



PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
MESSA IN SICUREZZA DEL SISTEMA
ACQUEDOTTISTICO DEL PESCHIERA PER
L'APPROVVIGIONAMENTO IDRICO
DI ROMA CAPITALE E DELL'AREA METROPOLITANA
IL COMMISSARIO STRAORDINARIO ING. PhD MASSIMO SESSA
SUB COMMISSARIO ING. MASSIMO PATERNOSTRO

aceq
acqua
ACEA ATO 2 SPA



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. PhD Alessia Delle Site

SUPPORTO AL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Avv. Vittorio Gennari

Sig.ra Claudia Iacobelli

Ing. Barnaba Paglia

aceq
Ingegneria
e servizi



CONSULENTE

Ing. Biagio Eramo

ELABORATO

A258SIA R011 O

COD. ATO2 AAM10121

DATA APRILE 2022

SCALA

-

Progetto di sicurezza e ammodernamento
dell'approvvigionamento della città
metropolitana di Roma
"Messa in sicurezza e ammodernamento del sistema
idrico del Peschiera",
L.n.108/2021, ex DL n.77/2021 art. 44 Allegato IV

AGG. N.	DATA	NOTE	FIRMA
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Sottoprogetto CUP G31B21006920002
RADDOPPIO VIII SIFONE – TRATTO CASA
VALERIA – USCITA GALLERIA RIPOLI
FASE 1

(con il finanziamento dell'Unione
europea – Next Generation EU)



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA
ED ECONOMICA

TEAM DI PROGETTAZIONE

CAPO PROGETTO
Ing. Angelo Marchetti

Consulenti:
I.R.I.D.E. srl

ASPETTI AMBIENTALI
Ing. PhD Nicoletta Stracqualursi

Hanno collaborato:

Ing. Francesca Giorgi

Arch. Antonio Pesare

Geol. Simone Febo

Geol. Filippo Arsie

Ing. PhD Serena Conserva

Ing. Simone Leoni

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

ALLEGATI

**Analisi della vulnerabilità e adattamento ai
cambiamenti climatici**

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici

INDICE

1. Introduzione.....	1
1.1. Finalità e struttura dell'allegato	1
1.2. Aspetti generali del fenomeno: mitigazione, adattamento e resilienza per le infrastrutture idriche 1	
2. Analisi di rischio: caratterizzazione degli hazards e delle vulnerabilità ai cambiamenti climatici ..	4
2.1. Definizione della metodologia di analisi	4
2.2. Definizione del contesto di analisi: ambito territoriale di riferimento	5
2.3. Evoluzione climatica ed identificazione degli hazards climatici nazionali	6
2.3.1. Evoluzione Climatica Nazionale ed identificazione delle Macroregioni Climatiche	6
2.3.2. Zonazione delle anomalie climatiche	11
2.3.3. Aree Climatiche Omogenee	14
2.3.4. Sintesi degli Hazards e valutazione della probabilità Identificazione degli Hazards	17
2.4. Identificazione delle possibili vulnerabilità del contesto territoriale e del sistema acquedotto	20
2.4.1. Aspetti generali	20
2.4.2. Categoria Acque	21
2.4.3. Categoria Massa solida.....	22
2.5. Valutazione del Rischio.....	23
2.5.1. Aspetti generali	23
2.5.2. Categoria Acque	23
2.5.3. Categoria Massa solida.....	24
2.6. Sintesi dell'incrocio probabilità – vulnerabilità - rischio e strategie progettuali	24
3. Riferimenti bibliografici.....	27

1. Introduzione

1.1. Finalità e struttura dell'allegato

Il presente allegato è volto ad analizzare le minacce legate ai cambiamenti climatici e determinare le vulnerabilità del progetto di Raddoppio del VIII Sifone – fase 1, al fine di dare riscontro a quanto richiesto per non arrecare danno all'obiettivo ambientale di Adattamento ai cambiamenti climatici, così come indicato nell'Allegato 1 al report C(2021) 2800 final della Commissione Europea.

Senza voler entrare nel dettaglio delle analisi propriamente legate alla mitigazione degli impatti negativi dovuti al clima, ma perseguendo gli obiettivi di sostenibilità finalizzati alla resa adattiva e resiliente del sistema, gli aspetti trattati nella presente relazione mirano a valutare i rischi legati alla crisi climatica analizzando le condizioni di maggior vulnerabilità, gli elementi di valore ambientale e le situazioni territoriali che possono essere favorevoli per l'opera, gli esiti della valutazione degli effetti sull'ambiente e il relativo monitoraggio.

Il testo è quindi strutturato in due parti:

- La prima parte introduttiva legata alla definizione degli aspetti generali del fenomeno di mitigazione, adattamento e resilienza al cambiamento climatico per le infrastrutture idriche;
- La seconda parte è riferita all'analisi di rischio correlata agli hazards climatici ulteriormente strutturata in tre sotto parti:
 - Definizione degli hazards ed analisi probabilistica in relazione alle proiezioni climatiche;
 - Definizione delle vulnerabilità agli hazards climatici;
 - Definizione del rischio agli hazards climatici.

1.2. Aspetti generali del fenomeno: mitigazione, adattamento e resilienza per le infrastrutture idriche

È un dato acquisito che il modello di sviluppo della civiltà moderna ha da tempo mostrato i suoi limiti determinando, da un lato, l'impoverimento delle risorse primarie e dall'altro, contribuendo all'inquinamento ambientale ed al cambiamento del clima planetario.

Il manifestarsi di fenomeni climatici sempre più estremi, sono la risposta di un incontrollabile surriscaldamento globale universalmente noto come "greenhouse

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici

effect”: il fenomeno che consente alle radiazioni solari ad onda corta di attraversare l’atmosfera terrestre impedendo la fuoriuscita di radiazioni a onda più lunga.

Le metropoli, le città e l’insieme delle infrastrutture necessarie, soprattutto se sviluppate secondo modelli tradizionali non rivolti alla sostenibilità, risultano essere inadeguate soprattutto nell’approvvigionamento idropotabile e aree fortemente vulnerabili agli impatti della *climate crisis*.

La città contemporanea e l’insieme delle relazioni complesse che la compongono, è oggi investita da crescenti cambiamenti che, soprattutto considerandone l’effetto cumulativo, stanno compromettendo da un lato gli assetti consolidati delle aree urbane e dall’altro, gli stili di vita delle comunità insediate. I sistemi urbani, infatti, affrontano oggi una serie di eventi estremi che sono effetto, da un lato del fenomeno in atto a scala globale del cambiamento climatico, dall’altro delle intense dinamiche di crescita e concentrazione demografica che rendono i territori più fragili e frammentati.

Gli effetti del cambiamento climatico sono per l’appunto, un prodotto complesso della più alta intensità e frequenza dei fenomeni meteorologici estremi e di una complessiva maggiore vulnerabilità a tali fenomeni dei sistemi territoriali.

Nello specifico, le infrastrutture idriche e gli studi relativi agli impatti climatici che si concentrano sui problemi del trasporto e della distribuzione delle risorse idriche, suggeriscono implicazioni di vasta portata. È quindi necessario ripensare strategie di adattamento ai rischi legati al clima al fine di rendere resilienti e proteggere tali sistemi infrastrutturali e, dunque, garantirne la continuità dei servizi e delle operazioni da essi svolti.

Con riferimento alla Direttiva Europea Quadro sulle acque (2000/60), la richiesta di raggiungere il “buono stato delle acque” prevede che i corsi d’acqua e di falda in stato sufficiente, scadente o pessimo dovrebbero raggiungere lo stato buono entro pochi anni. Per raggiungere tali obiettivi sono necessarie misure incisive che hanno cominciato ad essere individuate dai Piani Regionali di Tutela delle Acque. Le misure sono sostanzialmente di due tipi: quelle volte a ridurre il carico di inquinante (riducendo i carichi alla fonte o aumentando la capacità di depurazione) e quelle rivolte ad aumentare le “portate naturali”, ovvero ridurre i prelievi. Le misure di adattamento per il settore delle risorse idriche dovranno puntare, quindi, prevalentemente a ridurre i consumi di risorse idriche naturali, favorendo il risparmio ed il ricorso a risorse non convenzionali (accumuli diffusi di acque di pioggia, riuso delle acque usate, dissalazione).

Questi effetti sulle infrastrutture idriche – che incidono inevitabilmente sulle risorse idriche – dovrebbero verificarsi in tempi variabili e possono essere intermittenti o persistenti. Mentre l’innalzamento del livello del mare e l’aumento della temperatura saranno sperimentati in modo persistente ma graduale – consentendo una pianificazione a lungo termine – si prevede, contrariamente, che le forti

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici

precipitazioni o condizioni meteorologiche convettive, si possano verificare con una maggiore frequenza e / o intensità richiedendo, quindi, misure proattive a seconda delle possibili situazioni. Costruire la resilienza ai cambiamenti climatici mentre si fa fronte a una crescita significativa dell'insediamento antropico nei contesti urbanizzati è una doppia sfida. Pertanto, queste due questioni non dovrebbero essere affrontate isolatamente, ma in parallelo. In particolare, è importante notare che lo sviluppo della resilienza ai cambiamenti climatici come parte dei continui miglioramenti operativi e infrastrutturali può essere il modo più efficiente ed economico per raggiungere questo obiettivo.

Secondo il progetto di Raddoppio del VIII Sifone, in ragione della natura dell'opera infrastrutturale prevalentemente a carattere lineare, la robustezza e l'affidabilità – aspetti prestazionali di base approfonditi nella relazione strutturale preliminare di Acea – diventano obiettivi imprescindibili alla sostenibilità e alla resa resiliente della rete di fronte alla probabilità di accadimenti di eventi climatici più o meno estremi.

Nei paragrafi successivi sarà quindi esplicitata l'analisi che evidenzia dapprima, le vulnerabilità del sistema infrastrutturale in relazione ai possibili scenari di *Hazards* climatici a cui l'area che ingloba l'opera sarà esposta. Successivamente si riporta l'individuazione delle misure e le strategie di adattamento e resa resiliente a garanzia dell'affidabilità del sistema infrastrutturale idrico.

2. Analisi di rischio: caratterizzazione degli hazards e delle vulnerabilità ai cambiamenti climatici

2.1. Definizione della metodologia di analisi

Come espresso nei precedenti paragrafi, obiettivo della presente relazione è la definizione dei livelli di rischio associati al fenomeno dei cambiamenti climatici. A livello teorico-concettuale, il rischio può essere valutato come la produttoria di una probabilità per una vulnerabilità, in relazione ad uno specifico "hazards" o pericolo che si vuole analizzare. Nella logica della presente analisi occorre, in prima istanza definire quali sono gli hazards da considerare, correlati al cambiamento climatico. A tal fine, come meglio espresso nel proseguo della presente trattazione, si è fatto riferimento al Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, il quale fornisce gli scenari evolutivi dei principali parametri meteoroclimatici sul territorio nazionale. A valle di detta analisi sono quindi stati definiti gli hazards di riferimento climatico, in relazione alle indicazioni derivanti dalla Tassonomia Europea. Una volta definiti gli Hazards climatici si valuta la probabilità di accadimento di detti hazards sul territorio specifico e parallelamente si valuta la vulnerabilità dell'opera (come caratteristica intrinseca della stessa) a detti Hazards. Tale processo permette quindi di effettuare una stima qualitativa del Rischio agli Hazards da Cambiamento Climatico a cui è soggetta l'infrastruttura.

Di seguito si riporta un *flow chart* della metodologia sopra rappresentata e dettagliata nei paragrafi successivi.

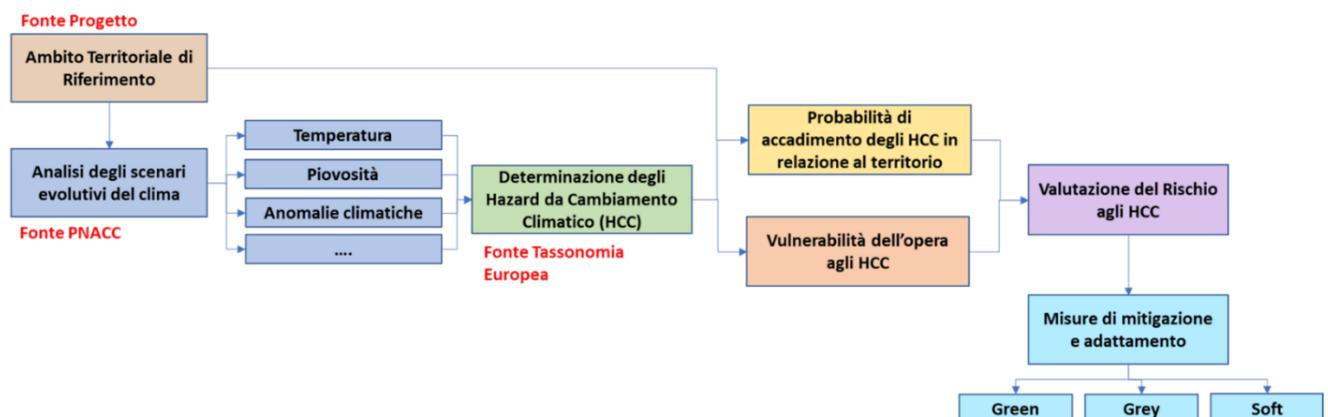


Figura 2-1 Flow chart metodologico

La metodologia prevede l'attribuzione quindi dei seguenti livelli di Probabilità e della Vulnerabilità.

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
 Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici

Basso
Medio
Alto

Tabella 2-1 Livelli di valutazione della probabilità e della vulnerabilità

Per la valutazione del rischio si è fatto riferimento ad una matrice di calcolo che incrocia i dati di vulnerabilità con quelli di probabilità secondo lo schema di cui alla Tabella 2-2.

LEGENDA				
RISCHIO		Vulnerabilità		
		Basso	Medio	Alto
Probabilità	Basso	Basso	Basso	Intermedio
	Medio	Basso	Intermedio	Elevato
	Alto	Intermedio	Elevato	Molto Elevato

Tabella 2-2 Matrice di valutazione del rischio

2.2. Definizione del contesto di analisi: ambito territoriale di riferimento

Dal punto di vista territoriale l'opera in progetto è ubicata all'interno del territorio della provincia di Roma nel Comune di Tivoli.

In merito al tratto in oggetto, attualmente l'VIII Sifone attraversa inferiormente la Tiburtina Valeria e la ferrovia, per poi superare in ponte tubo il Fiume Aniene e riportarsi al di sotto della quota stradale in prossimità di Largo Saragat. Tale tratto permette di derivare la risorsa idrica dal sistema acquedottistico dell'Acqua Marcia con lo scopo di alimentare il quadrante Sud-Est della città di Roma.

Il presente progetto, facente parte della prima fase funzionale del Raddoppio dell'VIII Sifone tra Casa Valeria e l'Uscita Galleria Ripoli, ha lo scopo di realizzare un raddoppio della prima tratta dell'attuale VIII Sifone, oggi costituita da un ponte canale in pressione di attraversamento del Fiume Aniene, lasciando inalterate le attuali modalità di funzionamento in termini di pressione e portata

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici

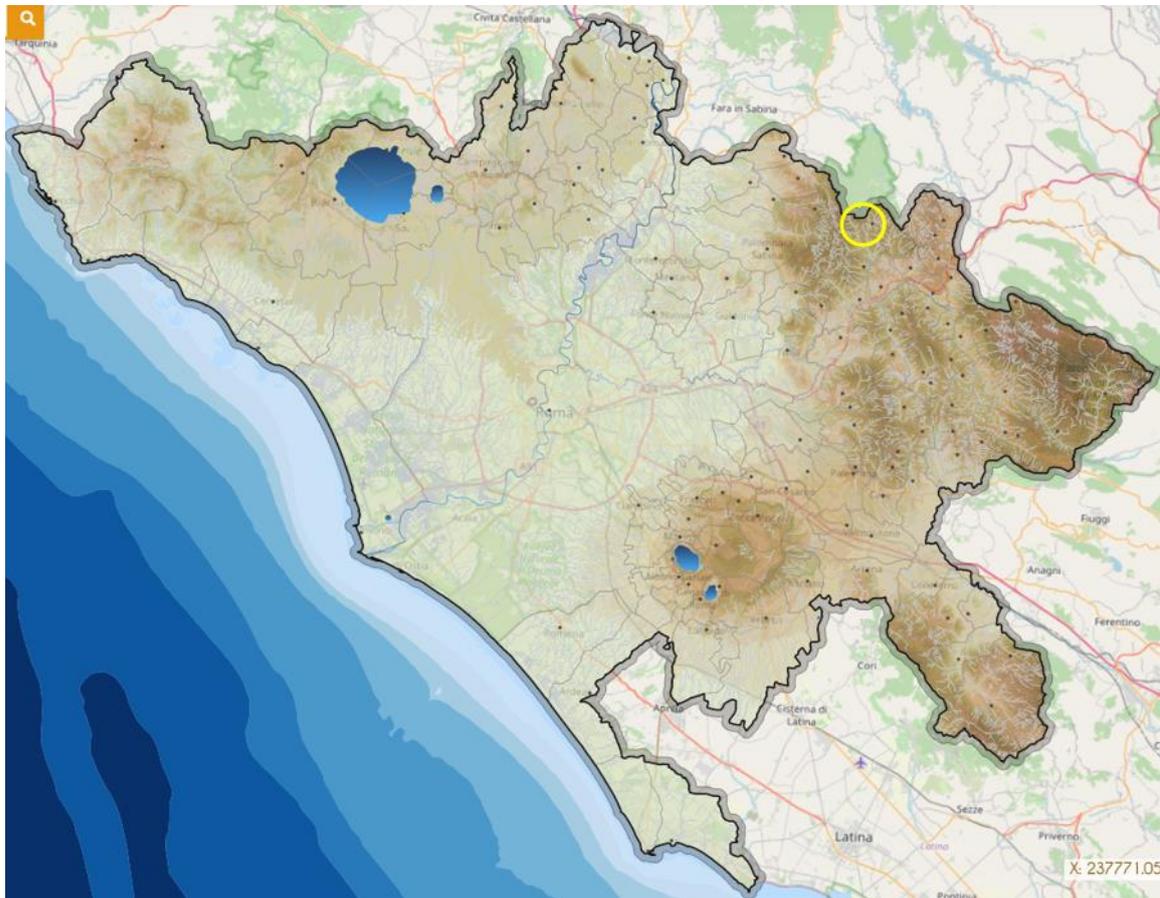


Figura 2-2 Inquadramento dell'area di progetto

2.3. Evoluzione climatica ed identificazione degli hazards climatici nazionali

2.3.1. Evoluzione Climatica Nazionale ed identificazione delle Macroregioni Climatiche

La presente sezione si avvale degli studi condotti dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare in riferimento al Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (Ministero della Transizione Ecologica, 2020) e si propone di individuare, tramite la tecnica statistica della *cluster analisi*, l'esposizione a variazioni climatiche per il contesto territoriale che ingloba l'infrastruttura di Raddoppio del VIII Sifone. In tal senso, con il termine *cluster* si vuole indicare il raggruppamento di oggetti che hanno uno o più caratteristiche in comune. Secondo il Piano Nazionale è possibile individuare sei "macroregioni climatiche omogenee" per cui i dati osservati riportano condizioni climatiche simili negli ultimi trent'anni (1981 -2010) (zonazione climatica).

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici

Sono state dunque analizzate le anomalie climatiche attese in termini di proiezioni di temperatura e precipitazione medie stagionali e dei due diversi scenari climatici RCP (*Representative Concentration Pathway* 4.5 e 8.5).

Come sintesi del processo di analisi a costruzione di un *data base* di impatti/vulnerabilità a cui le zone territoriali di interesse saranno esposte, si è proceduto con la sovrapposizione di dati necessari a definire:

1. Zonazione delle anomalie climatiche sulla base delle variazioni climatiche attese per il periodo 2021- 2050 (RCP 4.5 e RCP 8.5) per gli indicatori selezionati.
2. "Aree climatiche omogenee" – svolta attraverso la sovrapposizione delle macroregioni climatiche omogenee e della zonazione delle anomalie, per definire aree con uguale condizione climatica attuale e stessa proiezione climatica di anomalia futura.

L'individuazione delle "macroregioni climatiche omogenee" che viene proposta dal Ministero dell'Ambiente nel documento di Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, rappresenta la base per lo studio delle anomalie climatiche future e la definizione delle "aree climatiche omogenee" Nazionali. Secondo la Figura 2-3 è possibile definire:

- Macroregione 1 - Prealpi e Appennino Settentrionale
- Macroregione 2 - Pianura Padana, alto versante adriatico e aree costiere dell'Italia centro-meridionale
- Macroregione 3 - Appennino centro-meridionale e alcune zone limitate dell'Italia nordoccidentale
- Macroregione 4 - Area alpina
- Macroregione 5 - Italia settentrionale
- Macroregione 6 - Aree insulari e l'estremo sud dell'Italia

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici

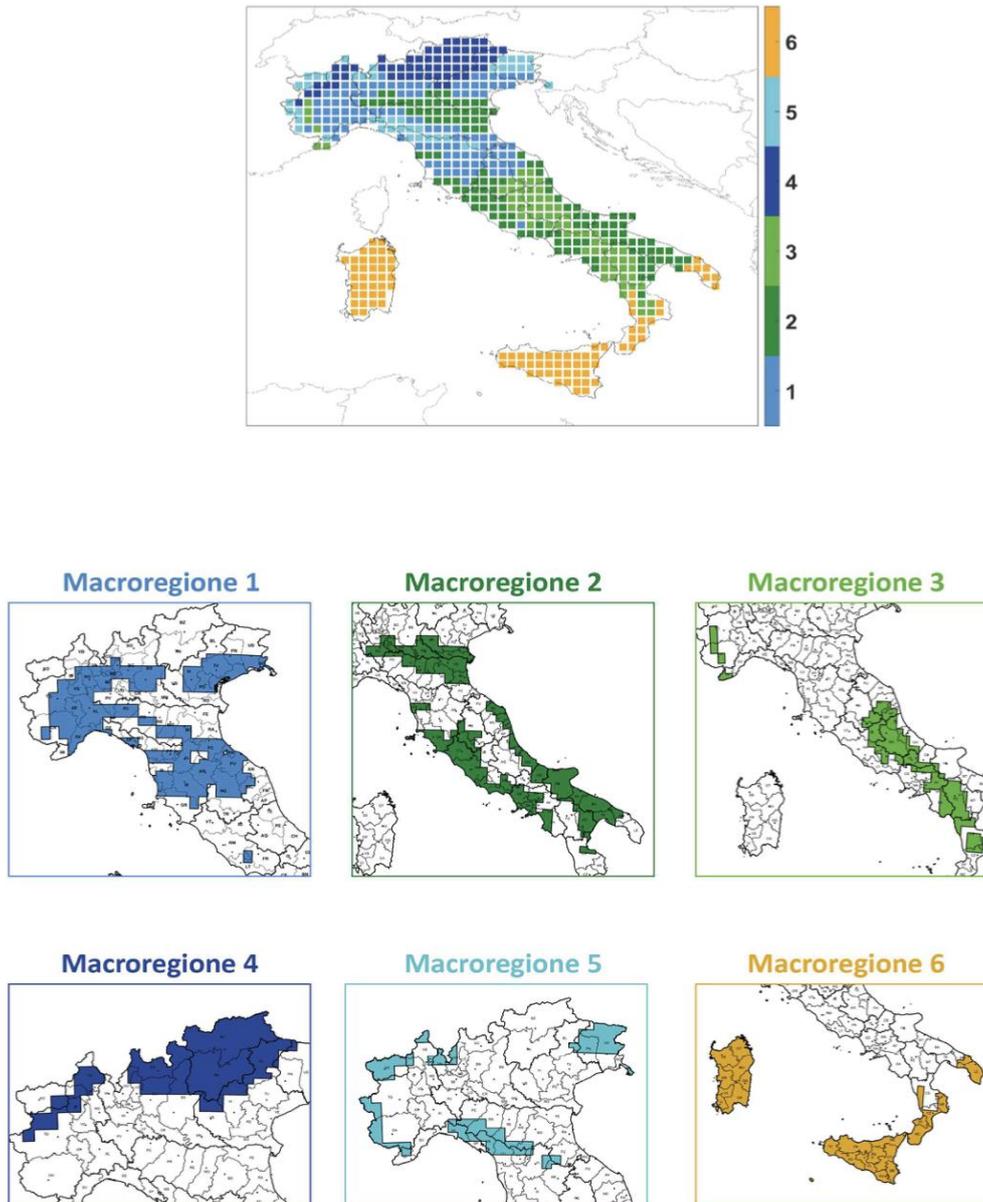


Figura 2-3 Zonazione climatica sul periodo climatico di riferimento (1981-2010)

Nello specifico la Macroregione 2 (Figura 2-4) ingloba l'area del progetto e, secondo i valori medi e la deviazione standard degli indicatori proposti dal Ministero dell'Ambiente, l'area è caratterizzata dal maggior numero di giorni, in media, al di sopra della soglia selezionata per classificare i *summer days* (29,2°C) e da temperature medie elevate. Il regime pluviometrico, in termini di valori medi ed estremi, mostra caratteristiche intermedie, mentre il numero massimo di giorni consecutivi senza pioggia (CDD) risulta essere elevato.

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici

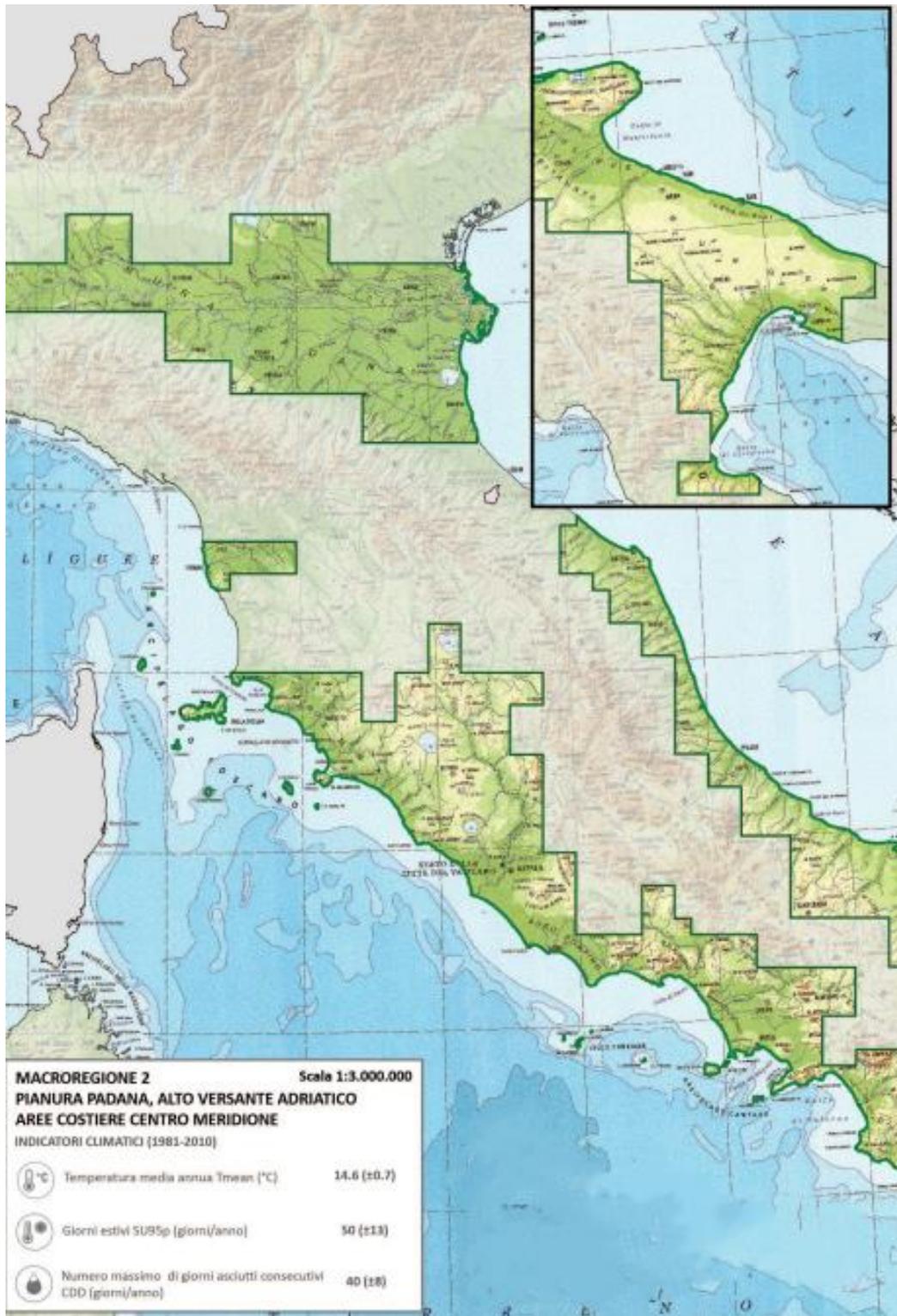


Figura 2-4 Macroregione 2 - Piano Nazionale di adattamento al cambiamento climatico - Cartografia elaborata dal CMCC su dati dell'Istituto geografico militare

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
 Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici

La Figura 2-5 riporta il quadro generale dei valori medi e delle deviazioni standard degli indicatori meteoroclimatici per la Macroregione 2.

Macroregione 2 - Pianura Padana, Alto versante Adriatico, Aree Costiere Centro Meridionale e relative aree climatiche omogenee:

RCP 4.5: area calda - secca estiva (2A), area secca (2C) e area piovosa invernale - secca estiva (2D)
 RCP 8.5: area piovosa - calda estiva (2C), area secca invernale - calda estiva (2D) e area calda - piovosa invernale - secca estiva (2E)

Indicatori climatici	Include la pianura Padana, l'alto versante adriatico e le aree costiere dell'Italia centro-meridionale (comprese le aree di Lazio e Campania a più elevata urbanizzazione). La macroregione 2 è caratterizzata dal maggior numero di giorni, in media, al di sopra della soglia selezionata per classificare i <i>summer days</i> (29,2°C) e da temperature medie elevate. Il regime pluviometrico, in termini di valori medi ed estremi, mostra caratteristiche intermedie, mentre il numero massimo di giorni consecutivi senza pioggia (CDD) risulta essere elevato.						
	 Temperatura media annua Tmean (°C) 14.6 (±0.7)	 Precipitazioni intense R20 (n. giorni/anno con precipitazioni >20mm) 4 (±1)	 Giorni con gelo FD (n. giorni/anno con Tmean <0°C) 25 (±9)	 Giorni estivi SU95p (n. giorni/anno con Tmax > 29.2 °C) 50 (±13)	 Cumulata delle precipitazioni invernali WP (mm) 148 (±55)	 Cumulata delle precipitazioni estive SP (mm) 85 (±30)	 95° percentile della precipitazione R95p (mm) 20

Figura 2-5 Valori medi e deviazione standard degli indicatori per la Macroregione 2

La Tabella 2-3 riporta l'elenco degli indicatori di riferimento con le relative abbreviazioni, descrizioni ed unità di misura che verranno presi in considerazione al fine dell'analisi per l'area in questione.

Indicatore	Abbreviazione	Descrizione	Unità di misura
Temperatura media annuale	Tmean	Media annuale della temperatura media giornaliera	(°C)
Giorni di precipitazione intense	R20	Media annuale del numero di giorni con precipitazione giornaliera superiore ai 20 mm	(giorni/anno)
Frost days	FD	Media annuale del numero di giorni con temperatura minima al di sotto dei 0°C	(giorni/anno)
Summer days	SU95p	Media annuale del numero di giorni con temperatura massima maggiore di 29.2 °C (valore medio del 95° percentile della distribuzione delle temperature massime osservate tramite E-OBS)	(giorni/anno)
Cumulata delle precipitazioni invernali	WP	Cumulata delle precipitazioni nei mesi invernali (dicembre, gennaio, febbraio)	(mm)
Cumulata delle precipitazioni estive	SP	Cumulata delle precipitazioni nei mesi estivi (giugno, luglio, agosto)	(mm)
Copertura nevosa	SC	Media annuale del numero di giorni per cui l'ammontare di neve superficiale è maggiore di un 1 cm	(giorni/anno)
Evaporazione	Evap	Evaporazione cumulata annuale	(mm/anno)
Consecutive dry days	CDD	Media annuale del massimo numero di giorni consecutivi con pioggia inferiore	(giorni/anno)

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici

Indicatore	Abbreviazione	Descrizione	Unità di misura
		a 1 mm/giorno	
95° percentile della precipitazione	R95p	95° percentile della precipitazione	(mm)

Tabella 2-3 Indice degli Indicatori

2.3.2. Zonazione delle anomalie climatiche

Al fine di individuare aree climatiche omogenee nazionali per anomalie, il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (Ministero della Transizione Ecologica, 2020) raggruppa in categorie omogenee denominate "cluster di anomalie" tutti i valori degli indicatori. La zonazione climatica delle anomalie consente di identificare cinque cluster di anomalie – da A a E – per lo scenario RCP 4.5 (cfr. Figura 2-6) e per lo scenario RCP 8.5 (cfr. Figura 2-7)

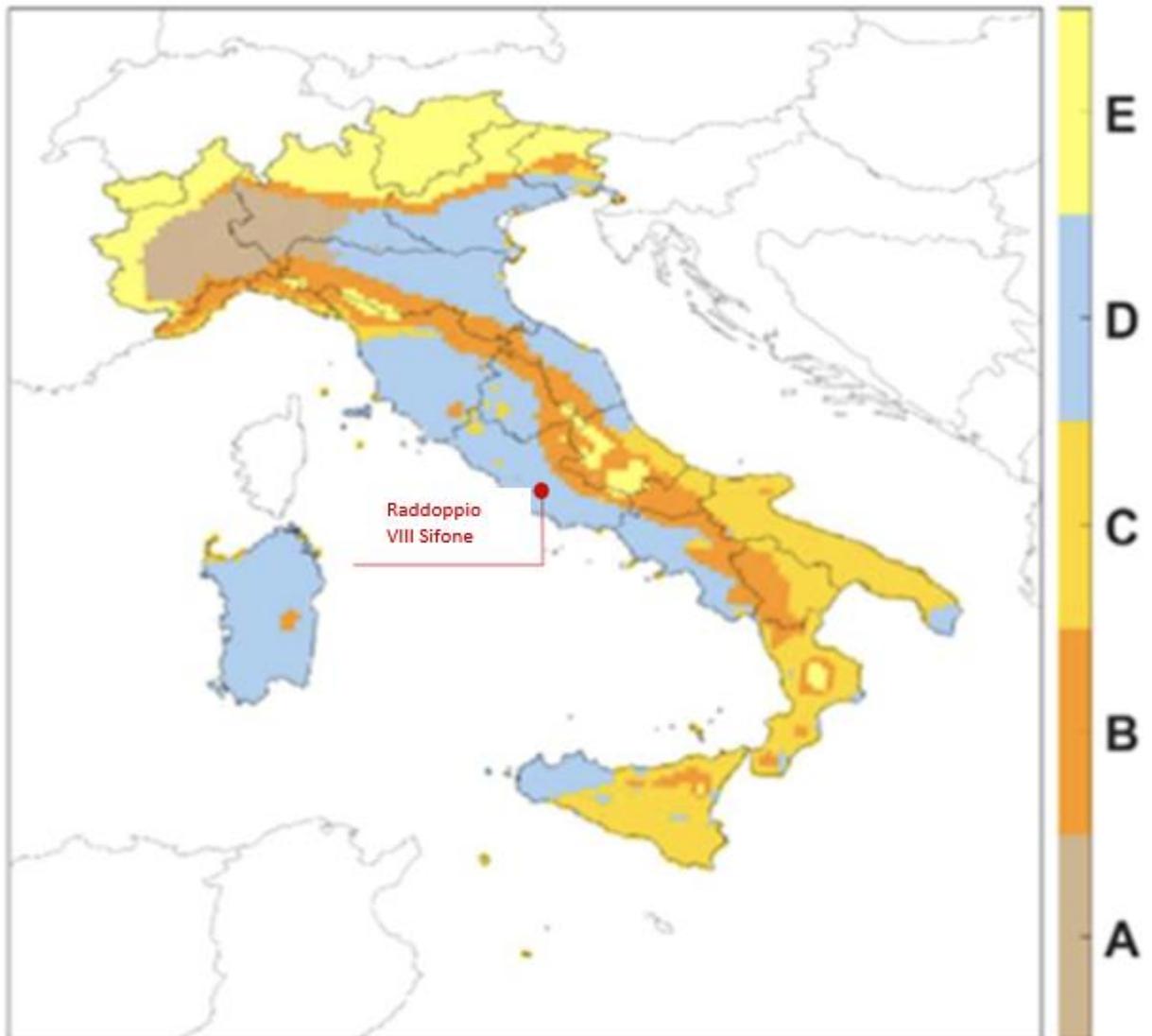
Le figure seguenti restituiscono i valori medi, in termini di anomalia, per le singole classi.

In riferimento al contesto territoriale di Tivoli, l'area interessata dal Raddoppio del VIII Sifone ricade nel Cluster D per lo scenario RCP 4.5 e nel Cluster C per lo scenario RCP 8.5.

Nello specifico:

- il Cluster D – con scenario RCP 4.5 –, individua un clima invernale piovoso e un clima estivo secco. Il cluster D è interessato da un aumento delle precipitazioni invernali (valore medio dell'aumento pari all'8%) e da una riduzione notevole di quelle estive (valore medio della riduzione pari al 25%). In generale, dalle analisi, si nota un aumento significativo sia dei fenomeni di precipitazione estremi (R95p) sia dei summer days (di 14 giorni/anno).
- Il Cluster C – con scenario RCP 8.5 –, individua un clima piovoso e caldo estivo. Il Cluster C è interessato da un aumento sia delle precipitazioni invernali che estive e da un aumento significativo dei fenomeni di precipitazione estremi (valore medio dell'aumento pari al 13%). Infine, si osserva un aumento rilevante dei summer days (di 12 giorni/anno).

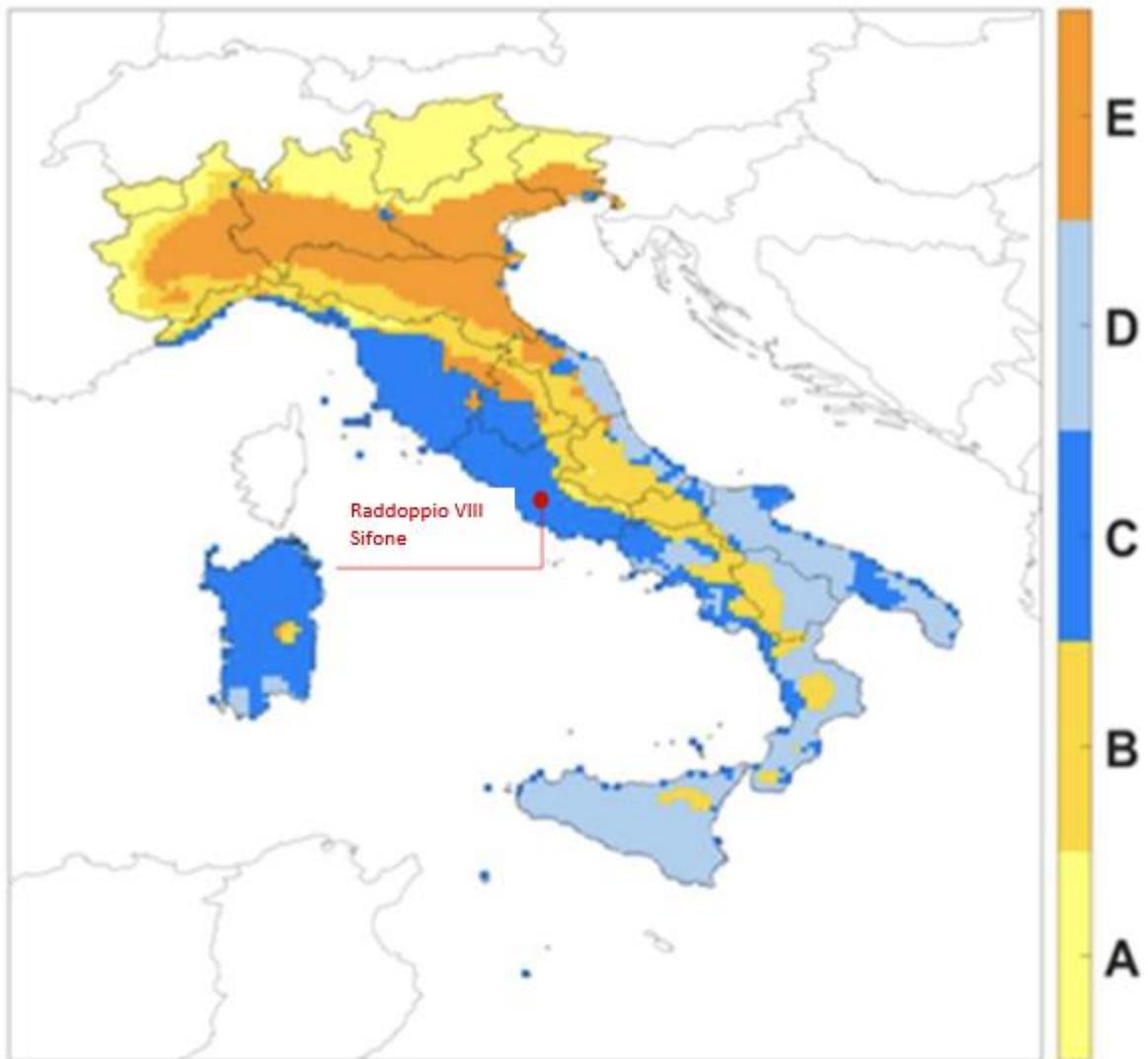
STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
 Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici



CLUSTER	Tmean (°C)	R20 (giorni/anno)	FD (giorni/anno)	SU95p (giorni/anno)	WP (%)	SP (%)	SC (giorni/anno)	Evap (%)	R95p (%)
A	1.4	-1	-20	18	-4	-27	-12	-6	1
B	1.3	-1	-19	9	-2	-24	-8	-3	3
C	1.2	0	-6	12	-5	-18	-1	-3	4
D	1.2	1	-9	14	8	-25	-1	-2	11
E	1.2	-2	-20	1	-8	-15	-21	1	-1

Figura 2-6 Scenario RCP4.5 - Mappatura e individuazione del Cluster per l'area del Raddoppio del VIII Sifone

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
 Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici



CLUSTER	Tmean (°C)	R20 (giorni/anno)	FD (giorni/anno)	SU95p (giorni/anno)	WP (%)	SP (%)	SC (giorni/anno)	Evap (%)	R95p (%)
A	1.5	1	-23	1	13	-11	-20	2	5
B	1.6	0	-28	8	2	-7	-18	1	6
C	1.5	1	-14	12	7	3	-1	2	13
D	1.5	0	-10	14	-4	14	-1	-8	6
E	1.5	1	-27	14	16	-14	-9	2	9

Figura 2-7 Scenario RCP 8.5 - Mappatura e individuazione del Cluster per l'area del Raddoppio del VIII Sifone

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici

Tra i due scenari considerati si evidenziano alcune differenze in termini di eventi estremi: per lo scenario RCP8.5 si osserva un lieve aumento percentile della precipitazione (R95p) rispetto allo scenario RCP4.5. Mentre per le anomalie WP e SP definite nello scenario RCP4.5 si evidenzia una riduzione, nel caso dello scenario RCP8.5, la Macroregione 2, sarà soggetta ad un aumento di precipitazioni estive e invernali.

2.3.3. Aree Climatiche Omogenee

Dall'intersezione delle 6 macroregioni climatiche omogenee identificate con l'analisi del clima attuale e i 5 cluster di anomalie scaturiscono 13 principali "aree climatiche omogenee" per i due scenari (RCP4.5 e RCP8.5), ossia le aree del territorio nazionale con uguale condizione climatica attuale e stessa proiezione climatica di anomalia futura.

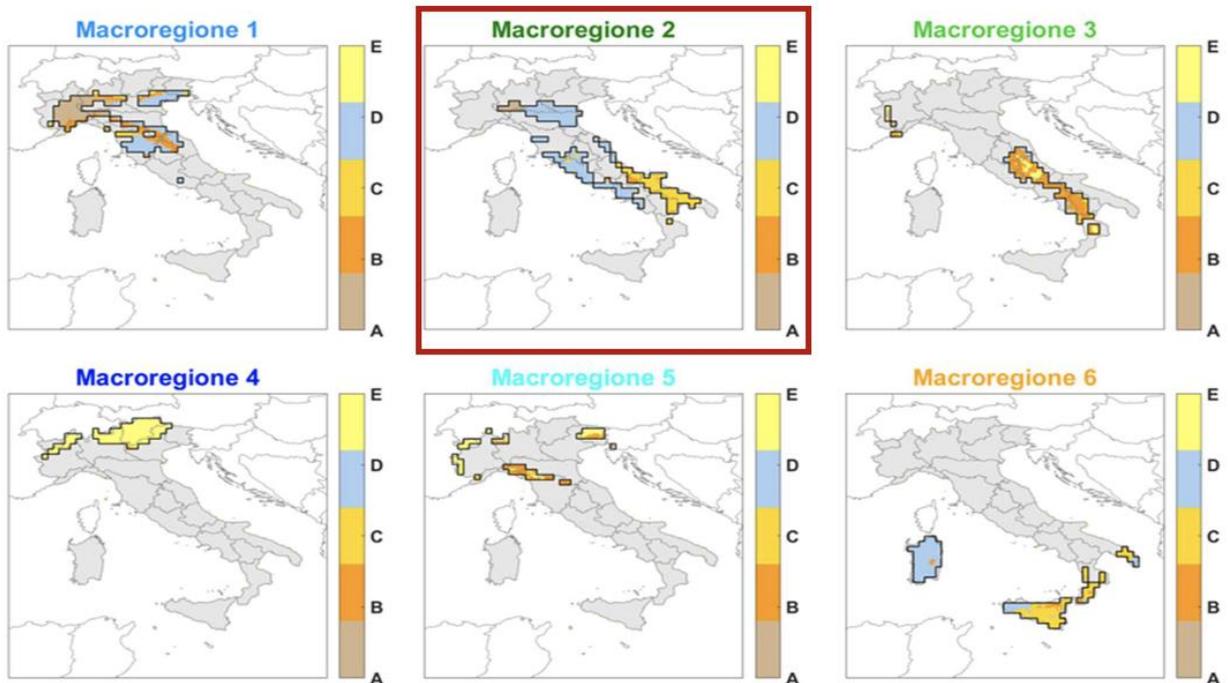
Per agevolare i successivi studi settoriali e facilitare l'individuazione delle anomalie prevalenti per ciascuna macroregione climatica omogenea, i cluster delle anomalie sono stati visualizzati separatamente per ognuna delle sei macroregioni climatiche omogenee, sia per lo scenario RCP4.5 (cfr. Figura 2-8) sia per lo scenario RCP8.5 (cfr. Figura 2-9).

Nello specifico dell'area ricadente nella Macroregione 2, si possono definire due scenari dati dall'intersezione tra Macroregione climatica omogenea 1 e area climatica omogenea secondo scenario RCP 4.5 – cluster D – e scenario RCP 8.5 – cluster C – che permettono di definire le seguenti anomalie:

1. Macroregione 2 secondo scenario RCP 4.5 – che ingloba l'area nel Cluster D – le anomalie principali prevedono:
 - Aumento dei fenomeni di precipitazioni invernali e riduzione di quelle estive;
 - Aumento significativo dei *summer days*.
2. Macroregione 2 secondo scenario RCP 8.5 – che ingloba l'area nel Cluster C – le anomalie principali prevedono:
 - Aumento complessivo dei fenomeni di precipitazione anche estremi;
 - Aumento significativo dei *summer days*.

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici



Macroregioni climatiche omogenee



Cluster delle anomalie

Valori medi delle macroregioni

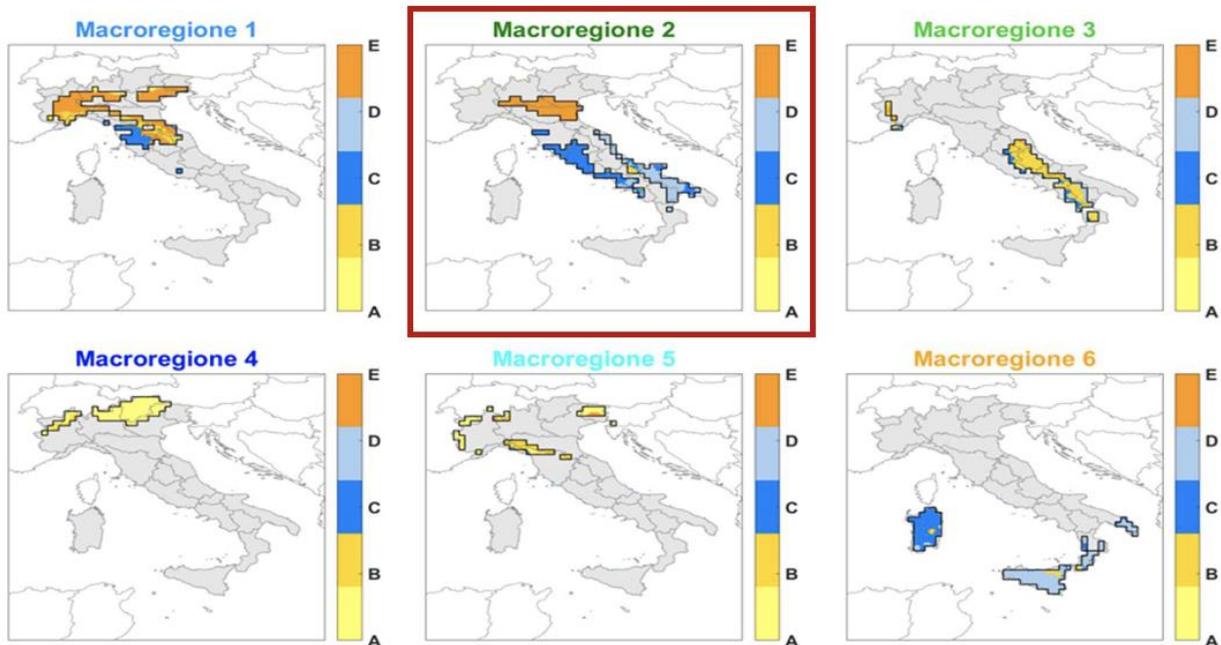
Macroregioni	Tmean (°C)	R20 (giorni/anno)	FD (giorni/anno)	SU95p (giorni/anno)	WP (mm)	SP (mm)	R95p (mm)	CDD (giorni/anno)
1	13	10	51	34	187	168	28	33
2	14.6	4	25	50	148	85	20	40
3	14.2	8	33	40	164	70	17	36
4	5.7	10	152	1	143	286	25	32
5	8.3	21	112	8	321	279	40	28
6	16	3	2	35	179	21	19	70

Valori medi dei cluster delle anomalie (2021-2050 vs 1981-2010)

CLUSTER	Tmean (°C)	R20 (giorni/anno)	FD (giorni/anno)	SU95p (giorni/anno)	WP (mm)	SP (mm)	SC (giorni/anno)	Evap (mm/anno) (%)	R95p (mm) (%)
A	1.4	-1	-20	18	-4	-27	-12	-6	1
B	1.3	-1	-19	8	-2	-24	-8	-3	3
C	1.2	0	-6	12	-5	-18	-1	-3	4
D	1.2	1	-9	14	8	-23	-1	-2	11
E	1.2	2	20	1	6	16	21	1	1

Figura 2-8 Zonazione climatica delle anomalie (2021-2050 vs 1981-2010, scenario RCP4.5) per ciascuna delle sei macroregioni

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
 Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici



Macroregioni climatiche omogenee



Cluster delle anomalie



Valori medi delle macroregioni

Macroregioni	Tmean (°C)	R20 (giorni/anno)	FD (giorni/anno)	SU95p (giorni/anno)	WP (mm)	SP (mm)	R95p (mm)	CDD (giorni/anno)
1	12	10	61	34	167	166	36	33
2	14.6	4	25	50	148	85	20	40
3	12.2	4	35	15	182	76	19	38
4	5.7	10	152	1	143	286	25	32
5	8.3	21	112	8	321	279	40	28
6	16	3	2	35	179	21	19	70

Valori medi dei cluster delle anomalie (2021-2050 vs 1981-2010)

CLUSTER	Tmean (°C)	R20 (giorni/anno)	FD (giorni/anno)	SU95p (giorni/anno)	WP (mm)	SP (mm)	SC (giorni/anno)	Evap (mm/anno)	R95p (mm)
A	1.5	1	-23	1	13	-11	-20	2	5
B	1.6	0	-28	8	2	-7	-18	1	6
C	1.5	1	-14	12	7	3	-1	2	13
D	1.5	0	-10	14	-4	14	-1	-3	6
E	1.5	1	-27	14	16	-14	-9	2	9

Figura 2-9 Zonazione climatica delle anomalie (2021-2050 vs 1981-2010, scenario RCP8.5) per ciascuna delle sei macroregioni.

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici

**2.3.4. Sintesi degli Hazards e valutazione della probabilità
 Identificazione degli Hazards**

Come espresso nella parte metodologica, una volta definito lo scenario evolutivo occorre definire gli Hazards rispetto ai quali poter valutare la vulnerabilità e successivamente il rischio.

Si è considerato quanto individuato dalla Tassonomia Europea e nello specifico quanto definito dalle procedure per "non arrecare un danno significativo". Tale metodologia, in relazione ai cambiamenti climatici prevede la definizione di alcuni Hazards specifici, suddivisi in "Cronici" ed "Acuti".

Detti Hazards sono inoltre suddivisi in 4 macro categorie:

- Temperatura,
- Venti,
- Acque,
- Massa Solida

Di seguito le tabelle esplicitano e approfondiscono le macro categorie secondo Hazards climatici Cronici e Hazards Climatici Acuti.

CRONICI			
Temperatura	Venti	Acque	Massa solida
Cambiamento della temperatura (aria, acque dolci, acque marine)	Cambiamento del regime dei venti	Cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	Erosione costiera
Stress termico		Variabilità idrologica o delle precipitazioni	Degradazione del suolo
Variabilità della temperatura		Acidificazione degli oceani	Erosione del suolo
Scongelamento del permafrost		Intrusione salina	Soliflusso
	Innalzamento del livello del mare		
	Stress idrico		

Tabella 2-4 Hazards Climatici Cronici

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
 Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici

ACUTI			
Temperatura	Venti	Acque	Massa solida
Ondata di calore	Ciclone, uragano, tifone	Siccità	Valanga
Ondata freddo / gelata	Tempesta (comprese quelle di neve, polvere o sabbia)	Forti precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	Frana
Incendio di incolto	Tromba d'aria	Inondazione (costiera, fluviale, pluviale, di falda)	Subsidenza
		Collasso di laghi glaciali	

Tabella 2-5 Hazards Climatici Acuti

Partendo da tale suddivisione, la sintesi dell'analisi sugli *Hazards* climatici che potranno interessare la porzione territoriale all'interno della quale è inglobato il progetto in esame, è riportata di seguito.

Analisi della probabilità di accadimento di Hazards Cronici e Acuti nel contesto territoriale del Raddoppio del VIII Sifone.

Secondo gli scenari delineati in precedenza, il contesto territoriale di riferimento del progetto di Raddoppio del VIII Sifone è esposto ad anomalie differenti a seconda dei quadri RCP 4.5 e RCP 8.5.

Dall'incrocio delle seguenti anomalie è possibile avere una previsione di massima rispetto alle anomalie climatiche - Hazards climatici cronici e/o acuti - di cui al paragrafo precedente.

Il risultato dato dall'incrocio delle anomalie derivanti dall'analisi degli scenari RCP 4.5 e RCP 8.5, è proposto attraverso una differente campitura delle caselle in Tabella 2-7.

Secondo tre livelli di probabilità - come da definizione riportata nel paragrafo relativo alla metodologia - si propone una lettura per colori che al valore alto associa il colore rosso, al valore basso il verde e al valore medio il giallo.

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
 Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici

Basso
Medio
Alto

Tabella 2-6 Livelli di valutazione della probabilità

	Temperatura	Venti	Acque	Massa solida
CRONICI	Cambiamento della temperatura (aria, acque dolci, acque marine)	Cambiamento del regime dei venti	Cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	Erosione costiera
	Stress termico		Variabilità idrologica o delle precipitazioni	Degradazione del suolo
	Variabilità della temperatura		Acidificazione degli oceani	Erosione del suolo
	Scongelamento del permafrost		Intrusione salina	Soliflusso
	Innalzamento del livello del mare			
			Stress idrico	
ACUTI	Ondata di calore	Ciclone, uragano, tifone	Siccità	Valanga
	Ondata freddo / gelata	Tempesta (comprese quelle di neve, polvere o sabbia)	Forti precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	Frana
	Incendio di incolto	Tromba d'aria	Inondazione (costiera, fluviale, pluviale, di falda)	Subsidenza
		Collasso di laghi glaciali		

Tabella 2-7 Incrocio delle anomalie RCP 4.5 – RCP 8.5. Sintesi degli hazards climatici cronici e acuti.

La sintesi proposta in tabella prende in considerazione la probabilità di esposizione:

- ad un aumento complessivo di fenomeni di precipitazione invernali anche estremi
- ad una riduzione delle precipitazioni estive con aumento significativo dei *summer days*.

2.4. Identificazione delle possibili vulnerabilità del contesto territoriale e del sistema acquedotto

2.4.1. Aspetti generali

I diversi modelli climatici, assieme agli studi condotti dall'IPCC, sono concordi nel valutare un aumento della temperatura terrestre fino al 2°C nel periodo 2021-2050 (rispetto a 1981 -2010). Tale variazione – in riferimento al contesto territoriale in esame – può raggiungere i 5°C nell'arco temporale della fine del secolo. Tra i principali risultati evidenziati dalle analisi delle proiezioni climatiche future – per il medio e il lungo periodo – vi è una diminuzione delle precipitazioni estive e un generale aumento delle precipitazioni invernali. Associato a questi segnali, qualora il contesto fosse soggetto ad elevate emissioni di gas serra, è possibile prevedere un aumento della massima precipitazione giornaliera per la stagione autunnale (Allen et al., 2018; Lean & Rind, 2009).

Sia per lo scenario ad emissioni contenute che per quello ad emissioni elevate, emerge un consistente aumento di giorni con temperatura minima superiore a 27°C in estate e, nella stessa stagione, un aumento della durata dei periodi senza pioggia. Tra le conseguenze indotte dal cambiamento climatico, gli impatti su beni e servizi ecosistemici – a sostegno dei sistemi socioeconomici attraverso la fornitura di risorse e servizi di regolazione del clima – comporterà un cambiamento dell'assorbimento/rilascio e redistribuzione del calore e dei gas atmosferici.

La valutazione di questi impatti risulta però particolarmente complessa poiché i parametri che entrano in gioco nell'identificazione delle possibili vulnerabilità, sono diversi e possono in via generale essere classificati come naturali e come derivanti da una più diretta influenza antropica.

I fattori naturali di afflusso e deflusso sono essenzialmente: le precipitazioni e l'evapotraspirazione.

Tra i fattori di origine antropica rientrerebbero le estrazioni di acqua a mezzo di pozzi e l'eventuale ricarica artificiale della falda qualora si verificassero eventi di siccità estrema. Per quanto riguarda questi ultimi fattori si è preferito tralasciarli essendo difficile, allo stato attuale, una stima attendibile.

Pertanto, concentrandosi sul comportamento delle infrastrutture dedicata al trasporto della risorsa idrica al manifestarsi di:

1. Eventi di precipitazioni intensi in regime invernale con conseguente degrado del suolo e rischio di frana:
 - L'approvvigionamento idrico potrebbe essere soggetto ad un aumento in termini di accumulo che potrebbe compromettere la capacità di trasporto dell'infrastruttura e conseguenti limitazioni sulle possibilità di governo dell'acquedotto;

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici

- Un aumento del tasso di run-off comporterebbe un maggior dilavamento di sostanze presenti nel terreno (Benítez-Gilabert et al., 2010; Gascuel-Odoux et al., 2010; Loos et al., 2009, 2010; Rickards & Howden, 2012) andando ad incidere sulla massa solida;
2. Diminuzione delle precipitazioni medie annue in regime estivo, aumento della temperatura massima annuale e giornaliera in concomitanza con fenomeni prolungati di siccità:
- Fenomeni di siccità e conseguente riduzione delle portate, unite a condizioni di sovra sfruttamento della risorsa idrica, possono influire sulla mobilità della risorsa in essere comportando scarsa funzionalità o, addirittura, assenza del servizio.

La sintetica panoramica sopra riportata mira ad evidenziare la variabilità dei potenziali impatti che il cambiamento climatico potrebbe comportare sulle infrastrutture di distribuzione della risorsa idrica e sulla continuità del servizio. Pertanto, le azioni volte a migliorare la capacità di adattamento (ovvero comprendere i problemi, valutare i problemi, selezionare e attuare misure di adattamento, comunicazione e coinvolgimento degli *stakeholder*) necessitano di un approccio locale con attenzione alla messa in rete delle intere opere infrastrutturali. Rispetto alle anomalie climatiche analizzate e sintetizzate nel precedente paragrafo, si definiscono di seguito le probabili vulnerabilità climatiche a cui il contesto territoriale e il sistema infrastrutturale idrico potranno essere esposte. In tal senso si propone un'analisi incrociata tra anomalie climatiche a cui l'area potrà essere esposta in maniera elevata (rosso) e media (arancione) e impatti potenziali relativi alle variazioni: (i) di acque; (ii) di degrado del suolo. Tali valutazioni sono state svolte per delineare in fase successiva, una più coerente analisi del rischio.

2.4.2. Categoria Acque

Il rischio maggiore, collegato agli eventi piovosi estremi e in generale all'aumento di forti precipitazioni, è di natura indiretta e comporta alterazioni del territorio quali frane e cedimenti che possono compromettere la continuità, la funzionalità e la gestione della rete di distribuzione. Tale aspetto viene approfondito nel sotto paragrafo successivo dal nome "Massa Solida".

A livello di operatività gli impatti principali che possono manifestarsi in regime invernale e estivo sono:

- la mancata possibilità di approvvigionamento idrico;
- la compromissione del trasporto e della distribuzione della risorsa acqua;
- la limitazione di governo dell'infrastruttura acquedottistica;
- la riduzione della portata;

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici

- la mancanza di mobilità e il conseguente mal funzionamento o assenza di servizio.

A seguito delle analisi condotte in riferimento al progetto in esame, la vulnerabilità del nuovo sistema acquedottistico risulta bassa rispetto agli Hazards climatici a cui questo potrebbe essere esposto (cfr. Tabella 2-8).

Acque	
Hazard climatico	Vulnerabilità Raddoppio VIII Sifone
Cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	Mancata possibilità di approvvigionamento idrico
Variabilità idrologica o delle precipitazioni	Compromissione del trasporto e della distribuzione della risorsa idrica
Stress idrico	Riduzione della portata e conseguente difficoltà di gestione delle risorse a disposizione
Siccità	Mal funzionamento del sistema o assenza di servizio
Forti precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	Limitazione di governo dell'infrastruttura e conseguente difficoltà di gestione dell'acquedotto

Tabella 2-8 Vulnerabilità legata agli Hazard relativi alle acque

2.4.3. Categoria Massa solida

La variazione climatica relativa al degradamento e all'erosione del suolo influisce sul sistema di trasporto idrico all'interno di un quadro della stabilità geomorfologica del contesto territoriale di riferimento.

Come per le Acque, le vulnerabilità delle caratteristiche infrastrutturali per cedimento del suolo, sono di tipo operativo. Tali vulnerabilità sono state, dunque, trattate coerentemente all'impatto originale e relativamente agli aspetti di difesa del suolo, concorrendo alla resilienza della nuova opera infrastrutturale (cfr. Tabella 2-9).

Massa solida	
Hazard climatico	Vulnerabilità Raddoppio VIII Sifone
Degradazione del suolo	Possibile danneggiamento e degrado dei materiali costituenti l'opera
Erosione del suolo	Riduzione delle capacità meccaniche e della qualità del suolo
Soliflusso	Mancata possibilità di ispezione dei componenti infrastrutturali o di pozzi
Frana	Possibili fenomeni di danneggiamento e/o scalzamento dell'opera

Tabella 2-9 Vulnerabilità legata agli Hazards relativi alla Massa Solida

2.5. Valutazione del Rischio

2.5.1. Aspetti generali

Nel quadro generale relativo alle nuove condotte, si sollecita un cambiamento in relazione a due tipi di fenomeni climatici che influenzeranno tali opere:

1. La variazione nelle precipitazioni, che influenza negativamente la stabilità dei terreni comportando rischi che possono compromettere l'opera stessa, il funzionamento e la gestione delle risorse idriche;
2. L'aumento di valori estremi di temperatura in regime estivo, che in generale costituiscono un pericolo a livello di esposizione del contesto territoriale a stress idrici e periodi di siccità.

Di seguito si propone la valutazione dei possibili rischi a cui l'area che ingloba il progetto in esame potrebbe essere esposta. L'analisi propone una lettura degli *Hazards* climatici vs vulnerabilità per l'individuazione di quattro gradi di rischio ai quali vengono associati quattro colori rispettivamente illustrati in legenda, così come già indicati nella metodologia.

Basso
Intermedio
Elevato
Molto elevato

Tabella 2-10 Livelli di rischio

2.5.2. Categoria Acque

Secondo un cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni e data la variabilità idrogeologica, i rischi rispetto agli *Hazards* correlati alle acque risultano variare da un grado intermedio – rispettivamente al manifestarsi di fenomeni legati alla variazione e al manifestarsi di forti eventi di precipitazioni e qualora si dovessero presentare fenomeni estremi di siccità – ad un grado basso – laddove si presentano fenomeni di cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni –.

Questo è possibile perché la realizzazione della nuova infrastruttura è costituita da due nuove condotte completamente interrato messe a sistema, in grado di sopperire a qualsiasi evento naturale che dovesse provocarne il fuori servizio.

Di seguito la Tabella 2-11 individua il grado di rischio – dato dall'incrocio tra *Hazards* climatici e vulnerabilità del sistema acquedottistico –, attraverso campitura come da legenda sopra illustrata.

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
 Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici

Acque	
Hazard climatico	Rischio
Cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	Basso
Variabilità idrologica o delle precipitazioni	Intermedio
Stress idrico	Intermedio
Siccità	Intermedio
Forti precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	Intermedio

Tabella 2-11 Individuazione del grado di rischio degli Hazards relativi alle acque

2.5.3. **Categoria Massa solida**

In merito ai rischi correlati alla massa Solida, in considerazione anche del contesto territoriale in cui si inserisce l'opera e della tipologia di opere d'arte/infrastruttura di progetto, i rischi risultano di grado basso in quanto l'infrastruttura di trasporto è completamente realizzata in sotterranea, tranne un breve tratto fuori terra, con coperture tali da non risentire gli effetti dovuti a degradazione, erosione e movimenti gravitativi. Nello specifico, la Tabella 2-12 permette di verificare il comportamento dell'infrastruttura al manifestarsi di fenomeni climatici estremi.

Massa solida	
Hazard climatico	Rischio
Degradazione del suolo	Basso
Erosione del suolo	Basso
Soliflusso	Basso
Frana	Basso

Tabella 2-12 Individuazione del grado di rischio degli Hazards per Massa Solida

2.6. **Sintesi dell'incrocio probabilità - vulnerabilità - rischio e strategie progettuali**

Alla luce delle analisi effettuate si riporta un quadro di sintesi della probabilità di accadimenti di eventi calamitosi derivanti dagli hazard climatici e vulnerabilità del VIII Sifone con conseguente rischio di esposizione.

Dalla Tabella 2-13 è possibile desumere come gli interventi previsti il progetto di Raddoppio del VIII Sifone permettano di definire l'opera resiliente di fronte ai

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici

possibili eventi innescati dal cambiamento climatico in relazione alla categoria Acque.

Acque		
Hazard climatico	Vulnerabilità Raddoppio VIII Sifone	Rischio
Cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	Mancata possibilità di approvvigionamento idrico	Basso
Variabilità idrologica o delle precipitazioni	Compromissione del trasporto e della distribuzione della risorsa idrica	Intermedio
Stress idrico	Riduzione della portata e conseguente difficoltà di gestione delle risorse a disposizione	Intermedio
Siccità	Mal funzionamento del sistema o assenza di servizio	Intermedio
Forti precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	Limitazione di governo dell'infrastruttura e conseguente difficoltà di gestione dell'acquedotto	Intermedio

Tabella 2-13 Quadro di sintesi - Acque

Dalla Tabella 2-14 è possibile desumere come il progetto permetta di definire l'opera sicura rispetto a fenomeni di erosione, degrado, soliflusso e frana.

Massa solida		
Hazard climatico	Vulnerabilità Raddoppio VIII Sifone	Rischio
Degradazione del suolo	Possibile danneggiamento e degrado dei materiali costituenti l'opera	Basso
Erosione del suolo	Riduzione delle capacità meccaniche e della qualità del suolo	Basso
Soliflusso	Mancata possibilità di ispezione dei componenti infrastrutturali o di pozzi	Basso
Frana	Possibili fenomeni di danneggiamento e/o scalzamento dell'opera	Basso

Tabella 2-14 Quadro di sintesi - Massa Solida

Con richiamo alla strategia progettuale adottata, le scelte di progetto sono state volte alla massimizzazione della resilienza dell'opera.

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Analisi della vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici

Secondo quanto riportato nel presente allegato, l'opera ha un **rischio basso** ai cambiamenti climatici in quanto, il progetto stesso fa sì che la vulnerabilità dell'opera agli hazard climatici previsti sia bassa.

Questo è possibile grazie ai seguenti accorgimenti progettuali che garantiscono un'elevata resilienza in quanto assicurano:

- robustezza strutturale e durabilità assicurata dall'utilizzo di materiali e tecnologie idonee a garantire la protezione igienico-sanitaria della risorsa trasportata ed affidabilità di esercizio;
- ridondanza, dovuta al fatto che le linee di attraversamento del fiume Aniene sono raddoppiate rispetto alla condizione odierna e connesse tra loro;
- flessibilità, ispezionabilità, monitorabilità e manutenibilità delle opere, garantita dai punti di accesso della condotta e dagli organi di governo installati sul nuovo sistema.

Tale soluzione progettuale consente di ottenere un generale miglior funzionamento del sistema, ottimizzando e potenziando le modalità di captazione dell'acqua e garantendo sempre una buona qualità della stessa, senza modificare l'uso attuale del suolo.

3. Riferimenti bibliografici

1. Allen, M. R., Pauline Dube, O., Solecki, W., Aragón-Durand, F., Cramer France, W., Humphreys, S., Dasgupta, P., Millar, R., Dube, O., Solecki, W., Aragón-Durand, F., Cramer, W., Humphreys, S., Kainuma, M., Kala, J., Mahowald, N., Mulugetta, Y., Perez, R., Wairiu, M., ... Waterfield, T. (2018). *Special report IPCC 2018_Chapters 1*. Australia.
2. Benítez-Gilabert, M., Alvarez-Cobelas, M., & Angeler, D. G. (2010). Effects of climatic change on stream water quality in Spain. *Climatic Change*, 103(3), 339–352. <https://doi.org/10.1007/S10584-009-9778-9>
3. Gascuel-Oudou, C., Weiler, M., & Molenat, J. (2010). Effect of the spatial distribution of physical aquifer properties on modelled water table depth and stream discharge in a headwater catchment. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14(7), 1179–1194. <https://doi.org/10.5194/HESS-14-1179-2010>
4. Lean, J. L., & Rind, D. H. (2009). How will Earth's surface temperature change in future decades? *Geophysical Research Letters*, 36(15). <https://doi.org/10.1029/2009GL038932>
5. Loos, R., Gawlik, B. M., Locoro, G., Rimaviciute, E., Contini, S., & Bidoglio, G. (2009). EU-wide survey of polar organic persistent pollutants in European river waters. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, 157(2), 561–568. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2008.09.020>
6. Loos, R., Locoro, G., & Contini, S. (2010). Occurrence of polar organic contaminants in the dissolved water phase of the Danube River and its major tributaries using SPE-LC-MS2 analysis. *Water Research*, 44(7), 2325–2335. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.12.035>
7. Ministero della Transizione Ecologica. (2020). *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici PNACC*.
8. Rickards, L., & Howden, S. M. (2012). Transformational adaptation: Agriculture and climate change. *Crop and Pasture Science*, 63(3), 240–250. <https://doi.org/10.1071/CP11172>