



REPORT CLIMATICO REGIONE LAZIO 2024



CLIMATE CHANGE
STUDY CENTRE



Greenway
group srl

ECOGEST

INDICE DEI CONTENUTI

3	INTRODUZIONE
3	FONTI E METODOLOGIA
4	QUALITÀ DELL'ARIA NELLA REGIONE LAZIO
13	CAMBIAMENTI CLIMATICI NELLA REGIONE LAZIO
27	ANALISI DEI PRINCIPALI RISCHI CLIMATICI
32	CONCLUSIONI
33	BIBLIOGRAFIA

CCSC

Centro Studi sul Cambiamento Climatico
promosso da Greenway Group Srl

TEL. +39 0545 287755

ccsc@greenwaygroupsrl.com
climatechange@ecogestspa.com

SEDE LEGALE
VIA NICOLÒ BIONDO 2,
41012 CARPI (MO)

SEDE OPERATIVA
VIA LEONARDO DA VINCI 16,
48033 COTIGNOLA (RA)



1. INTRODUZIONE

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, piogge torrenziali e siccità) aumenta con il riscaldamento globale ed è probabile che questi eventi estremi si intensifichino con l'aumento delle temperature globali.

Alcuni dei cambiamenti che stiamo già vivendo sono irreversibili. Tuttavia, altri possono rallentare e altri ancora potrebbero essere fermati o addirittura invertiti limitando il riscaldamento globale. Per contenere l'aumento della temperatura media globale entro (1,5°C rispetto al periodo preindustriale), sarebbe necessario ridurre drasticamente le emissioni di CO₂, metano e altri gas serra.

Questo rapporto si basa su un'analisi dei cambiamenti climatici e dei loro effetti nella regione Lazio, che comprende uno studio dei principali parametri climatici del passato e delle loro proiezioni future in base a diversi scenari di emissione, nonché uno studio dei più importanti rischi climatici nella regione (IPCC, 2021).

2. FONTI E METODOLOGIA

Per l'elaborazione e lo sviluppo di questo lavoro sono stati necessari diversi step, che possono essere suddivisi in fasi: dalla prima fase, basata sulla pianificazione e sulla ricerca di informazioni, all'analisi di dati specifici.

- Come prima fase intendiamo il periodo di ricerca, di approfondimento e di analisi delle diverse fonti di informazione, che ci hanno aiutato a conoscere meglio l'area di studio, ed a poter raggiungere gli obiettivi proposti. Tutte le informazioni ottenute nella prima fase sono state classificate in base alla natura della fonte. In questo caso siamo stati assistiti da vari rapporti e documenti tecnici prodotti da diverse aziende, organizzazioni e istituzioni pubbliche che si occupano di cambiamenti climatici. Alcune delle organizzazioni sono: la documentazione della Regione Lazio, Dataclime, ARPA Lazio, CMCC, IPCC, Ecoazioni.
- La seconda fase si è concentrata sull'ottenimento di dati da organizzazioni e istituzioni pubbliche e private.
- La terza fase è stata l'analisi dettagliato di grafici e mappe. Con la mappatura in questo modo siamo stati in grado di analizzare, da una prospettiva geografica, la distribuzione di questi pericoli, il loro potenziale, e di valutare come agire di fronte agli effetti futuri di questi eventi estremi.

3. QUALITÀ DELL'ARIA NELLA REGIONE LAZIO

L'atmosfera è considerata un involucro gassoso che circonda la Terra, ed è composta principalmente da due elementi gassosi: l'azoto (presente per circa il 78% in volume) e l'ossigeno (presente per il 21% in volume). Oltre a questi due elementi primari, esiste un lungo elenco di altre specie chimiche, gassose o meno, presenti in quantità minori o in tracce.

Il gran numero di attività antropiche provoca l'immissione nell'atmosfera di una quantità significativa di sostanze chimiche, alcune delle quali già presenti nell'atmosfera in quantità minori e altre del tutto assenti, potenzialmente dannose per l'uomo, la flora e la fauna. Queste sostanze possono causare l'inquinamento atmosferico, definito come qualsiasi alterazione della normale composizione o dello stato fisico dell'aria atmosferica (aria ambiente) dovuta alla presenza in essa di una o più sostanze in quantità e con caratteristiche tali che:

- possono alterare le normali condizioni ambientali e sanitarie dell'aria;
- costituire un pericolo o un danno diretto o indiretto per la salute umana;
- compromettere le attività ricreative e altri usi legittimi dell'ambiente;
- alterare le risorse biologiche, gli ecosistemi e le proprietà pubbliche e private.

Il monitoraggio dello stato della qualità dell'aria mira a:

- Ricostruire la distribuzione spaziale e temporale della concentrazione dei vari inquinanti.
- Verificare il superamento dei diversi livelli critici dei vari inquinanti.
- Identificare le diverse zone e/o agglomerati in cui i limiti vengono superati.
- Prevedere con largo anticipo gli eventi futuri, valutarne la criticità e definirne la coerenza spaziale e temporale. Questa funzione di valutazione preventiva dello stato della qualità dell'aria su tutto il territorio di interesse è inevitabilmente affidata ai modelli previsionali, che sono ormai una realtà concreta e affidabile.

Questa sezione presenta i risultati dell'analisi effettuata dal 01/01/2023 al 31/12/2023, di tutti gli inquinanti rilevati in continuo dalle stazioni della rete regionale di qualità dell'aria. In rosso sono evidenziati i superamenti dei valori limite dettati dal Decreto Legislativo n°155/2010.

PARTICOLATO ATMOSFERICO (PM10 E PM2.5)

Le concentrazioni medie annuali di PM10 e PM2,5 e il numero di superamenti del valore limite giornaliero di concentrazione di PM10 rilevati nel 2023 sono riportati di seguito (ARPA Lazio, 2024).

Zona	Stazione	PM ₁₀		PM _{2.5}
		Media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Numero di superamenti di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Agglomerato di Roma	Villa Ada	22	1	12 [^]
	Arenula	21	4	12
	Bufalotta	24	8	--
	Tenuta del Cavaliere	21	5	13
	Ciampino	26	16	--
	Cinecittà	25	12	13
	Cipro	24	10	12
	Fermi	26	11	--
	Fiumicino Porto	20	0	--
	Fiumicino Villa Guglielmi	20	3	11
	Francia	24	6	13
	Magna Grecia	23	5	--
	Castel di Guido	20	2	10
	Guidonia	20	1	10
	Malagrotta	21	8	12

Tabella 1: Standard di legge 2023 relativi al PM10 e al PM2.5. Fonte: Arpa Lazio, 2024.

Zona	Stazione	PM ₁₀		PM _{2.5}
		Media annua (µg/m ³)	Numero di superamenti di 50 µg/m ³	Media annua (µg/m ³)
	Preneste	24 [^]	12	--
	Tiburtina	31	31	--
Zona Valle del Sacco	Alatri	22	12	--
	Anagni San Francesco	24	17	--
	Cassino	34	64	23
	Ceccano	39	84	--
	Colleferro Europa	33	59	19
	Colleferro Oberdan	28	17	--
	Ferentino	27	26	19
	Fontechiari	14	0	10
	FR-Mazzini	23	16	15
	FR-scalo	33	70	--
Zona Appenninica	Acquapendente	14	0	9
	Civita Castellana Petrarca	21	14	--
	Leonessa	11	1	7
	Rieti	18	5	10
	Viterbo	17	0	9
Zona Litoranea	Allumiere	12	0	--
	Aprilia	22	3	--
	Civitavecchia Villa Albani	21	3	-- [^]
	Civitavecchia	20	0	-- [^]
	Civitavecchia Porto	19	2	--
	Gaeta Porto	22	5	--
	LT-De Chirico	23	6	-- [^]
	LT-Scalo	20	1	10
	LT-Tasso	21	5	--

Tabella 1: Standard di legge 2023 relativi al PM10 e al PM2.5. Fonte: Arpa Lazio, 2024.

Zona	Stazione	PM ₁₀		PM _{2,5}
		Media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Numero di superamenti di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	Alluniere via Moro	15	0	9
	Aurelia	13	0	--
	Campo Oro	18	1	8
	Faro	16	0	9 [^]
	Frunaretta	19	0	9
	Monte Romano	17	1	--
	S. Agostino	16	2	7
	S. Gordiano	21	3	--
	Tolfa Braccianese	13	2	--

[^]: la quantità di dati disponibili non rispetta l'obiettivo di qualità relativo alla raccolta minima dei dati, disciplinato dal D.lgs. n. 155/2010.

Tabella 1: Standard di legge 2023 relativi al PM10 e al PM2.5. Fonte: ARPA Lazio, 2024.

Nel 2023, nessuna stazione della rete regionale di qualità dell'aria ha registrato un superamento del limite di concentrazione media annua di PM10 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Tuttavia, va notato che la stazione di Ceccano, installata nell'area della Valle del Sacco, ha riportato un valore medio annuo di PM10 vicino al limite fissato dalla norma, pari a $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ARPA Lazio, 2024).

Nella stessa area, il numero di superamenti del limite di concentrazione media giornaliera di PM10 è stato superiore al valore consentito dalla normativa nelle stazioni di Cassino, Ceccano, Colferro Europa e Frosinone Scalo. Nella zona appenninica, il maggior numero di superamenti è stato registrato nella stazione di monitoraggio di Civita Castellana Petrarca (14 superamenti), nella zona costiera il valore più alto è stato registrato a Latina de Chirico (6 superamenti) e, infine, la stazione di monitoraggio dell'agglomerato di Roma con il maggior numero di superamenti del limite di concentrazione media giornaliera è stata Tiburtina (31 superamenti) (ARPA Lazio, 2024).

Infine, nel 2023 non sono stati registrati superamenti del limite di concentrazione media annuale per il PM 2,5 ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Tuttavia, valori prossimi al limite dettato dalla norma sono stati rilevati nell'area della Valle del Sacco e, in particolare, nella centralina di Cassino ($23 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (ARPA Lazio, 2024).

BIOSSIDO DI AZOTO (NO2)

La media annuale e il numero di superamenti di NO₂, calcolati per il 2023, sono riportati di seguito (ARPA Lazio, 2024).

Zona	Stazione	NO ₂	
		Media annua (µg/m ³)	Numero di superamenti di 200 µg/m ³
Agglomerato di Roma	Villa Ada	20 [^]	0
	Arenula	33	0
	Bufalotta	30 [^]	0
	Tenuta del Cavaliere	24	0
	Ciampino	24	0
	Cinecittà	26	0
	Cipro	30	0
	Fermi	47	0
	Francia	36	0
	Magna Grecia	34	0
	Castel di Guido	8	0
	Guidonia	21	0
	Fiumicino Porto	13	0
	Fiumicino Villa Guglielmi	24	0
	Malagrotta	17	0
	Preneste	26	0
Tiburtina	36	0	
Zona Valle del Sacco	Alatri	32	0
	Anagni San Francesco	14 [^]	0
	Cassino	29	0
	Ceccano	25	0
	Colleferro Europa	22	0
	Colleferro Oberdan	25	0

Tabella 2: Standard di legge 2023 relativi al biossido di azoto (NO₂). Fonte: ARPA Lazio, 2024.

Zona	Stazione	NO ₂	
		Media annua (µg/m ³)	Numero di superamenti di 200 µg/m ³
	Ferentino	13	0
	Fontechiari	5	0
	FR-Mazzini	21	0
	FR-Scalo	29	0
Zona Appenninica	Acquapendente	4	0
	Civita Castellana Petrarca	11	0
	Leonessa	4	0
	Rieti	14	0
	Viterbo	20	0
Zona Litoranea	Allumiere	6	0
	Aprilia	13	0
	Civitavecchia Villa Albani	21	0
	Civitavecchia	14	0
	Civitavecchia Via Morandi	15	0
	Civitavecchia Porto	19	0
	Civitavecchia Via Roma	24	0
	Gaeta Porto	17 [^]	0
	LT-De Chirico	21	0
	LT-Scalo	23	0
	LT-Tasso	18	0
	Allumiere via Moro	5	0
	Aurelia	8	0
	Campo Oro	11	0
	Faro	8	0
	Fumaretta	13	0
	Monte Romano	4	0
S. Agostino	3	0	

Tabella 2: Standard di legge 2023 relativi al biossido di azoto (NO₂). Fonte: ARPA Lazio, 2024.

Zona	Stazione	NO ₂	
		Media annua (µg/m ³)	Numero di superamenti di 200 µg/m ³
	S. Gordiano	13	2
	S. Marinella	9	0
	Tolfa Braccianese	5	0

Tabella 2: Standard di legge 2023 relativi al biossido di azoto (NO₂). Fonte: ARPA Lazio, 2024.

Le criticità del biossido di azoto rilevate nell'anno 2023 riguardano solo l'agglomerato di Roma. La concentrazione media annua ha superato il valore limite imposto dalla norma ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nella centralina Fermi ($47 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Nell'area della Valle del Sacco, la più alta concentrazione annuale di NO_2 è stata registrata ad Alatri ($32 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Nella zona appenninica e litoranea, le concentrazioni medie annue più elevate sono state rilevate nelle centraline di monitoraggio di Viterbo ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e Civitavecchia Via Roma ($24 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Infine, nessuna delle centraline della rete di monitoraggio ha superato il numero annuale di superamenti del valore limite orario di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ consentito dalla legge (ARPA Lazio, 2024).

OZONO (O3)

Di seguito sono riportati gli standard legali per il O3 e aggiornati al 2023 (ARPA Lazio, 2024).

Zona	Stazione	O ₃					
		Obiettivo lungo termine salute umana (superi $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in max media mobile su 8 ore)	Valore Obiettivo 2021-2023 (superi $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in max media mobile su 8 ore)	Numero di superamenti della soglia di informazione $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Numero di superamenti della soglia di allarme $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Obiettivo a lungo termine vegetazione AOT40-2023	AOT40 2019-2023
Agglomerato di Roma	Villa Ada	15	9	0	0	14101	11393
	Arenula	0	0	0	0	139	1778
	Bufalotta	10	6	0	0	9659	9541
	Tenuta del Cavaliere	16	20	3	0	11647	17170
	Cinecittà	24	27	10	0	16019	16810
	Cipro	0	1	0	0	4127	5349
	Castel di Guido	14	10	0	0	11860	8180

Tabella 3: Standard di legge 2023 relativi all'ozono (O3). Fonte: ARPA Lazio, 2024.

Zona	Stazione	O ₃					
		Obiettivo lungo termine salute umana (superi 120 µg/m ³ in max media mobile su 8 ore)	Valore Obiettivo 2021-2023 (superi 120 µg/m ³ in max media mobile su 8 ore)	Numero di superamenti della soglia di informazione 180 µg/m ³	Numero di superamenti della soglia di allarme 240 µg/m ³	Obiettivo a lungo termine vegetazione AOT40-2023	AOT40 2019-2023
	Fiumicino Villa Guglielmi	0	2	0	0	6043	7983
	Malagrotta	0	5	0	0	6436	9824
	Preneste	17	19	0	0	13195	17037
Zona Valle del Sacco	Colleferro Oberdan	2	1	8	0	910	7229
	Fontechiari	8	17	0	0	10275	14828
	FR-Mazzini	0	1	0	0	1960	7798
Zona Appenninica	Acquapendente	1	1	0	0	6842	10419
	Leonessa	5	11	0	0	9336	15369
Zona Litoranea	Alburniere	28	19	0	0	11308	14655
	Civitavecchia	0	0	0	0	693	4023
	Civitavecchia Morandi	0	0	0	0	1560	3218
	Gaeta Porto	0	0	0	0	6618	6753
	LT-Tasso	6	3	0	0	12865	5345
	Alburniere via Moro	31	39	0	0	17396	23119
	S. Agostino	12	12	0	0	14108	14448
	S. Marinella	1	1	0	0	4701	10831

Tabella 3: Standard di legge 2023 relativi all'ozono (O₃). Fonte: ARPA Lazio, 2024.

Nel 2023, la soglia di informazione è stata superata 3 volte nella stazione di Tenuta del Cavaliere e 10 volte nella stazione di Cinecittà (agglomerato di Roma). Al contrario, la soglia di allarme non è mai stata raggiunta in tutta la regione durante l'anno di monitoraggio.

Le stazioni di monitoraggio che non hanno superato l'obiettivo a lungo termine per la salute umana sono: Arenula, Cipro, Fiumicino Villa Guglielmi e Malagrotta (agglomerato di Roma), Frosinone Mazzini (area della Valle del Sacco) e infine Civitavecchia, Civitavecchia Morandi e Gaeta Porto (area del Litorale) (ARPA Lazio, 2024).

Il valore obiettivo per la salute umana, calcolato come media delle operazioni di media mobile massima su otto ore negli anni 2021-2023, che non deve essere superato per più di 25 giorni per anno solare, è stato rispettato in tutte le stazioni, ad eccezione di Cinecittà (Agglomerato di Roma) e Allumiere Via Aldo Moro (Zona Litorale), dove sono stati registrati rispettivamente 287 e 39 giorni di superamento.

Infine, il valore obiettivo per la vegetazione (AOT40) per il quinquennio 2019-2023, è risultato superiore ai 18000 µg/m³h richiesti dalla norma di riferimento in una sola stazione della rete di monitoraggio: Allumiere Via Aldo Moro (Zona Litoranea) (ARPA Lazio, 2024).

BENZENE (C6H6)

La concentrazione media annua di benzene misurata nel 2023 è riportata di seguito (ARPA Lazio, 2024).

Zona	Stazione	Benzene
		Media annua (µg/m ³)
Agglomerato di Roma	Villa Ada	0.6 [^]
	Ciampino	0.8
	Fermi	1.2
	Francia	1.1 [^]
	Malagrotta	0.8
Zona Valle del Sacco	Frosinone Scalo	2.2
Zona Appenninica	Rieti	0.5
	Viterbo	0.9
Zona Litoranea	LT-De Chirico	1.1 [^]
	Fiumaretta	0.3

[^]: la quantità di dati disponibili non rispetta l'obiettivo di qualità relativo alla raccolta minima dei dati, disciplinato dal D.lgs. n. 155/2010.

Tabella 4: Concentrazione media annua del benzene relativa all'anno 2023. Fonte: ARPA Lazio, 2024.

Nessuna delle stazioni di monitoraggio del benzene della rete di monitoraggio ha registrato valori superiori al limite di concentrazione media annuale (5 µg/m³). Il valore più alto registrato nel 2023 è di 2,2 µg/m³ a Frosinone Scalo, nell'area della Valle del Sacco (ARPA Lazio, 2024).

BIOSSIDO DI ZOLFO (SO₂) E MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

Per quanto riguarda l'anidride solforosa e il monossido di carbonio, va notato che nell'anno 2023 non sono stati rilevati superamenti dei valori limite imposti dal D.Lgs. 155/2010 in nessuna delle stazioni della rete di monitoraggio regionale.

Per concludere, nella Tabella 5 è riportata una tabella riassuntiva per ciascuna zona, che mostra i risultati della verifica del rispetto dei valori limite per la protezione della salute umana per l'anno di monitoraggio, come stabilito dal D.Lgs. n. 155/2010 (ARPA Lazio, 2024).

Zona	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	O ₃	Benzene
Agglomerato di Roma	Verde	Rosso	Verde	Verde	Verde	Rosso	Verde
Zona Valle del Sacco	Verde	Verde	Rosso	Verde	Verde	Verde	Verde
Zona Appenninica	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Zona Litoranea	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Rosso	Verde

Tabella 5: Superamenti riscontrati dal monitoraggio da rete fissa della qualità dell'aria nel Lazio per il 2023. La casella rossa segnala il superamento, quella verde evidenzia il rispetto dei limiti per la protezione della salute umana. Per gli inquinanti con più di un indicatore legislativo è stato considerato il peggiore per ogni zona. Fonte: ARPA Lazio, 2024.

I superamenti dei valori limite per la protezione della salute umana, riscontrati a seguito delle attività di monitoraggio effettuate dalla rete fissa di qualità dell'aria del Lazio nel 2023, sono stati per l'NO₂ nell'Agglomerato di Roma, il PM₁₀ nell'Area della Valle del Sacco e, infine, l'O₃ nell'Agglomerato di Roma e nell'Area del Litorale (ARPA Lazio, 2024).

4. IL CAMBIAMENTO CLIMATICO NELLA REGIONE LAZIO

Il clima della regione Lazio presenta una notevole variabilità da un'area all'altra. Lungo la fascia costiera, i valori di temperatura variano generalmente tra i 9-10°C di gennaio e i 24-25°C di luglio.

Le precipitazioni sono piuttosto scarse lungo la costa settentrionale (i valori più bassi, inferiori a 600 mm annui, si registrano in Maremma, nel comune di Montalto di Castro, al confine con la Toscana). Circa 1000 mm all'anno si registrano nella zona tra Formia e il confine con la Campania.

Nell'entroterra il clima è più continentale e non mancano i rilievi, soprattutto nella provincia di Rieti, che è la più fredda nei mesi invernali, seguita dalle province di Frosinone, Viterbo, Roma e Latina. Le precipitazioni costiere tendono ad aumentare con l'altitudine e si distribuiscono mediamente nelle stagioni intermedie e invernali, con una stagione secca, l'estate, con il massimo delle precipitazioni nell'area occupata dalla città di Velletri, con una media annua di 1500 mm, nonché nei massicci montuosi al confine con l'Abruzzo, più esposti alle perturbazioni atlantiche (Monti Simbario, Monti Catari, Monti Ernici) raggiungendo valori anche superiori ai 2000 mm annui.

In inverno, le precipitazioni tendono a essere nevose a quote medie; sporadiche nevicate possono raggiungere i Castelli Romani e, in rare occasioni, interessare anche la città di Roma (Ecoazioni, 2019).

In termini di precipitazioni, un fattore determinante nella regione è l'esposizione delle montagne al mare, che catturano i venti umidi del Mar Tirreno. Le precipitazioni sono meno abbondanti nella pianura costiera (600-700 mm/anno) e nei bacini intermontani, e più abbondanti sui versanti occidentali direttamente esposti al mare.

Le precipitazioni variano da 1000 mm/anno nelle zone collinari e anti appenniniche a 1500 mm/anno nell'Appennino. I periodi più piovosi sono l'autunno e la primavera, con un marcato minimo estivo.

Il clima interferisce e condiziona gran parte delle attività umane; tenere traccia delle condizioni meteorologiche e climatiche è importante non solo per comprendere le variazioni che si sono verificate nel tempo, ma anche per prevedere le condizioni future ed eventualmente contribuire a mitigarne gli effetti e le conseguenze (Ecoazioni, 2019).

4.1. Variabili climatiche storiche

Il Lazio, in generale, sia in termini di **temperatura** che di precipitazioni, presenta valori simili a quelli dell'Italia centrale. Per quanto riguarda la temperatura media annua, il Lazio presenta un valore di circa 14°C con una variabilità regionale di circa 3°C; in particolare, picchi di 17°C si verificano soprattutto a ovest, nell'Agro Pontino e nell'Agro Romano. Le temperature medie annue sono più basse (tra 6°C e 13°C) nell'area interna della regione (nell'Appennino). Grazie ai valori stagionali della temperatura media, è evidente che le temperature più fredde si registrano sugli Appennini, nella parte orientale della regione, mentre le temperature più calde si registrano in pianura, con picchi di 25°C in estate (CMCC, 2022).

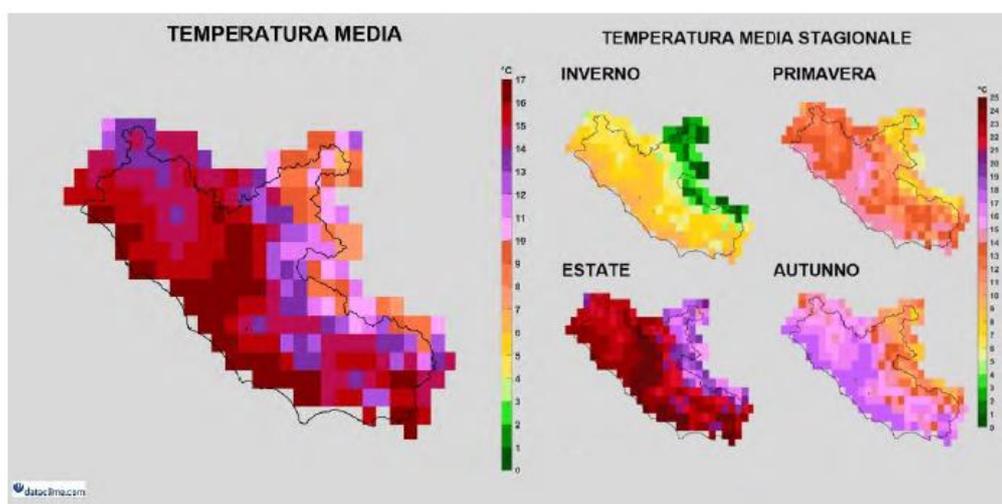


Figura 1: Temperatura media annuale e delle temperature medie stagionali [°C] (E-OBS, 1981-2010). Fonte: Dataclimate.

Inoltre, nella zona centrale, la regione è caratterizzata da un numero medio di giorni all'anno con una temperatura massima giornaliera superiore a 35°C di circa 3 giorni in media su tutta l'area, mentre nell'Appennino il numero medio di giorni senza scioglimento della neve è di circa 2 giorni, con picchi nella zona

montuosa. Inoltre, l'intera regione è caratterizzata da lunghi periodi di caldo, con una media di circa 8 giorni consecutivi all'anno (CMCC, 2022).

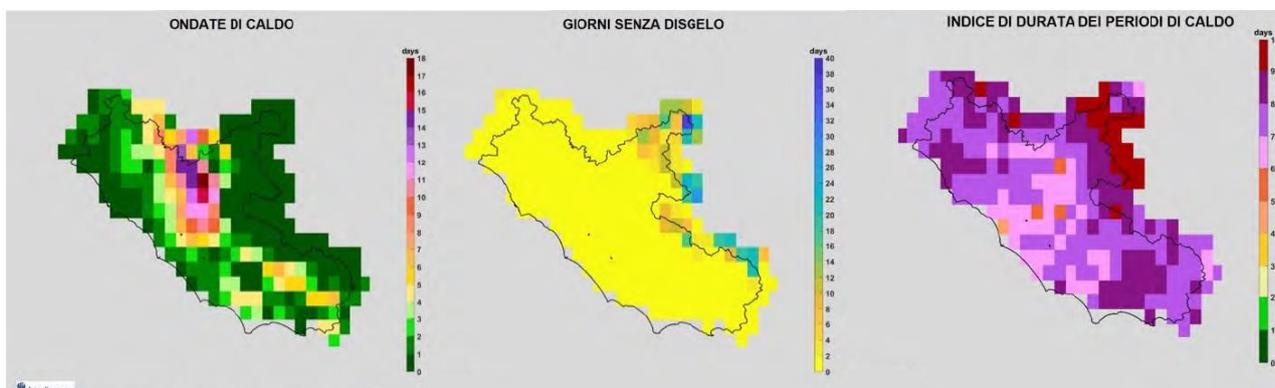


Figura 2: Ondate di caldo (sinistra), dei giorni di disgelo (centro) e dell'indice di durata dei periodi di caldo (destra) (E-OBS, 1981-2010).
Fonte: Dataclime.

Il Lazio è caratterizzato da un numero medio di notti tropicali di circa 13 giorni: in particolare il maggior numero di giorni con temperature minime elevate si registra nella zona costiera della regione. Il numero medio di giorni con gelate è di 35 giorni, ma a livello regionale si registra un graduale aumento del numero di giorni con temperature minime elevate. Graduale aumento del numero di giorni con temperature minime sotto lo zero si è registrato da ovest verso le zone più interne della regione, con picchi di circa 120 giorni/anno nella zona montuosa dell'Appennino (CMCC, 2022).

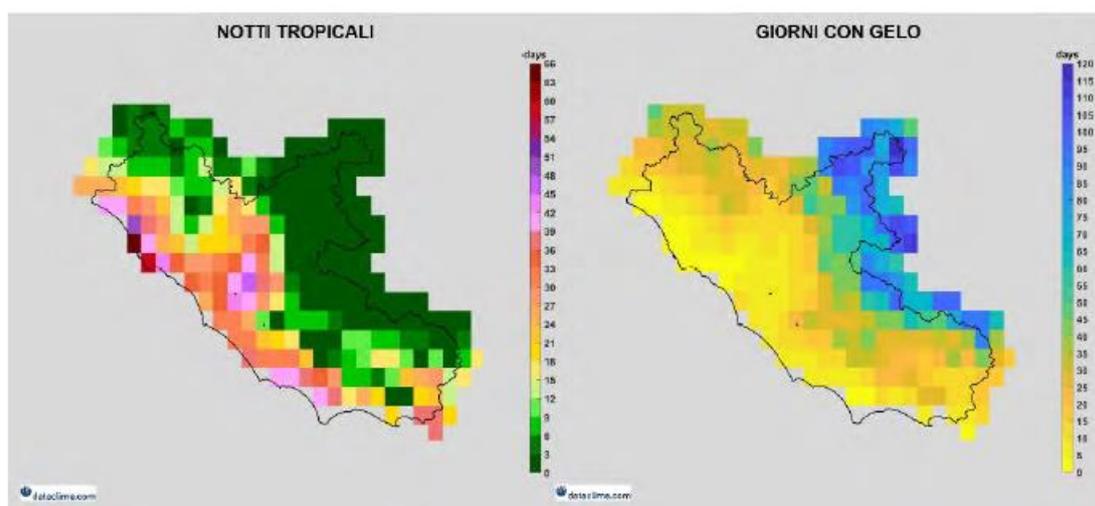


Figura 3: Notti tropicali (sinistra) e dei giorni con gelo (destra) (E-OBS, 1981-2010). Fonte: Dataclime.

Per la valutazione dei consumi energetici sono stati utilizzati i gradi-giorni di raffreddamento, indici quantitativi progettati per riflettere la domanda di energia per il riscaldamento o il raffreddamento. Questi indici mostrano

una domanda media di energia per il riscaldamento di 2000 gradi-giorni, che è ovviamente più alta nell'area appenninica, e una maggiore domanda di energia per il raffreddamento nella parte centrale della regione Lazio (CMCC, 2022).

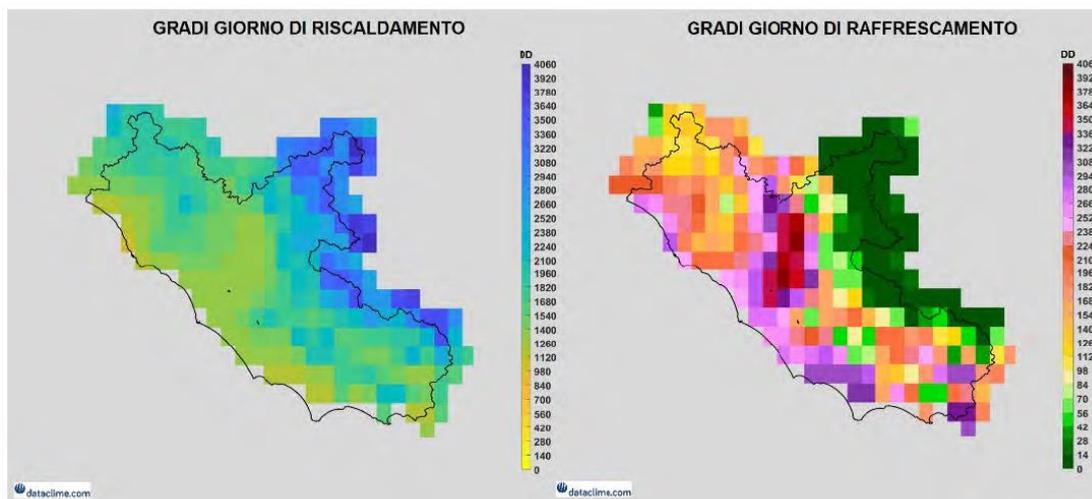


Figura 4: Gradi giorno di riscaldamento (sinistra) e dei gradi giorni di raffreddamento (destra) (E-OBS,1981-2010). Fonte: Dataclime.

In termini di precipitazioni, la parte occidentale della regione presenta precipitazioni inferiori rispetto alle aree più interne: le precipitazioni annuali si aggirano intorno ai 900 mm, con una variabilità regionale di circa 165 mm. Su scala stagionale, le precipitazioni invernali variano tra i 154 e i 350 mm, mentre quelle estive oscillano tra i 28 e i 56 mm sulle coste, con un graduale aumento verso le zone più interne della regione. Inoltre, come previsto, sono le stagioni invernale e autunnale a contribuire in modo significativo all'accumulo di precipitazioni (CMCC, 2022).

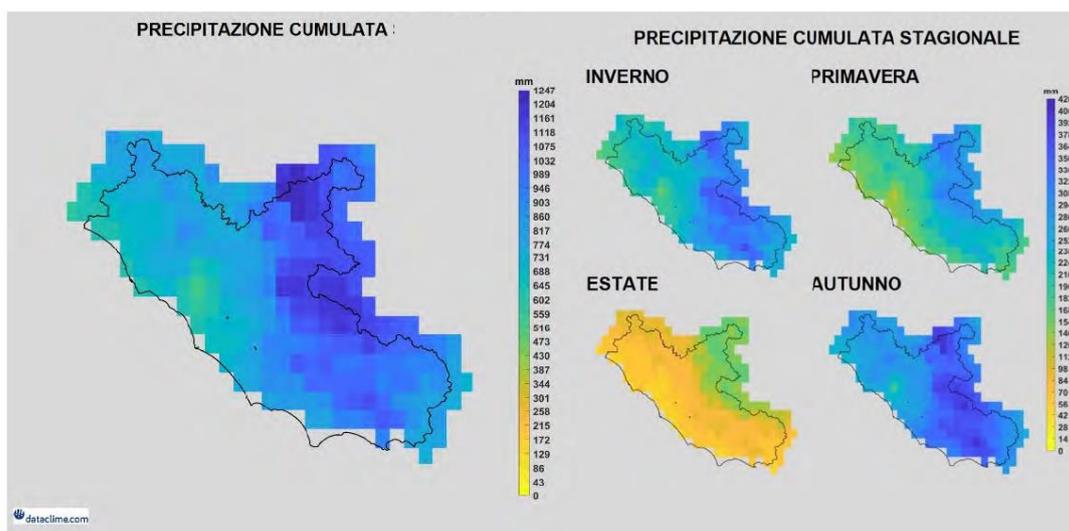


Figura 5: Precipitazione cumulata annuale e stagionale [mm/anno] (E-OBS, 1981-2010). Fonte: Dataclime.

In termini di valori estremi di precipitazione, si osserva che le aree più interne della regione, che sono state le più piovose, sono quelle in cui la soglia dei 20 mm/giorno viene superata in un numero maggiore di giorni; inoltre, si registrano circa 10 giorni di precipitazioni intense all'anno in media in tutta la regione. Si osserva che la regione è caratterizzata da una precipitazione media annua massima giornaliera di circa 50 mm, una precipitazione media giornaliera nei giorni di precipitazione maggiore o uguale a 1 mm di circa 10 mm/giorno e un numero medio annuo massimo di giorni consecutivi senza precipitazioni di circa 40 giorni, con valori più elevati nelle zone di pianura (CMCC, 2022).

Per quanto riguarda l'indicatore utilizzato per la siccità, per il Lazio la percentuale di occorrenza di condizioni di siccità estrema è in media di circa il 3%, e la percentuale di occorrenza di siccità grave è in media del 5% (CMCC, 2022).

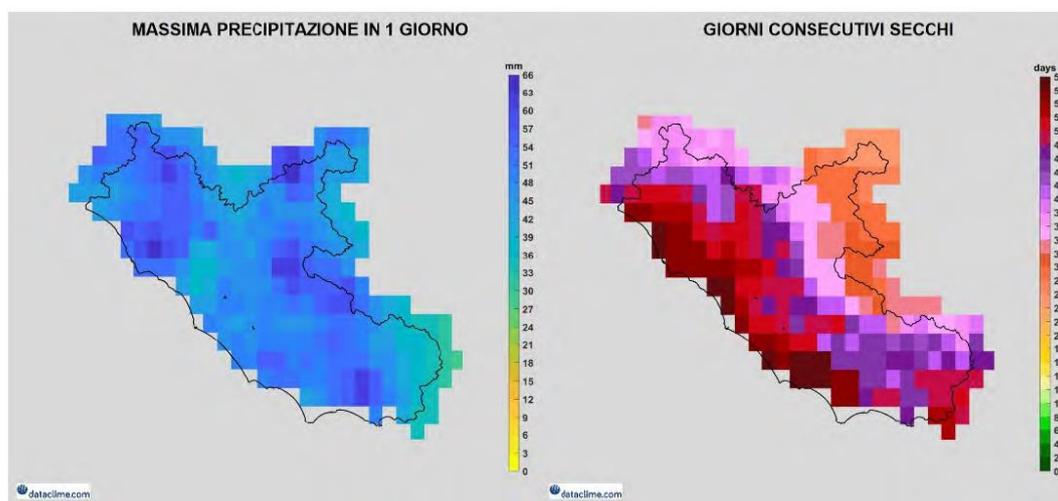


Figura 6: Massima precipitazione in 1 giorno [mm/anno] (sinistra) e dei giorni consecutivi secchi [giorni/anno](destra) (E-OBS, 1981-2010). Fonte: Dataclime.

Infine, per il settore agricolo, sono stati individuati 8 indicatori climatici per valutare le diverse fasi fenologiche delle seguenti colture di interesse: pomodoro, mais, grano tenero e grano duro. Questi indicatori si ottengono calcolando la somma dei gradi utili di temperatura (noti anche come “growing degree days”), fondamentale per sintetizzare l'effetto delle condizioni climatiche sulla velocità di sviluppo delle colture. Per le diverse colture analizzate, si osserva che in quasi tutto il Lazio, con l'eccezione delle catene montuose e, in particolare, dell'Appennino, si raggiunge la fase di raccolta, e quindi le colture completano il loro ciclo di vita durante l'anno, in quasi tutti gli anni del periodo 1981-2010 (CMCC, 2022).

		VALORE	±SD
GRANO DURO	Fase di semina (giorni)	89	18
	Fase di emergenza (giorni)	17	2
	Fase di fioritura (giorni)	159	32
	Fase di raccolta (giorni)	52	2
	Eventi estremi di temperatura minima durante il periodo di emergenza (giorni)	13	13
	Eventi estremi di temperatura minima durante i primi 15 giorni del periodo di emergenza (giorni)	7	5
	Eventi estremi di temperatura massima durante il periodo di fioritura (giorni)	2	1
	Numero di volte in cui si raggiunge la fase di raccolta (numero di volte)	24	7
	GRANO TENERO	Fase di semina (giorni)	89
Fase di emergenza (giorni)		7	1
Fase di fioritura (giorni)		145	33
Fase di raccolta (giorni)		66	3
Eventi estremi di temperatura minima durante il periodo di emergenza (giorni)		14	15
Eventi estremi di temperatura minima durante i primi 15 giorni del periodo di emergenza (giorni)		8	5
Eventi estremi di temperatura massima durante il periodo di fioritura (giorni)		1	0
Numero di volte in cui si raggiunge la fase di raccolta (numero di volte)		24	7
MAIS CLASSE 500		Fase di semina (giorni)	130
	Fase di emergenza (giorni)	4	0
	Fase di fioritura (giorni)	75	3
	Fase di raccolta (giorni)	81	13
	Eventi estremi di temperatura minima durante il periodo di emergenza (giorni)	0	0
	Eventi estremi di temperatura minima durante i primi 15 giorni del periodo di emergenza (giorni)	0	0
	Eventi estremi di temperatura massima durante il periodo di fioritura (giorni)	13	6
	Numero di volte in cui si raggiunge la fase di raccolta (numero di volte)	18	13
	POMODORO	Fase di semina (giorni)	139
Fase di emergenza (giorni)		3	0
Fase di fioritura (giorni)		55	4
Fase di raccolta (giorni)		82	13
Eventi estremi di temperatura minima durante il periodo di emergenza (giorni)		0	0
Eventi estremi di temperatura minima durante i primi 15 giorni del periodo di emergenza (giorni)		0	0
Eventi estremi di temperatura massima durante il periodo di fioritura (giorni)		15	8
Numero di volte in cui si raggiunge la fase di raccolta (numero di volte)		20	12

Tabella 6: Valori medi annuali degli indicatori relativi alle 6 colture analizzate a partire dal dataset di osservazione E-OBS per il periodo 1981-2010; nella colonna +/-SD viene invece riportata una stima della variabilità su scala regionale (tramite il calcolo della deviazione standard). Fonte: CMCC, 2022.

4.2. Proiezioni climatiche future

Le proiezioni climatiche future degli indicatori sono riassunte nelle tabelle seguenti che mostrano le variazioni annuali e la stima dell'incertezza associata (calcolando la deviazione standard) degli indicatori selezionati per il periodo futuro centrato sul 2030 (2016-2045) e per il periodo futuro centrato sul 2050 (2036-2065). A titolo di confronto, sono state analizzate anche le proiezioni per le altre macroaree del territorio italiano (CMCC, 2022).

	VARIAZIONE CLIMATICA AL 2030s																							
	LAZIO				NORD OVEST				NORD EST				CENTRO				SUD				ISOLE			
	RCP4.5	±SD	RCP8.5	±SD	RCP4.5	±SD	RCP8.5	±SD	RCP4.5	±SD	RCP8.5	±SD	RCP4.5	±SD	RCP8.5	±SD	RCP4.5	±SD	RCP8.5	±SD	RCP4.5	±SD	RCP8.5	±SD
TEMPERATURA MEDIA (°C)	0,9	0,2	1,1	0,2	1,0	0,2	1,1	0,3	1,0	0,2	1,1	0,3	0,9	0,2	1,1	0,2	0,9	0,2	1,1	0,2	0,9	0,2	1,0	0,2
GRADI GIORNO DI RISCALDAMENTO (DD)	-212	53	-263	59	-284	70	-335	87	-267	67	-320	83	-212	54	-262	60	-202	53	-251	57	-178	38	-220	45
GRADI GIORNO DI RAFFRESCAMENTO (DD)	72	37	83	44	40	24	46	30	46	24	52	30	69	36	79	43	87	36	99	42	102	40	116	47
ONDATE DI CALDO (giorni)	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	4	3	4	3	4	3
GIORNI SENZA DISGELO (giorni)	-1	1	-2	1	-7	2	-8	3	-5	1	-6	2	-1	1	-2	1	-1	1	-1	1	0	0	0	0
NOTTI TROPICALI (giorni)	9	4	11	5	5	3	6	4	6	3	7	4	9	4	10	5	11	4	13	4	14	5	16	5
GIORNI CON GELO (giorni)	-8	3	-10	5	-11	3	-16	4	-12	4	-15	4	-8	4	-10	5	-6	3	-8	4	-3	2	-4	3
GIORNI DI PRECIPITAZIONI INTENSE (giorni)	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
GIORNI CONSECUTIVI SECCHI (giorni)	1	3	1	3	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	2	3	1	3	3	3	3	4
INDICE STANDARDIZZATO DI PRECIPITAZIONE 3 MESI - CLASSE SEVERAMENTE SECCA (%)	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
INDICE STANDARDIZZATO DI PRECIPITAZIONE 3 MESI - CLASSE ESTREMAMENTE SECCA (%)	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	1
INDICE DI DURATA DEI PERIODI DI CALDO (giorni)	17	6	21	6	15	5	18	6	15	5	18	6	16	5	19	5	13	4	17	4	14	4	17	4
GIORNI CALDI/SECCHI (giorni)	23	8	27	10	19	8	22	9	18	7	22	8	22	8	26	9	25	8	30	9	29	11	34	12
PRECIPITAZIONE CUMULATA NEI GIORNI PIOVOSI (%)	0	6	-1	4	1	5	3	5	2	4	3	4	0	5	0	4	-1	4	-2	6	-3	4	-2	6
MASSIMA PRECIPITAZIONE IN 1 GIORNO (%)	6	5	5	5	4	3	6	4	4	5	6	3	5	4	5	5	3	4	3	5	3	4	5	7
PRECIPITAZIONE GIORNALIERA (%)	2	3	3	3	3	2	4	3	3	2	4	2	2	3	3	2	1	2	2	3	1	2	3	4
99° PERCENTILE DELLA PRECIPITAZIONE (%)	5	4	5	5	4	3	6	4	4	3	6	3	5	4	5	4	3	3	4	5	3	4	6	5

Tabella 7: Variazioni annuali per la regione Lazio, l'area Nord Ovest (Valle d'Aosta, Liguria, Lombardia, Piemonte), l'area Nord Est (Emilia-Romagna, Friuli-Venezia Giulia, Trentino-Alto Adige/Südtirol, Veneto), il centro Italia (Lazio, Marche, Toscana, Umbria), il Sud (Abruzzo, Puglia, Basilicata, Calabria, Campania, Molise) e le isole (Sardegna, Sicilia), degli indicatori analizzati per il periodo centrato su 2030 (2016-2045); nella colonna +/-SD RCP4.5 (o +/-SD RCP8.5) viene invece riportata una stima dell'incertezza (tramite il calcolo della deviazione standard). I colori vanno interpretati in modo qualitativo: colori più intensi indicano variazioni maggiori mentre colori tenui indicano variazioni di intensità minore. Fonte: CMCC, 2022.

	VARIAZIONE CLIMATICA AL 2050s																							
	LAZIO				NORD OVEST				NORD EST				CENTRO				SUD				ISOLE			
	RCP4.5	±SD	RCP8.5	±SD	RCP4.5	±SD	RCP8.5	±SD	RCP4.5	±SD	RCP8.5	±SD	RCP4.5	±SD	RCP8.5	±SD	RCP4.5	±SD	RCP8.5	±SD	RCP4.5	±SD	RCP8.5	±SD
TEMPERATURA MEDIA (°C)	1,5	0,3	1,9	0,3	1,6	0,4	2,0	0,4	1,5	0,3	2,0	0,4	1,5	0,3	1,9	0,3	1,4	0,3	1,9	0,3	1,4	0,3	1,8	0,3
GRADI GIORNO DI RISCALDAMENTO (DD)	337	62	454	64	447	93	602	106	422	85	558	95	336	62	453	63	319	60	432	61	280	45	383	48
GRADI GIORNO DI RAFFRESCAMENTO (DD)	128	64	158	87	74	49	92	62	85	49	102	64	124	65	152	88	145	62	184	85	169	68	219	88
ONDATE DI CALDO (giorni)	6	5	7	7	4	4	4	5	4	4	5	5	6	5	7	7	6	5	8	7	7	5	9	7
GIORNI SENZA DISGELO (giorni)	-2	1	-2	1	-10	2	-13	3	-8	2	-11	2	-2	1	-2	1	-2	1	-2	1	0	0	0	0
NOTTI TROPICALI (giorni)	16	7	20	9	10	5	12	7	11	5	14	7	15	7	19	9	18	6	23	8	22	7	29	9
GIORNI CON GELO (giorni)	-13	4	-17	6	-21	4	-27	5	-19	4	-25	5	-13	5	-17	6	-10	4	-13	5	-4	3	-6	4
GIORNI DI PRECIPITAZIONI INTENSE (giorni)	0	1	1	2	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1
GIORNI CONSECUTIVI SECCHI (giorni)	3	3	2	3	0	2	0	2	0	2	0	1	2	3	2	2	3	4	3	4	4	4	4	5
INDICE STANDARDIZZATO DI PRECIPITAZIONE 3 MESI - CLASSE SEVERAMENTE SECCA (%)	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
INDICE STANDARDIZZATO DI PRECIPITAZIONE 3 MESI - CLASSE ESTREMAMENTE SECCA (%)	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2	1	3	1
INDICE DI DURATA DEI PERIODI DI CALDO (giorni)	32	9	45	13	26	10	38	12	26	9	36	11	28	8	40	11	24	7	35	10	25	8	39	11
GIORNI CALDI/SECCHI (giorni)	37	14	47	16	32	13	41	14	30	12	38	13	35	13	45	16	40	13	52	16	46	17	60	20
PRECIPITAZIONE CUMULATA NEI GIORNI PIOVOSI (%)	-2	4	0	5	0	5	2	4	1	4	4	4	-2	4	1	5	-2	3	-2	6	-5	4	-4	5
MASSIMA PRECIPITAZIONE IN 1 GIORNO (%)	6	6	11	7	5	4	9	3	6	4	11	5	6	5	11	7	5	5	7	6	5	6	9	7
PRECIPITAZIONE GIORNALIERA (%)	3	3	6	4	3	3	6	3	4	2	7	3	3	3	6	3	3	3	5	4	3	3	5	4
99° PERCENTILE DELLA PRECIPITAZIONE (%)	7	4	11	6	3	10	4	7	4	7	4	11	5	7	4	11	6	6	4	9	6	7	5	12

Tabella 8: Variazioni annuali per la regione Lazio, l'area Nord Ovest (Valle d'Aosta, Liguria, Lombardia, Piemonte), l'area Nord Est (Emilia-Romagna, Friuli-Venezia Giulia, Trentino-Alto Adige/Südtirol, Veneto), il centro Italia (Lazio, Marche, Toscana, Umbria), il Sud (Abruzzo, Puglia, Basilicata, Calabria, Campania, Molise) e le isole (Sardegna, Sicilia), degli indicatori analizzati per il periodo centrato su 2050 (2036-2065); nella colonna +/-SD RCP4.5 (o +/-SD RCP8.5) viene invece riportata una stima dell'incertezza (tramite il calcolo della deviazione standard). I colori vanno interpretati in modo qualitativo: colori più intensi indicano variazioni maggiori mentre colori tenui indicano variazioni di intensità minore. Fonte: CMCC, 2022.

Le proiezioni degli indicatori per il futuro mostrano un generale aumento della temperatura media per entrambi gli scenari considerati (RCP 4,5 e RCP 8,5), più pronunciato nel periodo di medio termine (anni 2050) e considerando lo scenario RCP 8,5, con un incremento fino a 1,9°C. Questi valori coincidono con quelli attesi per le diverse macro-zone del territorio nazionale (CMCC, 2022).

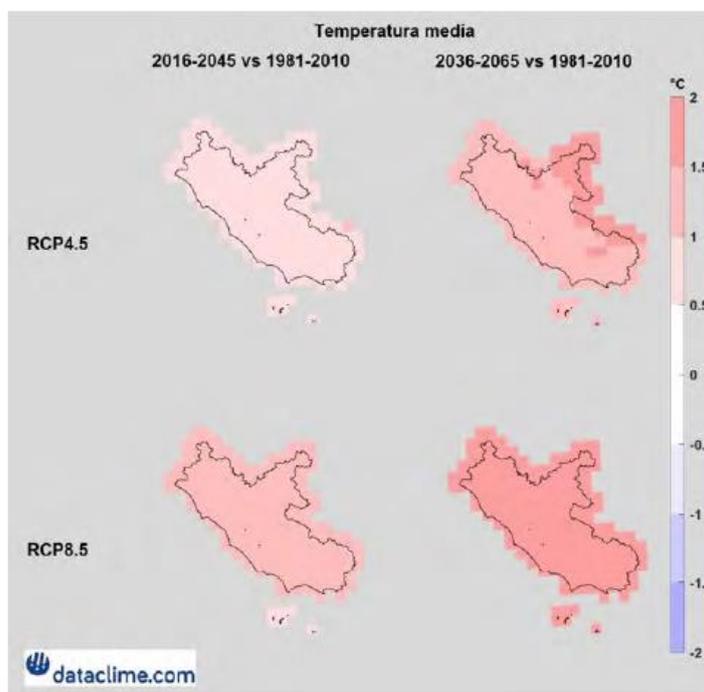


Figura 7: Variazioni climatiche della temperatura media [°C] per i periodi 2016-2045 (colonna sinistra) e 2036-2065 (colonna destra), rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP 4.5 (riga in alto) e RCP 8.5 (riga in basso) considerando l'ensemble dei modelli EURO-CORDEX. Fonte: Dataclime.

Le proiezioni climatiche mostrano una riduzione generale dei periodi con giorni molto freddi, cioè con temperature massime e minime inferiori a 0°C (Giorni senza disgelo e Giorni con ghiaccio), con variazioni più pronunciate secondo lo scenario RCP 8,5. Al contrario, per i periodi con giorni ad alta temperatura (Ondate di calore, Notti tropicali, Indice di durata delle ondate di calore, Giorni caldi/secchi), si prevede un generale aumento per l'intera regione, più pronunciato di quello previsto per l'intera area dell'Italia centrale, con variazioni più consistenti nel periodo di medio termine (decade 2050) e considerando lo scenario RCP 8.5 (CMCC, 2022).

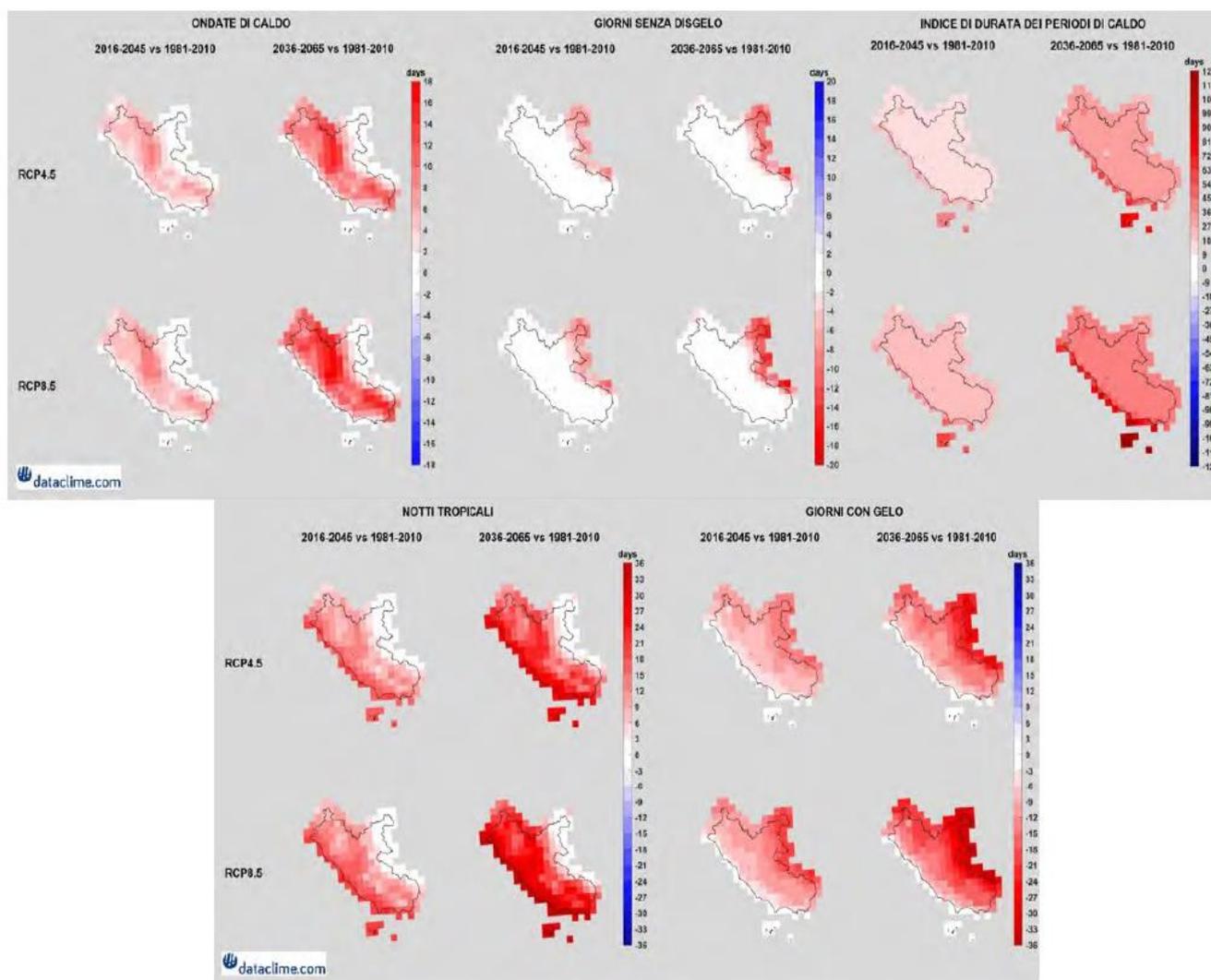


Figura 8: Variazioni climatiche delle ondate di caldo [giorno/anno] (in alto a sinistra), dei giorni di disgelo [giorno/anno] (in alto al centro), dell'indice di durata dei periodi di caldo (in alto a destra), delle notti tropicali (in basso a sinistra) e dei giorni con gelo (in basso destra) per i periodi 2016-2045 e 2036-2065, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5 considerando l'ensemble dei modelli EURO-CORDEX. Fonte: Dataclima.

Per quanto riguarda le precipitazioni, le proiezioni indicano una leggera diminuzione delle precipitazioni totali annue. I valori delle variazioni delle precipitazioni sono influenzati dalle differenze del segnale climatico tra la zona costiera, dove si prevede un leggero aumento, e il resto della regione, dove si prevede una diminuzione (CMCC, 2022).

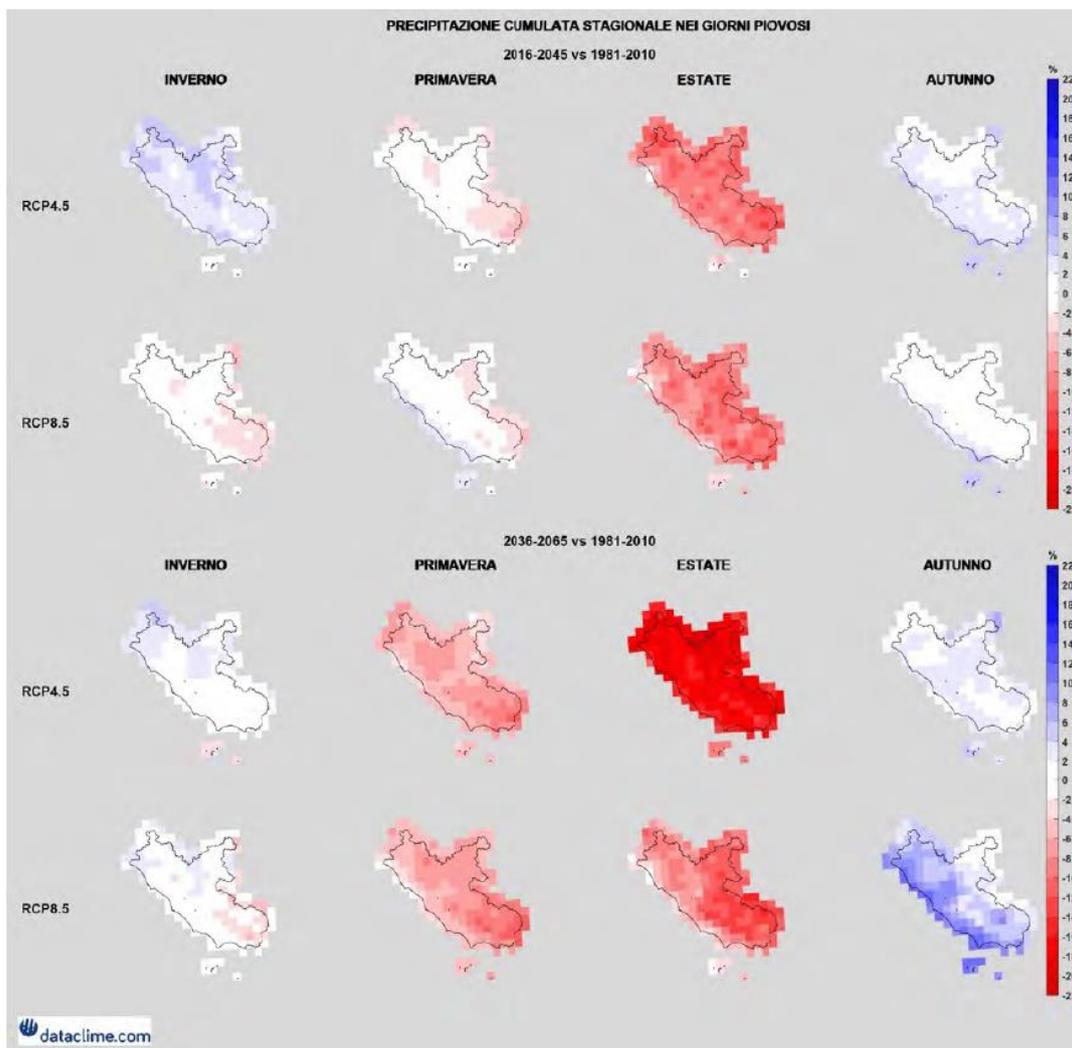


Figura 9: Variazioni climatiche [%] della precipitazione cumulata nei giorni piovosi per ciascuna stagione per i periodi 2016-2045 (in alto) e 2036-2065 (in basso), rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 (prima e terza riga) e RCP8.5 (seconda e quarta riga) considerando l'ensemble dei modelli EURO-CORDEX. Fonte: Dataclime.

L'analisi degli indicatori considerati per le precipitazioni intense, restituisce modelli climatici che mostrano un aumento generale delle precipitazioni massime giornaliere e delle precipitazioni estreme (99° percentile di precipitazione) più chiaramente per gli anni 2050 nello scenario RCP 8.5. Per quanto riguarda gli indicatori utilizzati per la siccità, in generale si prevede un leggero aumento sia per i giorni consecutivi di siccità sia per l'indice di precipitazione normalizzato per periodi di 3 mesi (classe di estrema siccità) (CMCC, 2022).

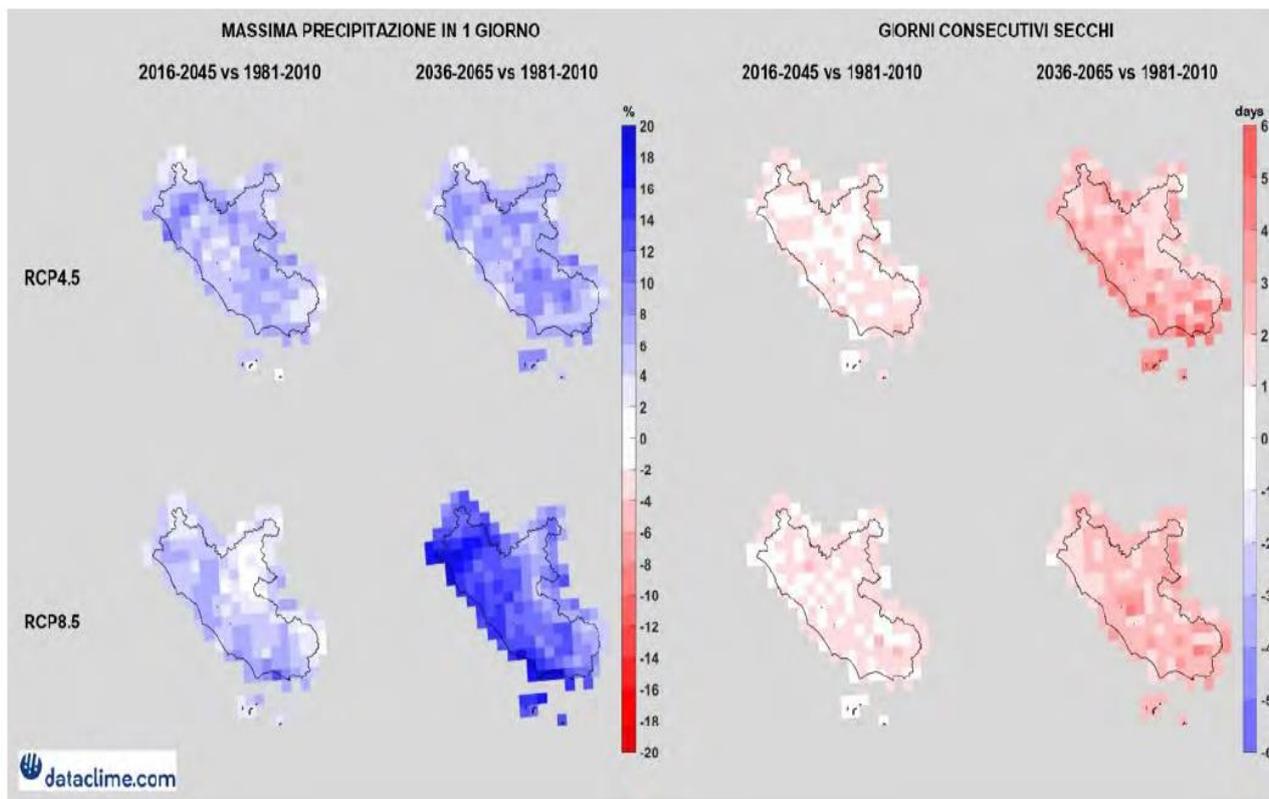


Figura 10: Variazioni climatiche [mm/anno (sinistra); giorni/anno (destra)] della precipitazione massima in 1 giorno (sinistra) e dei giorni consecutivi secchi (destra) per i periodi 2016-2045 (prima e terza colonna) e 2036-2065 (seconda e quarta colonna), rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 (riga in alto) e RCP8.5 (riga in basso) considerando l'ensemble dei modelli EURO-CORDEX. Fonte: Dataclime.

In termini di variazione degli indicatori utili a comprendere l'evoluzione delle colture agricole, si osserva un numero generale migliorativo in cui la coltura raggiunge la fase di raccolta (cioè, quando sono stati raggiunti i requisiti termici specifici della coltura, nel qual caso si dice che la coltura è adattata). In effetti, per entrambi gli scenari, le proiezioni mostrano un generale miglioramento dell'adattamento delle diverse colture, maggiore per il mais e il pomodoro nel periodo intermedio (2050) e considerando lo scenario RCP 8,5 (CMCC, 2022).

		VARIAZIONE CLIMATICA AL 2030s				VARIAZIONE CLIMATICA AL 2050s			
		RCP4.5	+SD RCP4.5	RCP8.5	+SD RCP8.5	RCP4.5	+SD RCP4.5	RCP8.5	+SD RCP8.5
GRANO DURO	Fase di semina (giorni)	6	2	8	4	9	3	14	3
	Fase di emergenza (giorni)	0	1	-1	1	-1	1	-1	1
	Fase di fioritura (giorni)	-7	5	-9	5	-11	6	-17	8
	Fase di raccolta (giorni)	-1	1	-1	1	-1	2	-1	1
	Eventi estremi di temperatura minima durante il periodo di emergenza (giorni)	-2	2	-3	3	-4	3	-5	5
	Eventi estremi di temperatura minima durante i primi 15 giorni del periodo di emergenza (giorni)	-1	0	-1	1	-2	1	-2	1
	Eventi estremi di temperatura massima durante il periodo di fioritura (giorni)	1	1	1	1	1	1	1	1
	Numero di volte in cui si raggiunge la fase di raccolta (numero di volte)	1	1	0	1	1	2	1	2
GRANO TENERO	Fase di semina (giorni)	6	3	8	4	9	3	14	3
	Fase di emergenza (giorni)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fase di fioritura (giorni)	-7	5	-10	5	-12	6	-18	8
	Fase di raccolta (giorni)	-1	2	-1	1	-1	2	-1	2
	Eventi estremi di temperatura minima durante il periodo di emergenza (giorni)	-3	2	-4	3	-4	3	-6	5
	Eventi estremi di temperatura minima durante i primi 15 giorni del periodo di emergenza (giorni)	-1	1	-1	1	-2	1	-2	1
	Eventi estremi di temperatura massima durante il periodo di fioritura (giorni)	1	1	1	1	1	2	2	2
	Numero di volte in cui si raggiunge la fase di raccolta (numero di volte)	1	1	0	1	1	2	1	2
MAIS CLASSE 500	Fase di semina (giorni)	-3	4	-5	4	-6	4	-10	4
	Fase di emergenza (giorni)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fase di fioritura (giorni)	-2	3	-1	3	-2	2	0	3
	Fase di raccolta (giorni)	-10	5	-11	6	-15	8	-18	10
	Eventi estremi di temperatura minima durante il periodo di emergenza (giorni)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eventi estremi di temperatura minima durante i primi 15 giorni del periodo di emergenza (giorni)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eventi estremi di temperatura massima durante il periodo di fioritura (giorni)	3	2	3	3	6	4	7	5
	Numero di volte in cui si raggiunge la fase di raccolta (numero di volte)	3	2	4	2	5	3	6	3
MAIS CLASSE 600	Fase di semina (giorni)	-2	5	-3	5	-4	5	-9	5
	Fase di emergenza (giorni)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fase di fioritura (giorni)	-1	3	-1	3	-1	3	1	3
	Fase di raccolta (giorni)	-8	6	-11	6	-15	8	-21	11
	Eventi estremi di temperatura minima durante il periodo di emergenza (giorni)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eventi estremi di temperatura minima durante i primi 15 giorni del periodo di emergenza (giorni)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eventi estremi di temperatura massima durante il periodo di fioritura (giorni)	2	2	2	3	4	3	5	6
	Numero di volte in cui si raggiunge la fase di raccolta (numero di volte)	3	2	4	3	5	4	7	5
MAIS CLASSE 700	Fase di semina (giorni)	1	11	1	11	1	14	-4	15
	Fase di emergenza (giorni)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fase di fioritura (giorni)	-2	7	-4	9	-4	11	-1	12
	Fase di raccolta (giorni)	-4	6	-7	6	-9	7	-16	11
	Eventi estremi di temperatura minima durante il periodo di emergenza (giorni)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eventi estremi di temperatura minima durante i primi 15 giorni del periodo di emergenza (giorni)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eventi estremi di temperatura massima durante il periodo di fioritura (giorni)	2	4	2	3	2	3	3	5
	Numero di volte in cui si raggiunge la fase di raccolta (numero di volte)	1	1	1	2	2	3	4	4
POMODORO	Fase di semina (giorni)	-2	3	-3	4	-4	4	-6	4
	Fase di emergenza (giorni)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fase di fioritura (giorni)	-3	2	-2	2	-3	2	-2	2
	Fase di raccolta (giorni)	-8	5	-9	6	-13	7	-15	9
	Eventi estremi di temperatura minima durante il periodo di emergenza (giorni)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eventi estremi di temperatura minima durante i primi 15 giorni del periodo di emergenza (giorni)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eventi estremi di temperatura massima durante il periodo di fioritura (giorni)	4	2	4	3	7	4	8	5
	Numero di volte in cui si raggiunge la fase di raccolta (numero di volte)	3	2	4	2	5	3	6	3

Figura 11: Variazioni degli indicatori relativi alle 6 colture analizzate per il periodo centrato su 2050 (2036-2065) e 2030 (2016-2045); nella colonna +/-SD RCP4.5 (o +/-SD RCP8.5) viene invece riportata una stima dell'incertezza (tramite il calcolo della deviazione standard). I colori vanno interpretati in modo qualitativo: colori più intensi indicano variazioni maggiori mentre colori tenui indicano variazioni di intensità minore. Fonte: Dataclime.

4.2.1. Focus città di Roma

L'analisi del quadro climatico futuro per lo studio della città di Roma è stata effettuata analizzando gli stessi modelli climatici utilizzati per l'analisi a scala regionale riportata in questo lavoro.

Come si può vedere nella Figura 12, gli scenari mostrano un aumento della temperatura media simile nelle 4 stagioni per lo scenario RCP 4.5 (trend lineare di 2°C su 100), molto più ampio e diversificato se si considera lo scenario RCP 8.5. In particolare, i maggiori aumenti di temperatura sono attesi nella stagione estiva (con aumenti medi di circa 6°C per 100 anni) e in autunno (con aumenti medi di 5°C per 100 anni). Anche l'indicatore dell'aumento del numero di giorni caldi mostra aumenti significativi per lo scenario RCP 8.5 nelle stesse stagioni (CMCC, 2022).

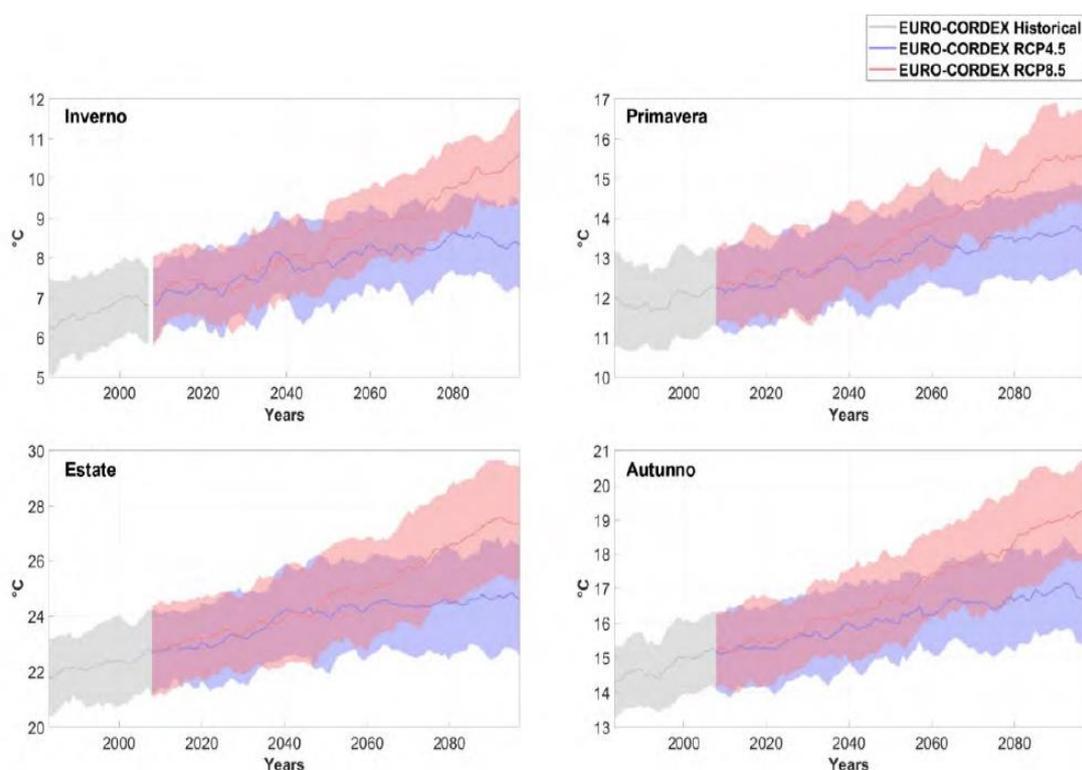


Figura 12: cambiamenti della temperatura media stagionale per i modelli EURO-CORDEX. Il colore rosso è associato allo scenario RCP8.5, il colore blu allo scenario RCP4.5. La linea spessa indica l'ensemble mean (la media dei risultati prodotti da diversi modelli) a parità di scenario considerato. L'area colorata rappresenta la deviazione standard, ovvero la dispersione dei modelli che costituiscono l'insieme dei modelli EURO-CORDEX, attorno al valore medio, a parità di scenario.

Per quanto riguarda l'andamento stagionale previsto per l'indicatore del numero di giorni molto caldi (WSDI), si può osservare una crescita generalizzata molto più elevata per lo scenario RCP 8.5, come mostrato nella Figura 13 (CMCC, 2022).

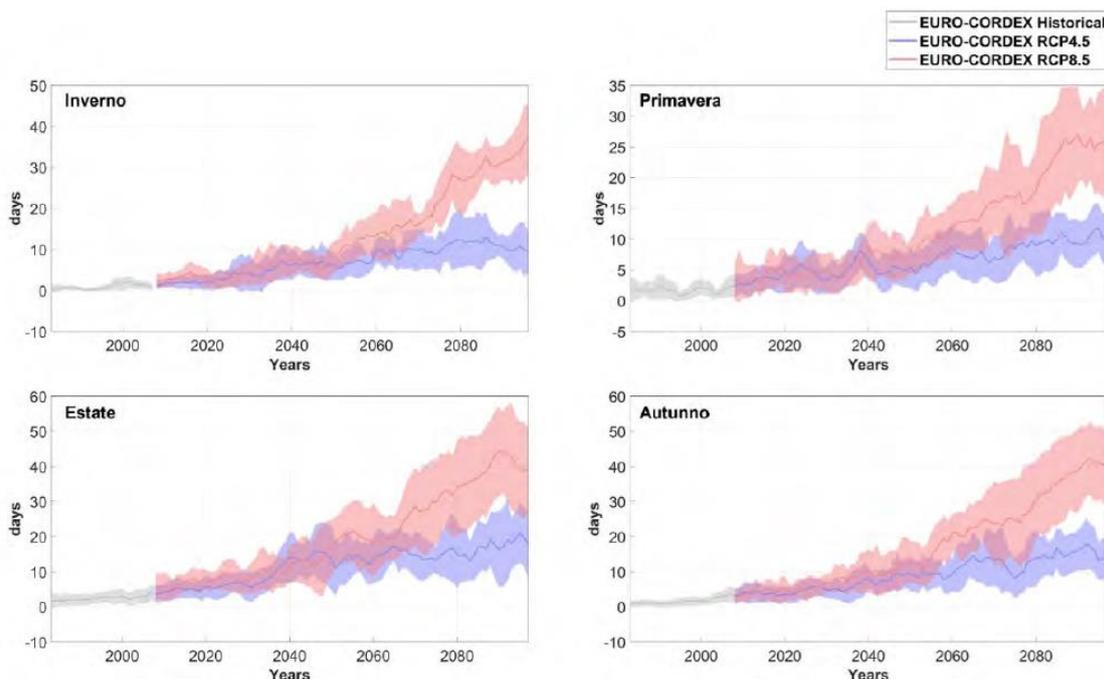


Figura 13: cambiamenti dell'indicatore WSDI (numero di giorni molto caldi) per i modelli EUROCORDEX. Il colore rosso è associato allo scenario RCP8.5, il colore blu allo scenario RCP4.5. La linea spessa indica l'ensemble 33 mean (la media dei risultati prodotti da diversi modelli) a parità di scenario considerato. L'area colorata rappresenta la deviazione standard, ovvero la dispersione dei modelli che costituiscono l'insieme dei modelli EURO-CORDEX, attorno al valore medio, a parità di scenario.

Per quanto riguarda l'evoluzione delle precipitazioni, sia per i valori cumulati che per gli estremi giornalieri su base stagionale, bisogna considerare che si tratta di un parametro molto complesso da misurare, per il quale l'influenza del cambiamento climatico è meno evidente rispetto all'analisi degli estremi giornalieri su base stagionale. Sia le variazioni stagionali che quelle estreme delle precipitazioni sono caratterizzate da una notevole incertezza (Tabella 9). L'unica eccezione si osserva per le precipitazioni cumulate estive per lo scenario RCP 4.5, per le quali c'è accordo tra i due modelli nell'indicare una diminuzione di questa variabile (CMCC, 2022).

Stagione	RCP 4.5		RCP 8.5	
	Variazione attesa [%] (media EURO-CORDEX)	Range di incertezza [%]	Variazione attesa [%] (media EURO-CORDEX)	Range di incertezza [%]
Inverno	+1	±7	+1	±8
Primavera	-6	±9	-6	±9
Estate	-17	±15	-8	±20
Autunno	+2	±12	+7	±16

Tabella 9: Variazione media attesa sul dominio di interesse come fornito dall'ensemble EURO-CORDEX e relativa stima dell'incertezza, per i due scenari di concentrazione e le diverse stagioni, per la precipitazione cumulata stagionale.

5. ANALISI DEI PRINCIPALI RISCHI CLIMATICI

Il rischio è il valore atteso di vittime umane, lesioni, danni alla proprietà e alle attività economiche derivanti dal verificarsi di un evento di particolare intensità. L'evento è il risultato dell'interazione tra pericoli naturali o indotti dall'uomo e condizioni più o meno vulnerabili (Di Lodovico L. e Iagnemma L., 2014).

Il concetto di rischio è la combinazione di tre fattori:

$$\text{Rischio} = \text{Pericolosità} \times \text{Vulnerabilità} \times \text{Esposizione}.$$

La **pericolosità** è definita come la possibilità che un evento si verifichi, in un determinato periodo di tempo e con una determinata intensità. È rappresentata dal tempo di ritorno dell'evento, espresso in anni, che indica il tempo medio che intercorre tra il verificarsi di due eventi di intensità uguale, o superiore, all'intensità di riferimento.

L'**esposizione** indica ogni elemento a rischio, cioè le persone, i beni o le proprietà che vengono colpiti da un danno, che sono chiamati recettori. Come persone intendiamo la popolazione residente, i lavoratori o le persone che transitano nell'area esposta al rischio. I beni o le proprietà sono le infrastrutture, le attività e i servizi che possono essere danneggiati o compromessi.

La **vulnerabilità** può essere definita come l'incapacità del destinatario di reagire allo stress causato da un evento straordinario, ed è dovuta principalmente alle caratteristiche fisiche e strutturali dell'abitazione o dell'infrastruttura e varia da 0 (nessun danno) a 1 (distruzione e perdita totale).

La conoscenza dei rischi e tutte le iniziative intraprese per affrontarli non sembrano sufficienti. In un territorio naturalmente esposto a fenomeni geologici, come la Valle d'Aosta, non è possibile prevedere tutti i rischi e neutralizzarli, ma è di grande importanza intervenire per ridurne alcuni.

5.1. Rischio idrogeologico

Per la classificazione del livello di rischio idrogeologico sono stati calcolati diversi livelli di pericolosità, che vanno da 1 a 4 livelli (P1 moderato, P2 medio, P3 alto e P4 molto alto) per ciascuna delle perturbazioni (trasporto di massa sui depositi alluvionali, alluvioni, alterazioni del terreno, congelamento e valanghe).

Nella Figura 14 è riportata una sintesi dei dati e la loro rappresentazione cartografica per la regione Lazio. Se si fa riferimento ai dati sulle frane in base ai diversi livelli di pericolosità, si può notare che il 4,2% del territorio della regione si trova in scenari di pericolosità molto elevata (P4), seguito da circa il 1,2% del territorio in uno scenario di pericolosità elevata da frana (P3), il 0,6% sotto uno scenario di pericolosità media (P2) e un 0,3% per lo scenario di pericolosità moderata (P1).

In base al Mosaico 2020 dell'ISPRA, abbiamo potuto mappare le zone di inondazione secondo i diversi scenari di pericolosità previsti dall'articolo 6 della Direttiva Alluvioni nella regione Lazio:

- Pericolosità ad alta probabilità: (HPH - high probability of flooding).
- Pericolosità a media probabilità: (MPH - medium probability of flooding).
- Pericolo a bassa probabilità: (LPH - bassa probabilità di inondazione).

In ottemperanza con quanto previsto dal D.Lgs. 49/2010, a tali scenari corrispondono le aree allagabili a seguito di eventi alluvionali, con tempo di ritorno compresi fra 20-50 anni (HPH – elevata probabilità o alluvioni frequenti); con tempi di ritorno fra 100 e 200 anni (MPH – probabilità media o alluvioni poco frequenti); con tempi di ritorno superiori a 200 anni (LPH – bassa probabilità – o scenari di eventi estremi). Secondo i dati ISPRA Mosaicatura 2020, nel Lazio il 2,5% del territorio regionale rientra in uno scenario di pericolosità elevata (HPH), con un'estensione di circa 442,498km², sotto uno scenario di pericolosità media (MPH) si trova il 3,4% del territorio regionale con un'estensione di circa 594,638 km² e sotto uno scenario di bassa pericolosità (LPH) si trova il 5,6% del territorio, con un'estensione di circa 975,686 km² (Figura 14).

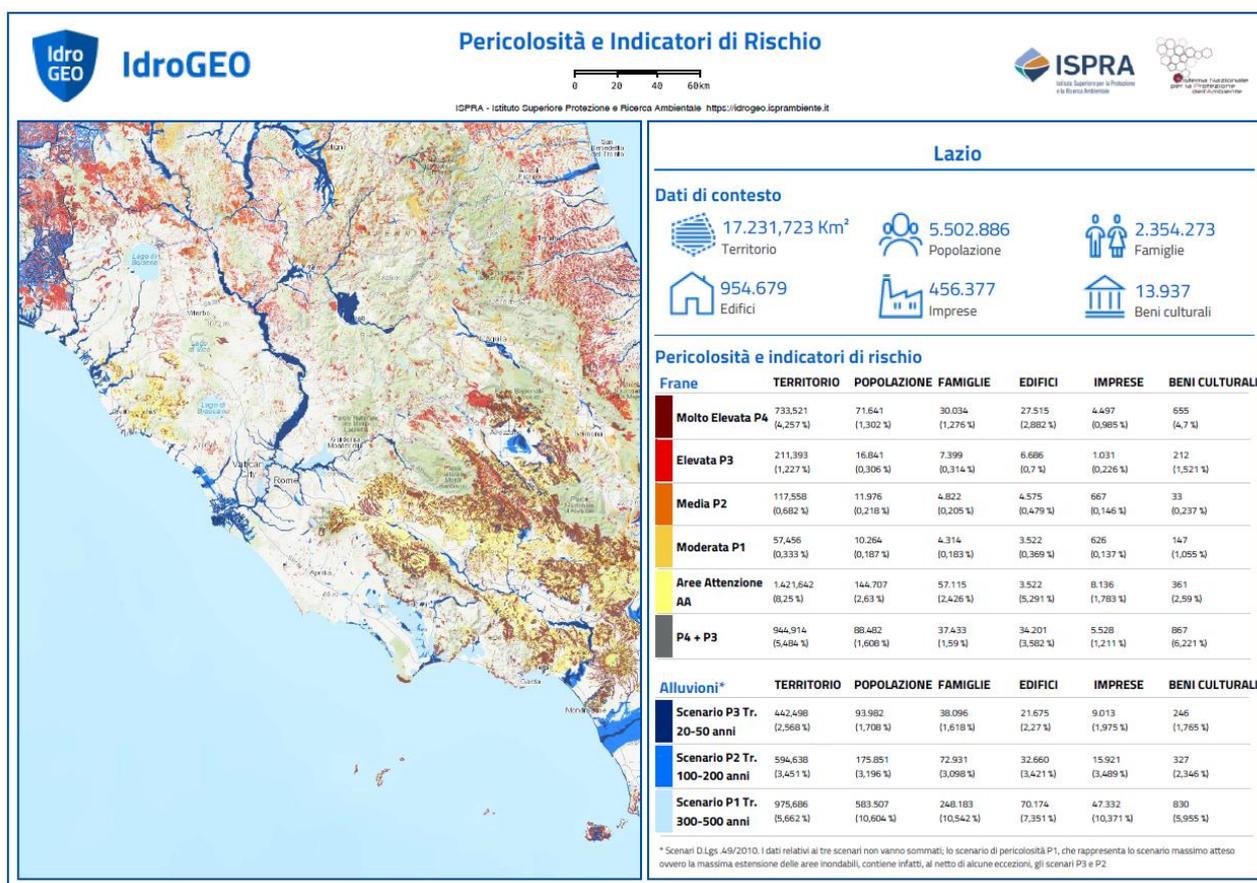


Figura 14: Pericolosità e indicatori di rischio (Frani ed alluvioni nella regione Lazio). Fonte: ISPRA.

Per quanto riguarda la tipologia di frana, la figura seguente (figura 15) (% di PIFF) mostra che, tra le frane censite, quelle dovute a crollo/inclinazione sono le più comuni (21%), mentre il 16% delle frane censite sono dovute a frane traslazionali rotazionali.

È da notare che tra i fenomeni per i quali il tipo di movimento è “indeterminato”, (38% del totale) (38% del totale) sono compresi anche i fenomeni puntuali che non sono stati inseriti nelle analisi statistiche effettuate per la presente relazione che dovrebbero essere oggetto di un futuro aggiornamento dei dati relativi al Progetto IFFI (Bicocchi *et al.*, 2007).

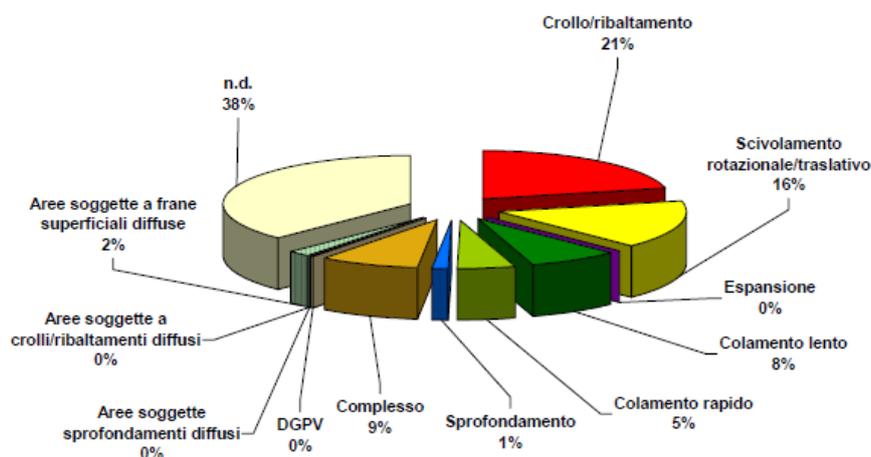


Figura 15: Percentuale delle frane per tipologia di movimento. Fonte: Bicocchi *et al.*, 2007.

La Figura 16 mostra la relazione tra le frane e i diversi elementi antropici/ambientali coinvolti. Come si può notare, l'elemento antropico maggiormente coinvolto in questi fenomeni è la strada, seguita dai centri/nuclei abitativi dispersi. L'alto indice di dati n.d. (indeterminati) contiene sia i disturbi senza informazioni dettagliate sia quelli che non hanno causato alcun danno (Bicocchi *et al.*, 2007).

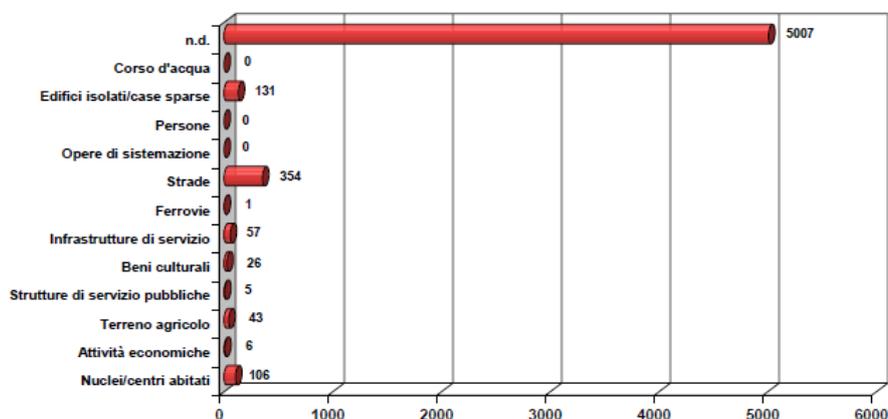


Figura 16: Numero di frane per tipologia di elemento antropico/ambientale coinvolto. Fonte: Bicocchi *et al.*, 2007.

5.2. Rischio incendi boschivi

Un incendio selvaggio è generalmente definito come “un incendio suscettibile di diffondersi attraverso aree boschive, arbustive o arboree, comprese le strutture e le infrastrutture create dall'uomo situate all'interno di queste aree, o su terreni coltivati o incolti e pascoli adiacenti a queste aree”.

Il livello di rischio legato all'innesco di un incendio selvaggio dipende principalmente da tre fattori: la pericolosità, ovvero la probabilità di innesco, l'intensità e la dimensione dell'incendio; la vulnerabilità, ovvero la possibilità di danni; l'esposizione, ovvero la quantità, la qualità e il valore di tutto ciò che è esposto al rischio (estensione continua delle aree boschive - presenza di infrastrutture/centri abitati). Per la definizione della probabilità di accensione, oltre alle predisposizioni intrinseche di infiammabilità delle specie e dei tipi di vegetazione, è necessario tenere conto anche delle componenti dinamiche (elementi stagionali e climatico-vegetazionali), che considerano quei parametri, legati all'innesco dell'incendio, che variano rapidamente nel tempo; fattori legati soprattutto, più o meno direttamente, alla componente meteorologica, come le condizioni microclimatiche e lo stato della vegetazione (Organizzazione volontariato protezione civile Monti Prenestini, 2021).

Infatti, alcune condizioni meteorologiche, come giornate particolarmente calde e ventose in un periodo di scarse precipitazioni, possono favorire la rapida diffusione degli incendi.

Gli incendi possono essere provocati da cause naturali, accidentali, colpose e dolose:

- Cause naturali: fulmini e autocombustione (quest'ultima molto improbabile nel territorio del Lazio);
 - Cause negligenti e/o accidentali: disattenzione, incuria e negligenza come: fuochi d'artificio e falò; combustione di erba, cespugli e stoppie; distruzione di rifiuti; abbandono di mozziconi di sigaretta in aree a rischio;
 - Cause di incendio doloso: piromania, atti criminali
- (Organizzazione volontariato protezione civile Monti Prenestini, 2021).

Per mitigare il rischio in questione è necessario svolgere una specifica opera di prevenzione, costituita da tutte quelle attività volte a ridurre i fattori di rischio, cioè quelli che contribuiscono a facilitare il concretizzarsi dell'evento incendio boschivo. In particolare, si interviene su quegli elementi di natura colposa e accidentale:

- Pulizia dei bordi stradali, delle aree forestali limitrofe, dei cespugli, dei rovi, dei rifiuti e di tutto ciò che può costituire una fonte di innesco o un combustibile per una rapida combustione.
- Attuare servizi di controllo e sorveglianza per prevenire comportamenti vietati o che possono costituire un pericolo, come l'accensione di fuochi e l'abbandono di rifiuti;
- Promuovere, in collaborazione con altri enti e associazioni ambientaliste, oltre a quelle aderenti al servizio A.I.B. intercomunale, programmi di educazione e informazione rivolti alle scuole e alla popolazione, affiggendo nelle bacheche dei Comuni associati manifesti con numeri telefonici utili per

segnalare eventuali incendi boschivi (Organizzazione volontariato protezione civile Monti Prenestini, 2021).

Le figure 17 e 18 mostrano rispettivamente le mappe del rischio di incendio e la mappa dei danni da incendio nella regione Lazio.

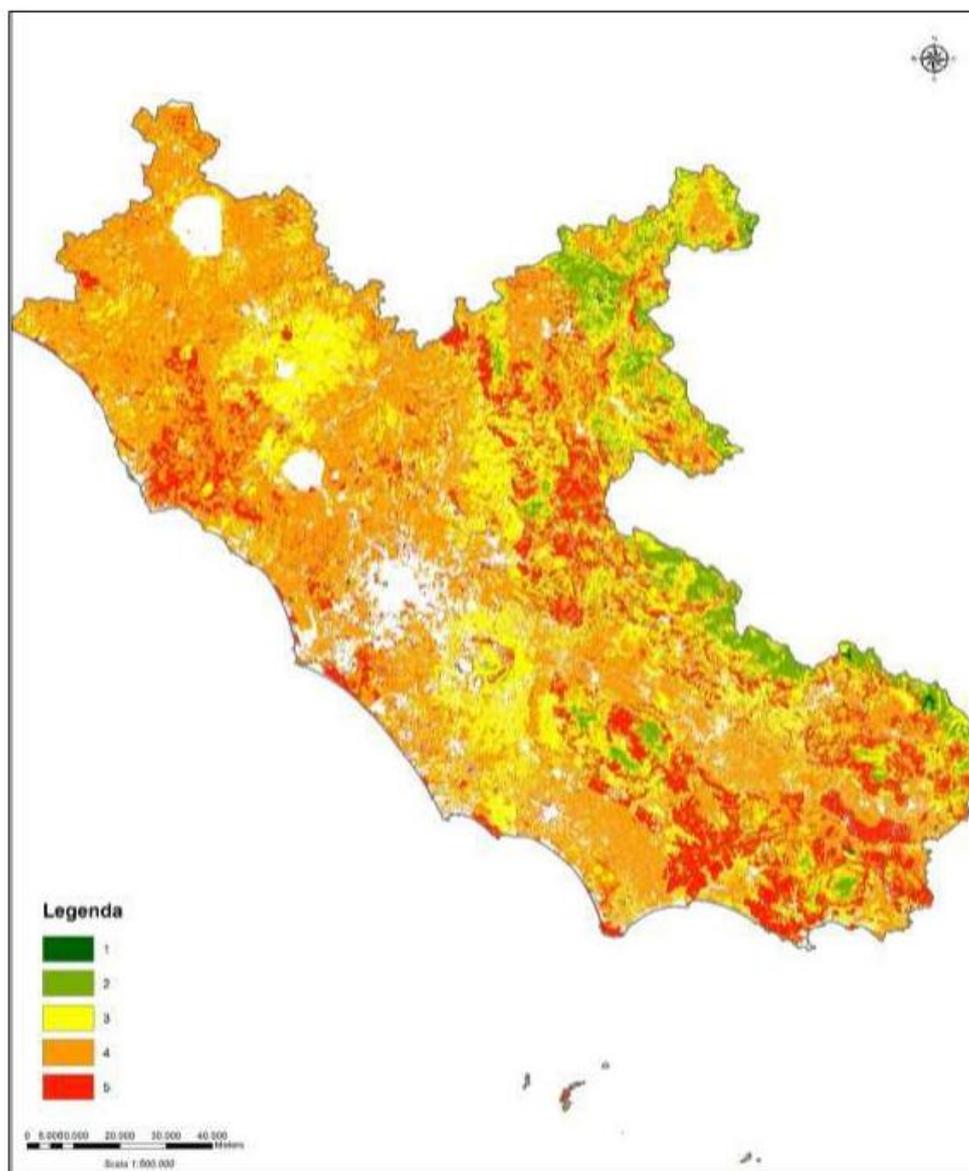


Figura 17: Mappa di Rischio agli incendi della Regione Lazio. Fonte: Regione Lazio, 2020.

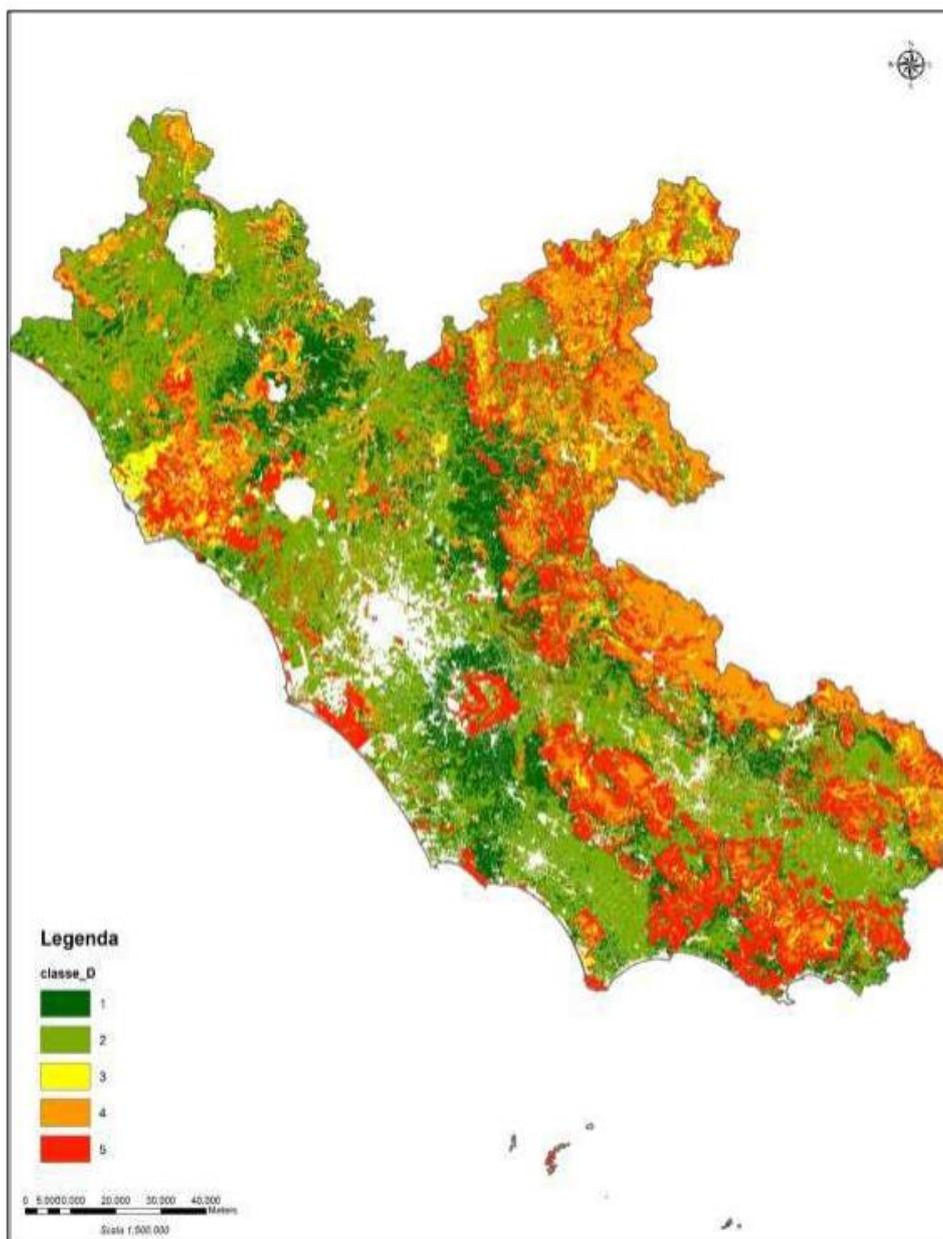


Figura 18: Mappa di Danno nella Regione Lazio. Fonte: Regione Lazio, 2020.

6. CONCLUSIONI

Le infrastrutture sono al centro delle politiche di adattamento, soprattutto per il loro ruolo strategico nel garantire la continuità dei servizi e la prosperità, perché rappresentano investimenti a lungo termine che interagiscono con la scala temporale su cui agiscono i cambiamenti climatici, essendo particolarmente esposte e poco flessibili agli impatti diretti come gli eventi meteorologici estremi (CMCC, 2022).

I cambiamenti climatici possono modificare il corretto funzionamento delle infrastrutture di trasporto. I rischi maggiori sono legati alle precipitazioni estreme, che comportano un aumento delle inondazioni e delle

esondazioni fluviali che in futuro potrebbero compromettere ponti e altre strutture in prossimità dei corsi d'acqua. I rischi associati all'aumento delle temperature sono legati all'espansione termica delle strutture e allo scioglimento o ammorbidimento degli asfalti.

I mezzi di trasporto non devono essere influenzati dalle condizioni atmosferiche e meno impattati da esse, la sicurezza deve essere garantita anche in condizioni meteorologiche critiche (CMCC, 2022).

L'efficienza delle misure di adattamento, e della pianificazione della manutenzione, può essere adeguatamente integrata da elementi di telematica del traffico, in particolare telecamere online, stazioni meteorologiche, sensori di carico stradale e sistemi telematici avanzati in grado di regolare il flusso del traffico e di evitarne la congestione. Anche la scelta relativa di nuovi impianti a verde, ha influenze importantissime sullo stato di conservazione delle infrastrutture stradali e autostradali. Privilegiare, ad esempio la scelta di piante ed alberi autoctoni nei nuovi impianti, razionalizzare ed adeguare la pianificazione degli interventi di manutenzione, applicare nuove tecnologie di studio e controllo alla manutenzione del verde, a partire dai droni e dal monitoraggio continuo dello stato della vegetazione, può rappresentare un ventaglio di soluzioni idonee a mitigare gli effetti della nuova emergenza climatica e di allungare la vita delle infrastrutture. L'ambiente, la manutenzione ambientale, le scelte progettuali naturalistiche, non possono più essere considerate un inutile orpello progettuale, ma debbono diventare il motore per un'autentica rivoluzione concettuale che recepisca appieno i rischi connessi al cambiamento climatico ed ai suoi effetti, garantendo soluzioni immediate e praticabili, possibilmente a bassissimo impatto ambientale nella scelta dei materiali e delle soluzioni, per allungare la vita delle infrastrutture e diminuire costi di manutenzione oggi insopportabili con risultati peraltro modesti.

La corretta gestione del quadro naturale e vegetale, anche attraverso innovative politiche di manutenzione, rappresenta la migliore prevenzione per evitare di aggravare un quadro generale già preoccupante; il cambiamento climatico, e le sue immediate conseguenze, impongono di modificare la prospettiva dalla quale guardare alla programmazione, sia degli interventi che delle risorse. Non più schemi superati dalla realtà, o frutto del perpetuarsi di stanche abitudini, ma programmi innovativi moderni e coraggiosi, laddove si prevedano risorse adeguate alla manutenzione ed alla prevenzione, almeno pari a quanto investito per la realizzazione di nuove opere.

L'alternativa, andando avanti nell'immaginare nuove opere, senza consolidare il territorio, e senza salvaguardare la protezione naturale che solo scelte ponderate e scientificamente avanzate possono garantire, è quella di indebolire ulteriormente il tessuto idrogeologico, favorendo la predisposizione ad eventi catastrofici, alternati a periodi di lunga ed intensa siccità.

7. BIBLIOGRAFIA

- ARPA Lazio (2024) Monitoraggio della qualità dell'aria della regione Lazio, Valutazione preliminare anno 2023, 31 Gennaio 2024, 19pp. Recuperato da:
https://www.arpalazio.it/documents/20124/55931/Valutazione_Preliminare_QA_2023.pdf
- C. Bicocchi, E. Di Loreto, L. Liperi, A. Sericola (2007) Analisi del dissesto da frana nel Lazio, Rapporto sulle frane in Italia, ISPRA, 2007, 17pp. Recuperato da:
https://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/rapporti/rapporto-frane-2007/Capitolo_17_Lazio.pdf
- CMCC (2022) Lazio, Regione partecipata e sostenibile, Il contributo dell'adattamento ai cambiamenti climatici, Regione Lazio, Ministero della Transizione Ecologica, 121pp. Recuperato da:
<https://www.lazioecologicoedigitale.it/app/uploads/2022/11/LAZIO-SOSTENIBILE-web.pdf>
- Ecoazioni (2019) Atlante degli Obiettivi per la diffusione dei CdF nella Regione Lazio, Inquadramento climatologico, Regione Lazio, 14pp. Recuperato da:
https://progetti.regione.lazio.it/contrattidifiume/wpcontent/uploads/sites/53/C_03_inquadramento-climatologico.pdf
- IPCC (2021) Climate Change 2021 – Le basi fisico-scientifiche: il rapporto spiegato dagli scienziati italiani. Recuperato da: <https://ipccitalia.cmcc.it/climate-change-2021-il-rapporto-spiegato-dagli-scientiati-italiani/>
- Lodovico, Luana & Iagnemma, Luca. (2012). RISCHIO E PIANIFICAZIONE Tutela, prevenzione e sicurezza nella programmazione urbanistica. Recuperato da: Download citation of RISCHIO E PIANIFICAZIONE Tutela, prevenzione e sicurezza nella programmazione urbanistica (researchgate.net)
- Organizzazione volontariato protezione civile Monti Prenestini (2021) Pianto Antincendio Boschivo 2021, 31 Maggio 2021, 7pp. Recuperato da:
<https://www.halleyweb.com/c058025/zf/index.php/trasparenza/index/visualizza-documento-generico/categoria/223/documento/939>

- Regione Lazio (2020) Piano regionale di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi 2020-2022, 275pp. Recuperato da:
<https://protezionecivile.regione.lazio.it/sites/default/files/2022-02/Piano-AIB-2020-2022.pdf>

CCSC

CLIMATE CHANGE STUDY CENTRE

SEDE LEGALE

VIA NICOLÒ BIONDO 2, 41012 CARPI (MO)

SEDE OPERATIVA

**VIA LEONARDO DA VINCI 16, 48033
COTIGNOLA (RA)**

TEL. +39 0545 287755

CCSC@GREENWAYGROUPSRL.COM

CLIMATECHANGE@ECOGESTSPA.COM