

**Nuova S.S.195 "Sulcitana" Tratto Cagliari - Pula  
Collegamento con la S.S.130 e aeroporto di Cagliari Elmas  
Opera Connessa Nord**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**PROGETTAZIONE: RTI GPI-IRD-SAIM-HYPRO**

<p><b>IL GEOLOGO</b></p> <p><i>Dott. Geol. Marco Leonardi</i></p> <p>Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1541</p>	<p><b>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</b></p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111 settore a-b-c</p> <p><i>Ing. Paolo Orsini</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 13817</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p> <p><i>Ing. Vincenzo Secreti</i> Ordine Ingegneri Provincia di Crotone n. 412</p>	<p><b>GRUPPO DI PROGETTAZIONE (Mandatario)</b></p> <p><b>GPI INGEGNERIA</b> GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</p> <p><b>IRD ENGINEERING</b></p> <p><b>SAIM</b> Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</p> <p><b>HYpro</b> srl</p> <p><b>IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</b> <i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>
<p><b>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</b></p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p>	<p><b>VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</b></p> <p><i>Ing. Michele Coghe</i></p>	<p>(Mandante)</p> <p>(Mandante)</p>

**STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE  
MOTIVAZIONI DELL'INTERVENTO E SCENARIO DI BASE  
RELAZIONE SULLE MOTIVAZIONI DELL'INTERVENTO E SCENARIO DI BASE –  
ANALISI DELL'IMPATTO SUI CAMBIAMENTI CLIMATICI**

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV.	ANNO	T00IA02AMBRE02_A		
DPCA0150	D	23	CODICE ELAB. T 0 0 I A 0 2 A M B R E 0 2	A	-
D					
C					
B					
A	Emissione		Giugno '23	Ronchi	Signorelli / Guiducci
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO / APPROVATO

## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>2</b>
<b>2. ANALISI DEI DATI STORICI OSSERVATI .....</b>	<b>4</b>
<b>3. ANALISI DELLE PROIEZIONI CLIMATICHE FUTURE.....</b>	<b>8</b>
3.1. ANALISI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO ATTESO DI AREA VASTA.....	9
3.2. STIMA DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULL'AREA DELLA PROVINCIA DI CAGLIARI..	12
3.2.1. Zonazione delle anomalie climatiche .....	15
3.3. STIMA CONCLUSIVA DEI DATI PREVISIONALI (VALUTAZIONE CMCC).....	20
<b>4. PERICOLI LEGATI AL CLIMA E AL CAMBIAMENTO CLIMATICO.....</b>	<b>21</b>
4.1. INTERVENTI DI PROGETTO – S.S. 195 “SULCITANA” OPER CONNESSA NORD .....	21
4.1.1. Scavalco fascia tubiera alla prog. 8+366.00 .....	21
4.1.2. ponte scavalco fascio tubiero alla prog. 6+749.00.....	23
4.1.3. Ponte scavalco deviazione canale emboi alla prog. 7+814.00 .....	24
4.1.4. cavalcavia asse principale svincolo capoterra – casic.....	26
4.1.5. ponte su canale imboi svincolo capoterra – casic.....	28
4.1.6. ponte su canale imboi svincolo capoterra - casic ramo a .....	29
4.1.7. ponte su canale imboi svincolo capoterra - casic ramo b .....	31
4.1.8. sottopasso scatolare strada di accesso alla dorsale casic alla prog. 9+205.00.....	33
4.1.9. opere d'arte minori – opere idrauliche.....	34
4.2. CLASSIFICAZIONE DEI PERICOLI LEGATI AL CLIMA SECONDO L'APPENDICE A DEI CRITERI DI VAGLIO TECNICO .....	36
4.2.1. Fattore temperatura .....	37
4.2.2. Fattore Venti.....	40
4.2.3. Fattore Acqua.....	44
4.2.4. Fattore massa solida.....	47
<b>5. CONCLUSIONI .....</b>	<b>50</b>

## 1. INTRODUZIONE

La presente analisi riguarda il Progetto Definitivo per la costruzione del nuovo tracciato della SS195 "Sulcitana" nel tratto che ricade nei comuni di Assemmini (CA) e Capoterra (CA) inserito nel tratto Cagliari-Pula e definito come "Opera Connessa NORD". L'infrastruttura prevede la creazione di un nuovo collegamento che parte dallo svincolo al km11 della SP2, percorre la Dorsale Casic in località Macchiareddu, si ricollega al lotto denominato "Opera Connessa SUD" (in fase di costruzione) in corrispondenza dello svincolo Inceneritore-Dorsale Casic e di qui arriva fino allo svincolo esistente Su Loi-Villa d'Orri ed attraverso il tracciato già realizzato si collega alla SS195 nei pressi di Pula.

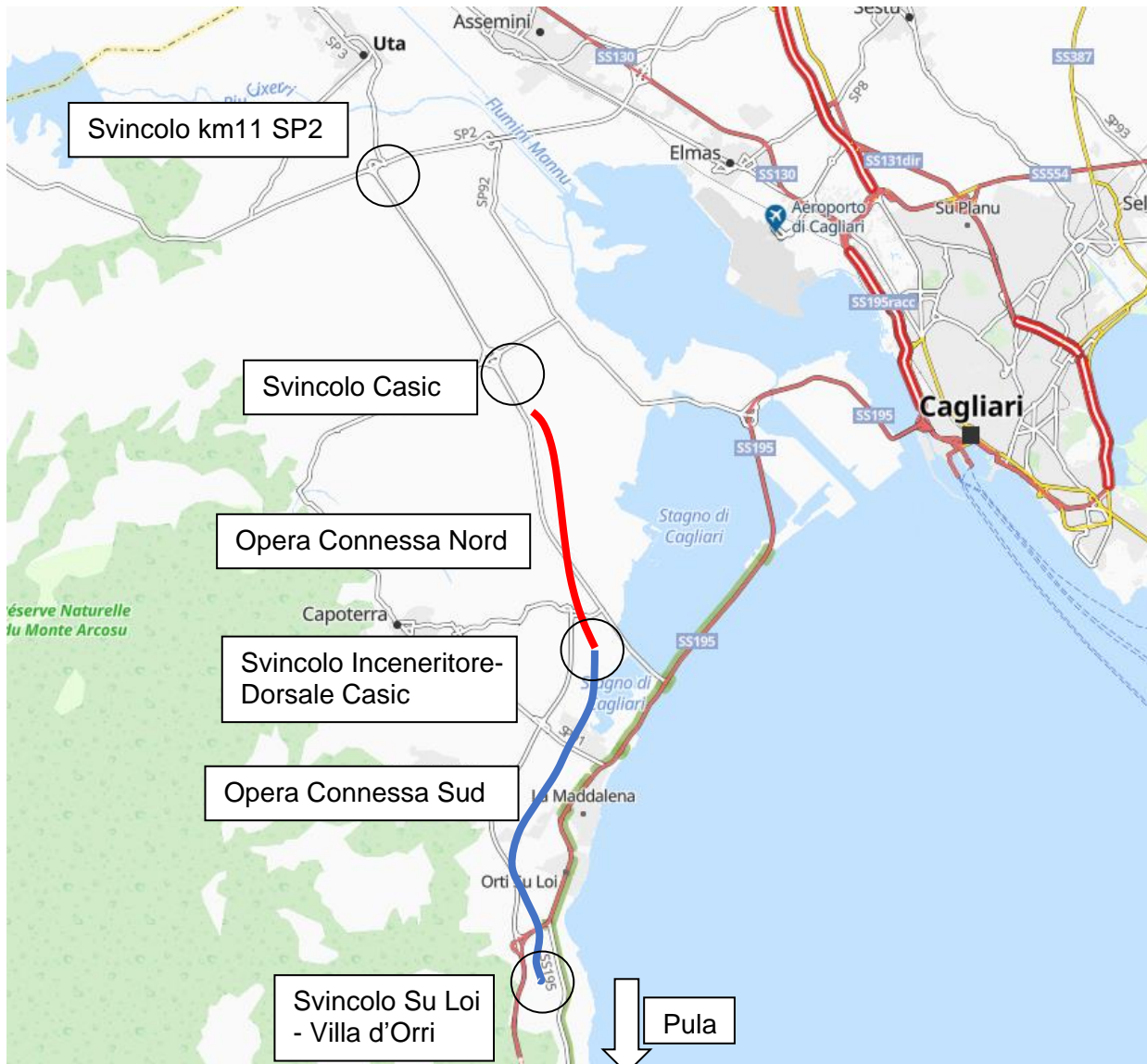


Figura 1.1 - Corografia di inquadramento Opera Connessa Nord

PROGETTAZIONE ATI:

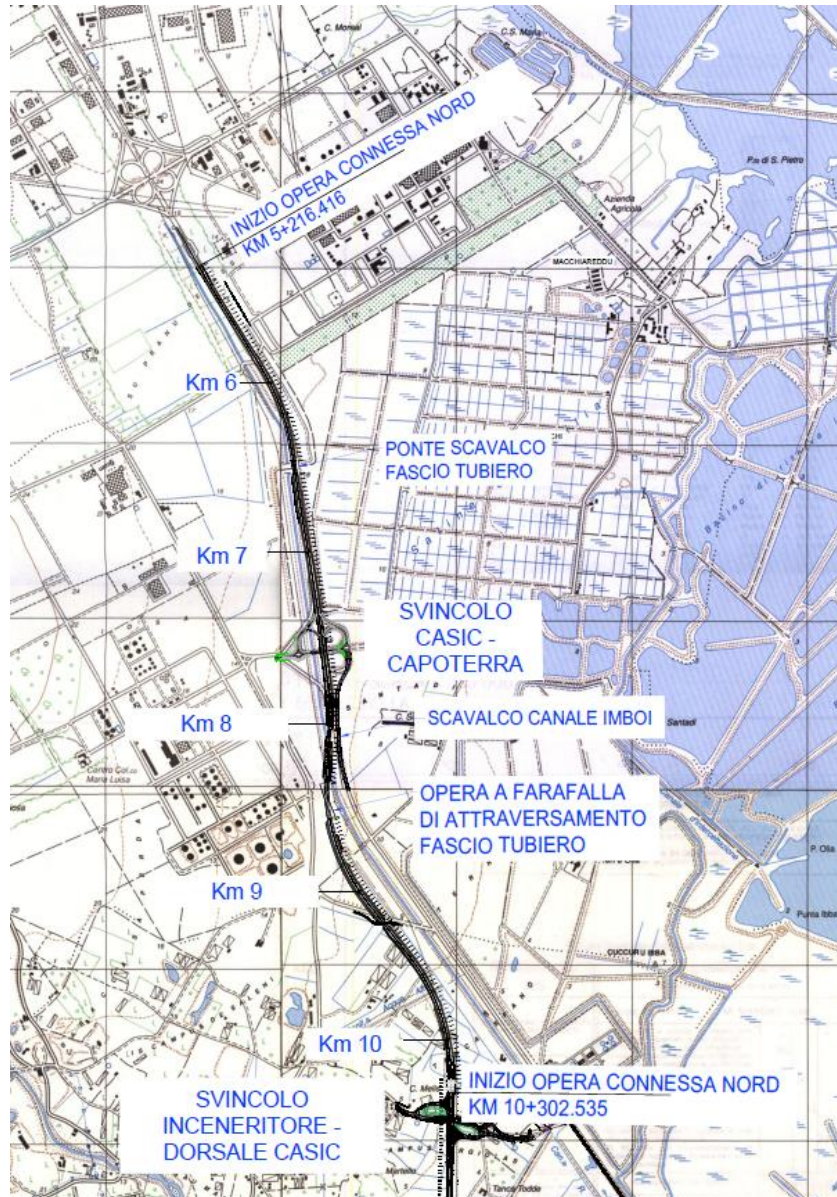


Figura 1.2 Corografia Opera Connessa Nord

Il tracciato prevede l'adeguamento ad una sezione tipo B DM2001 di circa 5km di strada esistente, l'adeguamento dello svincolo Casic-Capoterra, la realizzazione sull'asse principale di un ponte per l'attraversamento del Fascio Tubiero, di un cavalcavia allo svincolo Casic-Capoterra, di n.4 ponti per l'attraversamento del Canale Imboi e la realizzazione di un sottopasso. L'opera più significativa del lotto è l'Opera a Farfalla di Scavalco del Fascio Tubiero alla pk 8+336,00.

Nel documento viene effettuata la valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità, in ottemperanza a quanto indicato dai Criteri di Vaglio Tecnico riportati nel par. 6.15 (Infrastrutture che consentono il trasporto su strada e il trasporto pubblico) nell'Allegato II al Regolamento Delegato EU 2021/2139 del 4/06/21, e in Appendice A, al fine di dimostrare l'applicabilità del criterio DNSH all'obiettivo ambientale "Adattamento ai cambiamenti climatici".

Tale analisi è stata organizzata in una prima parte nella quale sono stati analizzati i dati climatici storici e previsionali connessi ai cambiamenti climatici in atto con particolare riferimento all'area di progetto.

PROGETTAZIONE ATI:

Le proiezioni climatiche sono state riportate utilizzando metodologie in linea con le relazioni del Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico (IPPC/CMCC).

Nella seconda parte viene effettuata una valutazione qualitativa degli impatti connessi ai pericoli climatici applicabili, organizzata per fattori climatici, ed infine una valutazione della vulnerabilità e delle soluzioni di adattamento previste.

## 2. ANALISI DEI DATI STORICI OSSERVATI

Per l'analisi dei dati climatologici della Sardegna, sono state analizzate 144 stazioni dell'ex Servizio Idrografico (SI), selezionate perché aventi almeno 40 anni di dati completi nel periodo 1951-1999.

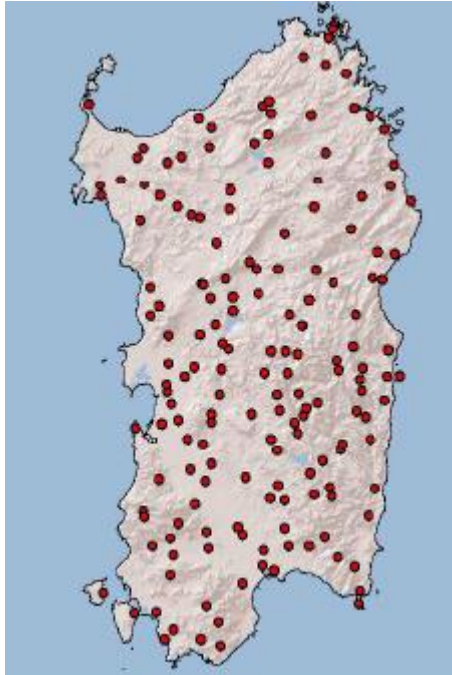


Figura 2.1 Ubicazione stazioni monitoraggio dati climatologici

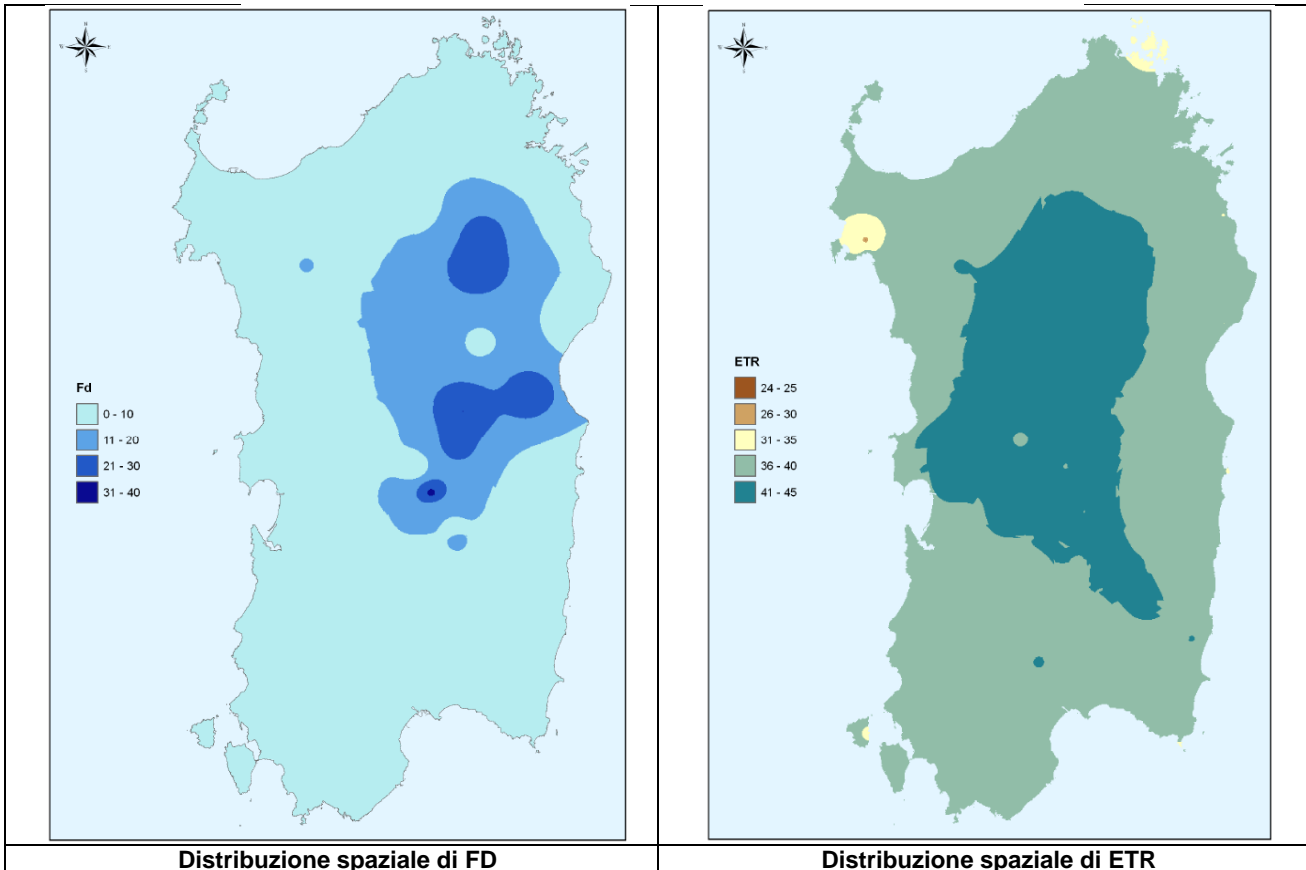
I 10 indicatori analizzati per la descrizione degli eventi estremi sono:

Indicatore	Definizione	Unità di misura
FD	Totale dei giorni di freddo intenso (giorni con temperature minima assoluta < 0°C)	Giorni
ETR	Range interannuale degli estremi termici: differenza tra la temperatura massima e minima annuale	°C
GSL	Durata della stagione di crescita	Giorni
HWDI	Indice della durata dell'ondata di calore: periodo superiore a 5 giorni consecutivi con temperatura massima al di sopra del valore normale	Giorni

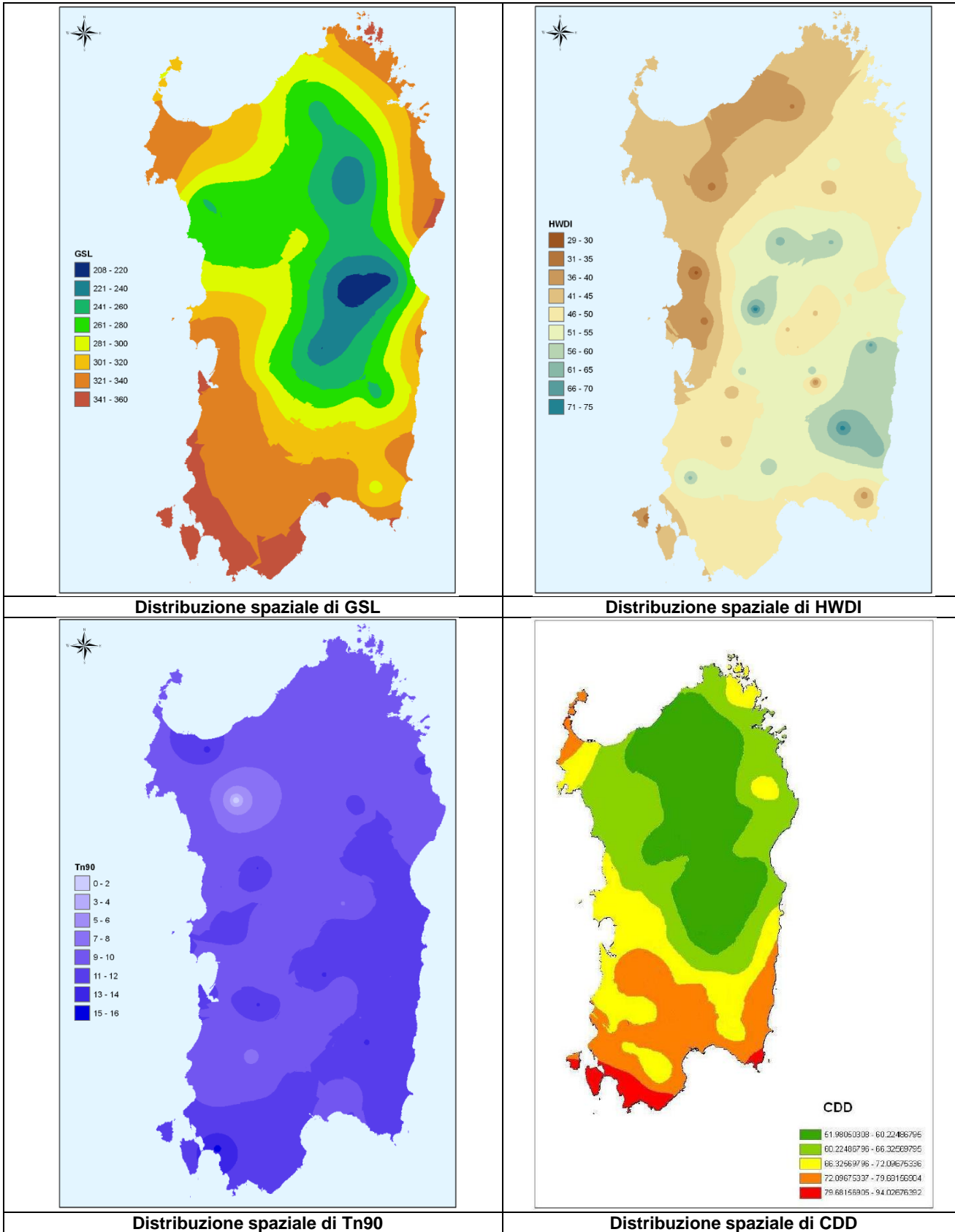
Tn90	Tempo (in percentuale) in cui la temperatura minima è maggiore del 90-mo percentile normale della temperatura minima giornaliera	%
R10	Numero di giorni con precipitazioni maggiori di 10mm	Giorni
CDD	Numero massimo di giorni siccitosi consecutivi (cumulata giornaliera inferiore a 1mm)	giorni
R5D	Massima cumulata a 5 giorni	mm
SDII	Indice di intensità giornaliera semplice: cumulata annuale/numero di giorni con cumulata giornaliera superiore a 1mm	mm/giorno
R95T	Frazione della totale annuale di precipitazione prodotta da eventi eccedenti il 95-mo percentile del periodo standard	%

A questi indici sono stati aggiunti due indicatori di evento estremo di piovosità utilizzati da Haylock e Nicholls (2000).

TEP	Cumulato di precipitazione sopra il quantile climatico	mm
EP	Proporzione di precipitazione estrema (TEP/TP)	mm



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:

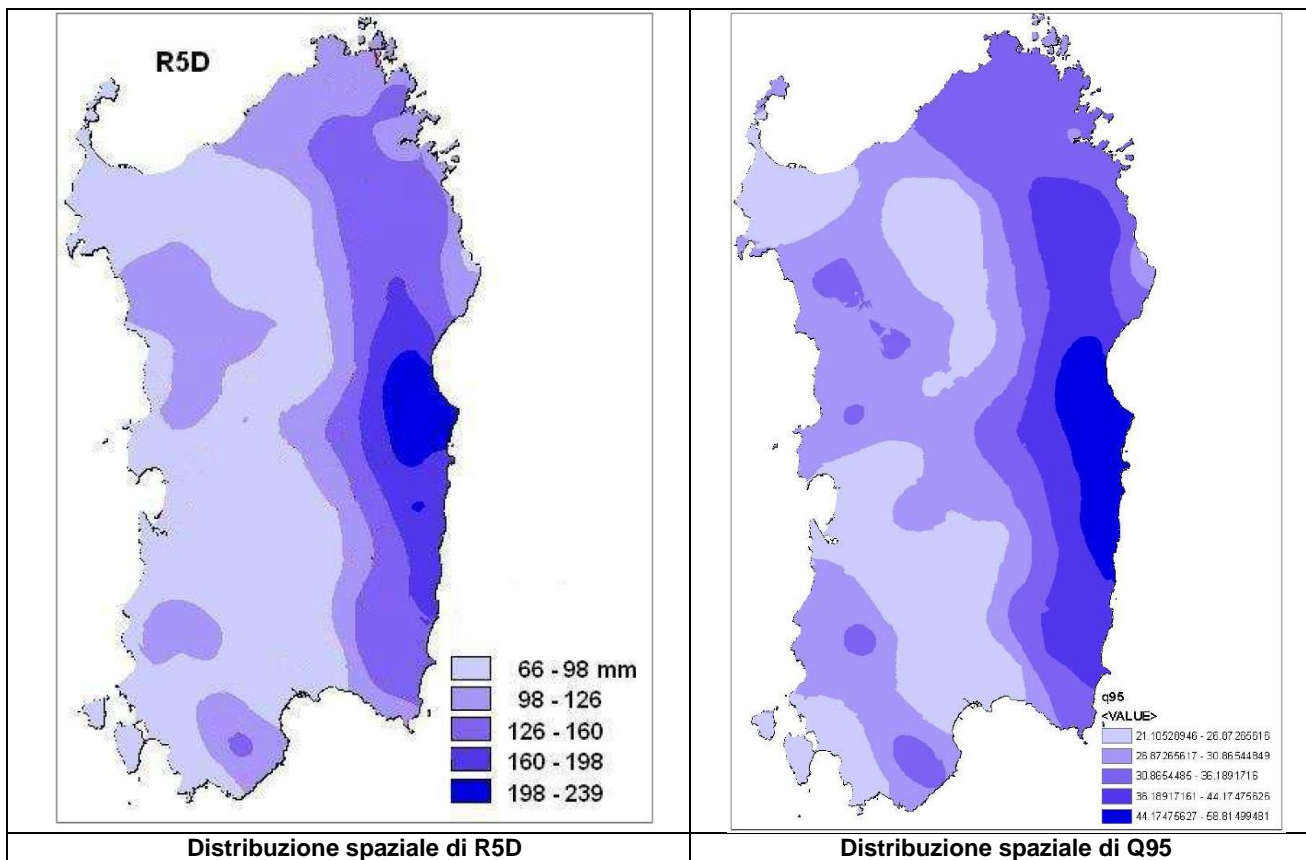


Figura 2.2 Indicatori eventi avversi

L'analisi dei trend negli eventi estremi non mostra risultati generalizzati alla scala annuale salvo per TP e, in minor misura, per R5D e CDD. In Cossu et al. (2009) è stato rilevato che trend rilevanti si ottengono in TP ed anche in F quando si consideri la scala stagionale.

La tendenza mostrata è, in ogni caso, negativa, fatto positivo quando ci si riferisce sia a CDD che a R5D; nel primo caso, infatti significa una riduzione dei periodi secchi estivi mentre nel secondo caso una riduzione degli eventi estremi. In particolare, in Cossu et al. (2009) è stato notato come tali diminuzioni avvengano, rispettivamente, laddove i periodi aridi sono mediamente più lunghi (Sardegna centro meridionale) e laddove gli eventi estremi siano mediamente più importanti (costa centro orientale).

Indice	Stazioni con assenza di trend	Stazioni con trend positivo	Stazioni con trend negativo
TP	87	0	57
F	120	3	21
CDD	112	0	32
TEP	121	1	22
EP	127	2	15
R5D	112	0	32



### 3. ANALISI DELLE PROIEZIONI CLIMATICHE FUTURE

L'analisi del cambiamento climatico viene effettuata a scala mondiale dall'Ente Intergovernativo per i Cambiamenti Climatici (IPCC - Intergovernmental Panel for Climate Change) che, a cadenza regolare, circa ogni 5-6 anni, emette un report di sintesi basato su proiezioni future.

Tali previsioni vengono effettuate attraverso una serie di Modelli a Circolazione Globale (GCM – Global Circulation Model) che, attraverso la formulazione di diversi scenari di previsione, consentono di effettuare una stima futura (generalmente con un orizzonte temporale di cento anni) delle principali grandezze fisico-atmosferiche.

Gli scenari di previsione, RCP (Representative Concentration Pathways), vengono elaborati sulla base delle previsioni di concentrazione di CO<sub>2</sub> (GtCO<sub>2</sub>eq/anno) secondo 4 livelli, sono scenari climatici espressi in termini di concentrazioni di gas serra piuttosto che in termini di livelli di emissioni. Il numero associato a ciascun RCP si riferisce al Forzante Radiativo (Radiative Forcing – RF) espresso in unità di Watt per metro quadrato (W/m<sup>2</sup>) ed indica l'entità dei cambiamenti climatici antropogenici entro il 2100 rispetto al periodo preindustriale: ad esempio, ciascun RCP mostra una diversa quantità di calore addizionale immagazzinato nel sistema Terra quale risultato delle emissioni di gas serra.

In particolare, gli scenari IPCC considerati nella presente analisi sono:

**RCP8.5 (“Business-as-usual”)** – crescita delle emissioni ai ritmi attuali. Assume, entro il 2100, concentrazioni atmosferiche di CO<sub>2</sub> triplicate o quadruplicate (840-1120 ppm) rispetto ai livelli preindustriali (280 ppm). Lo scenario RCP 8.5 risulta caratterizzato dal verificarsi di un consumo intensivo di combustibili fossili e dalla mancata adozione di qualsiasi politica di mitigazione con un conseguente innalzamento della temperatura globale pari a +4-5°C rispetto ai livelli preindustriali atteso per la fine del secolo.

**RCP4.5 (“Forte mitigazione”)** – assumono la messa in atto di alcune iniziative per controllare le emissioni. Sono considerati scenari di stabilizzazione: entro il 2070 le emissioni di CO<sub>2</sub> scendono al di sotto dei livelli attuali (400 ppm) e la concentrazione atmosferica si stabilizza, entro la fine del secolo, a circa il doppio dei livelli pre-industriali.

**Nei grafici sottostanti si riporta, per completezza, anche lo scenario RCP2.6 (“Mitigazione aggressiva”)** – emissioni dimezzate entro il 2050. Assume strategie di mitigazione ‘aggressive’ per cui le emissioni di gas serra iniziano a diminuire dopo circa un decennio e si avvicinano allo zero più o meno in 60 anni a partire da oggi. Secondo questo scenario è improbabile che si superino i 2°C di aumento della temperatura media globale rispetto ai livelli pre-industriali.

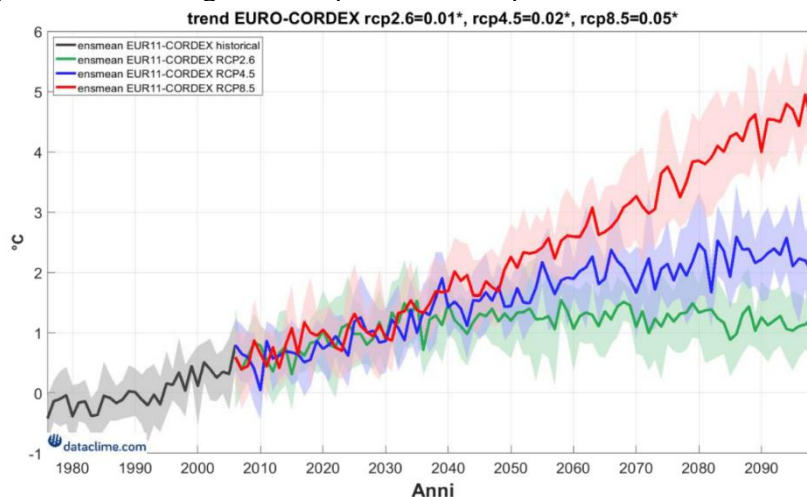


Figura 3.1 Anomalie annuali di temperatura media (°C) su scala nazionale ottenute a partire dai modelli EURO-CORDEX, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP8.5 (in rosso), RCP4.5 (in blu) e RCP2.6 (in verde)

### 3.1. ANALISI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO ATTESO DI AREA VASTA

La Figura 3.2 riporta le variazioni annuali per la precipitazione totale e la temperatura media su scala annuale, insieme alla stima dell'incertezza, mentre la Tabella 3.1 mostra l'analisi stagionale. Tale analisi evidenzia un generale aumento delle temperature per tutti gli scenari considerati (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP8.5), più pronunciato considerando lo scenario RCP 8.5, con incrementi superiori ai 2°C. Per quanto riguarda le precipitazioni, invece, le proiezioni indicano per il Sud Italia, in particolare per lo scenario RCP8.5, una diminuzione delle precipitazioni complessive annue. Nello specifico, lo scenario RCP 8.5 proietta una generale riduzione nel Sud Italia e in Sardegna (fino al 20% nel 2050s27) e un aumento nelle aree geografiche Nord-Ovest e Nord-Est (Figura 3.2). In generale, la stima delle variazioni di precipitazione, sia in senso spaziale che temporale, è più incerta di quella delle variazioni della temperatura essendo le precipitazioni già soggette a forti variazioni naturali (MATTM, SNACC, Rapporto sullo stato delle conoscenze, 2014). Come mostrato in Figura 4, si osserva infatti una maggiore dispersione (espressa in termini di deviazione standard) intorno ai valori medi per le variazioni di precipitazione rispetto a quelle di temperatura.

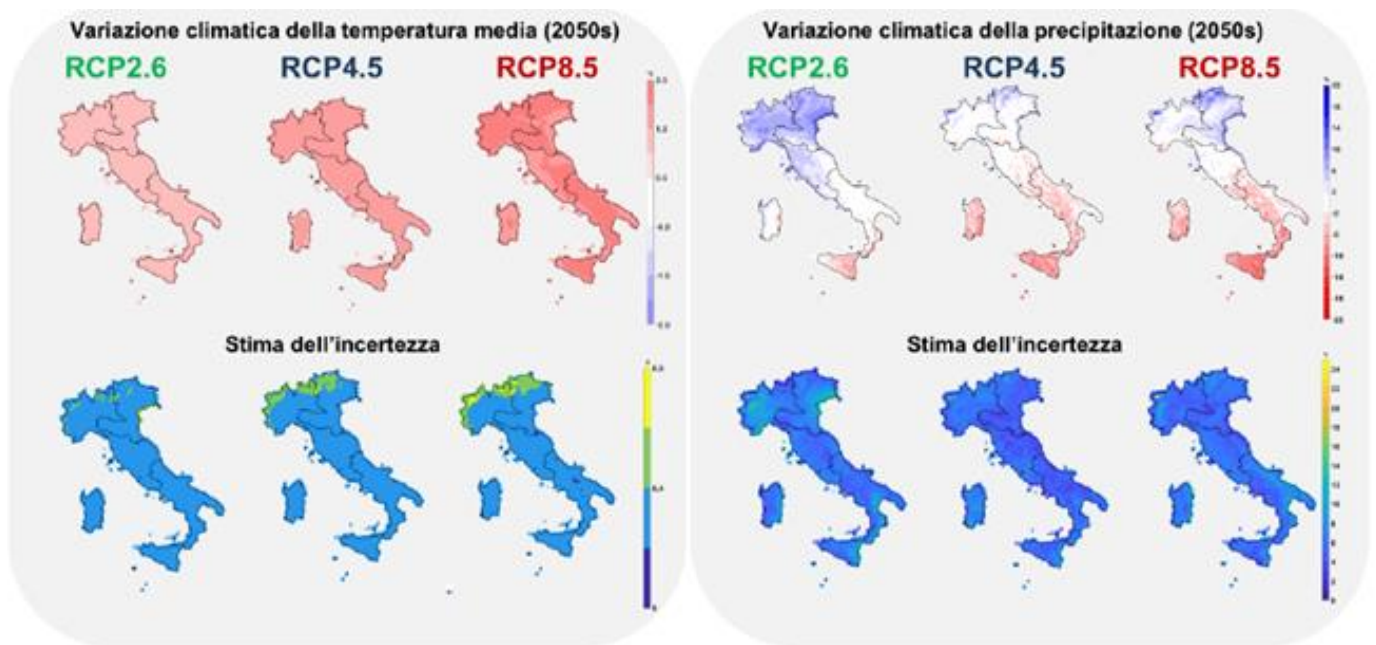


Figura 3.2 Variazioni climatiche annuali delle temperature medie e delle precipitazioni cumulate medie per il periodo 2036-2065 (2050s), rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, per gli scenari RCP 2.6, RCP 4.5 e RCP8.5.

Variazione della temperatura media (°C)														
		RCP2.6				RCP4.5				RCP8.5				
		DJF	MAM	JJA	SON	DJF	MAM	JJA	SON	DJF	MAM	JJA	SON	
Nord- Ovest	Variazione climatica (2050s)	1,2	0,9	1,1	1,5	1,8	1,2	1,9	1,8	2,3	1,7	2,3	2,5	Variazione climatica (2050s)
	Stima dell'incertezza (2050s)	0,3	0,4	0,3	0,8	0,5	0,4	0,3	0,8	0,4	0,5	0,4	0,9	Stima dell'incertezza (2050s)
Nord-Est	Variazione climatica (2050s)	1,2	0,9	1,1	1,4	1,7	1,2	1,9	1,7	2,2	1,7	2,2	2,4	Variazione climatica (2050s)
	Stima dell'incertezza (2050s)	0,3	0,4	0,3	0,7	0,4	0,4	0,3	0,7	0,3	0,5	0,4	0,8	Stima dell'incertezza (2050s)
Centro	Variazione climatica (2050s)	1,0	0,9	1,2	1,3	1,5	1,1	2,0	1,7	1,9	1,5	2,3	2,3	Variazione climatica (2050s)
	Stima dell'incertezza (2050s)	0,3	0,4	0,4	0,7	0,3	0,4	0,3	0,7	0,3	0,4	0,3	0,8	Stima dell'incertezza (2050s)
Sud	Variazione climatica (2050s)	1,0	0,9	1,3	1,3	1,5	1,1	2,0	1,6	1,8	1,6	2,3	2,2	Variazione climatica (2050s)
	Stima dell'incertezza (2050s)	0,4	0,4	0,4	0,7	0,4	0,4	0,3	0,6	0,3	0,4	0,3	0,7	Stima dell'incertezza (2050s)
Isole	Variazione climatica (2050s)	1,0	0,9	1,2	1,3	1,3	1,1	1,9	1,6	1,7	1,6	2,2	2,2	Variazione climatica (2050s)
	Stima dell'incertezza (2050s)	0,3	0,3	0,4	0,7	0,3	0,3	0,3	0,6	0,3	0,4	0,3	0,7	Stima dell'incertezza (2050s)

PROGETTAZIONE ATI:

### Variazione della precipitazione cumulata (%)

	RCP2.6				RCP4.5				RCP8.5				
	DJF	MAM	JJA	SON	DJF	MAM	JJA	SON	DJF	MAM	JJA	SON	
Nord- Ovest	12,3	3,2	5,9	5,1	14,3	-0,3	-4,8	-2,3	2,5	3,3	-0,9	2,4	Variazione climatica (2050s)
	15	5	7	13	10	4	8	11	12	10	11	9	Stima dell'incertezza (2050s)
Nord-Est	12	4	6	5	10	1	-6	2	5	3	0	6	Variazione climatica (2050s)
	16	5	9	11	8	4	11	10	9	7	12	12	Stima dell'incertezza (2050s)
Centro	9	-1	3	3	5	-2	-14	1	0	-3	-6	4	Variazione climatica (2050s)
	13	4	12	11	7	4	13	10	7	6	12	15	Stima dell'incertezza (2050s)
Sud	3	-2	0	1	0	-3	-15	2	-2	-5	-12	1	Variazione climatica (2050s)
	9	7	16	12	6	5	14	10	9	7	13	9	Stima dell'incertezza (2050s)
Isole	3	-6	7	-1	-2	-7	-14	-3	-7	-8	-13	-2	Variazione climatica (2050s)
	8	7	25	11	5	8	14	9	7	7	16	10	Stima dell'incertezza (2050s)

**Tabella 3.1** Variazioni di temperatura media e precipitazione cumulata (ensemble mean) per il periodo centrato su 2050 (2036-2065) rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, su scala stagionale (DJF: inverno; MAM: primavera; JJA: estate; SON: autunno) per le diverse macroaree; nella seconda riga è invece riportata una stima dell'incertezza (tramite il calcolo della deviazione standard) per la temperatura media e precipitazione cumulata riportate nella prima riga. I colori della tabella sono da intendersi in modo qualitativo: per variazione di precipitazione il colore dal blu chiaro indica variazioni basse di segno positivo fino ad arrivare al blu intenso che indica le variazioni maggiori con segno positivo. Per la variazione di temperatura media il rosa indica le variazioni minori mentre il colore rosso quelle di intensità maggiore. Per l'incertezza il giallo indica quantitativamente il grado di incertezza.

In Figura 5 sono riportati a titolo esemplificativo alcune delle mappe più rilevanti (in termini di variazione attesa) per gli indicatori considerati in questa sezione, mentre la Figura 6 contiene in maniera sintetica le variazioni attese (valori medi e stima delle incertezze) per le diverse aree geografiche in cui è stata suddivisa l'Italia e per tutti gli indicatori selezionati, utilizzati per dare informazione sui pericoli climatici di interesse (maggiori dettagli sono riportati nella Tabella 5).

Per quanto riguarda gli impatti sulla domanda energetica, si evince una generale riduzione, in particolare nelle aree montane, dei gradi giorno di riscaldamento (HDDs) e un generale aumento dei gradi giorno di raffrescamento (CDDs) per le aree pianeggianti e costiere. Tali variazioni, più marcate considerando lo scenario RCP8.5, potrebbero comportare una ridotta esigenza di energia necessaria per il riscaldamento degli ambienti e un incremento della richiesta di energia per il loro raffrescamento, in particolare nella stagione estiva. Tale trend è influenzato anche dall'aumento della frequenza e dell'intensità delle ondate di caldo. Infatti, è da attendersi un aumento generalizzato del pericolo legato alle ondate di caldo mentre, contrariamente ad una generale riduzione dei fenomeni di ondata di freddo sull'intero territorio nazionale soprattutto nello scenario RCP 8.5. Per lo stesso scenario è inoltre atteso un significativo aumento del pericolo incendi, fino al 20% in particolare sugli Appennini e sulle Alpi.

Per quanto riguarda il dissesto geo-idrologico, sono state valutate diverse caratteristiche delle precipitazioni intense e dalle analisi si evince un generale incremento sia dei cumuli giornalieri sia dell'intensità e della frequenza degli eventi estremi di precipitazione, specie per lo scenario RCP 8.5, ed in particolar modo per le aree del centro-nord. Questo aspetto denota un potenziale aumento del pericolo per fenomeni di frane meteo-indotte e fenomeni di alluvioni che tuttavia necessita di essere studiato con maggior dettaglio locale grazie a modelli di impatto accoppiati con modelli di pericolo.

Per quanto riguarda il fenomeno della siccità, esso è stato valutato mediante l'indice SPI (McKee et al. 199328) considerando diverse finestre temporali per i cumuli di precipitazione (3 mesi, 6 mesi, 9 mesi, 12 mesi e 24 mesi). Tale indice, a seconda dell'arco temporale considerato, può fornire indicazioni su impatti immediati, a medio e lungo termine. Nelle tabelle, mostrate in figura 6, sono state considerate le sole due classi di siccità severa ed estrema (in termini di variazione dell'occorrenza rispetto al periodo climatologico), che, sulla durata di 3-6 mesi hanno impatti prevalentemente agronomici, mentre sulla durata 12-24 mesi hanno impatti di tipo prevalentemente idrologico e socioeconomico. Per tutte le scale temporali considerate, è da attendersi un incremento del numero di episodi di siccità, in particolare per lo scenario RCP8.5 nel Sud Italia (incluso le isole). Per la valutazione degli altri pericoli climatici analizzati si rimanda alle tabelle per aree geografiche riportate nella Figura 6.

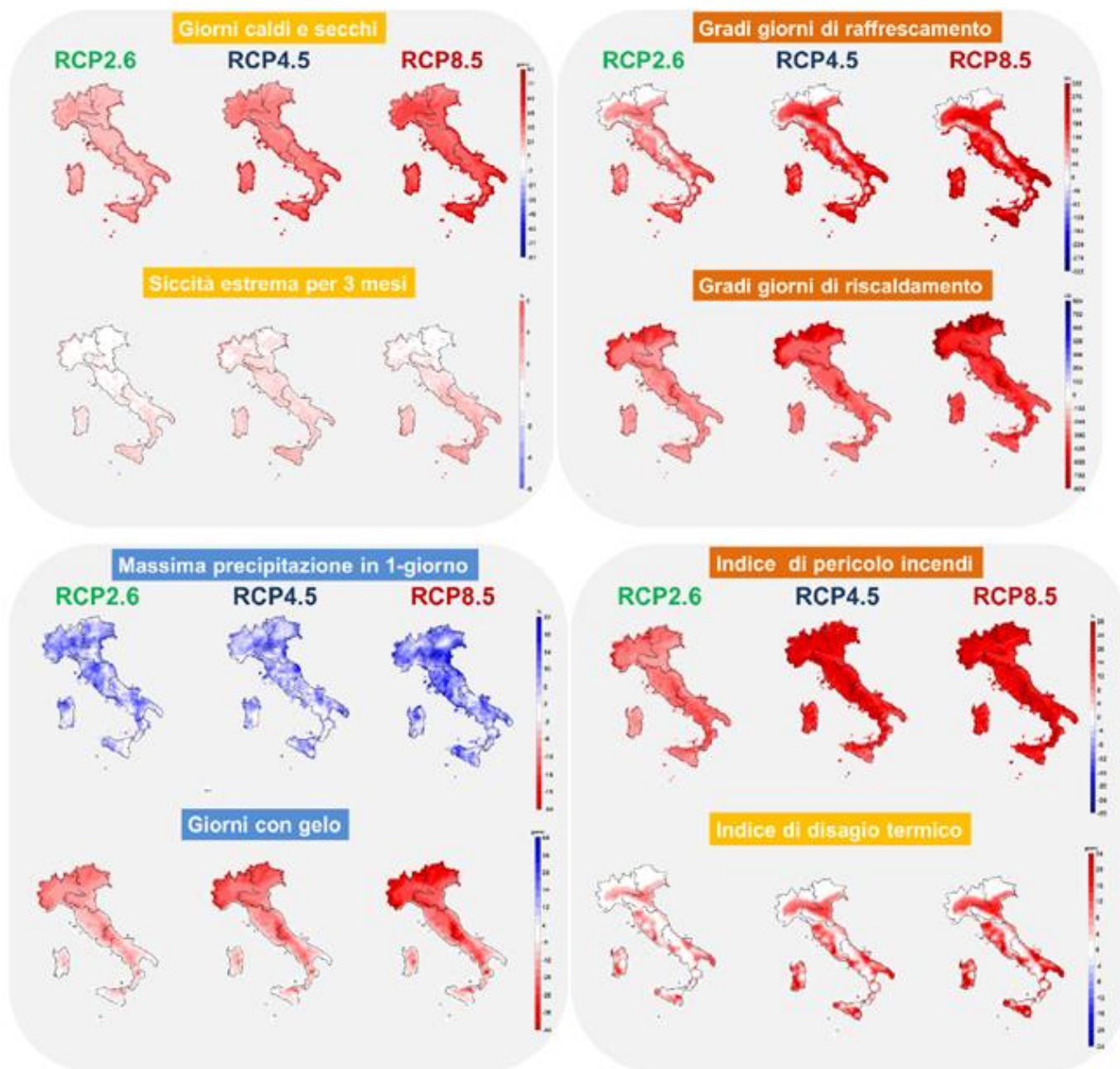


Figura 3.3 Variazioni climatiche annuali (ensemble mean) per alcuni degli indicatori climatici analizzati per il periodo 2036-2065 (2050s), rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, per gli scenari RCP 2.6, RCP 4.5 e RCP8.5

PROGETTAZIONE ATI:

	Isole					
	RCP2.6	±SD RCP2.6	RCP4.5	±SD RCP4.5	RCP8.5	±SD RCP8.5
TG (°C)	1,1	0,3	1,5	0,2	1,9	0,2
WD (giorni)	29	13	42	15	54	18
WW (giorni)	20	9	26	10	34	12
HDDS (GG)	-230	57	-295	37	-395	47
CDDS (GG)	117	62	179	66	226	87
PRCPTOT (%)	-1	5	-5	4	-6	4
R20 (giorni)	0	0	0	0	0	0
RX1DAY(%)	4	6	5	5	7	6
SDII(%)	2	3	2	2	3	2
PR99PRCTILE(%)	5	4	7	4	10	5
CDD(giorni)	1	5	5	4	4	4
SPI3 classe siccità severa (%)	0	1	1	1	1	1
SPI3 classe siccità estrema (%)	1	1	2	1	3	1
SPI6 classe siccità severa (%)	1	1	2	1	2	1
SPI6 classe siccità estrema (%)	2	2	3	2	3	2
SPI12 classe siccità severa (%)	1	2	2	1	3	1
SPI12 classe siccità estrema (%)	2	2	3	2	4	2
SPI24 classe siccità severa (%)	1	3	3	2	3	2
SPI24 classe siccità estrema (%)	3	3	5	3	7	4
PET (%)	6	2	9	2	12	3
CSDI(giorni)	-2	1	-3	1	-3	1
FD(giorni)	-3	2	-4	2	-6	3
WSDI(giorni)	20	13	30	13	45	16
HUMIDEX(giorni)	4	3	7	6	9	7
SU95P(giorni)	12	6	19	6	23	8
TR(giorni)	16	7	23	8	29	9
SCD(giorni)	0	0	0	0	0	0
EWS(%)	0	1	-1	1	-1	1
FWI(%)	9	7	14	4	16	4

Tabella 3.2 Variazioni climatiche (ensemble mean) annuali per aree geografiche, considerando tutti gli indicatori climatici, per il periodo 2036-2065 (2050s), rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, per gli scenari RCP2.6, RCP4.5 e RCP8.5. Nella seconda colonna di ogni tabella è invece riportata una stima dell'incertezza (tramite il calcolo della deviazione standard) per gli indicatori riportati nella prima colonna. I colori della tabella sono da interpretarsi in modo qualitativo: colori più intensi indicano variazioni maggiori mentre colori tenui indicano variazioni di intensità minore.

### 3.2. STIMA DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULL'AREA DELLA PROVINCIA DI CAGLIARI

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 in oggetto. In tal senso, con il termine cluster si vuole indicare il raggruppamento di

PROGETTAZIONE ATI:

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).

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 3.4 è possibile definire:

- *Macroregione 1 - Prealpi e Appennino Settentrionale*
- *Macroregione 2 - Pianura Padana, alto versante adriatico e aree costiere dell'Italia centromeridionale*
- *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.*



## Macroregione 6

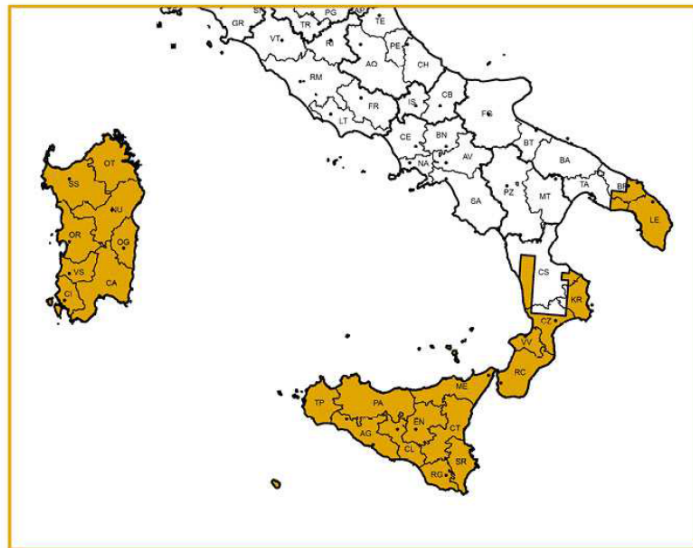










Figura 3.4 Zonazione climatica sul periodo climatico di riferimento (1981-2010)

Nello specifico l'area interessata dal progetto ricade nella Macroregione 6 - Aree insulari e l'estremo sud dell'Italia è quella mediamente più calda e secca, contraddistinta dalla temperatura media più alta (16 °C) e dal più alto numero di giorni annui consecutivi senza pioggia (70 giorni/anno); inoltre, tale macroregione è caratterizzata dalle precipitazioni estive mediamente più basse (21 mm) e in generale da eventi estremi di precipitazione ridotti per frequenza e magnitudo.

PROGETTAZIONE ATI:

	Temperatura media annuale – Tmean (°C)	Giorni con precipitazioni intense – R20 (giorni/anno)	Frost days – FD (giorni/anno)	Summer days – SU95p (giorni/anno)	Precipitazioni invernali cumulate –WP (mm)	Precipitazioni cumulate estive –SP (mm)	95° percentile precipitazioni – R95p (mm)	Consecutive dry days – CDD (giorni)
								
Macroregione 6 Aree insulari ed estremo sud Italia	16 (±0.6)	3 (±1)	2 (±2)	35 (±11)	179 (±61)	21 (±13)	19	70 (±16)

**Tabella 3.3 Valori medi e deviazione standard degli indicatori per ciascuna macroregione individuata**

La tabella 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 a 1 mm/giorno	(giorni/anno)
95° percentile della precipitazione	R95p	95° percentile della precipitazione	(mm)

Date le aree climatiche nazionali omogenee per anomalie, i relativi valori degli indicatori climatici sono stati raggruppati in categorie denominate "cluster di anomalie". La zonazione climatica delle anomalie ha individuato cinque cluster di anomalie (da A a E) mostrate sia per lo scenario RCP4.5 che RCP8.5, mentre le figure successive mostrano la distribuzione delle anomalie all'interno delle singole classi. Infine, le relative tabelle restituiscono i valori medi, in termini di anomalia, per le singole classi.

### 3.2.1. ZONAZIONE DELLE ANOMALIE CLIMATICHE

Per ciascun indicatore analizzato, dunque, sono state calcolate le variazioni medie attese in futuro, corredate dall'informazione relativa all'incertezza, per ciascuno scenario di emissione considerato.



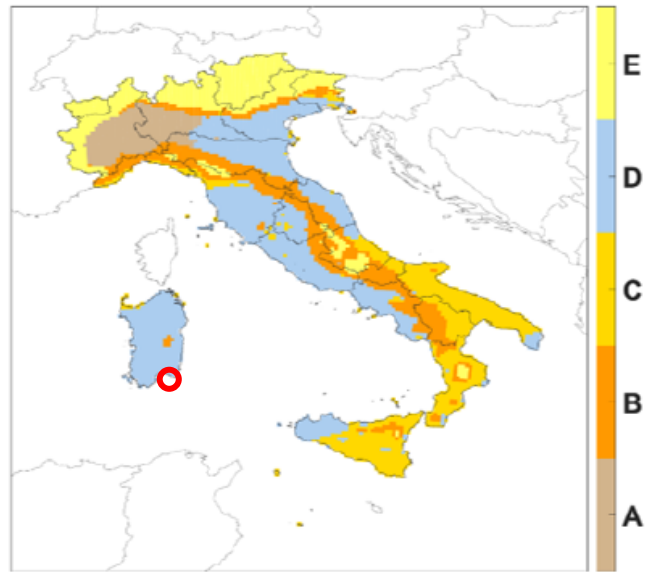
Al fine di individuare aree climatiche omogenee nazionali per anomalie, il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (Ministero della Transizione Ecologica) raggruppa in categorie omogenee denominate "cluster di anomalie" tutti i valori degli indicatori. La zonazione climatica delle anomalie consente di identificare cinque cluster di anomalie – da A a E – per lo scenario RCP 4.5 (cfr. Figura 3.5) e per lo scenario RCP 8.5 (cfr. Figura 3.6).

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

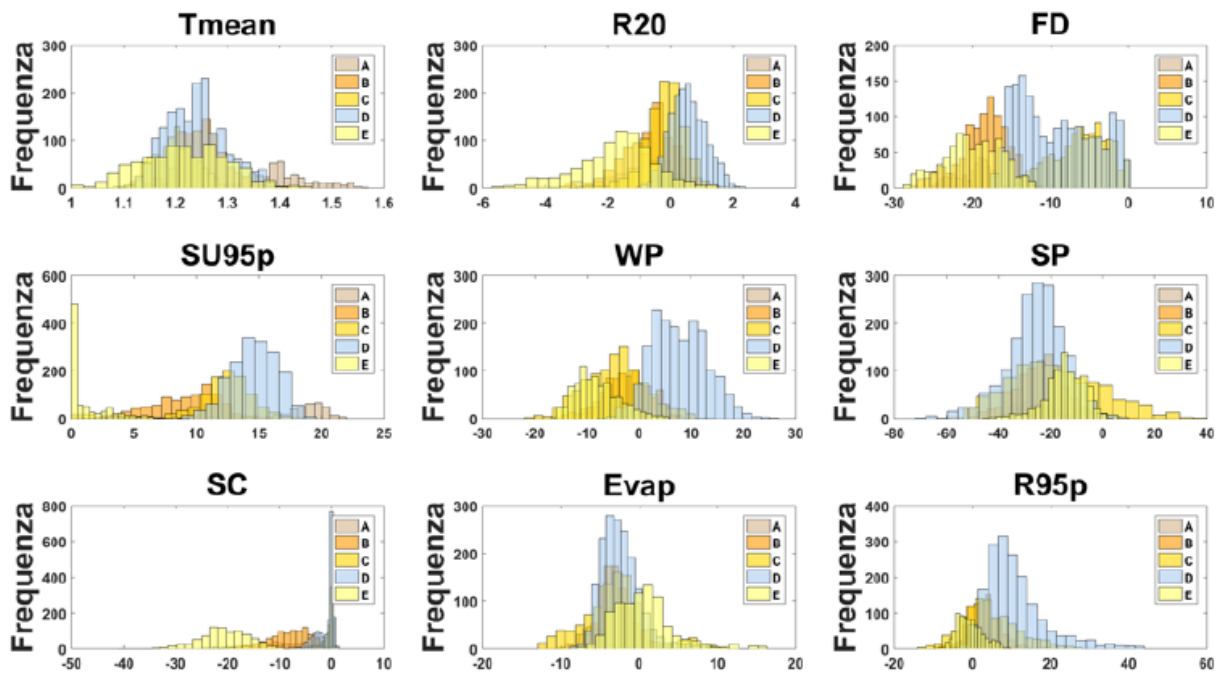
In riferimento al contesto territoriale del progetto, l'area interessata dal progetto ricade nel Cluster D per lo scenario RCP 4.5 (cfr. Figura 3.5) e sempre nel Cluster D per lo scenario RCP 8.5.

Nello specifico:

- *Il Cluster D - con scenario RCP 4.5, individua un clima piovoso invernale - estivo secco. Il cluster 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 si ha un aumento significativo sia dei fenomeni di precipitazione estremi (R95p) sia dei summer days (di 14 giorni/anno).*
- *Il Cluster D - con scenario RCP 8.5, individua un clima secco invernale – caldo estivo, risulta caratterizzato da una complessiva riduzione di precipitazioni invernali e un aumento rilevante di quelle estive (si tenga conto che si tratta di valori percentuali calcolati rispetto a valori assoluti di precipitazione estiva caratteristici bassi). Inoltre si ha un aumento notevole dei summer days (di 14 giorni/anno) ed una riduzione complessiva dell'evaporazione (valore medio della riduzione pari all'8%).*



(b)



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 3.5 Scenario RCP4.5: (a) Mappa dei cluster individuati, (b) Distribuzioni di frequenza delle anomalie all'interno dei cluster individuati.

PROGETTAZIONE ATI:

La porzione di territorio che sarà interessata dalla realizzazione dell'opera in oggetto ricade nei Cluster D per quanto riguarda lo scenario RCP4.5 (Riquadro rosso nella precedente figura).

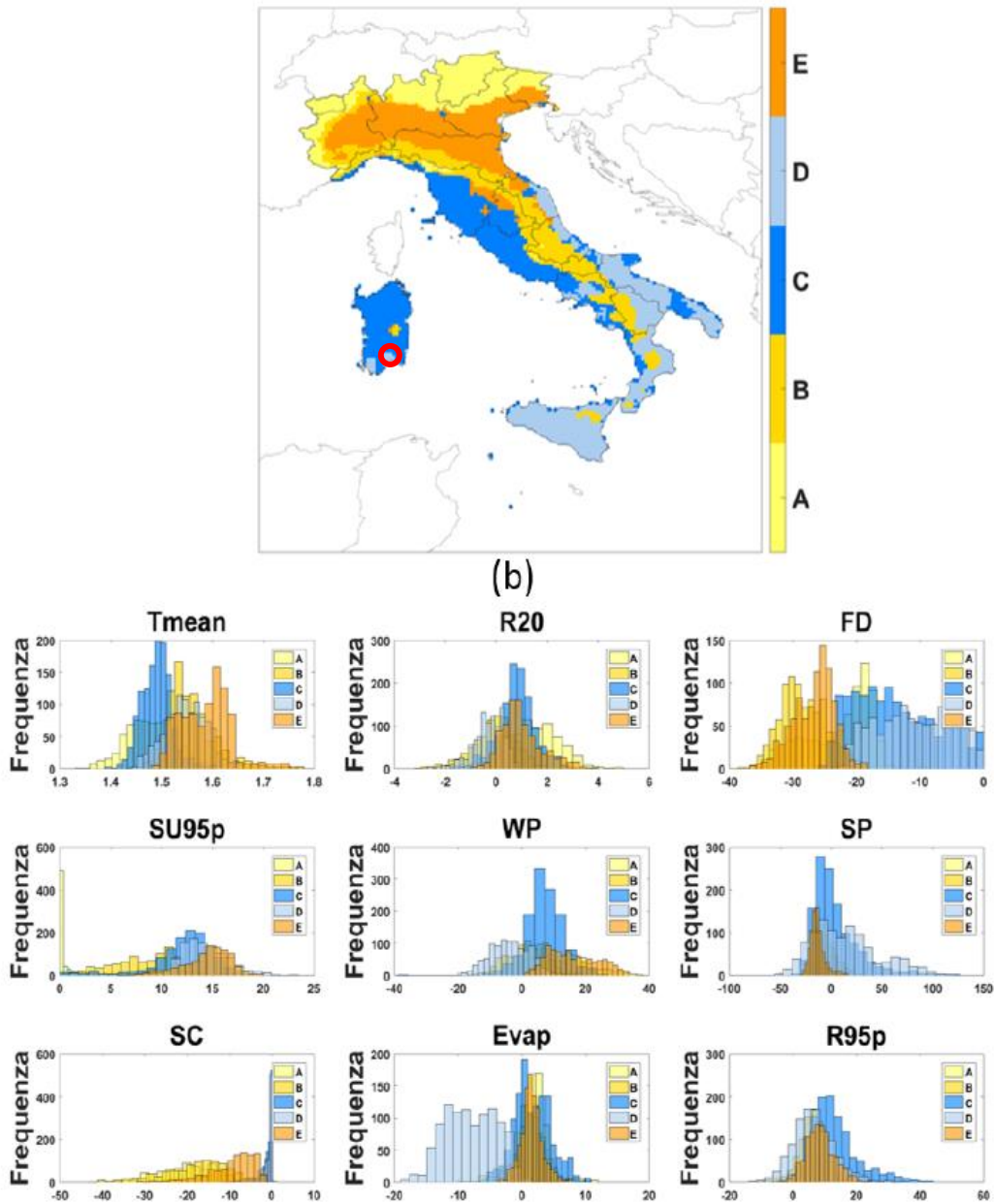
Per lo scenario RCP 4.5 l'analisi evidenzia le seguenti caratteristiche:

- Cluster A (caldo-secco estivo). Il cluster è caratterizzato da un aumento significativo dei summer days (di 18 giorni/anno) e da una riduzione delle precipitazioni invernali e, soprattutto, di quelle estive (valore medio della riduzione pari al 27%). Il cluster A presenta una riduzione rilevante anche dei frost days, della copertura nevosa e dell'evaporazione.
- Cluster B (caldo invernale-secco estivo). Analogamente al cluster A, è interessato da una riduzione sia delle precipitazioni estive (valore medio della riduzione pari al 24%) sia dei frost days (di 19 giorni/anno). Si osserva anche una moderata riduzione della copertura nevosa (di 8 giorni/anno).
- Cluster C (secco). In questo cluster si osserva una riduzione delle precipitazioni invernali, a cui si aggiunge anche la riduzione di quelle estive. Inoltre, si ha un aumento moderato dei summer days (di 12 giorni/anno).
- **Cluster D (piovoso invernale-secco estivo). 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 si ha un aumento significativo sia dei fenomeni di precipitazione estremi (R95p) sia dei summer days (di 14 giorni/anno).**
- Cluster E (secco-caldo invernale). Si osserva una riduzione generale dei fenomeni di precipitazione. Inoltre, si osserva una riduzione significativa dei frost days (di 20 giorni/anno) e della copertura nevosa (di 21 giorni/anno).

La porzione di territorio che sarà interessata dalla realizzazione dell'opera in oggetto (ricade nel Cluster D per quanto riguarda lo scenario RCP 8.5 (Riquadro rosso nella relativa Tabella).

Per lo scenario RCP 8.5 l'analisi evidenzia le seguenti caratteristiche:

- Cluster A (piovoso invernale-secco estivo). Il cluster A è interessato da un aumento delle precipitazioni invernali (valore medio dell'aumento pari al 13%) e da una riduzione di quelle estive (valore medio della riduzione pari all' 11%). Inoltre, si osserva una riduzione significativa sia dei frost days (di 23 giorni/anno) che della copertura nevosa (di 20 giorni/anno).
- Cluster B (caldo invernale). Il cluster B è interessato da una riduzione significativa sia dei frost days (di 28 giorni/anno) che della copertura nevosa (di 18 giorni/anno). Inoltre, si osserva una riduzione moderata delle precipitazioni estive (valore medio della riduzione pari al 7%).
- Cluster C (piovoso-caldo estivo): il cluster C è interessato da un aumento sia delle precipitazioni invernali che di quelle 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).
- **Cluster D (secco invernale-caldo estivo). Per il cluster D si osserva una complessiva riduzione di precipitazioni invernali e un aumento rilevante di quelle estive (si tenga conto che si tratta di valori percentuali calcolati rispetto a valori assoluti di precipitazione estiva caratteristici bassi). Inoltre, si ha un aumento notevole dei summer days (di 14 giorni/anno), una riduzione complessiva dell'evaporazione (valore medio della riduzione pari all'8%) e un aumento del 6% degli eventi di precipitazione estremi.**
- Cluster E (caldo-piovoso invernale-secco estivo). Il cluster risulta caratterizzato da un aumento significativo sia dei summer days (di 14 giorni/anno) che dei fenomeni di precipitazione estremi (valore medio dell'aumento pari al 9%). Inoltre, si osserva una rilevante riduzione delle precipitazioni estive (valore medio della riduzione pari al 14%) ed un aumento significativo delle precipitazioni invernali (valore medio dell'aumento pari al 16%). Il cluster E presenta anche una notevole riduzione dei frost days (di 27 giorni/anno).



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 3.6 Scenario RCP8.5: (a) Mappa dei cluster individuati, (b) Distribuzioni di frequenza delle anomalie all'interno dei cluster individuati.

PROGETTAZIONE ATI:

### 3.3. STIMA CONCLUSIVA DEI DATI PREVISIONALI (VALUTAZIONE CMCC)

Per la zona di Assemini e Capoterra, comuni in cui ricade il progetto della SS195 "Sulcitana", situata nella provincia di Cagliari, ricadente nella macroregione climatica omogenea 6, secondo gli studi ufficiali del CMCC (fonte "Scenari climatici per l'Italia" link al servizio), nello scenario RCP8.5 (più gravoso), si prevede un aumento della temperatura media di  $+1,5\div 1,75^{\circ}\text{C}$  nel periodo 2021-2050,  $+2,75\div 3,0^{\circ}\text{C}$  nel periodo 2041-2070,  $+4,75\div 5,75^{\circ}\text{C}$  nel periodo 2071-2100.

Per quanto attiene alle altre grandezze meteo-climatiche, si osserva che, per lo scenario RCP4.5 (piovoso invernale – secco estivo) l'area in oggetto ricade nel cluster di anomalie D, mentre per lo scenario RCP 8.5 nel cluster D (secco invernale – caldo estivo)

Ciò significa che, sotto le ipotesi di RCP4.5, nello scenario temporale considerato, si prevede 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%).

Macroregioni climatiche omogenee	Descrizione delle aree climatiche omogenee principali che ricadono nelle macroregioni considerando lo scenario RCP4.5
6	<i>Aree climatiche omogenee: 6C, 6D.</i> <i>Anomalie principali:</i> per l'intera macroregione 6, area più calda e secca rispetto al periodo di riferimento, si osserva una complessiva riduzione delle precipitazioni estive ed un aumento moderato dei <i>summer days</i> . Inoltre la Sardegna e parte della Sicilia sono caratterizzate da un aumento delle precipitazioni invernali.

Macroregioni climatiche omogenee	Descrizione delle aree climatiche omogenee principali che ricadono nelle macroregioni considerando lo scenario RCP8.5
6	<i>Aree climatiche omogenee: 6C, 6D.</i> <i>Anomalie principali:</i> si osserva un aumento significativo degli eventi estremi e in generale delle precipitazioni estive, in opposizione a quanto osservato per lo scenario RCP4.5.

#### **4. PERICOLI LEGATI AL CLIMA E AL CAMBIAMENTO CLIMATICO**

Il presente capitolo è redatto al fine di valutare i possibili scenari di pericolosità, collegabili direttamente o indirettamente al cambiamento climatico, e valutare la possibile vulnerabilità dell'opera ai sensi di quanto prescritto nell'Appendice A - Allegato II del Regolamento Delegato EU 2021/2139 del 4/06/21 per l'Obiettivo

Mitigazione, limitatamente a quanto applicabile per l'opera in oggetto.

Nei successivi paragrafi vengono indicati i potenziali pericoli a cui potrebbe essere esposta l'opera. Tali pericoli sono dapprima espressi in termini di fattori scatenanti e successivamente analizzati in termini di misure di adattamento.

##### **4.1. INTERVENTI DI PROGETTO – S.S. 195 “SULCITANA” OPER CONNESSA NORD**

Il tracciato dell'**asse principale** ha inizio sull'esistente Strada Consortile Macchiareddu al km 5+216.416 posto subito a valle dello svincolo a quadrifoglio che attualmente ne consente la connessione con la S.P. 1", dopodiché si sviluppa in direzione Sud e termina al km 10+302.535 in corrispondenza dell'inizio dell'Opera Connessa Sud.

Lungo il tracciato sono presenti le seguenti opere d'arte principali:

##### **n. 7 Opere di Scavalco:**

###### *Asse Principale*

"Ponte Scavalco Fascio Tubiero":	L = 70m;
"Scavalco Canale IMBOI":	L = 25m;
"Opera a Farfalla Attraversamento Fascio Tubiero":	L = 205.50m;

###### *Rampa A Sv. Casic- Capoterra*

"Ponte scavalco canale IMBOI":	L = 25m;
--------------------------------	----------

###### *Rampa B Sv. Casic- Capoterra*

"Ponte scavalco canale IMBOI":	L = 20.50m;
--------------------------------	-------------

###### *Asse Cavalcavia Sv. Casic- Capoterra*

"Ponte scavalco canale IMBOI":	L = 26m;
--------------------------------	----------

###### *Asse Cavalcavia Sv. Casic- Capoterra*

"Scavalco Asse Principale":	L = 40m.
-----------------------------	----------

##### **n. 1 Scatolare:**

###### *Deviazione strada di accesso alla Dorsale Casic*

"Sottopasso scatolare":	L = 38m.
-------------------------	----------

##### **4.1.1. SCAVALCO FASCIA TUBIERA ALLA PROG. 8+366.00**

L'opera consente lo scavalco della fascia tubiera esistente da parte dell'asse principale di viabilità di progetto.

PROGETTAZIONE ATI:

Sebbene l'opera si configuri continua nello sviluppo planimetrico si può di fatto distinguere in due diverse parti principali che lungo l'asse del tracciato si intrecciano tra di loro. Nella fattispecie si individua una parte destinata alla viabilità superiore della SS195 ed una parte a copertura del fascio tubiero in quota terreno.

Sono previste aperture nelle pareti laterali per consentire le confluenze delle tubazioni secondarie al fascio tubiero principale.

La larghezza dell'opera è variabile. In corrispondenza degli imbocchi si ha la massima larghezza della struttura pari a circa 50m su due campate, mentre nella zona centrale ove le precedenti definite parti si uniscono la larghezza è pari a circa 26m.

La lunghezza totale dell'opera è pari a circa 205m

L'opera si compone, oltre alle fondazioni di pareti in elevazione in c.a. ed un impalcato di copertura realizzato per la quasi totalità con travi in c.a.p. e porzioni di solettone alleggerito. Con riferimento alla porzione carrabile, l'impalcato oggetto di studio presenta una complessiva di 24.68m.

La sezione longitudinale della carreggiata è riportata nella seguente Figura 4.6.

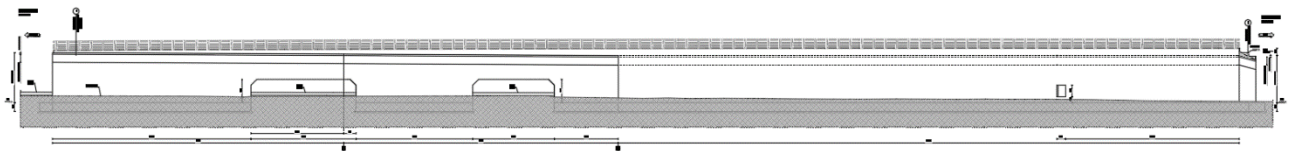


Figura 4.1: Vista longitudinale E – E

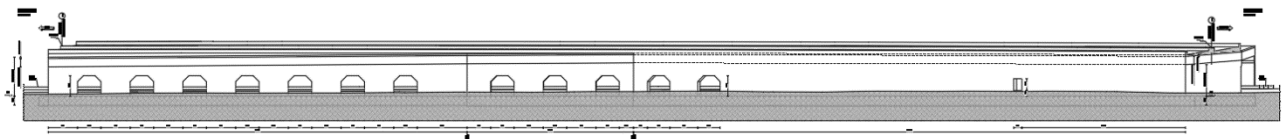


Figura 4.2: Vista longitudinale F – F

La geometria della sezione trasversale dell'impalcato è riportata nelle immagini seguenti:

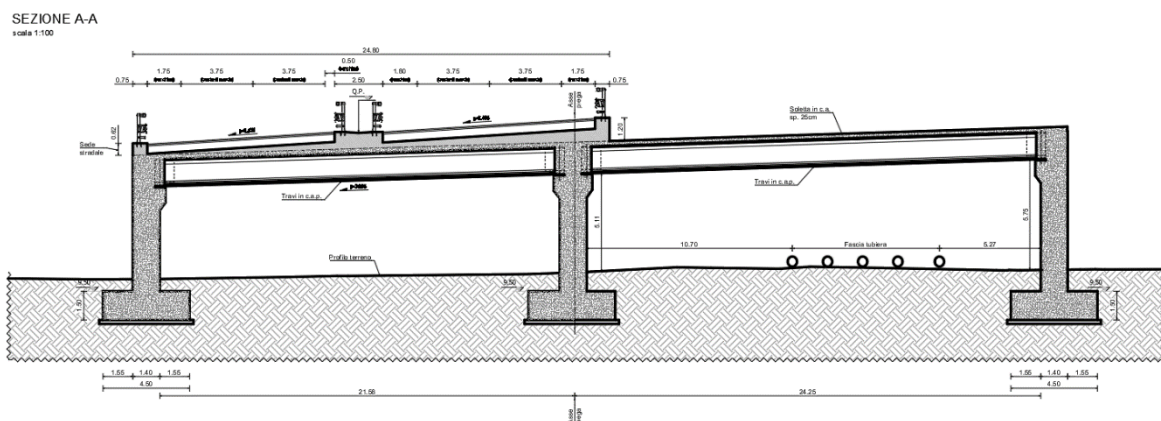


Figura 4.3: Sezione A-A trasversale opera

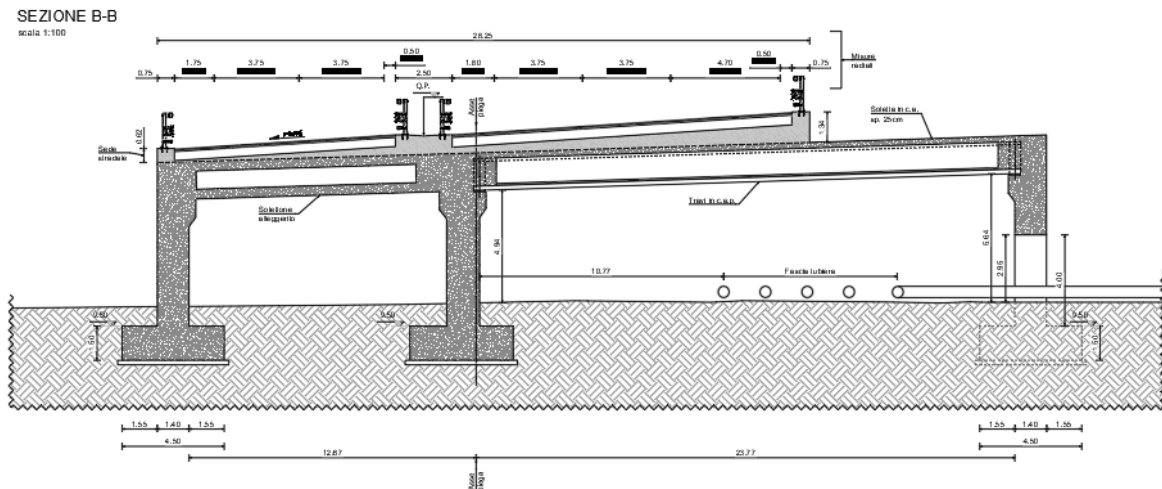


Figura 4.4: Sezione B-B trasversale opera

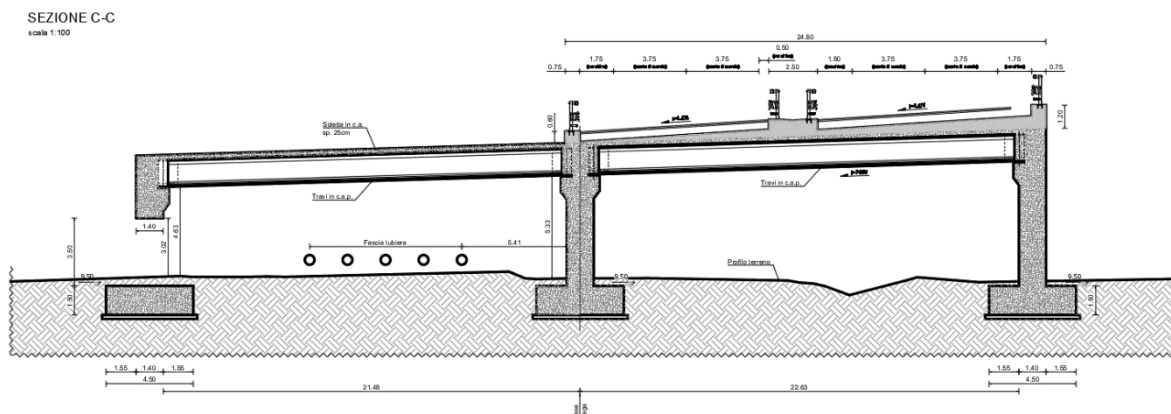


Figura 4.5: Sezione C-C trasversale opera

Le fondazioni sono del tipo diretto su terreno consolidato da interventi *jet grouting*.  
Le travi sono varate dal basso. Per la protezione del fascio tubiero in fase di realizzazione è previsto impiego di cassero metallico mobile.

#### 4.1.2. PONTE SCAVALCO FASCIA TUBIERA ALLA PROG. 6+749.00

L'opera si rende necessaria allo scavalco della fascia tubiera al km 6+750 che intercetta ortogonalmente l'asse di progetto principale.

Sulla base della conformazione del territorio e dell'assenza di ulteriori interferenze la scelta del nuovo viadotto è ricaduta su un'opera che si sviluppa su 3 campate per una lunghezza complessiva di 70m, con struttura a travi in c.a.p.

Il viadotto, a doppia carreggiata, è composto da impalcati indipendenti distanziati da un varco di 1m. di larghezza 11.25m ognuno.

Le sottostrutture sono composte da 2 pile a setto (una per ciascun impalcato) mentre le fondazioni sono del tipo indiretto plinti su pali. Le spalle sono in c.a. anche 'esse a fondazione indiretta su  
Le sezioni della carreggiata sono riportate nelle figure seguenti:



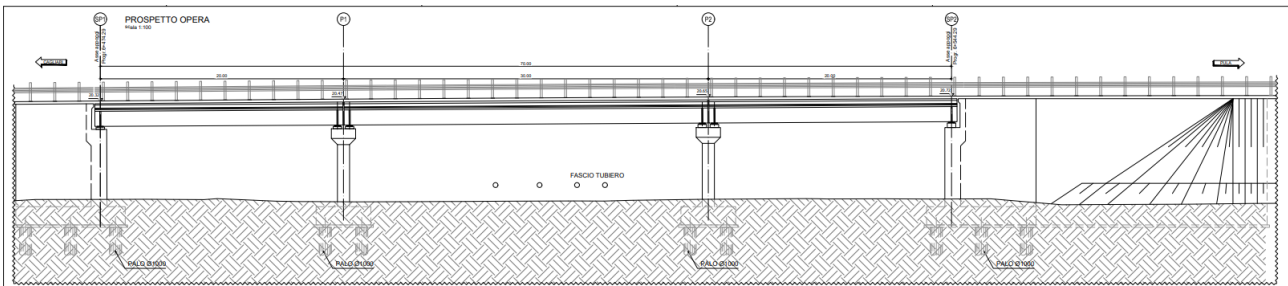


Figura 4.6: Prospetto dell'opera

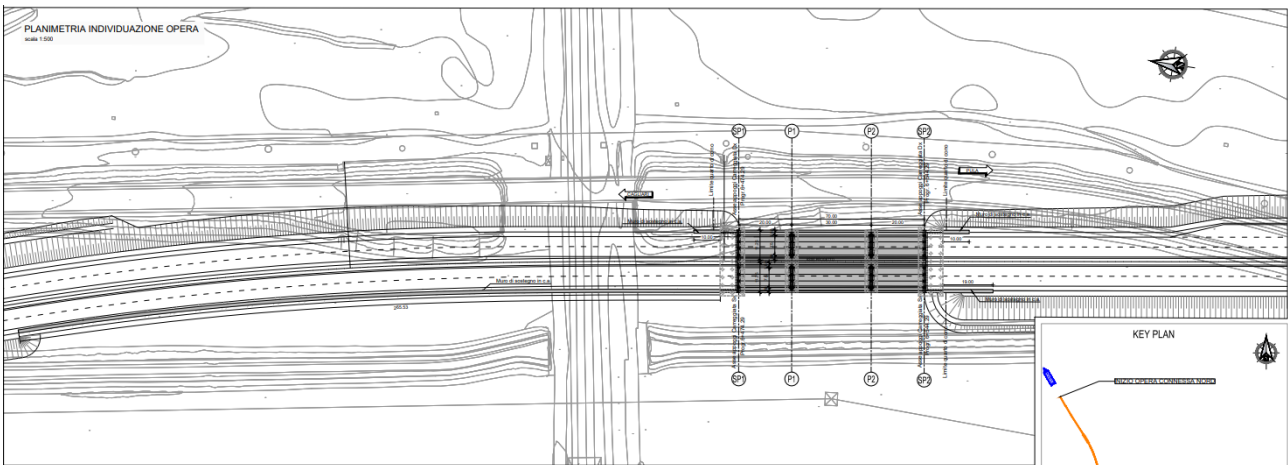


Figura 4.7: Vista in pianta

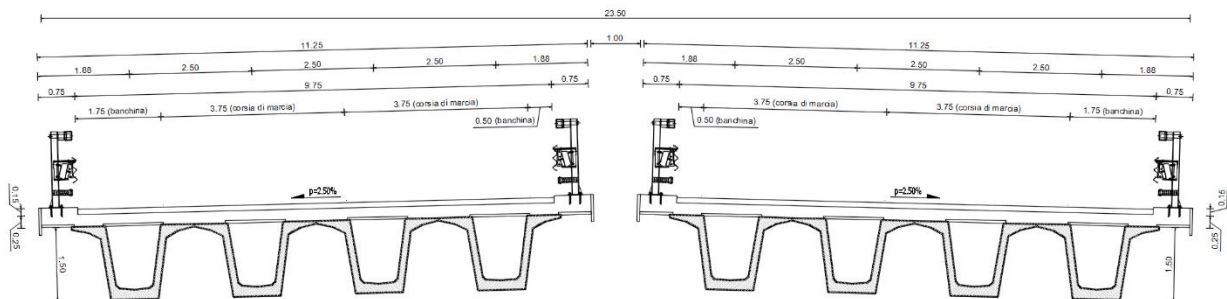


Figura 4.8: Sezione dell'impalcato

Considerata l'ubicazione dell'opera e la relativa pericolosità sismica del sito, la struttura è concepita a base fissa prevedendo di impiegare apparecchi d'appoggio del tipo fissi e scorrevoli.

Le travi sono varate dal basso. Per la protezione del fascio tubiero in fase di realizzazione è previsto impiego di cassero metallico mobile.

Il sistema di varo prevede il sollevamento dal basso delle travi in c.a.p.

#### 4.1.3. PONTE SCAVALCO DEVIAZIONE CANALE EMBOI ALLA PROG. 7+814.00

Il nuovo viadotto si sviluppa su in un'unica con luce 50m in semplice appoggio e consente la deviazione di progetto del canale Imboi alla progressiva 7+814.

Tale luce di 50m si è resa necessaria della conformazione del territorio e dalla necessità di garantire un adeguato franco tra gli argini del canale e le sottostrutture (variabile min 6m – max 8m) e tra il livello della piena due centennale e l'intradosso impalcato (2.4m). L'opera, a singola campata, è

PROGETTAZIONE ATI:

composta da due impalcati a struttura mista acc-cls indipendenti ognuno di larghezza complessiva di 11.25m.

A causa della notevole inclinazione tra l'asse stradale e l'ostacolo scavalcato (canale Imboi) il ponte ha una notevole obliquità. L'opera è ubicata su una porzione del tracciato sostanzialmente in rettilineo e con pendenza longitudinale pari a circa 1%.

Le sezioni della carreggiata sono riportate nelle figure seguenti:

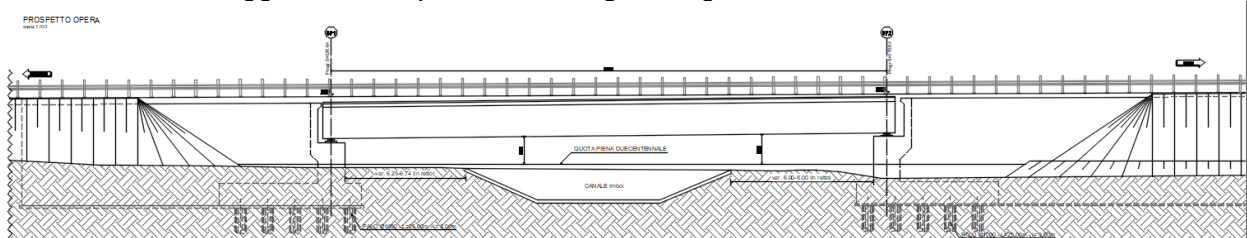


Figura 4.9: Prospetto dell'opera

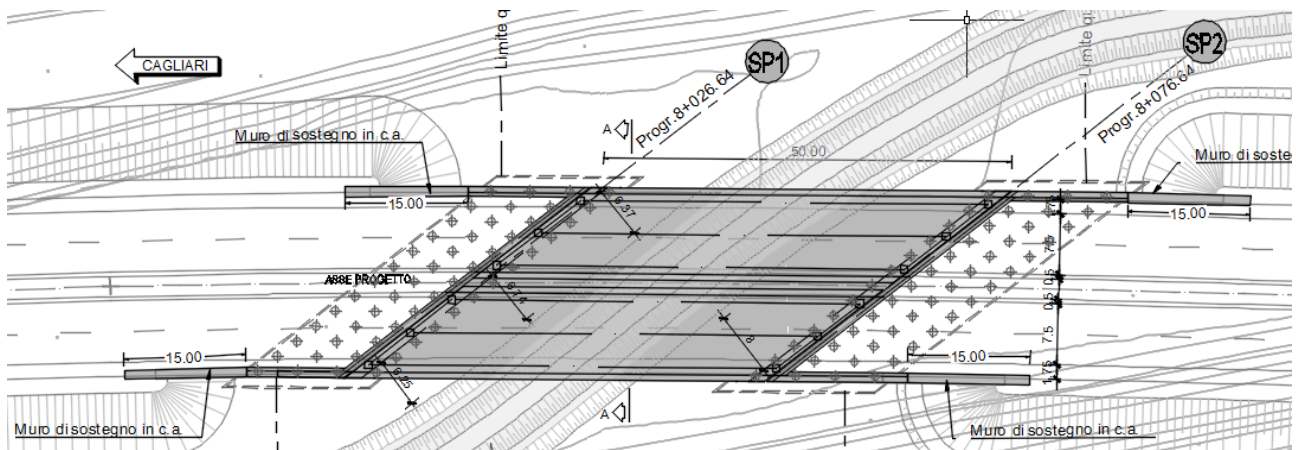


Figura 4.10: Vista in pianta

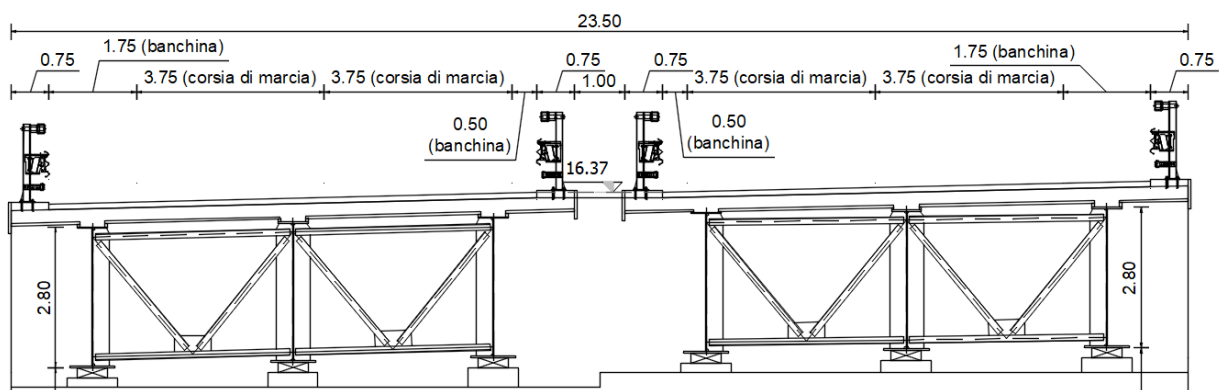


Figura 4.11: Sezione dell'impalcato

Anche per questa opera la scelta progettuale è ricaduta su un impalcato a base fissa con sistema di vincolo è realizzato mediante l'impiego di appoggi a disco elastomerico confinato di tipo fisso e scorrevoli.

Le spalle sono in calcestruzzo armato su fondazione indiretta (platea su pali).

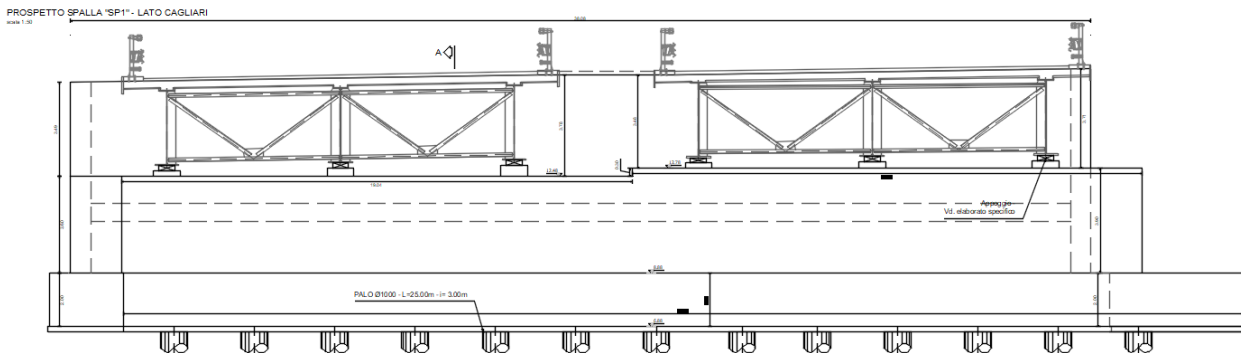


Figura 4.12: Prospetto spalla lato Cagliari

La travata è varata dal basso previo assemblaggio a piè d'opera dei conchi di travata.

#### 4.1.4. CAVALCAVIA ASSE PRINCIPALE SVINCOLO CAPOTERRA – CASIC

L'opera si sviluppa su in un'unica campata di luce 40m ed è ubicata su una porzione del tracciato sostanzialmente in rettilineo e con pendenza longitudinale compresa tra 0.5 e 4%.

L'impalcato di larghezza di 10.5m complessivi a travata semplicemente appoggiata, è realizzata in sistema misto acciaio-calcestruzzo.

L'opera che viene realizzata in sede al cavalcavia esistente, consente lo scavalco del sottostante asse principale garantendo un franco minimo > 6.00m

L'opera fa di fatto parte di un insieme di 3 opere consecutive di svincolo e scavalco della sottostante viabilità e del canale Imboi.

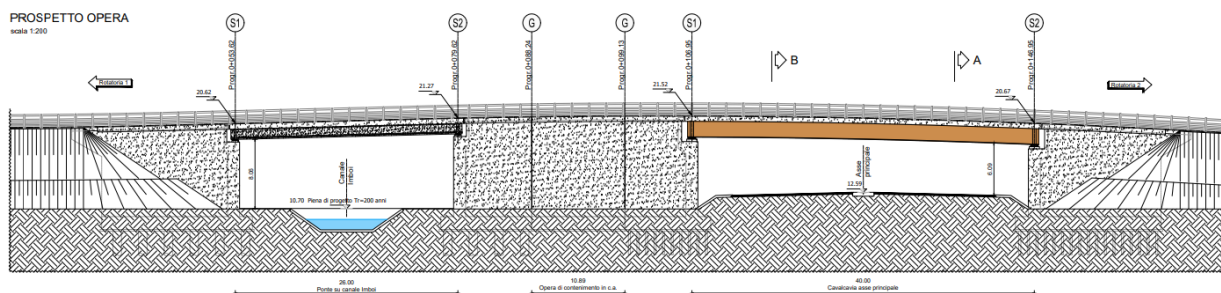


Figura 4.13 Prospetto dell'opera

PROGETTAZIONE ATI:

PIANTA OPERA  
scala 1:500

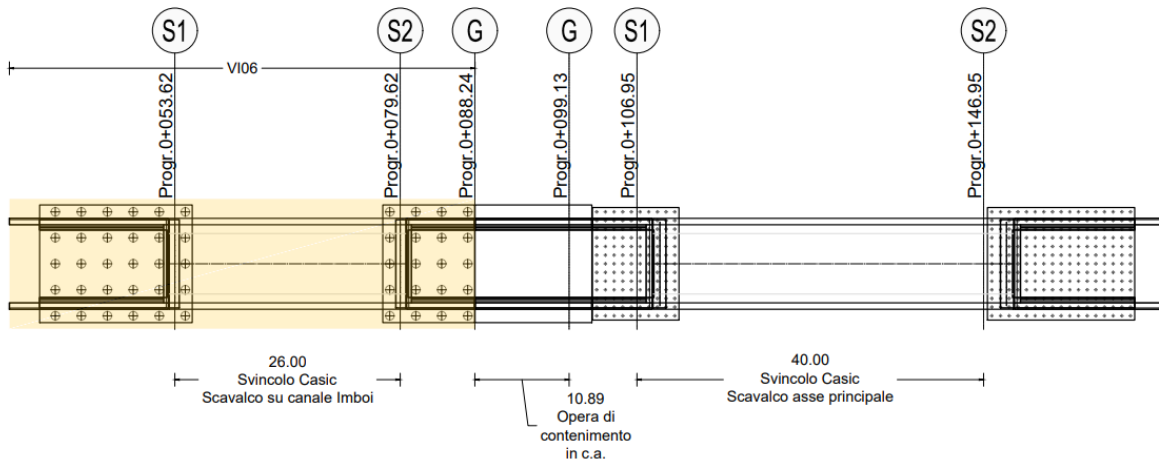


Figura 4.14: Pianta opera

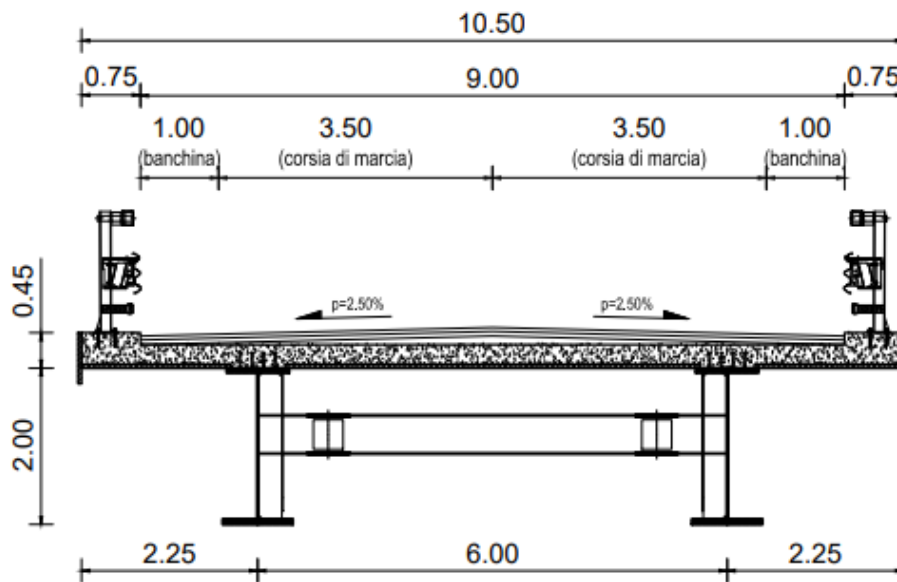


Figura 4.15 Sezione trasversale dell'impalcato

L'impalcato a base fissa è vincolato mediante impiego di appoggi del tipo fisso e scorrevole. Si prevede di realizzare due spalle in calcestruzzo armato composte da un muro frontale, due muri andatori e un muro paraghiaia. Considerata l'interferenza con le sottostrutture esistenti, le spalle saranno fondate su platee e plinti su micropali

PROGETTAZIONE ATI:

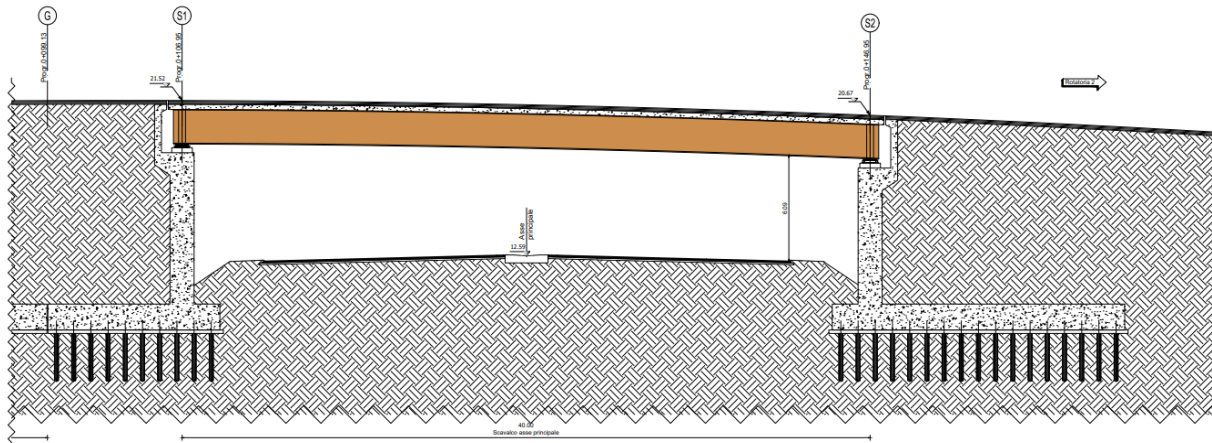


Figura 4.16 Sezione longitudinale

La travata è varata dal basso previo assemblaggio a piè d'opera dei conchi di travata.

#### 4.1.5. PONTE SU CANALE IMBOI SVINCOLO CAPOTERRA – CASIC

Il nuovo ponte fa parte delle tre opere dello svincolo Casic - Capoterra e consente di scavalcare con ampio margine rispetto alla piena duecentennale il sottostante canale Imboi.

L'opera è composta da un unico impalcato di larghezza pari a 10.50m e luce totale di 26m e struttura in semplice appoggio con travi in c.a.p.

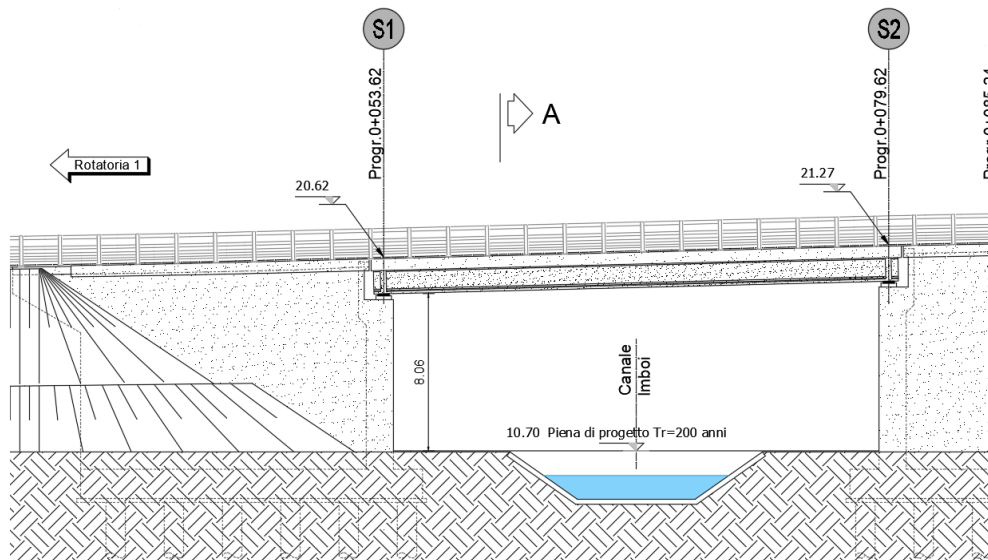


Figura 4.17: Prospetto dell'opera

PROGETTAZIONE ATI:

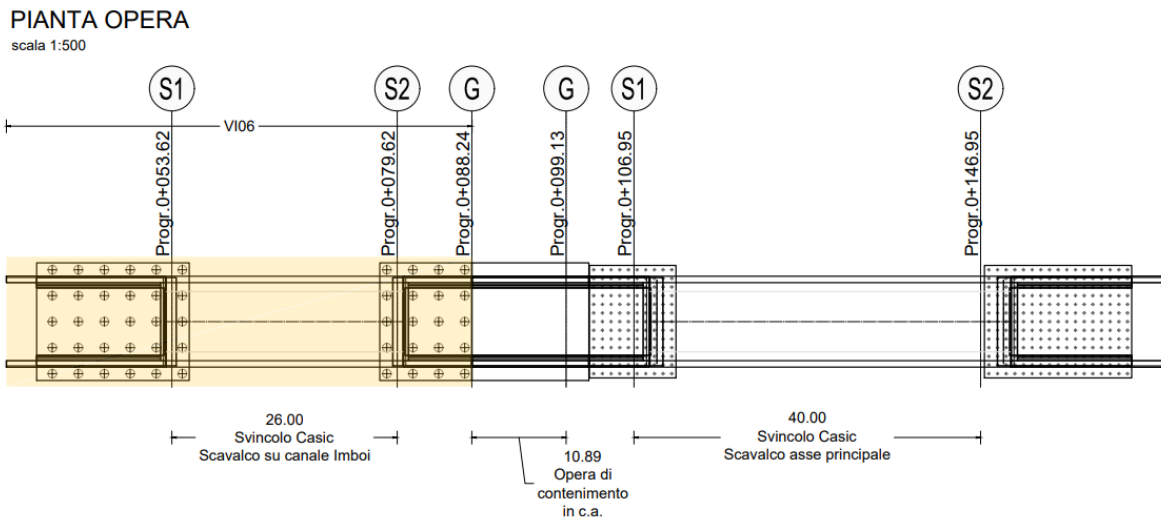


Figura 4.18: Pianta opera

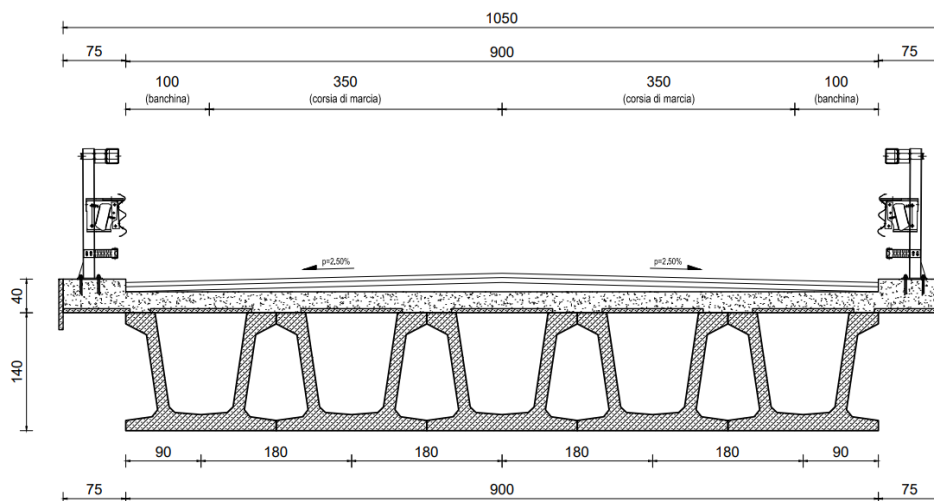


Figura 4.19: Sezione dell'impalcato

L'impalcato a base fissa è vincolato alle sottostrutture mediante impiego di apparecchi d'appoggio del tipo fissi e scorrevoli.

Le due spalle sono della tipologia di muro a mensola in c.a. con fondazioni indirette platea su pali.

Lo schema di varo delle travi in c.a.p. prevede sollevamento dal basso.

#### 4.1.6. PONTE SU CANALE IMBOI SVINCOLO CAPOTERRA - CASIC RAMO A

Si tratta di un'opera relativamente semplice che nasce dall'esigenza di scavalcare con franco idraulico minimo > 1.29m, il sottostante canale Imboi.

L'opera presenta un'unica campata in semplice appoggio con impalcato in c.a.p. avente luce pari a 25.6 m. ed è composta da un'unica carreggiata su un impalcato di larghezza complessiva di 7.50 m.

Le spalle sono in c.a. su fondazioni indirette platea su pali. Planimetricamente l'opera presenta sviluppo curvilineo.

PROGETTAZIONE ATI:

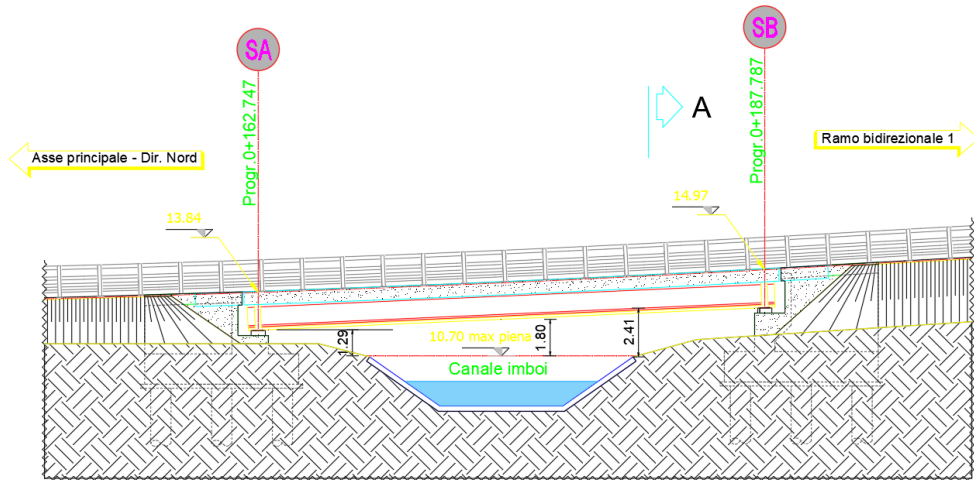


Figura 4.20: Prospetto dell'opera

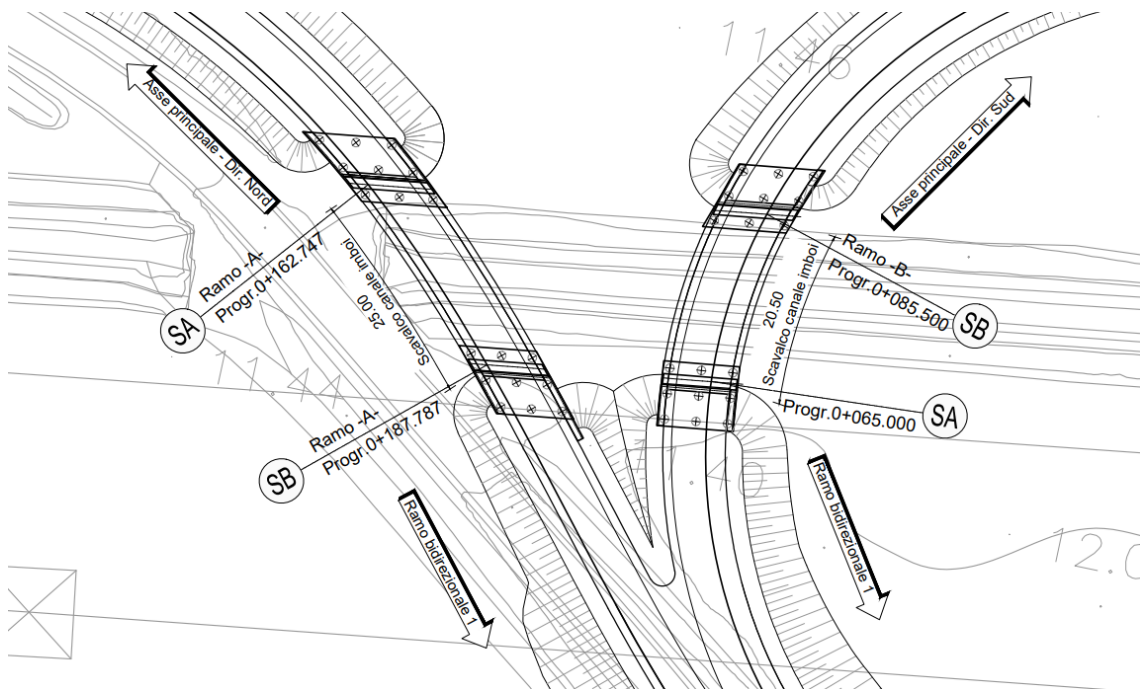


Figura 4.21: Ubicazione planimetrica opere

PROGETTAZIONE ATI:

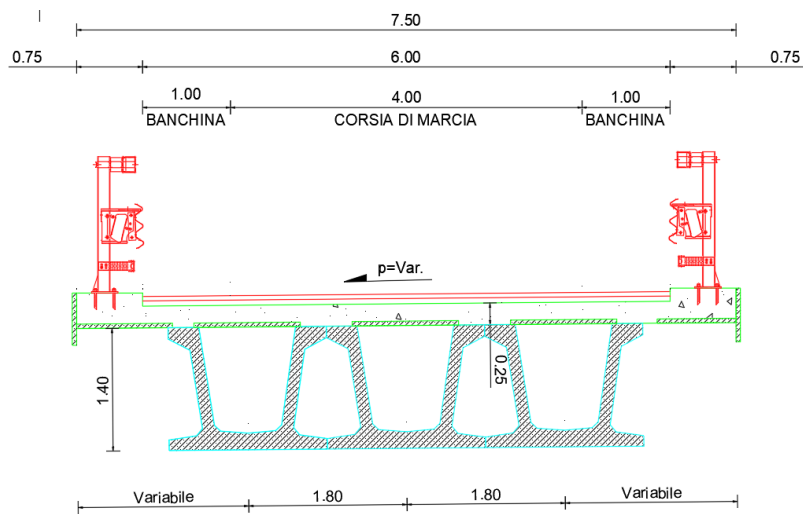


Figura 4.22: Sezione dell'impalcato

L'impalcato a base fissa è vincolato alle sottostrutture mediante impiego di apparecchi d'appoggio del tipo fissi e scorrevoli.

Lo schema di varo delle travi in c.a.p. prevede sollevamento dal basso.

#### 4.1.7. PONTE SU CANALE IMBOI SVINCOLO CAPOTERRA - CASIC RAMO B

L'opera consente lo scavalco del sottostante canale Imboi con adeguato franco idraulico in corrispondenza dello svincolo Casic- Capoterra. Presenta sviluppo planimetrico curvilineo e un'unica campata con impalcato in c.a.p. avente luce pari a 20.6 m.

L'opera è composta da un'unica carreggiata su un impalcato di larghezza pari a 8.80m complessivi, Le due spalle sono della tipologia di muro a mensola in c.a su fondazioni indirette platea su pali.

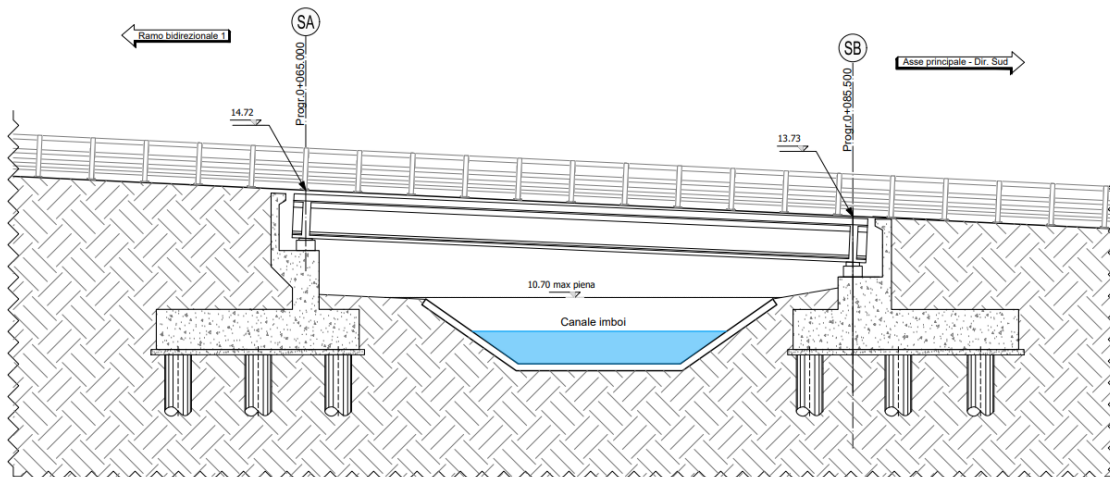


Figura 4.23: Prospetto dell'opera

PROGETTAZIONE ATI:



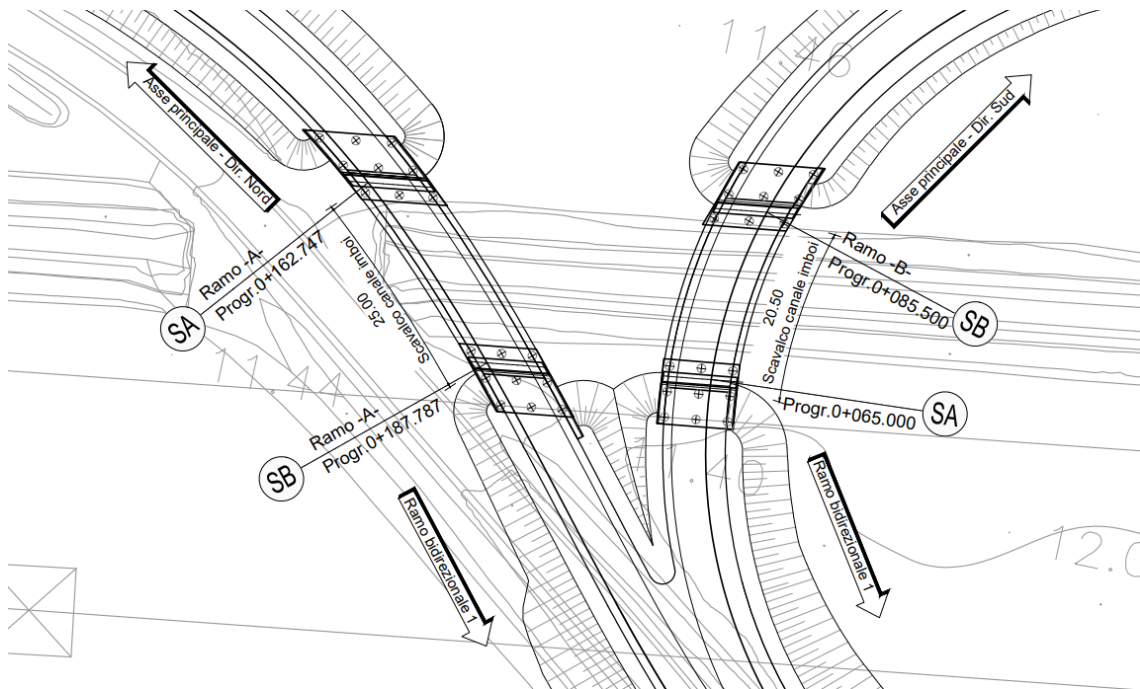


Figura 4.24: Ubicazione planimetrica opere

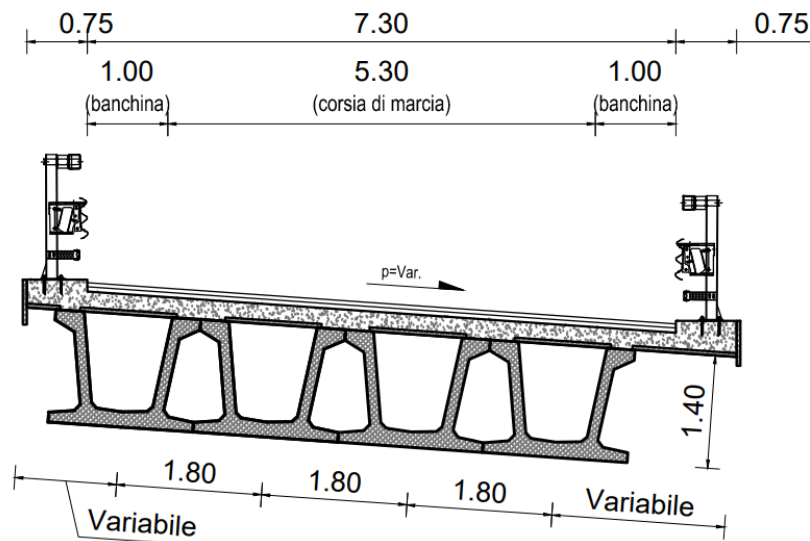


Figura 4.25: Sezione dell'impalcato

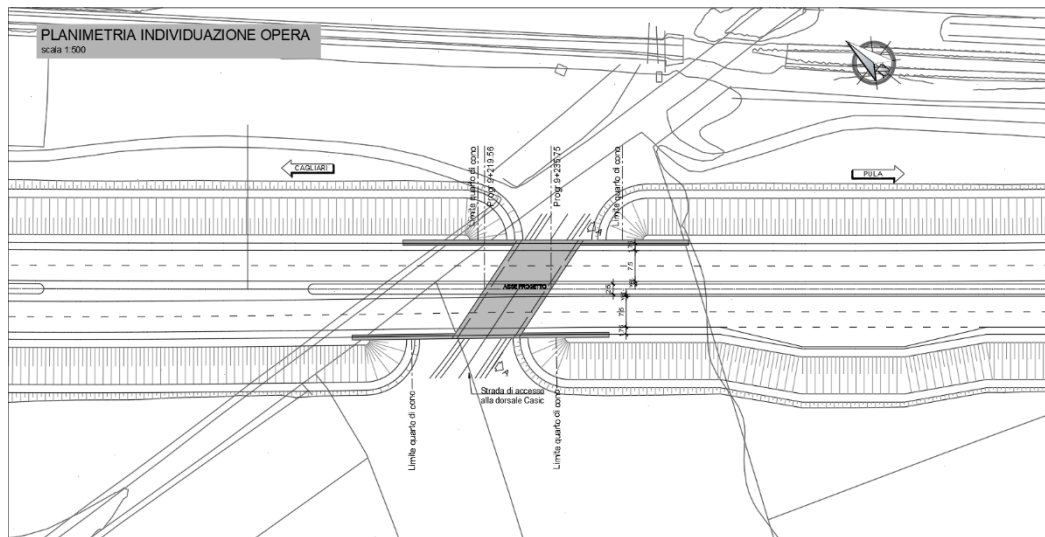
L'impalcato a base fissa è vincolato alle sottostrutture mediante impiego di apparecchi d'appoggio del tipo fissi e scorrevoli.

Lo schema di varo delle travi in c.a.p. prevede sollevamento dal basso.

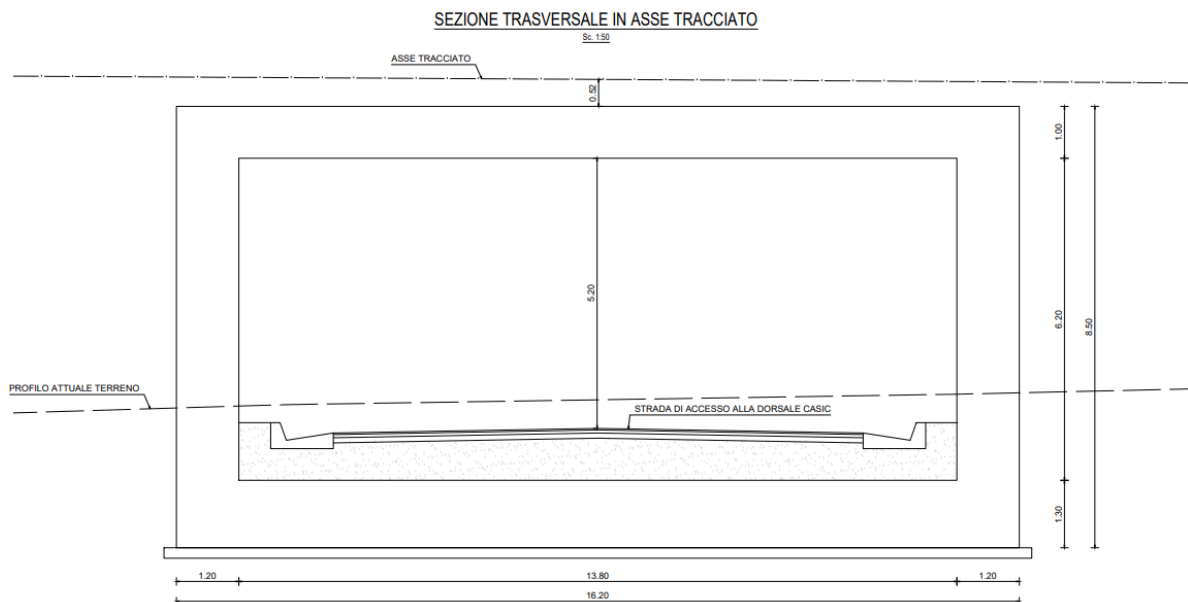
PROGETTAZIONE ATI:

**4.1.8. SOTTOPASSO SCATOLARE STRADA DI ACCESSO ALLA DORSALE CASIC ALLA PROG. 9+205.00**

Il sottovia prevede un'unica struttura scatolare in c.a. sghemba, di larghezza compresa tra i (16.20-16.33m), lunghezza di (28.50-28.75m) ed un'altezza complessiva pari a 8.50 m. Sia internamente che superiormente la struttura è soggetta all'azione del traffico veicolare e nello specifico internamente è attraversato dalla strada di accesso alla dorsale Casic e superiormente dalla viabilità dell'asse principale.



**Figura 4.26 inquadramento planimetrico**



**Figura 4.27 Sezione tipo scatolare**

Completano l'opera muri di imbocco in c.a. in destra e sinistra per entrambe le carreggiate.

PROGETTAZIONE ATI:

#### 4.1.9. OPERE D'ARTE MINORI – OPERE IDRAULICHE

Lungo il tracciato di progetto sono previste le seguenti opere minori a finalità idraulica: diversi tombini di attraversamento e la nuova canalizzazione di deviazione del Canale Imboi.

##### *Tombini*

Lungo il percorso stradale sono presenti n.16 tombini idraulici, suddivisi in due tipologie:

1. scatolari idraulici rettangolari di continuità su canali/fossi esistenti;
2. scatolari circolari di continuità della rete dei fossi di progetto e idraulica di piattaforma.

WBS	PK	Canali esistenti o Fossi di Piattaforma	Larghezza	Altezza	Lunghezza
TO.01	5+668	Fossi di Piattaforma		D1000	32
TO.02	6+150	Fossi di Piattaforma		D1000	45
TO.03	6+920	Fossi di Piattaforma		D1000	42
TO.04	7+312	Fossi di Piattaforma		D1000	45
TO.05	7+462	Fossi di Piattaforma		D1000	18
TO.06	7+463	Fossi di Piattaforma		D1000	16
TO.07	7+540	Fossi di Piattaforma		D1000	42
TO.08	7+552	Fossi di Piattaforma		D1000	40
TO.09	7+575	Fossi di Piattaforma		D1000	33
TO.10	8+070	Fossi di Piattaforma		D1000	27
TO.11	8+270	Fossi di Piattaforma		D1000	55
TO.12	8+340	Fossi di Piattaforma		D1000	17
TO.13	9+157	Fossi di Piattaforma		D1500	52
TM.01	9+738	Canale/Fosso di versante	2.0 m	2.0 m	39
TO.14	10+106	Fossi di Piattaforma		D1000	47
TM.02	10+251	Canale/Fosso di versante	2.0 m	2.0 m	41

##### *Canale imboi*

L'unico corso d'acqua interferito dal Progetto è il Canale Imboi, canale artificiale che presenta attualmente una sezione rivestita in calcestruzzo con base di larghezza media pari a circa 2.5 m, sponde con pendenza di 3/2 rivestite per un'altezza media di circa 1.7 m, banca di circa un metro su entrambe le sponde per poi proseguire con una scarpata in terra sempre con pendenza 3/2 che si raccorda al piano campagna.

PROGETTAZIONE ATI:

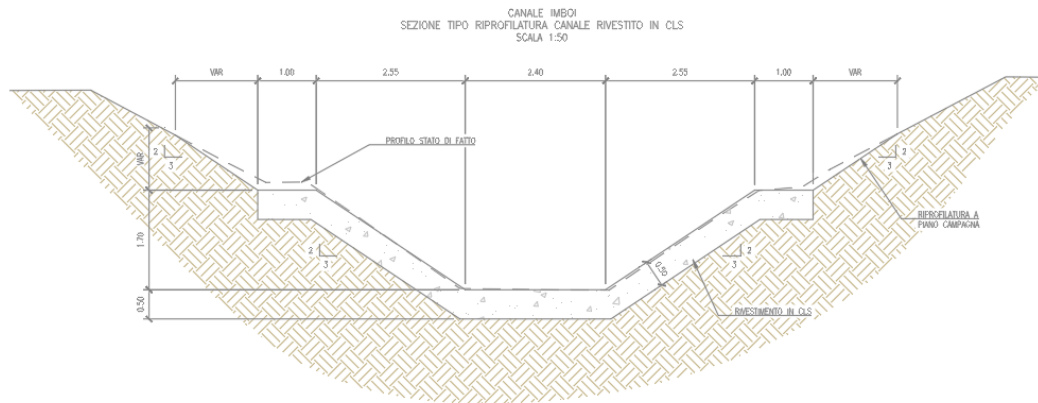


Figura 4.28 – Sezione tipo canale Imboi (tratto rivestito)



Figura 4.29 – Dettagli fotografici del canale Imboi e di un attraversamento che sarà demolito

Gli interventi progettuali sul canale prevedono:

- la deviazione del canale per una lunghezza di circa 530 m, con contestuale demolizione e rinterro del tratto in dismissione;
- il rifacimento del canale in n.3 tratti corrispondenti alla demolizione dei vecchi attraversamenti.

La geometria interna dei tratti di canale in rifacimento deve evidentemente corrispondere all'attuale geometria del canale esistente, al fine di mantenere le stesse condizioni di deflusso.

#### 4.2. CLASSIFICAZIONE DEI PERICOLI LEGATI AL CLIMA SECONDO L'APPENDICE A DEI CRITERI DI VAGLIO TECNICO

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 macrocategorie:

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

Di seguito le tabelle esplicitano e approfondiscono le macrocategorie 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	

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	

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.

L'analisi di vulnerabilità è stata quindi condotta per i soli pericoli valutati come pertinenti rispetto al territorio su cui si trova l'intervento in oggetto.

Dal punto di vista metodologico, l'analisi della vulnerabilità viene condotta secondo il seguente metodo.

- stima della sensibilità
- stima dell'esposizione

La combinazione di sensibilità ed esposizione determina l'impatto potenziale, che, unito alle misure di adattamento, determina la vulnerabilità climatica dell'opera.

La SENSIBILITÀ individua i pericoli climatici pertinenti per il tipo di progetto specifico, indipendentemente dalla sua ubicazione.

L'ESPOSIZIONE individua i pericoli pertinenti per l'ubicazione prevista per il progetto, indipendentemente dal tipo di progetto.

Per l'analisi di sensibilità ed esposizione si considerano i seguenti punteggi:

- Bassa: il pericolo climatico non ha alcun impatto (o tale impatto è non significativo)
- Medio-Bassa: il pericolo climatico può avere un leggero/basso impatto sull'attività
- Media: il pericolo climatico può avere un impatto sull'attività
- Alta: il pericolo climatico può avere un impatto significativo sull'attività

#### 4.2.1. FATTORE TEMPERATURA

Nel seguito si effettua l'analisi di sensibilità ed esposizione dei pericoli legati al fattore temperatura e valutati come pertinenti agli interventi di progetto.

Si esclude, in quanto non pertinente al progetto in esame, il pericolo legato a condizioni glaciali (scongelamento del permafrost, collasso di laghi glaciali).

##### ANALISI DI SENSIBILITÀ

(pericoli climatici pertinenti per il tipo di progetto specifico, indipendentemente dalla sua ubicazione)

*Gerarchia dei pericoli: Infrastruttura stradale (incluse anche tutte le opere d'arte stradali come ponti, viadotti e gallerie)*

##### MEDIO BASSA:

La variabilità della temperatura, nonché lo stress termico, tendono ad acuire i fenomeni di rottura e degradazione della pavimentazione stradale con conseguente aumento degli interventi e associati costi di manutenzione e ripristino necessari.

Anche per l'incendio di incolto si valuta possa avere impatto sulle aree esterne vicine al tracciato che potrebbero esserne a contatto.

La propagazione di incendi in prossimità delle infrastrutture generalmente può causare una temporanea chiusura delle strade. In presenza di eventi particolarmente severi, il calore sprigionato da un incendio può compromettere parti dell'infrastruttura interessata (es., danni materiali a ponti stradali) e danneggiare la segnaletica stradale aumentando i costi di manutenzione necessari per gli interventi di ripristino/sostituzione/ricostruzione delle componenti infrastrutturali colpite.

Le ondate di gelo tendono a danneggiare la pavimentazione stradale (fenomeni di rottura e degradazione del manto stradale) e tali impatti richiedono interventi di manutenzione e possibili blocchi o disagi alla circolazione. Tali effetti risultano particolarmente accentuati dall'amplificarsi dei cicli di gelo-disgelo. Eventi nevosi e gelate richiedono inoltre interventi di rimozione di neve e ghiaccio con conseguenti simili impatti sulla circolazione nonché un aumento dei costi di manutenzione/ripristino.

Per quanto sopra esposto si valuta che tali pericoli rispetto alla funzionalità dell'infrastruttura possano avere un impatto sulla attività, ma comunque di tipo medio-basso.

PROGETTAZIONE ATI:

	CRONICI			ACUTI		
<b>Temperatura</b>	Cambiamento della temperatura (aria, acque dolci, acque marine)	Stress termico	Variabilità della temperatura	Ondata di calore	Ondata freddo / gelata	Incendio di incolto
<b>Strada e relative opere d'arte</b>	Medio -Bassa	Medio -Bassa	Medio -Bassa	Medio -Bassa	Medio -Bassa	Medio -Bassa
<b>Punteggio maggiore</b>	Medio -Bassa	Medio -Bassa	Medio -Bassa	Medio -Bassa	Medio -Bassa	Medio -Bassa

### ANALISI DI ESPOSIZIONE

(pericoli climatici pertinenti per l'ubicazione prevista per il progetto, indipendentemente dal tipo di progetto)

*Gerarchia dei pericoli relativi all'area geografica di SS195 – Sulcitana e alle condizioni climatiche specifiche:*

#### Clima attuale

**MEDIO BASSA:** I cambiamenti e la variabilità delle temperature (e lo stress termico ad essi legato) non sono in generale di tipo estremo pur con normali escursioni termiche.

Si valuta quindi che l'impatto del clima attuale valutato rispetto alla funzionalità dell'infrastruttura e delle aree esterne ed analizzato rispetto al fattore temperatura e a tali pericoli, sia sì presente ma di livello medio-basso.

**BASSA:** La temperatura minima invernale si attesta intorno ai 6°C nei mesi invernali.

Si valuta quindi che l'impatto del clima attuale valutato rispetto alla funzionalità dell'infrastruttura e delle aree esterne ed analizzato rispetto al fattore temperatura e a tali pericoli, sia trascurabile o non significativo.

#### Clima futuro (scenario RCP8.5- periodo 2021-2050 – previsione peggiore)

Per il periodo 2021-2050: è previsto un aumento di temperatura compreso tra 1,5÷1,75 °C. In particolare, trovandosi l'area di Assemmini nel cluster delle anomalie D, per questo scenario, l'aumento atteso per la Temperatura media annuale (Tmean) è di 1,6°C. Per il cluster D si osserva un aumento notevole dei summer days (di 14 giorni/anno) ed una riduzione complessiva dell'evaporazione (valore medio della riduzione pari all'8%)

**MEDIO BASSA:** I cambiamenti e la variabilità delle temperature (e lo stress termico ad essi legato) continuano a non essere di tipo estremo pur con un aumento del numero di summer days.

Si valuta che l'impatto del clima futuro valutato rispetto alla funzionalità dell'infrastruttura e delle aree esterne ed analizzato rispetto al fattore temperatura e ai pericoli di cui sopra, sia medio bassa.

Si prevedono sensibili variazioni in relazione alle possibili ondate di calore nei mesi estivi, e relativi pericoli legati ad incendio di incolto.

		CRONICI		ACUTI		
<b>Temperatura</b>	Cambiament o della temperatura (aria, acque dolci, acque marine)	Stress termico	Variabilità della temperatura	Ondata di calore	Ondata freddo / gelata	Incendio di incolto
<b>Clima attuale</b>	Medio - Bassa	Medio - Bassa	Medio - Bassa	Medio - Bassa	Trascurabile	Medio - Bassa
<b>Clima futuro</b>	Medio - Bassa	Medio - Bassa	Media	Media	Trascurabile	Media
<b>Punteggio maggiore</b>	Medio - Bassa	Medio - Bassa	Media	Media	Trascurabile	Media

ANALISI DI IMPATTO: si combinano i risultati delle analisi di sensibilità ed esposizione

#### SOLUZIONI DI ADATTAMENTO E ANALISI DI VULNERABILITÀ

Il presente progetto dovrà quindi prevedere alcune soluzioni di adattamento per ridurre la vulnerabilità.

In particolar modo, la scelta di adeguate tipologie pavimentazioni stradali, l'ideale progettazione e scelta dei dispositivi mobili di vincolo e ai giunti di dilatazione dei ponti stradali che possa limitare gli incrementi degli spostamenti richiesti.

Con riferimento alle proiezioni meteorologiche a lungo termine riportate in precedenza per i due scenari rappresentativi RCP4.5 e RCP8.5 e in riferimento agli indicatori connessi al Fattore Temperatura si osserva che:

- per lo scenario più gravoso RCP 8.5 – Cluster D – Macroregione 6 - per il cluster D si osserva una complessiva riduzione di precipitazioni invernali e un aumento rilevante di quelle estive (si tenga conto che si tratta di valori percentuali calcolati rispetto a valori assoluti di precipitazione estiva caratteristici bassi). Inoltre, si ha un aumento notevole dei summer days (di 14 giorni/anno), una riduzione complessiva dell'evaporazione (valore medio della riduzione pari all'8%) e un aumento del 6% degli eventi di precipitazione estremi.,

Ciò premesso, pur tenendo in considerazione lo scenario più gravoso (RCP8.5), si ritiene che per le motivazioni sopra esposte le caratteristiche del progetto, e le soluzioni di adattamento applicate durante la sua vita utile e finalizzate a conservare le corrette condizioni di operatività, si prestino ad offrire misure di mitigazione rispetto alla potenziale vulnerabilità dell'opera nei confronti dei rischi connessi ai cambiamenti climatici.

A fronte dell'applicazione delle soluzioni di adattamento di cui sopra, la tabella di classificazione delle vulnerabilità che ne deriva è la seguente, e mostra che, per il Fattore Temperatura, non emergono criticità di livello medio o alto.



FATTORE TEMPERATURA		ESPOSIZIONE			
	Impatto potenziale= Esposizione X Sensibilità	ALTA	MEDIA	MEDIO BASSA	BASSA
SENSIBILITÀ	ALTA				
	MEDIA				
	MEDIO BASSA		Variabilità della temperatura Ondata di calore Incendio di incolto	Cambiamento della temperatura; Stress termico	
	BASSA				Ondata freddo / gelata

#### 4.2.2. FATTORE VENTI

Nel seguito si effettua l'analisi di sensibilità ed esposizione dei pericoli legati al fattore Vento e valutati come pertinenti agli interventi di progetto.

ANALISI DI SENSIBILITÀ (pericoli climatici pertinenti per il tipo di progetto specifico, indipendentemente dalla sua ubicazione)

*Gerarchia dei pericoli – Infrastruttura stradale (incluse anche tutte le opere d'arte stradali (come ponti e viadotti)*

**BASSA:** Il cambiamento del regime dei venti non è valutato come particolare pericolo per l'infrastruttura stradale e le aree esterne, in quanto le relative strutture sono in generale resilienti rispetto a tale aspetto.

Per quanto sopra esposto si valuta che tale pericolo rispetto alla funzionalità abbia un impatto trascurabile.

**MEDIO-BASSA:** il fattore vento relativamente alla possibilità di tempesta di polvere o sabbia, può essere definito un elemento di pericolosità diretta o indiretta.

PROGETTAZIONE ATI:

Per quanto sopra esposto si valuta che il pericolo di forti venti e trombe d'aria, rispetto alla funzionalità dell'infrastruttura possano avere un impatto sull'attività ma comunque di tipo medio-basso.

**MEDIA:** il fattore vento relativamente alla possibilità di tromba d'aria, ciclone, uragano e tifone può certamente essere definito un elemento di pericolosità in quanto può essere la causa di danneggiamento delle infrastrutture in maniera diretta o attraverso la caduta di vegetazione e detriti.

A seguito di forti raffiche di vento le carreggiate stradali possono essere temporaneamente inutilizzabili per la presenza di rami e alberi caduti o di detriti trasportati dal vento. In presenza di venti particolarmente forti si possono registrare danni strutturali alle componenti dell'infrastruttura stradale in seguito all'impatto diretto con detriti trasportati dal vento o alla pressione esercitata dallo stesso (es., danni a ponti e viadotti strallati)

Per quanto sopra esposto si valuta che tale pericolo rispetto alla funzionalità dell'infrastruttura abbia un impatto significativo.

VENTI	CRONICI	ACUTI		
		Ciclone, uragano, tifone	Tempesta di polvere o sabbia	Tromba d'aria
<b>Strada</b>	Bassa	Media	Medio Bassa	Media
<b>Opere d'arte</b>	Bassa	Media	Medio Bassa	Media
<b>Punteggio maggiore</b>	Bassa	Media	Medio Bassa	Media

ANALISI ESPOSIZIONE (pericoli climatici pertinenti per l'ubicazione prevista per il progetto, indipendentemente dal tipo di progetto)

*Gerarchia dei pericoli relativi all'area geografica di Cagliari e alle condizioni climatiche specifiche*

Clima attuale

**BASSA:** L'analisi delle serie storiche evidenziano che il periodo più ventoso dell'anno dura 6,7 mesi, da ottobre a maggio, con velocità medie del vento di oltre 15,5 chilometri orari. Il periodo più ventoso dell'anno è a febbraio, con una velocità oraria media del vento di 18,0 chilometri orari.

Il periodo dell'anno più calmo dura circa 5 mesi, da maggio a ottobre. Il periodo più calmo dell'anno è agosto, con una velocità oraria media del vento di 13,0 chilometri orari.

Si valuta quindi che l'impatto del clima attuale valutato rispetto alla funzionalità dell'infrastruttura e delle aree esterne ed analizzato rispetto al fattore vento e ai relativi pericoli, sia BASSO.

In base ai dati climatici attuali, le tempeste non si valutano come pericoli possibili rispetto all'ubicazione dell'attività.

Clima futuro (scenario RCP8.5- periodo 2021-2050 – previsione peggiore)

PROGETTAZIONE ATI:

Per il periodo 2021-2050: nell'area di Progetto (cluster delle anomalie D), negli scenari di previsione CMCC non vengono valutati parametri relativi all'intensità e regime dei venti.

**BASSA:** il cambiamento del regime dei venti non sembra un pericolo caratterizzante il clima futuro dell'area di progetto.

Si valuta che l'impatto del clima futuro valutato rispetto alla funzionalità dell'infrastruttura e delle aree esterne ed analizzato rispetto al fattore vento e ai pericoli di cui sopra, sia trascurabile o non significativo.

**MEDIO-BASSA:** le proiezioni meteorologiche a lungo termine riportate per i due scenari rappresentativi RCP4.5 e RCP8.5 non fanno esplicito riferimento alla variabile vento. Tuttavia, il motivo principale del cambiamento climatico è l'aumento dell'effetto serra che a sua volta implica un incremento di energia interna nel sistema "atmosfera" che tenderà a produrre, con frequenza crescente, condizioni ideali per il verificarsi di fenomeni estremi. Nel caso specifico, è possibile ritenere che tali condizioni possano determinare un aumento della probabilità (da bassa a medio-bassa) che i fenomeni ventosi siano caratterizzati da intensità sempre maggiori, con la possibilità che si presentino trombe d'aria.

Si valuta quindi che tale impatto rispetto alla funzionalità dell'infrastruttura sia presente con un livello di esposizione medio-alto.

VENTI	CRONICI	ACUTI		
	Cambiamento del regime dei venti	Ciclone, uragano, tifone	Tempesta (comprese quelle di neve, polvere o sabbia)	Tromba d'aria
<b>Clima attuale</b>	Bassa	Bassa	Bassa	Bassa
<b>Clima futuro</b>	Bassa	Medio bassa	Medio bassa	Medio bassa
<b>Punteggio maggiore</b>	Bassa	Medio bassa	Medio bassa	Medio bassa

Analisi di impatto: si combinano i risultati delle analisi di sensibilità ed esposizione

FATTORE VENTI	Impatto potenziale= Esposizione X Sensibilità	ESPOSIZIONE			
		ALTA	MEDIA	MEDIO BASSA	BASSA
SENSIBILITÀ	ALTA				
	MEDIA			Ciclone, uragano, tifone Tromba d'aria	
	MEDIO BASSA			Tempesta di polvere o sabbia	
	BASSA				Cambiamento del regime dei venti

### SOLUZIONI DI ADATTAMENTO E ANALISI DI VULNERABILITÀ

Il presente progetto prevede alcune soluzioni di adattamento per ridurre la vulnerabilità.

Rispetto a pericoli di tromba d'aria il presente progetto tiene in considerazione, nelle specifiche di costruzione, le procedure di fissaggio a regola d'arte degli elementi vulnerabili a possibili raffiche di vento, come elementi isolati, sporgenti o soggetti a maggiore portanza a causa della geometria del loro profilo.

Le proiezioni meteorologiche a lungo termine riportate in precedenza per i due scenari rappresentativi RCP4.5 e RCP8.5 non fanno esplicito riferimento alla variabile vento. Tuttavia, come precedentemente già riportato, il motivo principale del cambiamento climatico è l'aumento dell'effetto serra che implica un incremento di energia interna nel sistema "atmosfera" che tende a produrre, con frequenza crescente, condizioni ideali per il verificarsi di fenomeni estremi. Nel caso specifico, è possibile ritenere che tali condizioni possano implicare un aumento della probabilità che i fenomeni ventosi siano caratterizzati da intensità sempre maggiori.

Ciò premesso, pur tenendo in considerazione lo scenario più gravoso, si ritiene che, per le motivazioni sopra esposte, le caratteristiche del progetto, ovvero le azioni attuate durante la sua vita utile e finalizzate a conservare le corrette condizioni di operatività, si prestino ad offrire misure di mitigazione rispetto alla potenziale vulnerabilità dell'opera nei confronti dei rischi connessi ai cambiamenti climatici.

PROGETTAZIONE ATI:

#### 4.2.3. FATTORE ACQUA

Nel seguito si effettua l'analisi di sensibilità ed esposizione dei pericoli legati al fattore Acque e valutati come pertinenti agli interventi di progetto.

ANALISI DI SENSIBILITÀ (pericoli climatici pertinenti per il tipo di progetto specifico, indipendentemente dalla sua ubicazione)

*Gerarchia dei pericoli – Infrastruttura stradale (incluse anche tutte le opere d'arte stradali come ponti, viadotti)*

**BASSA:** prolungati periodi di siccità possono acuire i fenomeni di subsidenza del terreno causando degradazione e deformazione del manto stradale con conseguente necessità di interventi di manutenzione.

Acidificazione degli oceani, Intrusione salina, Innalzamento del livello del mare si ritengono trascurabili. Per quanto sopra esposto si valuta che tali pericoli rispetto alla funzionalità dell'infrastruttura abbiano comunque un impatto basso.

**MEDIO-BASSA:** le precipitazioni intense, la loro variabilità ed il loro cambiamento di regime possono causare l'allagamento temporaneo delle sedi stradali e/o il loro danneggiamento dovuto allo scorrimento delle acque e il malfunzionamento/collasso dei sistemi di drenaggio.

La presenza di grandine o ghiaccio può rappresentare, nella stagione invernale, una difficoltà nella percorribilità in sicurezza dell'infrastruttura.

Per quanto sopra esposto si valuta che tali pericoli rispetto alla funzionalità dell'infrastruttura possano avere un impatto di livello medio-basso.

**MEDIO:** le inondazioni nel caso specifico di tipo pluviale o fluviale possono avere un impatto sulla funzionalità dell'infrastruttura, in quanto potrebbero implicare un allagamento della sede stradale e generare impatti importanti a causa dell'elevato trasporto solido che può ostruire la sede stradale.

Per quanto sopra esposto valuta che tale pericolo rispetto alla funzionalità dell'infrastruttura abbia un impatto di livello medio.

ACQUA	CRONICI						ACUTI		
	Cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	Variabilità idrologica o delle precipitazioni	Acidificazione degli oceani	Intrusione salina	Innalzamento del livello del mare	Stress idrico	Siccità	Forti precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	Inondazione (costiera, fluviale, pluviale, di falda)
<b>Infrastruttura stradale</b>	Medio bassa	Medio bassa	Bassa	Bassa	Bassa	Bassa	Bassa	Medio bassa	Media
<b>Punteggi o maggiori</b>	Medio bassa	Medio bassa	Bassa	Bassa	Bassa	Bassa	Bassa	Medio bassa	Media

ANALISI ESPOSIZIONE (pericoli climatici pertinenti per l'ubicazione prevista per il progetto, indipendentemente dal tipo di progetto)

Gerarchia dei pericoli relativi all'area geografica di Longarone e alle condizioni climatiche specifiche

Clima attuale

**BASSA:** nell'area di progetto periodo delle piogge nell'anno dura 9 mesi, da agosto a maggio, con un periodo mobile di 31 giorni di almeno 13 millimetri. Il mese con la maggiore quantità di pioggia è novembre, con piogge medie di 50 millimetri.

Il periodo dell'anno senza pioggia dura 3mesi, da maggio ad agosto. Il mese con la minore quantità di pioggia è luglio, con piogge medie di 2 millimetri.

Si valuta quindi che l'impatto del clima attuale rispetto alla funzionalità dell'infrastruttura sia basso.

Clima futuro (scenario RCP8.5- periodo 2021-2050 – previsione peggiore)

Per il periodo 2021-2050: in particolare, trovandosi l'area di progetto nel cluster delle anomalie D, si osserva una complessiva riduzione di precipitazioni invernali e un aumento rilevante di quelle estive (si tenga conto che si tratta di valori percentuali calcolati rispetto a valori assoluti di precipitazione estiva caratteristici bassi). Inoltre, si ha un aumento del 6% degli eventi di precipitazione estremi.

**MEDIO-BASSA:** le precipitazioni estreme si prevedono superiori rispetto alle attuali, mentre l'area continuerà a presentare una piovosità leggermente superiore nei periodi estivi ma pur sempre percentualmente poco significativi.

Si valuta quindi che l'impatto del clima futuro, in relazione agli eventi di precipitazioni estreme, rispetto alla funzionalità dell'infrastruttura possa evolversi a livello medio-basso.

**MEDIO:** sono possibili inondazioni pluviali localizzate per piogge intense.

Si valuta quindi che l'impatto del pericolo inondazioni rispetto al clima futuro potrà evolvere da un livello medio-basso ad un livello medio

ACQUA	CRONICI						ACUTI		
	Cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	Variabilità idrologica o delle precipitazioni	Acidificazione degli oceani	Intrusione salina	Innalzamento del livello del mare	Stress idrico	Siccità	Forti precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	Inondazione (costiera, fluviale, pluviale, di falda)
<b>Clima attuale</b>	Bassa	Bassa	Bassa	Bassa	Bassa	Bassa	Bassa	Bassa	Medio bassa
<b>Clima futuro</b>	Medio bassa	Medio bassa	Bassa	Bassa	Medio bassa	Medio bassa	Medio bassa	Medio bassa	Media
<b>Punteggi o maggiore</b>	Medio bassa	Medio bassa	Bassa	Bassa	Bassa	Medio bassa	Medio bassa	Medio bassa	Media

FATTORE ACQUA	Impatto potenziale= Esposizione X Sensibilità	ESPOSIZIONE			
		ALTA	MEDIA	MEDIO BASSA	BASSA
SENSIBILITÀ	ALTA				
	MEDIA		Inondazione		
	MEDIO BASSA			Cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni Variabilità idrologica o delle precipitazioni Forti precipitazioni	
	BASSA			Stress idrico Siccità	Acidificazione degli oceani Intrusione salina Innalzamento del livello del mare

#### SOLUZIONI DI ADATTAMENTO E ANALISI DI VULNERABILITÀ

Ciò premesso, pur tenendo in considerazione lo scenario più gravoso, si ritiene che per le motivazioni sopra esposte, le caratteristiche del progetto, e le azioni realizzate durante la sua vita utile e finalizzate a conservare le corrette condizioni di operatività, si prestano ad offrire misure di mitigazione rispetto alla potenziale vulnerabilità dell'opera nei confronti dei rischi connessi ai cambiamenti climatici.

A fronte dell'applicazione delle strategie di adattamento di cui sopra, la tabella di classificazione delle vulnerabilità che ne deriva è la seguente:

PROGETTAZIONE ATI:

FATTORE ACQUA	Impatto potenziale= Esposizione X Sensibilità	ESPOSIZIONE			
		ALTA	MEDIA	MEDIO BASSA	BASSA
SENSIBILITÀ	ALTA				
	MEDIA				
	MEDIO BASSA			Cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni Variabilità idrologica o delle precipitazioni Forti precipitazioni Inondazione	
	BASSA			Stress idrico Siccità	Acidificazione degli oceani Intrusione salina Innalzamento del livello del mare

#### 4.2.4. FATTORE MASSA SOLIDA

Nel seguito si effettua l'analisi di sensibilità ed esposizione dei pericoli legati al fattore Massa solida e valutati come pertinenti agli interventi di progetto.

ANALISI DI SENSIBILITÀ (pericoli climatici pertinenti per il tipo di progetto specifico, indipendentemente dalla sua ubicazione)

*Gerarchia dei pericoli – Infrastruttura stradale (incluse anche tutte le opere d'arte stradali come ponti, viadotti e gallerie)*

La pericolosità legata al fattore Massa Solida può essere considerata una conseguenza dei fattori citati nei paragrafi precedenti.

Le principali conseguenze sui fenomeni franosi ed alluvionali si possono sintetizzare in due aspetti principali:

- la tendenza delle precipitazioni può comportare una variazione delle modalità di sollecitazione dei versanti da parte degli eventi meteorologici;

PROGETTAZIONE ATI:



- l'aumento dei fenomeni estremi di tipo meteorico può causare un incremento degli eventi di frana del tipo colate rapide di fango/detrito, unitamente a fenomeni di erosione del suolo quale conseguenza dell'aumento delle temperature e dell'indice di aridità.

**BASSA:** la degradazione e l'erosione del suolo non sono considerate come particolare pericolo per l'infrastruttura stradale.

Per quanto sopra esposto si valuta che tali pericoli rispetto alla funzionalità dell'infrastruttura abbiano un impatto basso

**MEDIO-BASSA:** il soliflusso, così come la subsidenza sono pericoli e movimenti del terreno che possono avere un impatto sulle strutture andando a modificare nel tempo i livelli; si stima tuttavia che le stesse possano avere, in relazione ai criteri di progettazione adottati, una resilienza residua rispetto a tali pericoli.

Per quanto sopra esposto si valuta che tali pericoli rispetto alla funzionalità dell'infrastruttura abbiano un impatto medio-basso.

**MEDIA:** eventuali frane del tipo colate rapide di fango e/o detriti potrebbero avere un impatto sulle sedi stradali, si considera pertanto un impatto classificabile come medio.

Massa solida	CRONICI				ACUTI	
	Erosione costiera	Degradazione del suolo	Erosione del suolo	Soliflusso	Frana	Subsidenza
<b>Infrastruttura a stradale</b>	Bassa	Bassa	Bassa	Medio-Bassa	Media	Medio-bassa
<b>Punteggio maggiore</b>	Bassa	Bassa	Bassa	Medio-Bassa	Media	Medio-bassa

ANALISI DI ESPOSIZIONE (pericoli climatici pertinenti per l'ubicazione prevista per il progetto, indipendentemente dal tipo di progetto)

*Gerarchia dei pericoli relativi all'area geografica di Longarone e alle condizioni climatiche specifiche*

Clima attuale/futuro

Come già descritto in precedenza, i pericoli legati alla massa solida possono considerarsi una conseguenza dei fattori citati nei paragrafi precedenti.

In futuro si prevede un leggero aumento delle precipitazioni invernali e un leggero incremento degli attuali giorni di pioggia estrema, per cui l'esposizione dell'opera a fenomeni franosi e/o erosivi, e di fenomeni quali la subsidenza o il soliflusso, può considerarsi cautelativamente incrementata rispetto alla situazione attuale.

A conclusione di ciò si valuta che l'impatto del clima futuro rispetto a quello attuale possa determinare un aumento del livello di esposizione dell'opera da basso a medio-basso.

Massa solida	CRONICI	ACUTI
--------------	---------	-------

PROGETTAZIONE ATI:

	Erosione costiera	Degradazione del suolo	Erosione del suolo	Soliflusso	Frana	Subsidenza
<b>Clima attuale</b>	Bassa	Bassa	Bassa	Bassa	Bassa	Bassa
<b>Clima futuro</b>	Medio-Bassa	Medio-Bassa	Medio-Bassa	Medio-Bassa	Medio-Bassa	Medio-Bassa
<b>Punteggio maggiore</b>	Medio-Bassa	Medio-Bassa	Medio-Bassa	Medio-Bassa	Medio-Bassa	Medio-Bassa

Analisi esposizione

FATTORE MASSA SOLIDA		ESPOSIZIONE			
	Impatto potenziale= Esposizione X Sensibilità	ALTA	MEDIA	MEDIO BASSA	BASSA
SENSIBILITA	ALTA				
	MEDIA			Frana	
	MEDIO BASSA			Soliflusso Subsidenza	
	BASSA			Erosione costiera Degradazione del suolo Erosione del suolo	

PROGETTAZIONE ATI:

## SOLUZIONI DI ADATTAMENTO E ANALISI DI VULNERABILITÀ

Il presente progetto prevede alcune soluzioni di adattamento per ridurre la vulnerabilità.

Con riferimento alle proiezioni meteorologiche a lungo termine per lo scenario rappresentativo RCP8.5 e in riferimento agli indicatori connessi sia alle precipitazioni (in termini di piovosità, giorni con precipitazioni intense ed estreme) che alla temperatura (temperature minime e massime e evapotraspirazione), connessi al Fattore massa solida, si osserva in media una variabilità climatica che potenzialmente potrebbe concorrere a determinare alcune situazioni descritte in precedenza.

Tuttavia, pur tenendo in considerazione lo scenario più gravoso, si ritiene che per le motivazioni sopra esposte, le caratteristiche del progetto, e le azioni attuate durante la sua vita utile e finalizzate a conservare le corrette condizioni di operatività, si prestino ad offrire misure di mitigazione rispetto alla potenziale vulnerabilità dell'opera nei confronti dei rischi connessi ai cambiamenti climatici.

## 5. CONCLUSIONI

Nel documento viene effettuata la valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità per il progetto della Variante alla S.S.195 "Sulcitana", in ottemperanza a quanto indicato dai Criteri di Vaglio Tecnico riportati nel par. 6.15 (Infrastrutture per il trasporto stradale) nell'Allegato II al Regolamento Delegato EU 2021/2139 del 4/06/21, e in Appendice A, al fine di dimostrare l'applicabilità del criterio DNSH all'obiettivo ambientale "Adattamento ai cambiamenti climatici".

Tale analisi è stata organizzata in una prima parte nella quale sono stati analizzati i dati climatici storici e previsionali connessi ai cambiamenti climatici in atto con particolare riferimento all'area di progetto.

Le proiezioni climatiche sono state riportate utilizzando metodologie in linea con le relazioni del Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico (IPPC/CMCC).

Nella seconda parte è stata effettuata una valutazione qualitativa degli impatti connessi ai pericoli climatici applicabili, organizzata per fattori climatici, ed è stata effettuata una valutazione della vulnerabilità e delle soluzioni di adattamento previste.

Le risultanze di questa valutazione hanno evidenziato livelli di vulnerabilità di tipo basso o medio-basso per i quattro fattori climatici analizzati, temperatura, vento, acque e massa solida e dei pericoli ad essi legati.

A valle di tutte le analisi eseguite, effettuate tenendo conto degli elementi previsti sia dalla progettazione sviluppata che dalle procedure e istruzioni operative in uso presso il gestore della futura infrastruttura, è lecito concludere come non siano stati rilevati particolari elementi di criticità.