, accompagnata da una tromba d'aria, si è abbattuta in poche ore nel nord ovest della Sardegna, con danni generali estesi a tutta l'isola. Il violento nubifragio ha scaricato sulla piccola frazione dell'Argentiera un'enorme quantità di pioggia che si è incanalata nelle strade che scendono al mare travolgendo ogni cosa, con pali e alberi sradicati, muri abbattuti, case scoperchiate, strade e cantine allagate (Figura 16).



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Figura 16: Conseguenze dell'evento del 6 novembre 2016 (<https://bit.ly/2PIJtk>)

Evento del 15 Dicembre 2017

La forte pioggia della mattinata ha provocato l'esondazione del rio Calamasciu all'altezza dell'area commerciale di Eurospin e Maury's, tra le strade 11 e 12 di Predda Niedda. Il grande parcheggio è stato completamente invaso dall'acqua ed è stato necessario chiudere le attività commerciali e le aziende che si affacciano sul piazzale (una quindicina) (Figura 17). A Sassari la linea ferroviaria Sassari-Chilivani è rimasta bloccata a causa dell'allagamento dei binari nella zona di Scala di Giocca (Figura 18). Una ragazza ferita dal crollo di un cornicione in corso Angioy, sette persone intrappolate nelle auto sommerse dall'acqua in un parcheggio e salvate dai vigili del fuoco, campagne e scantinati rurali allagati, strade bloccate e decine di interventi di soccorso da parte dei pompieri e della polizia municipale rappresentano il bilancio della difficile situazione causata dal temporale. È inoltre esondato in alcuni tratti il rio Sant'Orsola, che ha minacciato alcune abitazioni.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Figura 17: Conseguenze dell'evento del 15 dicembre 2017 (<https://bit.ly/2QAtVhj>)



Figura 18: Conseguenze dell'evento del 15 dicembre 2017 (<https://bit.ly/2DAc8Eb>)



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Evento del 3 Maggio 2018

In questa occasione la pioggia incessante ha allagato le strade cittadine, ancor più dove le stesse sono disconnesse e piene di buche, creando vere e proprie pozze. Notevoli voragini sono state segnalate in particolare sulla rotatoria in zona Predda Niedda (Fig. 19).



Figura 19: Conseguenze dell'evento del 3 maggio 2018 (<https://bit.ly/2z4LDmg>)

Evento del 21 Maggio 2018

In occasione di questo evento meteorico si sono registrati danni nella chiesa di Santa Maria di Betlem, per la quale da tempo si chiedono interventi di manutenzione straordinaria, dove l'acqua che è entrata dal soffitto ha allagato stanze e bagnato arredi. La processione dei Martiri, prevista per la giornata, è stata annullata per la pioggia scrosciante e poi a Predda Niedda, per alcuni minuti, la ferrovia è addirittura scomparsa nella piena del rio Calamsciu che scorre lungo la linea Sassari-Porto Torres. L'acqua ha allagato anche alcuni capannoni della zona industriale (Figura 20).



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Figura 20: Conseguenze dell'evento del 21 maggio 2018 (<https://bit.ly/2T7tehe>)

L'esposizione nel territorio comunale

I principali riferimenti normativi e pianificatori ai fini della individuazione degli esposti alla scala comunale sono:

- Le "Linee guida per la pianificazione comunale e intercomunale di protezione civile" di cui alla Del.G.R. n. 20/10 del 12.04.2016, che prevedono l'individuazione puntuale degli elementi vulnerabili (esposti), ovvero ricadenti in aree a pericolosità idraulica;
- Le NTA del PAI, aggiornate al 2018, il cui testo coordinato è stato approvato con Decreto del Presidente della Regione n. 35 del 27/04/2018, che prevedono, all'atto della redazione degli studi di compatibilità idraulica per l'adeguamento del PUC al PAI, l'individuazione e classificazione degli esposti in funzione del loro valore ai fini della mappatura del danno potenziale e del conseguente rischio idraulico.

Il Comune di Sassari si è dotato, nel dicembre 2011, di un Piano di Protezione Civile, redatto ai sensi dell'O.P.C.M. 27 ottobre 2007 n. 3624/07, che è in corso di aggiornamento secondo le nuove linee guida. Nel 2012, ha inoltre redatto, ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle NTA del PAI, lo Studio di compatibilità idraulica e geologico-geotecnica del territorio comunale per l'adeguamento del proprio Piano Urbanistico Comunale al PAI, che è stato approvato con Deliberazione del

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale n. 4 del 12/12/2012. Lo studio individua le aree a pericolosità idraulica del territorio comunale ma non gli elementi esposti.

Nel presente lavoro, quindi, in mancanza di specifici studi di dettaglio effettuati alla scala comunale, ai fini della determinazione degli elementi caratterizzanti l'esposizione, è stata utilizzata la perimetrazione e classificazione degli elementi esposti operata, per l'intero territorio regionale, nel 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:

- Zone urbanizzate (agglomerati urbani, nuclei abitati con edificazione diffusa e sparsa, zone di espansione, aree commerciali e produttive);
- Strutture Strategiche (ospedali e centri di cura pubblici e privati, centri di attività collettive civili, sedi di centri civici, centri di attività collettive militari);
- 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);
- 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);
- Zone interessate da insediamenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale (zone estrattive, discariche, depuratori, inceneritori);
- Zone agricole, zone umide, corpi idrici (zone destinate ad uso agricolo o caratterizzate da elementi di naturalità).

Nel PGRA a ciascun elemento esposto, appartenente alle suddette categorie, viene assegnata una classe, variabile da 1 a 4, al crescere del valore dell'esposto.

Nell'ambito del presente studio, gli elementi esposti del PGRA sono stati estrapolati per il territorio comunale di Sassari e rappresentati in Figura 21 e Figura 22 in funzione della macro-categoria di appartenenza e della classe di esposizione.

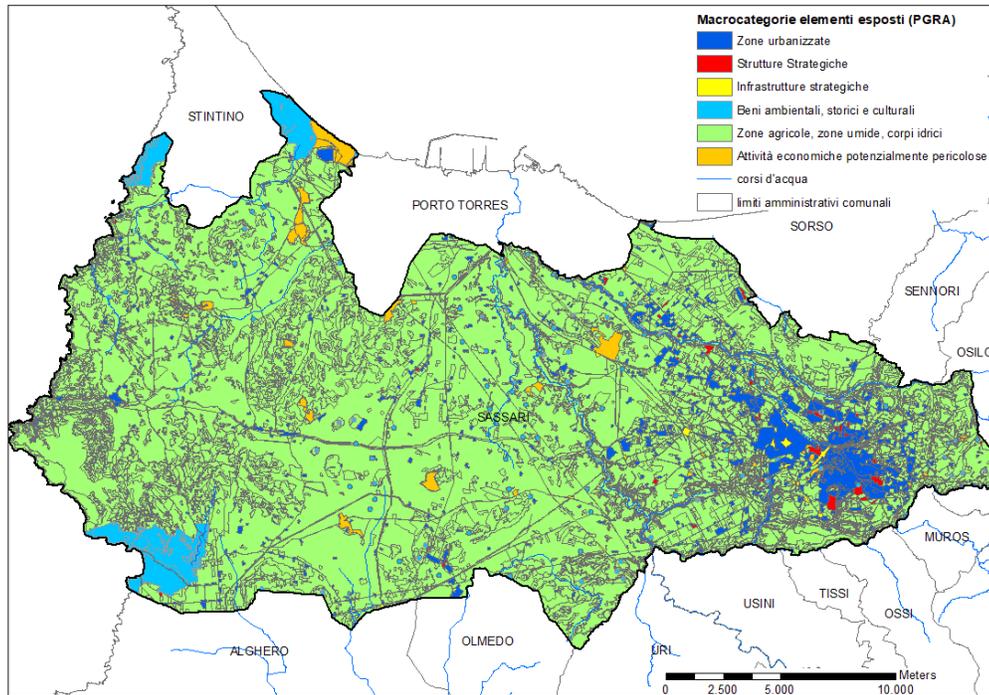


Figura 21: Mappa degli elementi esposti per macro-categoria (fonte PGRA – Mappa del danno potenziale)

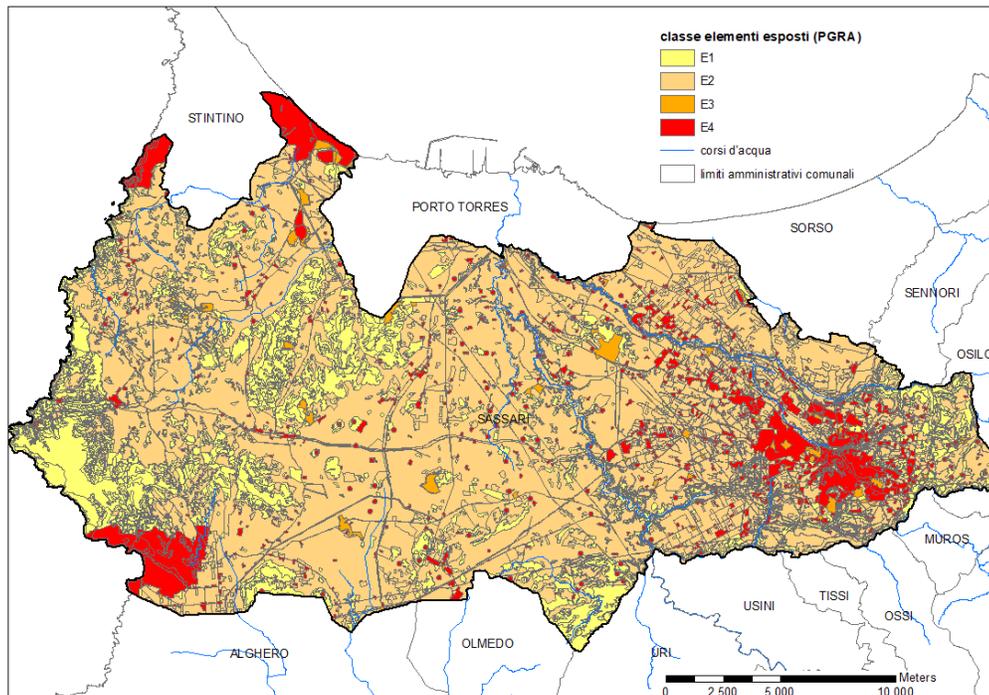


Figura 22: Mappa degli elementi esposti per classe di esposto (fonte PGRA – Mappa del danno potenziale)



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Inoltre, nota la estensione superficiale di tali elementi, è stata calcolata la loro incidenza percentuale rispetto alla superficie totale comunale. I dati sono riportati in Tabella 3 e Tabella 4:

Tabella 3. Estensione superficiale in m² degli elementi esposti per macro-categoria (fonte PGRA – Mappa del danno potenziale)

Elementi esposti	E1	E2	E3	E4	Totale
Attività economiche potenzialmente pericolose		1.947	4.613.159	1.616.078	6.231.184
Beni ambientali, storici e culturali				17.451.607	17.451.607
Infrastrutture strategiche	1.637.565	5.358.972	1.287.708		8.284.245
Strutture Strategiche			1.522.444	191.905	1.714.349
Zone agricole, zone umide, corpi idrici	115.563.738	368.942.423		163.516	484.669.677
Zone urbanizzate		161.131		28.871.797	29.032.928
Totale	115.563.738	370.743.066	11.494.576	49.582.611	547.383.991

Tabella 4. Incidenza percentuale degli elementi esposti per macro-categoria rispetto alla superficiale comunale (fonte PGRA – Mappa del danno potenziale)

Elementi esposti	E1	E2	E3	E4	Totale
Attività economiche potenzialmente pericolose	0,00	0,00	0,84	0,30	1,14
Beni ambientali, storici e culturali	0,00	0,00	0,00	3,19	3,19
Infrastrutture strategiche	0,00	0,30	0,98	0,24	1,51
Strutture Strategiche	0,00	0,00	0,28	0,04	0,31
Zone agricole, zone umide, corpi idrici	21,11	67,40	0,00	0,03	88,54
Zone urbanizzate	0,00	0,03	0,00	5,27	5,30
Totale	21,11	67,73	2,10	9,06	100,00

Gli elementi così individuati sono però solo potenzialmente esposti. Per identificarne l'effettiva esposizione, almeno in riferimento allo stato attuale, tale tematismo è stato sovrapposto alle mappe della pericolosità da alluvione del PGRA identificando i soli elementi effettivamente ricadenti in tali aree.

Il PGRA identifica e perimetra, per l'intero territorio regionale, le aree a pericolosità da alluvione derivanti dall'involuppo 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

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

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 ($200 < Tr \leq 500$).

La mappatura delle aree a pericolosità idraulica del comune di Sassari è rappresentata in Figura 10. In Tabella 5 sono riportate l'estensione e l'incidenza percentuale delle aree a pericolosità da alluvione rispetto alla superficie comunale di Sassari; In Tabella 6 e Tabella si riportano i dati della superficie degli elementi esposti ricadenti nelle diverse aree a pericolosità da alluvione e i dati della incidenza percentuale rispetto alla loro superficie totale.

Tabella 5. Incidenza percentuale delle aree a pericolosità da alluvione rispetto alla superficiale comunale (fonte PGRA – Mappa della pericolosità da alluvione)

Classe Pericolosità	Superficie aree pericolose (m ²)	% sup. aree pericolose/sup. comunale
P1	3.167.870	0,58
P2	1.383.052	0,25
P3	23.716.895	4,33
Totale	28.267.818	5,16



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Tabella 6. Superficie (m²) degli elementi esposti ricadenti nelle aree a pericolosità da alluvione (fonte PGRA – Mappa della pericolosità da alluvione)

Elementi esposti	Classe Pericolosità			
	P1	P2	P3	Totale
E1	372.716	193.945	2.329.846	2.896.507
Aree boscate e prati	371.656	193.592	2.306.109	2.871.357
Corpi idrici			17.155	17.155
Superfici a vegetazione rada	865	138	1.011	2.014
Zone umide	195	215	5.571	5.982
E2	2.443.724	1.017.811	17.265.428	20.726.963
Reti di comunicazione e trasporto secondarie	18.494	3.372	30.493	52.359
Superfici agricole seminative	1.819.941	875.754	15.026.309	17.722.004
Zone agricole permanenti ed eterogenee	605.289	138.684	2.208.626	2.952.599
E3	39.972	18.458	227.759	286.189
Aree estrattive		7	36	43
Aree ricreative e sportive	3.939	814	12.199	16.952
Cantieri	586	438	17.213	18.237
Fognature e impianti di depurazione			2.121	2.121
Reti di comunicazione e trasporto primarie	5.874	6.918	45.579	58.371
Reti tecnologiche e di servizio, strutture tecnologiche a supporto delle reti	29.573	10.281	150.611	190.464
E4	311.458	152.839	3.893.862	4.358.159
Aree di rilievo storico-culturale e archeologico	26.082	9.465	331.997	367.544
Aree Protette	92.367	68.852	2.925.175	3.086.394
Edifici pubblici, anche al di fuori delle aree residenziali	23	332	290	645
Reti di comunicazione e trasporto strategiche	3.672	1.910	26.332	31.913
Strutture Ospedaliere, Sanitarie e Scolastiche	1	4	15	20
Zone industriali e commerciali	53.647	33.414	215.749	302.810
Zone residenziali	135.665	38.863	394.304	568.833
Totale	3.167.870	1.383.052	23.716.895	28.267.818



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Tabella 7. Incidenza percentuale della superficie degli elementi esposti ricadenti nelle diverse aree a pericolosità da alluvione rispetto alla loro superficie totale (fonte PGRA – Mappa della pericolosità da alluvione)

Elementi esposti	Classe Pericolosità			
	P1	P2	P3	Totale
E1	0,32	0,17	2,02	2,51
Aree boscate e prati	0,33	0,17	2,06	2,56
Corpi idrici	0,00	0,00	3,55	3,55
Superfici a vegetazione rada	0,03	0,00	0,03	0,07
Zone umide	0,32	0,36	9,27	9,96
E2	0,66	0,27	4,66	5,59
Reti di comunicazione e trasporto secondarie	1,13	0,21	1,86	3,20
Superfici agricole seminative	0,61	0,30	5,06	5,97
Zone agricole permanenti ed eterogenee	0,84	0,19	3,06	4,09
E3	0,35	0,16	1,98	2,49
Aree estrattive	0,00	0,00	0,00	0,00
Aree ricreative e sportive	0,29	0,06	0,89	1,23
Cantieri	0,03	0,02	0,98	1,04
Fognature e impianti di depurazione	0,00	0,00	11,90	11,90
Reti di comunicazione e trasporto primarie	0,34	0,40	2,65	3,39
Reti tecnologiche e di servizio, strutture tecnologiche a supporto delle reti	0,82	0,28	4,16	5,26
E4	0,63	0,31	7,85	8,79
Aree di rilievo storico-culturale e archeologico	0,78	0,28	9,92	10,98
Aree Protette	0,65	0,49	20,74	21,88
Edifici pubblici, anche al di fuori delle aree residenziali	0,08	1,11	0,97	2,16
Reti di comunicazione e trasporto strategiche	0,32	0,17	2,30	2,78
Strutture Ospedaliere, Sanitarie e Scolastiche	0,00	0,00	0,01	0,01
Zone industriali e commerciali	0,84	0,52	3,38	4,74
Zone residenziali	0,60	0,17	1,75	2,53
Totale	0,58	0,25	4,33	5,16

Tra gli elementi esposti sopra elencati, due sono strutture scolastiche che però, solo marginalmente ricadono in un'area a bassa pericolosità da alluvione (P1).

Ancora, più che la determinazione dei singoli elementi esposti, è importante quantificare la popolazione potenzialmente esposta a fenomeni di esondazione e allagamento.

Utilizzando i dati del 15° Censimento Istat della popolazione e delle abitazioni, relativo all'anno 2011, riferiti alle singole sezioni censuarie del comune, è stata definita, per ciascuna sezione censuaria e per l'intero comune, la popolazione residente espressa sia in valore assoluto, sia

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

come densità abitativa e sia come percentuale rispetto alla popolazione totale. Inoltre sono state individuate 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 di tali eventi. E' stata quindi calcolata, sempre per ciascuna sezione censuaria e per l'intero territorio comunale, l'incidenza del numero di anziani (residenti di età maggiore di 65 anni) e bambini (residenti di età inferiore ai 5 anni) espressa in percentuale sul totale della popolazione residente. Il risultato a livello comunale è riportato in Tabella 8, mentre i dati per singola sezione censuaria sono rappresentati in Figura 23, Figura 24 e Figura 25.

Tabella 8. Dati sulla popolazione residente e sulle fasce più deboli (anziani e bambini) del comune di Sassari (fonte 15° Censimento Istat della popolazione e delle abitazioni, anno 2011)

Sup. comunale	Pop. Residente	Densità abitativa	Pop. Resid. < 5 anni		Pop. Resid. > 65 anni	
km ²	n° ab	n° ab/km ²	n° ab	%	n° ab	%
547,04	123.782	22.628	4.956	4,0	24.325	19,7

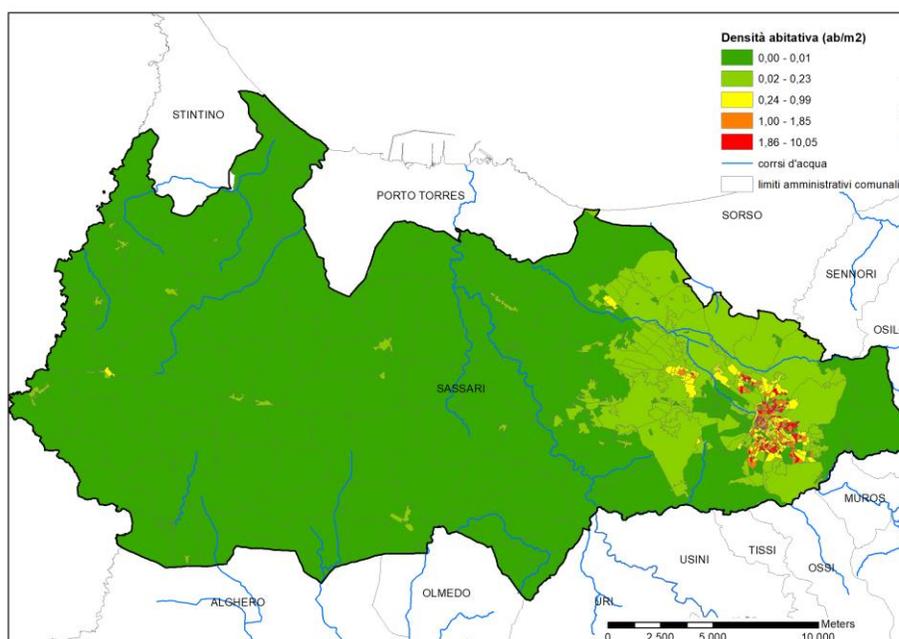


Figura 23: Mappa della densità di popolazione nelle diverse sezioni censuarie (fonte 15° Censimento Istat della popolazione e delle abitazioni, relativo all'anno 2011)



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

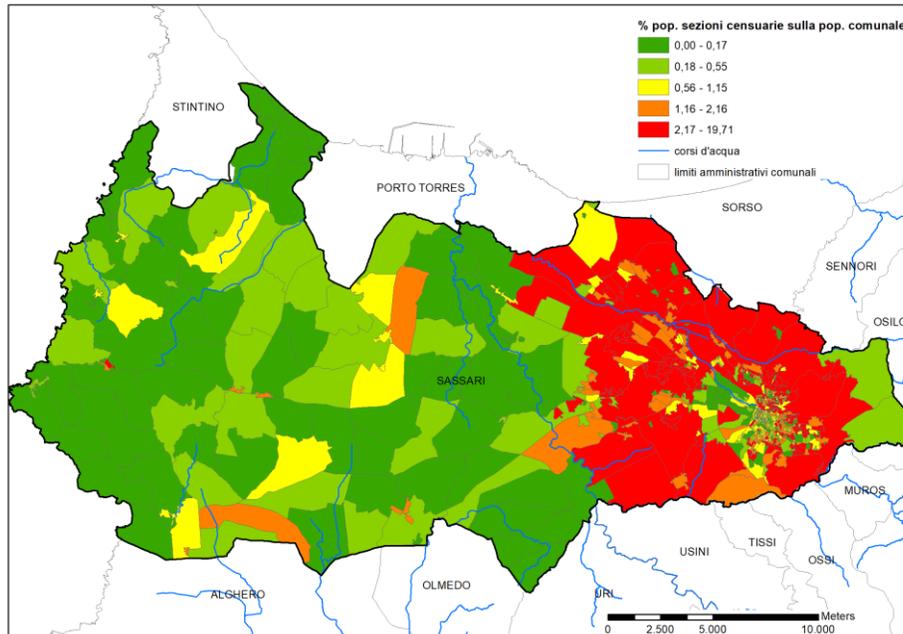


Figura 24: Mappa della percentuale di popolazione residente nelle diverse sezioni censuarie rispetto al totale della popolazione comunale (fonte 15° Censimento Istat della popolazione e delle abitazioni, relativo all'anno 2011)

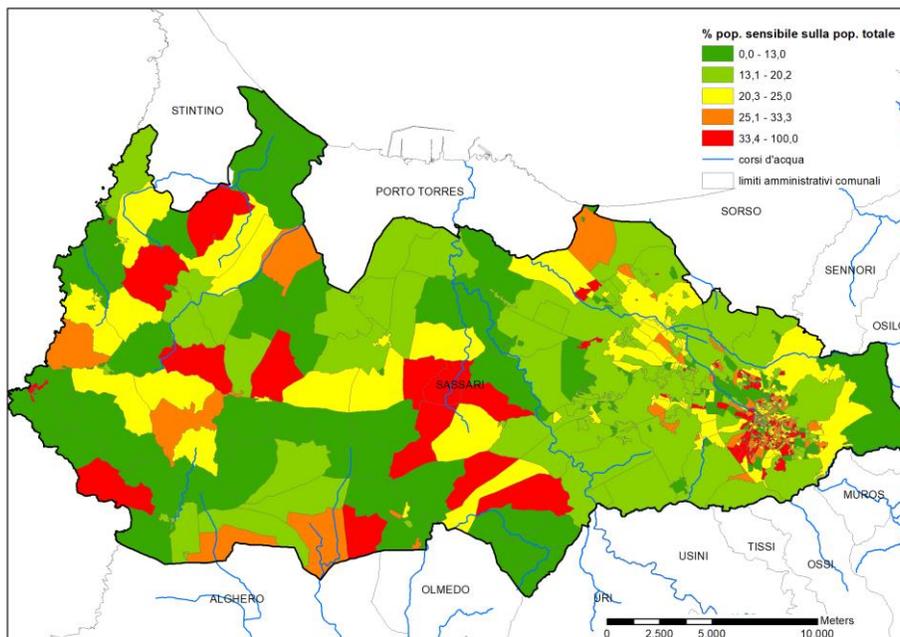


Figura 25. Mappa della incidenza percentuale della popolazione sensibile rispetto al totale della popolazione residente nelle diverse sezioni (fonte 15° Censimento Istat della popolazione e delle abitazioni, relativo all'anno 2011)

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Il PGRA, in ottemperanza a quanto previsto dalla lettera a) dell'art. 6 comma 5 del D.Lgs. 49/2010, stima il numero degli abitanti potenzialmente interessati dagli eventi alluvionali, intersecando lo strato informativo delle sezioni censuarie con gli strati informativi relativi alle aree inondabili secondo i tre scenari di pericolosità. In Tabella 9 si riporta il dato per le diverse classi di pericolosità.

Tabella 9. Numero di abitanti potenzialmente interessati dagli eventi alluvionali (fonte PGRA – Mappa della pericolosità da alluvione)

Classe Pericolosità	Abitanti
P1	804
P2	210
P3	2.980
Totale	3.994

Nel comune di Sassari sono inoltre presenti due canali tombati, uno sul rio San Giovanni e uno sul rio Calamasciu (Figura 26 e Figura 27).

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 ha 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. Va specificato che, ai fini del presente studio, ponendosi nella condizione più cautelativa, si è scelto di considerare la eventuale presenza 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.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

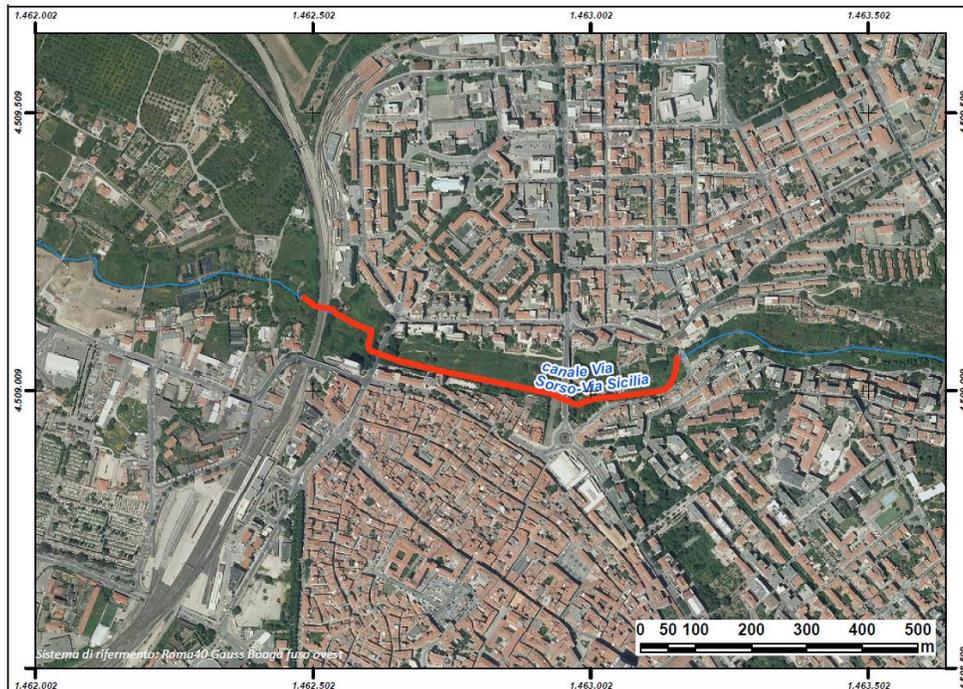


Figura 26: Inquadramento canale tombato sul Rio San Giovanni denominato Via Sorso-Via Sicilia (fonte PGRA – Repertorio canali tombati, ID ADIS SS_I452_001)

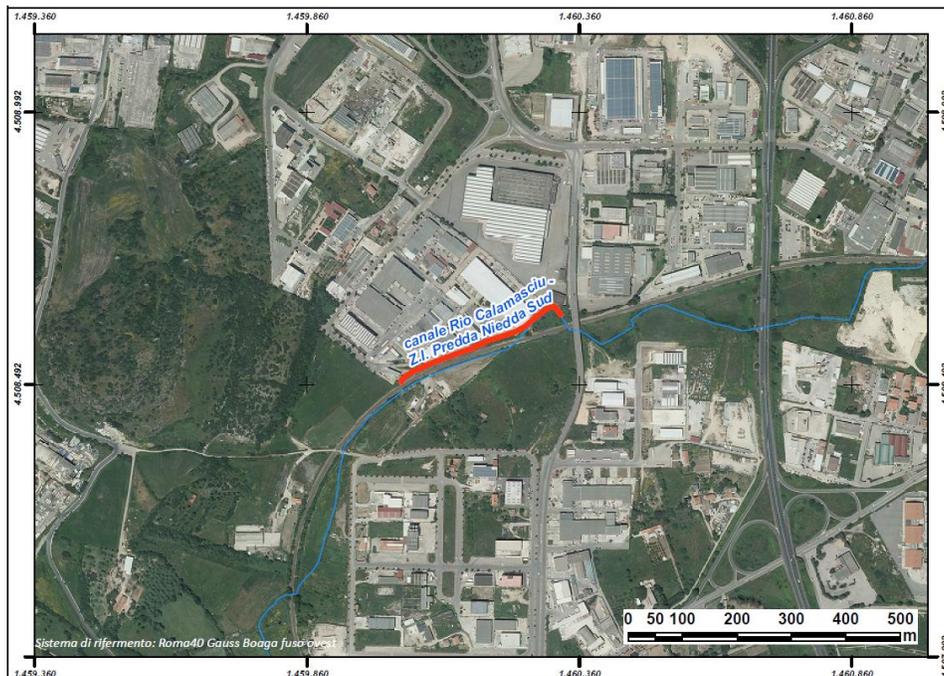


Figura 27: Inquadramento canale tombato sul Rio Calamasciu denominato Rio Calamasciu - Z.I. Predda Niedda Sud (fonte PGRA – Repertorio canali tombati, ID ADIS SS_I452_002)

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



In Figura 28 e Figura 29 viene rappresentata, per il solo centro urbano, la sovrapposizione delle aree pericolose e dei tratti dei corsi d'acqua tombati con gli elementi esposti, sia in riferimento alla macrocategoria che alla classe di appartenenza.

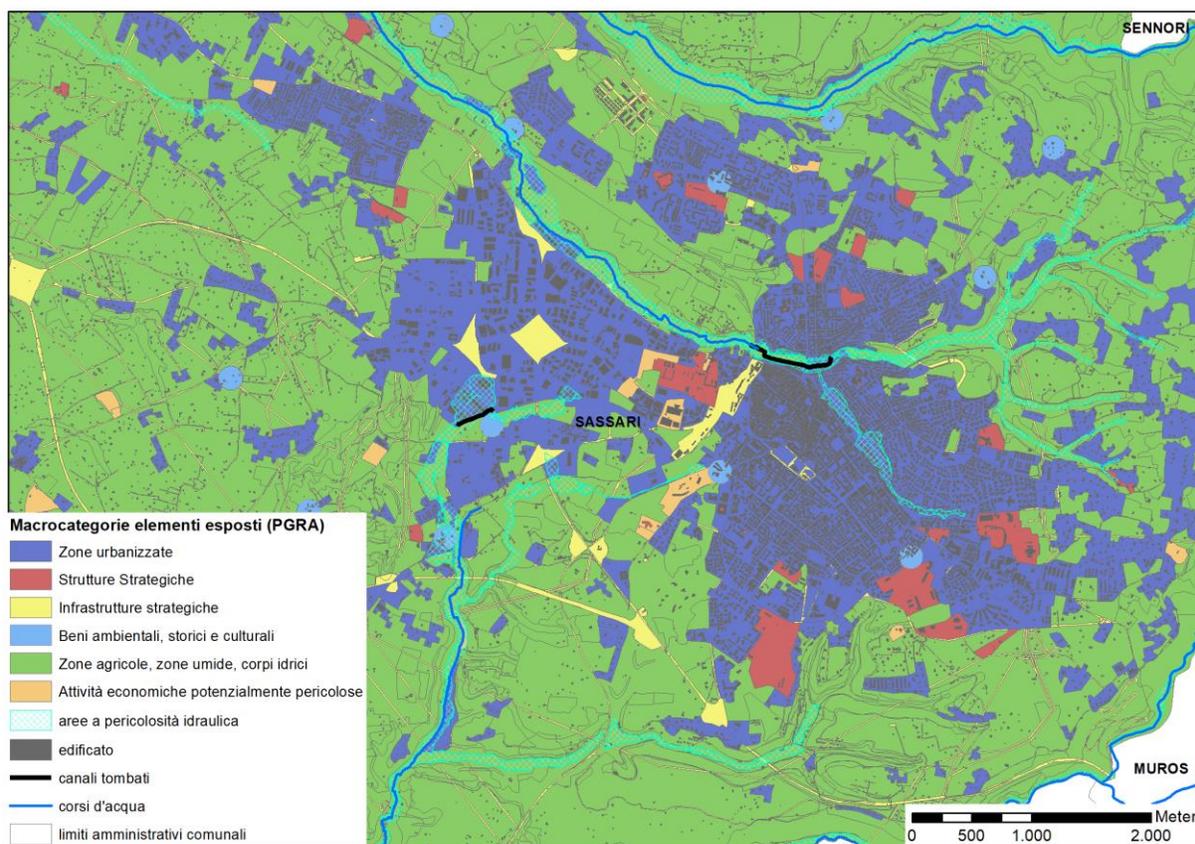


Figura 28: Mappa della sovrapposizione delle aree a pericolosità idraulica e dei tratti tombati con gli elementi esposti rappresentati in macro-categorie nel centro urbano di Sassari (fonte PGRA)



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

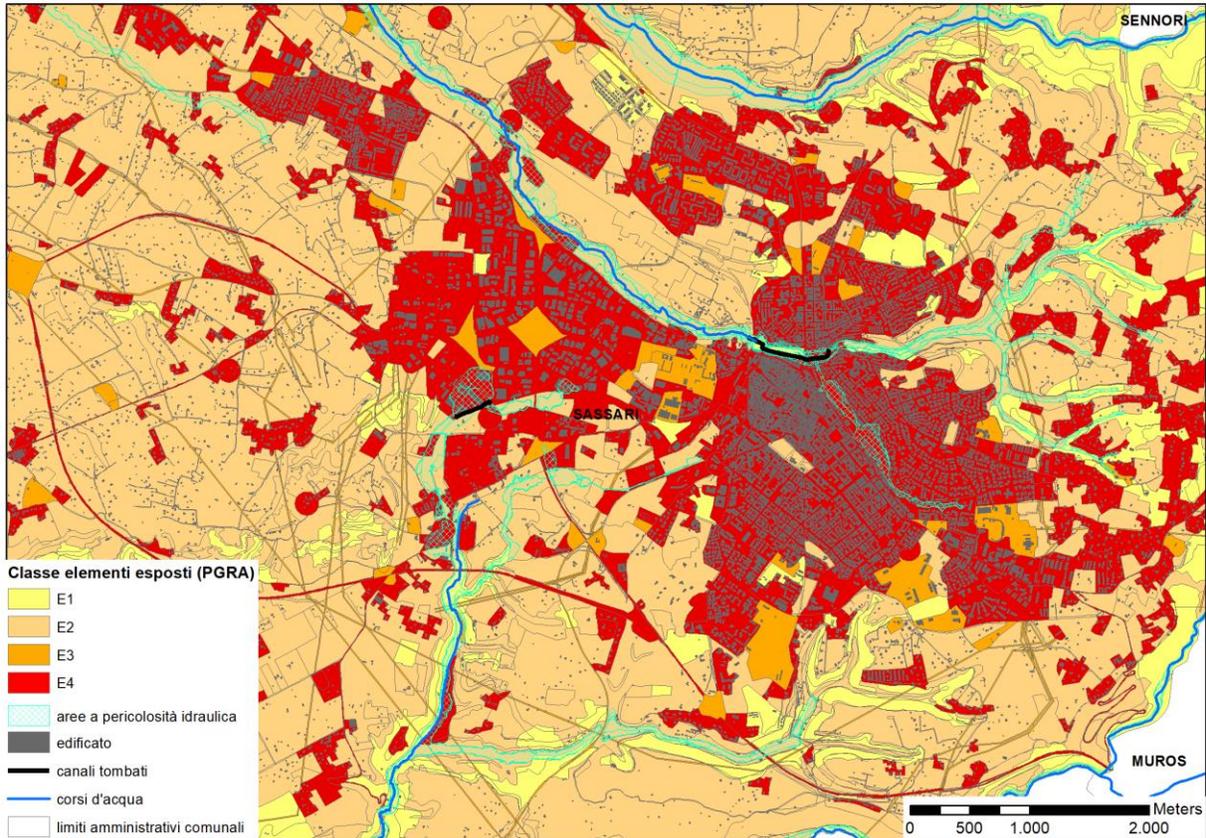


Figura 29: Mappa della sovrapposizione delle aree a pericolosità idraulica e dei tratti tombati con gli elementi esposti rappresentati in classi nel centro urbano di Sassari (fonte PGRA)



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



La capacità di adattamento nel territorio comunale

La capacità di adattamento del comune di Sassari relativamente al rischio idraulico è stata analizzata secondo cinque determinanti: conoscenza e consapevolezza, infrastrutture, capacità istituzionale e risorse economiche. L'analisi è stata svolta in forma matriciale (analisi SWOT) evidenziando, per ciascuna delle suddette categorie, i punti di forza (*Strengths*), le debolezze (*Weaknesses*), le opportunità (*Opportunities*) e le minacce (*Threats*).

In particolare, la “conoscenza e consapevolezza” e le “risorse economiche” disponibili nel territorio danno indicazioni circa il possesso o la possibilità di accesso a strumenti e informazioni che rendono il sistema capace di comprendere i fenomeni di dissesto e rispondere all'emergenza. Con la determinante “capacità istituzionale e infrastrutture” si vuole invece valutare la capacità dell'amministrazione comunale e degli enti preposti di rispondere ad eventi potenzialmente catastrofici, in relazione sia agli strumenti conoscitivi, organizzativi e operativi disponibili, sia al capitale umano e di mezzi. L'analisi è stata condotta unendo le informazioni derivanti dall'andamento di alcuni indicatori considerati rappresentativi dello stato della determinante considerata, quale ad esempio il numero di laureati o la prossimità delle sedi degli enti preposti a gestire l'emergenza, di cui si riporta l'elenco nella Tabella 10, con le informazioni fornite dai funzionari comunali circa l'attività programmatoria e progettuale dell'amministrazione e le considerazioni emerse in occasione di diversi incontri con i portatori di interesse locale svolti nell'ambito dei progetti di adattamento promossi dal comune di Sassari, nonché dalle analisi emerse dalla Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SRACC)¹ della Regione Sardegna. Nella Tabella 11 è quindi riportata l'analisi SWOT.

Tabella 10. Indicatori di capacità di adattamento utilizzati in riferimento al rischio idraulico

Determinante	Indicatore	U.M.	Fonte
Conoscenza e consapevolezza	Diploma universitario	%	ISTAT – Censimento generale della popolazione e delle abitazioni 2011
Capacità istituzionale e infrastrutture	Copertura media stazioni forestali CFVA, distaccamenti VV.F, nuclei Agenzia Fo.Re.STAS, organizzazioni volontariato, punti avvistamento	km	Piano Regionale di Previsione, Prevenzione e Lotta attiva contro gli incendi boschivi - 2018
Risorse economiche	PIL	€/pro-capite x103	ISTAT, 1991

¹ <https://portal.sardegناسira.it/strategia-regionale-di-adattamento>



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Tabella 11. Analisi SWOT della capacità di adattamento del Comune di Sassari in riferimento al rischio idraulico

CONOSCENZA E CONSAPEVOLEZZA	
Punti di forza	Punti di debolezza
L'alta percentuale di laureati (14,59% della popolazione residente, pari a circa tre volte la media regionale) facilita la comprensione e prevenzione del rischio idraulico	Si riscontra una generale mancanza di conoscenza e consapevolezza della popolazione circa le criticità del territorio e i comportamenti da adottare in caso di evento
Opportunità	Minacce
Possibilità di informazione e sensibilizzazione di operatori e popolazione prevedendo momenti di coinvolgimento, ad esempio con esercitazioni di protezione civile, all'atto dell'affidamento dell'incarico per l'adeguamento del Piano di Protezione Civile alle nuove linee guida regionali	Progressiva perdita di presidio e conoscenza del territorio e dei suoi caratteri geologici e idrogeologici a causa del progressivo abbandono delle attività agro-silvo-pastorali
CAPACITA' ISTITUZIONALE E INFRASTRUTTURE	
Punti di forza	Punti di debolezza
Il Comune è dotato del PUC adeguato al PPR ed al PAI, entrato in vigore alla fine del 2014, e del relativo Studio di compatibilità idraulico del territorio comunale redatto nel 2012 ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle NTA del PAI, che individua le aree a pericolosità idraulica	Lo studio di compatibilità include la sola mappatura della pericolosità e non quella del danno potenziale e del rischio, manca pertanto la individuazione puntuale degli elementi esposti
Il Comune è dotato del Piano di Protezione Civile, redatto nel dicembre 2011 ai sensi dell'O.P.C.M. 27 ottobre 2007 n. 3624/07, e approvato definitivamente nel 2013, che definisce il modello di intervento in caso di evento	Il Piano di Protezione Civile è in corso di aggiornamento alle nuove linee guida Del.G.R. n. 20/10 del 12.04.2016) per cui non contiene ancora l'individuazione puntuale degli elementi esposti
Piano di Azione delle Energie Sostenibili (PAES)	Manca un catasto degli attraversamenti stradali in alveo e delle opere idrauliche coinvolte nelle dinamiche evolutive delle acque superficiali in condizioni di piena che ne individui i limiti di esercizio e ne programmi l'adeguamento
Il Comune ha aderito al Mayors' Adapt l'8 Novembre 2011 e sottoscritto il nuovo Patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia il 10 Novembre 2017	Manca un piano di manutenzione dei corsi d'acqua di livello comunale o sovracomunale pensato alla scala di bacino
Il Comune ha presentato, nell'ambito del POR FESR 2014-2020, un progetto di riqualificazione e valorizzazione della valle del Rosello improntato alla tutela e sostenibilità ambientale, oltre che alla inclusione sociale (ITI Riqualificazione e valorizzazione della valle del Rosello, Allegato alla Delib.G.R. n. 20/9 del 12.4.2016)	Mancano o risultano insufficienti ed inefficaci i piani di manutenzione delle infrastrutture



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

<p>Il Comune ha partecipato e sta partecipando a diversi progetti per l'adattamento ai cambiamenti climatici quali: Progetto Tender CO2 (Legge Regionale 7, Bando 2010), Sassari-Climathon 2017 (Climate-KIC 2017), Sassari-Climathon 2018 (Climate-KIC 2018), Sassari-Climathon 2019 (Climate-KIC 2019), LIFE MASTER ADAPT (LIFE Climate Change Adaptation, 2015)</p>	
<p>Il comune ha già realizzato diverse iniziative e opere di adattamento: orti urbani, giardino nella piazza Monsignor Carta, ripristino e recupero vecchie strade e sentieri di collegamento tra i paesi dell'hinterland Sassarese e le località della valle del Logulentu</p>	
<p>La presenza nel territorio comunale delle sedi dei diversi Enti preposti a fronteggiare le emergenze (Vigili del Fuoco, Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale, Fo.Re.STAS, associazioni di volontariato) aumenta la capacità operativa in caso di evento</p>	
Opportunità	Minacce
<p>Possibilità di prevedere, all'atto dell'affidamento dell'incarico per l'adeguamento del Piano di Protezione Civile alle nuove linee guida regionali, lo svolgimento, possibilmente prima dell'approvazione del Piano, di esercitazioni che coinvolgano i funzionari comunali incaricati delle attività di protezione civile e la popolazione, in modo da favorirne la reale efficacia e attuabilità</p>	<p>Manca una nuova legge urbanistica regionale che sia adeguata alle problematiche del rischio idrogeologico e dei cambiamenti climatici</p>
<p>Possibilità di adesione a iniziative e progetti Comunitari per l'adattamento ai cambiamenti climatici</p>	<p>Mancano o risultano inefficaci le misure per combattere l'abusivismo edilizio</p>
<p>La presenza della Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici recentemente adottata con deliberazione della Giunta Regionale n.6/50 del 5 febbraio 2019</p>	<p>Difficoltà e lentezza nell'iter di approvazione dei PUC e degli studi di compatibilità idraulica e idrogeologica legate alla complessità tecnica e amministrativa delle procedure e ai costi elevati, oltre che ai numerosi interessi in gioco</p>
	<p>Complessità degli studi richiesti e mancanza di adeguate risorse finanziarie regionali da destinare ai Comuni o alle Province per la redazione dei piani di manutenzione dei corsi d'acqua di livello comunale o sovracomunale pensati alla scala di bacino</p>
	<p>Generale diffidenza verso l'adozione di misure per la delocalizzazione degli elementi a rischio prioritariamente alla realizzazione di interventi di sistemazione idraulica e/o protezione degli edifici</p>



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

RISORSE ECONOMICHE

Punti di forza	Punti di debolezza
La buona disponibilità di risorse economiche, rappresentata dall'alto valore di PIL pro capite (13,7 €/pro-capite x10 ³ , pari a circa due volte e mezza la media regionale), favorisce l'accesso ad informazioni e mezzi per la comprensione e prevenzione del rischio idraulico	Elevato costo degli interventi di riqualificazione ambientale e sistemazioni idraulica del territorio
	Scarsa disponibilità di risorse se non per interventi di mitigazione a seguito di eventi catastrofici
Opportunità	Minacce
Possibilità di accesso a fonti di finanziamento comunitarie per le attività di adattamento ai cambiamenti climatici	Ingenti costi per la comunità legati ai danni derivanti dai fenomeni di dissesto non opportunamente previsti e gestiti



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Sintesi del Profilo Climatico Locale

Il Profilo Climatico Locale del Comune di Sassari (ADAPT, 2018) illustra i risultati dell'analisi della variabilità climatica locale osservata, nonché delle possibili anomalie climatiche attese in futuro per effetto dei cambiamenti climatici. Nel seguito verranno presentati esclusivamente i risultati salienti, quelli cioè ritenuti di maggiore importanza ai fini dell'analisi della pericolosità da alluvione. Per una panoramica dei risultati completi, si rimanda al documento originale.

Il Profilo Climatico Locale è articolato in due fasi. Nella prima viene proposta un'analisi della variabilità climatica osservata, focalizzata sullo studio delle serie storiche di dati osservati presso la stazione termo/pluviometrica di Sassari in località Serra Secca, appartenente alla rete A.R.P.A.S. – Dipartimento Meteorologico, riferiti al periodo “storico” 1981-2010. Nella seconda fase è invece proposta l'analisi delle anomalie climatiche previste per il futuro, ottenute mediante l'applicazione di specifici modelli climatici integrati nel framework EuroCORDEX²; gli scenari futuri sono riferiti a due diversi livelli di concentrazione dei gas climalteranti (RCP4.5³ e RCP8.5⁴) e a tre diversi archi temporali futuri (breve termine 2011-2040, medio termine 2041-2070, lungo termine 2071-2100)⁵. Le variabili climatiche considerate sono essenzialmente la precipitazione cumulata giornaliera e la temperatura media giornaliera, eventualmente aggregate su base mensile, stagionale o annua per il calcolo di indici climatici significativi. Nel presente documento si farà esclusivamente riferimento alla variabile precipitazione, ritenuta maggiormente interessante per l'analisi dell'influenza dei cambiamenti climatici sui fenomeni alluvionali.

La Figura 30 mostra l'analisi dello stato di fatto, ovvero delle osservazioni storiche nel periodo di riferimento 1981-2010; per ogni anno è riportato il valor medio della precipitazione cumulata nonché il 5° e il 95° percentile. È possibile notare che la precipitazione appare mediamente inferiore nei mesi estivi (GLA – Giugno, Luglio, Agosto) e maggiore nei mesi autunnali (SON – Settembre, Ottobre, Novembre); all'autunno è associata una maggiore dispersione rispetto alla media, come mostrato dalla larghezza della banda al 90%, di contro i mesi estivi hanno variabilità

² <http://www.euro-cordex.net>

³ Lo scenario IPCC RCP4.5 (stabilizzazione medio-bassa) prevede che entro il 2070 le emissioni di CO₂ scendano al di sotto dei livelli attuali e la concentrazione atmosferica si stabilizzi entro la fine del secolo a circa il doppio dei livelli preindustriali.

⁴ Lo scenario IPCC RCP 8.5 (emissioni elevate) prevede che entro il 2100 le concentrazioni atmosferiche di CO₂ siano triplicate o quadruplicate rispetto ai livelli preindustriali.

⁵ La durata trentennale è ritenuta adeguata per la caratterizzazione sia dei valori medi che degli estremi delle variabili atmosferiche di interesse (WMO, 2007; IPCC 2013a).



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



estremamente ridotta, segno della stabilità di tale caratteristica negli anni. Analisi statistiche di dettaglio non hanno mostrato alcun trend significativo nella serie storica della precipitazione cumulata mensile, né di altri indici climatici pluviodipendenti pure considerati nel Profilo Climatico Locale.

Le Figure 31-36 mostrano invece i risultati delle proiezioni climatiche disponibili per i diversi modelli di simulazione, i diversi scenari di concentrazioni e i diversi archi temporali futuri considerati. Attesa la maggiore attendibilità dei modelli climatici sui valori delle anomalie climatiche giornaliere rispetto ai valori di precipitazione giornaliera futura (Cannon et al., 2015), i risultati delle analisi sono rappresentati in termini non di serie storiche di cumulati bensì di indici pluviometrici⁶. Nella fattispecie, previa consultazione con gli Enti preposti sono risultati di notevole interesse i seguenti indici⁷:

- SDII = precipitazione media giornaliera nei giorni con precipitazione ≥ 1 mm;
- RX5DAY = massimo annuale della precipitazione cumulata su 5 giorni consecutivi;
- CDD = numero massimo annuale di giorni consecutivi con precipitazione < 1 mm;
- CWD = numero massimo annuale di giorni consecutivi con precipitazione ≥ 1 mm;
- RR1 = numero di giorni in un anno con precipitazione ≤ 1 mm;
- PRCPTOT = precipitazione cumulata annuale sui giorni con precipitazione ≥ 1 mm.

L'andamento reciproco di tali indici fornisce indicazioni riguardo all'intensità e ai cumulati annui/stagionali di precipitazione. Ad esempio, un aumento nel futuro di SDII e CDD (e analogamente di RX5DAY) contemporaneo a una diminuzione di CWD (e analogamente di RR1) lascia presagire un aumento dell'intensità media annua di pioggia e simultaneamente una diminuzione dei giorni piovosi. Questa particolare variazione degli indicatori, infatti, mostra che è da aspettarsi un aumento dei giorni non piovosi, legato però ad un aumento dei cumulati nei giorni piovosi. L'effetto dei cambiamenti climatici sulla precipitazione cumulata annua è invece mostrata dall'indice PRCPTOT: qualora questo diminuisse nel futuro, ciò sommato ad un aumento di SDII

⁶ Questi indicatori stimano le caratteristiche di eventi identificati come moderately rare weather events, ed includono la frequenza, l'intensità e la persistenza di una condizione atmosferica; essi sono largamente utilizzati per valutare la variazione di questo tipo di eventi nel contesto del cambiamento climatico.

⁷ Gli indici considerati sono estratti dall'insieme ETCCDI: <http://etccdi.pacificclimate.org/index.shtm>



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



e ad una diminuzione di CWD suggerirebbe un aumento dell'intensità di pioggia unito ad una diminuzione dell'altezza di pioggia annua. Ciò, a sua volta, si tradurrebbe in un conclamato aumento in frequenza degli eventi meteorici estremi.

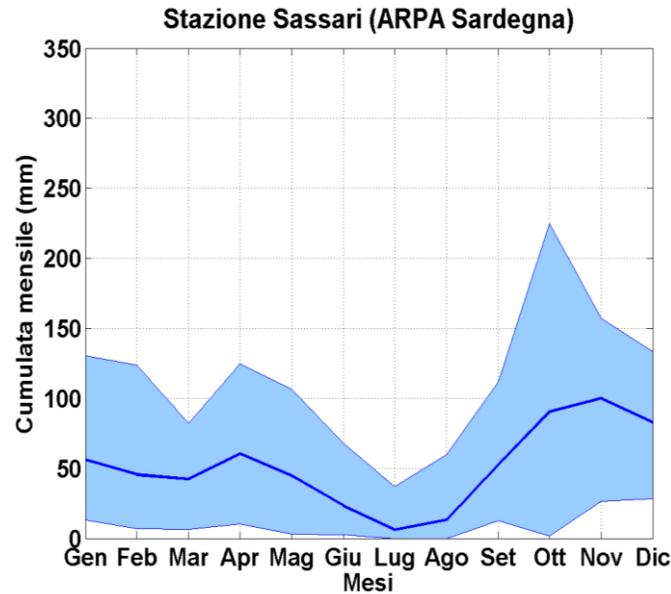


Figura 30: Precipitazione cumulata mensile (media sullo storico e banda al 90%)

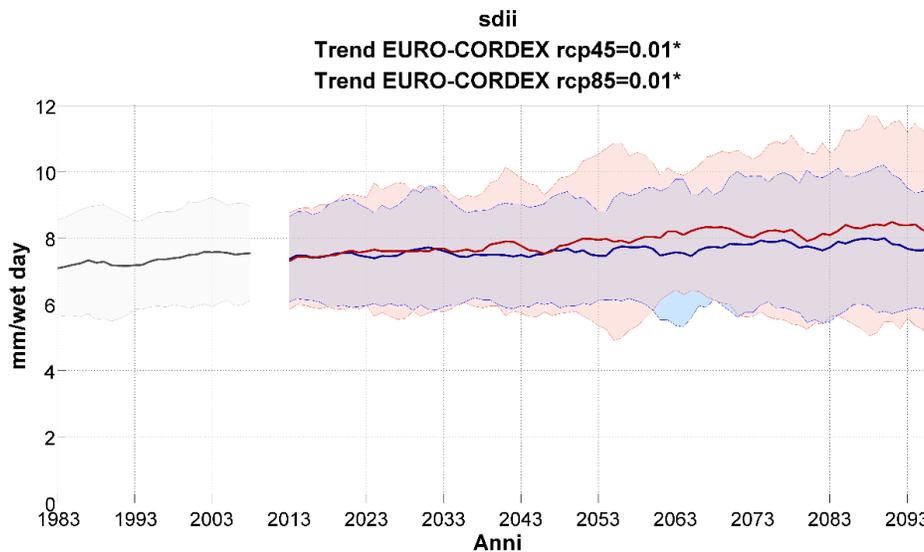


Figura 31: Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore SDII, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). Le linee continue rappresentano la ensemble mean; le bande campite sono ottenute sommando e sottraendo la deviazione standard tra i vari modelli climatici considerati



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

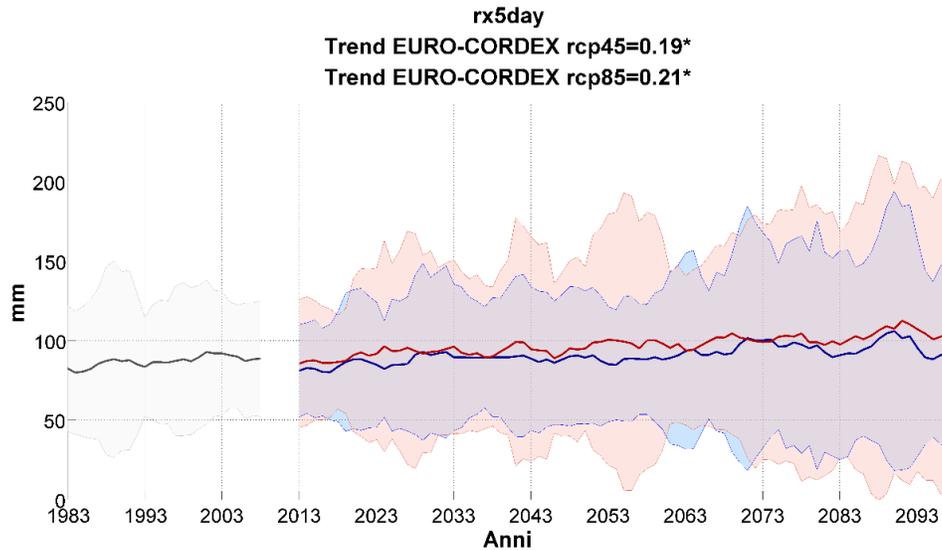


Figura 32: Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore RX5DAY, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). Le linee continue rappresentano la *ensemble mean*; le bande campite sono ottenute sommando e sottraendo la deviazione standard tra i vari modelli climatici considerati

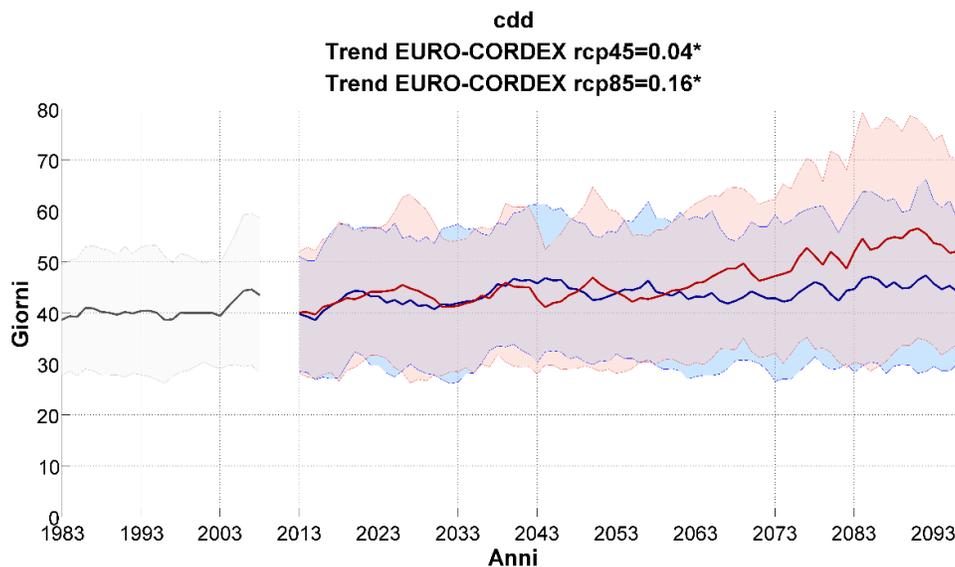


Figura 33: Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore CDD, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). Le linee continue rappresentano la *ensemble mean*; le bande campite sono ottenute sommando e sottraendo la deviazione standard tra i vari modelli climatici considerati



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

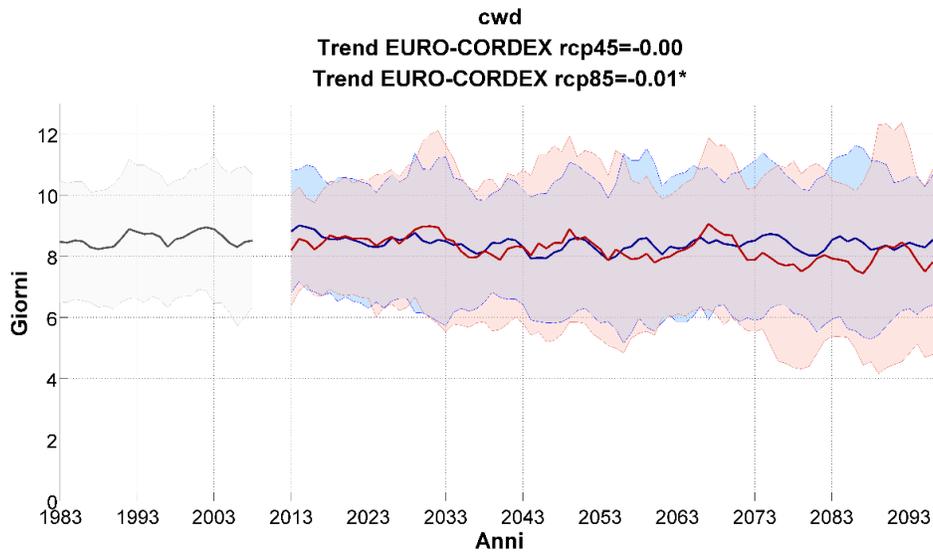


Figura 34: Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore CWD, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). Le linee continue rappresentano la *ensemble mean*; le bande campite sono ottenute sommando e sottraendo la deviazione standard tra i vari modelli climatici considerati

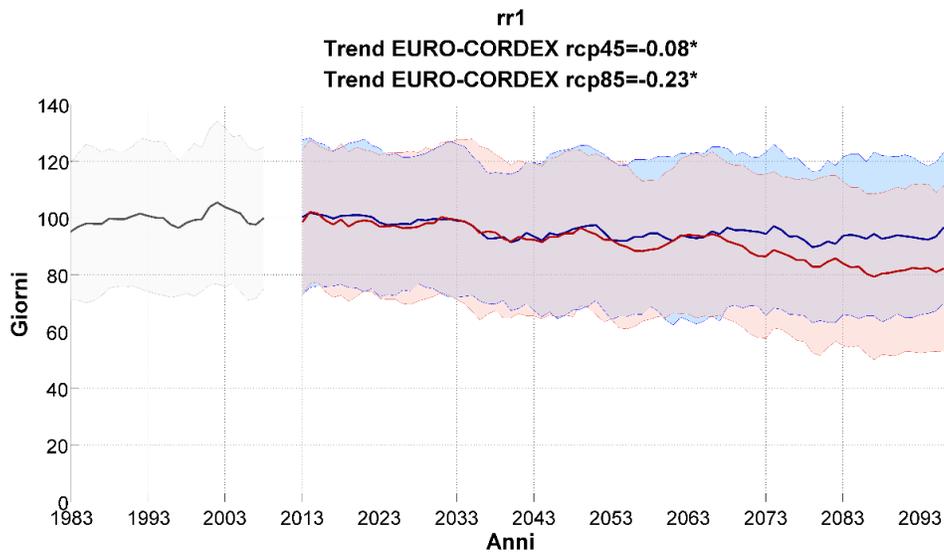


Figura 35: Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore RR1, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). Le linee continue rappresentano la *ensemble mean*; le bande campite sono ottenute sommando e sottraendo la deviazione standard tra i vari modelli climatici considerati



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Le Figure 31-36 mostrano che il comportamento sopra descritto è proprio quello che risulta dalle proiezioni climatiche per la stazione di Sassari. In particolare, per gli indici SDII, RX5DAY, CDD (Figura 31-Figura 33) risulta un aumento significativo continuo per i tre scenari futuri; tale aumento risulta più repentino per lo scenario a maggior concentrazione (RCP8.5), il quale però è generalmente caratterizzato da maggior variabilità. Analogamente, la Figura 34 e la Figura 35 mostrano la significativa diminuzione di CWD e RR1 in modo monotono per i tre scenari temporali, con una decrescita che è più rapida per lo scenario a maggior concentrazione (RCP8.5), cui si associa una maggior variabilità. Non si riscontra invece alcun trend significativo per l'indice rappresentativo della precipitazione cumulata (Figura 36).

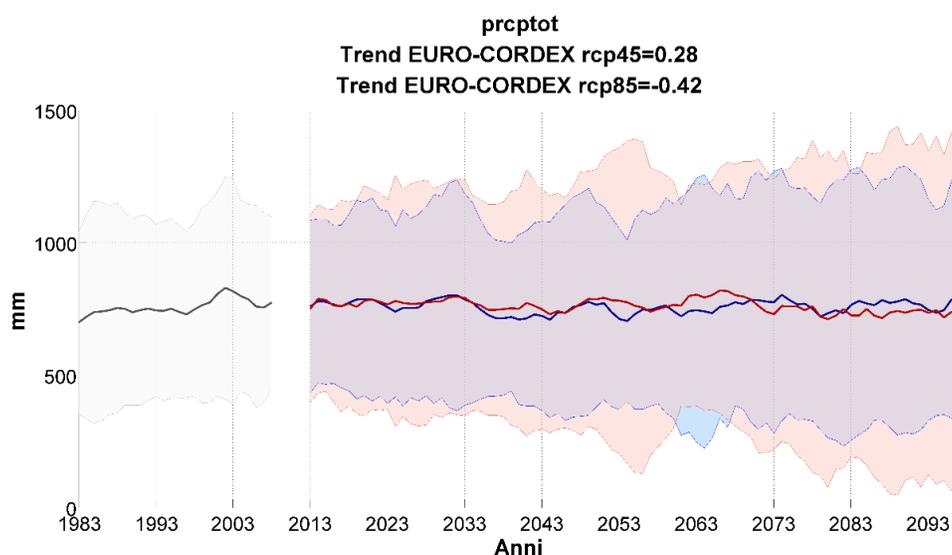


Figura 36: Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore PRCPTOT, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). Le linee continue rappresentano la *ensemble mean*; le bande campite sono ottenute sommando e sottraendo la deviazione standard tra i vari modelli climatici considerati.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Analisi dell'incidenza del cambiamento climatico sulle principali criticità locali

Studi effettuati nell'ultimo decennio (Drobinski et al., 2018; Marchi et al., 2010) evidenziano un'alterazione del regime meteorologico italiano per l'effetto combinato di variazioni climatiche significative, che alterano il regime termo-pluviometrico, e del sempre crescente consumo di suolo (Trigila et al., 2018), che accentua il carattere impulsivo della conseguente risposta del suolo in termini di deflussi, ossia di diminuzione dei tempi di ritardo/corrivazione. Questo comporta che una pioggia possa dare immediatamente luogo a una *flash flood* perché viene a mancare la capacità di laminazione del suolo. Per tali motivi, nell'ambito del rischio idrogeologico si può ipotizzare che il cambiamento climatico incida in maggior misura sui parametri di pericolosità.

Le risultanze dell'analisi dell'incidenza del cambiamento climatico sulla pericolosità idraulica sono riportate in dettaglio nell'allegato B, strutturato in:

1. *framework* concettuale;
2. analisi ed integrazioni del Profilo Climatico Locale;
3. analisi dei dati messi a disposizione da C3S (*Copernicus Climate Change Service Platform*);
4. sintesi dei risultati.

Nel presente paragrafo sono riportati invece solo i valori riassuntivi delle anomalie attese in futuro per gli indicatori di pioggia e di piena considerati nelle analisi.

Tali anomalie sono definite come variazioni percentuali rispetto al valore corrente, il quale a sua volta corrisponde al risultato dell'applicazione del modello climatico nel trentennio di riferimento.

In analogia con le analisi incluse nei documenti del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC) (MATTM, 2017), le anomalie sono classificate in termini di criticità mediante una colorazione in base alla magnitudo:

- **grigio**: anomalia compresa, in valore assoluto, entro il 10% ("classe 1");
- **giallo**: anomalia compresa, in valore assoluto, tra il 10% e il 20% ("classe 2");
- **rosso**: anomalia compresa, in valore assoluto, tra il 20% e il 100% ("classe 3");
- **viola**: anomalia maggiore, in valore assoluto, del 100% ("classe 4").



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



La Tabella 12 riporta una sintesi dei risultati del Profilo Climatico Locale del Comune di Sassari, integrata con ulteriori indici come precedentemente descritto. Si ricorda che le anomalie sono ricavate a partire dalle simulazioni EuroCORDEX, in termini di *ensemble mean*, con riferimento al trentennio corrente 1981-2010 e ai trentenni futuri 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100. Dalla tabella risulta evidente che le anomalie attese per l'orizzonte temporale di proiezione a breve termine sono modeste, essendo comprese entro il 10% per tutti gli indici tranne che per R99PTOT, che pure presenta un valore molto vicino a tale soglia. Spostandosi più in avanti nel futuro, i valori di anomalia aumentano gradualmente, raggiungendo una classificazione finale che vede circa un terzo degli indicatori in classe 1, circa un terzo in classe 2 e circa un terzo in classe 3, mentre nessun indicatore risulta appartenente alla classe 4. Tra tutti gli indicatori, solo CDD, RR1, R95PTOT e R99PTOT cambiano classe da un orizzonte temporale all'altro, e quasi tutti per lo scenario RCP8.5. Per tutti gli indicatori, inoltre, lo scenario RCP8.5 risulta più gravoso dello scenario RCP4.5, e per tutti gli indicatori, a parità di scenario di concentrazione, l'anomalia aumenta dal breve al lungo termine.

La Tabella 13 e la Tabella 14 mostrano le anomalie dell'indicatore di pioggia *Precipitation Intensity – Duration* per diverse durate dell'evento meteorico (1, 2, 3, 6, 12 e 24 ore) e per tre tempi di ritorno di riferimento (10, 50 e 100 anni) attese sui tre orizzonti temporali per i due bacini di riferimento del Comune di Sassari. Si ricorda che le anomalie, valutate nell'ambito del progetto SWICCA attualmente implementato nella piattaforma Copernicus C3S, sono ricavate a partire dalle simulazioni EuroCORDEX, in termini di *ensemble mean*, con riferimento al trentennio corrente 1971-2000 e ai trentenni futuri 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100. Ciò che emerge è che le proiezioni a breve termine non risultano particolarmente critiche per nessun tempo di ritorno e nessuna durata, mentre quelle a medio e lungo termine presentano un livello di criticità crescente che è più gravoso per lo scenario RCP4.5 rispetto allo scenario RCP8.5. Inoltre, i risultati appaiono significativamente diversi tra i due bacini; nello specifico, il bacino di valle presenta in media condizioni meno critiche rispetto a quello di monte, in particolare se si considerano le proiezioni a medio termine. Nelle tabelle Tabella 13 e Tabella 14 sono inoltre riportati i valori di riferimento, forniti dalla piattaforma Copernicus C3S e risultanti dall'applicazione degli stessi modelli climatici sul periodo corrente.



Tabella 12. Variazione attesa per gli indicatori del PCL per i diversi scenari di concentrazione e i diversi orizzonti temporali

Indicatore	Scenario	Valore corrente*		Tasso annuo di variazione	Variazione attesa (%) al		
					2026	2056	2086
SDII	RCP4.5	9	mm	0,01	1,6	4,9	8,2
	RCP8.5	9	mm	0,01	1,6	4,9	8,2
RX5DAY	RCP4.5	82	mm	0,19	3,2	10,2	17,1
	RCP8.5	82	mm	0,21	3,6	11,3	19,0
CDD	RCP4.5	58	giorni	0,04	1,0	3,0	5,1
	RCP8.5	58	giorni	0,16	3,9	12,1	20,4
CWD	RCP4.5	6	giorni	-	-	-	-
	RCP8.5	6	giorni	-0,01	-2,3	-7,3	-12,3
RR1	RCP4.5	69	giorni	-0,08	-1,6	-5,1	-8,6
	RCP8.5	69	giorni	-0,23	-4,7	-14,7	-24,7
PRCPTOT	RCP4.5	606	mm	-	-	-	-
	RCP8.5	606	mm	-	-	-	-
R50P	RCP4.5	54	giorni	-0,03	-0,8	-2,4	-4,1
	RCP8.5	54	giorni	-0,11	-2,9	-9,0	-15,1
R50PTOT	RCP4.5	94	%	0,01	0,1	0,5	0,8
	RCP8.5	94	%	0,02	0,3	0,9	1,6
R95P	RCP4.5	6	giorni	0,01	2,3	7,3	12,3
	RCP8.5	6	giorni	0,01	2,3	7,3	12,3
R95PTOT	RCP4.5	28	%	0,05	2,5	7,9	13,2
	RCP8.5	28	%	0,08	4,0	12,6	21,1
R99P	RCP4.5	2	giorni	0	0,0	0,0	0,0
	RCP8.5	2	giorni	0,01	7,0	22,0	37,0
R99PTOT	RCP4.5	8	%	0,03	5,3	16,5	27,8
	RCP8.5	8	%	0,06	10,5	33,0	55,5

*Stimato dalle osservazioni sul periodo 1981-2010



Tabella 13. Variazione attesa per l'indicatore di pioggia per i diversi scenari di concentrazione e i diversi orizzonti temporali (Alto Riu Mannu)

T	Scenario	Valore di riferimento* (mm)					
		1h	2h	3h	6h	12h	24h
10		17	28	35	47	57	67
50		24	41	52	69	81	91
100		28	48	61	80	93	102
Variazione attesa (%) al 2026*							
10	RCP4.5	-1,2	-0,6	1,0	3,6	8,0	6,4
	RCP8.5	2,5	3,8	3,5	4,0	4,0	8,3
50	RCP4.5	-3,8	-3,0	-0,6	3,6	10,4	9,0
	RCP8.5	2,3	4,5	4,0	4,0	4,3	13
100	RCP4.5	-5,0	-4,4	-1,4	3,6	11,6	10,4
	RCP8.5	2,3	5,3	4,5	4,5	4,8	15,5
Variazione attesa (%) al 2056*							
10	RCP4.5	1,0	3,2	5,8	7,8	9,2	9,6
	RCP8.5	20,25	20,5	21,75	19,75	19,5	22,25
50	RCP4.5	-0,6	2,6	6,6	9,6	11	12
	RCP8.5	27,25	27,5	30,75	25,75	24,75	30,75
100	RCP4.5	-1,2	2,6	7,2	10,6	12	13
	RCP8.5	31,25	31,5	35	29	27,5	35
Variazione attesa (%) al 2086*							
10	RCP4.5	7,6	5,4	4,6	3,2	7,6	8,8
	RCP8.5	21	24	25,25	27,5	24,5	25,25
50	RCP4.5	10,8	7,0	6,0	2,4	8,2	11,4
	RCP8.5	31	36,25	39	43	36,25	38,75
100	RCP4.5	12,8	8,2	7,0	2,0	8,4	12,4
	RCP8.5	35,75	42	45,75	50,5	41,75	45,25

*Variazione percentuale riferita al valore di riferimento (cioè simulato sul trentennio di riferimento 1971-2000)



Tabella 14. Variazione attesa per l'indicatore di pioggia per i diversi scenari di concentrazione e i diversi orizzonti temporali (Basso Riu Mannu)

T	Scenario	Valore di riferimento* (mm)					
		1h	2h	3h	6h	12h	24h
10		17	28	36	47	55	64
50		26	43	55	70	79	87
100		31	51	65	83	92	98
Variazione attesa (%) al 2026*							
10	RCP4.5	-4,0	-3,8	-2,6	1,4	5,2	1,6
	RCP8.5	-3,5	-2,3	-0,5	0,0	1,0	3,5
50	RCP4.5	-7,8	-7,6	-5,8	0,2	5,6	0,4
	RCP8.5	-8,3	-5,5	-2,8	-2,8	-0,8	2,5
100	RCP4.5	-9,2	-9,2	-7,2	-0,4	6,0	0,0
	RCP8.5	-10,0	-7,3	-3,8	-4,3	-1,8	2,5
Variazione attesa (%) al 2056*							
10	RCP4.5	2,4	3,8	6,0	8,2	8,8	6,2
	RCP8.5	9,5	12,25	13,25	14	13,25	10,25
50	RCP4.5	1,0	3,2	5,8	9,6	10,6	6,0
	RCP8.5	9,3	13,5	15,25	15,5	13,25	9,5
100	RCP4.5	0,2	2,8	6,2	10,4	11,4	6,4
	RCP8.5	9,8	14,25	16,25	16,25	13	9,3
Variazione attesa (%) al 2086*							
10	RCP4.5	4,0	4,0	4,0	2,8	3,6	2,6
	RCP8.5	19,25	21,75	24,5	29,5	27,25	25
50	RCP4.5	3,8	4,4	4,6	1,6	2,0	0,4
	RCP8.5	25,5	30,5	35,5	43,25	37,25	33,75
100	RCP4.5	4,2	4,8	5,2	1,4	1,2	-0,6
	RCP8.5	28,75	35,25	40,5	49,75	41,5	37,75

*Variazione percentuale riferita al valore di riferimento (cioè simulato sul trentennio di riferimento 1971-2000)

La Tabella 15 e la Tabella 16 presentano infine una sintesi delle anomalie attese per l'indicatore di piena *Flood Recurrence*. Si ricorda che le anomalie, valutate nell'ambito del progetto SWICCA attualmente implementato nella piattaforma Copernicus C3S, sono ricavate a partire dalle simulazioni EuroCORDEX, in termini di *ensemble mean*, con riferimento al trentennio corrente 1971-2000 e ai trentenni futuri 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100, in accoppiamento con il modello idrologico *E-HYPE 2.1*. Risulta particolarmente evidente che le variazioni attese sono altamente critiche per tutti gli scenari di concentrazione e i tempi di ritorno, con la sola eccezione



delle proiezioni a breve termine per il bacino di monte. Inoltre, per il bacino di monte le anomalie aumentano con continuità da un orizzonte temporale all'altro, per quello di valle la proiezione a medio termine risulta più gravosa di quella a lungo termine per tutti i tempi di ritorno ad eccezione di $T = 2$ anni. Nella Tabella 15 e nella Tabella 16, i valori di riferimento indicati sono quelli proposti dalla piattaforma Copernicus C3S per il periodo corrente.

Tabella 15. Variazione attesa per l'indicatore di piena per i diversi scenari di concentrazione e i diversi orizzonti temporali (Alto Riu Mannu)

T	Valore di riferimento (mc/s)*	Scenario	Variazione attesa* (%) al		
			2026	2056	2086
2	18,12	RCP4,5	19,8	26,4	32,0
		RCP8,5	6,8	34,3	30,8
5	27,48	RCP4,5	18,6	31,4	44,8
		RCP8,5	7,3	35,0	36,3
10	33,69	RCP4,5	18,2	33,6	50,0
		RCP8,5	7,8	35,5	38,3
50	47,34	RCP4,5	17,6	37,0	57,6
		RCP8,5	8,0	36,3	41,0
100	53,11	RCP4,5	17,6	37,8	59,6
		RCP8,5	8,3	36,3	42,0

*Variazione percentuale riferita al valore di riferimento (cioè simulato sul trentennio di riferimento 1971-2000)

Tabella 16. Variazione attesa per l'indicatore di piena per i diversi scenari di concentrazione e i diversi orizzonti temporali (Basso Riu Mannu)

T	Valore di riferimento (mc/s)*	Scenario	Variazione attesa* (%) al		
			2026	2056	2086
2	35,41	RCP4,5	26,2	48,4	55,0
		RCP8,5	22,8	51,0	42,0
5	56,55	RCP4,5	24,8	51,8	48,6
		RCP8,5	29,0	52,3	36,3
10	70,55	RCP4,5	24,8	52,8	46,8
		RCP8,5	31,0	52,5	34,8
50	101,36	RCP4,5	24,2	54,2	44,2
		RCP8,5	34,0	53,8	33,0
100	114,39	RCP4,5	24,2	54,4	43,8
		RCP8,5	35,0	53,8	32,5

*Variazione percentuale riferita al valore di riferimento (cioè simulato sul trentennio di riferimento 1971-2000)



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



In definitiva, stanti le dovute limitazioni precedentemente descritte, l'analisi delle informazioni climatiche attualmente disponibili per l'area di interesse permette di trarre le seguenti conclusioni:

- È attesa una variazione del regime pluviometrico ed in particolare una diminuzione del numero di giorni piovosi, associata ad un aumento della precipitazione media giornaliera (in altre parole pochi eventi piovosi particolarmente intensi) e del numero di eventi estremi (ciò è visibile sia dall'analisi del Profilo Climatico Locale che dall'analisi dei dati disponibili sulla piattaforma C3S per il territorio in esame). Tale informazione risulta di notevole interesse stanti le attuali criticità legate ai problemi di *pluvial flooding*;
- È attesa una variazione del regime idrometrico particolarmente gravosa, come emerge dall'analisi dei dati disponibili sulla piattaforma C3S per il territorio in esame. Tale informazione risulta di notevole interesse stanti le attuali criticità legate ai problemi di *river flooding*. Tuttavia, per la quantificazione corretta di tale variazione e dei corrispondenti impatti, le analisi mostrano la necessità di indagini di maggior dettaglio basate su dati e parametrizzazioni ad alta risoluzione spaziale e temporale.

Come precedentemente descritto, l'analisi delle anomalie attese presenta una serie di incertezze che pongono perplessità sull'utilizzo diretto dei valori assoluti ricavati dal processo computazionale, in particolar modo per ciò che attiene alle piene. Ad ogni modo, la valutazione anche solo qualitativa basata sulla proiezione futura degli indici pluvio-idrometrici suggerisce ***una possibile inadeguatezza delle fasce fluviali e dunque delle aree attualmente perimetrate ai diversi livelli di pericolosità***. Infatti, la presenza di una portata, ad esempio centennale, di valore maggiore rispetto a quello corrente fa sì che i tiranti raggiunti in alveo siano presumibilmente maggiori, e dunque le aree di espansione laterale più ampie. Naturalmente, tale effetto è solamente ipotizzato, in quanto l'entità di tale espansione sarebbe da valutarsi con opportuni strumenti di dettaglio quali metodi fisicamente basati di simulazione dei deflussi in alveo, per valutare correttamente le caratteristiche della corrente in termini non solo di tirante idrico ma anche di velocità. Inoltre, come segnalato sia dal PSFF che dalle autorità locali, attualmente è frequente la presenza di manufatti all'interno degli alvei, in particolare attraversamenti, che fungono già adesso quali ostacoli alla corrente per portate riferite a periodi di ritorno minimi, provocando effetti di rigurgito a monte che aggravano le condizioni di allagamento. Inoltre, le



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

fasce fluviali P3 già attualmente interessano aree abitate, in particolar modo nell'area urbana del Comune di Sassari. In tal senso, ***l'ulteriore ampliamento delle fasce fluviali interessate dai fenomeni di piena con tempi di ritorno di 20-50 anni per effetto dei cambiamenti climatici potrebbe comportare rilevanti impatti socio-economici sull'area.*** Infine, stanti le criticità evidenziate soprattutto nei contesti urbani in seguito agli eventi di pioggia intensa degli ultimi anni, appare ***necessario provvedere ad una generale manutenzione delle reti di drenaggio.*** In definitiva, appare utile identificare misure ed azioni di tipo *no regret*, volte a migliorare la gestione dei deflussi, in particolare in ambito urbano, e ad incrementare la resilienza del sistema fisico.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Azioni di adattamento ed elementi per l'implementazione

La scelta delle azioni di adattamento per fronteggiare il rischio alluvioni urbane in un contesto di cambiamenti climatici è stata effettuata utilizzando diversi strumenti di partecipazione e consultazione di esperti, portatori di interesse, amministratori e cittadinanza.

La metodologia seguita per la scelta delle azioni di adattamento ha previsto l'utilizzo di una matrice che combinasse impatti, obiettivi e aree di intervento, partendo dalle matrici sviluppate all'interno del Progetto LIFE Master Adapt⁸ nell'ambito delle attività di collaborazione e di networking tra i due progetti, successivamente modificata durante le sessioni di lavoro all'interno del progetto Adapt.

Il Partenariato Urbano per l'Adattamento (PUA) è stato convocato in diversi momenti di incontro per la compilazione della matrice e per la definizione di obiettivi, aree di intervento e azioni per fronteggiare gli impatti derivanti da alluvioni meteoriche in ambiente urbano:

- sessione di *empowerment* del 26 giugno 2018;
- workshop del progetto LIFE Master Adapt il 19 luglio 2018;
- secondo *social adapt* organizzato all'interno del Workshop del progetto LIFE Master Adapt il 22 ottobre 2018;
- incontro PUA del 4 dicembre 2018.

La cittadinanza e i portatori di interesse sono inoltre stati consultati tramite un questionario online pubblicato in data 26 novembre 2018 sul sito istituzionale del comune e rimasto disponibile per la consultazione online fino al 13 dicembre 2018 (gli esiti del questionario sono riportati nell'allegato C).

L'amministrazione comunale e i tecnici comunali sono stati consultati in diversi momenti: una prima discussione sulle azioni è stata effettuata durante la sessione di *empowerment* e successivi scambi ci sono stati in occasione degli incontri con il PUA e durante un continuo scambio con i consulenti e i tecnici responsabili per la redazione del Piano.

⁸ <https://masteradapt.eu/>



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Nell'ambito di questi scambi e consultazioni, sono state individuate 30 azioni per rispondere ai possibili impatti socio-economici diretti e indiretti (a persone, beni e servizi) derivanti da eventi alluvionali in ambito urbano.

Le azioni individuate sono raggruppate in 5 obiettivi principali:

1. Accrescere e approfondire le conoscenze attraverso la formazione e l'informazione
2. Migliorare la *governance*
3. Migliorare il sistema di monitoraggio e di allerta
4. Diffondere e applicare buone pratiche nel settore del *greening* urbano e della gestione delle acque
5. Promuovere interventi strutturali per la riduzione del rischio idraulico.

I cinque obiettivi individuati sono in linea con i Macro-obiettivi (MO) specifici indicati nella SRACC della Regione Sardegna per il settore Dissesto Idrogeologico⁹.

Nello specifico: l'obiettivo 1 può essere ricondotto al MO1 della SRACC orientato a "Sensibilizzare ed educare alla gestione del rischio idrogeologico in Sardegna", l'obiettivo 2 ai MO5 e MO6 relativi a "Pianificazione territoriale integrata, adattativa e partecipata" e "Adeguare la normativa e l'assetto istituzionale", l'obiettivo 3 al MO2 "Creare sistemi di allerta early-warning nelle aree a maggior rischio", l'obiettivo 4 al MO4 "Sviluppare nuovi modelli di progettazione "naturalistica"" e l'obiettivo 5 al MO3 "Mettere in sicurezza le popolazioni maggiormente esposte in aree a rischio".

Per ogni obiettivo sono state individuate una o più aree di intervento e a ciascuna di queste sono state associate le azioni.

⁹ <http://delibere.regione.sardegna.it/protected/45525/0/def/ref/DBR45368/>



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Le aree di intervento per ogni obiettivo sono le seguenti:

Obiettivo 1 Accrescere e approfondire le conoscenze attraverso la formazione e l'informazione	<ul style="list-style-type: none">• Formazione• Sensibilizzazione e divulgazione
Obiettivo 2 Migliorare la <i>governance</i>	<ul style="list-style-type: none">• Organizzazione e gestione• Adeguamenti legislativo e regolatore
Obiettivo 3 Migliorare il sistema di monitoraggio e di allerta	<ul style="list-style-type: none">• Monitoraggio e nuove tecnologie
Obiettivo 4 Diffondere e applicare buone pratiche nel settore del <i>greening</i> urbano e della gestione delle acque	<ul style="list-style-type: none">• Soluzioni basate sui servizi ecosistemici
Obiettivo 5 Promuovere interventi strutturali per la riduzione del rischio idraulico	<ul style="list-style-type: none">• Sistemi di stoccaggio e di difesa

Le azioni individuate per ciascuna delle suddette aree di intervento sono state descritte in un'apposita scheda corredata da una serie di informazioni quali: la tempistica per la loro implementazione (a breve termine: entro il 2021 e a medio/lungo termine: oltre il 2021), gli enti responsabili e collaboratori per l'implementazione delle azioni, le possibili fonti di finanziamento. Per ogni azione sono inoltre state valutate le interazioni con altre azioni di adattamento individuate.

Le azioni sono state classificate anche secondo le categorie *soft* (o non infrastrutturali), *green* (o basate su un approccio eco-sistemico) e *grey* (o infrastrutturali) secondo quanto riportato nella SNAC (MATTM, 2014) e nel PNACC (MATTM, 2017).



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



 SOFT	 GREEN	 GREY
<p>Le azioni soft sono le azioni che non richiedono interventi strutturali e materiali diretti, ma che contribuiscono ad aumentare la capacità adattiva di un territorio attraverso la divulgazione di maggiore conoscenza o lo sviluppo di un contesto organizzativo, istituzionale e legislativo favorevole.</p>	<p>Le azioni green propongono soluzioni basate sull'utilizzo o sulla gestione sostenibile dei "servizi" naturali del territorio, inclusi quelli ecosistemici, che possano aiutare a ridurre gli impatti dei cambiamenti climatici (<i>Nature Based Solutions</i>).</p>	<p>Le azioni grey propongono il miglioramento e/o l'adeguamento di impianti e infrastrutture per i rischi connessi al dissesto geologico e/o idraulico, e possono di fatto agire direttamente su impianti e infrastrutture o indirettamente su materiali, tecnologie, o reti.</p>

Tutte le informazioni caratterizzanti le azioni sono state riassunte nelle tabelle seguenti, suddivise per obiettivo e area di intervento.

Per ogni azione sono inoltre stati individuati gli indicatori per il monitoraggio della loro attuazione e per la valutazione dell'efficacia delle stesse. Tali indicatori sono riportati nel paragrafo successivo, relativo al monitoraggio e alla valutazione del piano e delle azioni.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Azioni di adattamento

Obiettivo 1		Accrescere e approfondire le conoscenze attraverso la formazione e informazione			
Area di intervento		Formazione			
ID Azione	Azione	Descrizione	Enti per l'attuazione	Tempistiche di attuazione	Possibili fonti di finanziamento
F1 	Attività di formazione nelle scuole per fronteggiare le alluvioni	L'azione prevede lo sviluppo e l'attuazione di progetti con le scuole (di tutti gli ordini, dalle elementari alle superiori) al fine di formare gli studenti a fronteggiare le alluvioni. Tale azione deve essere sviluppata in stretto raccordo con il programma di eventi di formazione organizzati dalla protezione civile nelle scuole e deve essere contestualizzata in riferimento ai cambiamenti climatici in atto e attesi.	RESPONSABILE: Comune, Settore Politiche educative, giovanili e sport, Polizia municipale (Protezione civile) ENTI collaboratori: Protezione Civile Regionale; Enti di ricerca pubblici/privati; Agenzie regionali	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei, partecipazione volontaria
	Interazione con altre azioni: F2, F3, F4				
F2 	Incontri formativi per la cittadinanza, le autorità locali e gli attori socio-economici sui	L'azione prevede l'organizzazione di una serie di incontri formativi per la popolazione, le autorità locali e gli attori socio-economici sui sistemi di allerta per fronteggiare il rischio alluvioni, con anche specifiche esercitazioni. Gli incontri saranno	RESPONSABILE: Comune, Settore Polizia municipale (Protezione civile) ENTI collaboratori: Protezione Civile	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei, partecipazione volontaria

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

	sistema di allerta	organizzati in maniera più sistematica rispetto agli eventi che già si stanno facendo su questo tema.	Regionale; Enti di ricerca pubblici/privati; Agenzie regionali		
Interazione con altre azioni: F1, F3, F4					
F3 	Esercitazioni per l'attuazione del Piano di Protezione Civile	L'azione prevede che il comune organizzi una serie di esercitazioni per l'attuazione del Piano di Protezione Civile che coinvolgano sia la cittadinanza sia gli stessi funzionari comunali e delle autorità locali incaricati nella gestione delle emergenze.	RESPONSABILE: Comune, Settore Polizia municipale (Protezione civile) ENTI collaboratori: Protezione Civile Regionale; Enti di ricerca pubblici/privati; Agenzie regionali	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei, partecipazione volontaria
Interazione con altre azioni: F1, F2, F4					
F4 	Percorsi possibili: a scuola di sostenibilità	Attuazione di laboratori didattici per docenti al fine di approfondire le conoscenze e le competenze sui temi: clima, biodiversità e ambiente. Durante questi laboratori saranno discussi i temi legati ai cambiamenti climatici e alle possibili soluzioni per affrontare i diversi rischi, con uno specifico riferimento alla sostenibilità e all'adattamento.	RESPONSABILE: Comune, CEAS - Centro per l'educazione ambientale e la sostenibilità - Lago Baratz. ENTI collaboratori: Esperti di enti pubblici e privati, specializzati sui temi trattati.	Entro il 2021	Fondi Regione Autonoma della Sardegna (RAS)



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

	Interazione con altre azioni: F1, F2, F3, S1, S2, S3
--	---

Obiettivo 1		Accrescere e approfondire le conoscenze attraverso la formazione e informazione			
Area di intervento		Sensibilizzazione e divulgazione			
ID Azione	Azione	Descrizione	Enti per l'attuazione	Tempistiche di attuazione	Possibili fonti di finanziamento
S1 	Sensibilizzazione attraverso canali mediatici	L'azione prevede lo sviluppo di diversi strumenti informativi per la sensibilizzazione della popolazione e la divulgazione delle informazioni (es. campagna "Io non rischio" del comune di Olbia), ad esempio: opuscoli da inviare alle famiglie, brevi video, maggior uso dei canali social del Comune, la costruzione di un sistema di messaggistica di massa, compresa la app AllertaMi. Tali supporti informativi dovranno contenere le informazioni di base e le indicazioni di comportamento sia in caso di emergenza, sia come azioni preventive. Tali strumenti devono rappresentare un concreto e continuo supporto agli interventi della Protezione Civile e dei soggetti istituzionalmente preposti, anche in relazione alla sensibilizzazione	RESPONSABILE: Comune, Settore Polizia municipale (Protezione civile) e Settore Direzione Generale (Programmazione, Controllo e Comunicazione) ed eventuali altri settori dell'amministrazione coinvolti ENTI collaboratori: Protezione Civile Regionale; settori amministrazione comunale; vigili del fuoco	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

		rispetto all'abusivismo edilizio e alla gestione dei rifiuti edilizi. I materiali saranno prodotti in multilingue destinati soprattutto al centro storico dove c'è la più alta concentrazione di stranieri.			
Interazione con altre azioni: S2, S3					
S2	 Diffusione e comunicazione dei Piani di emergenza della Protezione Civile	L'azione prevede l'incremento di eventi mirati alla diffusione e presentazione dei Piani di Protezione Civile e alla divulgazione di materiale informativo.	RESPONSABILE: Comune, Settore Polizia municipale (Protezione civile) e Settore Direzione Generale (Programmazione, Controllo e Comunicazione) ed eventuali altri settori dell'amministrazione coinvolti ENTI collaboratori: Protezione Civile Regionale; vigili del fuoco	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei
Interazione con altre azioni: S1					
S3	Applicazione (gamification) per	L'azione prevede lo sviluppo di un'applicazione, sulla scorta del gioco on-line (<i>gamification</i>), per	RESPONSABILE: Comune, Settore ambiente	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

 SOFT	sensibilizzare i cittadini ad attuare azioni in favore del clima	sensibilizzare i cittadini ad attuare azioni in favore del clima.	ENTI collaboratori: società esterne, enti di ricerca pubblici/privati		
	Interazione con altre azioni: S1, S2				

Obiettivo 2		Migliorare la governance			
Area di intervento		Organizzazione e gestione			
ID Azione	Azione	Descrizione	Enti per l'attuazione	Tempistiche di attuazione	Possibili fonti di finanziamento
G1  SOFT	Azione di controllo per il rispetto delle prescrizioni per il rischio alluvione nelle aree golenali	L'azione prevede di intensificare le azioni di controllo, già in atto sui corsi d'acqua (4) che ricadono interamente sul territorio comunale attraverso la partecipazione a bandi per l'utilizzo di fondi regionali (sia per la manutenzione ordinaria che straordinaria). La manutenzione interessa l'area demaniale di competenza del Comune e non le aree adiacenti ai corsi d'acqua che, ai sensi della normativa vigente, sono di spettanza dei proprietari dei terreni. I controlli vengono eseguiti essenzialmente dalla polizia	RESPONSABILE: Settore Infrastrutture della Mobilità (Servizio difesa del suolo) ENTI collaboratori: Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

		giudiziaria. Si prevede di intensificare anche la collaborazione tra Comune e Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale per quanto riguarda l'azione di controllo per il rispetto delle prescrizioni del "Piano di gestione del rischio di alluvioni" della Regione Sardegna.			
Interazione con altre azioni: G1, G2, G3					
G2	Migliorare la collaborazione con la provincia per la gestione dei corsi d'acqua non di competenza comunale	L'azione prevede la costruzione di protocolli di intesa tra comune e provincia per regolamentare la condivisione di informazioni sui corsi d'acqua di competenza non comunale e la collaborazione in caso di intervento in condizioni di allerta meteo.	RESPONSABILE: Comune, Settore Polizia municipale (protezione civile), Settore Infrastrutture della mobilità (Servizio Illuminazione pubblica e difesa del territorio) ENTI collaboratori: provincia	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei
Interazione con altre azioni: G1, G3					
G3	Migliorare l'integrazione e il coordinamento tra i settori comunali	Creare dei tavoli di coordinamento multi-settoriali per agevolare il raccordo e il coordinamento delle attività dei diversi settori comunali al fine di ottimizzare la gestione di tematiche relative al cambiamento	RESPONSABILE: Comune, tutti i settori	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

		climatico, con particolare riferimento alla gestione delle alluvioni urbane			
Interazione con altre azioni: G1, G2					

Obiettivo 2		Migliorare la <i>governance</i>			
Area di intervento		Adeguamenti legislativo e regolatore			
ID Azione	Azione	Descrizione	Enti per l'attuazione	Tempistiche di attuazione	Possibili fonti di finanziamento
A1 	Adeguamento regolamenti edilizi ed energetico ambientali	L'azione prevede un adeguamento dei regolamenti edilizi e dei regolamenti energetico ambientale al fine di inserire dei criteri volti alla riduzione del rischio alluvioni (es. area pubblica vincolata a conservare una certa funzione, limite ad aree impermeabili, rispetto del principio di invarianza idraulica, sistemi di raccolta/infiltrazione acque meteoriche, etc).	RESPONSABILE: Comune, Settore Urbanistica	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei
	Interazione con altre azioni: G3, A2, E2, E3				
A2	Linee guida di analisi dei progetti per le	L'azione prevede la redazione di linee guida per l'analisi di progetti volti alle trasformazioni urbane ad esempio relative all'identificazione della	RESPONSABILE: Comune, Settori: Ambiente, Lavori	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

SOFT	trasformazioni urbane	percentuale minima di aree permeabili, la scelta delle essenze arboree da mettere a dimora e dove, etc. Lo studio può essere affidato dal comune ad enti di ricerca specializzati in materia.	pubblici, Urbanistica, Manutenzioni ENTI collaboratori: Enti di ricerca pubblici/privati, società esterne a cui il comune affida lo studio		
	Interazione con altre azioni: G3, A1, E2, D1, D2				
SOFT	A3 Regolamento amministrazione e condivisa dei beni comuni	L'azione prevede lo sviluppo di un regolamento per l'amministrazione condivisa dei beni comuni attraverso la costituzione di un apposito gruppo di lavoro (già individuato) per la redazione del regolamento. Il regolamento si propone come strumento per agevolare la partecipazione dei cittadini alla gestione degli spazi, promuovendo anche la creazione di nuovi spazi verdi che rispondano meglio alle esigenze di resilienza dell'area urbana.	RESPONSABILE: Comune, Settori: Ambiente, Lavori pubblici, Urbanistica, Manutenzioni ENTI collaboratori: Enti di ricerca pubblici/privati	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei
	Interazione con altre azioni: A2, P1				
P1	Adozione del Piano del Verde	L'azione prevede l'adozione del Piano del Verde coerente e rispettosa delle identità naturalistiche, ambientali e	RESPONSABILE: Comune, Settore	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

	Comunale e inserimento misure di "greening"	culturali del comune allo scopo di conservarne e migliorarne le connotazioni proprie, improntata ai principi di gestione sostenibile. Oltre agli elementi fondamentali del piano si prevede l'inserimento in esso di specifiche misure di "greening" al fine di ridurre il rischio alluvioni (ed esempio tramite estensione delle aree verdi comunali, creazione dei <i>rain garden</i> , etc.).	Urbanistica e Settore Ambiente ENTI collaboratori: Università		
	Interazione con altre azioni: A2, A1, G3				

Obiettivo 3		Migliorare il sistema di monitoraggio e di allerta			
Area di intervento		Monitoraggio e nuove tecnologie			
ID Azione	Azione	Descrizione	Enti per l'attuazione	Tempistiche di attuazione	Possibili fonti di finanziamento
	M1 Sistemi di monitoraggio meteo-climatico	L'azione prevede l'incremento delle informazioni a disposizione del comune per il monitoraggio delle variabili atmosferiche sul territorio comunale. Tale obiettivo verrà perseguito tramite accordi/convenzioni con l'ARPAS e/o Aeronautica militare il miglioramento della manutenzione e il potenziamento della rete di stazioni	RESPONSABILE: Comune, Settore Polizia municipale (Protezione civile), Settore ambiente ENTI collaboratori: ARPAS; Aeronautica militare	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

		per il monitoraggio dei dati meteo/climatici e la condivisione degli stessi anche al fine di migliorare le previsioni del sistema di allerta e la produzione di previsioni "nowcasting" specifiche per il territorio di Sassari.			
Interazione con altre azioni: M2, M3					
M2 	Applicazione di sensoristica per il monitoraggio	L'azione prevede l'applicazione di sensori per il monitoraggio del livello dell'acqua nei corsi d'acqua ai fini dell'allerta precoce.	RESPONSABILE: Comune, Settore Polizia municipale (Protezione civile) ENTI collaboratori: Protezione civile Regionale	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei
Interazione con altre azioni: M1, M3					
M3 	Adozione e integrazione di nuove tecnologie	L'azione prevede l'adozione di supporti tecnologici adeguati per diramare l'allerta e comunicare comportamenti adeguati durante il periodo di emergenza (e.g. attraverso l'applicazione di messaggistica istantanea e l'utilizzo di una app specifica (es. AllertaMi) per la diramazione dell'allerta).	RESPONSABILE: Comune, Settore Polizia municipale (Protezione civile) ENTI collaboratori: Protezione civile Regionale	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei
Interazione con altre azioni: M1, M2, S1, S2, S3					

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Obiettivo 4		Diffondere e applicare buone pratiche nel settore del <i>greening</i> urbano e della gestione delle acque			
Area di intervento		Soluzioni basate sui servizi ecosistemici			
ID Azione	Azione	Descrizione	Enti per l'attuazione	Tempistiche di attuazione	Possibili fonti di finanziamento
E1 	Gestione delle aree golenali di competenza del comune	L'azione prevede la prosecuzione di un'attività già finanziata in passato per la gestione delle aree golenali di competenza del comune e il rifinanziamento di tale attività.	RESPONSABILE: Comune, Settore Infrastrutture della mobilità (Servizio Illuminazione pubblica e difesa del territorio) ENTI collaboratori: altri enti coinvolti	In corso e da rifinanziare	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei
	Interazione con altre azioni: A1, A2, A3, P1, E3				
E2 	Bacini di infiltrazione, Bacini di ritenzione, rain garden in aree private	L'azione prevede lo sviluppo di strumenti, ad integrazione di quelli già previsti nel regolamento edilizio e nel regolamento energetico ambientale del Comune, per incentivare i privati a realizzare sistemi di raccolta/infiltrazione delle acque meteoriche tramite bacini di infiltrazione e/o di ritenzione e rain garden al fine di creare aree verdi che consentano di gestire e controllare le	RESPONSABILE: Comune, Settore Urbanistica, Settore Ambiente, Settore Bilancio e Tributi	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

		grandi quantità d'acqua piovana provenienti principalmente dai tetti degli edifici, dalle sedi stradali e dalle grandi aree pavimentate, etc.			
Interazione con altre azioni: A1, A2, A3, P1, E3					
E3 	Bacini di raccolta/ritenzione rain garden in aree pubbliche	L'azione prevede la revisione del regolamento energetico ambientale e/o la redazione di un regolamento apposito per la realizzazione di infrastrutture verdi quali bacini di raccolta/ritenzione delle acque meteoriche e rain garden, in aree pubbliche, il dimensionamento delle opere e l'individuazione delle aree di realizzazione.	RESPONSABILE: Comune, Settore Urbanistica e Settore Ambiente ENTI collaboratori: Enti di ricerca pubblici/privati; Agenzie regionali	Oltre il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei
Interazione con altre azioni: A1, A2, A3, P1, E2					
E4 	Incremento di aree verdi attraverso forestazione	L'azione prevede l'incremento delle aree verdi comunali attraverso la messa a dimora di piante (attualmente previste per il 2019 un intervento di messa a dimora di circa 2000/3000 piante) e la realizzazione di nuove aree verdi ed orti urbani (es. nel parco urbano del Rosello - progetto ITI).	RESPONSABILE: Comune, Settore Ambiente ENTI collaboratori: Enti di ricerca pubblici/privati; Agenzie regionali	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei
Interazione con altre azioni: A1, A2, A3, P1, E2, E3					



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

E5 	Realizzazione network di aree verdi pubbliche e private del centro storico	L'azione prevede la realizzazione di un network di aree verdi pubbliche e private del centro storico, preceduto da una loro mappatura, attraverso il coinvolgimento dei cittadini al fine di stimolare il miglioramento delle aree verdi di loro proprietà.	RESPONSABILE: Comune, Settore Ambiente ENTI collaboratori: Enti di ricerca pubblici/privati; Agenzie regionali	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei
	Interazione con altre azioni: A1, A2, A3, P1, E2, E3, E4				
E6 	Progetti pilota per incrementare le aree verdi urbane e/o gli orti urbani	L'azione prevede lo sviluppo di progetti pilota per la realizzazione di aree verdi urbane e orti urbani, come ad esempio orti fuori terra da realizzare nelle scuole e/o nelle università. Tali progetti saranno realizzati in collaborazione con la facoltà di agraria e altri enti di ricerca e/o agenzie presenti sul territorio.	RESPONSABILE: Comune, Settore Ambiente ENTI collaboratori: Enti di ricerca pubblici/privati; Agenzie regionali	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei
	Interazione con altre azioni: E1, E2, E3, E4, E5				

Obiettivo 5		Promuovere interventi strutturali per la riduzione del rischio idraulico			
Area di intervento		Sistemi di stoccaggio e difesa			
ID Azione	Azione	Descrizione	Enti per l'attuazione	Tempistiche di attuazione	Possibili fonti di finanziamento

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
 La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

D1 	Mappatura delle acque sotterranee	L'azione prevede lo sviluppo di un progetto per la mappatura delle acque sotterranee all'interno dell'area urbana.	RESPONSABILE: Comune, Settore Infrastrutture della Mobilità (Servizio illuminazione e difesa del suolo)	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei
	Interazione con altre azioni: G3				
D2 	Censimento delle aree pavimentate più rilevanti	L'azione prevede il censimento delle aree pavimentate più rilevanti e il <i>retrofitting</i> .	RESPONSABILE: Comune	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei
	Interazione con altre azioni: G3				
D3 	Riduzione superfici impermeabili	L'azione prevede di attrezzare almeno l'1% di superficie impermeabilizzata con sistemi di drenaggio sostenibile che riducano il <i>runoff</i> superficiale.	RESPONSABILE: Comune, Settore Lavori pubblici e manutenzioni, Settore Ambiente ENTI collaboratori: Enti di ricerca pubblici/privati	Dopo il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei
	Interazione con altre azioni: G5, D1, D4				
D4	Percorsi pedonali drenanti	Nell'ambito del progetto ADAPT, il Comune di Sassari sta realizzando dei percorsi pedonali all'interno di due aree verdi situate nel quartiere di	RESPONSABILE: Comune, Settore Ambiente	Entro il 2021	Fondi progetto ADAPT

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

GREY		sant'Orsola. I percorsi pedonali sono realizzati con un calcestruzzo drenante in modo da aumentare la capacità del sottosuolo di assorbire l'acqua piovana ed evitare fenomeni di allagamento. La scelta di effettuare l'intervento in un parchi cittadini aperti al pubblico ha un intento dimostrativo sia nei confronti dei cittadini che abitualmente li frequentano, che nei confronti dei professionisti del settore che potranno riutilizzare questa tecnica nella progettazione di nuovi spazi verdi sia pubblici che privati.				
	Interazione con altre azioni: D1, D2					
GREY	D5	Stombamento del canale coperto "via Sorso – via Sicilia" e del Rio Calamasciu	L'azione prevede interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto "via Sorso-via Sicilia" e del Rio Calamasciu. Si tratta in entrambi i casi di azioni di stombamento dei canali per i quali è in corso di predisposizione lo studio di fattibilità tecnico – economica.	RESPONSABILE: Comune, Settore Urbanistica, Settore Lavori pubblici	Dopo il 2021	Fondi comunali
	Interazione con altre azioni: -					
	D6	Interventi strutturali per lo stoccaggio	L'azione prevede lo sviluppo di studi di fattibilità per la realizzazione di azioni <i>grey</i> (strutturali) finalizzate allo	RESPONSABILE: Comune, Settore	Entro il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

SOFT	delle acque meteoriche e la difesa contro fenomeni di allagamento urbano	stoccaggio delle acque meteoriche e alla difesa contro fenomeni di allagamento urbano. Tali studi saranno focalizzati sull'analisi delle opere più opportune per il territorio comunale (ad es. realizzazione di vasche di laminazione, cisterne superficiali o sotterranee, sistemi modulari geocellulari, trincee filtranti, pozzi di infiltrazione, pavimentazioni drenanti, sistemi di riduzione della velocità delle acque, etc), nonché l'individuazione delle aree più idonee per la realizzazione di tali interventi.	Urbanistica, Settore Lavori pubblici ENTI collaboratori: Enti di ricerca pubblici/privati; Agenzie regionali		
Interazione con altre azioni: G5, D2, D4					
D7 SOFT	Intervento sul sistema fognario	L'azione prevede lo sviluppo di un progetto di intervento sul sistema fognario comunale al fine di separare le acque bianche dalle acque nere.	RESPONSABILE: Comune, Settore Urbanistica, Settore Lavori pubblici ENTI collaboratori: Abbanoa; Enti Regionali; Enti di ricerca pubblici/privati	Dopo il 2021	Fondi comunali, fondi regionali e/o europei
Interazione con altre azioni: -					



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Implementazione delle azioni, monitoraggio e valutazione

Il sistema di Monitoraggio e Valutazione del presente Piano, seguendo i principi presentati nell'ambito del report P 6.1 "Sistema di monitoraggio", è articolato in tre principali parti:

- il monitoraggio del piano,
- il monitoraggio del rischio e della vulnerabilità,
- il monitoraggio delle azioni.

Per ognuna delle suddette parti, il monitoraggio consta della selezione degli indicatori, della successiva raccolta dati attraverso la scheda "Strumento di monitoraggio del piano e delle azioni" e infine della comunicazione delle informazioni.

Si ricordano qui i principi che devono costantemente guidare tali fasi, così come suggeriti dal *Global Reporting Initiative* (GRI), standard internazionale per le attività di reporting ambientale, sociale ed economico:

- **Accuratezza.** Le informazioni selezionate devono essere rappresentative dei fenomeni in oggetto e significative (nello specifico, devono essere rilevanti per il rischio alluvioni e il conseguente adattamento), e dettagliate in modo da produrre un sapere utile.
- **Imparzialità e trasparenza.** I dati devono riflettere aspetti negativi e positivi delle performance da monitorare, senza rimuovere informazioni non gradite.
- **Chiarezza.** Dati e informazioni devono essere comunicati in modo comprensibile e chiaro per tutti i portatori di interesse di riferimento (e dato l'obiettivo di accountability, in questo caso specifico, tutti i cittadini del Comune).
- **Comparabilità.** I dati devono essere selezionati in maniera coerente (con unità di misura omogenee) e costante nel tempo (garantendo la continuità della raccolta dati), al fine di permettere il confronto sia tra differenti Comuni, sia nel corso del tempo.
- **Affidabilità.** Le informazioni devono essere verificabili e le modalità di raccolta dati devono essere chiaramente espone al fine di rendere esplicita la qualità del processo.
- **Puntualità.** Le informazioni devono essere raccolte e divulgate secondo una precisa scansione temporale.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Il processo di monitoraggio qui adottato segue l'approccio proposto nell'ambito del report P 6.1 "Sistema di monitoraggio" e procede seguendo la lista di controllo dell'avanzamento del piano suggerita nella scheda "Strumento di monitoraggio del piano e delle azioni" e riportata qui di seguito:

Fase 1: Preparare il terreno

- Definizione degli impegni di adattamento per far fronte al rischio alluvioni
- Identificazione delle risorse umane, finanziarie e tecniche.
- Nomina del responsabile del Piano e del gruppo di lavoro e definizione responsabilità
- Analisi del quadro normativo
- Definizione dei meccanismi di coordinamento orizzontale
- Definizione dei meccanismi di coordinamento verticale
- Definizione dei meccanismi di partecipazione dei portatori di interesse
- Processo continuo di comunicazione con i portatori di interesse

Fase 2: Analisi del rischio e delle vulnerabilità

- Ricognizione di metodologie e fonti di dati per l'analisi
- Profilo climatico locale
- Analisi dei rischi e delle vulnerabilità attuali e future
- Selezione dei settori di maggiore impatto
- Revisione o integrazione di nuove conoscenze

Fase 3: Azioni (identificazione e selezione)

- Compilazione di un catalogo di opzioni di adattamento in relazione agli impatti considerati
- Integrazione delle azioni di adattamento in altri documenti di pianificazione
- Approvazione delle azioni e sensibilizzazione dei portatori di interesse



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Fase 4: Azioni (implementazione)

- Definizione del quadro di implementazione (nomina dei responsabili, definizione dei tempi e delle risorse finanziarie)
- Implementazione e integrazione delle azioni

Fase 5: Monitoraggio

- Definizione del quadro di monitoraggio
- Selezione degli indicatori appropriati
- Reporting periodico dei progressi ai decisori politici
- Aggiornamento e revisione del Piano

Per ogni fase, lo stato di avanzamento viene definito secondo lo schema di autovalutazione, che permetterà di volta in volta la definizione del processo generale di adattamento in cui si trova l'amministrazione del comune di Sassari.

Lo stato medio per ogni fase potrà essere quindi visualizzato attraverso un grafico a ragnatela, che mostrerà le aree coperte in modo più approfondito e quelle su cui concentrarsi in futuro.

Tabella 17. Autovalutazione dello stato di avanzamento del processo di adattamento

Stato	Percentuale di completamento	Codice colore	Scala
Non iniziato o appena iniziato	0%-25%	rosso	D
Stato iniziale	25%-50%	giallo	C
Stato avanzato	50%-75%	verde	B
In fase di completamento o completato	75%-100%	blu	A



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Monitoraggio del piano

Questa fase prevede il monitoraggio e la verifica della qualità di implementazione del piano. Sulla base di quanto suggerito dal report P 6.1 “Sistema di monitoraggio”, sono stati adottati gli indicatori minimi che permettono il monitoraggio e definiti, in accordo con il responsabile del piano, i valori target per ogni indicatore (Tabella 18). I primi tre indicatori rendono conto della qualità del processo di implementazione del piano mentre il secondo gruppo riguarda la partecipazione dei portatori di interesse durante il processo, al fine di avere un procedimento il più inclusivo e il più trasparente possibile. Infine, l’implementazione e l’efficacia del Piano saranno valutate tramite il monitoraggio dell’implementazione e dell’efficacia delle azioni in esso contenute, tramite gli indicatori riportati in Tabella 22.

Tabella 18. Indicatori e Valori Target adottati nel presente piano di monitoraggio

Gestione e implementazione del piano	
<i>Indicatore</i>	<i>Valore Target</i>
Incontri tecnici (n°)	2/anno
Regolamenti/piani/programmi/progetti contenenti azioni sul tema dell’adattamento (n°)	3/anno
Quantità di risorse finanziarie messe a disposizione dal comune per le azioni di adattamento (€)	€ 820.000 sulla base delle cifre impegnate per progetti in atto (di cui € 20.000 da spendere entro il 2019 e € 800.000 ripartiti in più anni)
Inclusione e comunicazione	
<i>Indicatore</i>	<i>Valore Target</i>
Categorie di portatori di interesse rappresentati nel PUA, i partenariati urbani per l’adattamento previsti dal progetto ADAPT (n°)	18
Incontri del PUA (n°)	2/anno
Comunicati stampa inerenti l’adattamento e avanzamento/risultati del progetto ADAPT (n°)	3/anno



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Monitoraggio degli indicatori di rischio e di vulnerabilità

Il secondo modulo del sistema di monitoraggio si concentra sugli indicatori che descrivono le Valutazioni di rischio e vulnerabilità (VRV) fatte dall'amministrazione di Sassari e riportate nei precedenti paragrafi di questo documento. In particolare si tratta degli indicatori che rappresentano gli andamenti dei pericoli (hazard), delle vulnerabilità e dei rischi attesi con i cambiamenti climatici secondo quanto presentato nel documento "Profilo climatico locale" e nei paragrafi "Analisi delle principali criticità locali allo stato attuale", "Sintesi del profilo climatico locale" e "Analisi dell'incidenza del cambiamento climatico sulle principali criticità locali" del presente documento (Tabella 19, Tabella 20 e Tabella 21).

Ricordiamo che la terminologia utilizzata nel presente documento, normalmente adottata nell'ambito dei PAESC, è uniforme a quella tipicamente adottata dagli strumenti pianificatori consueti per la gestione del rischio alluvioni (la cui terminologia è a sua volta mutuata dal D.Lgs.49/2010 che accoglie la Direttiva Europea Alluvioni 2007/60).

Come evidenziato dal report P 6.1 "Sistema di monitoraggio", nonché nel presente documento, una corretta quantificazione dell'effetto dei cambiamenti climatici sul regime delle piogge e delle piene estreme necessita di ulteriori e più approfondite indagini, nonostante sia comunque possibile trarre indicazioni circa l'esistenza di possibili trend. Di conseguenza, gli indicatori proposti per il monitoraggio della pericolosità sono da ritenersi validi non tanto in valore assoluto, quanto piuttosto per il trend che essi implicano in termini di crescita o diminuzione della quantità descritta dall'indicatore stesso. La Tabella 19 mostra gli indicatori proposti per il monitoraggio della pericolosità; di questi, in mancanza di indagini più di dettaglio sull'incidenza del cambiamento climatico sui fenomeni alluvionali, alcuni (estensione delle aree soggette a pericolosità idraulica, portata massima annua al colmo di piena) sono diretta espressione del fenomeno indagato, mentre i restanti (altezze massime annuali di pioggia, volumi cumulati, etc.) sono da intendersi come *proxy*. Inoltre, è da notare che di tutti gli indicatori proposti solo alcuni sono soggetti ad una trattazione probabilistica (indicazione dei tempi di ritorno), e solo questi sono dunque rigorosamente interpretabili come *hazard*. Per tutti gli indicatori, infine, è proposta una proiezione dell'anomalia attesa a breve, medio e lungo termine per i due scenari di concentrazione RCP4.5 e RCP8.5, assieme ad un valore di riferimento per il periodo corrente (stimato tramite l'applicazione di modelli climatici); solo per l'estensione delle aree soggette a pericolosità idraulica tale valutazione non è stata oggetto di studio.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Si nota che, ricadendo il Comune di Sassari all'interno di due bacini idrografici all'interno della piattaforma Copernicus C3S, tutti gli indicatori derivati da tale piattaforma presentano duplici valori; si propone pertanto di considerare, per ogni indicatore, il valore maggiormente critico tra i due bacini.

Tabella 19. Indicatori di pericolosità selezionati nel presente piano di monitoraggio

<i>Indicatore</i>
A - Estensione delle aree soggette a pericolosità idraulica (P1, P2 e P3)
Qmax - Portata massima annuale al colmo di piena
SDII - Precipitazione media giornaliera nei giorni precipitazione maggiore o uguale ad 1 mm
RX5DAY - Massimo di precipitazione su 5 giorni consecutivi su scala annuale
R99P - Numero di giorni all'anno in cui la precipitazione è maggiore o uguale al 99-simo percentile
R99PTOT - Precipitazione cumulata annua nei giorni con precipitazione maggiore o uguale al 99-simo percentile
h - Altezza di pioggia massima annuale per diverse durate (1, 2, 3, 6, 12 e 24 ore)

Tabella 20. Indicatori di vulnerabilità selezionati nel presente piano di monitoraggio

<i>Tipo di Vulnerabilità</i>	<i>Indicatore</i>
Socio Economica	Numero di abitanti
	Numero di edifici residenziali
	Numero di edifici strategici
	Numero di attività produttive
	Numero di beni culturali
	Numero di strutture ricettive
Fisica e Ambientale	Numero di siti di interesse ambientale/estetico/paesaggistico/naturalistico/soggetti a vincolo
	Estensione dei siti di interesse ambientale/estetico/paesaggistico/naturalistico/soggetti a vincolo



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Tabella 21. Indicatori di impatto selezionati nel presente piano di monitoraggio

<i>Tipo di Vulnerabilità</i>	<i>Indicatore</i>
Costruzioni	Numero di edifici residenziali/strategici/altri in zone P1/P2/P3
Trasporti	Estensione linee stradali in zone P1/P2/P3
Energia	Estensione linee elettriche in zone P1/P2/P3
Acqua	Estensione condotte idriche in zone P1/P2/P3
Rifiuti	Numero/estensione siti di stoccaggio in zone P1/P2/P3
Produzione e commercio	Numero attività produttive/commerciali in zone P1/P2/P3
Agricoltura e foreste	Estensione aree agricole/forestali in zone P1/P2/P3
Ambiente e biodiversità	Numero/estensione siti soggetti a vincolo in zone P1/P2/P3
Salute	Numero di ospedali/strutture di ricovero in zone P1/P2/P3
Protezione civile ed emergenze	Numero di residenti in aree P1/P2/P3
Turismo	Numero/estensione siti soggetti a vincolo/strutture ricettive in zone P1/P2/P3

Monitoraggio delle azioni

Per ognuna delle azioni di adattamento individuate nel paragrafo “Azioni di adattamento ed elementi per l’implementazione” sono stati identificati indicatori specifici che consentono di valutare l’avanzamento dell’azione e monitorarne l’efficacia.

Tali indicatori sono stati scelti per ciascuna delle azioni di adattamento riportate nel paragrafo precedente e riassunte nell’allegato C. La lista completa degli indicatori associati ad ogni azione di adattamento individuata è riportata nella tabella seguente (Tabella 22), nonché nella scheda “Strumento di monitoraggio del piano e delle azioni” per il monitoraggio del Piano di adattamento.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Tabella 22. Indicatori per la valutazione dell'implementazione e dell'efficacia delle azioni di adattamento incluse nel Piano

<i>ID Azione</i>	<i>Indicatore di implementazione</i>	<i>Indicatore di efficacia</i>
F1	N. di incontri di formazione per singolo target	Percentuale di superamento del test di valutazione
F2	N. di incontri di formazione per singolo target	Percentuale di superamento del test di valutazione
F3	N. di esercitazioni eseguite	Percentuale di superamento del test di valutazione
F4	N. di laboratori didattici realizzati	Percentuale di superamento del test di valutazione
S1	N. di strumenti sviluppati (opuscoli, video, altro)	Numero di persone raggiunte dal canale di informazione (es. numero visualizzazioni video, etc)
S2	N. di eventi di comunicazione organizzati	Numero di persone coinvolte negli eventi di comunicazione
S3	Sviluppo e rilascio della applicazione per il gioco on-line	Numero di persone che scaricano ed utilizzano la app
G1	Numero di progetti presentati per la manutenzione ordinaria e straordinaria; Numero di azioni di controllo per il rispetto delle prescrizioni PGRA	Aumento dell'estensione delle attività di manutenzione; Riduzione dei danni (economici o ambientali) dei fenomeni di dissesto idrogeologico
G2	Realizzazione protocollo di intesa Comune-Provincia	Incremento dell'area interessata dalla manutenzione
G3	Creazione tavoli di coordinamento multi-settoriali	Numero di incontri del tavolo di coordinamento; numero di disposizioni prodotte
A1	Adeguamento dei regolamenti edilizi	Numero di progetti sviluppati/finanziati in riferimento alle nuove norme introdotte
A2	Produzione di linee guida	Numero di progetti sviluppati/aggiornati in riferimento alle linee guida
A3	Sviluppo del regolamento	Numero di progetti sviluppati/finanziati in riferimento al nuovo regolamento
P1	Adozione del Piano del Verde; Numero di misure di "greening" inserite nel Piano del Verde	Numero di misure di "greening" implementate
M1	Numero di protocolli di intesa/accordi/convenzioni siglati; monitoraggio dei principali parametri meteo-climatici (numero e tipi di parametri monitorati) finalizzati	Numero di banche dati climatici aggiornate ogni anno (osservazioni); aumento dell'estensione geografica delle reti di osservazione; riduzione del numero di decessi in relazione ad eventi estremi, numero di responsabili sul campo della



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

	all'adattamento al cambiamento climatico	gestione del territorio che usano dati e modelli climatici nel loro processo decisionale
M2	Numero di sensori installati e numero di parametri monitorati	Numero di banche dati ambientali aggiornate ogni anno (osservazioni); aumento dell'estensione geografica delle reti di osservazione; numero di responsabili sul campo della gestione del territorio che usano dati e modelli climatici nel loro processo decisionale, aumento dell'utilizzo delle evidenze scientifiche a supporto del processo decisionale e politico
M3	Sviluppo del sistema di messaggistica/app per la diramazione dell'allerta; numero di utenti registrati ai sistemi di allarme e ai servizi di informazione; numero di messaggi diramati; numero di volte di attivazione del supporto tecnologico	Riduzione del numero di decessi in relazione ai eventi estremi; aumento del danno economico evitato a cose e persone; diminuzione degli impatti negativi sulla popolazione in caso di eventi estremi
E1	Numero di interventi effettuati; risorse spese per gli interventi	Incremento dell'area interessata dagli interventi
E2	Numero di strumenti sviluppati; estensione di porzioni cittadine coinvolte in progetti; superficie (ha) riqualificata per la realizzazione di sistemi di raccolta/infiltrazione delle acque meteoriche	Aumento assoluto (m2) e relativo (%) della superficie riqualificata per la realizzazione di sistemi di raccolta/infiltrazione delle acque meteoriche; aumento degli strumenti di incentivazione; riduzione dei danni (economici o ambientali) dei fenomeni di dissesto idrogeologico
E3	Numero di revisioni; sviluppo di un apposito regolamento; numero di aree individuate per la realizzazione delle infrastrutture verdi	Aumento assoluto (m2) e relativo (%) della superficie pubblica individuata per la realizzazione delle infrastrutture verdi; aggiornamento dei regolamenti energetici/ambientali; riduzione dei danni (economici o ambientali) dei fenomeni di dissesto idrogeologico
E4	Numero di piante che verranno messe a dimora; superficie (ha) che verrà adibita ad aree verdi o orti urbani	Aumento assoluto (n.) e relativo (%) del numero di piante; aumento assoluto (m2) e relativo (%) della superficie adibita ad aree verdi o orti urbani
E5	Numero di cittadini coinvolti; numero di aree verdi (pubbliche o private) all'interno del network	Aumento assoluto (n.) e relativo (%) del numero di cittadini coinvolti e delle aree verdi afferenti alla rete comunale



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

E6	Numero di progetti pilota; superficie (ha) di aree verdi realizzate nell'ambito dei progetti pilota; investimenti con finalità di adattamento (Euro)	Incremento delle aree verdi urbane e/o degli orti urbani
D1	Sviluppo del progetto	Database della mappatura
D2	Sviluppo del progetto	Database del censimento
D3	Numero di sistemi di drenaggio sostenibile	Superficie (ha) attrezzata con sistemi che riducano il runoff superficiale
D4	Percorsi pedonali drenanti	Superficie (ha) di percorsi pedonali realizzati con un calcestruzzo drenante
D5	Stombamento canali	Superamento delle problematiche idrauliche dei canali tombati
D6	Numero di studi di fattibilità	Superficie (ha) individuata per la realizzazione degli interventi
D7	Progetto di intervento sul sistema fognario	Diminuzione dei metri cubi inviati all'impianto di depurazione



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Conclusioni

Questo documento fornisce uno studio degli elementi che caratterizzano la pericolosità legata ai cambiamenti climatici per il rischio allagamenti urbani per il comune di Sassari, che, valutata in considerazione degli elementi che descrivono l'esposizione e la capacità di adattamento del territorio, ha permesso di delineare i principali obiettivi di adattamento al fine di rendere il territorio più resiliente ai rischi attuali e a quelli che potranno derivare nelle prossime decadi in conseguenza del cambiamento climatico.

Come descritto nel documento, l'analisi delle anomalie attese presenta una serie di incertezze che pongono perplessità sull'utilizzo diretto dei valori assoluti ricavati dal processo computazionale, in particolar modo per ciò che attiene alle piene. Nonostante questo, l'analisi delle proiezioni future degli indici pluvio-idrometrici suggerisce una possibile inadeguatezza delle fasce fluviali e dunque delle aree attualmente perimetrate ai diversi livelli di pericolosità. Tuttavia tale ipotesi dovrebbe essere ulteriormente indagata con opportuni strumenti di dettaglio quali metodi fisicamente basati di simulazione dei deflussi in alveo, per valutare correttamente le caratteristiche della corrente in termini non solo di tirante idrico ma anche di velocità.

Le criticità evidenziate dall'analisi della pericolosità e degli elementi esposti, unita alla valutazione della capacità di adattamento del comune di Sassari relativamente al rischio idraulico, analizzata secondo le determinanti: conoscenza e consapevolezza, infrastrutture, capacità istituzionale e risorse economiche, hanno reso necessario identificare una serie di azioni volte a migliorare resilienza del territorio.

Le azioni individuate dal Comune e inserite nel Piano fanno capo a 5 obiettivi principali riferiti a: (i) accrescere e approfondire le conoscenze attraverso la formazione e l'informazione; (ii) migliorare la *governance*; (iii) migliorare il sistema di monitoraggio e di allerta; (iv) diffondere e applicare buone pratiche nel settore del *greening* urbano e della gestione delle acque; (v) promuovere interventi strutturali per la riduzione del rischio idraulico.

Per ciascun obiettivo e area tematica sono quindi individuate le azioni, i responsabili e le tempistiche per la loro implementazione, le possibili fonti di finanziamento e infine gli indicatori di monitoraggio per la valutazione sia dell'implementazione che dell'efficacia delle stesse.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Delle 30 azioni, 23 sono azioni *soft*, 4 *green* e 3 *grey*. Si prevede di attuare nel breve periodo (entro il 2021) 27 delle 30 azioni individuate e solo 3 dopo il 2021. Le azioni *soft*, che richiedono un impegno minore in termini di risorse umane e finanziarie, sono più semplici da attuare nel breve periodo. La maggior parte delle azioni *green* e *grey* identificate ha già delle risorse dedicate e per le altre il comune individuerà le più idonee forme di finanziamento per la loro implementazione nei tempi previsti.

Tale Piano è tuttavia da considerarsi uno strumento dinamico che dovrà essere periodicamente aggiornato ed integrato sia in considerazione delle nuove conoscenze disponibili, sia in considerazione dell'efficacia dimostrata dalle azioni di adattamento implementate, sia delle eventuali difficoltà incontrate da parte dell'amministrazione comunale nell'attuazione e gestione delle misure previste.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Glossario

Adattamento: il 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 2014).

Cambiamento climatico: un cambiamento nello stato del clima che persiste per un periodo esteso, tipicamente decenni o più a lungo, e che può essere rilevato (ad esempio usando test statistici) da cambiamenti nella media e/o nella variabilità delle sue proprietà. I cambiamenti climatici possono avere origine da processi naturali interni o da forzanti esterne, quali modulazioni dei cicli solari, eruzioni vulcaniche e cambiamenti antropogenici persistenti della composizione dell'atmosfera o di uso del suolo. L'UNFCCC (United Nation Framework Convention on Climate Change) 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 aggiunge alla variabilità naturale del clima osservata in periodi di tempo comparabili”. L'UNFCCC fa quindi una distinzione tra i cambiamenti climatici imputabili alle attività umane che alterano la composizione dell'atmosfera e la variabilità del clima attribuibile a cause naturali (IPCC 2013b).

Capacità di adattamento (agli impatti dei cambiamenti climatici): la capacità dei sistemi, delle istituzioni, degli esseri umani e degli altri organismi di adattarsi a potenziali danni, per sfruttare le opportunità, o per rispondere alle conseguenze (IPCC 2014).

Disastro: gravi alterazioni del normale funzionamento di una comunità o di una società per effetto di eventi fisici rischiosi che agiscono su condizioni sociali vulnerabili, portando a conseguenze sfavorevoli e diffuse su risorse umane, materiali, economiche o ambientali, che richiedono una risposta d'emergenza immediata per soddisfare bisogni umani essenziali e che potrebbero richiedere di supporto esterno per la ripresa (IPCC 2014).

Esposizione: la presenza di persone, specie o ecosistemi, funzioni ambientali, servizi, risorse, infrastrutture, funzioni economiche, sociali, beni culturali in luoghi che potrebbero essere influenzati negativamente (IPCC 2014).

Evento meteorologico estremo: è un evento il cui verificarsi in un determinato luogo o periodo dell'anno è raro. Le definizioni della parola raro variano, ma un evento meteorologico estremo



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



viene normalmente definito tale se è uguale o maggiore al decimo o novantesimo percentile di una funzione di densità di probabilità stimata sulla base delle osservazioni. Le caratteristiche quindi di un estremo meteorologico possono variare da un luogo all'altro in senso assoluto. Quando un andamento meteorologico estremo persiste per un certo periodo di tempo, come per esempio una stagione, può essere classificato come evento climatico estremo, specialmente se produce una media o un cumulado che è esso stesso estremo (per esempio, siccità o intense precipitazioni nel corso di una stagione) (IPCC 2014).

Forzante radiativo: è una variazione del flusso di energia causato da un driver, ed è calcolato nella tropopausa o negli strati più alti dell'atmosfera. Viene espresso in Wm^{-2} . Nel quinto rapporto IPCC, nei calcoli dei forzanti radiativi da miscele di gas serra e aerosol, le variabili fisiche, fatta eccezione per oceano e ghiaccio marino, possono rispondere alle perturbazioni con aggiustamenti rapidi. Il forzante risultante è denominato Forzante Radiativo Effettivo (ERF - Effective Radiative Forcing). Questo cambiamento riflette i progressi scientifici raggiunti dai precedenti rapporti e risulta in una migliore indicazione di un'eventuale risposta della temperatura a questi driver. Per tutti i driver diversi dal mix di gas serra e dagli aerosol, gli aggiustamenti rapidi sono meno ben caratterizzati e si presume siano piccoli, per cui viene utilizzato un Forzante Radiativo tradizionale (IPCC 2013b).

Impatti (dei cambiamenti climatici): effetti sui sistemi naturali e umani (es. effetti sulla vita, la salute, gli ecosistemi, l'economia, la società, i servizi, le infrastrutture, etc) causati da eventi meteorologici e climatici estremi e dai cambiamenti climatici che si verificano entro un periodo di tempo specifico e vulnerabilità di una società o un sistema esposti ai cambiamenti climatici. Gli impatti sono anche indicati come conseguenze e risultati di questi effetti (IPCC 2014).

Incertezza: uno stato di conoscenza incompleto dovuto a carenza di informazione o al disaccordo su ciò che è conosciuto o conoscibile. Può avere molte fonti, da errori quantificabili nei dati a concetti o terminologia definiti in modo ambiguo, o a proiezioni ipotetiche del comportamento umano. L'incertezza può quindi essere rappresentata da misure quantitative (ad esempio, una funzione di densità di probabilità) o da dichiarazioni qualitative (ad esempio, che riflettono il giudizio di un gruppo di esperti) (IPCC 2014).

Mitigazione (dei cambiamenti climatici): qualsiasi intervento umano che riduca le fonti di rilascio (sources) o rafforzi e potenzi le fonti di assorbimento (sinks) di gas serra (IPCC 2014).



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Modello climatico: rappresentazione numerica del sistema climatico basato sulle proprietà 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.

Pericolosità: il potenziale verificarsi di un evento fisico naturale o antropico o di un impatto fisico che può causare la perdita della vita, lesioni, o impatti sulla salute, così come danni e perdite a proprietà, infrastrutture, mezzi di sussistenza, fornitura di servizi, ecosistemi e risorse ambientali (IPCC 2014).

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 meno (IPCC 2014).

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 traiettoria seguita per arrivare a quel risultato. 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 (Integrated Assessment Models) forniscono i corrispondenti scenari di



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



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 2014).

Resilienza: la capacità di un sistema sociale, economico o ambientale di far fronte a un evento pericoloso, o anomalie, rispondendo e riorganizzandosi in modo da preservare le sue funzioni essenziali, l'identità e la struttura, mantenendo tuttavia anche le capacità di adattamento, apprendimento trasformazione.

Rischio: le potenziali conseguenze in cui qualcosa di valore è in gioco e dove il risultato è incerto, riconoscendo la diversità dei valori. Il rischio è spesso rappresentato come la probabilità del verificarsi di eventi o andamenti pericolosi moltiplicata per gli impatti che si avrebbero se questi eventi o andamenti si verificassero. Il rischio deriva dall'interazione di vulnerabilità, l'esposizione, e pericolosità (IPCC 2014).

Rischio di disastri/riduzione del rischio di disastri: il rischio di disastri indica la probabilità di disastro in un periodo di tempo specificato (vedi disastro). Il concetto di riduzione del rischio di disastri indica un processo volto a progettare, implementare e valutare strategie, politiche e misure per migliorare la conoscenza del rischio di disastri, promuovere la riduzione del rischio e trasferire e promuovere un miglioramento continuo nella preparazione e nella risposta al rischio e in pratiche di recupero, con l'esplicito obiettivo di aumentare la sicurezza umana, il benessere, la qualità della vita e lo sviluppo sostenibile (IPCC 2014).

Scenari climatici: una 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).



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Sensibilità: il grado con cui un sistema o una specie è influenzato, negativamente o positivamente, dalla variabilità e dal cambiamento del clima. L'effetto può essere diretto (ad es. un cambiamento nella resa delle colture in risposta ad una variazione della temperatura) o indiretto (ad es. i danni causati da un aumento della frequenza di inondazioni costiere a causa dell'innalzamento del livello del mare) (IPCC 2014).

Servizi ecosistemici: processi o funzioni ecologici dotati di un valore (monetario o non monetario) per gli individui o in generale per la società. Sono frequentemente classificati come: (i) servizi di supporto, come per esempio la produttività o il mantenimento della biodiversità; (ii) servizi di fornitura o approvvigionamento, quali cibo, fibre, pesce; (iii) servizi di regolazione, come la regolazione del clima e il sequestro o stoccaggio del carbonio, e (iv) servizi culturali, come il turismo o l'arricchimento spirituale ed estetico (IPCC 2014).

Sistema climatico: il sistema altamente complesso costituito da cinque componenti principali: atmosfera, idrosfera, criosfera, litosfera, biosfera, e le interazioni fra loro. Il sistema climatico evolve nel tempo sotto l'influenza di proprie dinamiche interne, e per effetto di forzanti esterni, come eruzioni vulcaniche, variabilità solare, e forzanti antropogenici come la variazione di composizione dell'atmosfera e il cambiamento di uso del suolo (IPCC 2014).

Sistema di allerta precoce (Early warning system): l'insieme delle capacità necessarie per produrre e diffondere informazioni di allerta tempestive e significative, per consentire agli individui, alle comunità e alle organizzazioni minacciate da un rischio di prepararsi ad agire prontamente e in maniera adeguata, in modo da ridurre la possibilità di danni o perdite (IPCC 2014).

Sviluppo sostenibile: sviluppo che va incontro ai bisogni del presente senza compromettere la capacità delle future generazioni di soddisfare i propri bisogni [WCED,1987] (IPCC 2014).

Scenari di emissione: una rappresentazione plausibile del futuro sviluppo delle emissioni di sostanze che sono potenzialmente attive radiativamente (ad esempio, gas serra e aerosol), sulla base di un insieme coerente e internamente consistente di assunzioni sulle forze motrici (come il cambiamento tecnologico, lo sviluppo demografico e socio-economico) e le loro relazioni fondamentali. Gli scenari di concentrazione, derivati dagli scenari di emissione, sono utilizzati come input per i modelli climatici per calcolare le proiezioni climatiche. Nel Rapporto Speciale dell'IPCC sugli Scenari di Emissione sono stati pubblicati gli scenari di emissione SRES (ad esempio, A1B, A1FI, A2, B1, B2) utilizzati come base per alcune proiezioni climatiche. Nuovi

scenari di emissione per il cambiamento climatico sono stati sviluppati e sono i 4 Representative Concentration Pathways (RCP) presentati nel quinto rapporto dell'IPCC (IPCC 2014).

Variabilità climatica: si riferisce alle variazioni di stato medio e di altre statistiche (come le deviazioni standard, il verificarsi di eventi estremi, etc.) del clima in tutte le scale spaziali e temporali al di là di quelle dei singoli eventi meteorologici. La variabilità può essere dovuta a processi naturali interni al sistema climatico (variabilità interna), o a variazioni dei forzanti esterni naturali o antropogenici (variabilità esterna) (IPCC 2014).

Vulnerabilità: la propensione o la predisposizione degli elementi esposti a essere influenzati negativamente. Il termine comprende una varietà di concetti ed elementi, tra cui la sensibilità o suscettibilità al danno e la mancanza di capacità di far fronte e di adattarsi (IPCC 2014).



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Bibliografia

ADAPT (2018). *Linee guida per lo sviluppo di profili climatici locali*.

ADAPT (2018). *Profilo climatico locale per il Comune di Sassari*.

ADAPT (2018). *Linee guida per la redazione di piani di adattamento al rischio alluvioni*.

Brath, A., Castellarin, A., Montanari, A. (2003). "Assessing the reliability of regional depth-duration-frequency equations for gaged and ungaged sites". *Water Resources Research* 39(12), pp. 1367-1379.

Cannon, A. J., Sobie, S. R., Murdock, T. Q. (2015). "Bias correction of GCM precipitation by quantile mapping: how well do methods preserve changes in quantiles and extremes?" *Journal of Climatology* 28(17), pp. 6938-6959.

Cao, C., Piga, E., Salis, M., Sechi, G.M. (1991). *Valutazione delle piene in Sardegna*. Rapporto Regionale Sardegna, CNR-GNDCI, LINEA 1, Istituto di Idraulica, Università di Cagliari.

Castellari, S., Venturini, S., Ballarin Denti, A., Bigano, A., Bindi, M., Bosello, F., et al. (a cura di) (2014). *Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità ed adattamento ai cambiamenti climatici in Italia*. MATTM-Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma.

CNR-IRPI (2018). *Rapporto Periodico sul Rischio posto alla Popolazione italiana da Frane e Inondazioni*. Primo semestre 2018.

Drobinski, P., Silva, N.D., Panthou, G. et al. (2018). "Scaling precipitation extremes with temperature in the Mediterranean: past climate assessment and projection in anthropogenic scenarios". *Climate Dynamics*, 51(3), pp. 1237-1257.

Jacob, D, Petersen, J, Eggert, B, et al. (2014). EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change* 14(2), pp. 563–578.

Kotlarski S, Keuler K, Christensen OB, et al. (2014). Regional climate modeling on European scales: A joint standard evaluation of the EURO-CORDEX RCM ensemble. *Geoscientific Model. Development* 7(4), pp. 1297-1333.

IPCC (2013a). Summary for Policymakers. In: Stocker TF, D. Qin, G.-K. Plattner, et al. (eds.) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth*



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge (United Kingdom) and New York (NY, USA), pp. 1–30.

IPCC (2013b). Annex III: Glossary [Planton, S. (ed.)]. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC (2014). Annex II: Glossary [Agard, J., E.L.F. Schipper, J. Birkmann, M. Campos, C. Dubeux, Y. Nojiri, L. Olsson, B. Osman-Elasha, M. Pelling, M.J. Prather, M.G. Rivera-Ferre, O.C. Ruppel, A. Sallenger, K.R. Smith, A.L. St. Clair, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, and . In: Barros VR, Field CB, Dokken DJ, et al. (eds) *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*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp 1757–1776.

MATTM (2017). *PNACC - Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*. Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare. Documenti in fase di consultazione, disponibili all'indirizzo: <https://www.minambiente.it/pagina/consultazione-su-piano-nazionale-adattamento-cambiamenti-climatici> (consultato online il 18 marzo 2019)

MATTM (2014). *SNAC – Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*. Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare.

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.

Pilgrim, D. H., Cordery, I. (1993). Flood Runoff. In Maidment, D. R. (ed.), *HandBook of Hydrology*, McGraw-Hill Companies.

Regione Sardegna (2000). *Attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia – Linee Guida*. Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato ai Lavori Pubblici.

Regione Sardegna (2012). *Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello studio denominato progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF). Relazione monografica di Bacino Idrografico: Riu Mannu di Porto Torres*. Regione Autonoma della Sardegna.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Santini, M., Valentini, R. (2011) "Predicting Hot-Spots of Land Use Changes in Italy by Ensemble Forecasting". *Regional Environmental Change*, 11(3), pp. 483–502.

Trigila, A., Iadanza, C., Bussetini, M., Lastoria, B. (2018). *Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio - Edizione 2018*. ISPRA, Rapporti 287/2018.

WMO (2007). *The Role of Climatological Normals in a Changing Climate*. WCDMP-No. 61, WMO.TD No. 1377.

Viglione, A., Laio, F., Claps, P. (2007). A comparison of homogeneity tests for regional frequency analysis. *Water Resources Research* 43(3), W03428.

Viglione, A., Blöschl, G. (2009). On the role of storm duration in the mapping of rainfall to flood return periods. *Hydrology and Earth System Sciences*, 13(2), pp. 205-216.

Zelenhasić, E., Salvai, A. (1987) "A method of streamflow drought analysis". *Water Resources Research* 23(1), pp. 156-168.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Allegato A

Inquadramento territoriale del reticolo idrografico di interesse

Di seguito si riporta una descrizione del reticolo idrografico localizzato nell'area di interesse, stralciata dalle Relazioni Monografiche relative al sistema idrografico "Minori tra il Mannu di Porto Torres e il Temo" e al sistema idrografico "Riu Mannu di Porto Torres" (Regione Sardegna, 2012).

Sistema Idrografico "Astimini"

Unico corso d'acqua principale del bacino è costituito dal riu Astimini (o fiume Santo come è indicato sulla cartografia IGM nel tratto terminale), nel tratto compreso tra la località Giubeddi, circa 150 m a monte del viadotto della S.P. 57, e la foce nel golfo dell'Asinara. Impostandosi sui rilievi rocciosi posti a Nord di Argentiera, esso drena una porzione del settore settentrionale della piana della Nurra, scorre all'interno di un fondovalle alluvionale in cui mostra una moderata tendenza alla divagazione con meandri e infine sfocia nel golfo dell'Asinara nelle immediate vicinanze della centrale termoelettrica di fiume Santo, circa 8 km ad Ovest del centro di Porto Torres. L'alveo attivo ha una sezione modesta che risulta a tratti invasa dalla macchia mediterranea.

L'asta è stata oggetto congiuntamente di analisi idraulica geomorfologica finalizzata all'individuazione delle fasce fluviali corrispondenti ai periodi di ritorno T pari a 2, 50, 100, 200 e 500 anni, per una lunghezza del tratto di analisi pari a circa 2.8 km.

Il tratto oggetto di analisi idraulica è compreso tra il viadotto della S.P. 57 e la foce in mare, per una lunghezza totale di circa 2.6 km ed una pendenza media dello 0.2%; l'alveo è di tipo monocursale con uno sviluppo piuttosto sinuoso, sezioni abbastanza strette, elevata copertura vegetazionale, soprattutto nell'ultimo tratto prima della foce. L'unica opera idraulica di difesa presente è posta in sinistra, presso la foce, a protezione della centrale termoelettrica. L'alveo inciso ha capacità di deflusso inferiore alla portata con $T = 2$ anni, che provoca di conseguenza



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



esondazioni su entrambe le sponde. Le velocità medie si attestano su valori che variano da 0.7 m/s a 1.5 m/s rispettivamente per $T = 2$ anni e $T = 500$ anni. Tra i due attraversamenti stradali presenti, il primo è il ponte ad arco sul vecchio tracciato della S.P. 57, che risulta significativamente inadeguato rispetto al franco idraulico e provoca un significativo effetto di rigurgito a monte. La seconda opera è un ponte a travata di una strada vicinale che ha franco adeguato per tutte le portate analizzate. Il tratto terminale del riu Astimini oggetto di studio è caratterizzato da un letto di modesta estensione, che scorre all'interno di una valle alluvionale relativamente ampia, che descrive una serie di ampi meandri incassati, sgombra da fabbricati. In tale contesto le fasce sono imposte dalla base delle scarpate dei ripiani terrazzati che delimitano il fondovalle alluvionale e pertanto si presentano coincidenti per tutti i tempi di ritorno più gravosi con ampiezze comprese tra 100 e 300 m circa.

In corrispondenza del tratto terminale, in sponda sinistra, tutte le fasce sono addossate all'opera di difesa del rilevato su cui sono edificate le installazioni industriali Enichem e la centrale di Fiume Santo, non interessati direttamente in quanto posti a quota di sicurezza.

Sistema Idrografico “Riu Mannu di Porto Torres”

Fanno parte del sistema idrografico due corsi d'acqua principali: il Riu Mannu e il Riu Ottava.

Il Riu Mannu di Porto Torres nasce da un'ampia conca ubicata poco ad Ovest dell'abitato di Thiesi. Si tratta di un'area a debole pendenza circondata da rilievi vulcanici che toccano i 500 m di altitudine con punte fino a oltre 700 m (monte Pelao). L'area di testata è sottesa dalla diga di Bidighinzu che forma l'omonimo lago artificiale. Il riu Ottava nasce invece dai rilievi collinari posti alcuni chilometri a Nord-Est di Sassari, in una zona anch'essa profondamente modellata dal progressivo approfondimento del reticolo idrografico secondario. La pendenza dell'asta fluviale del Riu Mannu di Porto Torres, dopo il breve tratto iniziale di tipo torrentizio subito a valle della diga del Bidighinzu ove si hanno valori del 1-2%, scende con gradualità, è di circa il 0.2% in prossimità della confluenza del Riu Mascari per stabilizzarsi sullo 0.1% nei pressi del settore compreso tra l'immissione del Riu Ertas e la foce. Sul Riu Ottava si passa da pendenze dell'1%, nella zona di Sassari, allo 0.5% nel tratto intermedio di studio, per finire con valori attorno al 0.2-0.3% nel settore terminale, presso la confluenza nel Mannu di Porto Torres.

Sia il Riu Mannu di Porto Torres sia il Riu Ottava scorrono per lo più all'interno di alvei monocursali sinuosi, scavati all'interno di depositi alluvionali di fondovalle. La sezione trasversale è



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



generalmente trapezia, con alveo inciso delimitato da ripide scarpate, generalmente coperte da vegetazione erbacea, soprattutto canne domestiche con alberi o cespugli isolati. Si ritiene che tale conformazione sia probabilmente il risultato, almeno parziale, di passati interventi di risagomatura e pulizia dell'alveo. Fa eccezione solo il tratto iniziale del Mannu di Porto Torres in cui l'alveo assume una morfologia caratterizzata da un maggior grado di naturalità e più simile a quella dei corsi d'acqua montani.

Dall'analisi dei dati PAI e da rilievi topografici sul campo è stato possibile individuare le principali opere idrauliche, tra cui: sul Mannu di Porto Torres un argine, una briglia, 3 difese di sponda longitudinali, un'opera di immissione non regolata, un muro arginale, una traversa; sul riu Ottava 2 argini, una briglia, 3 canalizzazioni artificiali, 3 difese di sponda longitudinali, un muro arginale e una traversa. I rilevamenti eseguiti evidenziano come l'attuale assetto dei corsi d'acqua esaminati sia influenzato dall'invaso di Bidighinzu e dalle opere di regimazione eseguite nei tratti focivi che, in particolare per il riu Mannu, sono per lo più funzionali alla difesa di infrastrutture viarie e di aree industriali.

Di seguito è riportata un'analisi sommaria delle caratteristiche dei principali corsi d'acqua del sistema.

Riu Mannu di Porto Torres

Il tratto del Riu Mannu di Porto Torres oggetto di valutazione della pericolosità idraulica è compreso tra la diga di Bidighinzu e lo sbocco a mare, per una lunghezza complessiva di circa 59 km.

Il primo tratto del corso d'acqua prende il nome di riu Bidighinzu e scorre in una valle incisa con alta densità di vegetazione in prossimità dell'alveo. Dopo circa 10 km, la valle si allarga e compaiono coltivazioni sia sui versanti sia sul fondovalle, che rimane comunque di larghezza limitata. Il corso d'acqua scorre in direzione nord-ovest con andamento sinuoso nel territorio compreso tra gli abitati di Usini ed Uri, fino all'altezza del ponte sulla S.S. 291 in prossimità di Bancali. Da questo punto al centro abitato di Porto Torres, il fondovalle si allarga ulteriormente e diventa interamente interessato da coltivazioni agricole sino in prossimità delle sponde; permane una densa vegetazione naturale lungo l'alveo. A circa 4 km dalla foce vi è la confluenza del riu Ottava, che costituisce l'affluente principale. Negli ultimi 2 km, il corso d'acqua separa la zona industriale di Porto Torres, in sponda sinistra, da quella residenziale, in sponda destra. In sponda



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



destra vi è presente un argine, prima costituito da un muro, per circa 500 m, e poi in terra, con altezza media di circa 2 m. Lungo il tratto analizzato vi sono 22 ponti stradali, 2 ponti ferroviari, 2 ponti canale, 4 ponti-tubo e 4 guadi carrabili.

È possibile individuare i seguenti tratti omogenei:

- il tratto montano, che si sviluppa dalla diga di Bidighinzu al P.te S.P. 41bis;
- il tratto medio vallivo, fino al P.te F.S. in località Fermata San Giorgio;
- il tratto vallivo, compreso tra il ponte ferroviario in località Fermata San Giorgio e la foce.

L'asta nel tratto montano, di circa 7 km, è caratterizzato da una pendenza di fondo significativa (2.1%), forte velocità ed alveo inciso fortemente vegetato. I livelli idrici medi variano tra 2 m e 4 m in funzione delle portate defluenti, mentre le velocità medie vanno da 2 m/s a valori oltre i 3 m/s. Le opere di attraversamento stradale presenti non hanno franchi idraulici adeguati; in particolare il ponte della S.P. 41bis, provoca un significativo effetto di rigurgito nella parte terminale del tratto. La morfologia di corso d'acqua montano con valle incisa a "V" e assenza di aree golenali di fondovalle alluvionale impone fasce di esondazione con andamento sinuoso ed omogeneo per i tempi di ritorno più gravosi. In tale contesto le fasce presentano ampiezze variabili tra i 30 m delle sezioni più a monte ed i 150 m dei settori più ampi; fa eccezione il settore a monte di Usini (lungo circa 6 km), dove si ha un fondovalle più largo ed una sezione relativamente larga e poco incisa, con ampiezze che raggiungono i 300-400 m. Lungo tutto il tratto in oggetto vengono interessati dalle fasce solo terreni a tratti coltivati, insediamenti agricoli ed alcune case sparse.

Il tratto medio vallivo è compreso tra il ponte della S.P. 41bis e quello ferroviario della linea Sassari-Alghero, all'altezza di Fermata San Giorgio; corre nella prima parte in una valle ampia e coltivata e successivamente in una forra molto stretta. Ha una lunghezza di circa 23.5 km e una pendenza media dello 0.57%. Nella prima parte, le inondazioni iniziano con il tempo di ritorno di 50 anni, dando luogo ad un alveo di piena di larghezza media di circa 160 m e livelli idrici di circa 4 m; nella parte più a valle, all'interno della forra, la larghezza si riduce a circa 100 m, con livelli medi superiori a 7 m per le portate più gravose, con valori puntuali prossimi a 10 m. Le velocità medie di corrente sono pari a circa 2 m/s nella parte di monte e 3 m/s in quella di valle. Tra gli attraversamenti presenti sul tratto (ponte stradale e ponte-tubo in località Badde Lunis; ponte della S.P. 28; ponte-canale; ponte della S.S. 127; ponte ferroviario a Fermata San Giorgio), solo il ponte della S.S. 127 risulta idraulicamente inadeguato rispetto al franco. La morfologia dell'alveo, delimitato da ripide scarpate scavate all'interno dei depositi alluvionali di fondovalle,



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



definisce un andamento delle fasce decisamente più irregolare rispetto al tratto precedente, sebbene le differenze tra i diversi tempi di ritorno risultino ancora poco apprezzabili. L'ampiezza delle aree interessate dagli allagamenti risulta compresa tra i 60 m del tronco iniziale ed i 400-500 m dei settori più larghi, localizzati principalmente in corrispondenza di confluenze di corsi d'acqua secondari o minori. Lungo tutto il tratto ricadono in area allagabile solo terreni agricoli sgombri da insediamenti di rilievo ed alcuni elementi della viabilità minore.

Il tratto vallivo va dal ponte ferroviario a Fermata San Giorgio alla foce, per circa 28 km, con una pendenza media del fondo pari allo 0.14%. Il corso d'acqua scorre per un primo tronco ancora in una valle stretta ed incisa per entrare successivamente in un fondovalle più ampio coltivato; a valle della confluenza del riu Ottava, l'alveo attraversa l'abitato di Porto Torres e sfocia nel Golfo dell'Asinara. In prossimità di quest'ultimo tronco l'alveo risulta arginato in sponda destra per circa 2 km. Tale opera risulta inadeguata al contenimento della portata con tempo di ritorno di 50 anni, con conseguente allagamento delle aree insediate retrostanti e della linea ferroviaria. Nel primo tronco del tratto, che scorre nella parte incisa del fondovalle, la larghezza media della sezione di piena è dell'ordine di 150 m e i livelli idrici sono compresi tra 2 m e 3 m. Più a valle la larghezza aumenta, con variazione tra 100 m e 200 m per il tempo di ritorno che passa da 2 anni a 500 anni e con valori massimi puntuali che raggiungono i 400 m; i livelli idrici hanno valori superiori a 8 m per le portate più gravose. Le velocità medie sono prossime ad 1.5 m/s, con campo di variazione compreso tra meno di 1 m/s, in presenza di fenomeni di rigurgito, e 4 m/s. Tra le numerose opere di attraversamento presenti, il ponte S.S. 291, i ponti stradali e ferroviario a Porto Torres, il ponte della S.S. 131 e il ponte della SP 34 hanno franchi idraulici adeguati o sono comunque in condizioni di non comportare interferenze significative con il deflusso in piena; inadeguati in misura più o meno grave risultano invece il ponte della S.P. 18, il ponte della S.P. La Crucca, il ponte romano a Porto Torres e il ponte sulla strada vicinale in località Maccia Appaltada. Il tratto in oggetto è caratterizzato dall'attraversamento di Porto Torres, dove, in corrispondenza dell'abitato è presente un'arginatura in sponda destra lunga circa 2 km, posta a protezione della linea ferroviaria Chilivani - Porto Torres, della stazione e di alcuni edifici retrostanti. L'argine è risultato inadeguato al contenimento della portata con tempo di ritorno di 50 anni. A monte dell'abitato, in particolare a monte dell'attraversamento della S.P. 34, le aree allagabili presentano un'ampiezza compresa tra 400 e 500 m ed interessano oltre a terreni agricoli, diversi elementi della rete stradale secondaria e un lungo tratto della ferrovia. Inoltre, il rilevato della provinciale e



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



la presenza di una confluenza da destra poco a monte determinano un sensibile ampliamento delle aree allagabili a monte della stessa, che raggiungono la località Andriolu. A valle della provinciale, anche per la presenza di altri tre attraversamenti (due stradali ed uno ferroviario che con le loro rampe di accesso influenzano decisamente la forma delle aree allagabili), gli allagamenti interessano tutta l'area della stazione ed alcuni edifici retrostanti e, grazie al varco creato dal corridoio ferroviario verso il porto, si protraggono fino al fascio di binari sulla banchina. In sinistra invece vengono interessati dalle fasce diversi edifici presenti in prossimità del suddetto gruppo di attraversamenti.

Riu Ottava

Il tratto del riu Ottava oggetto di valutazione della pericolosità idraulica inizia poco a monte dell'attraversamento della S.S. 200 a nord dell'abitato di Sassari e scorre con direzione nord-ovest fino alla confluenza col riu Mannu di Porto Torres, per una lunghezza complessiva di circa 19 km.

Il primo tratto del corso d'acqua scorre a nord della città di Sassari in un fondovalle delimitato da versanti poco scoscesi, interamente coltivato, prevalentemente a frutteto. In prossimità dell'ambito fluviale sono presenti diversi insediamenti di tipo abitativo e di attività legate al settore primario; successivamente, dopo circa 4 km, le aree diventano coltivate a seminativi a ciclo annuale, con tratti in cui la vegetazione arbustiva e arborea rimane ancora abbondante in prossimità dell'alveo inciso. In direzione pressoché parallela all'asta si colloca la linea ferroviaria Chilivani-Porto Torres che attraversa il corso d'acqua in località Spina Santa. In prossimità della confluenza con il riu Mannu di Porto Torres, la sezione dell'alveo è artificiale, a forma trapezia con rivestimento in gabbioni ricoperto da vegetazione abbondante; la sponda sinistra è arginata per circa 1 km; è presente un argine anche in sponda destra per un tratto di estensione minore. Lungo il tratto vi sono 10 attraversamenti stradali, due ferroviari, un ponte-tubo ed un numero molto grande di opere minori che costituiscono accessi carrabili alle abitazioni ed ai campi coltivati.

È possibile individuare i seguenti tratti omogenei:

- il tratto medio vallivo, che si sviluppa dalla località M.o Logulentu al ponte della S.P. 60 Lattedoloi-Buddi;
- il tratto vallivo, che si sviluppa fino al ponte tubo in località Monte Ruina;



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- il tratto di confluenza, che si sviluppa fino alla confluenza con il riu Mannu di Porto Torres. Il tratto medio vallivo ha una lunghezza di circa 4 km, una pendenza media dell'1% e vegetazione abbondante in ambito fluviale; scorre in un fondovalle leggermente inciso a nord dell'abitato di Sassari. I livelli idrici medi variano da circa 1.5 m per $T = 2$ anni a circa 4 m per i tempi di ritorno più alti; analogamente, la velocità media di corrente passa da 1.4 m/s a valori prossimi a 3 m/s. Tra gli attraversamenti presenti, quelli della ferrovia Sassari - Sorso e della S.P. 60 risultano adeguati per tutte le portate simulate; è invece fortemente inadeguato il ponte sulla S.S. 200, che comporta fenomeni di rigurgito significativi, come pure, per altro il ponte della S.P. 60; ancora inadeguati sono gli altri attraversamenti, relativi a strade vicinali o ad accessi a proprietà private. Le fasce di esondazione del tratto in oggetto si estendono su un fondovalle poco inciso, con andamento piuttosto regolare ed omogeneo ed ampiezze comprese tra i 100 ed i 250 m, interessando le generalmente aree coltivate limitrofe all'alveo ed alcuni degli insediamenti sparsi di tipo abitativo o produttivi presenti in area golenale. Significativa risulta l'influenza sulle aree allagabili dei ponti della S.P. 60 e della S.S. 200 dove, nei tratti immediatamente a monte degli stessi si verifica l'interessamento di diverse abitazioni.

Il tratto vallivo è compreso tra il ponte della S.P. 60 ed il ponte tubo in località Monte Ruina, a valle del quale inizia un tronco canalizzato ed arginato in sinistra; è lungo circa 14 km, ha una pendenza media dello 0.63% e la larghezza media dell'alveo inciso è di 8 m circa. Si alternano tratti con vegetazione densa ad altri dove la vegetazione è quasi assente. La capacità di deflusso dell'alveo inciso è in molti tratti inferiore alla portata con tempo di ritorno di 2 anni; l'ampiezza media di allagamento nel caso delle portate più elevate è di poco inferiore a 100 m, con livelli idrici medi di circa 4 m; la velocità media di corrente ha valori di circa 2.5 m/s, che puntualmente possono variare tra 0.3 m/s a 5 m/s. Gli attraversamenti principali presenti, della S.S. 131 e della S.P. 56 e il ponte ferroviario della linea Chilivani - Porto Torres, risultano fortemente inadeguati e provocano significativi fenomeni di rigurgito; sono del pari inadeguati tutti gli altri attraversamenti di importanza minore. Le fasce di questo tratto presentano limiti generalmente omogenei e regolari in quanto ben definiti da ripide scarpate, con una maggiore sinuosità rispetto al tratto di monte e con locali allargamenti, di estensione modesta, circoscritti più che altro ai settori di confluenza di elementi del reticolo idrografico minore. L'ampiezza delle aree allagabili resta compresa tra i 100 ed i 250 m con l'interessamento, oltre che di terreni coltivati, di abitazioni sparse, come nel settore immediatamente a valle della confluenza del riu di S. Orsola in località



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Strada Vicinale San Quirico. Poco a monte, ricade in area allagabile anche l'area del vivaio forestale interamente inclusa con i vari edifici di servizio. Gli altri attraversamenti presenti lungo il tratto non determinano significativi allargamenti delle fasce in quanto la morfologia del territorio impone ampiezze pressoché costanti; i significativi fenomeni di rigurgito dei ponti della S.S. 131, della S.P. 56 e ponte della ferrovia Chilivani - Porto Torres si traducono in un rilevante innalzamento dei livelli. In tali settori comunque non vengono interessate abitazioni.

Il tratto in confluenza si estende tra il ponte-tubo in località Monte Ruina e la confluenza con il riu Mannu di Porto Torres, per una lunghezza di 1.2 km con pendenza pressoché nulla, in un fondovalle coltivato e privo di insediamenti. A valle del ponte-tubo, per quasi 1 km di lunghezza, la sezione dell'alveo è artificiale, con forma trapezia e rivestimento in gabbioni, parzialmente coperti da vegetazione; in sponda sinistra vi è un argine in gabbioni, di altezza media di circa 2 m rispetto al piano campagna. L'argine è in grado di contenere la portata con tempo di ritorno pari a 2 anni; la stessa portata provoca l'allagamento della zona limitrofa al ponte-tubo con estensione trasversale di circa 60 m e livelli idrici superiori a 3 m. Per i tempi di ritorno più elevati, l'esondazione interessa anche, in sponda sinistra, le aree coltivate all'esterno dell'argine, per larghezze che variano tra 100 m e 300 m e con livelli medi pari a circa 4 m, che puntualmente raggiungono gli 8 m per le portate più alte. Le velocità medie sono normalmente inferiori ad 1 m/s tra il ponte-tubo e quello della strada comunale, mentre verso la confluenza tendono a raggiungere valori superiori a 2 m/s. Gli attraversamenti presenti (ponte-tubo; Ponte Pizzinnu; ponte della strada vicinale) risultano con franchi idraulici inadeguati per le portate simulate medio-alte e provocano in alcuni casi fenomeni di rigurgito significativi. Il tratto in prossimità della confluenza, a differenza dei tratti di monte, è caratterizzato dalla presenza di una canalizzazione con sezione trapezia in gabbioni completata da argini (estesi lungo tutto il tratto in sponda sinistra e solo in corrispondenza del ponte della strada comunale Ponte Pizzinnu in destra) risultati inadeguati per gli eventi di piena con tempo di ritorno superiore a 2 anni. Pertanto, per le piene aventi i tempi di ritorno più elevati, le esondazioni si propagano a tutto il fondovalle interessando ampie zone coltivate, con larghezze che variano tra 100 m e 300 m; non vengono comunque interessate abitazioni.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Considerazioni finali sulle fasce fluviali

La particolare conformazione geomorfologica del bacino del rio Mannu di Porto Torres fa sì che il reticolo idrografico scorra, nella quasi totalità, su fondovalle incisi all'interno di un tavolato terrazzato debolmente ondulato da cui, verso le aree di testata, emergono rilievi collinari di media altitudine. Si tratta pertanto di un'area, in un certo senso, "intrinsecamente" sicura dal punto di vista idraulico; infatti tutti i principali insediamenti sono stati realizzati sul tavolato terrazzato o sui rilievi collinari, anche perché i fondovalle sono per lo più incassati e in origine, soprattutto verso la foce, erano acquitrinosi e solo con successivi interventi di bonifica sono diventati coltivabili.

In tale contesto, anche sul reticolo secondario, se si escludono un certo numero di ville e fabbricati rurali isolati, le uniche aree a rischio sono legate alle moderne espansioni edilizie che, soprattutto nell'area di Sassari, hanno finito per andare ad occupare, sia pure in misura marginale, alcuni tratti di fondovalle. La principale criticità è pertanto legata al rio Sant'Orsola, unico corso d'acqua di una certa rilevanza che attraversa Sassari, il cui fondovalle è stato in parte occupato da condomini, aree commerciali e capannoni industriali e/o artigianali. Si tratta, occorre ripeterlo, di aree molto circoscritte, in cui tuttavia il pericolo di allagamento è stato accresciuto dal fatto, che proprio dove il fondovalle alluvionale è stato urbanizzato, si è anche provveduto contestualmente a tombare l'alveo del rio. A questo proposito si ricorda che il tipo di analisi effettuata fornisce un'indicazione generica, basata su elementi geomorfologici, per altro spesso parzialmente mascherati nelle aree edificate dall'intervento umano, e che quindi per sua natura non può tenere conto dell'effettiva efficienza degli interventi di sistemazione idraulica, inoltre nei casi dubbi, come da prassi consolidata in questo genere di lavori, si è optato per un tracciamento delle fasce in grado di garantire un ragionevole margine di sicurezza; detto questo va però aggiunto che era opportuno evitare espansioni urbanistiche in uno dei pochissimi settori del territorio circostante Sassari non pienamente sicuro dal punto di vista del rischio idrogeologico.

Oltre al rio Sant'Orsola aree localizzate a rischio sono state individuate sul rio Mascari dove, sempre nei pressi di Sassari, sono stati realizzati due insediamenti industriali nel fondovalle alluvionale e sul fiume 128, un piccolo rio presso Porto Torres, che per un evidente errore nella realizzazione di un rilevato arginale in caso di eventi estremi potrebbe allagare e/o danneggiare il rilevato delle linea ferroviaria Sassari - Porto Torres.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Allegato B

Analisi dell'incidenza del cambiamento climatico sulla pericolosità locale

All'interno del seguente paragrafo verranno illustrate le principali informazioni finalizzate alla valutazione di eventuali modifiche nel regime delle piene indotte dai cambiamenti climatici. A tal fine, la trattazione è articolata in quattro punti:

5. *framework* concettuale;
6. analisi ed integrazioni del Profilo Climatico Locale;
7. analisi dei dati messi a disposizione dalla C3S (*Copernicus Climate Change Service Platform*);
8. sintesi dei risultati.

Framework concettuale

Le evidenze relative all'impatto dei cambiamenti climatici sul regime pluviometrico dell'area non sono di per sé sufficienti a trarre conclusioni circa l'impatto che tali cambiamenti imporranno sul regime delle piene. In tal senso, infatti, è bene ricordare come la severità e la frequenza dei fenomeni di piena siano funzione, oltre che del regime pluviometrico, dalle caratteristiche di copertura ed uso (e quindi manutenzione) del suolo. Le variazioni attese in queste ultime nei prossimi decenni potranno essere a loro volta profondamente influenzate dai cambiamenti climatici attesi (Santini & Valentini, 2000). Per quanto concerne la sola forzante atmosferica, è utile ricordare che l'approccio attualmente adoperato per descrivere il regime pluviometrico è il cosiddetto metodo della "pioggia indice" (Brath et al., 2003), secondo il quale l'intensità (ovvero l'altezza) di pioggia caratterizzata da un determinato tempo di ritorno T e riferita ad una specifica durata dell'evento piovoso d può essere espressa come prodotto di un parametro di scala μ ,



funzione solo della durata della pioggia, e di un fattore di crescita k_T , funzione solo del periodo di ritorno:

$$I(d, T) = \mu[I(d)] \cdot k_T(T) \quad (1)$$

Tale metodologia, con le opportune parametrizzazioni, è quella proposta dal GNDICI – VAPI per il territorio in esame (Cao et al., 1991). Per la Regione Sardegna il Rapporto di Sintesi VAPI¹⁰ fornisce una relazione empirica per il calcolo della pioggia media e una distribuzione di probabilità, mediante il modello Two-Component Extreme Value, con i relativi parametri per le tre sottozone pluviometriche omogenee, per il fattore di crescita. Nello specifico, il Comune di Sassari rientra nella Sottozona Pluviometrica Omogenea No. 2, per la quale è fornita la seguente legge speditiva per il calcolo del fattore di crescita:

$$k_T = 0.60937 + 0.91699 \cdot \log(T) + 3.9932 \cdot 10^{-2} \cdot [\log(T)]^2 \quad (2)$$

Un successivo aggiornamento (Regione Sardegna, 2000), inoltre, permette la valutazione della pioggia indice come funzione della media dei massimi annuali di pioggia giornaliera, e dettaglia il calcolo del fattore di crescita in funzione della durata della pioggia; per il territorio in esame e per le durate superiori a 1 ora le relazioni sono le seguenti:

$$\mu[h(d)] = \frac{\mu[h(daily)]}{0.886 \cdot 24^{-0.493 + 0.476 \cdot \log(\{\mu[h(daily)]\})}} \cdot d^{-0.493 + 0.476 \cdot \log(\{\mu[h(daily)]\})} \quad (3)$$

$$k_T = a \cdot d^n \quad (4a)$$

$$a = 0.43797 + 1.089 \cdot \log(T) \quad (4b)$$

$$n = -6.3887 \cdot 10^{-3} - 4.5420 \cdot 10^{-3} \cdot \log(T) \quad (4c)$$

Il cambiamento climatico potrebbe sia influenzare il parametro di scala, per la possibile presenza di trend (anche solo in virtù della riduzione del numero di eventi di precipitazione), sia il fattore di crescita, a causa della possibile maggiore variabilità indotta. Qualora ciò si verificasse, si tradurrebbe in un futuro aumento dell'intensità corrispondente ad un dato tempo di ritorno rispetto

¹⁰ <http://www.idrologia.polito.it/gndci/rapporti/cagliari.htm>



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



al valore corrente, ovvero una diminuzione del periodo di ritorno di una data intensità rispetto al T corrente: in altre parole, ciò comporterebbe una maggior frequenza degli eventi che già attualmente sono ritenuti estremi. Tale scenario appare fortemente critico rispetto ad un territorio, come quello italiano, già attualmente flagellato da eventi estremi, i cui devastanti effetti sono esasperati da una scarsa manutenzione del territorio e da un generale aumento delle superfici impervie legato ai processi di urbanizzazione e abbandono delle campagne (Trigila et al., 2018). Il processo di trasferimento dell'evento meteorico sul territorio, noto come trasformazione afflussi-deflussi, è altamente non lineare (Castellari et al., 2014) poiché influenzato da molteplici sottoprocessi, quali i meccanismi di infiltrazione ed evapotraspirazione, e da numerose variabili, come l'estensione e la conformazione morfologica del bacino idrografico e l'uso del suolo, e diversi modelli (speditivi, concettuali e/o fisicamente basati¹¹), sono attualmente adottati per la sua stima. Analogamente alle piogge, anche gli eventi alluvionali estremi possono essere indagati mediante l'approccio della "piena indice"; in altre parole, la portata al colmo di piena Q può essere espressa come prodotto tra un valor medio μ , funzione principalmente dell'estensione e delle caratteristiche geomorfologiche del bacino idrografico, e un fattore di crescita funzione del periodo di ritorno:

$$Q(T) = \mu(Q) \cdot k_T(T) \quad (5)$$

Tale metodologia è quella proposta dal GNDCI – VAPI per il territorio in esame (Cao et al., 1991); in particolare, le portate al colmo di piena risultano distribuite secondo il modello Two-Component Extreme Value, con parametri forniti dal Rapporto di Sintesi¹² per le due sottozone idrometriche omogenee; il territorio del Comune di Sassari rientra nella zona omogenea dei Bacini Occidentali, per la quale è disponibile la seguente legge speditiva per il calcolo del fattore di crescita:

$$k_T = -0.833 + 1.345 \cdot \ln(T) \quad (6)$$

¹¹ Per "speditivi" si intendono modelli di tipo black box basati su formule empiriche; per "concettuali" si intendono modelli basati su relazioni fisiche semplificate, per "fisicamente basati" si intendono modelli basati sulla risoluzione numerica delle equazioni che regolano i processi.

¹² <http://www.idrologia.polito.it/gndci/rapporti/cagliari.htm>



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

È da notare che, a parità di tempo di ritorno, i fattori di crescita delle piene non coincidono con quelli delle piogge: in altre parole, non è detto che l'evento meteorico di magnitudo massima nell'anno vada a generare l'evento di piena più gravoso per quello stesso anno. Ciò è appunto legato all'elevata non-linearità della trasformazione afflussi-deflussi (Viglione & Blöschl 2009). Ciò detto, le considerazioni a proposito dell'effetto dei cambiamenti climatici sul regime pluviometrico dell'area di interesse non possono essere traslate direttamente al regime delle piene. In tale contesto, è opportuno notare che, stanti le limitazioni legate alla mancata equivalenza tra i fattori di crescita delle piogge e delle piene, gli approcci probabilistici alla trasformazione afflussi-deflussi sono essenzialmente due (Figura 37).

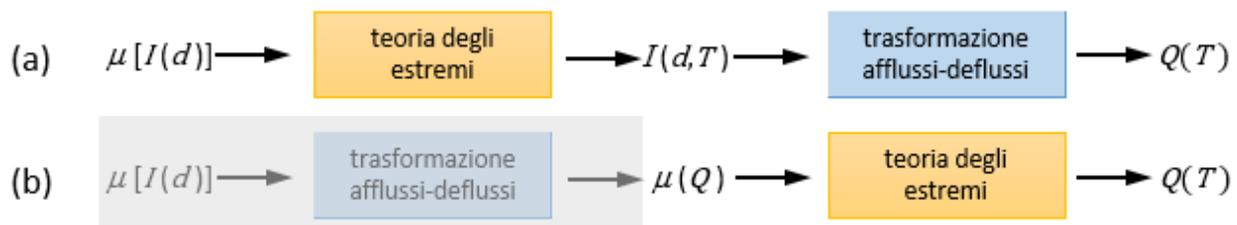


Figura 37: Approcci alla trasformazione afflussi-deflussi

La metodologia (a), definita della “pioggia di progetto”, è l’unica strada percorribile qualora non si abbiano informazioni, neanche regionalizzate, circa la distribuzione delle piene, ed è stata una tecnica ampiamente adottata in passato (Pilgrim & Cordery, 1993). La metodologia (b), più rigorosa, è applicabile solo qualora sia disponibile, per il sito in esame, un’analisi diretta (locale o regionale) dei dati idrometrici da cui ricavare i parametri della distribuzione delle piene; in tal senso, qualora i dati o le parametrizzazioni disponibili rendano possibile il calcolo diretto della piena media, la trasformazione afflussi-deflussi è un’operazione opzionale e non necessaria. Ad ogni modo, le analisi regionali del progetto VAPI suggeriscono che sia la pioggia media che la piena media sono principalmente funzione delle caratteristiche geo-morfologiche del bacino in esame, e dunque è lecito ritenere che le variazioni attese per la pioggia media inducano simili alterazioni nell’intensità e magnitudo della piena media, attesa la costanza dell’effetto “filtro” operato dal bacino sulla quale pure non è possibile inferire sulla sola base del Profilo Climatico Locale. In questo caso è possibile immaginare che l’aumento in frequenza delle piogge estreme si traduca in un aumento in frequenza delle piene estreme, o in altre parole in un aumento della



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



portata al colmo di piena per un predeterminato periodo di ritorno rispetto al valore corrente. È comunque da notare che proprio l'assunzione di una costanza dell'effetto "filtro" del bacino potrebbe risultare irrealistica per quei bacini le cui dinamiche di bilancio idrologico siano regolate, oltre che dalla precipitazione, anche dagli effetti geomorfologici e traspirativi in misura non trascurabile. In questi casi, una stima corretta del regime delle piene non può prescindere dalla valutazione dell'incidenza del cambiamento climatico sulle altre componenti del bilancio idrologico, e deve tenere necessariamente conto di variabili che, pur non essendo determinanti alla scala giornaliera, regolano il regime degli eventi estremi, quali ad esempio le caratteristiche geologiche/geotecniche del suolo, per una corretta interpretazione delle condizioni antecedenti le precipitazioni catastrofiche.

Analisi ed integrazioni del Profilo Climatico Locale

Il Profilo Climatico Locale del Comune di Sassari identifica i potenziali trend indotti dai cambiamenti climatici su alcuni rilevanti pattern atmosferici, con riferimento sia ai dati osservati nel periodo storico 1981-2010, sia alle proiezioni climatiche ottenute mediante approcci multi-modello/multi-scenario per un periodo futuro che si estende fino al 2100. Tali analisi sono limitate alla variabile rappresentativa della precipitazione giornaliera, comunque aggregata, e non forniscono indicazioni di dettaglio rispetto agli eventi estremi alla scala sub-giornaliera (MATTM, 2014). Tale limite è principalmente funzione, da una parte, dei dataset attualmente disponibili per i dati osservati sull'area, e, dall'altra, delle risoluzioni attualmente permesse dalle capacità di calcolo e dalle necessarie parametrizzazioni associate. Queste ultime, in particolare, consentono un'adeguata rappresentazione dei pattern atmosferici solo limitatamente alla scala giornaliera. Cionondimeno, le indicazioni tratte dal Profilo Climatico Locale e sintetizzate nel precedente paragrafo possono essere utili a descrivere qualitativamente uno scenario futuro, in cui, sulla base delle risultanze relative all'area del Comune di Sassari, è da attendersi un aumento dell'intensità di pioggia su base giornaliera, associata ad una diminuzione del numero annuo di giorni piovosi.

Al fine di meglio caratterizzare il regime pluvio-idrometrico dell'area in esame, si riportano in questo paragrafo alcune considerazioni derivanti dall'analisi della pluviometria della stazione di



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Sassari, basate su indicatori non utilizzati nel Profilo Climatico Locale e ritenuti di particolare interesse per una valutazione inerente il regime delle piene. In particolare, le Figure 38-43 mostrano l'analisi delle proiezioni fornite dagli EuroCORDEX, in termini di *ensemble mean* e range di variazione, per i due scenari di concentrazione RCP4.5 e RCP8.5 e per i tre orizzonti temporali 2011-2040 (breve termine), 2041-2070 (medio termine) e 2071-2100 (lungo termine) per i seguenti indicatori:

- R99p = numero di giorni all'anno in cui l'altezza di pioggia giornaliera supera il 99-simo percentile;
- R95p = numero di giorni all'anno in cui in cui l'altezza di pioggia giornaliera supera il 95-simo percentile;
- R50p = numero di giorni all'anno in cui in cui l'altezza di pioggia giornaliera supera il 50-simo percentile;
- R99pTOT = precipitazione cumulata sui giorni dell'anno in cui l'altezza di pioggia giornaliera supera il 99-simo percentile;
- R95pTOT = precipitazione cumulata sui giorni dell'anno in cui l'altezza di pioggia giornaliera supera il 95-simo percentile;
- R50pTOT = precipitazione cumulata sui giorni dell'anno in cui l'altezza di pioggia giornaliera supera il 50-simo percentile.

Per tutti gli indicatori, il percentile usato come soglia è calcolato con riferimento ai risultati delle simulazioni per il trentennio di riferimento (1981-2010). Tali indicatori sono stati scelti in quanto, stante l'effetto "filtro" operato dal bacino idrografico nell'ambito della trasformazione afflussi-deflussi, il regime delle piene è plausibilmente più sensibile a variazioni del regime delle precipitazioni estreme che a variazioni nelle piogge ordinarie, usualmente rappresentate dagli indicatori presi in considerazione nel Profilo Climatico Locale quali ad esempio i cumulati annui o il numero di giorni piovosi.

Per gli indicatori di precipitazione cumulata, si evidenzia un significativo trend di crescita per entrambi gli scenari di concentrazione, e con un *rate* di crescita maggiore per lo scenario RCP8.5 rispetto allo scenario RCP4.5. Per gli indicatori rappresentativi del numero di giorni piovosi, si evidenzia un significativo trend per entrambi gli scenari; tale trend indica una diminuzione per R50p, una costanza per R95p e un aumento per R99p. In definitiva, l'andamento di tali indicatori

[La cooperazione al cuore del Mediterraneo](#)
[La coopération au cœur de la Méditerranée](#)



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



suggerisce, come già ipotizzato dall'analisi del Profilo Climatico Locale, un inasprimento degli eventi meteorici estremi, con un sistematico aumento nella frequenza dei percentili stimati sulla base del clima corrente.

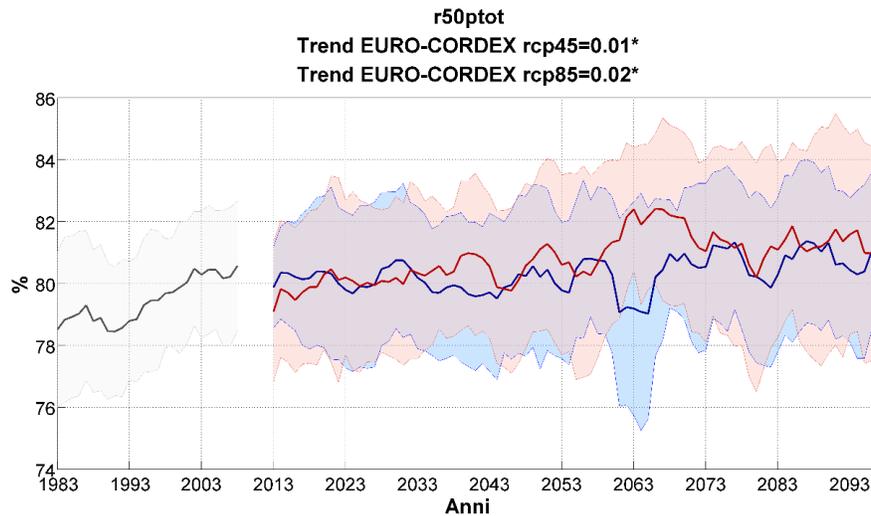


Figura 38: Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore R50PTOT, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). Le linee continue rappresentano la *ensemble mean*; le bande campite sono ottenute sommando e sottraendo la deviazione standard tra i vari modelli climatici considerati

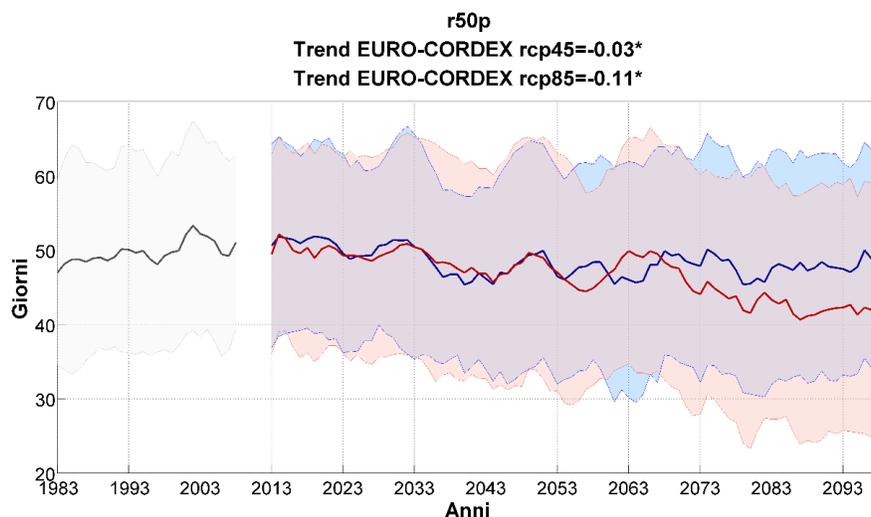


Figura 39: Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore R50P, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). Le linee continue rappresentano la *ensemble mean*; le bande campite sono ottenute sommando e sottraendo la deviazione standard tra i vari modelli climatici considerati



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

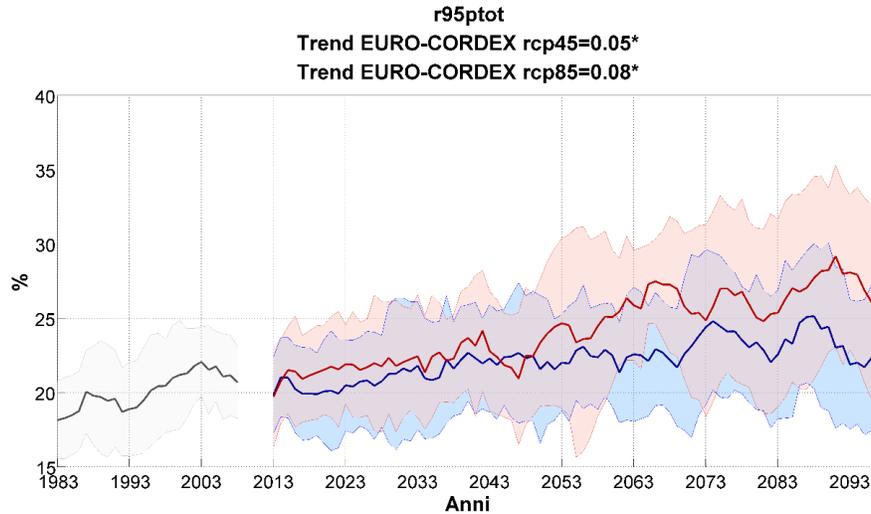


Figura 40: Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore R95PTOT, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). Le linee continue rappresentano la *ensemble mean*; le bande campite sono ottenute sommando e sottraendo la deviazione standard tra i vari modelli climatici considerati

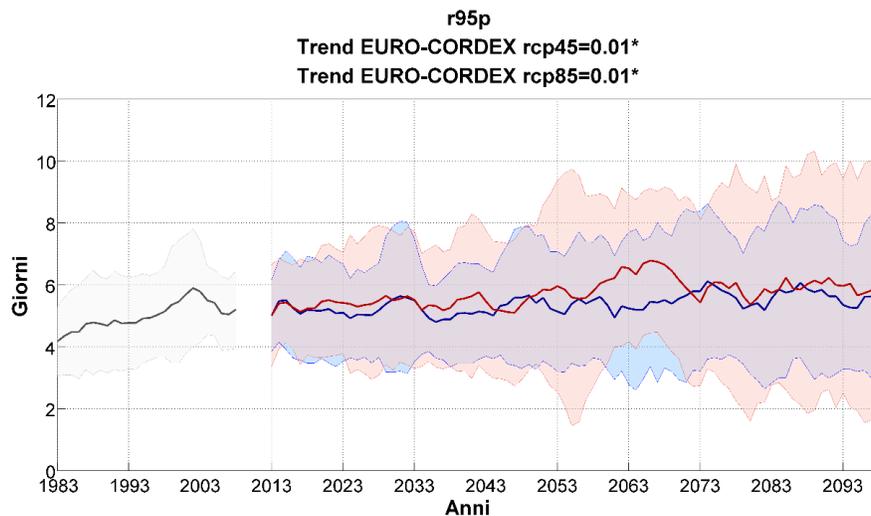


Figura 41: Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore R95P, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). Le linee continue rappresentano la *ensemble mean*; le bande campite sono ottenute sommando e sottraendo la deviazione standard tra i vari modelli climatici considerati



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

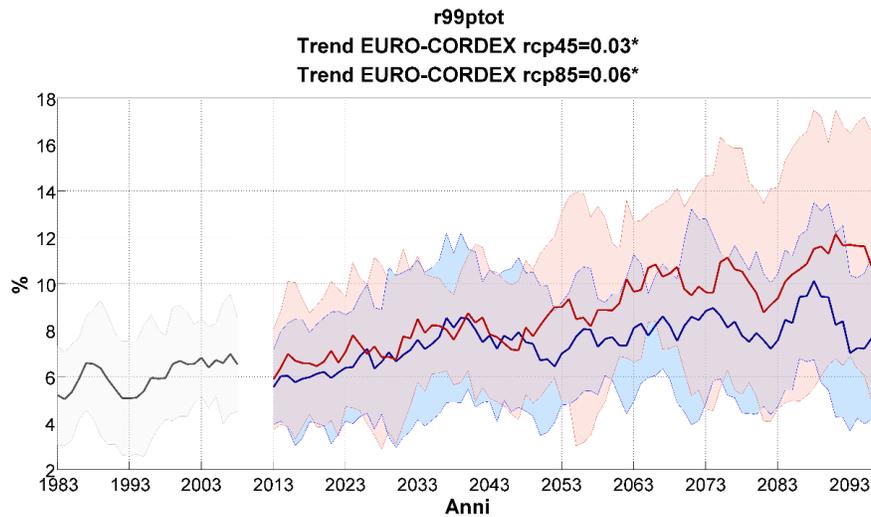


Figura 42: Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore R99PTOT, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). Le linee continue rappresentano la *ensemble mean*; le bande campite sono ottenute sommando e sottraendo la deviazione standard tra i vari modelli climatici considerati

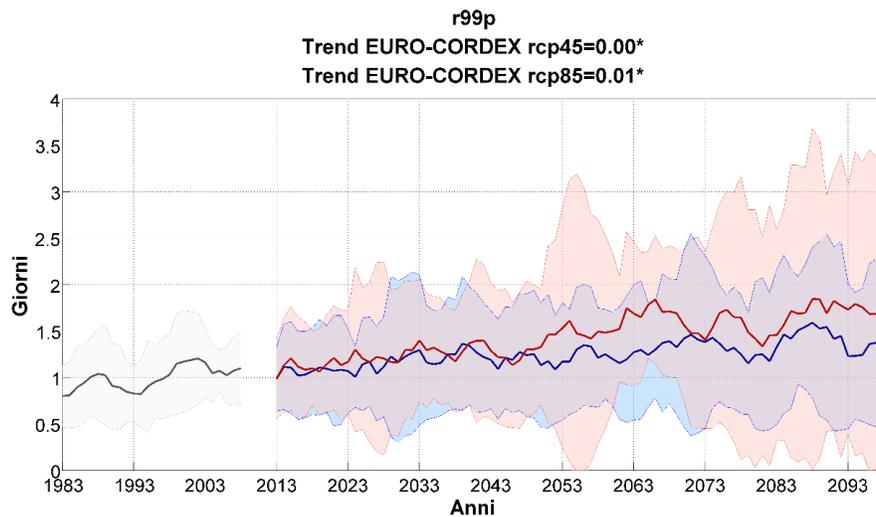


Figura 43: Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore R99P, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). Le linee continue rappresentano la *ensemble mean*; le bande campite sono ottenute sommando e sottraendo la deviazione standard tra i vari modelli climatici considerati



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Analisi dei dati C3S

Una ulteriore valutazione degli effetti del cambiamento climatico sul regime pluvio-idrometrico dell'area di interesse può essere effettuata mediante i servizi Copernicus. In particolare, la piattaforma Copernicus C3S¹³ (*Copernicus Climate Change Service*), nell'ambito del progetto SWICCA¹⁴ (*Service for Water Indicators in Climate Change Adaptation*), mette a disposizione il database georeferenziato *Water Quantity Indicators for Europe*. Tale database, declinato in un numero di variabili (tra cui *runoff*, *wetness*, *aridity*, *river flow*, *snow water equivalent* e *soil water content*) contiene i risultati delle simulazioni ottenute mediante diversi modelli idrologici (*Swedish Meteorological and Hydrological Institute E-HYPE*, *Wageningen University VIC model* e *Joint Research Center Lisflood models*) accoppiati a differenti modelli climatici per l'interpretazione del clima attuale (per il trentennio di riferimento 1971-2000) e delle sue future proiezioni (con riferimento agli stessi i tre orizzonti temporali definiti all'interno del Profilo Climatico Locale). Le risoluzioni spaziali e temporali dei risultati dipendono dalle caratteristiche degli specifici modelli adottati; per gli indicatori relativi a piogge e portate di piena le risoluzioni spaziali disponibili sono 0.5° (circa 60 km), 5 km e alla scala di bacino (215 km² in media), mentre la risoluzione temporale privilegiata è quella giornaliera. Per ogni modello climatico, i risultati disponibili sono rappresentati in termini di *ensemble mean* rispetto agli *n* modelli, e corredati da una misura dell'incertezza associata, in termini di deviazione standard e di estremi superiori e inferiori del *range* di variazione.

Nell'ambito della piattaforma C3S, l'area oggetto di studio si sovrappone a due bacini di riferimento, mostrati in Figura 44, che verranno nel seguito denominati "Alto Riu Mannu" e "Basso Riu Mannu". Con riferimento a tali bacini, la piattaforma è stata utilizzata per acquisire dati relativi ai seguenti indicatori:

- *Intensità di pioggia – Durata (Precipitation Intensity – Duration)*
- *Ricorrenza di inondazione (Flood Recurrence)*.

¹³ <https://climate.copernicus.eu/>

¹⁴ <http://swicca.eu/>



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Figura 44: Bacini di riferimento (in verde) per il Comune di Sassari nell'ambito di SWICCA¹⁵: Alto Riu Mannu (a sinistra) e Basso Riu Mannu (a destra). Si evidenzia in giallo come l'Alto Riu Mannu costituisca il bacino di monte rispetto al Basso Riu Mannu per la valutazione del regime delle piene

Intensità di precipitazione – Durata (*Precipitation Intensity – Duration*)

Tale indicatore fornisce i valori di intensità di pioggia (da cui è immediatamente ricavabile l'altezza di pioggia) per durate significative (1, 2, 3, 6, 12 e 24 ore) per alcuni periodi di ritorno predefiniti (10, 50 e 100 anni). Tali valori sono forniti dalla piattaforma con una risoluzione pari a circa 12 km (corrispondente alla risoluzione dei modelli climatici EuroCORDEX), di cui si è analizzata una cella rappresentativa per ognuno dei bacini di riferimento. I valori sono ricavati dall'applicazione dei modelli climatici compresi nell'*ensemble* EuroCORDEX illustrati in Tabella 23, con riferimento agli scenari di concentrazione RCP4.5 e RCP8.5 e ai tre orizzonti temporali 2011-2040 (breve termine), 2041-2070 (medio termine) e 2071-2100 (lungo termine). Per ognuno dei modelli è disponibile anche una simulazione sul periodo di riferimento 1971-2000, di cui i risultati sono illustrati in valore assoluto; per gli orizzonti temporali di proiezione, invece, i risultati sono illustrati come variazione percentuale rispetto al valore ricavato per il periodo di riferimento.

Le Figure 45-46 mostrano, per il bacino Alto Riu Mannu, le curve Altezza (Intensità) di pioggia – Durata per il periodo di riferimento 1971-2000, mentre le Figure 47-52 mostrano le variazioni attese per i tre orizzonti temporali futuri e i due scenari di concentrazione. Analogamente, le

¹⁵ <http://swicca.eu/climate-impacts-maps/>



Figure 53-60 mostrano gli stessi risultati per il bacino Basso Riu Mannu. Le Tabelle 24-30 illustrano infine i valori significativi delle analisi operate dalla piattaforma C3S.

Tabella 23: Modelli climatici per l'indicatore di precipitazione (C3S)

Model input/forcing				
RCP	GCM	RCM	Period	Member Name
4.5	EC-EARTH	RCA4	1970-2100	ICHEC-EC-EARTH_rcp45
	CNRM-C5	RCA5	1970-2100	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5_rcp45
	HadGEM2-ES	RCA6	1970-2100	MOHC-HadGEM2-ES_rcp45
	MPI-ESM-LR	RCA7	1970-2100	MPI-M-MPI-ESM-LR_rcp45
	IPSL-CM5A-MR	RCA8	1970-2100	IPSL-IPSL-CM5A-MR_rcp45
8.5	CNRM-C5	RCA9	1970-2100	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5_rcp85
	HadGEM2-ES	RCA10	1970-2100	MOHC-HadGEM2-ES_rcp85
	MPI-ESM-LR	RCA11	1970-2100	MPI-M-MPI-ESM-LR_rcp85
	IPSL-CM5A-MR	RCA12	1970-2100	IPSL-IPSL-CM5A-MR_rcp85

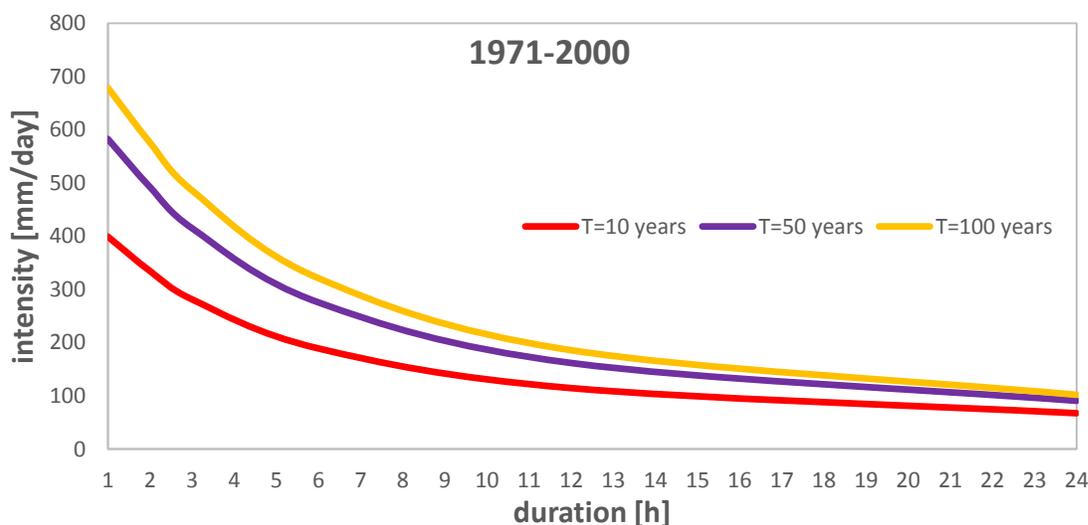


Figura 45: Curve Intensità di pioggia – Durata per tre diversi tempi di ritorno per il trentennio di riferimento (Alto Riu Mannu)

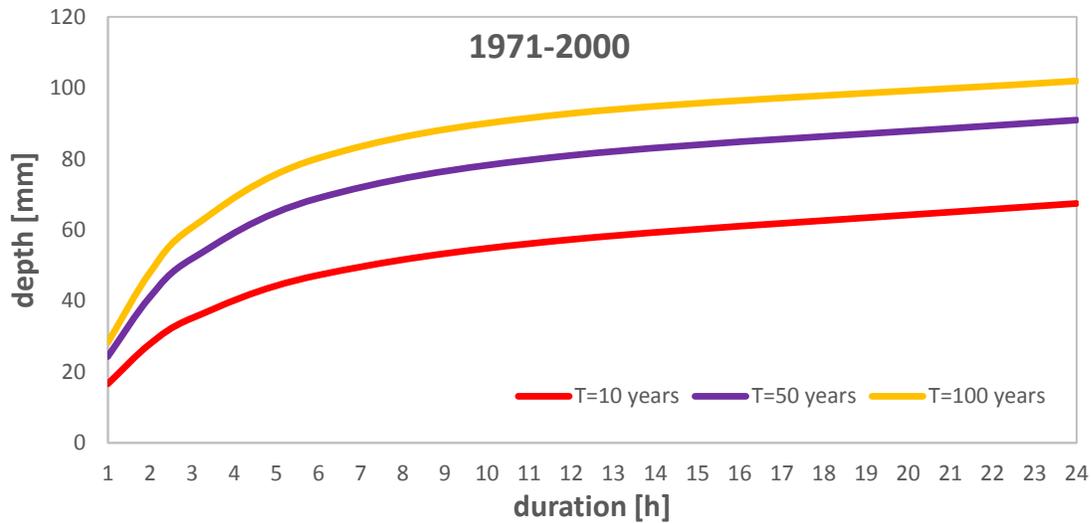


Figura 46: Curve Altezza di pioggia – Durata per tre diversi tempi di ritorno per il trentennio di riferimento (Alto Riu Mannu)

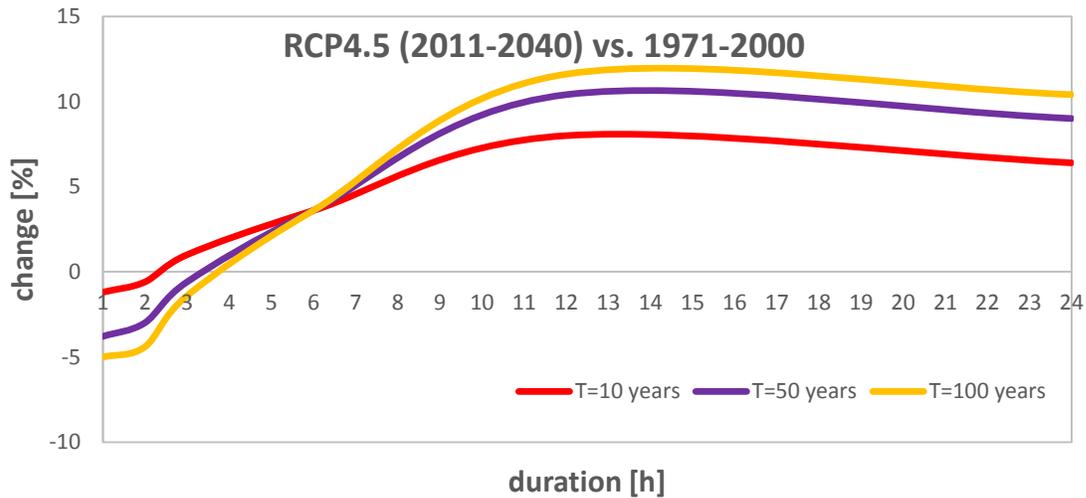


Figura 47: Proiezione a breve termine dell'anomalia percentuale della pioggia (ensemble mean) per tre diversi tempi di ritorno nello scenario RCP4.5 (Alto Riu Mannu)

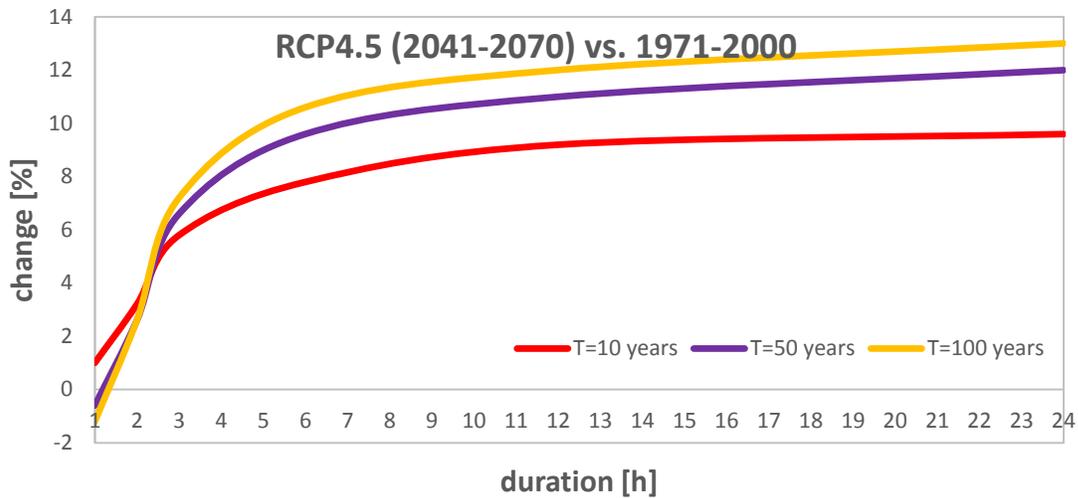


Figura 48: Proiezione a medio termine dell'anomalia percentuale della pioggia (ensemble mean) per tre diversi tempi di ritorno nello scenario RCP4.5 (Alto Riu Mannu)

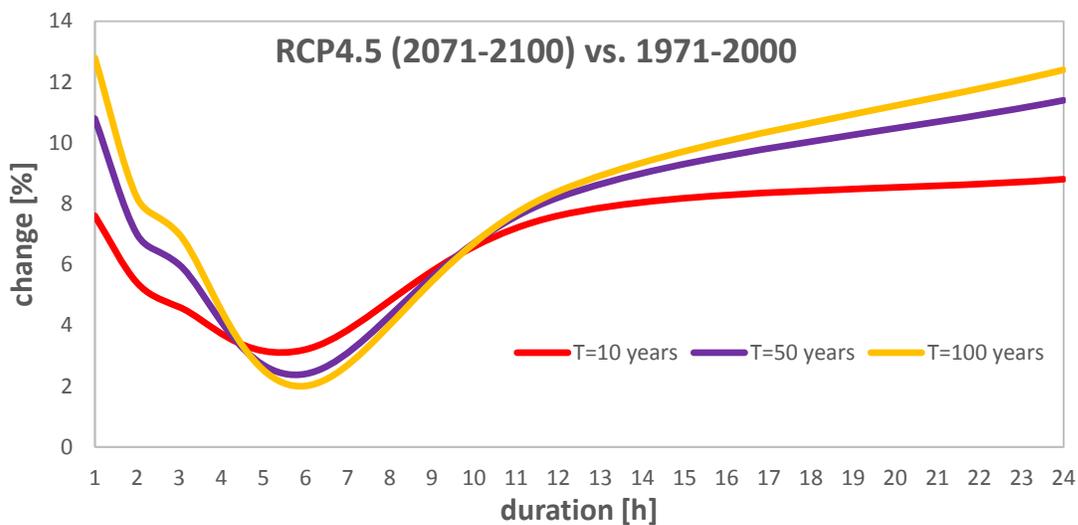


Figura 49: Proiezione a lungo termine dell'anomalia percentuale della pioggia (ensemble mean) per tre diversi tempi di ritorno nello scenario RCP4.5 (Alto Riu Mannu)

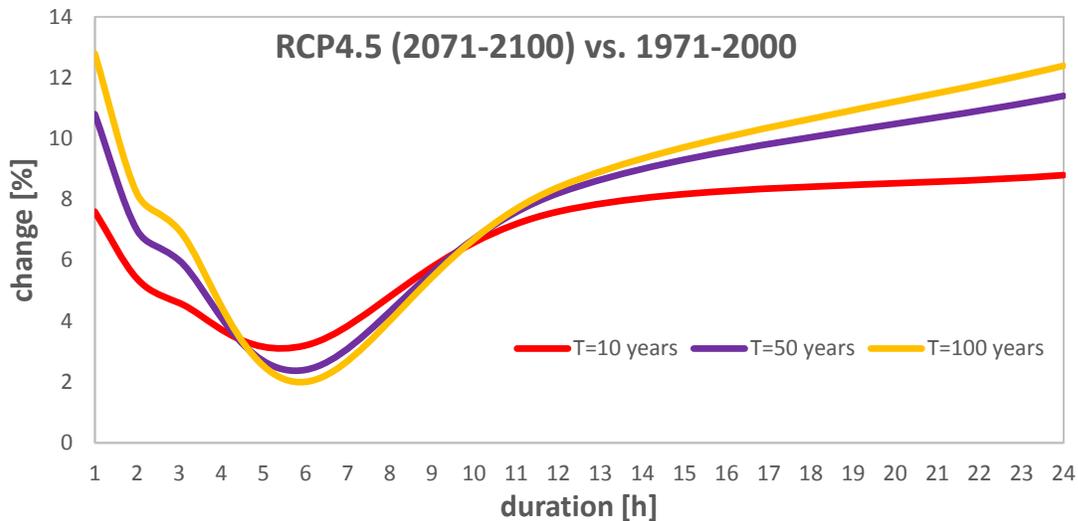


Figura 50: Proiezione a breve termine dell'anomalia percentuale della pioggia (ensemble mean) per tre diversi tempi di ritorno nello scenario RCP8.5 (Alto Riu Mannu)

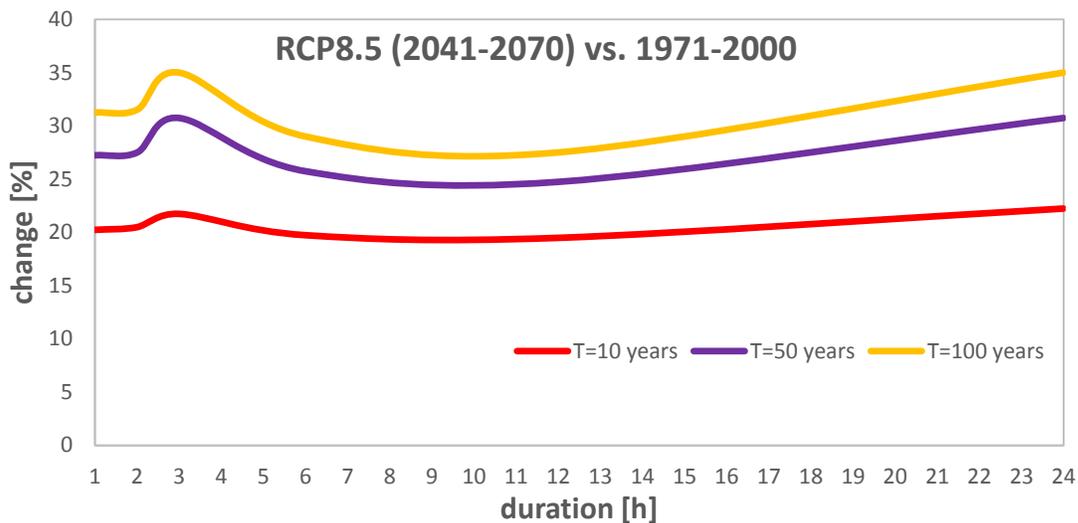


Figura 51: Proiezione a medio termine dell'anomalia percentuale della pioggia (ensemble mean) per tre diversi tempi di ritorno nello scenario RCP8.5 (Alto Riu Mannu)

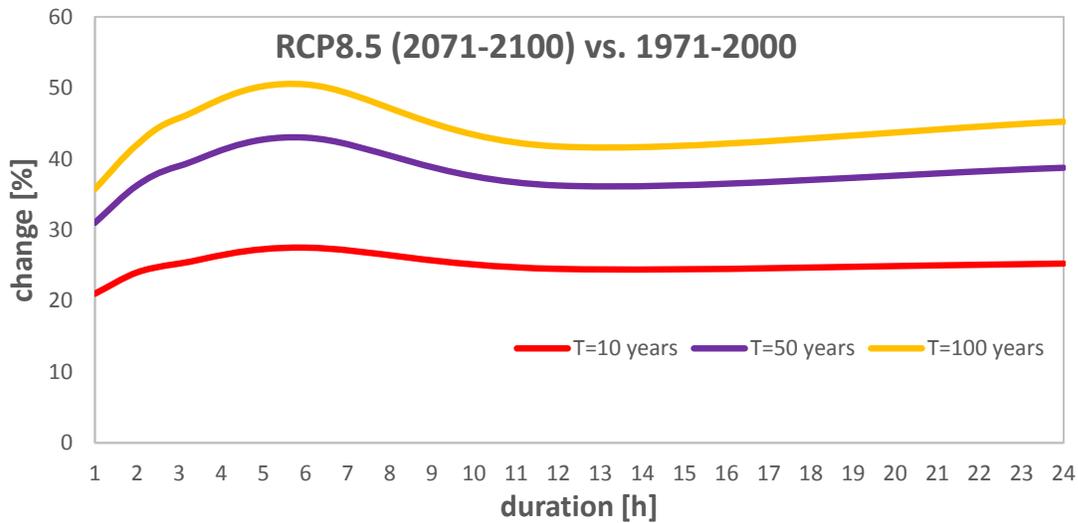


Figura 52: Proiezione a lungo termine dell'anomalia percentuale della pioggia (ensemble mean) per tre diversi tempi di ritorno nello scenario RCP8.5 (Alto Riu Mannu)

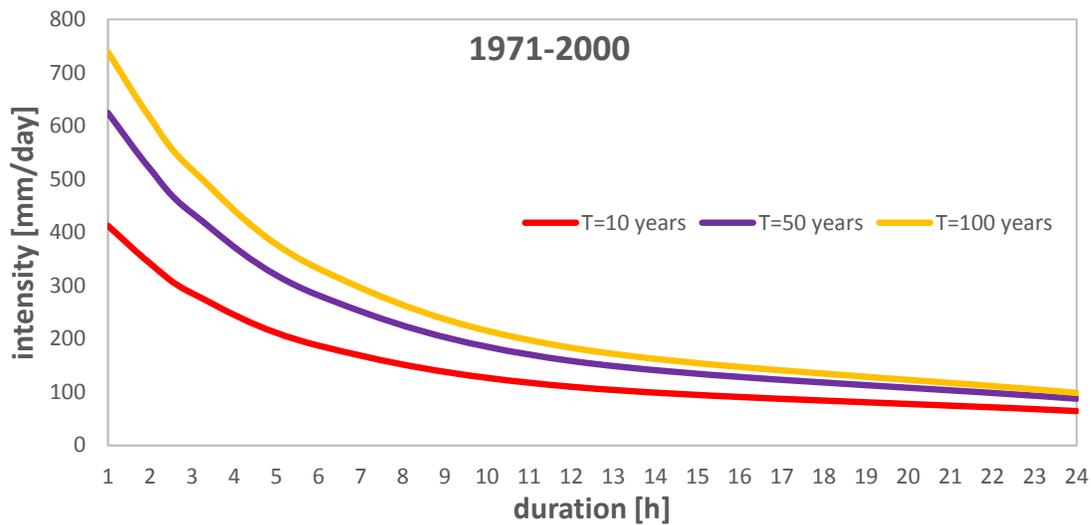


Figura 53: Curve Intensità di pioggia – Durata per tre diversi tempi di ritorno per il trentennio di riferimento (Basso Riu Mannu)

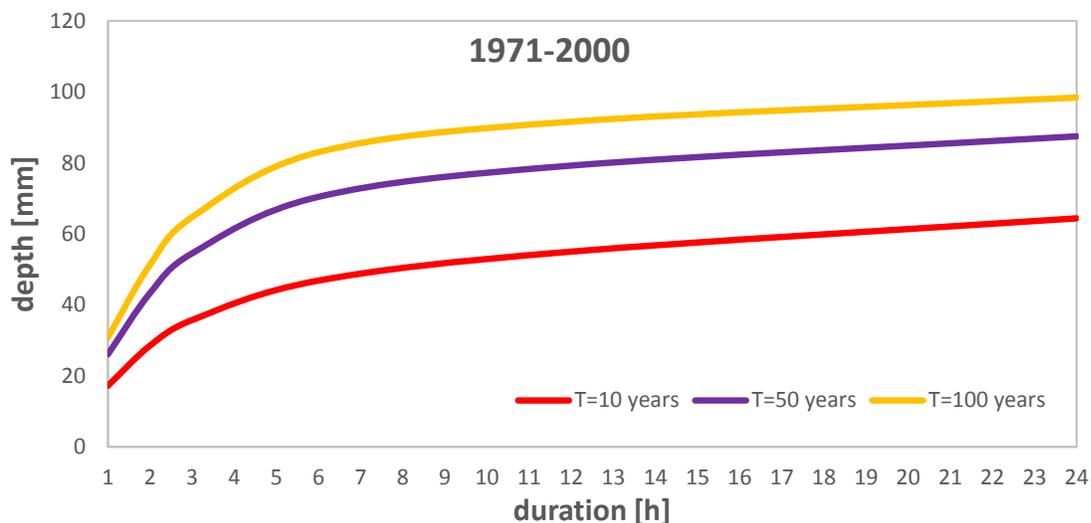


Figura 54: Curve Altezza di pioggia – Durata per tre diversi tempi di ritorno per il trentennio di riferimento (Basso Riu Mannu)

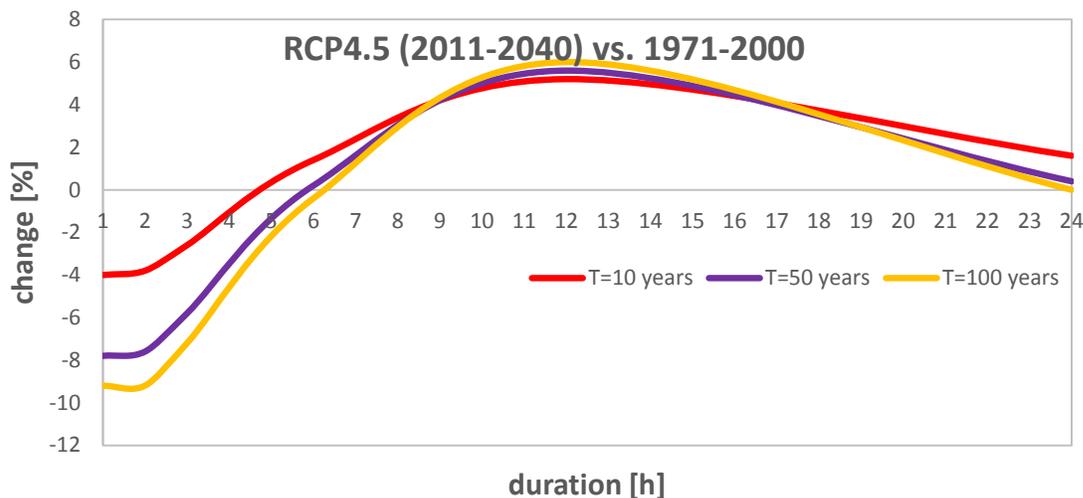


Figura 55: Proiezione a breve termine dell'anomalia percentuale della pioggia (ensemble mean) per tre diversi tempi di ritorno nello scenario RCP4.5 (Basso Riu Mannu)

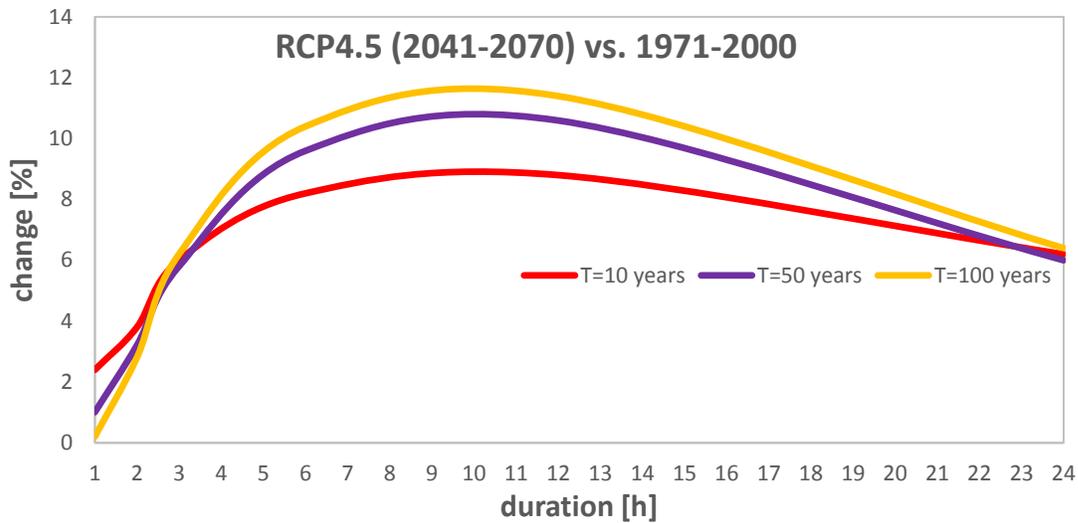


Figura 56: Proiezione a medio termine dell'anomalia percentuale della pioggia (ensemble mean) per tre diversi tempi di ritorno nello scenario RCP4.5 (Basso Riu Mannu)

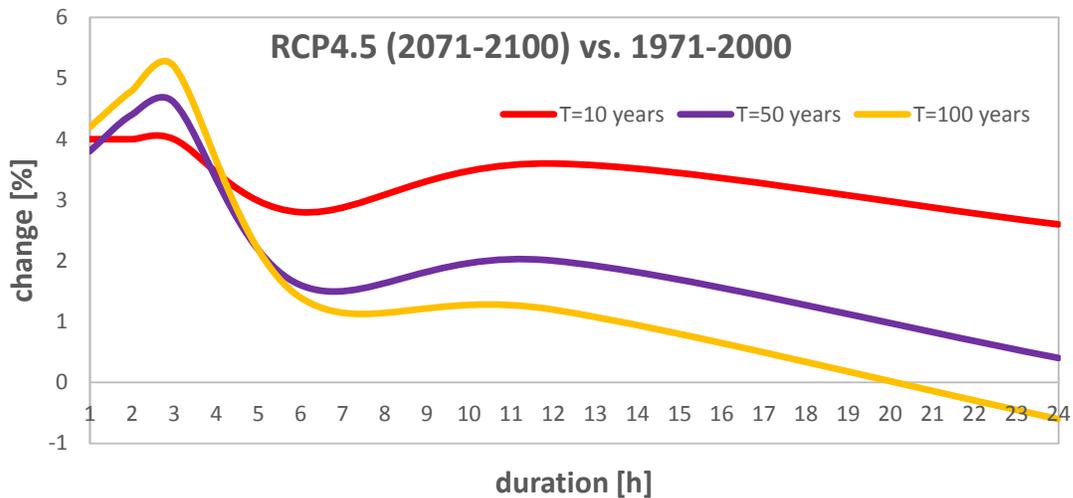


Figura 57: Proiezione a lungo termine dell'anomalia percentuale della pioggia (ensemble mean) per tre diversi tempi di ritorno nello scenario RCP4.5 (Basso Riu Mannu)



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

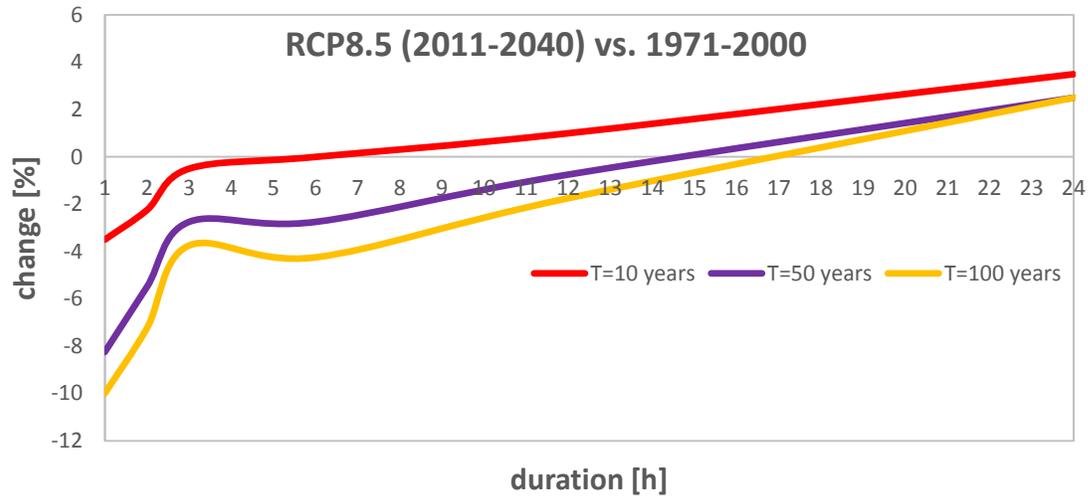


Figura 58: Proiezione a breve termine dell'anomalia percentuale della pioggia (ensemble mean) per tre diversi tempi di ritorno nello scenario RCP8.5 (Basso Riu Mannu)

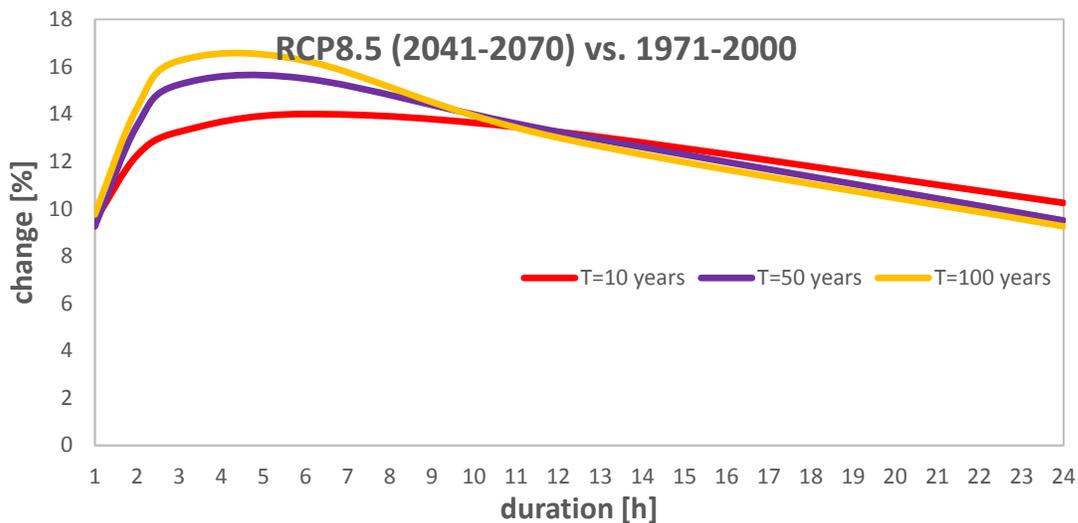


Figura 59: Proiezione a medio termine dell'anomalia percentuale della pioggia (ensemble mean) per tre diversi tempi di ritorno nello scenario RCP8.5 (Basso Riu Mannu)

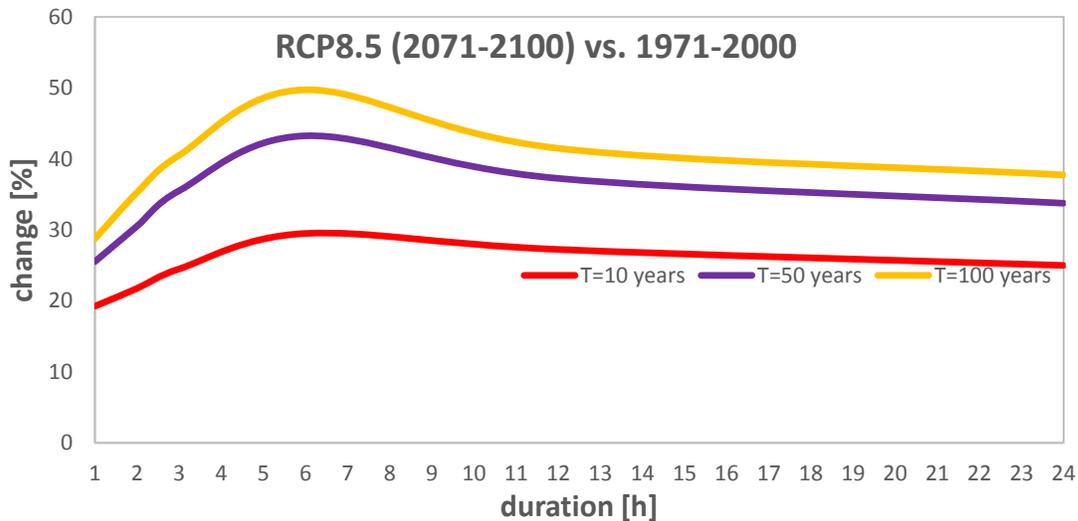


Figura 60: Proiezione a lungo termine dell'anomalia percentuale della pioggia (ensemble mean) per tre diversi tempi di ritorno nello scenario RCP8.5 (Basso Riu Mannu)

Tabella 24. Risultati dell'applicazione dei modelli climatici (Alto Riu Mannu) per il trentennio di riferimento

		Reference period (1971-2000)				
		1h	2h	3h	6h	12h
		[mm/day]	[mm/day]	[mm/day]	[mm/day]	[mm/day]
T=10	average change	399,0	334,4	281,2	189,0	114,6
	standard deviation of change	60,4	50,3	40,3	23,4	9,4
	maximum change	473,1	394,0	326,3	205,7	120,7
	minimum change	292,7	243,7	206,4	143,2	95,8
T=50	average change	582,7	492,4	415,0	275,7	161,9
	standard deviation of change	106,3	90,6	72,8	42,0	14,9
	maximum change	694,9	586,6	485,2	312,0	172,8
	minimum change	395,0	327,4	278,8	193,7	132,4
T=100	average change	678,7	575,7	485,8	320,9	185,7
	standard deviation of change	133,7	114,7	92,3	53,3	18,1
	maximum change	810,7	688,7	569,4	371,4	200,2
	minimum change	443,5	367,0	313,2	217,7	150,2



Tabella 25. Proiezioni a breve/medio/lungo termine per l'indicatore di pioggia (Alto Riu Mannu) per T = 10 anni

Projection		Change 2011-2040				
		1h	2h	3h	6h	12h
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
RCP45	average change	-1	0	1	2	0
	standard deviation of change	4	4	4	4	4
	n=5 maximum change	5	5	5	5	5
	minimum change	-7	-7	-7	-7	-7
RCP85	average change	3	-4	-5	-4	-3
	standard deviation of change	18	18	18	18	18
	n=4 maximum change	29	29	29	29	29
	minimum change	-10	-10	-10	-10	-10

Projection		Change 2041-2070				
		1h	2h	3h	6h	12h
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
RCP45	average change	1	5	5	6	7
	standard deviation of change	12	12	12	12	12
	n=5 maximum change	14	14	14	14	14
	minimum change	-12	-12	-12	-12	-12
RCP85	average change	20	-1	-1	1	4
	standard deviation of change	23	23	23	23	23
	n=4 maximum change	50	50	50	50	50
	minimum change	-2	-2	-2	-2	-2

Projection		Change 2071-2100				
		1h	2h	3h	6h	12h
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
RCP45	average change	8	9	10	12	12
	standard deviation of change	24	24	24	24	24
	n=5 maximum change	44	44	44	44	44
	minimum change	-15	-15	-15	-15	-15
RCP85	average change	21	10	10	10	11
	standard deviation of change	14	14	14	14	14
	n=4 maximum change	39	39	39	39	39
	minimum change	7	7	7	7	7



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Tabella 26. Proiezioni a breve/medio/lungo termine per l'indicatore di pioggia (Alto Riu Mannu) per T = 50 anni

Projection		Change 2011-2040				
		1h	2h	3h	6h	12h
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
RCP45 n=5	average change	-4	-2	0	1	-1
	standard deviation of change	7	7	7	7	7
	maximum change	7	7	7	7	7
	minimum change	-11	-11	-11	-11	-11
RCP85 n=4	average change	2	-5	-7	-6	-5
	standard deviation of change	25	25	25	25	25
	maximum change	39	39	39	39	39
	minimum change	-15	-15	-15	-15	-15

Projection		Change 2041-2070				
		1h	2h	3h	6h	12h
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
RCP45 n=5	average change	-1	4	5	5	6
	standard deviation of change	16	16	16	16	16
	maximum change	18	18	18	18	18
	minimum change	-20	-20	-20	-20	-20
RCP85 n=4	average change	27	-4	-4	-1	2
	standard deviation of change	38	38	38	38	38
	maximum change	75	75	75	75	75
	minimum change	-7	-7	-7	-7	-7

Projection		Change 2071-2100				
		1h	2h	3h	6h	12h
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
RCP45 n=5	average change	11	13	15	16	15
	standard deviation of change	38	38	38	38	38
	maximum change	71	71	71	71	71
	minimum change	-25	-25	-25	-25	-25
RCP85 n=4	average change	31	15	16	14	15
	standard deviation of change	25	25	25	25	25
	maximum change	61	61	61	61	61
	minimum change	3	3	3	3	3



Tabella 27. Proiezioni a breve/medio/lungo termine per l'indicatore di pioggia (Alto Riu Mannu) per T = 100 anni

Projection		Change 2011-2040				
		1h	2h	3h	6h	12h
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
RCP45 n=5	average change	-5	-2	0	1	-2
	standard deviation of change	8	8	8	8	8
	maximum change	8	8	8	8	8
	minimum change	-13	-13	-13	-13	-13
RCP85 n=4	average change	2	-6	-8	-6	-5
	standard deviation of change	28	28	28	28	28
	maximum change	44	44	44	44	44
	minimum change	-17	-17	-17	-17	-17

Projection		Change 2041-2070				
		1h	2h	3h	6h	12h
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
RCP45 n=5	average change	-1	4	4	4	5
	standard deviation of change	18	18	18	18	18
	maximum change	20	20	20	20	20
	minimum change	-23	-23	-23	-23	-23
RCP85 n=4	average change	31	-5	-5	-2	1
	standard deviation of change	45	45	45	45	45
	maximum change	88	88	88	88	88
	minimum change	-9	-9	-9	-9	-9

Projection		Change 2071-2100				
		1h	2h	3h	6h	12h
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
RCP45 n=5	average change	13	15	17	18	16
	standard deviation of change	44	44	44	44	44
	maximum change	84	84	84	84	84
	minimum change	-28	-28	-28	-28	-28
RCP85 n=4	average change	36	17	18	16	17
	standard deviation of change	30	30	30	30	30
	maximum change	71	71	71	71	71
	minimum change	1	1	1	1	1



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Tabella 28. Proiezioni a breve/medio/lungo termine per l'indicatore di pioggia (Basso Riu Mannu) per T = 10 anni

Projection		Change 2011-2040				
		1h [%]	2h [%]	3h [%]	6h [%]	12h [%]
RCP45	average change	-4	-5	-3	0	3
	standard deviation of change	8	8	8	8	8
	n=5 maximum change	6	6	6	6	6
	minimum change	-13	-13	-13	-13	-13
RCP85	average change	-4	-2	-2	-3	-3
	standard deviation of change	8	8	8	8	8
	n=4 maximum change	5	5	5	5	5
	minimum change	-15	-15	-15	-15	-15

Projection		Change 2041-2070				
		1h [%]	2h [%]	3h [%]	6h [%]	12h [%]
RCP45	average change	2	1	2	5	8
	standard deviation of change	13	13	13	13	13
	n=5 maximum change	21	21	21	21	21
	minimum change	-16	-16	-16	-16	-16
RCP85	average change	10	-1	-1	1	2
	standard deviation of change	18	18	18	18	18
	n=4 maximum change	32	32	32	32	32
	minimum change	-7	-7	-7	-7	-7

Projection		Change 2071-2100				
		1h [%]	2h [%]	3h [%]	6h [%]	12h [%]
RCP45	average change	4	12	14	17	18
	standard deviation of change	24	24	24	24	24
	n=5 maximum change	45	45	45	45	45
	minimum change	-14	-14	-14	-14	-14
RCP85	average change	19	8	9	10	10
	standard deviation of change	21	21	21	21	21
	n=4 maximum change	42	42	42	42	42
	minimum change	-6	-6	-6	-6	-6

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Tabella 29. Proiezioni a breve/medio/lungo termine per l'indicatore di pioggia (Basso Riu Mannu) per T = 50 anni

Projection		Change 2011-2040				
		1h	2h	3h	6h	12h
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
RCP45	average change	-8	-10	-7	-3	3
	standard deviation of change	12	12	12	12	12
	n=5 maximum change	6	6	6	6	6
	minimum change	-21	-21	-21	-21	-21
RCP85	average change	-8	-4	-5	-6	-5
	standard deviation of change	13	13	13	13	13
	n=4 maximum change	5	5	5	5	5
	minimum change	-26	-26	-26	-26	-26

Projection		Change 2041-2070				
		1h	2h	3h	6h	12h
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
RCP45	average change	1	-2	-2	3	7
	standard deviation of change	19	19	19	19	19
	n=5 maximum change	30	30	30	30	30
	minimum change	-24	-24	-24	-24	-24
RCP85	average change	9	-4	-3	-1	0
	standard deviation of change	28	28	28	28	28
	n=4 maximum change	43	43	43	43	43
	minimum change	-17	-17	-17	-17	-17

Projection		Change 2071-2100				
		1h	2h	3h	6h	12h
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
RCP45	average change	4	15	17	22	23
	standard deviation of change	36	36	36	36	36
	n=5 maximum change	64	64	64	64	64
	minimum change	-21	-21	-21	-21	-21
RCP85	average change	26	12	13	13	12
	standard deviation of change	36	36	36	36	36
	n=4 maximum change	65	65	65	65	65
	minimum change	-17	-17	-17	-17	-17



Tabella 30. Proiezioni a breve/medio/lungo termine per l'indicatore di pioggia (Basso Riu Mannu) per T = 100 anni

Projection		Change 2011-2040				
		1h	2h	3h	6h	12h
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
RCP45 n=5	average change	-9	-13	-9	-4	3
	standard deviation of change	14	14	14	14	14
	maximum change	6	6	6	6	6
	minimum change	-24	-24	-24	-24	-24
RCP85 n=4	average change	-10	-5	-5	-7	-6
	standard deviation of change	15	15	15	15	15
	maximum change	5	5	5	5	5
	minimum change	-30	-30	-30	-30	-30

Projection		Change 2041-2070				
relative to baseline		1h	2h	3h	6h	12h
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
RCP45 n=5	average change	0	-3	-3	2	6
	standard deviation of change	22	22	22	22	22
	maximum change	34	34	34	34	34
	minimum change	-28	-28	-28	-28	-28
RCP85 n=4	average change	10	-5	-4	-2	-1
	standard deviation of change	32	32	32	32	32
	maximum change	49	49	49	49	49
	minimum change	-21	-21	-21	-21	-21

Projection		Change 2071-2100				
		1h	2h	3h	6h	12h
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
RCP45 n=5	average change	4	16	19	24	25
	standard deviation of change	42	42	42	42	42
	maximum change	74	74	74	74	74
	minimum change	-24	-24	-24	-24	-24
RCP85 n=4	average change	29	14	15	14	13
	standard deviation of change	43	43	43	43	43
	maximum change	76	76	76	76	76
	minimum change	-22	-22	-22	-22	-22



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Ciò che appare evidente è che, **per ogni combinazione scenario/orizzonte temporale, il cambiamento climatico comporta una variazione positiva dell'indicatore di pioggia, ovvero, in altre parole, un aumento dei valori di altezza/intensità a parità di periodo di ritorno rispetto alla condizione climatica corrente, e, parallelamente, una diminuzione dei tempi di ritorno a parità di pioggia.**

Ciò conferma quanto già ipotizzato a partire dall'analisi del Profilo Climatico Locale, ovvero una estremizzazione degli eventi meteorici, con un numero inferiore di eventi piovosi di maggiore intensità. Per entrambi i bacini, l'aumento dell'indicatore di pioggia cresce al crescere del periodo di ritorno, ma in maniera diseguale per le diverse durate, raggiungendo valori comunque maggiori nello scenario RCP8.5 rispetto allo scenario RCP4.5, come era lecito aspettarsi.

L'indicatore di pioggia analizzato rappresenta, a tutti gli effetti, una legge di pioggia per il bacino in esame; in particolare, i valori stimati sul periodo di riferimento rappresentano la legge di pioggia corrente, mentre i valori disponibili sul periodo futuro ne rappresentano la variazione percentuale. Naturalmente, le incertezze usualmente associate ai modelli climatici fanno sì che la legge di pioggia stimata sul periodo di riferimento presenti differenze (*bias*) rispetto ad una equivalente legge calibrata sulla base di osservazioni. Per il territorio in esame, tale legge è fornita, in mancanza di dati misurati direttamente *in situ*, nell'ambito del progetto VAPI (Cao et al., 1991); la sua comparazione con la legge di pioggia fornita dai modelli in Tabella 23 in termini di *ensemble mean* e rappresentata in Figura 46 e Figura 54 (Alto/Basso Riu Mannu rispettivamente), è necessaria per la corretta quantificazione di tale *bias*.

Per ricavare la legge di pioggia per ognuno dei due bacini di riferimento si è adottata la seguente procedura:

1. Dalle stesse osservazioni di pioggia giornaliera utilizzate per la redazione del Profilo Climatico Locale, relative all'arco temporale 1981-2010, è stata ricavata l'altezza media di pioggia giornaliera $h(\text{daily})$ come media campionaria dei dati;
2. Applicando l'Equazione (3) è stata ricavata la media $\mu[h(d)]$ delle altezze di pioggia per varie durate d ;
3. I fattori di crescita k_T sono stati calcolati applicando l'Equazione (4a), all'interno della quale i parametri a e b sono stati calcolati mediante le Equazioni (4b) e (4c) per gli stessi tre tempi di ritorno considerati nella piattaforma C3S (10, 50 e 100 anni);



4. Per ciascuno di tali tre tempi di ritorno, la legge pioggia – durata è stata ottenuta moltiplicando il fattore di crescita per l'altezza media di pioggia per ognuna delle durate considerate (da 1 a 24 ore, con passo di 1 ora).

Il confronto, mostrato in Figura 61 e Figura 62, evidenzia che in termini di *ensemble mean* i modelli climatici interpretano mediamente bene la distribuzione in probabilità della pioggia, con uno scarto sistematico che può essere ricondotto proprio al *bias*, ovvero all'impossibilità dei modelli di riprodurre correttamente la pioggia indice, che risulta sottostimata per tutti i tempi di ritorno per entrambi i bacini di interesse. Similmente, si rileva una differenza, seppur non grave, tra le curve rappresentative dei risultati del modello riferite ai due bacini. Il *bias* risulta infine aumentare progressivamente al crescere del tempo di ritorno e della durata della pioggia. Complessivamente, l'accordo migliore risulta quello relativo ad un tempo di ritorno di 10 anni.

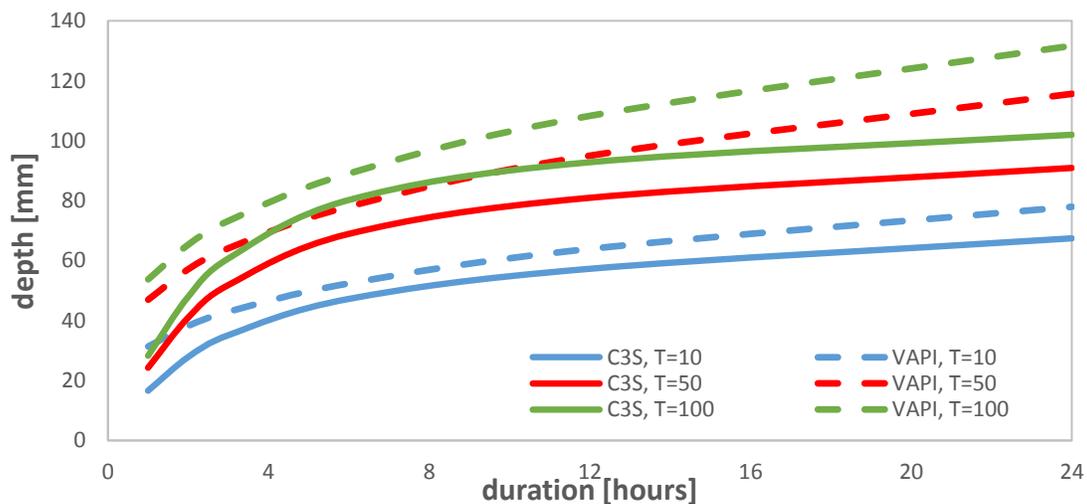


Figura 61: Curva altezza di pioggia - durata per i tempi di ritorno 10, 20 e 100 anni (accoppiamento VAPI – osservazioni 1981-2010 vs. ensemble mean 1971-2000) (Alto Riu Mannu)



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

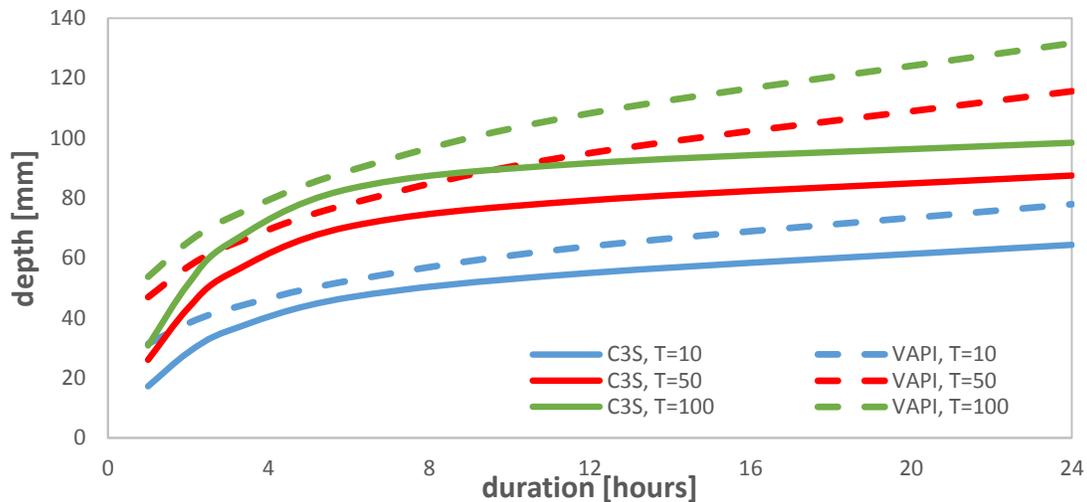


Figura 62: Curva altezza di pioggia - durata per i tempi di ritorno 10, 20 e 100 anni (accoppiamento VAPI – osservazioni 1981-2010 vs. ensemble mean 1971-2000) (Basso Riu Mannu)

Flood Recurrence

Tale indicatore fornisce i valori del massimo annuale di portata giornaliera per alcuni periodi di ritorno significativi (2, 5, 10, 50 e 100 anni). Tali valori sono ricavati dall'applicazione del modello idrologico *E-HYPE 2.1* a scala di bacino sulla base delle variabili atmosferiche fornite di modelli climatici indicati in Tabella 23 con riferimento agli scenari di concentrazione RCP4.5 e RCP8.5 e ai tre orizzonti temporali 2011-2040 (breve termine), 2041-2070 (medio termine) e 2071-2100 (lungo termine). Il modello idrologico fornisce i valori giornalieri della portata transitante attraverso la sezione di chiusura del bacino, i cui massimi annuali vengono quindi interpretati mediante la distribuzione di probabilità degli estremi di Gumbel per estrarre i percentili significativi.

Le Figure 63-64 mostrano, per i bacini Alto e Basso Riu Mannu, la curva rappresentativa della distribuzione di probabilità dei massimi annuali di portata giornaliera; dal confronto emerge, come era lecito aspettarsi, che le portate per il bacino di valle sono maggiori di quelle del bacino di monte, attesa la maggiore superficie sottesa alla sezione di chiusura di riferimento. Le Figure 64-74 mostrano, per entrambi i bacini, le relative variazioni percentuali per i tre orizzonti temporali futuri e i due scenari di concentrazione. Le Tabelle 32-39 illustrano i valori significativi delle analisi operate dalla piattaforma C3S.



Tabella 31. Modelli climatici per l'indicatore di piena (C3S)

RCP	Model input/forcing		Period
	GCM	RCM	
4.5	EC-EARTH	RCA4	1970-2100
	EC-EARTH	RACMO22E	1951-2100
	HadGEM2-ES	RCA4	1970-2098
	MPI-ESM-LR	REMO2009	1951-2100
	CM5A	WRF33	1971-2100
8.5	EC-EARTH	RCA4	1971-2100
	EC-EARTH	RACMO22E	1951-2100
	HadGEM2-ES	RCA4	1970-2098
	MPI-ESM-LR	REMO2009	1951-2100

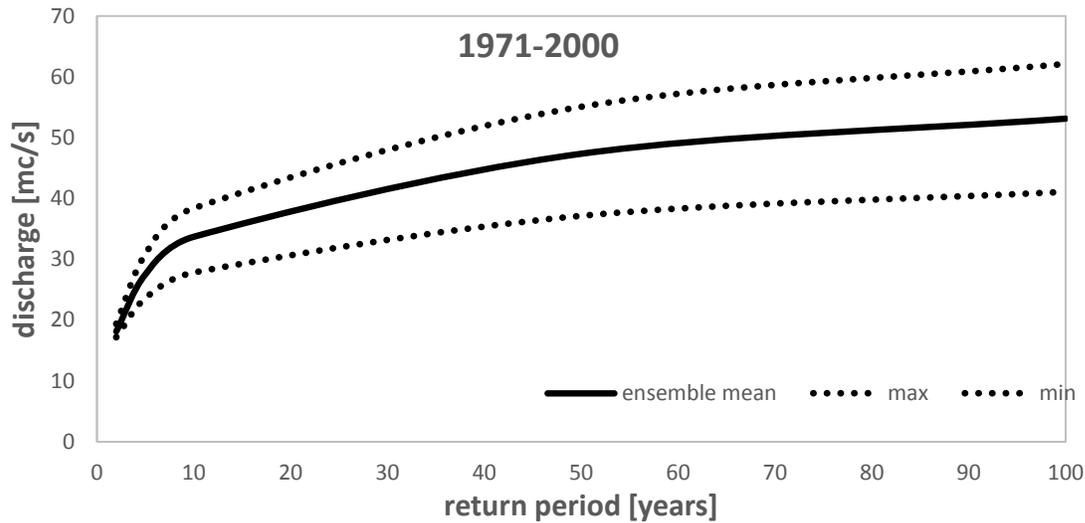


Figura 63: Curva probabilistica dei massimi annuali di portata giornaliera (ensemble mean e range massimo di variazione) per il trentennio di riferimento (Alto Riu Mannu)

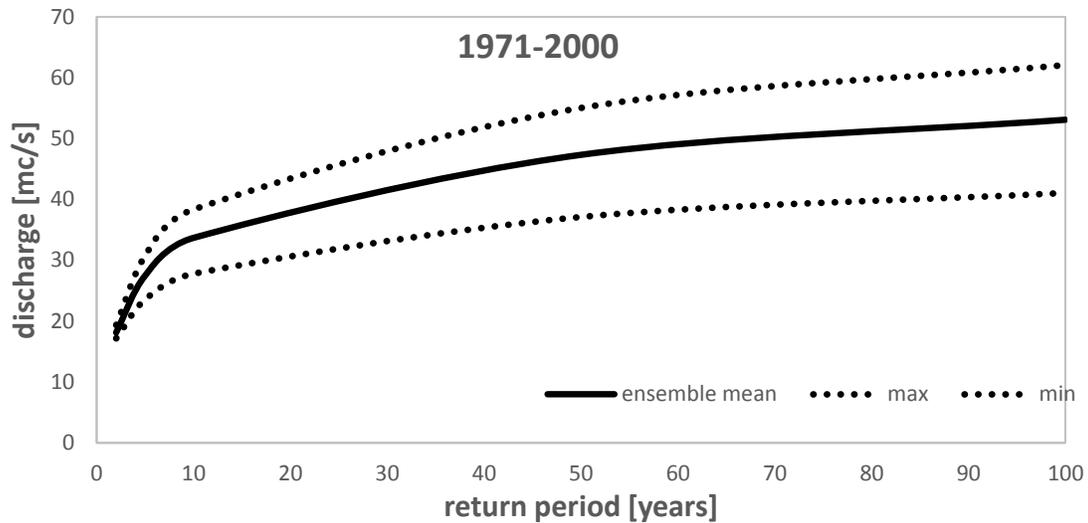


Figura 64: Curva probabilistica dei massimi annuali di portata giornaliera (*ensemble mean e range* massimo di variazione) per il trentennio di riferimento (Basso Riu Mannu)

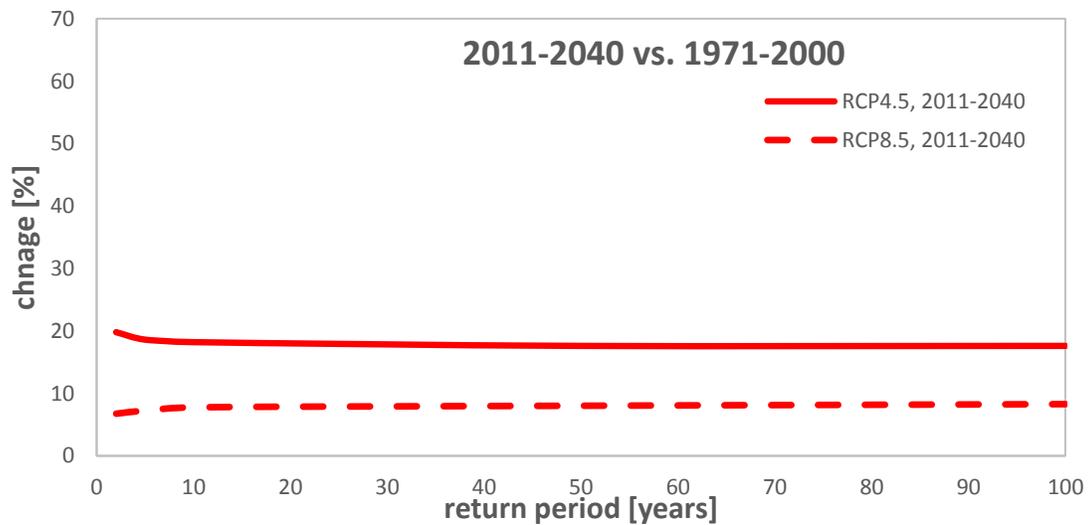


Figura 65: Proiezione a breve termine della variazione percentuale dell'indicatore di portata (Alto Riu Mannu) per entrambi gli scenari di concentrazione

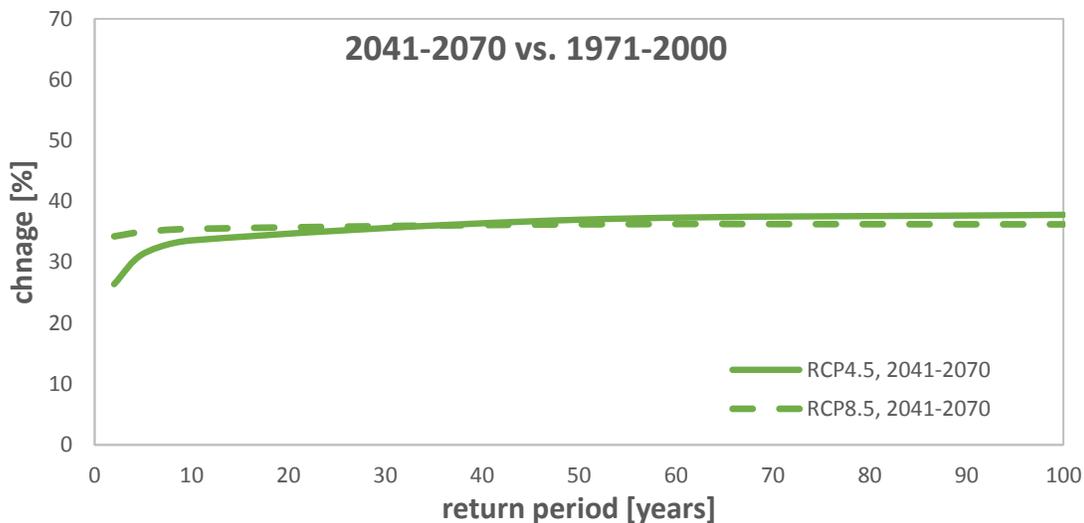


Figura 66: Proiezione a medio termine della variazione percentuale dell'indicatore di portata (Alto Riu Mannu) per entrambi gli scenari di concentrazione

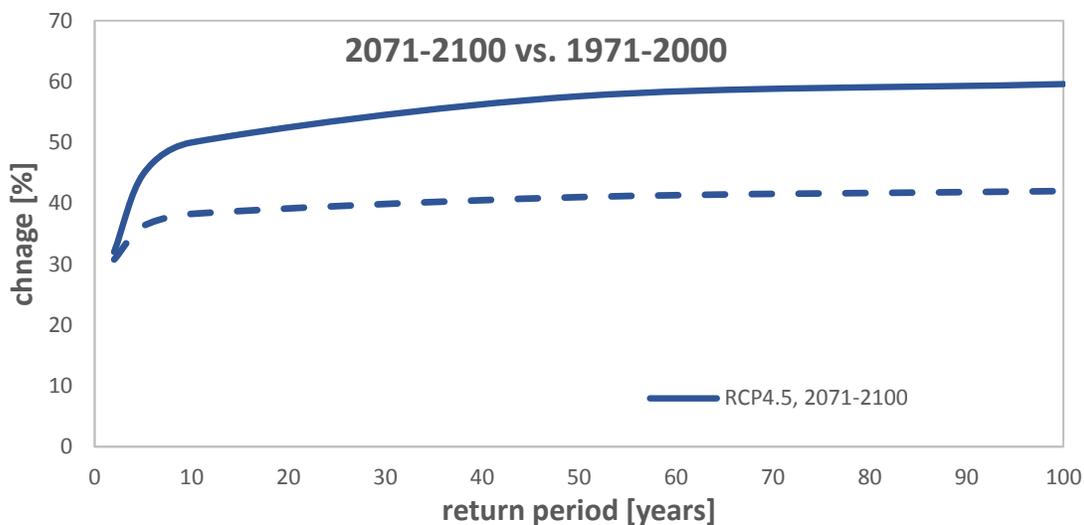


Figura 67: Proiezione a lungo termine della variazione percentuale dell'indicatore di portata (Alto Riu Mannu) per entrambi gli scenari di concentrazione

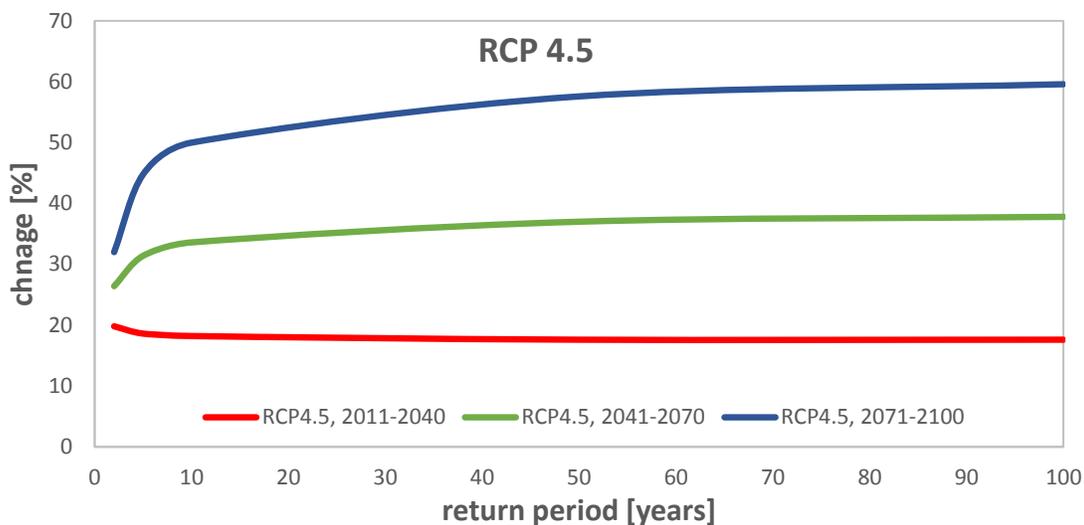


Figura 68: Confronto tra le proiezioni della variazione percentuale dell'indicatore di portata (Alto Riu Mannu) per lo scenario di concentrazione RCP4.5

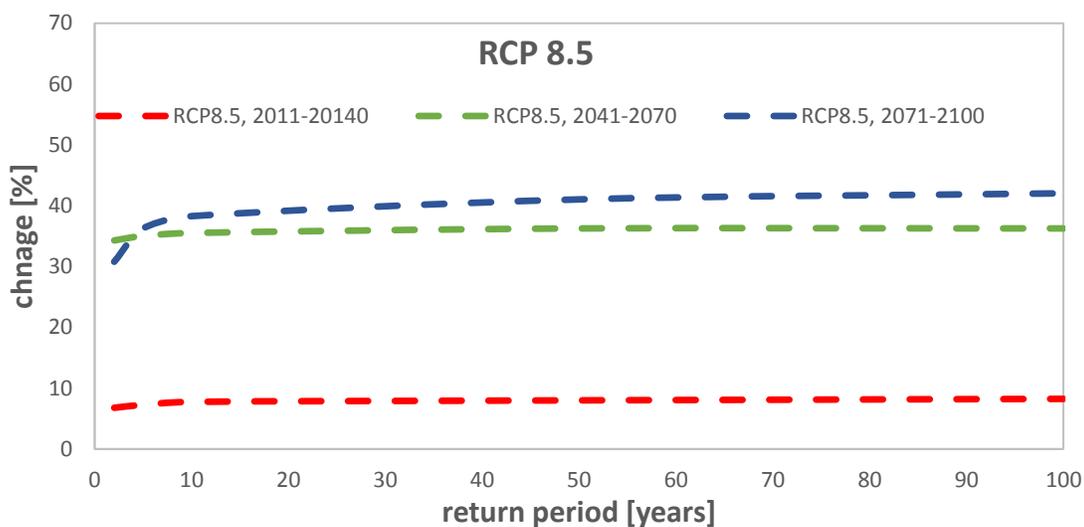


Figura 69: Confronto tra le proiezioni della variazione percentuale dell'indicatore di portata (Alto Riu Mannu) per lo scenario di concentrazione RCP8.5

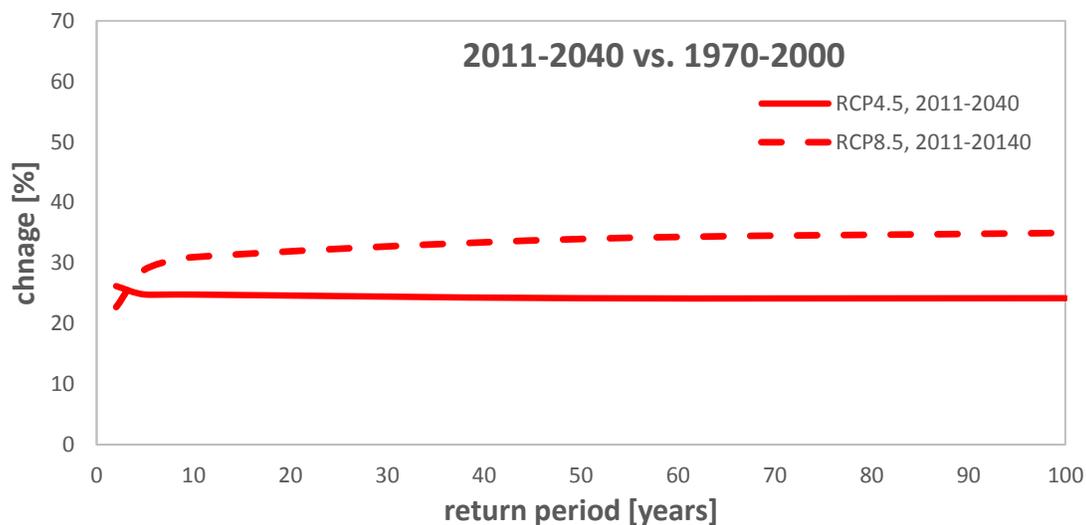


Figura 70: Proiezione a breve termine della variazione percentuale dell'indicatore di portata (Basso Riu Mannu) per entrambi gli scenari di concentrazione

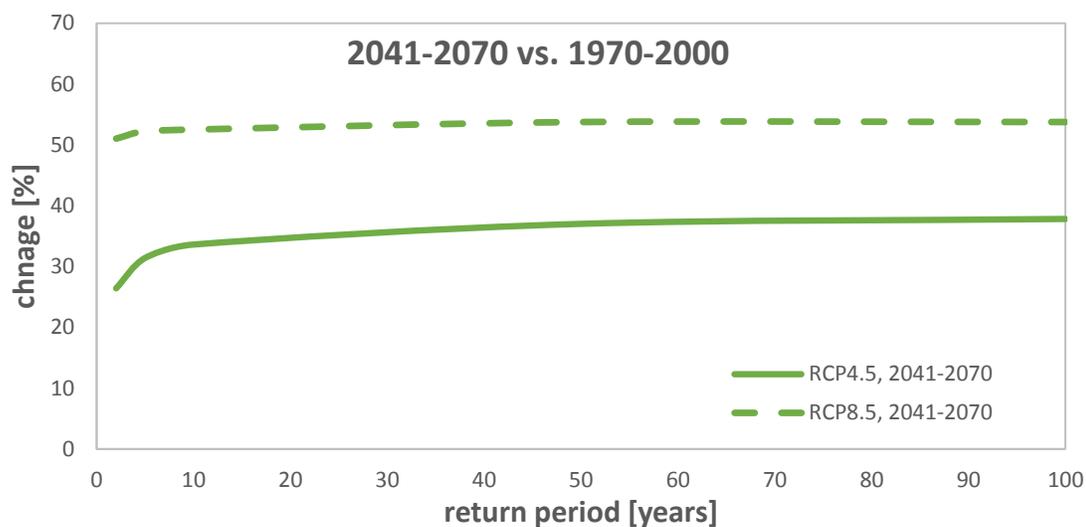


Figura 71: Proiezione a medio termine della variazione percentuale dell'indicatore di portata (Basso Riu Mannu) per entrambi gli scenari di concentrazione

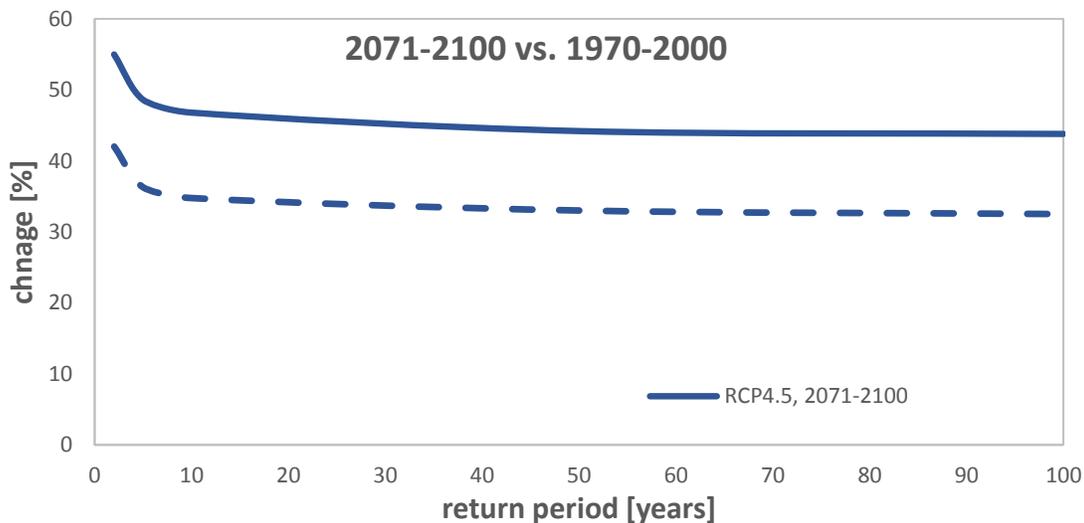


Figura 72: Proiezione a lungo termine della variazione percentuale dell'indicatore di portata (Basso Riu Mannu) per entrambi gli scenari di concentrazione

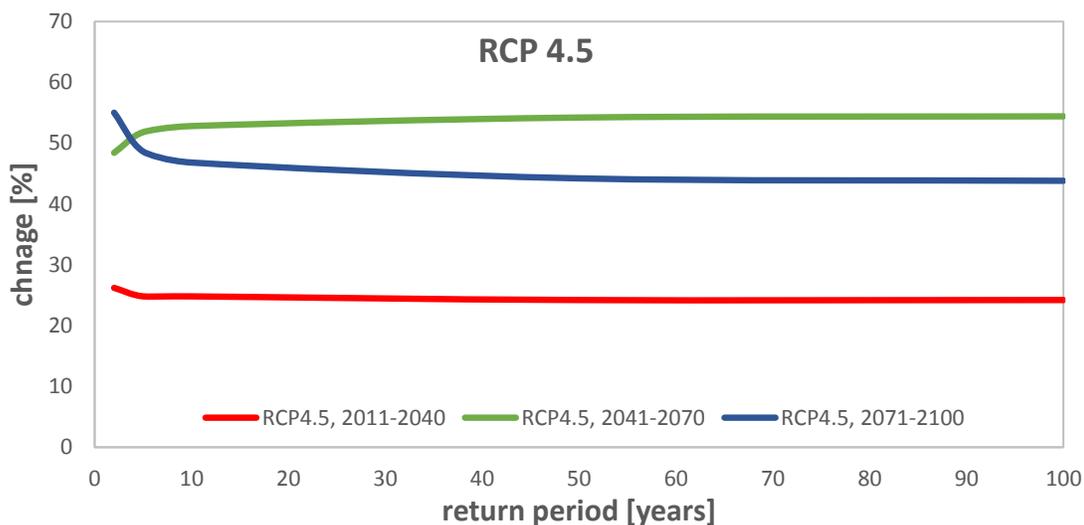


Figura 73: Confronto tra le proiezioni della variazione percentuale dell'indicatore di portata (Basso Riu Mannu) per lo scenario di concentrazione RCP4.5



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

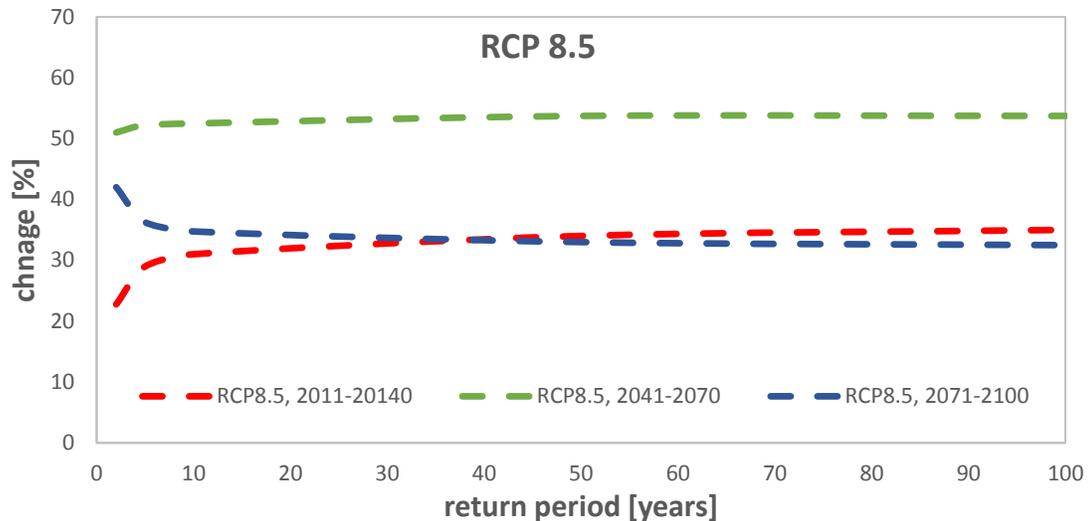


Figura 74: Confronto tra le proiezioni della variazione percentuale dell'indicatore di portata (Basso Riu Mannu) per lo scenario di concentrazione RCP8.5

Le Figure 65-74 mostrano che, per ogni scenario di concentrazione e orizzonte temporale, la variazione percentuale delle portate massime annuali presenta una dipendenza crescente dal tempo di ritorno per valori bassi di quest'ultimo (approssimativamente fino a $T = 10$ anni), mentre per valori superiori di T le curve assumono caratteristiche di orizzontalità. Si nota inoltre che, a parità di scenario di concentrazione, l'indicatore di portata cresce nel passaggio tra l'orizzonte a breve termine a quello a lungo termine; per lo scenario RCP4.5, tale crescita è omogenea nel passaggio da un orizzonte temporale all'altro, mentre nello scenario RCP8.5 le proiezioni a medio e lungo termine risultano molto vicine l'una all'altra, e significativamente maggiori, in termini di variazione percentuale, rispetto alle proiezioni a breve termine. A parità di orizzonte temporale, invece, si osserva una significativa differenza tra le coppie di curve per l'orizzonte a breve termine e quello a lungo termine, per i quali, a parità di periodo di ritorno, l'incremento di portata risulta maggiore per lo scenario RCP4.5 rispetto allo scenario RCP8.5; per l'orizzonte temporale intermedio, invece, le due curve risultano quasi completamente sovrapposte. Complessivamente, infine, le variazioni attese nell'indicatore di piena hanno un *range* di variabilità simile tra i due bacini, sebbene con risultati anche significativamente diversi per alcune combinazioni scenario di concentrazione/orizzonte temporale.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Tabella 32. Risultati dell'applicazione del modello idrologico (Alto Riu Mannu) per il trentennio di riferimento

Baseline		Reference period (1971-2000)			
		Annual maximum [m ³ /s]			
return period [years]		2	5	10	50
EHYPE 2.1	average value	18,12	27,48	33,69	47,34
	standard deviation	0,86	1,86	2,74	4,75
n=11	maximum	19,37	30,80	38,38	55,05
	minimum	17,16	23,57	27,81	37,14

Tabella 33. Proiezioni a breve termine dell'indicatore di piena (Alto Riu Mannu)

Projection		Change 2011-2040			
		[%]			
return period [years]		2	5	10	50
RCP4.5	average change	19,80	18,60	18,20	17,60
	standard deviation of change	16,29	13,35	13,17	13,71
n=5	maximum change	38,00	39,00	39,00	39,00
	minimum change	-5,00	-3,00	-2,00	-1,00
	agreement on sign of change	80%	80%	80%	80%
RCP8.5	average change	6,75	7,25	7,75	8,00
	standard deviation of change	14,18	21,04	24,82	29,44
n=4	maximum change	19,00	40,00	48,00	57,00
	minimum change	-17,00	-16,00	-16,00	-15,00
	agreement on sign of change	75%	50%	50%	50%

Tabella 34. Proiezioni a medio termine dell'indicatore di piena (Alto Riu Mannu)

Projection		Change 2041-2070			
		[%]			
return period [years]		2	5	10	50
RCP4.5	average change	26,40	31,40	33,60	37,00
	standard deviation of change	12,89	23,40	27,52	33,45
n=5	maximum change	39,00	65,00	75,00	90,00
	minimum change	3,00	-6,00	-9,00	-12,00
	agreement on sign of change	100%	80%	80%	80%
RCP8.5	average change	34,25	35,00	35,50	36,25
	standard deviation of change	21,44	31,68	36,31	42,35
n=4	maximum change	71,00	82,00	86,00	91,00
	minimum change	17,00	5,00	1,00	-6,00
	agreement on sign of change	100%	100%	100%	50%



Tabella 35. Proiezioni a lungo termine dell'indicatore di piena (Alto Riu Mannu)

Projection		Change 2071-2100			
		[%]			
return period [years]		2	5	10	50
RCP4.5	average change	32,00	44,80	50,00	57,60
	standard deviation of change	24,54	50,86	62,22	77,97
	n=5 maximum change	78,00	146,00	174,00	213,00
	minimum change	9,00	10,00	10,00	10,00
	agreement on sign of change	100%	100%	100%	100%
RCP8.5	average change	30,75	36,25	38,25	41,00
	standard deviation of change	10,28	18,17	21,48	25,84
	n=4 maximum change	45,00	56,00	60,00	67,00
	minimum change	16,00	10,00	8,00	5,00
	agreement on sign of change	100%	100%	100%	100%

Tabella 36. Risultati dell'applicazione del modello idrologico (Basso Riu Mannu) per il trentennio di riferimento

		Reference period (1971-2000)			
		Annual maximum [m³/s]			
return period [years]		2	5	10	50
EHYPE 2.1	average value	35,41	56,55	70,55	101,36
	standard deviation	2,45	5,17	7,15	11,63
n=11	maximum	38,13	64,68	82,58	121,99
	minimum	31,31	51,11	63,02	89,25

Tabella 37. Proiezioni a breve termine dell'indicatore di piena (Basso Riu Mannu)

Projection		Change 2011-2040			
		[%]			
return period [years]		2	5	10	50
RCP4.5	average change	26,20	24,80	24,80	24,20
	standard deviation of change	8,98	14,96	16,99	20,11
	n=5 maximum change	37,00	48,00	52,00	57,00
	minimum change	16,00	7,00	5,00	1,00
	agreement on sign of change	100%	100%	100%	100%
RCP8.5	average change	22,75	29,00	31,00	34,00
	standard deviation of change	14,25	5,83	11,38	19,20
	n=4 maximum change	40,00	37,00	48,00	63,00
	minimum change	1,00	21,00	16,00	9,00
	agreement on sign of change	100%	100%	100%	100%



Tabella 38. Proiezioni a medio termine dell'indicatore di piena (Basso Riu Mannu)

Projection		Change 2041-2070			
		[%]			
return period [years]		2	5	10	50
RCP4.5	average change	48,40	51,80	52,80	54,20
	standard deviation of change	17,58	16,38	15,74	15,70
	n=5 maximum change	70,00	73,00	73,00	75,00
	minimum change	19,00	24,00	26,00	28,00
	agreement on sign of change	100%	100%	100%	100%
RCP8.5	average change	51,00	52,25	52,50	53,75
	standard deviation of change	20,02	37,55	43,46	50,60
	n=4 maximum change	72,00	102,00	112,00	125,00
	minimum change	30,00	13,00	8,00	3,00
	agreement on sign of change	100%	100%	100%	100%

Tabella 39. Proiezioni a lungo termine dell'indicatore di piena (Basso Riu Mannu)

Projection		Change 2071-2100			
		[%]			
return period [years]		2	5	10	50
RCP4.5	average change	55,00	48,60	46,80	44,20
	standard deviation of change	22,39	22,45	23,33	24,33
	n=5 maximum change	97,00	82,00	78,00	74,00
	minimum change	36,00	23,00	19,00	14,00
	agreement on sign of change	100%	100%	100%	100%
RCP8.5	average change	42,00	36,25	34,75	33,00
	standard deviation of change	19,84	21,84	22,32	23,54
	n=4 maximum change	73,00	72,00	71,00	71,00
	minimum change	18,00	18,00	14,00	9,00
	agreement on sign of change	100%	100%	100%	100%

Sebbene a rigore gli eventi estremi di piena siano usualmente quantificati interpretando in maniera probabilistica i massimi annuali delle portate al colmo di piena, i massimi delle portate giornaliere sono comunque ritenuti sufficientemente rappresentativi di tale fenomeno (Zelenhasic & Salvai, 1987). Similmente a quanto detto per le piogge estreme, appare quindi utile andare a confrontare la distribuzione fornita dalla piattaforma C3S per il periodo di riferimento con una



legge calibrata sulle osservazioni disponibili per il bacino in esame. Tale confronto permette di stimare il *bias* esistente tra il modello climatico e la realtà, che sarà senz'altro dovuto non soltanto all'incertezza legata ai modelli di stima delle variabili atmosferiche incidenti sul bilancio idrologico, ma anche da quelle legate alla quantificazione della trasformazione afflussi-deflussi. Attesa la mancanza di osservazioni di piena per i bacini oggetto di studio, il confronto è stato effettuato in termini di fattore adimensionale di crescita, comparando i valori forniti dall'Equazione (4) con quelli ottenuti dividendo l'*ensemble mean* per il trentennio di riferimento per il valore a $T = 2$ anni, considerato in via approssimativa rappresentativo della media della serie. Il risultato del confronto è mostrato in Figura 75 e Figura 76 per i due bacini di riferimento.

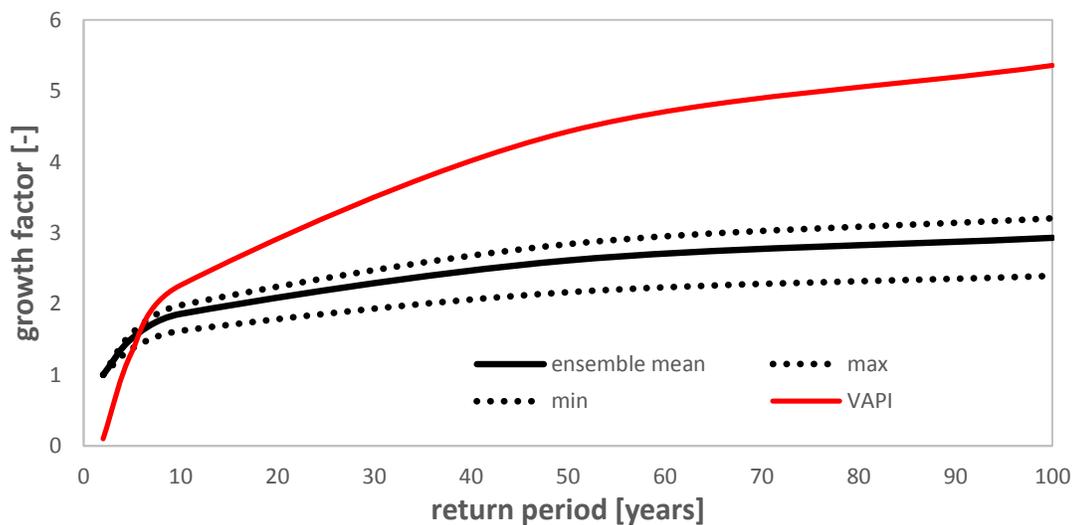


Figura 75: Curva probabilistica del massimo annuale di portata al colmo di piena (VAPI) vs. distribuzione probabilistica del massimo annuale di portata giornaliera (ensemble mean e range massimo di variazione 1971-2000) in termini di fattore di crescita (Alto Riu Mannu)



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

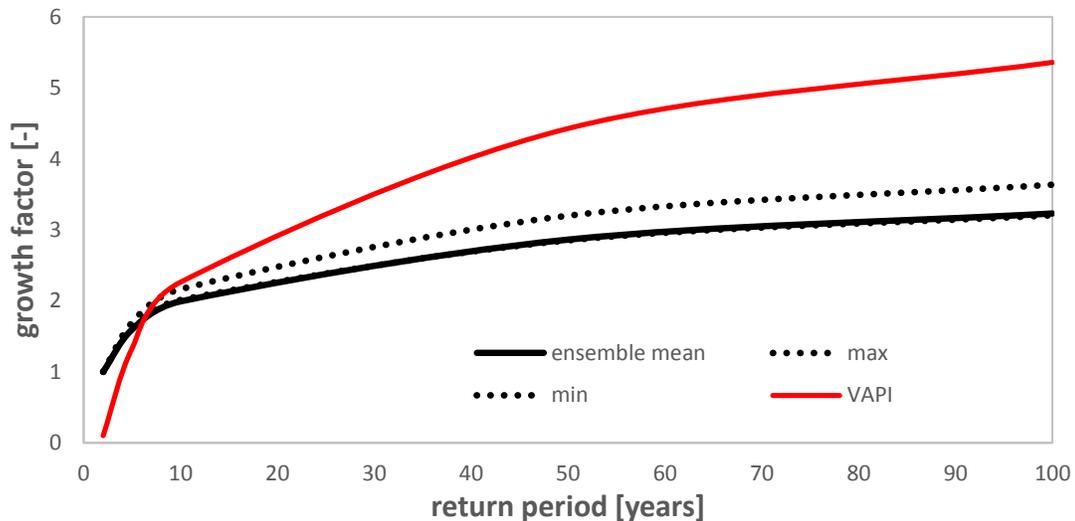


Figura 76: Curva probabilistica del massimo annuale di portata al colmo di piena (VAPI) vs. distribuzione probabilistica del massimo annuale di portata giornaliera (ensemble mean e range massimo di variazione 1971-2000) in termini di fattore di crescita (Basso Riu Mannu)

Dall'analisi di Figura 75 e Figura 76 si evince che esiste un *bias* considerevole tra la simulazione effettuata dai modelli climatici disponibili e la curva valutata tramite la procedura VAPI. Tale *bias* è dovuto ad una molteplicità di fattori, tra cui le sopracitate incertezze, ma anche alla differenza nell'arco temporale di stima delle due curve (che, per il modello VAPI, ha inizio in data antecedente al 1971). Tra i due bacini, invece, le curve rappresentative dei risultati del modello, in termini di *ensemble mean*, sono tra loro molto simili, mentre le maggiori differenze si riscontrano nel *range* massimo di variabilità.

Dalla valutazione globale dei dati messi a disposizione dalla piattaforma C3S, si evince una notevole complessità nell'interpretazione delle variazioni indotte dai cambiamenti climatici sul regime degli eventi estremi di piena dei bacini oggetto di studio. In particolare, appare chiaro che le variazioni attese sulle piogge non si riflettono in analoghe variazioni sul regime delle piene, per le quali lo scenario di concentrazione RCP4.5 risulta maggiormente critico rispetto allo scenario RCP8.5, mentre l'opposto accade per il regime delle precipitazioni. In altre parole, **grandi aumenti nella frequenza degli eventi meteorici estremi non si traducono in altrettanti aumenti nella frequenza degli eventi alluvionali**. Una spiegazione a tale disparità non può che risiedere nei fattori che regolano la trasformazione afflussi-deflussi; in altre parole, per gli eventi estremi le caratteristiche geomorfologiche e di copertura dei suoli interessati e le condizioni



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

antecedenti l'evento meteorico potrebbero detenere nel processo un ruolo preponderante rispetto alla precipitazione innescante, ancor più se si nota che, come illustrato poc'anzi, i valori di altezza di pioggia, per tempi di ritorno anche elevati, sono modesti per i bacini di interesse. ***Appare in definitiva evidente come i modelli idrologici a larga scala precedentemente descritti vadano integrati con una modellazione di dettaglio dei bacini interessati, al fine di poter quantificare in maniera più affidabile il regime delle piene estreme in un contesto di cambiamento climatico.*** Le variazioni a tale regime, messe in evidenza in questo paragrafo, sono in ogni caso da considerarsi come indicatori di criticità attese in futuro.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Allegato C

Questionario per il Piano di Adattamento ai cambiamenti climatici per il rischio alluvioni

Sommario

Azioni di adattamento (identificazione e selezione)	161
La consultazione pubblica	161
<i>Rispondenti al questionario</i>	161
<i>Risultati</i>	162
<i>Adattamento</i>	162
<i>Le azioni di adattamento prioritarie</i>	166
<i>Partecipazione</i>	167



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Azioni di adattamento (identificazione e selezione)

La consultazione pubblica

Nell'ambito del processo di selezione delle azioni di adattamento il comune di Sassari, con il supporto della Fondazione CMCC, ha aperto alla consultazione pubblica un questionario rivolto alla cittadinanza e ai portatori di interesse al fine di presentare le principali azioni identificate per fronteggiare i rischi dei cambiamenti climatici in riferimento agli allagamenti urbani e consolidare un insieme di azioni prioritarie da includere nel Piano.

Le risposte al questionario somministrato sono state analizzate secondo i principali aspetti d'interesse: la percezione dei rispondenti relativamente ai cambiamenti climatici nella loro generalità, a livello locale, e la conoscenza degli strumenti nazionali relativi ai percorsi per l'adattamento.

Rispondenti al questionario

Il questionario è stato completato da 68 rispondenti, e ha visto una buona partecipazione di cittadini nella classe di età 45-64 (42,6% sul totale), seguita dalla classe 30-44 (38,2%). Hanno partecipato alla compilazione rappresentanti di diverse categorie professionali, specialmente impiegati (36,4% sul totale), seguiti da studenti (18,2%) e liberi professionisti (13,6%).

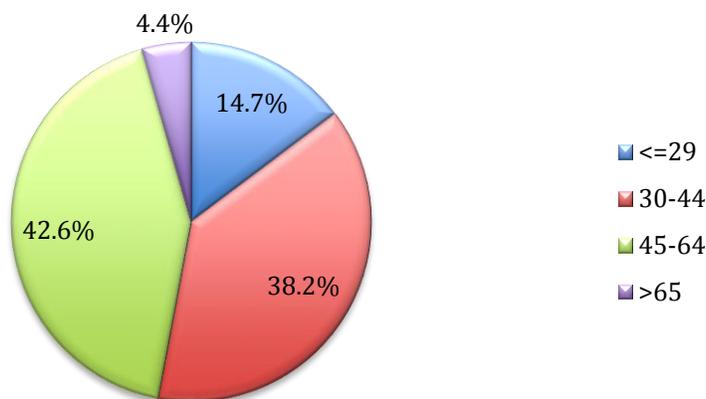


Figura 1 – Classi di età dei rispondenti al questionario somministrato



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Risultati

Adattamento

La prima parte di autovalutazione delle conoscenze sull'adattamento al cambiamento climatico mostra una buona consapevolezza sulla tematica (Figura 2) evidenziando anche una discreta trattazione della stessa sul lavoro. Infatti, secondo il 40% sul totale dei rispondenti il problema del cambiamento climatico è "abbastanza" trattato nel proprio lavoro, come si può vedere dalla Figura 3. Secondo il 31,3% dei rispondenti il cambiamento climatico sta influenzando "abbastanza" il settore di attività; il 26,9% risponde da "molto" a "moltissimo" mentre un 32,8% rileva poca influenza (Figura 4).

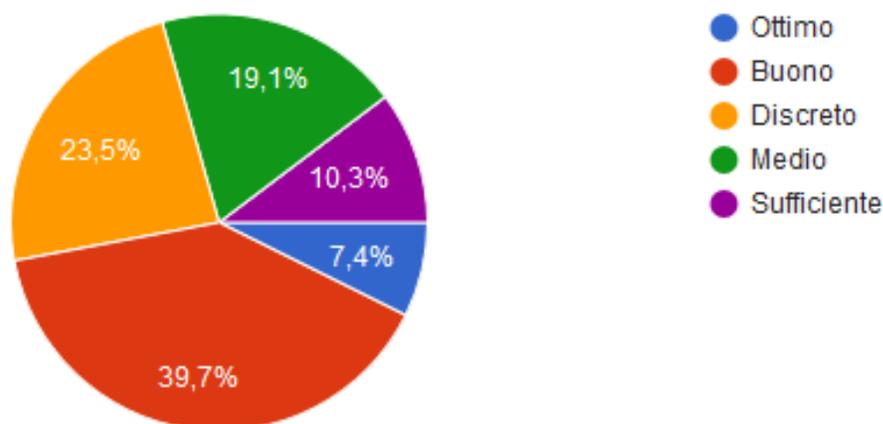


Figura 2 - Come definiresti il tuo livello di conoscenza del cambiamento climatico?

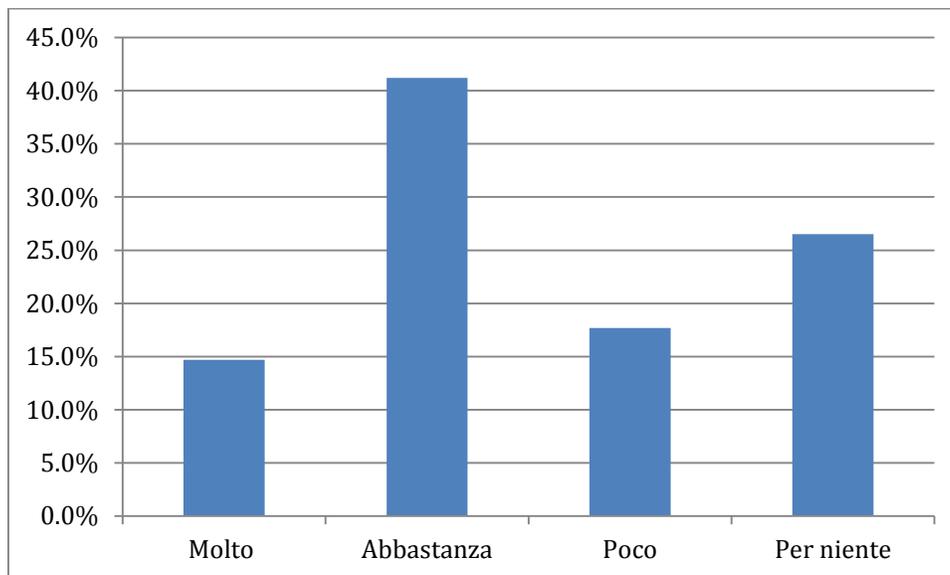


Figura 3 - Quanto tratti il problema del cambiamento climatico nel tuo lavoro?

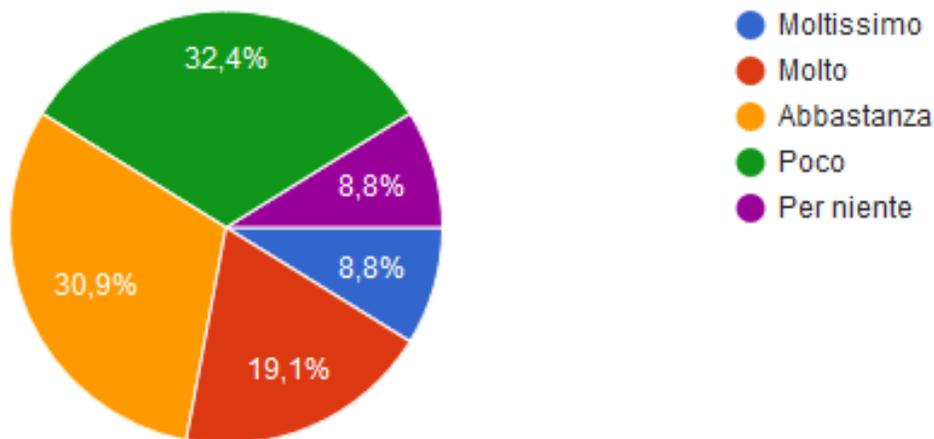


Figura 4 - Quanto il cambiamento climatico sta influenzando il tuo settore di attività?

Un dato che emerge però, è che la maggioranza dei rispondenti al questionario non sia a conoscenza né della Strategia di adattamento al cambiamento climatico, né del Piano Nazionale di adattamento al cambiamento climatico. Il 47,8% infatti (Figura 5), ha risposto negativamente



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



alla domanda “Conosci il piano nazionale di adattamento al cambiamento climatico?” e solo il 14,9% lo ha letto. Questo risultato evidenzia che le azioni nazionali volte a descrivere ed affrontare la tematica del cambiamento climatico non vengono percepite o veicolate verso la comunità.

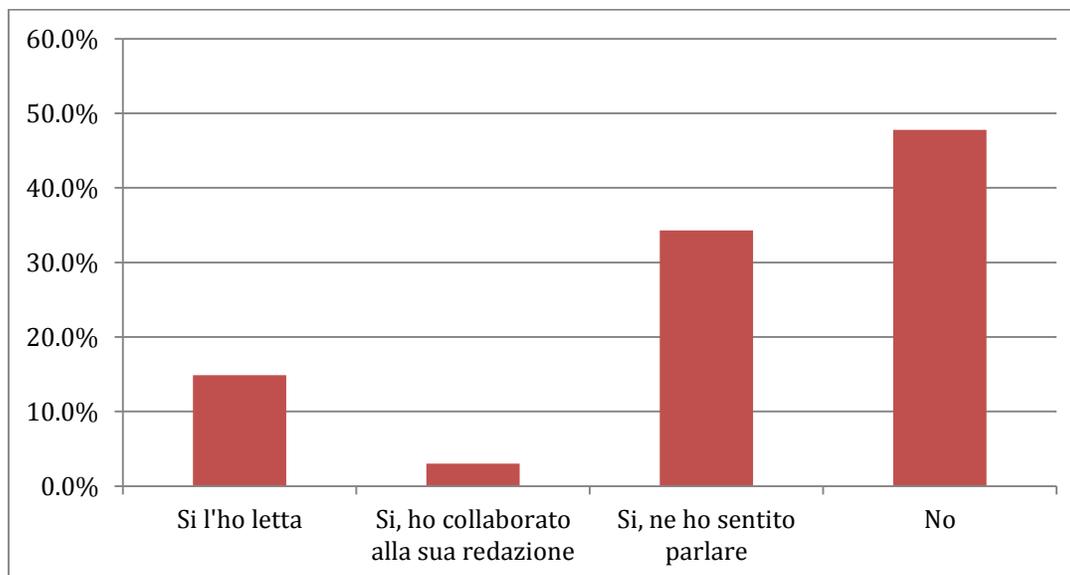


Figura 5 - Conosci il piano nazionale di adattamento al cambiamento climatico?

Alla domanda relativa agli impatti dei cambiamenti climatici nel proprio settore di attività, è stato chiesto ai rispondenti di indicare i 5 maggiormente critici. Ben il 70,6% ha indicato come impatto più critico il verificarsi di fenomeni meteorologici estremi. Vengono percepite sensibilmente anche le inondazioni causate da alluvioni e il degrado ed erosione dei suoli entrambe indicate da poco più del 40% dei rispondenti. Nella Figura 6 vengono raffigurati i 5 impatti individuati come i più critici.

Inoltre gli intervistati sono stati invitati a definire il livello di rischio a cui è esposto il Comune di Sassari in riferimento alle alluvioni urbane e sulla capacità di adattamento ai cambiamenti climatici della città in riferimento a tale rischio. Il livello percepito è, per il 52,9% dei rispondenti, medio. La restante quota si suddivide equamente fra alto e basso, mentre la capacità di adattamento è stata indicata come bassa da ben il 63,2% dei rispondenti (Figura 7).



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

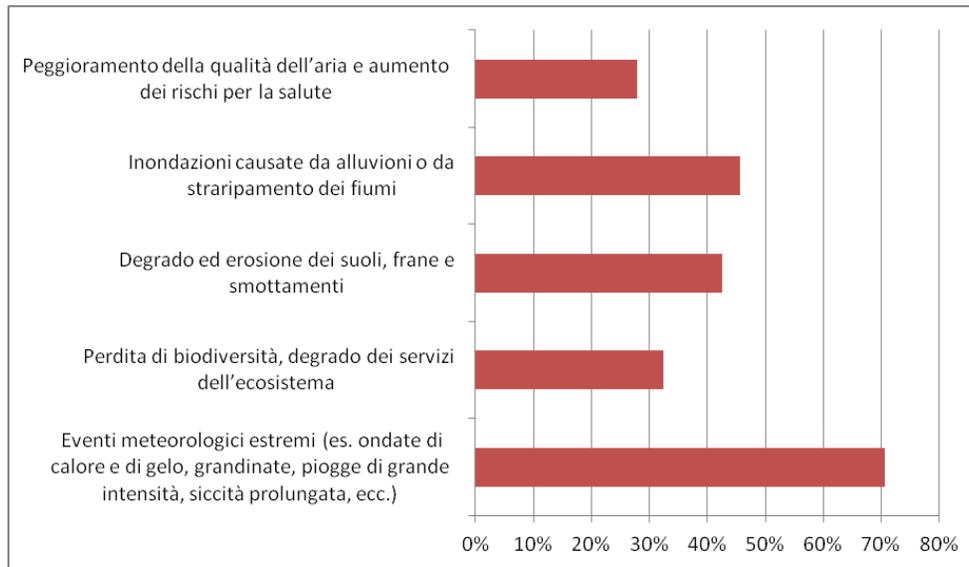


Figura 6 - Criticità degli impatti dei cambiamenti climatici nel proprio settore di attività

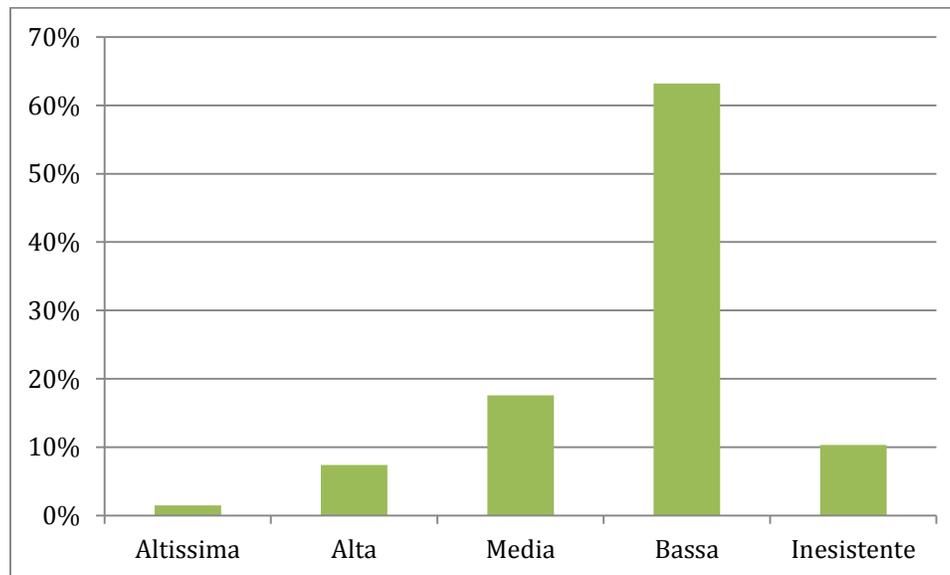


Figura 7 - Capacità di adattamento ai cambiamenti climatici della città di Sassari in riferimento al rischio di alluvioni urbane secondo i 67 rispondenti al questionario on line



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Le azioni di adattamento prioritarie

Si è quindi domandato ai rispondenti di attribuire un livello di importanza ad un elenco di criteri che vengono comunemente utilizzati per definire le priorità delle azioni di adattamento. Dalle risposte emerge che i seguenti criteri sono valutati come più importanti:

- Raggiungimento dello scopo per il quale l'azione è stata implementata in riferimento alla riduzione degli impatti negativi dei cambiamenti climatici (**efficacia**);
- Criterio di **urgenza**, ossia l'azione è volta a ridurre gli impatti che vengono giudicati i più dannosi e quindi quelli che dovrebbero essere trattati per primi in base ai rischi posti al sistema socio-economico;
- Esistenza di opportunità "**win-win**". L'azione produce benefici anche al di fuori del contesto della riduzione degli impatti dei cambiamenti climatici.

In base ai criteri elencati nella domanda precedente, i rispondenti sono stati invitati a indicare le 10 azioni che ritengono il Comune debba implementare prioritariamente per fronteggiare il rischio di allagamenti urbani. Nella Figura 8 vengono evidenziate le 6 azioni che vengono indicate come prioritarie. Con, rispettivamente, il 76,5% e il 61,8% delle preferenze, emergono le seguenti azioni:

- Migliorare la manutenzione e gestione dei corsi d'acqua non di competenza comunale;
- Incontri formativi per la cittadinanza, le autorità locali e gli attori socio-economici sul sistema di allerta.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

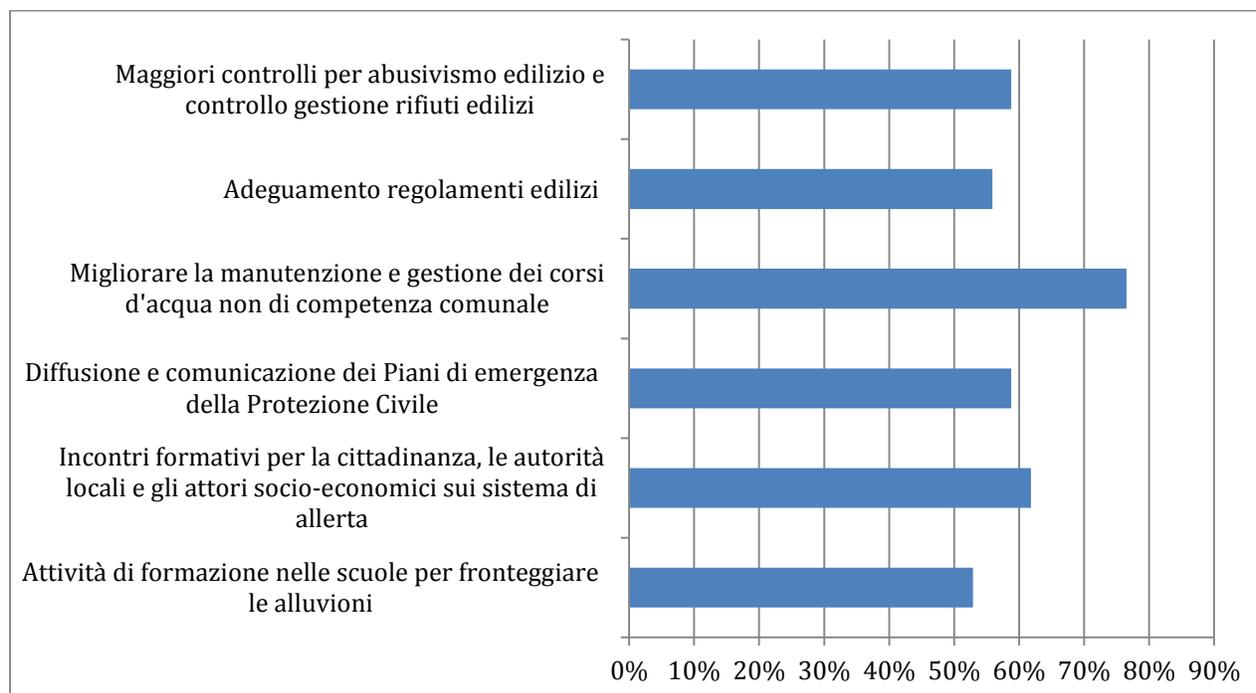


Figura 8 - Azioni che il Comune di Sassari dovrebbe implementare prioritariamente per fronteggiare il rischio di allagamenti urbani

Partecipazione

La terza parte del questionario ha riguardato divulgazione delle informazioni relative agli impatti dei cambiamenti climatici e alle azioni di adattamento.

Si è quindi domandato ai rispondenti se, sulla base della propria esperienza, le informazioni sugli impatti climatici siano sufficientemente divulgate a livello nazionale, regionale e locale. Ben il 77,9% ha evidenziato che tali informazioni non sono divulgate a sufficienza (Figura 9).

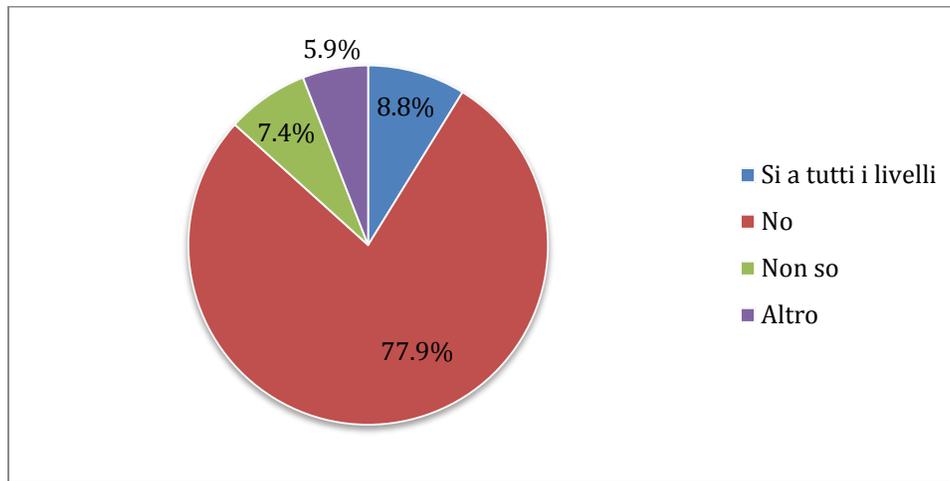


Figura 9 - Ritieni che le informazioni sugli impatti dei cambiamenti climatici siano sufficientemente divulgate a livello nazionale, regionale o locale

I rispondenti sono stati invitati a rispondere se ritengono che le azioni di adattamento ai cambiamenti climatici siano sufficientemente divulgate a livello nazionale, regionale o locale. Anche in questo caso è emerso che la maggioranza (83,8%) ha evidenziato un'insufficiente divulgazione di queste informazioni (Figura 10).

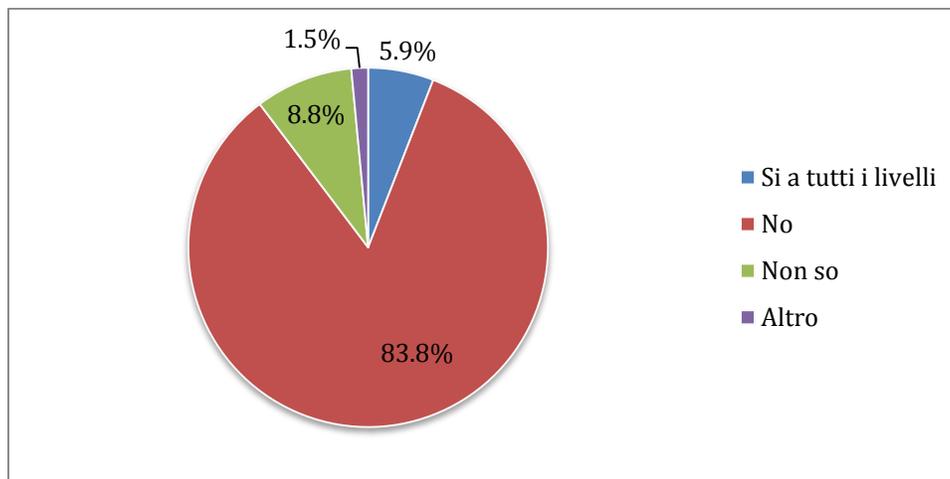


Figura 10 - Ritieni che le informazioni disponibili sulle azioni di adattamento ai cambiamenti climatici siano sufficientemente divulgate a livello nazionale, regionale o locale?



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Date le domande precedenti è stato domandato riguardo la conoscenza del fatto che il Proprio comune ha costituito il PUA (Partenariato Urbano per l'Adattamento). Ben il 67,6% ha risposto negativamente.

Infine è stato chiesto ai rispondenti di indicare, con un grado di preferenza da 1 a 5, quanto e quali canali di informazione contribuiscono a veicolare informazioni sui cambiamenti climatici. Dalle preferenze espresse emerge che i social media e motori di ricerca online sono i più influenti.

Da ultimo, è stato chiesto di definire un grado di interesse nel partecipare all'individuazione di azioni di adattamento al cambiamento climatico per il comune di Sassari. La maggioranza dei rispondenti ha espresso un alto grado di interesse (72,1%). La forma di partecipazione preferita sembra essere la partecipazione ad incontri pubblici, seguita dalle indagini tramite questionari, mentre l'interesse è medio-alto per quanto riguarda la partecipazione a tavoli tematici e ad attività di divulgazione sul territorio. Queste informazioni potranno sicuramente essere utili durante le fasi di implementazione ed aggiornamento del Piano di Adattamento.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



ADAPT

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

**La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée**