



COMMITTENTE

COMUNE DI VILLA DI SERIO (BG)

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELLA SCUOLA
SECONDARIA DI PRIMO GRADO DI VILLA DI SERIO (BG)
CODICE CUP: J16F22000020001 – CODICE CIG 9619599837
INTERVENTO PNRR – M4C1 3.3



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU

PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO**B.F. Progetti Società di
Ingegneria s.r.l.**

INGEGNERIA, ARCHITETTURA E GEOLOGIA
di Ing. Pierluigi Betti, Ing. Andrea Fedi, Ing. Luciano
Lambroia, Ing. Giacomo Martinelli, Arch. Chiara Nostrato,
Geol. Sandro Pulcini, Arch. Rachele Guccini
viale Adua 320, 51100 PISTOIA Tel e fax 0573/24323
C.F. e P.IVA 01579540475 e-mail. info@bfprogetti.eu
pec. bfprogetti@pec.it
www.bfprogetti.eu

Responsabile del Procedimento:
Arch. Paola Facchinetti

I Progettisti:
Ing. Luciano Lambroia

II Direttore Tecnico:
Ing. Andrea Fedi

Collaboratori:
Dott. Filippo Dorandi
Arch. Patrizio Biagini
Arch. Alessandra Gullo
Arch. Serena Ferrari

(Timbro e firma)

Elaborato:

3.AAC

Data emissione: Giugno 2023

Rev.n.

Data:

Descrizione:

OGGETTO:

**STATO DI PROGETTO
ANALISI ADATTABILITA'
CLIMATICA**

SCALA: -

Il presente elaborato, ai sensi di legge, non può essere riprodotto o divulgato senza l'espressa autorizzazione dello Studio

PREMESSA

L'analisi in oggetto fa riferimento a "LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELLA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO DI VILLA DI SERIO (BG) CODICE CUP: J16F22000020001 – CODICE CIG 9619599837 - INTERVENTO PNRR – M4C1 3.3" sito in Via Dosie 6 a Villa di Serio (BG).

Al fine di ottemperare a quanto specificato nel Regolamento UE 852/2020, in termini di non arrecare danno significativo e all'adattamento ai cambiamenti climatici, e garantire il perseguimento degli obiettivi ambientali (art. 9 852/2020 UE), si è proceduto all'analisi dei fattori potenzialmente connessi alla tematica in oggetto.

Nello specifico di seguito è stata effettuata una valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità, in ottemperanza a quanto indicato dai Criteri di Vaglio Tecnico riportati nel par. 7.2 "Ristrutturazione di edifici esistenti" dell'Allegato I al Regolamento Delegato EU C(2021) 2800 *final* del 04/06/2021 (di seguito indicato come "Allegato 1 al Regolamento 852/2020 UE per l'Obiettivo Mitigazione"), al fine di dimostrare l'applicabilità del criterio DNSH all'obiettivo ambientale "Adattamento ai cambiamenti climatici".

Si riporta di seguito il criterio indicato in Appendice A:

"I rischi climatici fisici che pesano sull'attività sono stati identificati tra quelli elencati nella tabella di cui alla sezione II dell'appendice A, effettuando una solida valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità conformemente alla procedura che segue:

- a) esame dell'attività per identificare quali rischi climatici fisici elencati nella sezione II della presente appendice possono influenzare l'andamento dell'attività economica durante il ciclo di vita previsto;*
- b) se l'attività è considerata a rischio per uno o più rischi climatici fisici elencati nella sezione II della presente appendice, una valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità per esaminare la rilevanza dei rischi climatici fisici per l'attività economica;*
- c) una valutazione delle soluzioni di adattamento che possono ridurre il rischio fisico climatico individuato.*

La valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità è proporzionata alla portata dell'attività e alla durata prevista, così che:

- a) per le attività con una durata prevista inferiore a 10 anni, la valutazione è effettuata almeno ricorrendo a proiezioni climatiche sulla scala appropriata più ridotta possibile;*
- b) per tutte le altre attività, la valutazione è effettuata utilizzando proiezioni climatiche avanzate alla massima risoluzione disponibile nella serie esistente di scenari futuri coerenti con la durata prevista dell'attività, inclusi, almeno, scenari di proiezioni climatiche da 10 a 30 anni per i grandi investimenti.*

Le proiezioni climatiche e la valutazione degli impatti si basano sulle migliori pratiche e sugli orientamenti disponibili e tengono conto delle più attuali conoscenze scientifiche per l'analisi della vulnerabilità e del rischio e delle relative metodologie in linea con le relazioni del Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico, le pubblicazioni scientifiche sottoposte ad esame inter pares e i modelli open source o a pagamento più recenti. Per le attività esistenti e le nuove attività che utilizzano beni fisici esistenti, l'operatore economico attua soluzioni fisiche e non fisiche («soluzioni di adattamento»), per un periodo massimo di cinque anni, che riducono i più importanti rischi climatici fisici individuati che pesano su tale attività. È elaborato di conseguenza un piano di adattamento per l'attuazione di tali soluzioni.

Per le nuove attività e le attività esistenti che utilizzano beni fisici di nuova costruzione, l'operatore economico integra le soluzioni di adattamento che riducono i più importanti rischi climatici individuati che pesano su tale attività al momento della progettazione e della costruzione e provvede ad attuarle prima dell'inizio delle operazioni.

Le soluzioni di adattamento attuate non influiscono negativamente sugli sforzi di adattamento o sul livello di resilienza ai rischi climatici fisici di altre persone, della natura, del patrimonio culturale, dei beni ed altre attività economiche; sono coerenti con i piani e le strategie di adattamento a livello locale, settoriale, regionale o nazionale; e prendono in considerazione il ricorso a soluzioni basate sulla natura o si basano, per quanto possibile, su infrastrutture blu o verdi."

Di seguito l'analisi sviluppata.

2. STRUTTURA DEL DOCUMENTO

Come riportato in premessa, il presente documento ottempera quanto indicato dai Criteri di Vaglio Tecnico riportati nel par. 7.2 “Ristrutturazione di edifici” dell’Allegato 1 al Regolamento 852/2020 UE per l’Obiettivo Mitigazione che richiedono lo sviluppo di una valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità al fine di dimostrare l’applicabilità del criterio DNSH all’obiettivo Adattamento ai cambiamenti climatici.

Si tenga conto che per questa analisi, come dati di riferimento, si è considerato la città e provincia di Bergamo ed in particolar modo quanto rilevato dalla stazione aeroportuale di Orio al Serio, nonché, su larga scala, quanto rilevato in Italia settentrionale.

Per effettuare tale valutazione si è partiti dall’analisi dei dati storici osservati in termini di temperatura, vento e precipitazioni (capitolo 3).

Successivamente è stato analizzato il cambiamento climatico atteso (capitolo 4), utilizzando proiezioni climatiche di scenari futuri coerenti con la durata prevista dell’attività, il cui primo effetto misurabile e sicuramente l’innalzamento della temperatura, conseguenza diretta della forzante radiativa che tende ad aumentare in funzione dell’aumento delle emissioni di gas climalteranti cui consegue il ben noto effetto serra.

Nello specifico è stata effettuata una stima degli effetti del cambiamento climatico sul territorio nazionale (capitolo 5) e sull’area in oggetto procedendo alla identificazione delle aree climatiche omogenee nazionali per anomalie ed infine sono stati riassunti i dati previsionali relativi alla porzione di territorio in cui il progetto si inserisce.

Un aumento dell’effetto serra implica un incremento di energia interna nel sistema “atmosfera” che tende a produrre, con frequenza crescente, condizioni ideali per il verificarsi di fenomeni estremi.

Per esempio, se da un lato si osserva una riduzione dei giorni piovosi nell’arco dell’anno, dall’altro si osserverà che nei giorni interessati da precipitazioni saranno registrate intensità di pioggia molto maggiori, che potrebbero incidere significativamente in termini di dissesto idrogeologico.

Nel successivo capitolo 6 sono stati identificati gli specifici rischi climatici fisici - elencati nella sezione II della appendice A dell’Allegato 1 al Regolamento 852/2020 UE per l’Obiettivo Mitigazione – che si ritiene possano influenzare l’andamento dell’attività economica durante il ciclo di vita previsto; per tali rischi è stata effettuata una valutazione qualitativa del rischio climatico e della vulnerabilità ed una valutazione delle soluzioni di adattamento che possano ridurre il rischio fisico climatico individuato.

3. ANALISI DEI DATI STORICI OSSERVATI

3.1 Temperatura

BERGAMO ORIO AL SERIO (1981-2010)	Mesi												Stagioni				Anno
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Inv	Pri	Est	Aut	
T. max. media (°C)	7,0	9,0	13,7	17,2	22,6	26,8	29,2	28,7	23,8	18,3	11,8	7,6	7,9	17,8	28,2	18,0	18,0
T. min. media (°C)	-0,8	0,0	3,8	7,5	12,3	15,9	18,3	18,1	14,4	10,0	4,5	0,2	-0,2	7,9	17,4	9,6	8,7

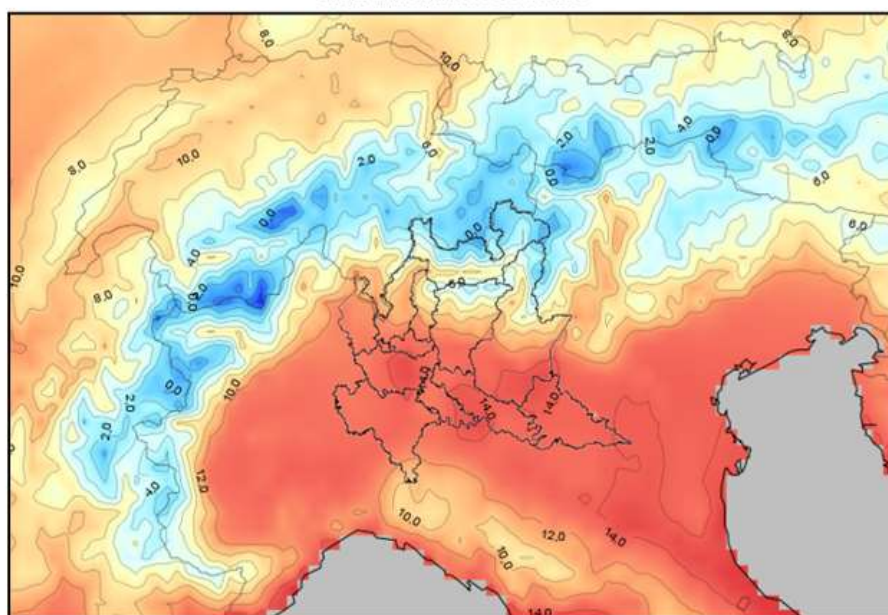
Dalla pianura mantovana (circa 10 metri s.l.m.) ai 4020 metri s.l.m. del Massiccio del Bernina, la Lombardia offre una varietà climatica unica nel panorama europeo. Come in tutto il Nord Italia, anche il clima lombardo è fortemente influenzato a nord dalle Alpi e a sud dal Mediterraneo, che è una riserva di aria umida durante tutto l'arco dell'anno.

Più in generale, pur appartenendo ad una fascia climatica “temperata”, la Pianura Padana è zona di transizione tra il clima mediterraneo – il più diffuso nella nostra Penisola – e quello continentale/oceanico dell'Europa Centrale e Occidentale. La complessa orografia alpina funge da “schermo” ai venti umidi dall'Oceano Atlantico a nord e ad ovest, fattore che determina una spiccata componente continentale, soprattutto man mano che ci si allontana dal Mar Adriatico; ne derivano importanti escursioni termiche annuali, come inverni freddi ed estati molto calde. Alzandoci di quota il clima diviene prettamente montano, seppur con peculiarità diverse tra Alpi e Appennino, specialmente nel regime delle precipitazioni.

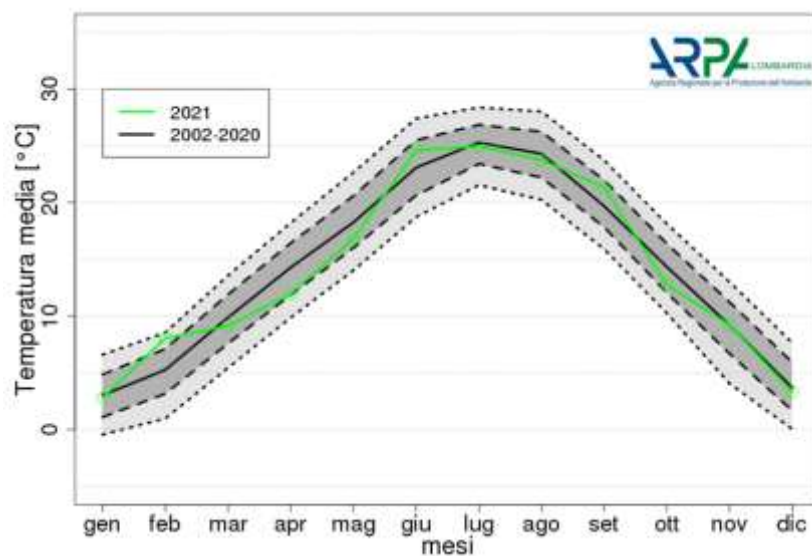
In un periodo storico fortemente influenzato dal Cambiamento Climatico, la rete meteorologica di ARPA Lombardia dispone di oltre 200 stazioni di rilevamento dei principali parametri meteorologici, quali, tra i più importanti a fini climatici, citiamo temperatura e quantitativi di precipitazione.

Temperatura media annua sul Nord Italia

Clima di riferimento 1991-2020



Elaborazione ARPA Lombardia



Temperatura media 2021 sulla pianura lombarda

L'anno 2021 in Lombardia è risultato essere complessivamente il più fresco dal 2013. Tuttavia, all'interno di una tendenza improntata al riscaldamento ormai da diversi decenni, le anomalie si confermano complessivamente positive rispetto al periodo di riferimento 1991-2020. Nel dettaglio delle singole stagioni, la primavera è risultata essere relativamente fresca, specie per quanto concerne le temperature minime, mentre riguardo la restante parte dell'anno spiccano anomalie a scala mensile come i valori sopra la norma di febbraio, giugno e settembre; complessivamente vicini alle medie climatiche i restanti mesi. La quantità delle precipitazioni registrata è generalmente scarsa nel confronto con il periodo 2002-2020, in particolare il mese di marzo è risultato localmente il più asciutto degli ultimi 30 anni.

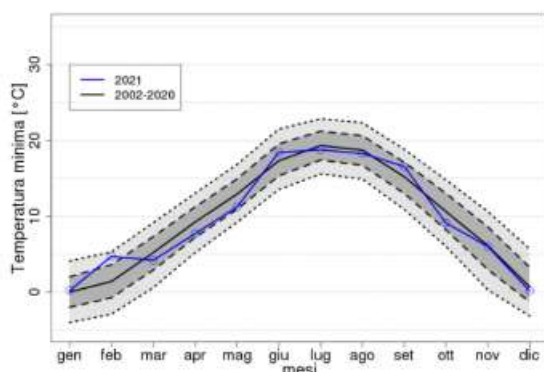


Fig. 1 Temperature Minime Mensile 2021

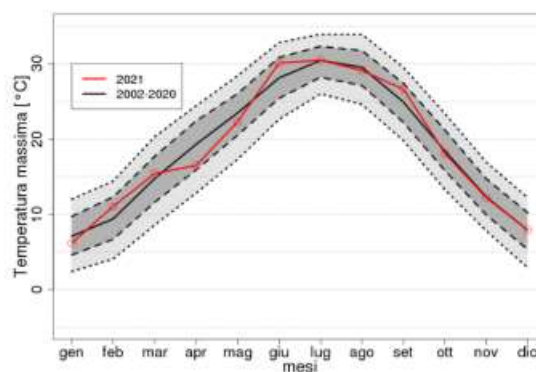


Fig.2 Temperature Massime Mensili 2021

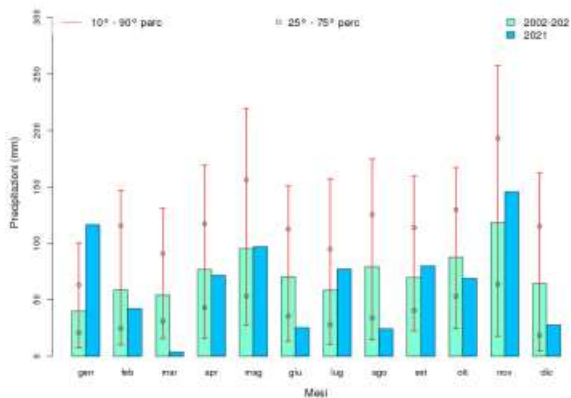


Fig.3 Precipitazioni Cumulate Mensili 2021

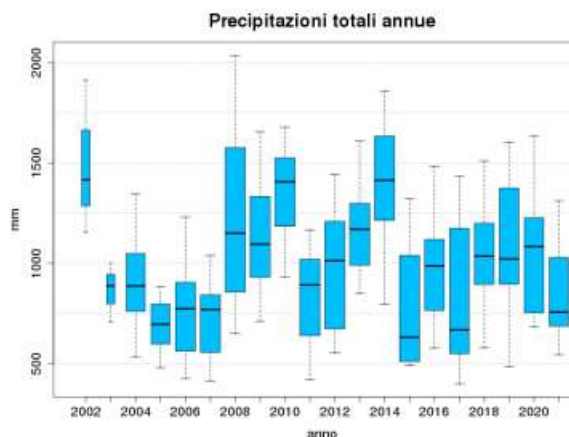


Fig.4 Precipitazioni Totali Annue (2002-2021)

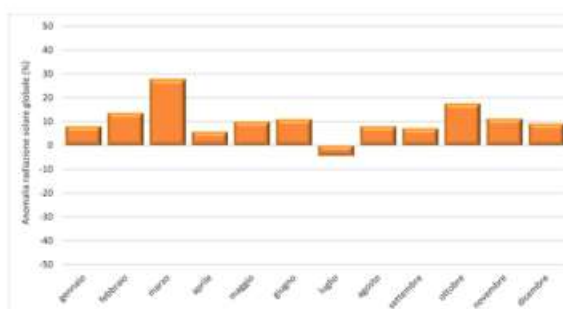


Fig.5 Radiazione Solare Globale 2021

Sulla base dei dati preliminari, il 2022 risulta essere l'anno più caldo di tutta la serie dal 1961, con una marcata anomalia della temperatura media di $+1.12^{\circ}\text{C}$ rispetto alla media climatologica 1991-2020, quasi 0.5°C superiore al precedente record assoluto del 2018, e quasi 0.9°C superiore al valore del precedente anno 2021. Il 2022 è stato il nono anno consecutivo con anomalia positiva rispetto alla norma. A partire dal 2000 le anomalie sono state sempre positive (Figura 1), ad eccezione di quattro anni (2004, 2005, 2010 e 2013). Sulla base dei dati preliminari, anche l'anomalia della temperatura minima e l'anomalia della temperatura massima hanno fatto registrare il record assoluto a partire dal 1961, con valori superiori alla media climatologica rispettivamente di $+0.94^{\circ}\text{C}$ e di $+1.28^{\circ}\text{C}$.

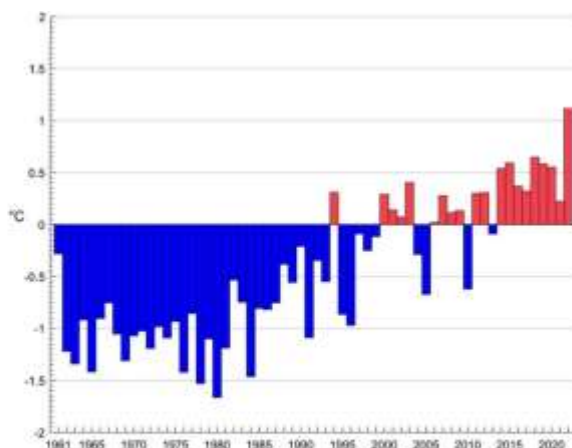


Figura 1 - Serie delle anomalie medie in Italia della temperatura media rispetto alla media climatologica 1991-2020

BERGAMO ORIO AL SERIO (1971-2000)	Mesi												Stagioni				Anno
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mai	Giù	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Inv	Pri	Est	Aut	
T. max. media (°C)	6,6	8,6	13,0	16,4	21,4	25,3	28,3	27,8	23,4	17,6	11,1	7,2	7,5	16,9	27,1	17,4	17,2
T. min. media (°C)	-1,1	0,1	3,3	6,3	11,0	14,5	17,3	17,3	13,8	9,0	3,4	-0,3	-0,4	6,9	16,4	8,7	7,9
T. max. assoluta (°C)	20,3 (1974)	22,7 (1990)	25,3 (1997)	25,2 (1975)	30,4 (1980)	34,2 (1989)	38,0 (1999)	38,2 (1990)	30,9 (1967)	29,0 (1997)	19,3 (1984)	17,7 (1979)	22,7	30,4	39,0	30,9	39,0
T. min. assoluta (°C)	+15,0 (1995)	-11,6 (1991)	-7,6 (1971)	-3,6 (1973)	1,7 (1978)	5,0 (1985)	10,5 (1975)	8,7 (1985)	-5,1 (1972)	-1,7 (1997)	-7,0 (1990)	-9,2 (1973)	-15,0	-7,0	5,0	-7,0	-15,0
Giorni di calura ($T_{max} \geq 30^{\circ}C$)	0	0	0	0	0	3	10	9	0	0	0	0	0	0	22	0	22
Giorni di gelo ($T_{min} \leq 0^{\circ}C$)	20	14	5	1	0	0	0	0	0	0	5	16	50	6	0	5	61
Precipitazioni (mm)	66,1	54,0	71,5	87,4	122,5	121,2	91,9	100,3	114,3	121,5	87,5	64,4	184,5	281,4	313,4	323,3	1102,6
Giorni di pioggia	7	5	7	9	11	8	6	7	7	8	7	7	19	27	22	22	90
Giorni di nebbia	14	7	2	1	1	0	0	0	0	3	9	11	32	4	0	12	48
Umidità relativa media (%)	75	71	67	69	69	68	68	68	70	75	77	78	74,7	68	68	74	71,2

3.2. Precipitazioni

Con un'anomalia di precipitazione cumulata media in Italia pari al -7% circa rispetto alla media 1991- 2020, il 2021 si colloca al ventiquattresimo posto tra gli anni meno piovosi dell'intera serie dal 1961. Le precipitazioni sono state mediamente scarse da febbraio a novembre. Sull'intero territorio nazionale quasi tutti i mesi hanno fatto registrare precipitazioni inferiori alla norma: fanno eccezione gennaio, luglio e novembre. I mesi relativamente più secchi sono stati marzo (-47%) e settembre (-44%) seguiti da giugno e agosto, mentre il mese più piovoso è stato gennaio con un'anomalia positiva di +91%. La precipitazione cumulata annuale ha fatto registrare anomalie negative al Nord (-14%) e al Centro (- 4%) ed è stata prossima alla norma al Sud e Isole. Marzo è stato il mese relativamente più secco al Nord (-87%), settembre al Centro (-64%) e maggio al Sud e Isole (-56%). Al Nord e al Centro il mese relativamente più piovoso si conferma gennaio (+103%), seguito da luglio al Nord (+33%) e da dicembre al Centro (+37%); al Sud e Isole il mese più piovoso è stato novembre (+76%) seguito da gennaio (+69%). La precipitazione cumulata annuale è stata inferiore al valore normale soprattutto su Puglia e gran parte del Nord (con anomalie fino a -70%); anomalie positive di precipitazione si sono registrate principalmente su Lazio, Campania, Calabria e Sicilia. I valori medi nazionali su base stagionale indicano che solo l'inverno è stata una stagione più piovosa della norma, mentre le altre stagioni sono state mediamente più secche. La stagione relativamente più secca è stata l'estate (-27%), che si colloca al settimo posto tra le meno piovose, seguita dalla primavera (-25%) che si colloca al sesto posto tra le più secche dal 1961; l'autunno ha fatto registrare un'anomalia poco sotto la norma (-4%). Con un'anomalia media di +66% l'inverno si colloca invece al terzo posto tra le più piovose. Va sottolineato che, per l'inverno, la precipitazione cumulata stagionale viene determinata aggregando i mesi di gennaio e febbraio con il mese di dicembre dell'anno precedente.

Secondo i dati idrometeorologici della rete di stazioni di ARPA Lombardia, nella stagione irrigua 2020, ovvero dal mese di aprile a settembre incluso, il valore totale delle precipitazioni è stato pari a 710mm, ovvero il terzo più alto se si considera il periodo di riferimento 2006-2020. Complessivamente le precipitazioni su base annua sono risultate pari a 1250 mm, che significa di poco superiori alla media del periodo di riferimento 2006- 2020 con 1174 mm, con l'intensità delle precipitazioni mensili che è stata notevolmente variabile: se nei mesi di gennaio, febbraio e novembre i valori sono stati molto bassi e prossimi ai minimi del periodo di riferimento, sono cresciuti notevolmente con l'avvicinarsi dell'estate e del Natale, nello specifico nei mesi di giugno, agosto, ottobre e dicembre.

L'estate 2020 è risultata particolarmente piovosa, infatti, con un'anomalia positiva fino a oltre +90mm nel periodo giugno-agosto, sia sull'area alpina e prealpina sia sull'alta pianura, tendenza che ha consentito alla stagione irrigua 2020 di salire sul podio alle spalle solamente dei valori registrati nel 2008 e nel 2010.

Per quanto concerne le temperature, invece, si sono mantenute intorno alla media per tutto il semestre irriguo, a eccezione di un'anomalia positiva fino a +1/+3°C sulla parte alpina per il mese di aprile e una diffusa anomalia negativa fino a -3/-1°C nel mese di giugno.

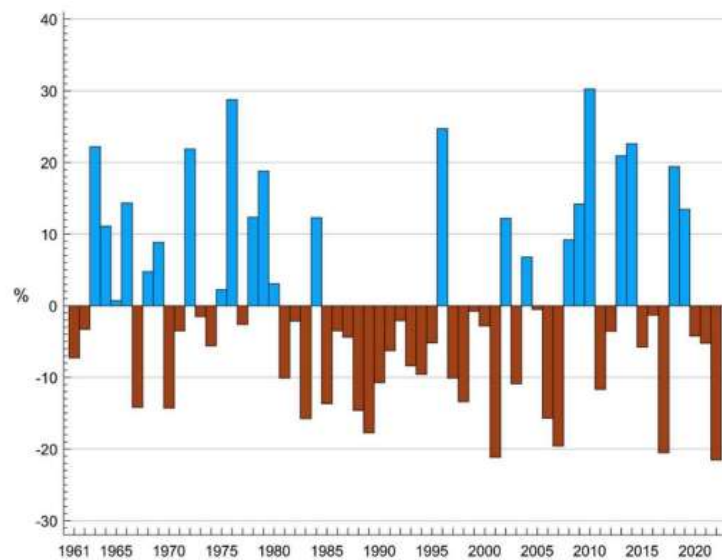


Figura 3 - Serie delle anomalie medie in Italia, espresse in valori percentuali, della precipitazione cumulata annuale rispetto alla media climatologica 1991-2020

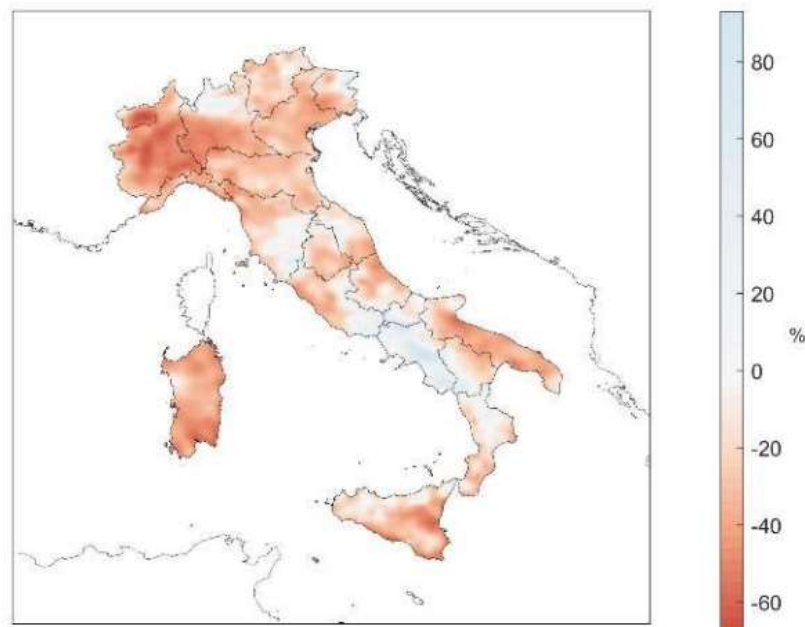


Figura 4 - Anomalia della precipitazione cumulata annuale 2022, espressa in valori percentuali, rispetto alla media climatologica 1991-2020

Figura 1 - Livello delle precipitazioni mensili (mm/mese) in Lombardia, anno 2020



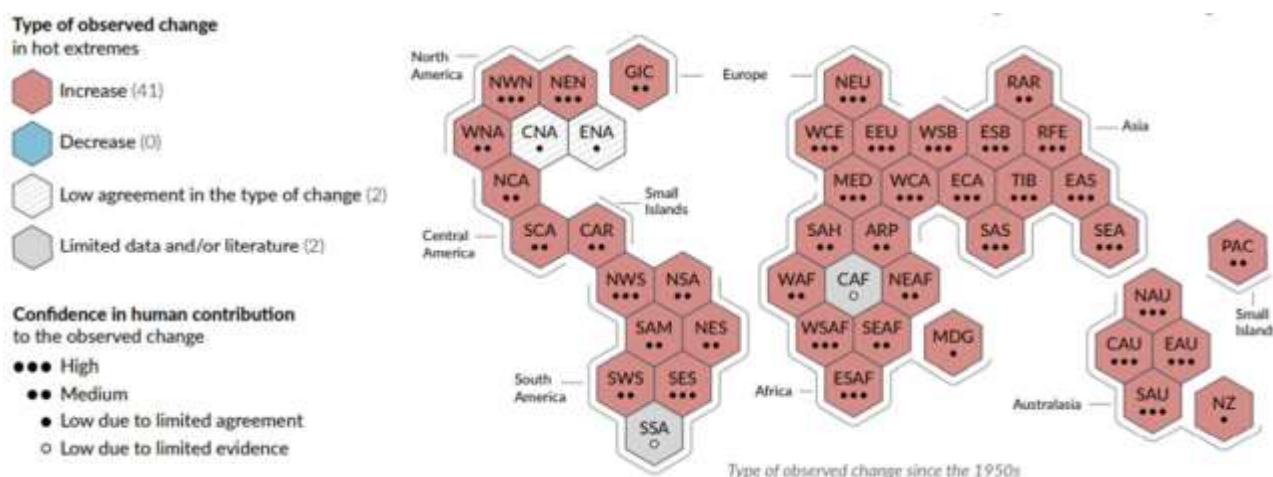
Fonte: ANBI Lombardia (2020)

4. ANALISI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

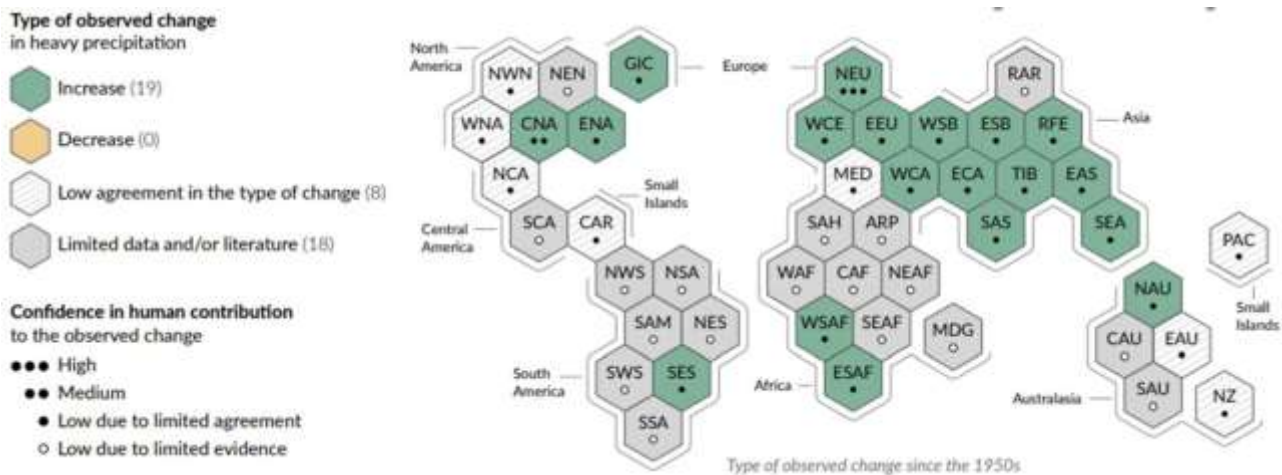
L'analisi del cambiamento climatico viene effettuata a scala mondiale dall'Ente Intergovernativo per i Cambiamenti Climatici (*IPCC - Intergovernmental Panel for Climate Change*) che, circa ogni 5-6 anni, emette un report di sintesi basato su proiezioni future. L'ultimo report è stato pubblicato in agosto 2021 nella versione 6, AR6 Cambiamento Climatico 2021 - Le basi fisico-scientifiche (*AR6 Climate Change 2021: the Physical Science Basis Report*), di seguito AR6.

I cambiamenti climatici stanno già interessando tutte le regioni del pianeta, anche se con impatti e modalità diverse. La probabilità di eventi estremi (ondate di calore, precipitazioni intense e fenomeni siccitosi) aumenta con il riscaldamento globale. Il Rapporto chiarisce che questi eventi estremi sono destinati a intensificarsi con l'ulteriore incremento della temperatura del pianeta.

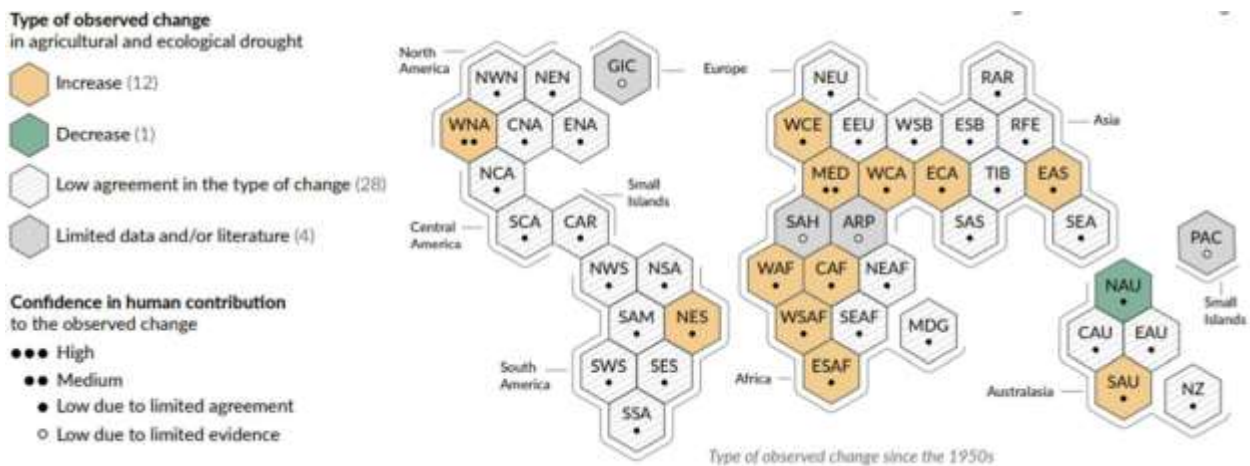
Alcuni dei cambiamenti a cui stiamo assistendo sono irreversibili. Tuttavia, altri possono essere rallentati e altri ancora potrebbero essere arrestati o addirittura invertiti limitando il riscaldamento globale. Per contenere l'innalzamento della temperatura media del pianeta entro (1,5°C rispetto al periodo pre-industriale) è necessario ridurre drasticamente e rapidamente le emissioni di CO₂, metano e altri gas serra.



a) Sintesi della valutazione del cambiamento osservato negli estremi caldi e la confidenza del contributo umano ai cambiamenti osservati nelle regioni del mondo



b) Sintesi della valutazione del cambiamento osservato nelle precipitazioni pesanti e confidenza del contributo umano ai cambiamenti osservati nelle regioni del mondo



c) Sintesi della valutazione del cambiamento osservato nella siccità agricola ed ecologica e confidenza del contributo umano ai cambiamenti osservati nelle regioni del mondo

Nota: Ogni esagono corrisponde a una delle regioni di riferimento IPCC AR6 WGI.

Il Rapporto si basa su simulazioni climatiche di ultima generazione. Per la prima volta in un rapporto dell'IPCC, i cambiamenti futuri nella temperatura superficiale globale, nel riscaldamento degli oceani e nel livello del mare sono stati costruiti combinando le proiezioni modellistiche, ovvero risultanti dall'insieme di tutte le simulazioni climatiche disponibili eseguite con l'ultima generazione di modelli climatici a partire da un protocollo comune condiviso (CMIP6), con vincoli basati sulle osservazioni e su come i modelli hanno simulato il riscaldamento nel passato, nonché su una valutazione aggiornata della sensibilità climatica. Ciò ha permesso di ridurre, per ciascun scenario considerato, l'intervallo di incertezza rispetto alle proiezioni delle variazioni future di temperatura globale. L'insieme di simulazioni climatiche di ultima generazione prese in considerazione nel Rapporto si chiama CMIP6 (*Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 del World Climate Research Program*).

Il Rapporto analizza i cambiamenti climatici con riferimento a 5 scenari che coprono una gamma di possibili sviluppi futuri di fattori antropogenici che, come si evince dalla letteratura scientifica, influenzano i cambiamenti climatici. Gli *Shared Socio-economic Pathway – SSP*, questo il nome degli scenari, considerano una varietà di contesti socioeconomici diversi associati all'implementazione di diverse strategie di gestione delle emissioni

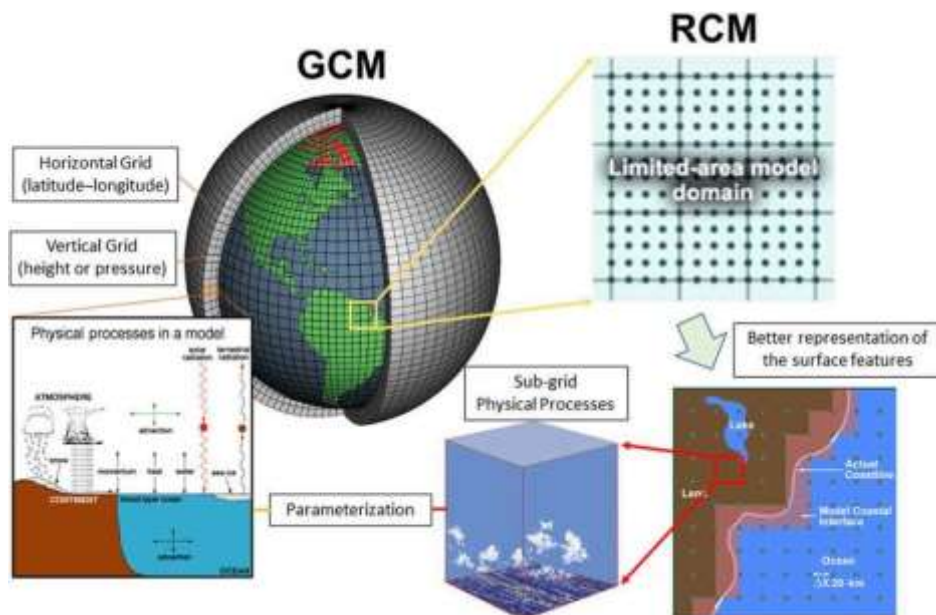
di gas serra.

Questi scenari partono dal 2015 e comprendono ipotesi con:

- Alte emissioni di gas serra (SSP3-7.0 e SSP5-8.5) ed emissioni di CO₂ che raddoppiano entro il 2100 o il 2050 rispetto ai valori attuali;
- Valori intermedi di emissioni di gas serra (SSP2-4.5) con emissioni di CO₂ che rimangono ai livelli attuali fino alla metà del secolo;
- Emissioni basse o molto basse di gas serra (SSP1-1.9 e SSP1-2.6) con emissioni di CO₂ che vanno verso l'obiettivo di zero emissioni nette intorno al 2050 o dopo, con diversi livelli di emissioni negative di CO₂.

Nei diversi scenari le emissioni cambiano a seconda delle diverse assunzioni socio-economiche, i livelli di mitigazione dei cambiamenti climatici e le iniziative di controllo delle emissioni di alcuni inquinanti.

Al fine di effettuare analisi di dettaglio è necessario effettuare quello che viene definito un *downscaling dinamico*, ovvero il passaggio dalla risoluzione grossolana dei GCM (*RCM – Global Climate Model*) ad una risoluzione di maggiore dettaglio. Tale operazione viene effettuata grazie all'impiego di modelli a scala regionale (*RCM – Regional Climate Model*) che acquisiscono gli output dei GCM come condizioni iniziali e al contorno.



Schema semplificato di downscaling dinamico GCM-RCM

Per il territorio europeo il *downscaling* dinamico viene effettuato dal gruppo Eurocordex (<https://www.eurocordex.net/>).

5. STIMA DEGLI EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SUL TERRITORIO NAZIONALE

Ai fini di questo studio è stato fatto riferimento alle analisi eseguite dal CMCC (Centro Euro-Mediterraneo per il Cambiamento Climatico - <https://www.cmcc.it/it>) attraverso il modello RCM COSMO-CLM.

Gli output presi a riferimento sono le precipitazioni e le temperature medie annuali previste secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5¹ per i 3 periodi previsionali 2021-2050, 2041-2070 e 2071-2100 rispetto al periodo storico di riferimento 1981-2010.

Le proiezioni climatiche mostrano, sull'intero territorio nazionale, un graduale aumento di temperatura, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, per ognuno dei 3 periodi previsionali.

Per lo scenario RCP4.5 si prevede:

- per il periodo 2021-2050: un aumento di temperatura compreso tra 1.0÷1.5 °C;
- per il periodo 2041-2070: un aumento di temperatura compreso tra 1.7÷2.2 °C;
- per il periodo 2071-2100: un aumento di temperatura compreso tra 2.5÷3.0 °C.

Per lo scenario RCP8.5 si prevede:

- per il periodo 2021-2050: un aumento di temperatura compreso tra 1.5÷1.7 °C;
- per il periodo 2041-2070: un aumento di temperatura compreso tra 2.0÷3.0 °C;
- per il periodo 2071-2100: un aumento di temperatura oltre i 5.0 °C.

¹ Gli scenari RCP- *Representative Concentration Pathways* sono quelli da *AR5 Climate Change 2013: the Physical Science Basis Report*.

- RCP2.6 corrispondente ad una forzante radiativa di 2.6 W/m².

Tale scenario si basa sulle ipotesi che le emissioni di anidride carbonica inizino a diminuire entro il 2020 e si azzerino entro il 2100, inoltre prevede:

- una diminuzione delle emissioni di CO₂ entro il 2020 al fine di raggiungere l'azzeramento il 2100;
- che le emissioni di CH₄ raggiungano la metà dei livelli del 2020;
- che le emissioni di SO₂ scendano a circa il 10% di quelle del 1980-1990.

Si prevede che sotto tale scenario si manterrà l'aumento della temperatura globale al di sotto dei 2 °C entro il 2100.

- RCP4.5 corrispondente ad una forzante radiativa di 4.5 W/m². Tale scenario si basa sulle ipotesi che le emissioni di anidride carbonica raggiungano un picco intorno al 2045 e tendano a diminuire entro il 2100, inoltre prevede:

- una diminuzione delle emissioni di CO₂ entro il 2045 circa per raggiungere circa la metà dei livelli del 2050 entro il 2100;
- che le emissioni di CH₄ cessino di aumentare entro il 2050 e diminuiscano leggermente fino a circa il 75% dei livelli del 2040;
- che le emissioni di SO₂ scendano a circa il 20% di quelle del 1980-1990.

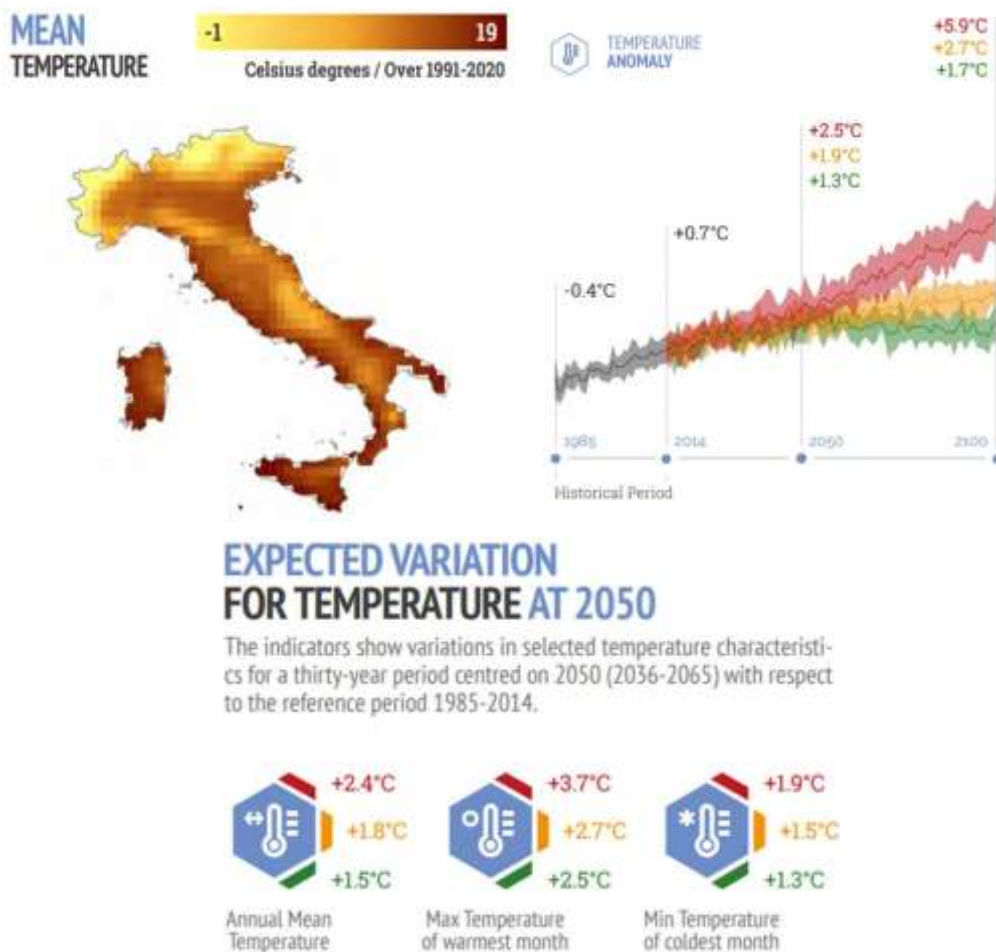
Si prevede un aumento della temperatura globale tra 2 e 3 °C, entro il 2100 con un aumento medio del livello del mare del 35% superiore a quello dello scenario RCP 2.6. Molte specie vegetali e animali non saranno in grado di adattarsi agli effetti di RCP 4.5 e RCP superiori.

- RCP6.0 corrispondente ad una forzante radiativa di 6.0 W/m².

Tale scenario si basa sulle ipotesi che le emissioni di anidride carbonica raggiungano un picco intorno al 2080, intorno a valori di circa il triplo rispetto allo scenario RCP4.5, e tendano a diminuire entro il 2100. Si prevedono incremento di temperatura di oltre 3°C entro il 2100.

- RCP8.5 corrispondente ad una forzante radiativa di 8.5 W/m². Tale scenario si basa sulle ipotesi che le emissioni continuino ad aumentare per tutto il 21° secolo.

- L' RCP8.5, generalmente preso come base per gli scenari di cambiamento climatico peggiori, si basava su quella che si è rivelata una sopravvalutazione della produzione di carbone prevista. Negli ultimi anni però viene definito "sempre più plausibile" in virtù del fatto che allo stato attuale si è perfettamente allineati con il trend di questo scenario.



Fonte dati: G20 CLIMATE RISK ATLAS Impacts, policy, economics

nota: in colore verde scenario RCP4.5, colore giallo scenario RCP6, rosso scenario RCP8.5

Le precipitazioni sono state analizzate in termini di “eventi intensi” facendo riferimento al numero di giorni all’anno con piogge superiori a 20 mm (R20). Inoltre, è stata eseguita un’analisi anche in termini di 95° percentile delle precipitazioni (PR95), ovvero il valore nella distribuzione delle precipitazioni cui corrisponde il 5% di probabilità di essere superato, al fine di effettuare una stima di “magnitudo” degli eventi. In entrambi i casi è stata analizzata la variazione percentuale per ognuno dei periodi previsionali rispetto al periodo di riferimento.

Per lo scenario RCP4.5 si prevede in termini di R20:

- per il periodo 2021-2050:
 - un aumento compreso tra 1÷2 eventi/anno in media al Centro;
 - una diminuzione compresa tra 4÷6 eventi/anno in media al Nord e in qualche regione di Centro-Sud.
- per il periodo 2041-2070:
 - un aumento compreso tra 1÷3 eventi/anno in media al Centro e a Nord-Ovest;
 - una diminuzione compresa tra 4÷5 eventi/anno in media al Nord e in qualche regione di Centro-Sud.
- per il periodo 2071-2100:
 - un aumento compreso tra 3÷5 eventi/anno in media su quasi tutto il territorio;
 - una diminuzione compresa tra 1÷2 eventi/anno in media nell’estremo Sud.

Secondo lo scenario RCP4.5 si prevede in termini di PR95:

per ognuno dei tre periodi previsionali (2021-2050, 2041-2070, 2071-2100) un progressivo aumento delle precipitazioni con valore maggiore o uguale al 95° percentile calcolato rispetto alla distribuzione climatologica nel periodo di riferimento (1981-2010), su tutto il territorio nazionale.

Secondo lo scenario RCP8.5 si prevede in termini di PR95:

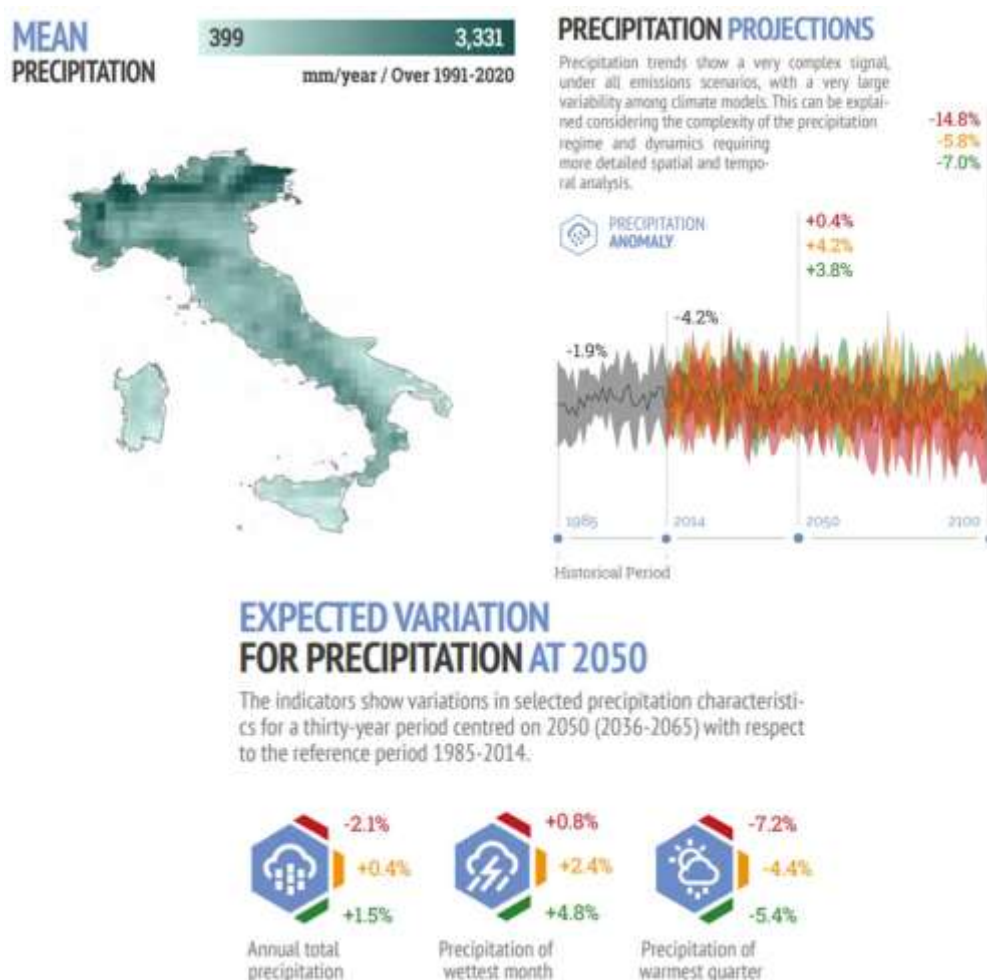
per ognuno dei tre periodi previsionali (2021-2050, 2041-2070, 2071-2100) un progressivo aumento delle precipitazioni con valore maggiore o uguale al 95° percentile calcolato rispetto alla distribuzione climatologica nel periodo di riferimento (1981-2010), su tutto il territorio nazionale.

Rispetto allo scenario intermedio RCP4.5, sulla base delle ipotesi più gravose previste dallo scenario RCP8.5, si stima un aumento percentuale maggiore dei giorni molto piovosi nei tre periodi previsionali.

Riassumendo, lo scenario RCP4.5 prevede, in media, una diminuzione della frequenza delle precipitazioni intense (> 20mm/giorno) nel primo periodo 2021-2050, un leggero aumento nel periodo 2041-2070 e un aumento generale che dovrebbe coinvolgere gran parte del territorio nazionale entro il 2100.

Lo scenario RCP8.5 prevede un iniziale aumento, in media, della frequenza delle precipitazioni intense (> 20mm/giorno) per il periodo 2021-2050 e una progressiva diminuzione per i 2 trentenni previsionali successivi.

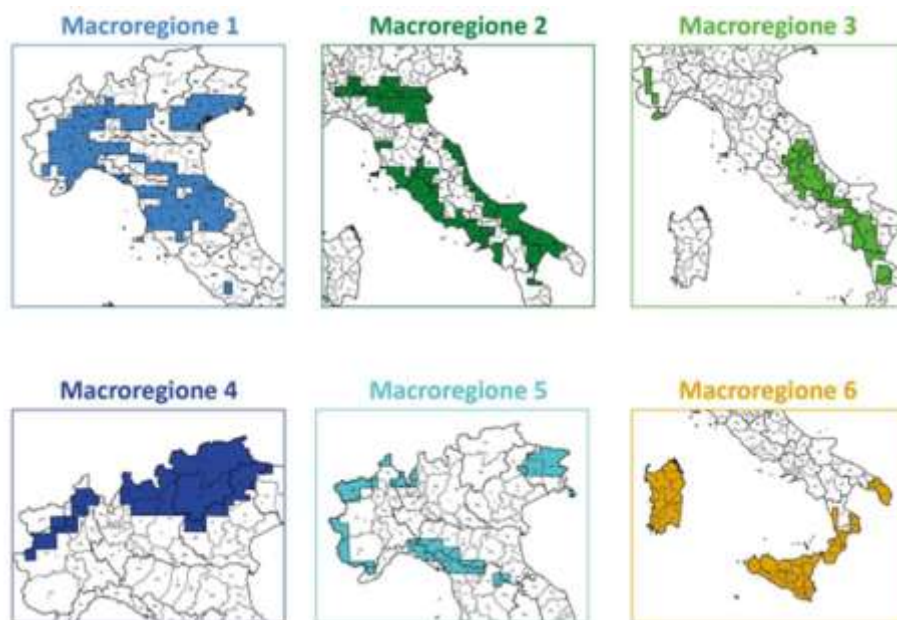
L'analisi delle precipitazioni superiori al 95° percentile (calcolato sulla distribuzione delle precipitazioni 1981-2010) tende a sottolineare la possibilità di scenari caratterizzati da precipitazioni meno frequenti ma di intensità maggiore.



Fonte dati: G20 CLIMATE RISK ATLAS Impacts, policy, economics
nota: in colore verde scenario RCP4.5, colore giallo scenario RCP6, rosso scenario RCP8.5

5.1. Stima dei cambiamenti climatici sull'area in oggetto

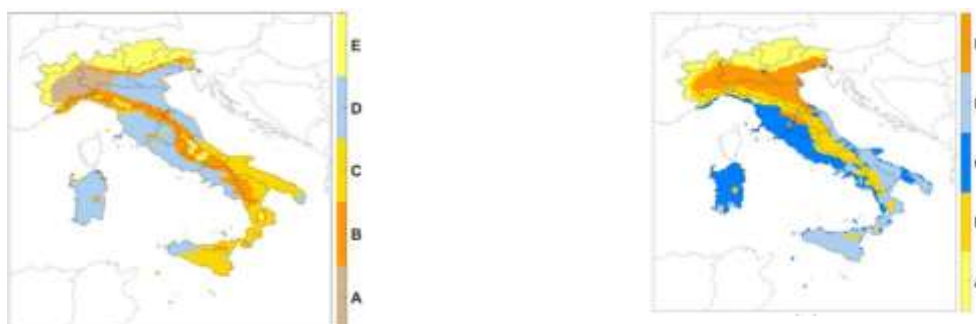
I dati riportati nel capitolo precedente rendono evidente come le variazioni climatiche future non siano costanti su tutto il territorio nazionale, ma si prevede una variabilità per la quale è necessario definire una zonazione climatica in termini di “macroregioni climatiche omogenee”, ossia le aree del territorio nazionale con uguale condizione climatica attuale e stessa proiezione climatica di anomalia futura.



Tali analisi sono state eseguite dal CMCC sulla base di alcuni indicatori climatici² che sono riportati nell'Allegato 1 (“Analisi della condizione climatica attuale e futura”) del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (versione 2018 – link al sito: https://www.mite.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/pnacc_allegato_1.pdf)

5.1.1. Identificazione delle aree climatiche omogenee

Al fine di individuare aree climatiche omogenee nazionali per anomalie, i valori degli indicatori climatici sono stati raggruppati in categorie omogenee denominate “cluster di anomalie”. La zonazione climatica delle anomalie ha individuato cinque cluster di anomalie (da A a E) mostrate nelle mappe sottostante per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.



Mapa dei cluster individuati - a) Scenario RCP4.5

Mapa dei cluster individuati - b) Scenario RCP8.5

² Tmean - Temperatura media annuale; R20 - Giorni di precipitazione intense; FD - Frost days; SU95p - Summer days; WP - Cumulata delle precipitazioni invernali; SP - Cumulata delle precipitazioni estive; SC - Copertura nevosa; Evap - Evaporazione; CDD - Consecutive dry days; R95p - 95° percentile della precipitazione

CLUSTER	Tmean (°C)	R20 (giorni/anno)	FD (giorni/anno)	SURSp (giorni/anno)	WP (%)	SP (%)	SC (giorni/anno)	Evap (%)	R95p (%)
A	1.8	-1	-30	18	-4	-22	-12	8	1
B	1.5	1	0	5	1	24	6	0	1
C	1.2	0	-6	12	-9	-18	-1	-8	4
D	1.5	1	-14	12	12	7	3	-1	2
E	1.2	-2	-20	1	-8	-15	-21	1	-1

Valori medi dei cluster individuati (COSMO RCP4.5 2021-2050 vs 1981-2010).

CLUSTER	Tmean (°C)	R20 (giorni/anno)	FD (giorni/anno)	SURSp (giorni/anno)	WP (%)	SP (%)	SC (giorni/anno)	Evap (%)	R95p (%)
A	1.5	1	-23	1	13	-13	-20	2	5
B	1.8	0	0	8	6	7	-18	1	8
C	1.5	1	-14	12	12	7	3	-1	2
D	1.5	0	-10	14	-4	14	-1	-8	6
E	1.1	1	-27	14	15	-14	9	7	8

Valori medi dei cluster individuati (COSMO RCP8.5 2021-2050 vs 1981-2010)

Il Comune di Villa di Serio ricade nel cluster evidenziato in rosso.

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 cui ricade l'edificio oggetto d'intervento. In questo cluster si osserva una riduzione delle precipitazioni invernali, a cui si aggiunge anche la riduzione, sebbene di minor entità, 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).

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) in cui ricade l'edificio oggetto d'intervento: 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) ed una riduzione complessiva dell'evaporazione (valore medio della riduzione pari all'8%).
- 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).

5.1.2. Conclusioni

Secondo gli studi ufficiali del CMCC (fonte “Scenari climatici per l'Italia”), si prevede quanto di seguito riassunto:

Temperatura in aumento. I diversi modelli climatici sono concordi nel valutare un aumento della temperatura fino a 2°C nel periodo 2021-2050 (rispetto a 1981-2010). Variazioni maggiori in zona alpina e stagione estiva sono attese nello scenario con cambiamenti climatici più intensi, per il quale l'innalzamento della temperatura può raggiungere i 5°C a fine secolo.

Meno piogge ma più intense. Tra i principali risultati evidenziati dalle analisi degli scenari climatici vi è una diminuzione delle precipitazioni nel periodo estivo (più lieve in primavera) per il Sud e per il Centro Italia, aumentano le precipitazioni nel periodo invernale nel Nord Italia. Associato a questi segnali vi è un aumento sul territorio della massima precipitazione giornaliera per la stagione estiva ed autunnale, più marcata per lo scenario ad elevate emissioni di gas serra.

Più giorni caldi e secchi. Sia per lo scenario ad emissioni contenute che per quello ad emissioni elevate emerge un consistente aumento di giorni con temperatura minima superiore a 20°C in estate e, nella stessa stagione, un aumento della durata dei periodi senza pioggia.

Come cambia il mare. I cambiamenti climatici stanno interessando in modo crescente l'ambiente marino (costiero e mare aperto) determinando un aumento delle temperature superficiali e del livello del mare, dell'acidificazione delle acque marine e dell'erosione costiera. Tali cambiamenti necessitano di una particolare attenzione data l'importanza strategica, ambientale, economica e sociale delle nostre coste.

Un mare di beni e servizi. Le conseguenze indotte dai cambiamenti climatici potranno avere un impatto su “beni e servizi ecosistemici” costieri che sostengono sistemi socioeconomici attraverso la fornitura di cibo e servizi di regolazione del clima (quali assorbimento/rilascio e redistribuzione del calore e dei gas atmosferici, sequestro e rilascio di CO₂ in atmosfera).

6. 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 del Regolamento Delegato EU C (2021) 2800 *final* del 4/06/2021 per l'*Obiettivo Mitigazione*, limitatamente a quanto applicabile per l'opera in oggetto.

L'intervento, oggetto della presente relazione, riguarda i *“LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELLA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO DI VILLA DI SERIO (BG) CODICE CUP: J16F22000020001 – CODICE CIG 9619599837 - INTERVENTO PNRR – M4C1 3.3”* sito in Via Dosie 6 a Villa di Serio (BG)

Sono previsti i seguenti interventi:

- Adeguamento sismico della scuola attraverso la costruzione di un sistema sismo resistente, con dei contrafforti in elevazione all'esterno e un anello di fondazione
- Mantenimento dei solai esistenti, determinando il piano rigido attraverso l'installazione di piastre di collegamento in metallo
- La demolizione e ricostruzione della scala esterna in c.a.
- L'installazione di un sistema di *brise soleil* sulla facciata sud e parzialmente sul lato ovest
- La tinteggiatura di tutti gli spazi interni ed esterni.

6.1. Fattore Temperatura (Innalzamento e Variabilità della Temperatura, Ondate di calore e/o di freddo, Incendio di incolto)

L'aumento della temperatura media prevista nel Vecchio Continente nei prossimi decenni accelererà il processo di corrosione degli edifici ed esporrà le strutture a maggiori stress, minando così la sicurezza delle costruzioni. I ricercatori della Fondazione CMCC, membri dell'istituto Joint Research Centre (JRC) della Commissione Europea, hanno realizzato due studi che suggeriscono una revisione degli standard europei di progettazione degli edifici (Thermal design of structures and the changing climate e Expected implications of climate change on the corrosion of structures). Da questi studi si evince che l'aumento di temperatura e umidità relativa abbia la capacità di accelerare il processo di corrosione delle strutture in acciaio o delle barre d'acciaio presenti all'interno del cemento armato, minandone l'azione di resistenza e quindi mettendo a repentaglio la sicurezza degli edifici.

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

- per lo scenario RCP 4.5 un incremento di 1.2°C di temperatura con una conseguente riduzione (-20) dei giorni con temperatura media inferiore a 0°C, un aumento (+1) di giorni con temperatura media superiore a 29,2°C ed un incremento di evapotraspirazione (+1%).
- per lo scenario RCP 8.5 un incremento di 1.5°C di temperatura con una conseguente riduzione (-23) dei giorni con temperatura media inferiore a 0°C, un aumento (+1) di giorni con temperatura media superiore a 29,2°C ed un incremento di evapotraspirazione (+2%).

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 prestano ad offrire misure di mitigazione rispetto alla potenziale vulnerabilità dell'opera nei confronti dei rischi connessi ai cambiamenti climatici.

Inoltre, tutti i contrafforti in c.a., saranno opportunamente protetti in sommità con delle scossaline in lamiera zincata, per andare a limitare la possibile azione erosiva degli agenti esterni.

E' inoltre prevista una generale ripresa di intonaco e tinteggiatura su tutte le facciate esterne della scuola, che garantiranno un prolungamento del suo buono stato di manutenzione.

6.2. Fattore vento (Cicloni, uragani, tifoni, trombe d'aria)

Il fattore vento può essere definito un elemento di pericolosità in quanto può essere la causa di danneggiamento dell'edificio in maniera diretta o attraverso la caduta di vegetazione.

Le proiezioni meteorologiche a lungo termine riportate nel capitolo 5 per i due scenari rappresentativi RCP4.5 e RCP8.5 non fanno esplicito riferimento alla variabile vento. Tuttavia, come è noto, 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 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 via via maggiori.

In generale non si rilevano particolari criticità sul progetto in oggetto legate al vento. Ciò premesso, come misura preventiva, si consiglia la manutenzione della vegetazione circostante.

6.3. Fattore Acque (Variabilità del regime delle precipitazioni e idrologica, stress idrico)

A parte le problematiche legate all'umidità, come ad esempio la corrosione delle parti metalliche, descritte nel paragrafo 6.1, non si rilevano elementi di pericolosità legate al fattore acqua.

6.4. Fattore Massa solida (Erosione del suolo, Frane e Valanghe, Subsidenza)

Non sono state effettuate indagini sul fattore massa solida.

In ogni caso, l'area in cui sorge l'edificio è ubicata in pianura, non sono presenti nelle vicinanze pendii, muri contro terra, salti di quota interessabili da frane.

7. Conclusioni

L'analisi sviluppata è riferita ai *LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELLA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO DI VILLA DI SERIO (BG) CODICE CUP: J16F22000020001 – CODICE CIG 9619599837 - INTERVENTO PNRR – M4C1 3.3'* sito in Via Dosie 6 a Villa di Serio (BG).

Nel documento è stata effettuata una valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità, in ottemperanza a quanto indicato dai Criteri di Vaglio Tecnico riportati nel par. par. 7.2 “Ristrutturazione di edifici esistenti” dell'Allegato 1 al Regolamento EU C (2021) 2800 *final* del 4/06/2021 per l'Obiettivo Mitigazione, al fine di dimostrare l'applicabilità del criterio DNSH all'obiettivo *Adattamento ai cambiamenti climatici*.

Tale analisi è stata articolata in una prima sezione nella quale sono stati analizzati i dati climatici storici e stimati quelli connessi ai cambiamenti climatici in atto con particolare riferimento all'area.

Le proiezioni climatiche riportate utilizzano metodologie in linea con le relazioni del *Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico*.

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

Tale analisi, effettuata tenendo conto di elementi previsti dalla Progettazione sviluppata non ha rilevato profili di criticità.