

ANALISI PRELIMINARE DI CONTESTO

WP 3.1 - Strategia di mitigazione

ATTIVITÀ 7 - Analisi Preliminare di Contesto

Scadenza per la sottomissione: Luglio 2020

Stato del documento: finale

Versione: 1.13

Data dell'ultima versione: 14.07.2020

Partner responsabile del risultato: Area Science Park

Autori: Nikola Holodkov, Stefano Alessandrini, Amedeo Pezzi, Črtomir Kurnik, Massimo Pizzato,

Livello di disseminazione: PU - pubblica

Descrizione dei risultati: Revisione della letteratura e analisi della situazione corrente nell'area di programma in termini di energia e clima

Il contenuto del documento riflette solo il punto di vista degli autori quindi, l'Autorità di gestione del Programma Interreg V-A Italia-Slovenia 2014-2020 non è da ritenersi responsabile per l'uso delle informazioni contenute in esso.

Revisioni del documento

Versione	Data	Autori	Organizzazione	Commenti
1.1	30.04.2019	Nikola Holodkov	Area Science Park	Redazione del sommario
1.2	30.05.2019	Nikola Holodkov	Area Science Park	Redazione dei capitoli 2, 3
1.3	08.07.2019	Amedeo Pezzi	Università degli Studi di Trieste	Redazione dei capitoli 4.1, 4.2, 4.3
1.4	19.07.2019	Črtomir Kurnik	Lokalna energetska agencija Gorenjske	Redazione dei capitoli 5.1, 5.2, 5.3
1.5	05.09.2019	Massimo Pizzato	Città Metropolitana di Venezia	Redazione dei capitoli 4.4
1.6	10.09.2019	Federica Flapp Valentina Gallina	Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli-Venezia Giulia	Revisione del capitolo 4.3
1.7	15.09.2019	Nikola Holodkov	Area Science Park	Revisione dei capitoli 1, 6
1.8	20.09.2019	Stefano Alessandrini Fabio Tomasi Fabio Morea	Area Science Park	Revisione di tutti i capitoli
1.9	15.11.2019	Amedeo Pezzi Črtomir Kurnik Massimo Pizzato	Università degli Studi di Trieste Lokalna energetska agencija Gorenjske Città Metropolitana di Venezia	Revisione di tutti i capitoli
1.10	22.01.2020	Matjaž Grmek Ivana Kacafura	Regionalna razvojna agencija Ljubljanske urbane regije	Revisione di tutti i capitoli

Data: 14/07/2020

Titolo del documento:
 Preliminary Context Analysis
 Versione n.13

			Goriška Lokalna energetska agencija	
1.11	14.04.2020	Amedeo Pezzi Enrico Tordoni Francesco Petruzzellis Giulia Casagrande	Università degli Studi di Trieste	Traduzione in lingua Italiana
1.12	29.04.2020	Marco Manzan	Università degli Studi di Trieste	Revisione della traduzione in lingua Italiana
1.13	14.07.2020	Nikola Holodkov	Area Science Park	Revisione finale

Informazioni sui contatti

Nome	Organizzazione	Informazioni sui contatti
Nikola Holodkov Stefano Alessandrini	Area Science Park	nikola.holodkov@areasciencepark.it stefano.alessandrini@areasciencepark.it

Sommario

1	Sintesi.....	1
2	Cambiamenti climatici	5
2.1	Cambiamenti osservati e le relative cause	5
2.2	Scenari di cambiamenti climatici, rischi ed impatti	6
2.3	Percorsi futuri di mitigazione ed adattamento	9
3	Politiche dell'Unione Europea in materia di mitigazione e adattamento	13
3.1	Il quadro energetico dell'UE	13
3.2	Emissioni GHG nell'UE	14
3.3	I cambiamenti climatici in Europa	24
3.4	Il quadro di politiche climatiche dell'UE.....	28
3.5	Il Patto dei Sindaci	31
4	Italia e area di programma: energia e clima.....	34
4.1	Consumo energetico, emissioni di gas serra, obiettivi, politica e misure.....	34
4.2	Clima, cambiamenti climatici osservati, scenari, rischi, impatti e misure di adattamento	41
4.3	Friuli Venezia Giulia	54
4.3.1	Territorio e demografia	54
4.3.2	Consumi energetici ed emissioni di base	57
4.3.3	Clima, cambiamenti climatici osservati, scenari futuri, rischi ed impatti.....	59
4.3.4	Mitigazione locale e misure di adattamento	71
4.4	Città Metropolitana di Venezia	81
4.4.1	Territorio e demografia	81
4.4.2	Consumo di energia ed emissioni di base.....	83
4.4.3	Clima, cambiamenti climatici osservati, scenari, rischi e impatti.....	84
4.4.4	Misure locali di mitigazione e adattamento.....	88
5	La Slovenia e l'area di programma: energia e clima.....	90
5.1	Consumi energetici, emissioni, obiettivi, politiche e misure	90

5.2	Clima, cambiamenti climatici osservati, scenari, rischi, impatti e misure di adattamento	99
5.3	Gorenjska, Osrednjeslovenska, Primorsko-Notranjska, Obalno-Kraška, Goriška	108
5.3.1	Territorio e dati demografici.....	108
5.3.2	Consumo energetico ed emissioni di base per la regione Gorenjska	109
5.3.3	Scenari di cambiamento climatico, rischi e impatti per la regione Gorenjska.....	110
6	Conclusioni	115
7	Bibliografia.....	116
8	Lista delle figure	119
9	Lista delle tabelle.....	122

1 Sintesi

Nell'ambito del progetto SECAP, il seguente rapporto rappresenta il primo risultato del pacchetto di lavoro 3.1 - Implementazione dei dati generali, chiamato "Analisi preliminare del contesto" e revisiona l'energia ed il clima dell'area di programma Interreg VA Italia-Slovenia 2014-2020. L'area di programma è composta dalla Città Metropolitana di Venezia, dalla Regione Friuli-Venezia Giulia e da cinque regioni della Slovenia occidentale (Gorenjska, Osrednjeslovenska, Primorsko-Notranjska, Obalno-Kraška, Goriška), come mostrato nella Figura 1. L'obiettivo di questo deliverable è quello di fornire al lettore le informazioni di base dalla letteratura disponibile per creare una strategia di mitigazione e adattamento locale, supportando il passaggio da PAES a PAESC.

Nel capitolo 2 sono descritti i cambiamenti climatici osservati, nonché gli scenari e le proiezioni future per la temperatura ed i principali parametri climatici. Gli impegni politici e le azioni relative all'energia e al clima intrapresi dall'UE sono illustrati nel capitolo 3, con un'attenzione particolare per l'Italia e la Slovenia riportate nei capitoli 4 e 5. Sono stati approfonditi il contesto energetico e climatico nell'area di programma. I seguenti aspetti sembrano essere i più rilevanti:

La temperatura della superficie terrestre sta aumentando e questo sta avendo forti ripercussioni su tutti i sistemi naturali. Il rapido cambiamento del clima terrestre è causato dal rilascio antropogenico di emissioni di gas serra (Green-House Gas - GHG) nell'atmosfera, principalmente a causa di attività legate alla produzione di energia. I tagli sostanziali delle emissioni GHG nei prossimi decenni potrebbero limitare l'aumento della temperatura e ridurre gli impatti, ma richiederebbero strategie di mitigazione sistematiche e intersettoriali ben progettate, azioni di cooperazione e collaborazione internazionale. Tuttavia, anche in questo caso, gli effetti dell'aumento della temperatura e dei cambiamenti climatici si avverteranno negli anni futuri. Si prevede che l'Europa sarà gravemente colpita poiché la temperatura sta aumentando più rapidamente della media globale e si verificheranno sempre più spesso eventi meteorologici estremi, principalmente ondate di calore ed eventi di precipitazione estrema, di cui si prevede un drastico aumento sia in numero che in intensità. Vi è quindi una forte necessità di attuare strategie di adattamento locale e specifiche per il contesto in cui si opera.

L'Unione Europea (UE) è stata in prima linea nella mitigazione e nell'adattamento ai cambiamenti climatici. L'ultimo quadro dell'UE in materia di clima ed energia mira a ridurre le emissioni di GHG del 40% e ad aumentare la quota di energie rinnovabili e l'efficienza energetica del 32% entro il 2030. L'obiettivo nel lungo periodo è quello di ridurre le emissioni del 95% entro il 2050. I principali

strumenti legislativi per ridurre le emissioni di gas ad effetto serra sono il sistema di scambio di quote di emissione (*Emission Trading System* - ETS) e il regolamento sulla condivisione degli sforzi (*Effort Sharing Regulation* - ESR), insieme a molte altre iniziative complementari come il Patto dei sindaci per il clima e l'energia. Per quanto riguarda l'adattamento, l'UE ha avuto successo nell'implementazione di politiche e programmi a livello nazionale, regionale e locale e ha imposto ai suoi Stati membri di sviluppare strategie di adattamento finanziandone progetti dedicati, incrementando la sensibilizzazione, la mobilitazione ed il sostegno delle città nell'adozione di strategie di adattamento locale.

In linea con le direttive UE, Italia e Slovenia stanno sviluppando le loro strategie energetiche e climatiche. L'Italia ha consumato 116 Mtep di energia ed ha emesso 433 MtCO_{2-eq} nel 2016, mentre la Slovenia ha consumato 6,7 Mtep ed ha emesso 17 MtCO_{2-eq} nel 2016. I settori dei trasporti, residenziale e industriale sono stati i principali consumatori di energia in entrambi i paesi, mentre le emissioni GHG derivano per l'80% da attività legate alla produzione e consumo di energia. Gli obiettivi principali perseguiti da entrambi i paesi fino al 2030 sono la decarbonizzazione delle fonti energetiche, lo sfruttamento delle risorse rinnovabili, il miglioramento dell'efficienza energetica e la sicurezza energetica. Entrambi i paesi hanno registrato negli ultimi anni un aumento delle temperature, una generale diminuzione delle precipitazioni e degli eventi nevosi ed un aumento del numero di eventi meteorologici eccezionali che probabilmente incrementeranno nei prossimi anni. L'Italia ha sviluppato la sua strategia di adattamento in quanto ci si aspetta che le ondate di calore e gli eventi siccitosi si verificheranno sempre più frequentemente e con maggiore intensità, specialmente nelle regioni centrali e meridionali. La strategia sviluppata proverà a gestire i principali settori che saranno sottoposti a crescenti pressioni come la gestione delle risorse idriche, del degrado ambientale, l'agricoltura, la silvicoltura, la gestione delle coste e la sanità pubblica. In Slovenia si aspetta un significativo incremento delle temperature ed una riduzione delle precipitazioni, sebbene quest'ultima proiezione sia più incerta a causa della geografia e della morfologia del paese. Sebbene la Slovenia stia ancora sviluppando una sua strategia di adattamento, sono in corso numerosi progetti relativi alla gestione delle risorse idriche, del degrado ambientale, dell'agricoltura, della silvicoltura e della salute pubblica.

Andando più nello specifico sull'energia e sul clima dell'area di programma, la regione FVG ha consumato 2,9 Mtep di energia nel 2012 ed ha emesso 12 MtCO_{2-eq} nel 2010. Il settore industriale è stato il principale consumatore di energia, seguito dai settori residenziale e dei trasporti. Per quanto riguarda il cambiamento climatico, il FVG ha registrato un aumento di +1,5 °C negli ultimi cinquant'anni, che è molto più alto della media globale ed ha visto un aumento delle piogge a ovest e una diminuzione delle piogge ad est. È stato registrato un aumento del numero di ondate

di calore e di notti tropicali, mentre il numero di giorni di gelo è diminuito. È stata registrata anche una diminuzione degli eventi nevosi ed una riduzione dei corpi innevati. Per quanto riguarda la temperatura e la salinità del mare, non si sono verificati cambiamenti significativi. Al contrario, si è verificato un aumento del livello del mare di circa 20 cm rispetto all'anno 1880. Si prevede che tutti i valori cambieranno significativamente in futuro a seconda dello scenario RCP causando impatti considerevoli. Ai fini della mitigazione, il FVG ha compiuto sforzi per perseguire l'efficienza energetica, la mobilità sostenibile, le energie rinnovabili e la sensibilizzazione dell'opinione pubblica. L'adattamento consisterà in una migliore pianificazione territoriale, nella prevenzione delle alluvioni, nella gestione delle risorse idriche e nell'incremento della resilienza della sanità pubblica.

La Città Metropolitana di Venezia ha consumato 1,3 Mtep di energia, principalmente per il settore residenziale, dei trasporti, terziario ed industriale, e ha emesso 4,1 MtCO_{2-eq} nel 2017. Per quanto riguarda i cambiamenti climatici, è stato rilevato un incremento di 1,3 °C al di sopra della media storica negli ultimi 25 anni, mentre le precipitazioni sono risultate essere molto variabili ed imprevedibili. Sfortunatamente, vi è una mancanza di studi relativi ai cambiamenti climatici osservati in quest'area, nonché una mancanza di proiezioni di temperatura e precipitazioni. La mitigazione mira alla riqualificazione dell'efficienza energetica, alle energie rinnovabili e alla mobilità urbana, mentre l'adattamento consisterà nella gestione delle risorse idriche, nella resilienza ambientale nonché nella conservazione e valorizzazione.

Gorenjska, Osrednjeslovenska, Primorsko-Notranjska, Obalno-Kraška, Goriška sono le regioni della Slovenia che fanno parte dell'area di programma SECAP. Esistono dati specifici solo per la regione della Gorenjska in quanto le agenzie per l'energia e l'ambiente raccolgono informazioni solo su scala nazionale. La regione Gorenjska ha consumato 0,3 Mtep di energia nel 2016, principalmente nel settore industriale, residenziale e dei trasporti, ed ha emesso 1 MtCO_{2-eq}. Ci si aspetta un incremento medio delle temperature di circa 0,8 °C nei prossimi due decenni, con ondate di calore più frequenti, aumento delle precipitazioni e degli eventi estremi, inondazioni e una diminuzione delle precipitazioni a carattere nevoso.



Figura 1. Mappa dell'area di programma del progetto SECAP

2 Cambiamenti climatici

2.1 Cambiamenti osservati e le relative cause

In base al Quinto Rapporto di Valutazione redatto nel 2014 dal gruppo intergovernativo di esperti sui cambiamenti climatici (IPCC) [1], che presenta una revisione degli studi più recenti e pertinenti sui cambiamenti climatici risultando il documento più importante e riconosciuto al mondo su questo argomento, i cambiamenti inequivocabili che si sono verificati nel sistema climatico dal 1950 sono senza precedenti nel corso degli ultimi millenni. La temperatura della superficie terrestre è aumentata in media di 0,85 °C dal 1880 (Figura 2), con un notevole picco negli ultimi tre decenni. Questa anomalia della temperatura sta avendo forti ripercussioni sui sistemi naturali della Terra: gli oceani si stanno riscaldando, le calotte polari stanno perdendo massa e il permafrost sta scomparendo. Il livello globale del mare è già aumentato di 0,19 m. L'evaporazione e le precipitazioni si sono intensificate in alcune aree, portando ad eventi estremi come inondazioni e cicloni, mentre in altre aree sono state osservate ondate di calore, siccità ed incendi. Molte specie terrestri, d'acqua dolce e marine hanno modificato i loro areali geografici, le attività stagionali, i pattern migratori, la loro abbondanza e l'interazione con altre specie. Molte specie si sono estinte e quasi tutti gli ecosistemi mostrano un alto grado di vulnerabilità ed esposizione e sono considerati minacciati [1].

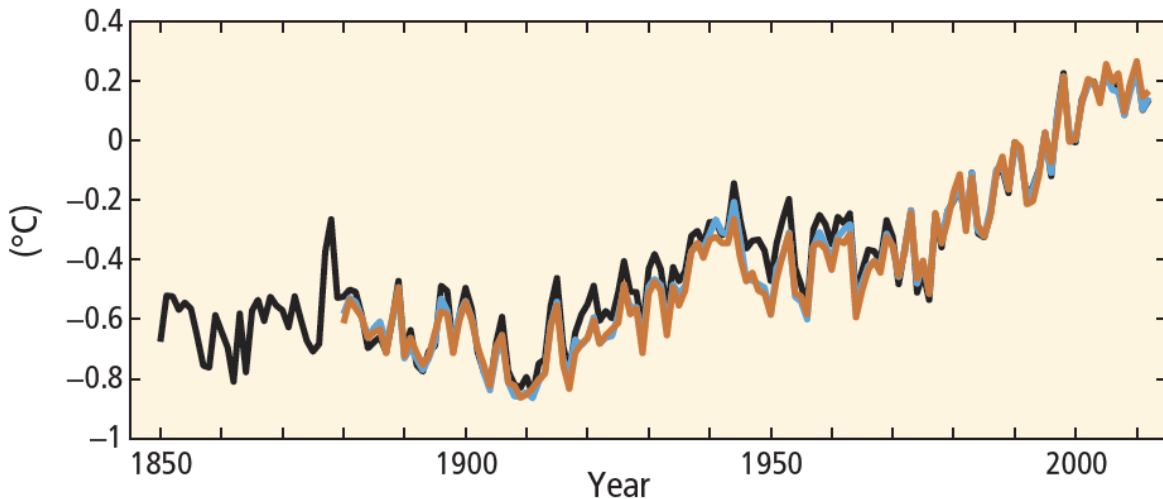


Figura 2. Media globale combinata delle anomalie della temperatura della superficie terrestre e oceanica [1].

L'aumento della temperatura superficiale e i cambiamenti climatici sono causati da alte concentrazioni atmosferiche di GHG che intrappolano la radiazione solare causando un riscaldamento eccessivo. I GHG di origine antropogenica, che sono iniziate in modo massiccio a partire dall'inizio dell'era industriale, sono aumentati significativamente negli ultimi decenni (Figura 3) [1]. La concentrazione dei principali GHG - biossido di carbonio (CO₂), metano (CH₄) e

biossido di azoto (N₂O) - non ha precedenti negli ultimi 800.000 anni. Circa 2.000 GtCO₂ sono state rilasciate dall'attività umana nell'atmosfera a partire dal 1850 (Figura 4), di cui il 40% è ancora presente nell'atmosfera (circa 900 GtCO₂), mentre il resto è immagazzinato nelle piante e nel suolo o è stato assorbito dagli oceani (con conseguente acidificazione degli stessi). La concentrazione atmosferica di CO₂ equivalente (CO₂-eq) ha raggiunto 415 ppm (parti per milione) [1].

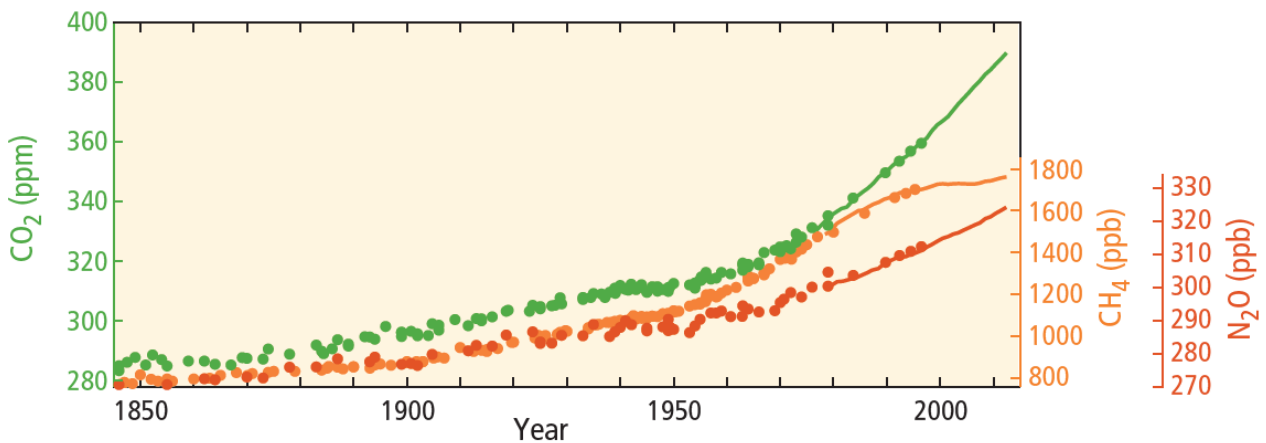


Figura 3. Medie globali delle concentrazioni di GHG [1].

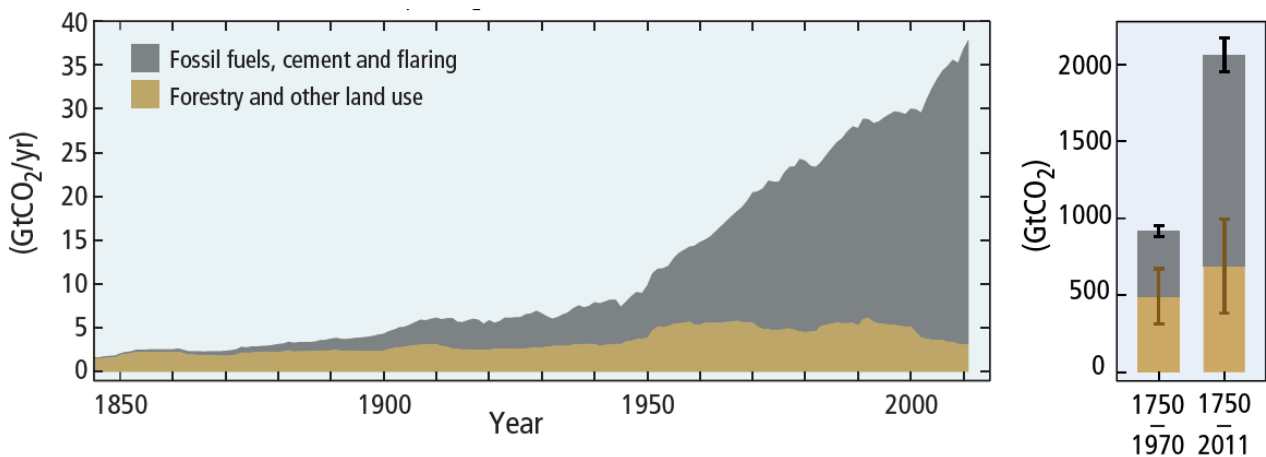


Figura 4. Emissioni globali di CO₂ antropogenica dal 1850 (sinistra); emissioni cumulate di CO₂ (destra) [1].

2.2 Scenari di cambiamenti climatici, rischi ed impatti

La crescita della popolazione, l'attività economica, lo stile di vita, i consumi energetici, i modelli di utilizzo del suolo, le tecnologie e le politiche climatiche sono i principali motori dell'emissione di GHG. L'IPCC utilizza questi driver per creare Percorsi Rappresentativi di Concentrazione (*Representative Concentration Pathways* - RCP) e fare proiezioni delle emissioni future di GHG,

dell'inquinamento atmosferico e dell'uso del suolo. Gli RCP includono uno scenario di mitigazione (RCP2.6), due scenari intermedi (RCP4.5 e RCP6.0) e uno scenario ad alte emissioni (RCP8.5) definito come “*business as usual*”. Questi scenari sono utili per fare previsioni su possibili variazioni della temperatura superficiale fino all’anno 2100, come mostrato nella Figura 5.

Assumendo che non ci saranno eventi naturali inattesi (es. eruzioni vulcaniche o un cambiamento nella radiazione solare), l'IPCC prevede un aumento della temperatura superficiale entro la fine del secolo (2081-2100) da 0,3 °C a 1,7 °C (RCP2.6) e 2,6 °C a 4,8 °C (RCP8.5) rispetto al periodo di riferimento 1986-2005, mentre la regione dell'Artico si riscalderà più rapidamente rispetto alla media globale (Figura 6). Queste condizioni porteranno ad eventi estremi freddi meno frequenti mentre quelli caldi incrementeranno, comprese le ondate di calore intenso. Per quanto riguarda le precipitazioni, i cambiamenti non saranno uniformi: in base allo scenario RCP8.5, molte regioni aride e subtropicali a media latitudine subiranno una diminuzione delle precipitazioni, con conseguente incremento degli incendi e di prolungati periodi siccitosi, mentre le regioni umide a media latitudine vedranno un aumento delle precipitazioni, degli eventi di precipitazione estrema, delle inondazioni e dei cicloni (Figura 6 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

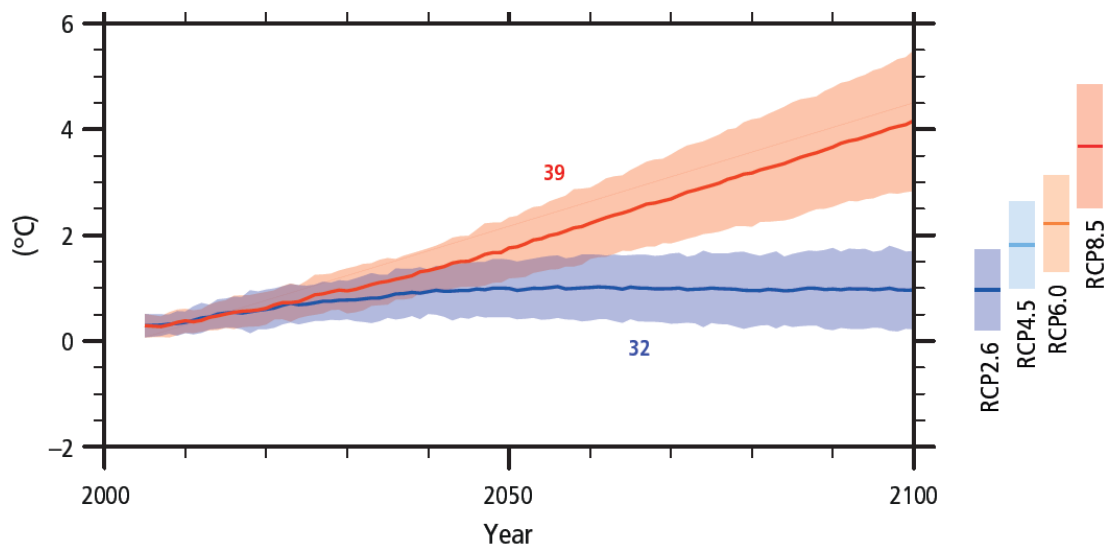


Figura 5. Variazione della temperatura media superficiale relativa al periodo 1986-2005 (sinistra); media del periodo 2081-2100 (destra) [1].

Gli oceani continueranno a riscaldarsi e raddoppieranno la loro acidità. Il volume dei ghiacciai globali (escludendo Groenlandia e la calotta glaciale antartica) potrebbero ridursi dell’85%, il permafrost superficiale dell’81% e l’oceano Artico potrà essere libero dai ghiacci entro la metà del secolo. RCP8.5 stima un innalzamento del livello medio dei mari almeno pari a 0,8 m [1].

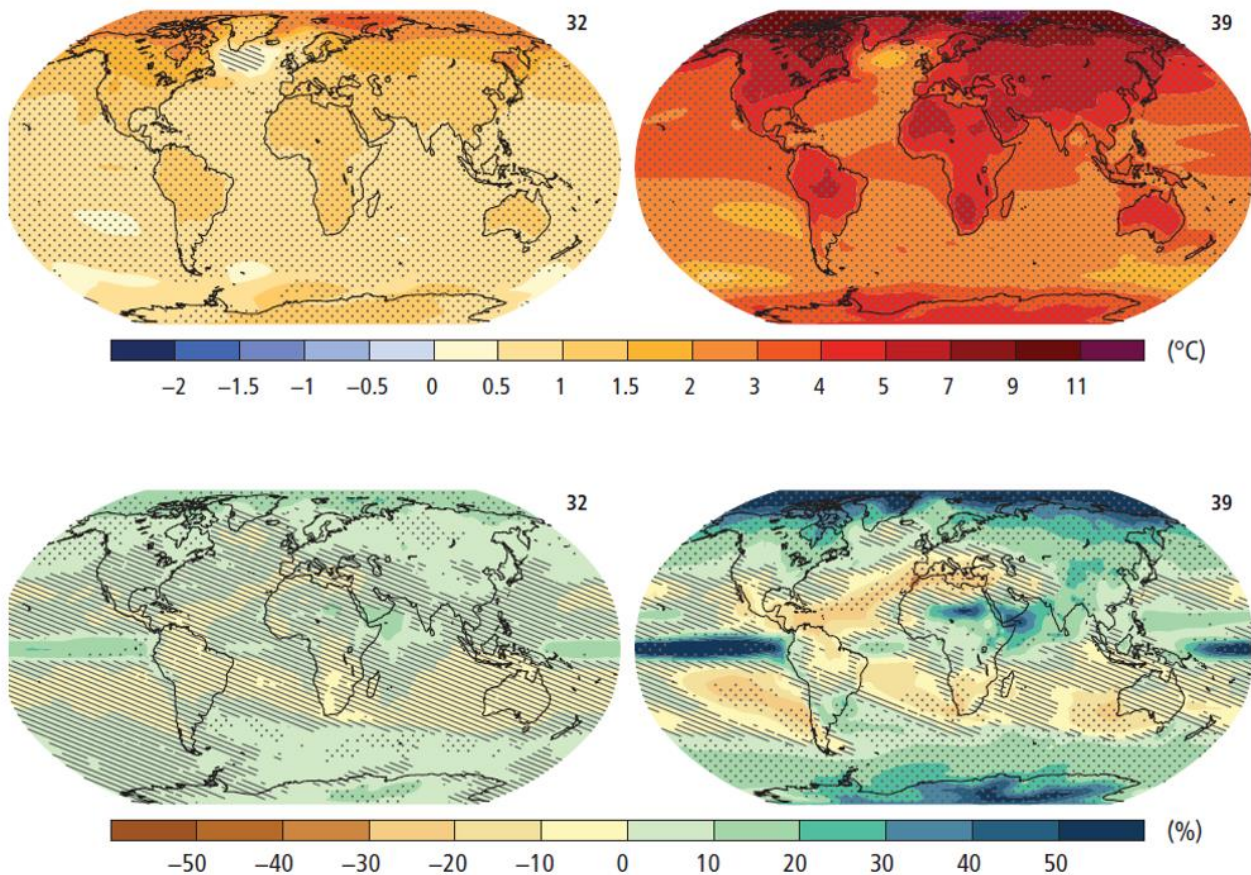


Figura 6. Variazione della temperatura media superficiale (sopra) e della precipitazione media (sotto) per RCP2.6 (sinistra) and RCP8.5 (destra) nel periodo 2081-2100 comparato al periodo 1986-2005 [1].

Gli impatti dei cambiamenti climatici creeranno delle sfide globali. Affronteremo seri problemi nel garantire cibo e sicurezza idrica. La biodiversità marina globale e la distribuzione delle specie cambieranno radicalmente, così come la produttività nel settore ittico. La produzione di grano, riso e mais verrà influenzata negativamente, specialmente nelle regioni in cui si prevede una scarsità di acqua. Vi sarà una ridotta disponibilità delle acque di superficie e sotterranee specialmente nelle regioni subtropicali aride, intensificando la competizione per questa risorsa. La qualità della salute diminuirà, specialmente nei paesi in via di sviluppo e a basso reddito. Nelle aree urbane, le persone, i beni, le economie e gli ecosistemi dovranno sopportare l'inquinamento atmosferico, lo stress da calore, la siccità, la scarsità d'acqua, ma anche precipitazioni estreme, inondazioni, frane e mareggiate straordinarie. Le persone prive di infrastrutture di base saranno particolarmente a rischio. Con l'aumentare della temperatura, aumenterà anche la perdita economica aggregata. Sebbene sia difficile stimare gli impatti economici globali aggregati, si prevede che il cambiamento climatico rallenterà la crescita economica, renderà più difficile la riduzione della povertà, creerà sacche di povertà e aumenterà l'insicurezza alimentare. Aumenteranno anche le migrazioni [1].

2.3 Percorsi futuri di mitigazione ed adattamento

I tagli sostanziali ai GHG nei prossimi decenni possono limitare il riscaldamento superficiale e ridurre gli impatti derivanti dai cambiamenti climatici. Nello scenario definito come *business as usual* (RCP8.5), quindi senza ulteriori sforzi di mitigazione, le concentrazioni atmosferiche di CO₂-eq raggiungeranno valori > 1.000 ppm e la temperatura potrebbe di conseguenza aumentare di 4,8 °C (fino a 7,8 °C compresa l'incertezza climatica) entro il 2100 rispetto all'era preindustriale. Viceversa, forti sforzi di mitigazione potrebbero limitare le concentrazioni atmosferiche di CO₂-eq a 450 ppm e il riscaldamento globale al di sotto dei 2 °C rispetto ai livelli preindustriali (Figura 7). Quest'ultimo scenario può essere raggiunto solo se le emissioni globali di GHG saranno ridotte dal 40% al 70% entro il 2050 e saranno prossime (o inferiori) allo zero netto di carbonio entro il 2100. Nel caso di emissioni più elevate di 500 ppm, si dovrà fare affidamento a tecnologie atte alla rimozione di anidride carbonica (CDR) e sul rimboschimento se si vorrà mantenere il riscaldamento globale al di sotto di 2 °C [1].

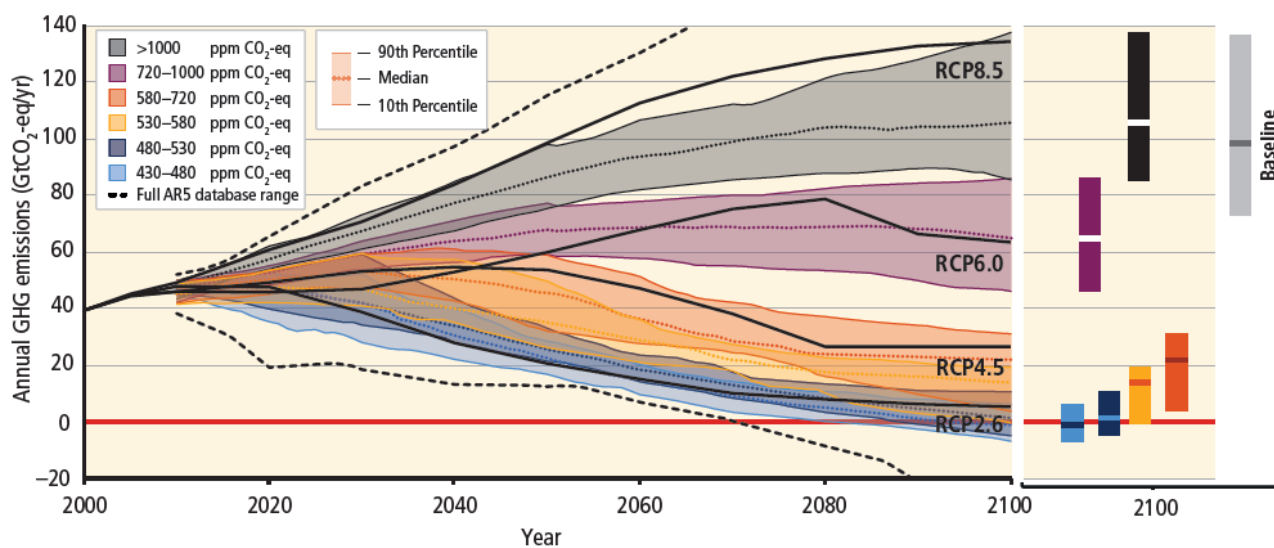


Figura 7. Scenari di emissioni di GHG al 2100 [1].

La Figura 8 mostra i settori che contribuiscono maggiormente alle emissioni di GHG e gli scenari di base e di mitigazione fino al 2030, 2050 e 2100. La decarbonizzazione della produzione elettrica e il miglioramento dell'efficienza energetica saranno cruciali per raggiungere obiettivi di CO₂-eq < 450 ppm. Rispetto ai livelli odierni, il settore dell'approvvigionamento energetico dipendente dalla CO₂ deve diminuire di oltre il 90% entro il 2040-2070 e la produzione di energia elettrica a bassa emissione di carbonio (rinnovabile, bioenergia e nucleare) deve aumentare fino all'80% entro il 2050. Nel breve termine, la riduzione della domanda di energia è un fattore importante di una strategia di mitigazione economica, che consente flessibilità nell'adozione di azioni di mitigazione. Oltre al settore energetico, il miglioramento nella gestione forestale (riduzione della

deforestazione e maggiore incremento nei rimboschimenti) e delle migliori pratiche agricole (gestione dei terreni e delle colture e ripristino della sostanza organica nei suoli) avranno un ruolo importante. Inoltre, il comportamento, lo stile di vita e la cultura hanno una notevole influenza sia sul modo in cui le persone usano l'energia sia su come viene gestito l'uso del suolo, pertanto i cambiamenti nei modelli di consumo energetico a favore di un maggiore risparmio energetico, i cambiamenti nella dieta e la riduzione degli sprechi alimentari possono ridurre significativamente le emissioni di GHG [1].

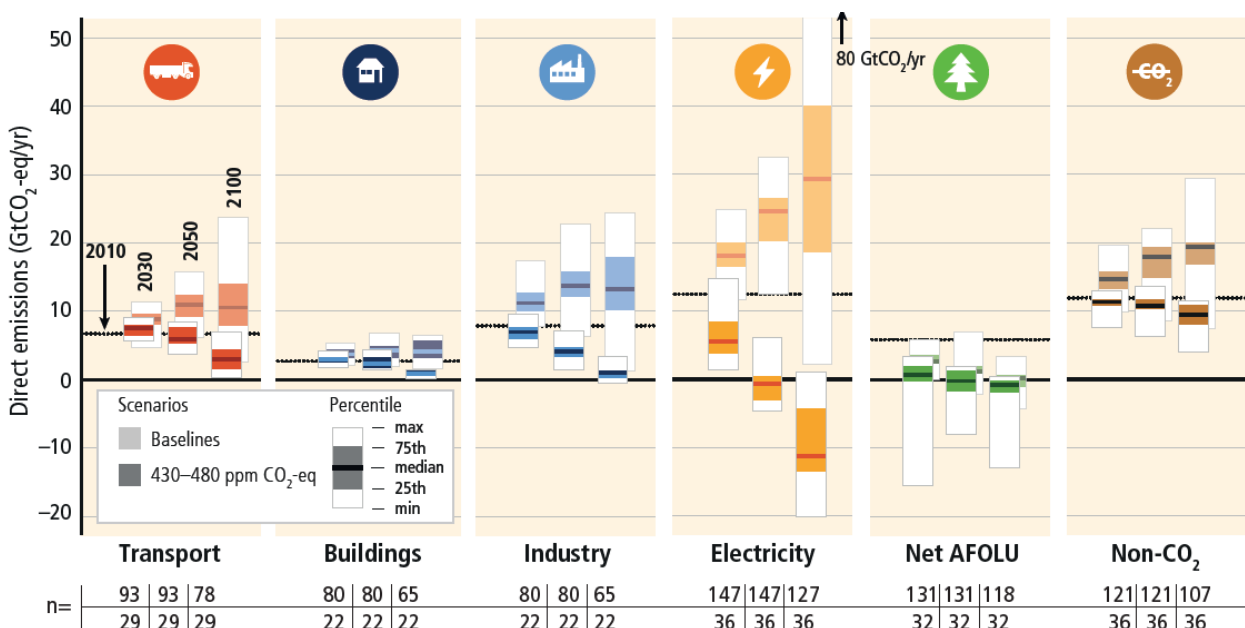


Figura 8. Emissioni dirette di CO₂ e non-CO₂ considerando i maggiori settori, per gli scenari di base e di mitigazione (AFOLU = “agricoltura, selvicoltura e altri usi del suolo”) [1]

Infine, strategie di mitigazione sistematiche e intersettoriali ben progettate sono più efficaci dal punto di vista dei costi nel ridurre le emissioni rispetto alla gestione individuale di ciascun settore. Tuttavia, la mitigazione può avere successo solo se eseguita a livello globale. Poiché nazioni diverse dovranno affrontare sfide e circostanze diverse e disporranno di diverse capacità di mitigazione, sono necessarie azioni di cooperazione e collaborazione internazionale per una risposta efficace.

Tuttavia, per combattere efficacemente i cambiamenti climatici, le misure di mitigazione devono essere combinate con le pratiche di adattamento. L'adattamento è essenziale perché anche se dovessimo fermare completamente le emissioni di GHG, gli effetti dell'aumento della temperatura e dei cambiamenti climatici si avverteranno negli anni a venire. L'adattamento può contribuire al benessere delle popolazioni, alla sicurezza delle risorse e al mantenimento di beni, funzioni e servizi ecosistemici. L'adattamento dipende dal luogo e dal contesto e si ottiene riducendo la vulnerabilità e l'esposizione di persone, risorse ed ecosistemi ai cambiamenti climatici. Affinché

un piano di adattamento abbia successo, le misure di adattamento devono essere incluse nella pianificazione (compresa la definizione delle politiche) e nei processi decisionali di una nazione, al fine di promuovere lo sviluppo, la riduzione del rischio di catastrofi e la creazione di capacità di adattamento.

Tali misure devono andare nella direzione, negli approcci, nelle circostanze e nelle priorità di un paese, tenendo conto dei valori, degli obiettivi e della percezione del rischio della società. È anche conveniente prendere in considerazione sistemi e pratiche locali e tradizionali, poiché potrebbero potenzialmente favorire la selezione di una risposta adattativa appropriata. Inoltre, le misure di adattamento devono essere adottate sia individualmente (cittadino) sia collettivamente (governo). I governi nazionali possono coordinare gli sforzi di adattamento a livello regionale e locale (ad esempio proteggendo i gruppi vulnerabili, sostenendo la diversificazione economica, fornendo informazioni, quadro politico e giuridico e sostegno finanziario), mentre i cittadini e i settori privati possono aumentare l'adattamento di comunità, famiglie, società civile, gestire le informazioni sui rischi ed i finanziamenti. Esistono opzioni di adattamento per tutte le regioni e settori, anche se il potenziale e gli approcci variano in modo significativo. Alcuni esempi di adattamento sono mostrati nella Tabella 1. È importante sottolineare che vi sono numerosi vantaggi, sinergie e compromessi tra le risposte di mitigazione e adattamento, tra cui alcuni: i) miglioramento dell'efficienza energetica e sistemi energetici più puliti che portano a una migliore qualità dell'aria attraverso la riduzione di gas serra e maggiori benefici per la salute; ii) riduzione del consumo di energia e acqua nelle aree urbane attraverso l'inverdimento e il riciclo dell'acqua; iii) agricoltura e silvicoltura sostenibili iv) protezione degli ecosistemi per lo stoccaggio del carbonio e altri servizi ecosistemici.

Sfortunatamente, ci sono anche molti ostacoli all'adattamento, tra cui i più comuni sono risorse finanziarie o umane limitate, basso grado di competenza, incertezza nelle previsioni climatiche e impatti previsti, diversi valori nella percezione dei rischi, assenza di leader e sostenitori appropriati, scarsi finanziamenti alla ricerca e monitoraggio degli indicatori climatici. Queste barriere possono aumentare in modo significativo il tasso e l'entità dei rischi climatici in quanto una cattiva pianificazione e attuazione, una prioritizzazione di obiettivi a breve termine rispetto a quelli a lungo termine e la mancanza di anticipazione può provocare un cattivo adattamento e aumentare la vulnerabilità e l'esposizione dei sistemi [1].

Tabella 1. Pratiche di adattamento nei differenti settori sociali [1].

Overlapping Approaches	Category	Examples
Vulnerability & Exposure Reduction through development, planning & practices including many low-regrets measures	Human development	Improved access to education, nutrition, health facilities, energy, safe housing & settlement structures, & social support structures; Reduced gender inequality & marginalization in other forms.
	Poverty alleviation	Improved access to & control of local resources; Land tenure; Disaster risk reduction; Social safety nets & social protection; Insurance schemes.
	Livelihood security	Income, asset & livelihood diversification; Improved infrastructure; Access to technology & decision-making fora; Increased decision-making power; Changed cropping, livestock & aquaculture practices; Reliance on social networks.
	Disaster risk management	Early warning systems; Hazard & vulnerability mapping; Diversifying water resources; Improved drainage; Flood & cyclone shelters; Building codes & practices; Storm & wastewater management; Transport & road infrastructure improvements.
	Ecosystem management	Maintaining wetlands & urban green spaces; Coastal afforestation; Watershed & reservoir management; Reduction of other stressors on ecosystems & of habitat fragmentation; Maintenance of genetic diversity; Manipulation of disturbance regimes; Community-based natural resource management.
	Spatial or land-use planning	Provisioning of adequate housing, infrastructure & services; Managing development in flood prone & other high risk areas; Urban planning & upgrading programs; Land zoning laws; Easements; Protected areas.
	Structural/physical	Engineered & built-environment options: Sea walls & coastal protection structures; Flood levees; Water storage; Improved drainage; Flood & cyclone shelters; Building codes & practices; Storm & wastewater management; Transport & road infrastructure improvements; Floating houses; Power plant & electricity grid adjustments.
		Technological options: New crop & animal varieties; Indigenous, traditional & local knowledge, technologies & methods; Efficient irrigation; Water-saving technologies; Desalination; Conservation agriculture; Food storage & preservation facilities; Hazard & vulnerability mapping & monitoring; Early warning systems; Building insulation; Mechanical & passive cooling; Technology development, transfer & diffusion.
		Ecosystem-based options: Ecological restoration; Soil conservation; Afforestation & reforestation; Mangrove conservation & replanting; Green infrastructure (e.g., shade trees, green roofs); Controlling overfishing; Fisheries co-management; Assisted species migration & dispersal; Ecological corridors; Seed banks, gene banks & other <i>ex situ</i> conservation; Community-based natural resource management.
	Institutional	Services: Social safety nets & social protection; Food banks & distribution of food surplus; Municipal services including water & sanitation; Vaccination programs; Essential public health services; Enhanced emergency medical services.
Economic options: Financial incentives; Insurance; Catastrophe bonds; Payments for ecosystem services; Pricing water to encourage universal provision and careful use; Microfinance; Disaster contingency funds; Cash transfers; Public-private partnerships.		
Laws & regulations: Land zoning laws; Building standards & practices; Easements; Water regulations & agreements; Laws to support disaster risk reduction; Laws to encourage insurance purchasing; Defined property rights & land tenure security; Protected areas; Fishing quotas; Patent pools & technology transfer.		
Social	National & government policies & programs: National & regional adaptation plans including mainstreaming; Sub-national & local adaptation plans; Economic diversification; Urban upgrading programs; Municipal water management programs; Disaster planning & preparedness; Integrated water resource management; Integrated coastal zone management; Ecosystem-based management; Community-based adaptation.	
	Educational options: Awareness raising & integrating into education; Gender equity in education; Extension services; Sharing indigenous, traditional & local knowledge; Participatory action research & social learning; Knowledge-sharing & learning platforms.	
	Informational options: Hazard & vulnerability mapping; Early warning & response systems; Systematic monitoring & remote sensing; Climate services; Use of indigenous climate observations; Participatory scenario development; Integrated assessments.	
Spheres of change	Behavioural options: Household preparation & evacuation planning; Migration; Soil & water conservation; Storm drain clearance; Livelihood diversification; Changed cropping, livestock & aquaculture practices; Reliance on social networks.	
	Practical: Social & technical innovations, behavioural shifts, or institutional & managerial changes that produce substantial shifts in outcomes.	
	Political: Political, social, cultural & ecological decisions & actions consistent with reducing vulnerability & risk & supporting adaptation, mitigation & sustainable development.	
Personal: Individual & collective assumptions, beliefs, values & worldviews influencing climate-change responses.		
Transformation including incremental & transformational adjustments		

3 Politiche dell'Unione Europea in materia di mitigazione e adattamento

3.1 Il quadro energetico dell'UE

Oggi l'UE emette collettivamente solo il 12% delle emissioni totali globali di GHG [2], ma da quando è emersa la questione del cambiamento climatico, è stata in prima linea nella mitigazione e nell'adattamento. Nel 2007, con l'iniziativa "20-20-20", l'UE si è impegnata a ridurre entro il 2020, le emissioni totali di GHG del 20% (rispetto ai livelli del 1990), ad aumentare la quota di energie rinnovabili al 20% e a migliorare l'efficienza energetica del 20% [3]. Nell'ambito di questo piano, nel 2009 è stato adottato il pacchetto UE 2020 su Clima ed Energia. Nell'ottobre 2014, i leader dell'UE hanno concordato di rivedere il piano 2020 e hanno fissato il quadro UE 2030 per il Clima e l'Energia, con un ambizioso obiettivo di ridurre entro il 2030 le emissioni di GHG del 40% contemporaneamente ad un aumento della quota di energie rinnovabili ed efficienza energetica del 27%. Questi valori sono stati rivisti alla fine del 2018 al 32% per le energie rinnovabili e al 32,5% per l'efficienza energetica con il pacchetto di misure denominato "Energia Pulita per tutti gli Europei" [3]. Questo è il nuovo manuale sulle norme energetiche da attuare per implementare l'Unione dell'Energia all'interno dei paesi europei, che è una delle priorità chiave del quadro 2030 per il Clima e l'Energia. Il regolamento è stato proposto nel 2016, approvato dal Consiglio e dal Parlamento europeo nel 2018/inizio 2019, ed è entrato in vigore a metà del 2019. Gli Stati membri avranno tra uno o due anni per trasformare queste direttive in legge nazionale.

L'Unione dell'Energia ruota attorno a cinque dimensioni strettamente correlate e che si rafforzano a vicenda:

1. sicurezza, solidarietà e fiducia;
2. un mercato interno dell'energia integrato;
3. efficienza energetica;
4. azioni per il clima e decarbonizzazione dell'economia;
5. ricerca, innovazione e competitività.

Queste cinque dimensioni supportano la diversificazione delle fonti energetiche, dei fornitori e delle rotte dell'UE promuovendo la solidarietà e la cooperazione tra gli Stati membri per garantire la sicurezza energetica nell'UE; la rimozione degli ostacoli per costruire l'infrastruttura necessaria al libero flusso di energia tra le frontiere dell'UE; il miglioramento dell'efficienza energetica mirando ad una riduzione delle importazioni di energia, una riduzione delle emissioni e la promozione di opportunità di lavoro nell'energia pulita e crescita sostenibile. Inoltre, verrà dato

supporto alle energie rinnovabili, sostegno alla ricerca e all'innovazione nelle tecnologie a basse emissioni di carbonio e di energia pulita.

3.2 Emissioni GHG nell'UE

Secondo "Azione dell'UE in materia di energia e cambiamenti climatici del 2017" [2], le emissioni di GHG nell'UE hanno registrato un calo quasi costante dal 1990, raggiungendo un minimo storico di -22,4% nel 2016 (rispetto al 1990), che è sceso al -21,9% nel 2017, ma che rientra ancora negli obiettivi del 2020 (Figura 9). Le emissioni di GHG sono diminuite nella maggior parte dei settori, ad eccezione dei trasporti nazionali e internazionali, con le maggiori riduzioni che si verificano nella produzione di elettricità e calore, nelle industrie manifatturiere, nell'edilizia e nel settore residenziale.

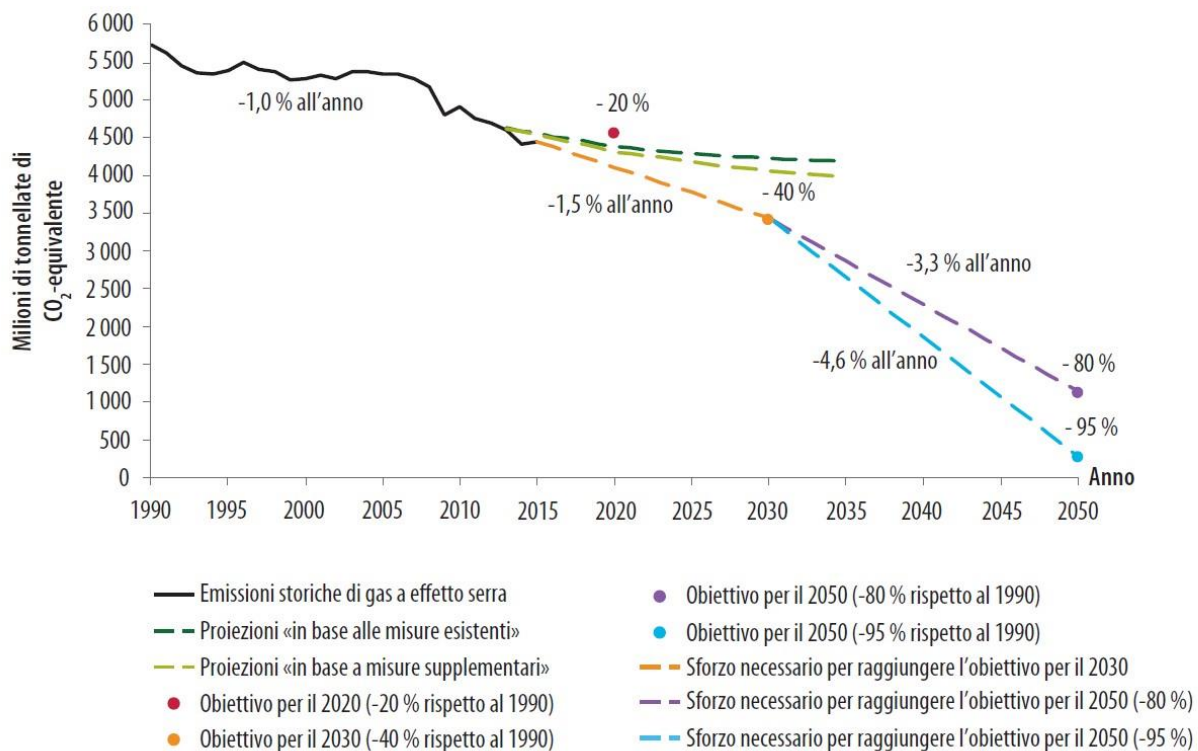


Figura 9. Emissioni di GHG in UE dal 1990 includendo gli obiettivi al 2020, 2030 e 2050 [2].

I principali strumenti utilizzati dall'UE per ridurre le emissioni di gas a effetto serra sono il sistema di scambio di quote di emissione (*Emission Trading System - ETS*) e il regolamento sulla condivisione degli sforzi (*Effort Sharing Decision - ESD*) [2]. L'ETS fissa un limite alle emissioni annuali di GHG consentite per azienda/installazione, un limite che diminuisce di anno in anno, garantendo che le emissioni totali di GHG siano costantemente in calo. Il limite è fissato in forma di quote, ossia crediti che rappresentano il diritto di emettere un certo limite di tonnellate di CO₂-eq. Entro il limite annuale, le aziende/impianti possono ricevere, acquistare o vendere quote di

emissioni, creando un sistema di scambio di carbonio noto anche come "cap and trade". Le quote possono essere messe all'asta da società/impianti che superano il limite annuale o vendute da quelle che rimangono al di sotto del limite di emissione. Il limite annuale di emissione segue una regressione lineare del -1,74% annuo garantendo il raggiungimento degli obiettivi di mitigazione [2].

L'elemento chiave del sistema ETS è il prezzo del carbonio. All'aumentare del limite di emissioni, la scarsità delle quote fa aumentare il prezzo del carbonio e crea una forte tendenza alla decarbonizzazione, all'efficienza energetica o agli investimenti in tecnologie a basse emissioni di carbonio (come le energie rinnovabili). Perché questo sistema funzioni, il prezzo per indennità deve essere sufficientemente elevato. Nel 2011 la Commissione Europea ha previsto il prezzo per indennità di 40 euro nel 2020, 100 euro nel 2030 e 250 euro nel 2050 [2]. Tuttavia, il prezzo per indennità è sceso da 30 euro nel 2008 a 5 euro nel 2017, che è molto più basso di quanto previsto dalla Commissione. Il motivo del calo dei prezzi è stato un surplus di quote disponibili (+1,8 miliardi di esse) che ha superato la domanda del mercato. L'eccesso di offerta è dovuto alla recessione economica del 2008 e alla rapida crescita dell'efficienza energetica e delle politiche rinnovabili. Per ripristinare la stabilità del mercato, la Commissione ha recentemente ritirato dal mercato 900 milioni di quote [2].

Oltre all'ETS, l'UE ha adottato l'ESD per alcuni settori che non sono coperti dall'ETS [2]. Questi settori includono i trasporti (esclusi quelli aerei e marittimi internazionali), l'agricoltura e la silvicoltura, l'edilizia, i rifiuti e alcune industrie. L'ESD fissa obiettivi nazionali di emissione basati sul PIL pro capite. I paesi con un PIL pro capite più elevato avranno obiettivi vincolanti di emissione più elevati, mentre i paesi più poveri avranno obiettivi vincolanti più bassi. Questo per sostenere la crescita economica dei paesi poveri che è spesso associata all'aumento dei tassi di emissione. Nel 2018 l'ESD è diventato ESR, che adotta gli stessi criteri pro capite del PIL e fissa gli obiettivi nazionali vincolanti al 2030. Si stima che il solo ESR coprirà il 60% delle emissioni totali di gas a effetto serra dell'UE [2].

Per monitorare il conseguimento degli obiettivi, l'UE ha creato un sistema interno di comunicazione delle emissioni che comprende una raccolta di inventari di GHG degli Stati membri elaborata dalla Commissione e un controllo di qualità da parte dell'Agenzia Europea dell'Ambiente in collaborazione con Eurostat e Joint Research Centre. Questi inventari vengono segnalati annualmente all'United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) e revisionati da esperti internazionali extra UE. Un elenco delle emissioni di GHG per Stato membro è riportato nella Figura 10 per il 2015 [2].

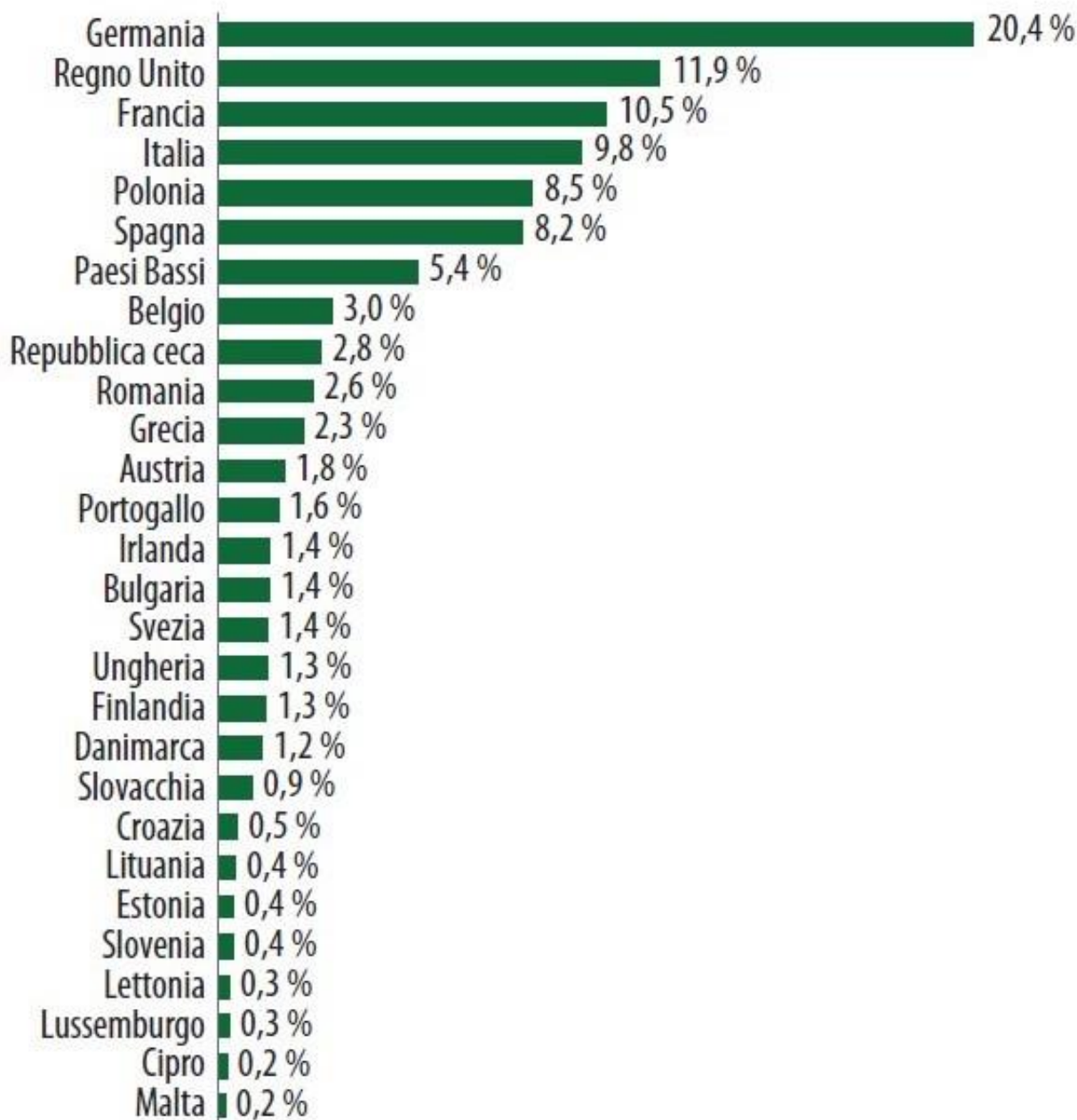


Figura 10. Lista delle emissioni di GHG per stato membro nel 2015 [2].

Le emissioni di GHG possono essere classificate per fonte o per settore (Figura 11) [2]. Nel 2015, il 79% delle emissioni di GHG classificate in base alla fonte proveniva dalla produzione e dall'uso di energia, che include la produzione di elettricità e calore, ma anche la produzione di energia nell'industria, negli edifici, nei trasporti e nell'agricoltura. Il resto sono emissioni indirette di GHG che provengono dall'agricoltura (e silvicoltura) e dai processi industriali, ma anche dalla gestione dei rifiuti. Per settore, il 29% di GHG è stato emesso per l'approvvigionamento energetico, principalmente dalla generazione di elettricità e calore, che nell'UE è prodotta principalmente dalla combustione di carbone, gas e petrolio, ma anche da fonti rinnovabili e centrali nucleari.

Diversi Stati membri hanno fonti di produzione di energia diverse (Figura 12) [2] e sono liberi di scegliere le proprie, purché rispettino i limiti nazionali di emissione. Ciò spiega anche la differenza nelle sfide che i diversi paesi devono affrontare per raggiungere gli obiettivi di riduzione.

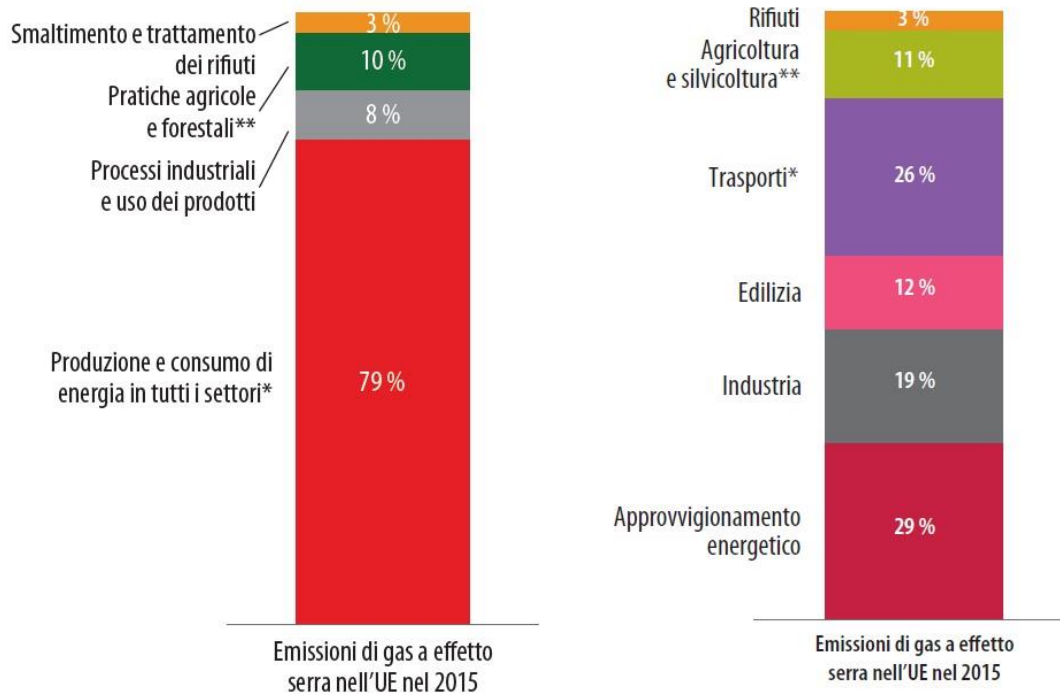
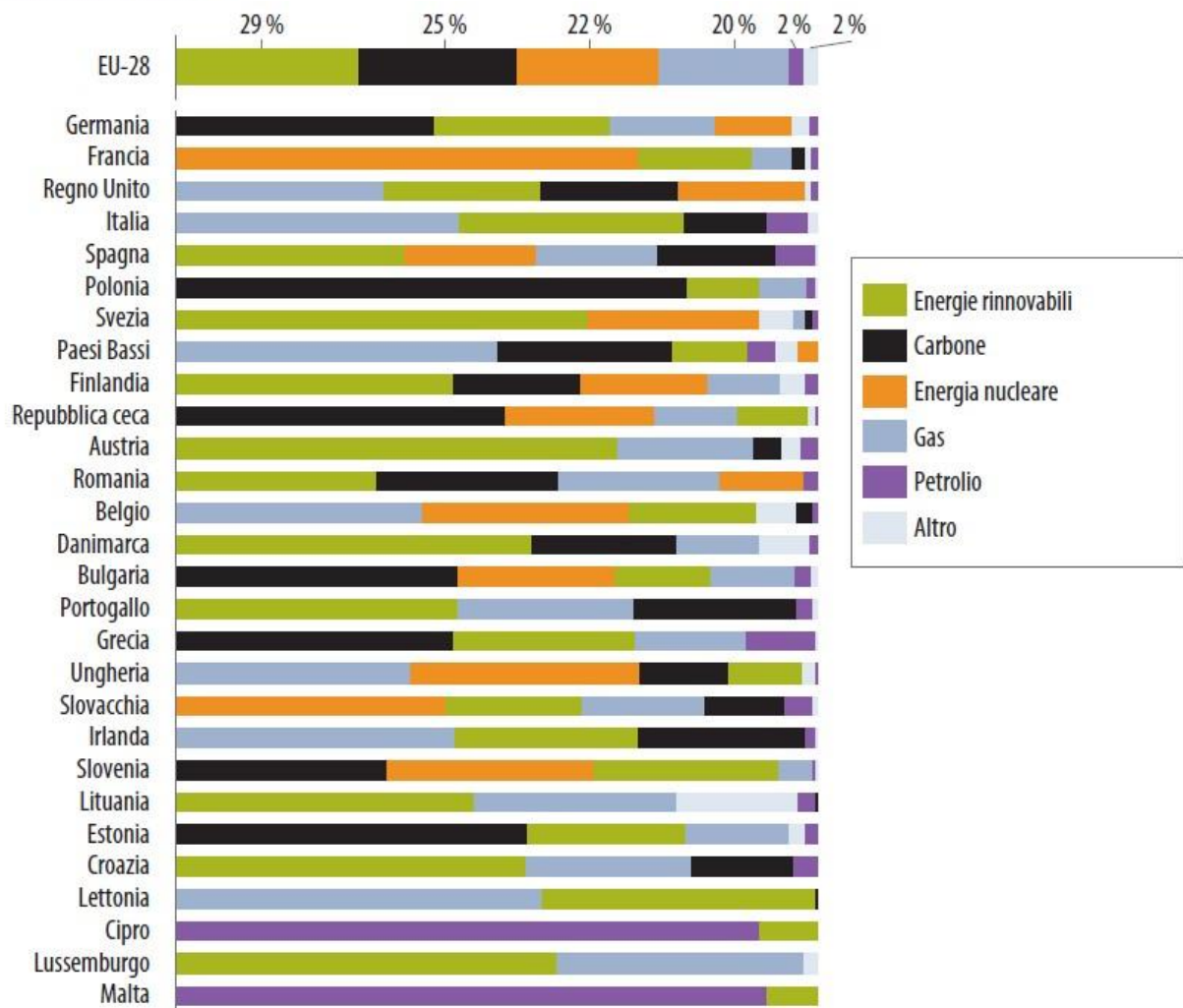


Figura 11. Emissioni totali di GHG classificate in base alla fonte (sinistra) e al settore (destra) nel 2015 [2].



Fonte: Eurostat, 2017.

Figura 12. Fonti di energia degli Stati membri nel 2015 [2]

La combustione del carbone, il processo che emette le maggiori quantità di GHG, è in costante calo dai primi anni '50, quando il 90% della produzione di elettricità e calore veniva ricavata da questa fonte di energia. Il carbone è una fonte energetica che ha un forte appeal in quanto è ampiamente disponibile, ha un basso prezzo ed è facile da utilizzare, tutti fattori che diminuiscono la dipendenza di un paese dalle importazioni di energia dall'estero. La situazione è cambiata nel corso degli anni e nel 2015 solo il 25% dell'energia proveniva dal carbone (Figura 13) [2]. Analogamente, la quota di gas naturale, una risorsa utilizzata principalmente per la produzione di calore, ha subito un forte calo, con circa il 20% della quota utilizzata nel 2015 (Figura 13). L'uso dell'energia nucleare è cambiato molto poco negli ultimi decenni. Nel 2015 ha rappresentato il 22% della produzione di elettricità e calore, ma è una tecnologia che non rilascia carbonio nel processo. Il 47% dell'elettricità totale a basse emissioni di carbonio proviene dal nucleare, prodotto da 129 reattori nucleari attivi in tutta l'UE [2]. Tuttavia, a causa degli elevati costi di manutenzione

(legati principalmente alla gestione delle scorie nucleari) e dei rischi associati, molti Stati membri chiuderanno una parte significativa dei loro reattori entro il 2025. Ad esempio, la Germania sta pianificando di abbandonare completamente il nucleare entro il 2022 e la Francia ridurrà la sua dipendenza da questa fonte di energia. Al contrario, altri stati membri come Ungheria, Repubblica Ceca e Regno Unito costruiranno nuove centrali nucleari [2].

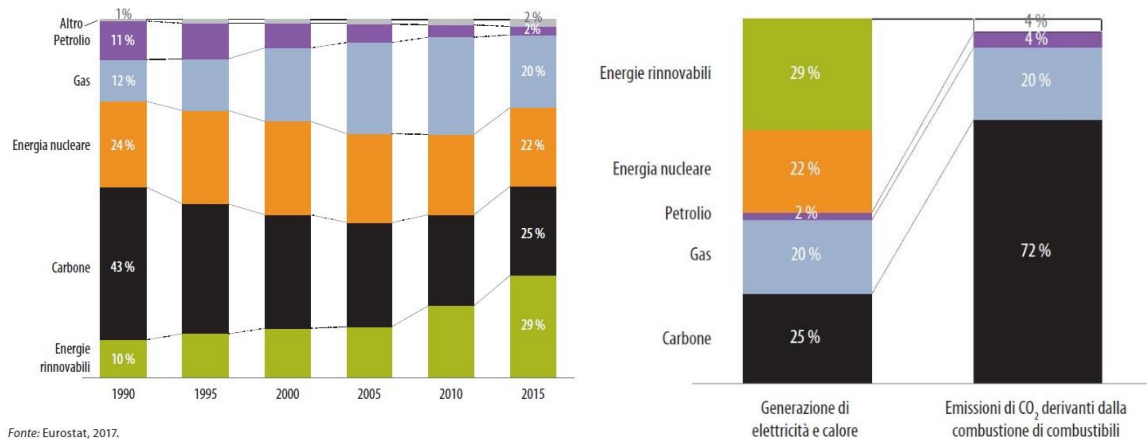


Figura 13. Emissioni GHG riferite al 2015 in base alla fonte per anno (sinistra) ed in base ai settori principali (destra) [2].

Negli ultimi anni è stata osservata una rapida crescita dell'utilizzo delle energie rinnovabili (Figura 14) [2]. Entro il 2020, ci si attende che il 20% del consumo di energia dovrebbe provenire da questa fonte (32,5% entro il 2030), sia per l'elettricità che per il calore e possibilmente anche per altri settori. Nel 2015, l'UE ha raggiunto il 16,7% della produzione totale di energia rinnovabile (Figura 14) [2], che è ancora lontana dai valori prefissati. Fortunatamente, gli investimenti a livello mondiale nelle energie rinnovabili hanno prodotto, a partire dal 2009, un forte calo del prezzo di queste tecnologie (con riduzioni superiori all'85% per il fotovoltaico e oltre il 65% per l'energia eolica) rendendole più convenienti e competitive rispetto alle fonti energetiche tradizionali (Figura 14) [2].

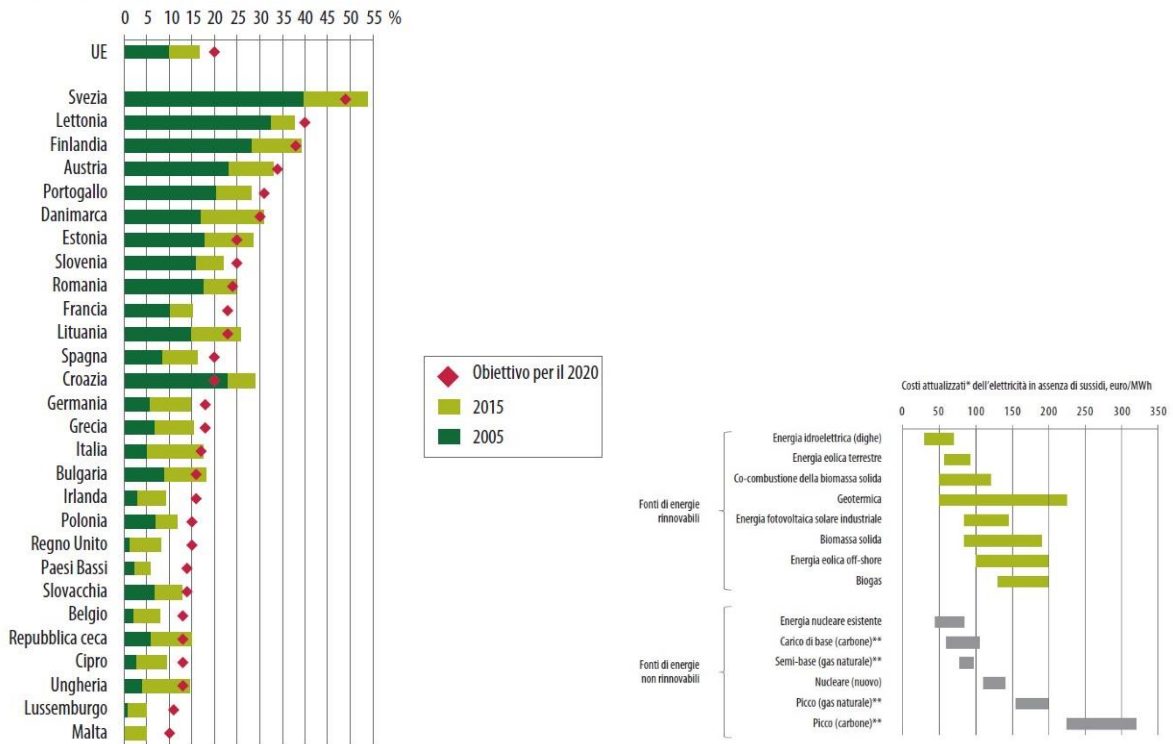


Figura 14. Percentuale di energia proveniente da fonti rinnovabili per Stato membro dell'UE (sinistra) e costo livellato dell'elettricità (senza sussidi) per fonte di energia (destra) [2].

Nel 2015 il GHG totale emesso dalle industrie ha rappresentato il 19% delle emissioni totali di GHG nell'UE [2]. Circa la metà di queste proviene dalla combustione di combustibili fossili, il resto dai processi industriali. La principale riduzione in questo settore è arrivata grazie all'ETS (2/3 del totale), mentre il resto è stato coperto dall'ESD. Questo settore ha avuto anche una grande influenza sui miglioramenti dell'efficienza energetica, poiché molte delle grandi aziende/installazioni sono tenute a eseguire periodicamente audit energetici interni [2].

La combustione di gas naturale per il riscaldamento e la cottura negli edifici ha rappresentato il 12% delle emissioni GHG dell'UE [2]. Inoltre, considerando che la maggior parte dell'approvvigionamento energetico (29% delle emissioni) è utilizzata dagli edifici, è interessante notare che circa il 75% degli edifici non soddisfa gli standard di efficienza energetica dell'UE. L'UE ha recentemente fissato norme rigorose per i nuovi edifici pubblici che dovranno rispettare uno "standard di energia quasi zero" a partire dal 2019. Oltre a ciò, l'UE ha introdotto requisiti di efficienza energetica ed un'etichettatura informativa obbligatoria sui prodotti domestici. Si stima che queste politiche garantiranno quasi il 10% dell'efficienza energetica entro il 2020 [2].

Il settore dei trasporti rappresenta il 26% delle emissioni totali di GHG dell'UE, di cui il 73% derivante dal trasporto su strada, principalmente automobili (Figura 15) [2]. Questo è l'unico settore in cui abbiamo visto un aumento delle emissioni negli ultimi decenni.

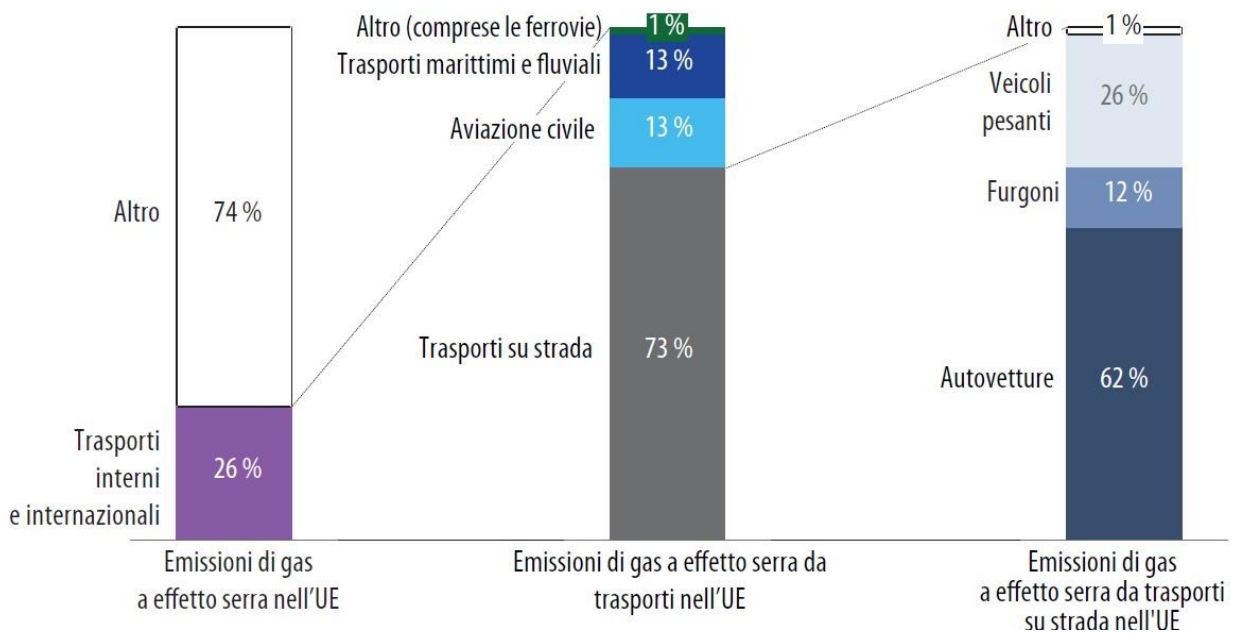


Figura 15. Emissioni GHG provenienti dal settore dei trasporti [2].

L'UE ha fissato standard di emissione per auto e furgoni. Entro il 2020, le emissioni delle auto nuove non dovranno superare i 95 g/km (-40% in meno rispetto al 2007), mentre i furgoni dovranno consumare meno di 147 g/km (-19% dal 2012) [2]. Queste limitazioni non comprendono i veicoli pesanti come autotreni e autobus, che rappresentano il 14% della flotta totale dell'UE ed emettono il 26% dei GHG considerando il trasporto su strada. In questo sottosectore, verrà eseguita solo un'attività di monitoraggio [2].

Il trasporto aereo ha prodotto il 3,4% delle emissioni di GHG, di cui il 3,1% deriva da voli tra lo Spazio Economico Europeo (*European Economic Area* - EEA) e aree al di fuori dell'EEA, mentre la parte restante è all'interno dell'EEA [2]. Per questa tipologia di trasporto si prevede un drastico incremento maggiore del 70% entro il 2020 rispetto ai livelli del 2005. Le emissioni dei voli all'interno del EEA sono coperte dall'ETS dal 2012 [2]. Al contrario, i voli internazionali sono coperti da un accordo raggiunto dall'Organizzazione per l'Aviazione Civile Internazionale (ICAO) nel 2016, il che implica che le grandi compagnie aeree devono acquisire crediti di carbonio internazionali per coprire alcune delle loro emissioni.

Il trasporto marittimo ha emesso il 3,3% di GHG nell'UE nel 2015, principalmente causato dalle spedizioni internazionali tra porti dell'UE e di paesi terzi [2]. Il trasporto marittimo internazionale copre il 2,1% delle emissioni globali di GHG, con un aumento previsto di 5 volte in questo sottosectore entro il 2050. Anche se si conosce l'esatto consumo di carburante delle navi, questo sottosectore non è attualmente regolato a livello internazionale, mentre nell'UE è recentemente iniziata un'attività di monitoraggio e comunicazione, che potrebbe essere il primo passo per ridurre

le emissioni. Il trasporto su acqua e su rotaia rilascia molti meno GHG per passeggero o per tonnellata di merci rispetto a qualsiasi altro mezzo di trasporto (Figura 16). L'UE sostiene e fornisce misure di finanziamento per l'uso di questo sistema di trasporto [2]. Tuttavia, il 76% delle merci è attualmente trasportato su gomma.

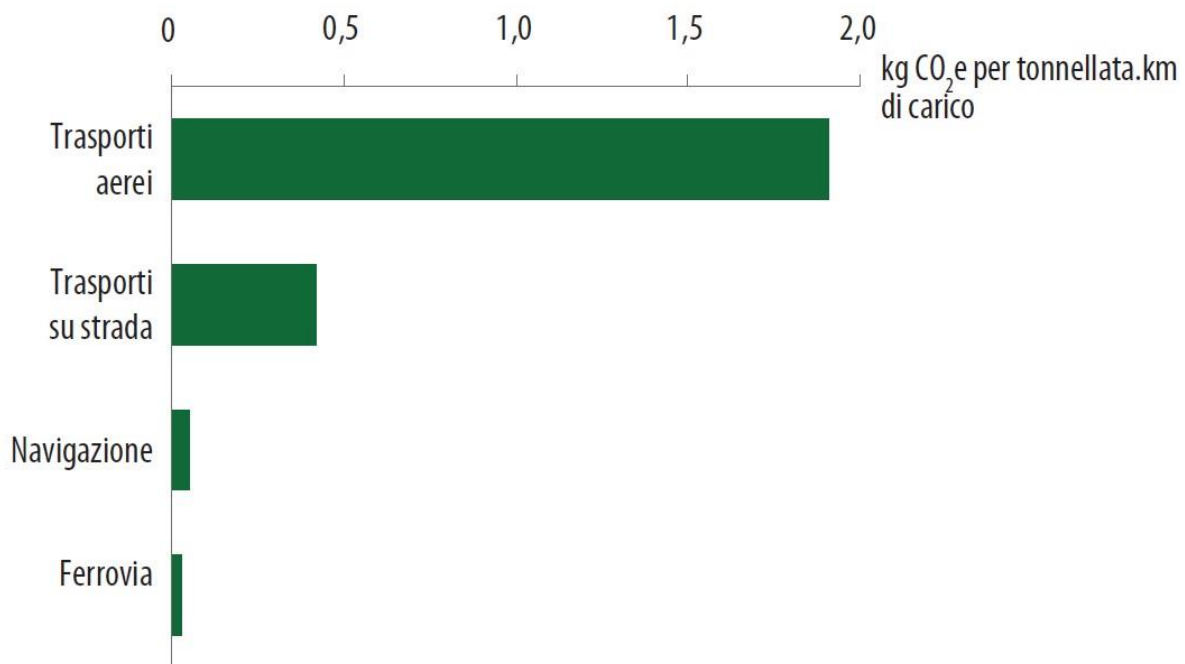


Figura 16. Emissioni GHG per tonnellata di merci in base al metodo di trasporto [2].

L'UE sostiene l'uso di combustibili rinnovabili, principalmente biocarburanti ed elettricità. Entro il 2020, il 10% dell'energia utilizzata nei trasporti deve provenire da fonti rinnovabili [2]. Sarà richiesto lo sviluppo di infrastrutture e politiche per la ricarica e il rifornimento di carburante in tutti gli Stati membri. Inoltre, sarà incoraggiato l'uso di carburanti a basse emissioni di carbonio, come l'idrogeno o il gas di petroli liquefatti. Attualmente, il 70% delle energie rinnovabili utilizzate nei trasporti è costituito da biocarburanti, principalmente prodotti agricoli o forestali o rifiuti industriali [2]. I biocarburanti sono considerati ecologici perché il carbonio emesso durante il processo di combustione era stato precedentemente assorbito dall'atmosfera durante la coltivazione della biomassa. Ciò è vero fintanto che le emissioni cumulative del ciclo di vita del biocarburante (coltivazione, trasporto, trasformazione, stoccaggio o cambiamento nell'uso del suolo) non superano la quantità di carbonio catturata dall'atmosfera. A condizione che queste condizioni siano soddisfatte, i biocarburanti sono un eccellente sostituto dei carburanti tradizionali. In effetti, enormi investimenti hanno generato entrate elevate a partire dagli anni 2000, ma sono poi diminuiti un decennio più tardi, poiché un ampio dibattito ha spinto l'UE a

stabilire criteri di sostenibilità, stabilendo le condizioni che i biocarburanti devono soddisfare per entrare nel 10% della quota di trasporto rinnovabile [2].

L'agricoltura ha rappresentato l'11% do GHG nel 2015 (Figura 17), con un calo del 20% dal 1990 [2]. Questo miglioramento è stato imputato a migliori pratiche di gestione delle aziende agricole. I principali GHG provenienti da questo settore sono metano (CH_4) e anidride carbonica (CO_2), gas che vengono rilasciati dal sistema digestivo del bestiame o dalla gestione dei suoli.

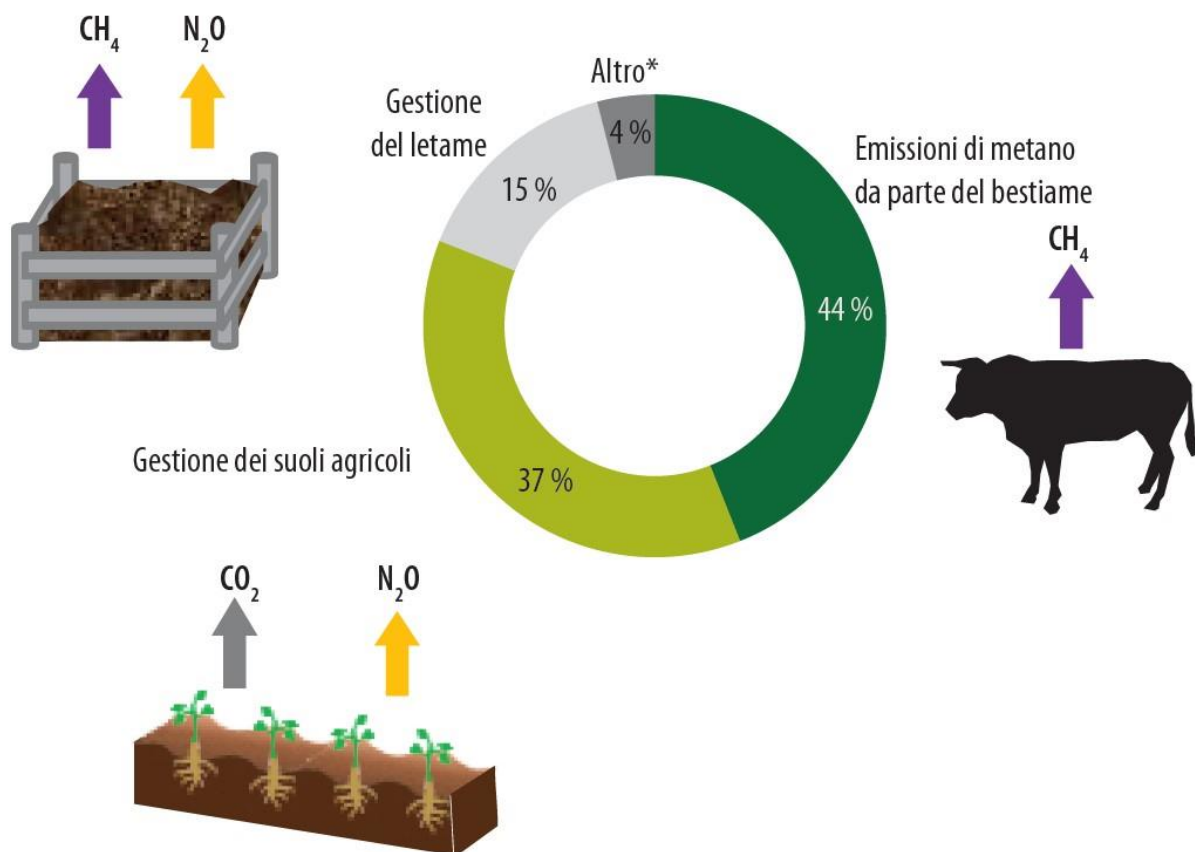


Figura 17. Emissioni GHG derivanti dal settore agricolo [2].

Un uso più efficiente di fertilizzanti o diverse tecniche di allevamento del bestiame potrebbero portare ad un'importante riduzione nelle emissioni di GHG in questo settore ma, poiché queste soluzioni sono costose, si stima che il contributo alla riduzione di GHG sarà solo moderato. Tuttavia, il suolo e la vegetazione potrebbero avere un enorme potenziale di stoccaggio del carbonio. Nel 2015, si stima che il 7% delle emissioni di GHG dell'UE sia stato assorbito nel suolo (soprattutto grazie alla crescita di foreste e prati), ed è stato suggerito di aggiungere le riduzioni delle emissioni derivanti da questo processo nell'ESR entro il 2030 [2].

I rifiuti e la loro gestione hanno rappresentato il 3% delle emissioni totali di GHG dell'UE nel 2015. Si tratta di una riduzione del 42% rispetto ai livelli del 1990 [2]. I cambiamenti nella gestione dei

rifiuti, introdotti principalmente dalla legislazione, hanno ridotto sia le emissioni dirette delle discariche che quelle indirette, attraverso la riduzione della quantità di rifiuti e dell'aumento di materiali riciclati (che altrimenti verrebbero estratti o trasformati) da settori come l'approvvigionamento energetico, l'agricoltura, l'industria manifatturiera e i trasporti.

3.3 I cambiamenti climatici in Europa

Questo capitolo esamina i cambiamenti climatici osservati e previsti in Europa, nonché gli impatti che potrebbero verificarsi in diversi settori secondo l'IPCC AR5 [4]. Questo rapporto divide l'Europa in cinque distinte zone climatiche: Atlantica, Alpina, Meridionale, Settentrionale e Continentale (Figura 18). La maggior parte del seguente materiale di ricerca proviene da Stati membri, a seguito di finanziamenti mirati e direttive della Commissione Europea. Pertanto, nella maggior parte dell'Europa, vi è stata una risposta significativa ai cambiamenti climatici non solo in termini di ricerca, ma anche di adattamento, con lo sviluppo di numerose politiche a livello internazionale, nazionale e locale, che possono essere trovate nella Piattaforma Europea di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (Climate-ADAPT).

Parlando prima delle tendenze non climatiche, i paesi europei, sebbene molto diversi sia dal punto di vista demografico che economico, negli ultimi decenni hanno visto una costante crescita sociale e di ricchezza. La salute e il benessere sono migliorati, i tassi di mortalità sono diminuiti e le popolazioni sono aumentate. L'Europa è uno dei maggiori fornitori di alimenti e fibre, in quanto l'agricoltura è uno dei settori principali e occupa gran parte della superficie terrestre del continente (fino al 35% della superficie terrestre in alcuni paesi occidentali) [4]. Un'intensificazione nell'uso del suolo si è verificata dopo il 1945, quando la produttività agricola aumentò in modo significativo, portando anche effetti negativi su diverse proprietà terriere come una riduzione nel sequestro di carbonio, una compromissione nel ciclo dei nutrienti, la degradazione dei suoli, la diminuzione della qualità dell'acqua, l'inquinamento e l'eutrofizzazione. In alcuni stati dell'Europa meridionale oltre l'80% della risorsa idrica è infatti destinata alle pratiche agricole. Il degrado dei suoli è un problema primario, specialmente nei paesi del Mediterraneo e dell'Europa centro-orientale, che in combinazione con incendi e aridità sta incrementando il tasso di desertificazione in molte regioni. Anche lo sviluppo urbano è in aumento, soprattutto nei paesi dell'Europa orientale, ed avrà probabilmente un impatto notevole sulla qualità ambientale [4].

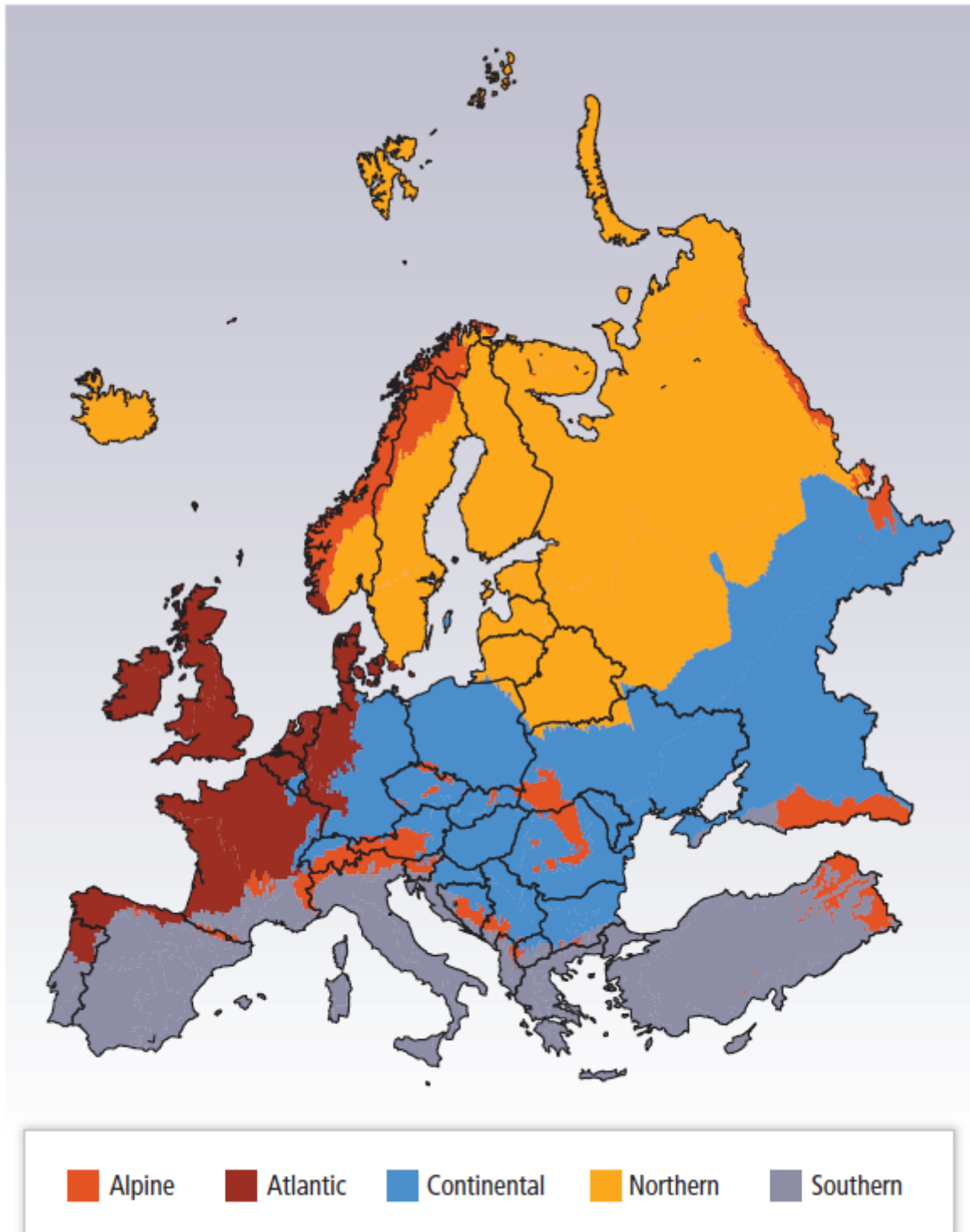


Figura 18. Classificazione dell'Europa in base alle zone climatiche [4].

Per quanto riguarda le tendenze climatiche, la temperatura media della superficie terrestre è aumentata in Europa e ha raggiunto $+1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ rispetto ai valori 1850-1899 [4]. Dal 1950, è stato osservato un incremento in frequenza degli eventi estremi legati alle alte temperature (es. giorni caldi, notti tropicali e ondate di calore), mentre vi è stata una riduzione di quelli legati alle basse

temperature (es. periodi freddi e giorni di gelo). Le precipitazioni annuali sono aumentate nell'Europa settentrionale e sono diminuite nell'Europa meridionale, mentre la velocità media del vento è diminuita. Il livello medio del mare è aumentato [4].

Nel rapporto di valutazione AR5, l'IPCC mostra le proiezioni future per la temperatura e le precipitazioni in Europa basate sia su diversi scenari di emissione (RCP) che su scale temporali [5]. Si prevede che anche nello scenario più ottimistico, l'RCP2.6, il clima in Europa sarà molto diverso da quello di oggi. Gli scienziati sono generalmente concordi nell'affermare che il riscaldamento avverrà mediamente in tutta Europa, anche se vi saranno picchi nelle regioni meridionali in estate e in quelle settentrionali in inverno [4]. Le precipitazioni diminuiranno ulteriormente nell'Europa meridionale e aumenteranno nell'Europa settentrionale, soprattutto in inverno, mentre non vi sono opinioni concordi rispetto alla regione continentale. Le regioni alpine vedranno meno accumuli nevosi ma maggiori precipitazioni [4]. Ci sarà anche un marcato aumento delle ondate di calore (Figura 19) e degli eventi con precipitazioni intense (Figura 20), che saranno sempre più probabili soprattutto nelle regioni settentrionali e continentali così come un aumento nella velocità dei venti. I livelli del mare seguiranno le tendenze globali, che prevedono un aumento di 0,8 m entro la fine del secolo nello scenario peggiore, accompagnato da inondazioni e forti mareggiate lungo la maggior parte delle coste europee [4]. I cambiamenti climatici influenzeranno il flusso dei fiumi e i rispettivi bacini fluviali, anche se è difficile prevederne la magnitudo così come sarà difficile avere proiezioni accurate per le alluvioni. Allo stesso modo, per quanto riguarda l'incremento dell'aridità non vi sono previsioni certe, sebbene sia comunemente accettato che le regioni meridionali e centrali ne risentiranno maggiormente [4].

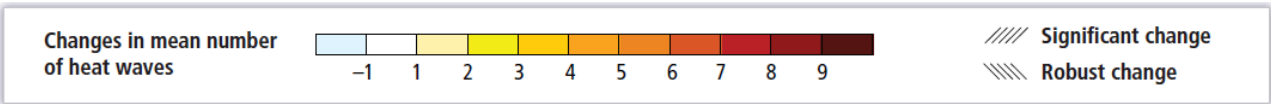
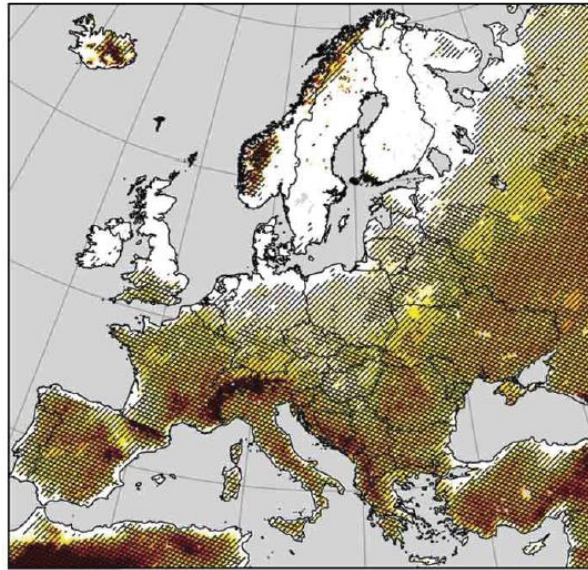


Figura 19. Variazioni nel numero medio di ondate di calore in estate in Europa nel periodo 2081-2100 rispetto al periodo 1971-2000 in base allo scenario RCP8.5 [4].

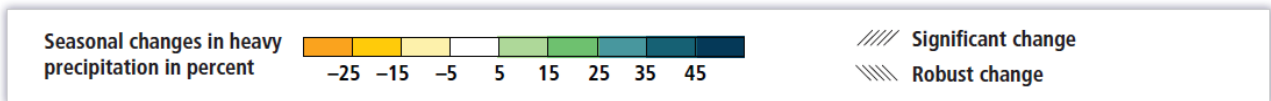
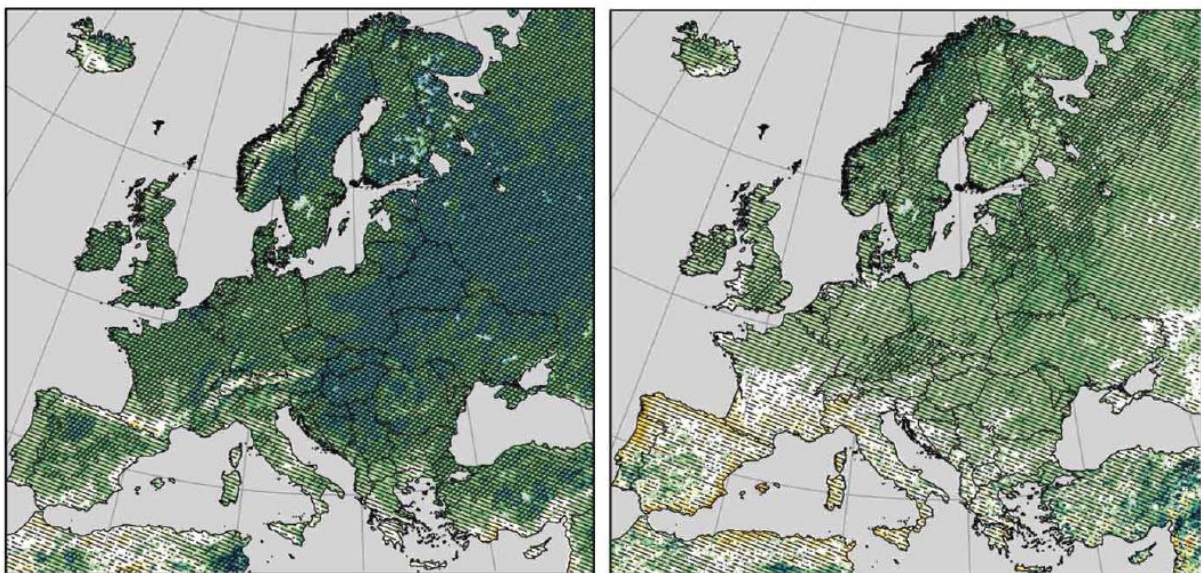


Figura 20. Variazione nella percentuale di piogge intense in Europa in inverno (sinistra) ed estate (destra) nel periodo 2081-2100 rispetto al periodo 1971-2000 in base allo scenario RCP8.5 [4].

3.4 Il quadro di politiche climatiche dell'UE

Nel 2005, l'UE ha suggerito l'introduzione di misure di adattamento al cambiamento climatico e nel 2009 ha implementato il "White Paper", da cui deriva la **Strategia di Adattamento dell'UE** [6], documento rilasciato nel 2013.

La strategia consiste in 8 obiettivi:

1. Incoraggiare gli stati membri ad adottare strategie di adattamento
2. Fornire programmi LIFE di finanziamento per sostenere azioni di miglioramento e di adattamento
3. Introdurre l'adattamento nel Patto dei Sindaci
4. Colmare il divario di conoscenza
5. Sviluppare una piattaforma per condividere le pratiche di adattamento (Climate-ADAPT)
6. Abilitare il cosiddetto "climate proofing" delle politiche agricole, di coesione e di pesca
7. Supportare infrastrutture più resilienti
8. Promuovere assicurazioni e finanziamenti per investimenti in misure di adattamento

Secondo la relazione del 2018 rilasciata dalla Commissione al Parlamento Europeo e dal Consiglio sull'Attuazione della Strategia dell'UE sull'Adattamento ai Cambiamenti Climatici [7], sebbene non tutti gli obiettivi siano stati interamente raggiunti, sono stati compiuti progressi sostanziali. A partire dal 2018, 25 Stati membri hanno adottato strategie nazionali di adattamento. Il programma LIFE ha finanziato 60 progetti relativi all'adattamento (184 milioni di euro in totale), la Commissione ha introdotto l'adattamento nel Patto dei sindaci, e ha sensibilizzato, mobilitato e sostenuto le città nell'adottare strategie di adattamento locali. Le conoscenze sull'adattamento sono sostanzialmente cresciute e la piattaforma di condivisione dell'adattamento Climate-ADAPT è diventata più informativa. Inoltre, sono stati compiuti notevoli progressi nello sviluppo di politiche e programmi di adattamento adeguati. Attingendo da fondi strutturali e di investimento, l'UE ha stanziato complessivamente 453 miliardi di euro per il periodo 2014-2020. La strategia è sostanzialmente coerente con le politiche nazionali, regionali e locali dei Paesi membri dell'UE. Inoltre, le strategie macroregionali dell'UE e il Patto dei Sindaci hanno contribuito ad affrontare alcune questioni climatiche transfrontaliere tra Paesi con aree climatiche simili o che condividono gli stessi rischi climatici e possono quindi adottare misure di adattamento simili. Per quanto riguarda le politiche internazionali, l'UE deve riferire dei progressi e delle azioni all'UNFCC e, se necessario, ridefinire le sue politiche e i suoi obiettivi.

Sempre secondo questo report [7], alcuni miglioramenti potrebbero essere apportati da un migliore scambio di informazioni tra la comunità scientifica e i responsabili delle decisioni, da una migliore integrazione delle diverse azioni di adattamento mediante scambi di nozioni nell'ambito della ricerca e della metodologia, dall'integrazione della dimensione internazionale nell'adattamento, dalle azioni di monitoraggio a tutti i livelli di governance e aumentando il numero di strategie di adattamento locale. La strategia dovrebbe inoltre interessare maggiormente le aree quali la riduzione del rischio di catastrofi, le politiche marittime e della pesca, lo sviluppo di strumenti per investitori e assicuratori, la guida di investimenti privati e l'adozione di misure di adattamento basate maggiormente sullo stato di salute degli ecosistemi. Nonostante ciò, la strategia di adattamento dell'UE ha avuto molto successo e ha aggiunto valore agli sforzi di adattamento nazionali, regionali e locali, rimanendo efficace in termini di costi. La strategia è stata un punto di riferimento e uno strumento politico che ha portato con successo all'attenzione dei portatori d'interesse e dei decisori la necessità di prepararsi ai rischi climatici.

Si ritiene [7] che i cambiamenti climatici in Europa abbiano già avuto un impatto sugli ecosistemi, sui settori economici, sulla salute umana e sul benessere. Le stime delle perdite economiche totali dovute ai cambiamenti climatici dal 1980 ad oggi ammontano a 436 miliardi di euro, distribuite in modo diseguale tra gli Stati membri, come mostrato nella Figura 21, e potrebbero aumentare di 10 volte entro la fine del secolo nell'ambito dello scenario *business as usual* (Figura 22).

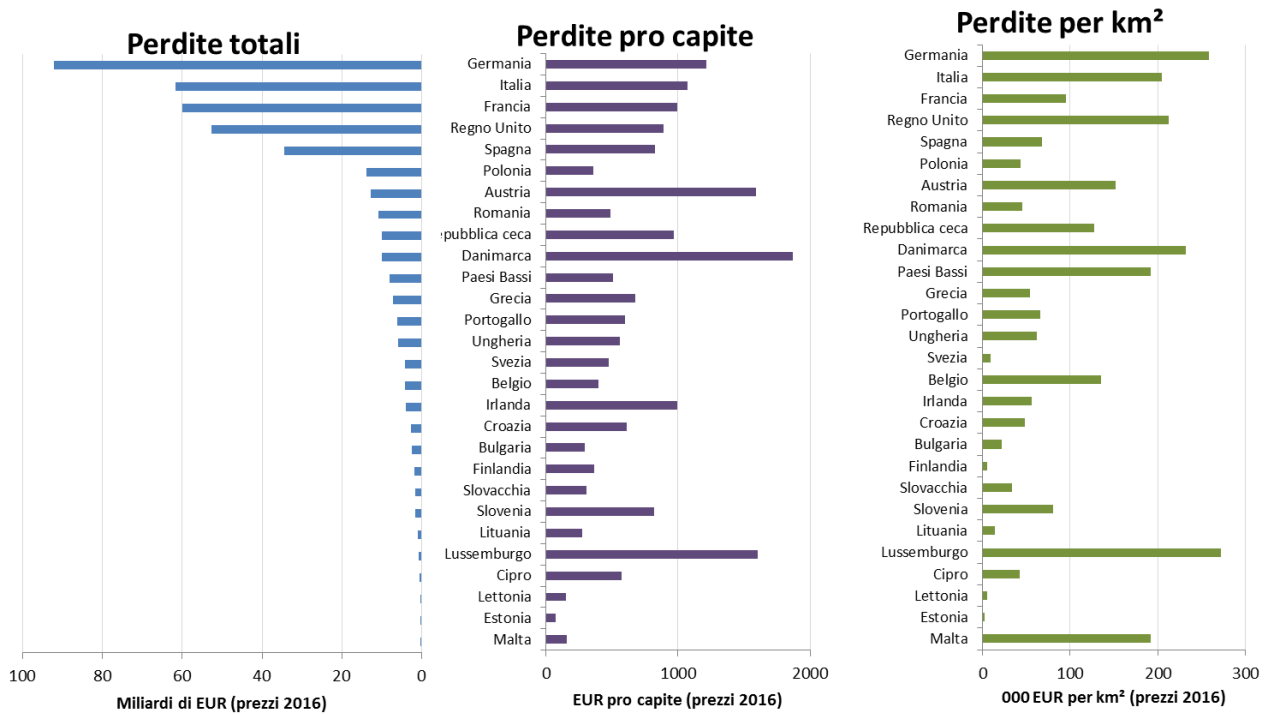


Figura 21. Perdite economiche in miliardi di euro degli Stati membri dell'UE [7].

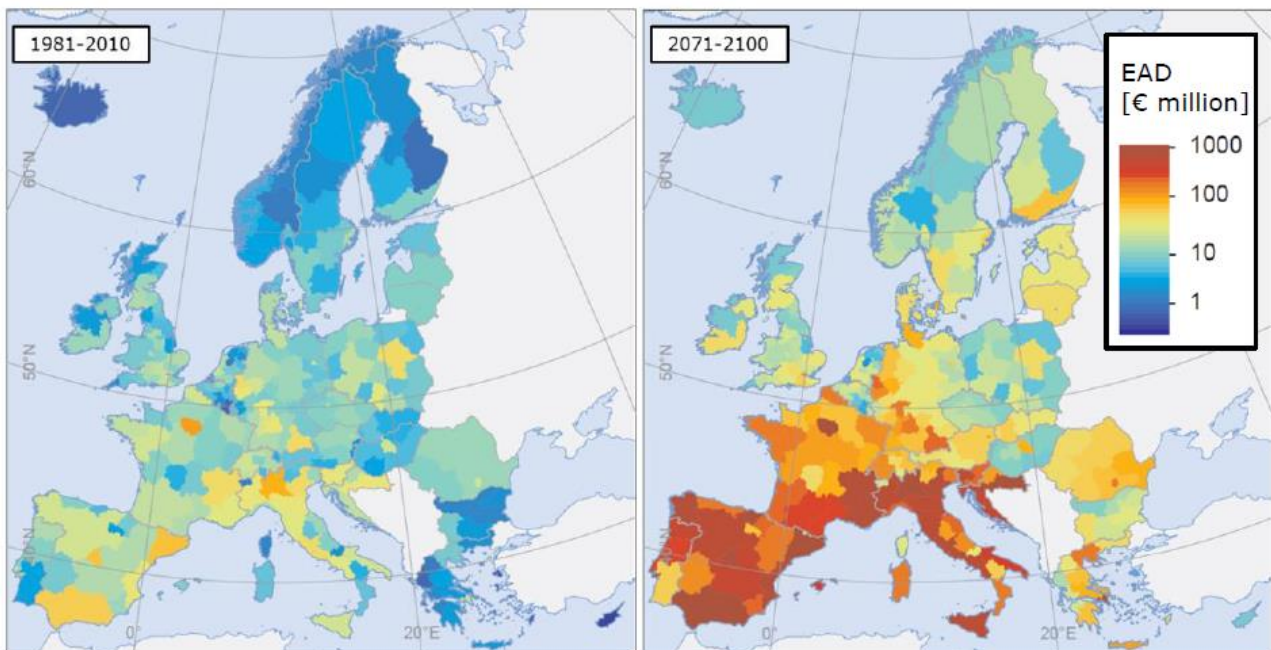


Figura 22. Perdite economiche previste in milioni di euro fornite dalle regioni presenti nell'UE [7].

I grafici e le mappe qui riportati mostrano come gli impatti climatici non saranno distribuiti equamente tra gli Stati membri, ma le regioni meridionali subiranno un impatto maggiore rispetto alle altre. Inoltre, si stanno accumulando prove sulla vulnerabilità

dell'Europa rispetto alla situazione delle regioni al di fuori dei suoi confini, attraverso il commercio, i flussi finanziari internazionali, la migrazione e la sicurezza. Così come i cambiamenti climatici incidono negativamente sul PIL di numerosi partner commerciali dell'UE, lo stesso succederà anche alle attività economiche dell'UE che dipendono da questi paesi. La Figura 23 mostra quali sono le regioni e i Paesi da cui l'UE è economicamente più dipendente e quali potrebbero essere le perdite economiche future per l'UE se questi Paesi fossero più o meno gravemente colpiti dai cambiamenti climatici.

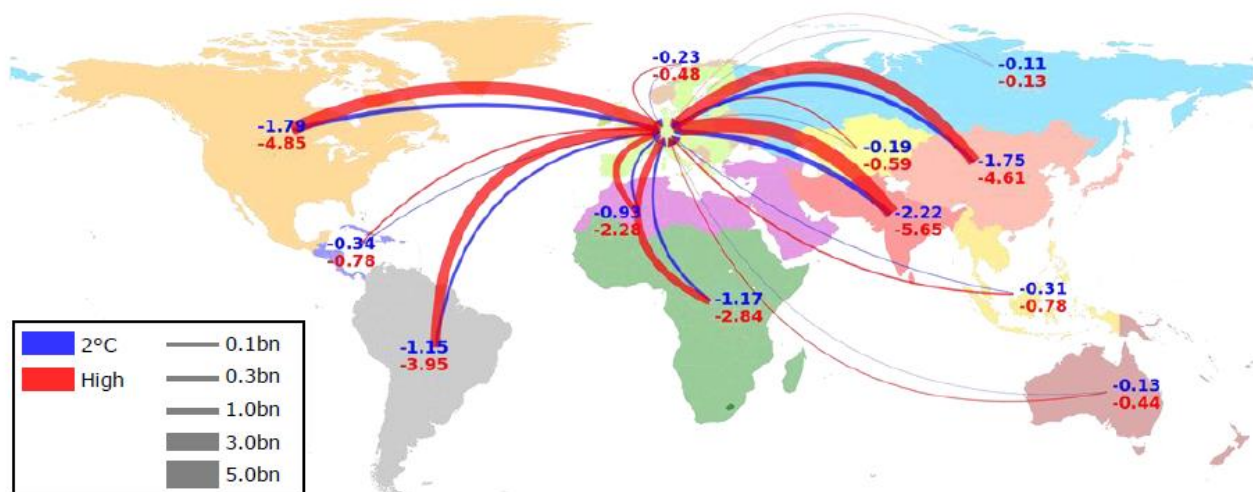


Figura 23. Le relazioni economiche dell'UE con i partner commerciali di tutto il mondo e le potenziali perdite economiche dovute ai cambiamenti climatici [7].

3.5 Il Patto dei Sindaci

Il **Patto dei Sindaci per il clima e l'energia** è un'iniziativa lanciata nel 2008 dalla Commissione Europea che mira a sostenere le autorità locali nell'attuazione di politiche sostenibili in materia di clima ed energia [8]. Riconoscendo l'importanza di un approccio "dal basso verso l'alto" nella lotta ai cambiamenti climatici, con questo movimento la Commissione Europea pone le basi per consentire ai governi locali di perseguire le proprie politiche e azioni di mitigazione e adattamento. Il Patto dei Sindaci rappresenta un impegno volontario dei comuni firmatari a soddisfare la mitigazione dei cambiamenti climatici prevista dall'UE (-40% delle emissioni di CO₂ entro il 2030) e gli obiettivi di adattamento [8]. Quando è stato lanciato per la prima volta, il Patto dei Sindaci ha sostenuto lo sviluppo di politiche energetiche sostenibili da parte delle autorità locali mirate alla riduzione delle emissioni di CO₂ del 20% nell'UE entro il 2020 [8]. Successivamente, sostenuta dalla strategia di adattamento dell'UE e prendendo esempio del Patto dei Sindaci, la Commissione Europea ha introdotto l'iniziativa *Mayors Adapt* nel 2014, un'iniziativa che mirava a sostenere le autorità locali nella definizione di azioni di adattamento per combattere i cambiamenti climatici [8].

Infine, nell'ottobre 2015, il Patto dei sindaci e il *Mayors Adapt* si sono uniti in quello che oggi è conosciuto come il Patto dei Sindaci per il clima e l'energia, un movimento che mira a rendere le città decarbonizzate e resilienti, con un accesso costante a fonti di energia sostenibili, economiche e sicure [8]. Tenendo conto della grande diversità delle questioni che le diverse autorità locali devono affrontare per raggiungere gli obiettivi di mitigazione e adattamento, il Patto dei Sindaci (supportato dal Joint Research Centre, JCR) ha sviluppato una piattaforma unica per la raccolta e la comunicazione dei dati, chiamata **Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile (PAES)** o **Sustainable Energy Action Plan (SEAP)** evoluto poi nel **Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima (PAESC)** o **Sustainable Energy and Climate Action Plan (SECAP)** [9]. Questo consiste in un modello che le parti firmatarie possono scaricare dal sito web del Patto dei Sindaci e utilizzare per raccogliere, analizzare e gestire i dati in modo strutturato e sistematico. Quando un'autorità locale firma il Patto dei Sindaci, si impegna a compilare il modello SECAP entro due anni e a riferire i progressi compiuti ogni due anni [9]. Il SECAP comprende una strategia a lungo termine, un inventario delle emissioni, azioni di mitigazione, un quadro di valutazione dell'adattamento, una valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità e le azioni di adattamento (Tabella 2) [9]. Prima della presentazione del SECAP, il documento deve essere prima approvato dal Consiglio Comunale e deve essere effettuato il controllo della qualità dal JRC, per conto della Commissione Europea [9]. A partire dalla data di presentazione, ogni due anni, il Comune si impegna a monitorare e riferire i progressi compiuti compilando il modello di monitoraggio (Tabella 3) [9].

Dal 2008, 9.847 comuni in 59 Paesi hanno firmato il Patto dei sindaci, che comprende oltre 315 milioni di abitanti. 6.418 comuni hanno presentato i loro piani d'azione insieme agli obiettivi da raggiungere nel 2020, cui sono seguiti 2.296 rapporti di monitoraggio. 1.032 comuni sono passati agli obiettivi del 2030. La maggior parte dei firmatari sono piccole città con meno di 10.000 abitanti, seguite da città di medie dimensioni con meno di 250.000 abitanti e solo una percentuale molto piccola è costituita da grandi città. Alcuni paesi come l'Italia e la Spagna hanno più di 1.000 città firmatarie. Nel 2017, il Patto dei Sindaci ha portato a una riduzione del 23% delle emissioni di GHG, del 14% del consumo totale di energia, un numero 4 volte maggiore di fonti di energia rinnovabile e la produzione locale di energia rinnovabile 3 volte maggiore [10].

Tabella 2. Panoramica delle azioni PAESC [9].

	PAESC	Monitoraggio
Strategia	Dedicata alla visione, all'obiettivo generale di riduzione delle emissioni di CO ₂ , agli obiettivi per l'adattamento, all'assegnazione di risorse umane finanziarie e al coinvolgimento degli stakeholder e dei cittadini.	Dedicata a ogni eventuale cambiamento intercorso nella strategia generale come pure all'aggiornamento dei dati sull'assegnazione di risorse umane e finanziarie e all'identificazione degli ostacoli nel processo d'implementazione delle azioni.
Inventari delle Emissioni	Dedicata alla quantità di consumo energetico finale e alle relative emissioni di CO ₂ rilevati per vettore energetico e settore nel corso dell'anno di riferimento.	Dedicata alla quantità di consumo energetico finale e alle relative emissioni di CO ₂ rilevati per vettore energetico e settore nel corso dell'anno di monitoraggio - l'obiettivo principale è quello di monitorare l'evoluzione delle emissioni di CO ₂ nel tempo.
Azioni di mitigazione	Dedicata all'elenco delle principali azioni di mitigazione intese a dare attuazione alla strategia generale, comprendente anche la tempistica, l'attribuzione delle responsabilità e l'assegnazione del budget e una stima degli effetti.	Dedicata al monitoraggio dello stato di attuazione delle azioni principali di mitigazione. Almeno tre delle azioni in corso devono essere presentate come Esempi di eccellenza.
Quadro di valutazione	Dedicata alla comprensione dei settori dove il ciclo di adattamento predisposto dai firmatari ha fatto progressi.	Dedicata a monitorare il progresso rispetto alle sei fasi del ciclo di adattamento e alla presentazione di un quadro generale sugli sforzi compiuti dai firmatari per l'azione di adattamento.
Rischio e vulnerabilità	Dedicata alla vulnerabilità climatica, minacce, impatti e valutazioni a ciò relativi.	Dedicata alla registrazione delle informazioni raccolte a oggi sulla vulnerabilità climatica, minacce, oltre agli impatti, suddivisi per settore.
Azioni per l'adattamento	Dedicata al Piano(i) d'Azione e alle singole azioni (chiave), incluso vari parametri rilevanti (cioè settore, arco temporale, stakeholder e costi).	Dedicata al rilevamento del Piano(i) d'Azione e alle singole azioni adottate nell'arco del tempo per raggiungere gli obiettivi di aumento della resistenza agli impatti climatici identificati.

Tabella 3. Cronoprogramma del PAESC [9].

	Fase di registrazione	PAESC	Resoconto di monitoraggio sulle azioni	Resoconto complete di monitoraggio
	Anno 0	Entro 2 anni	Entro 4 anni	Entro 6 anni
Strategia	x	✓	✓	✓
Inventari delle emissioni	x	✓ (IBE)	x	✓ (IME)
Azioni per la mitigazione	x	✓	✓ (min. 3 esempi)	✓
Quadro di valutazione per l'adattamento	✓	✓	✓	✓
Rischio e vulnerabilità	x	✓	✓	✓
Azioni per l'adattamento	x	x	✓ (min. 3 esempi)	✓

Legenda: ✓ Obbligatorio | x Opzionale

4 Italia e area di programma: energia e clima

4.1 Consumo energetico, emissioni di gas serra, obiettivi, politica e misure

Secondo il Piano Nazionale Integrato Italiano per l'Energia e il Clima (2019) [11] redatto dal Ministero dell'Ambiente, della Terra e del Mare (MATTM), il consumo totale di energia in Italia nel 2016 è stato di 116 Mtep (Figura 24). L'efficienza energetica è aumentata in modo significativo negli ultimi 10 anni e anche il contributo delle diverse fonti energetiche è cambiato. In termini di consumo di energia per settore, i principali consumi energetici provenivano dal settore residenziale (41%), seguito da quello dei trasporti (34%) e dall'industria (22%) (Figura 25) [11].

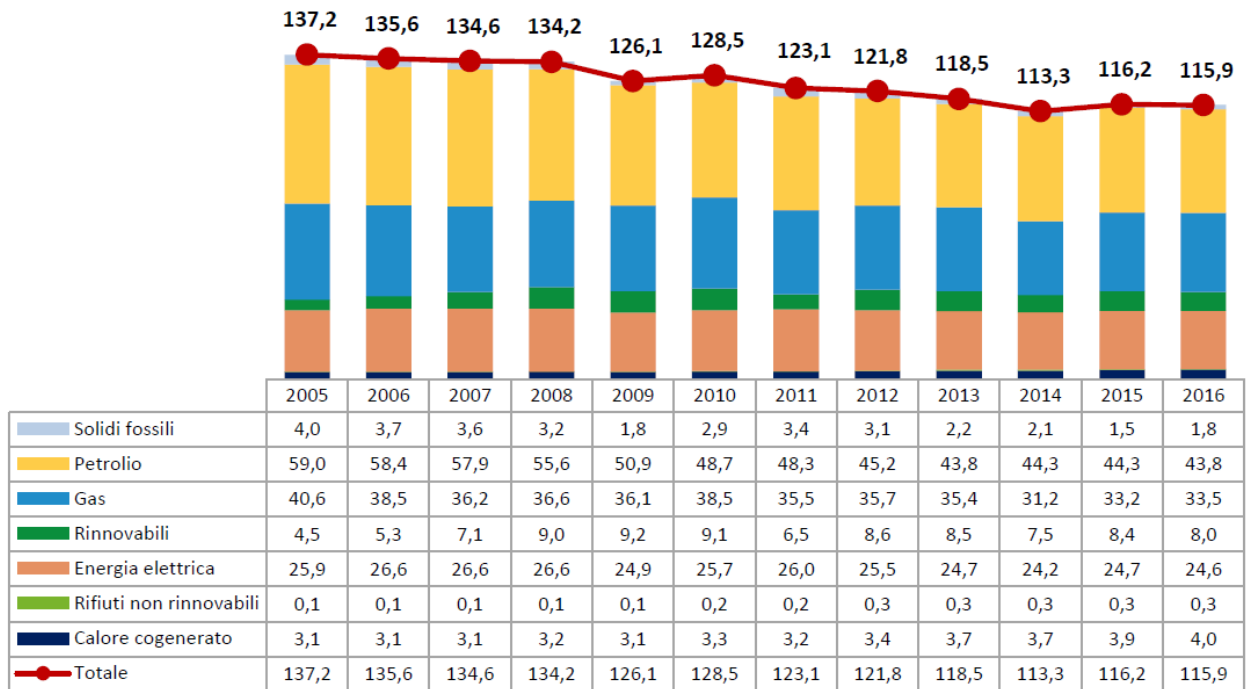


Figura 24. Consumo energetico in Mtep in Italia dal 2005 [11].

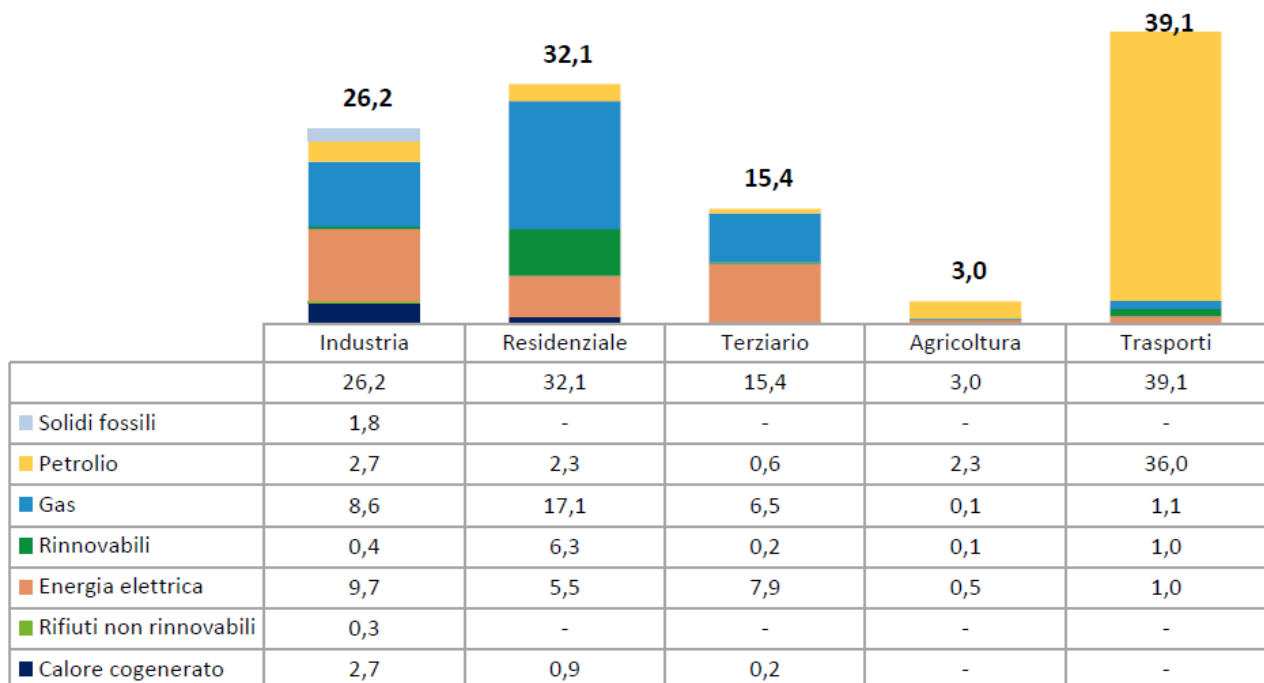


Figura 25. Consumo energetico per settore in Mtep in Italia nel 2016 [11].

Per quanto riguarda le emissioni di GHG, il Terzo Rapporto Biennale Italiano indirizzato all'UNFCCC (2017) [12] redatto dall'Istituto per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), descrive l'entità e la composizione delle emissioni di GHG nel periodo dal 1990 al 2015. Secondo questo studio, l'Italia ha ridotto del 16% le proprie emissioni totali di GHG durante il periodo studiato [12]. La quota di emissioni nei diversi settori è rimasta invariata durante il periodo di riferimento. Il settore relativo alla produzione e la fornitura di energia è stato quello che ha contribuito maggiormente, circa l'82% nel 2015, seguito da quello relativo ai processi industriali e dall'agricoltura, ognuno dei quali rappresenta circa il 7% delle emissioni totali e altre fonti di emissione per la percentuale rimanente. Il CO₂ è in gran parte il GHG più emesso e ha mostrato una notevole riduzione di circa il 18% durante il periodo analizzato (Figura 26) [12].

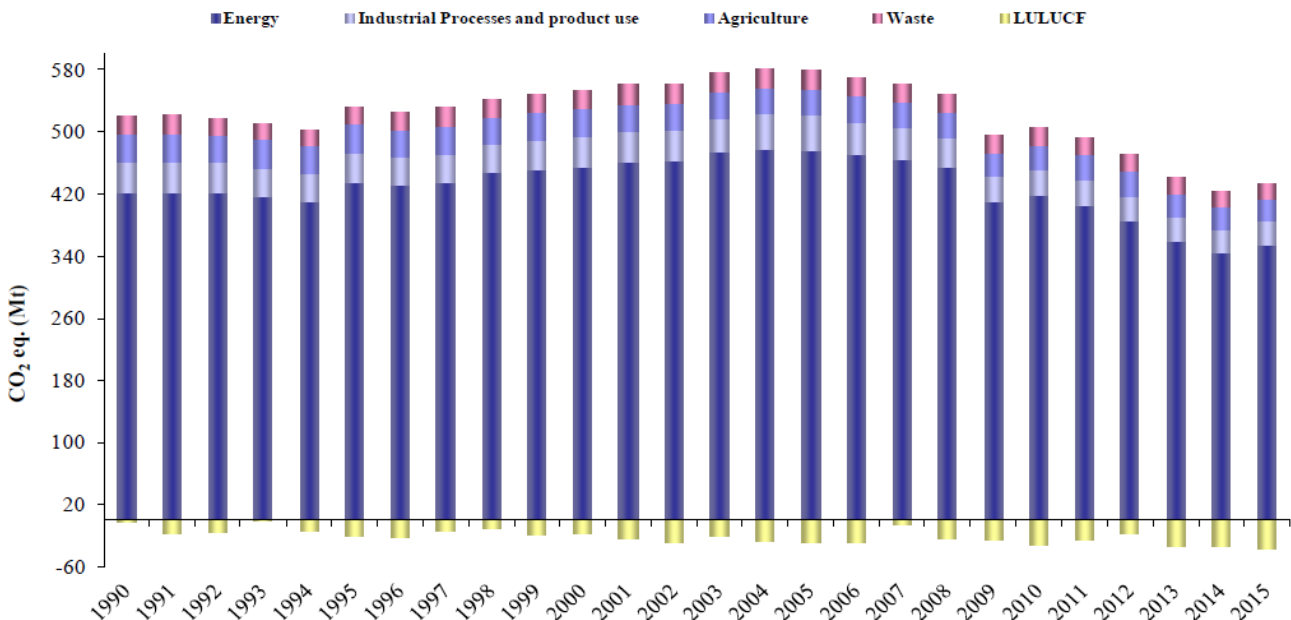


Figura 26. Andamento delle emissioni totali di GHG in Italia [12].

Per quanto riguarda l'andamento riportato nella Figura 26, va precisato che la recessione economica del 2008 ha avuto un'influenza notevole sui tassi di emissione totali, in particolare nei settori dell'energia e dei processi industriali. Inoltre, un aumento nell'uso delle energie rinnovabili e i progressi nel campo dell'efficienza energetica hanno comportato una riduzione significativa dei tassi di emissione. Per quanto riguarda il settore dei trasporti, le emissioni di GHG sono aumentate del 3% nel periodo dal 1990 al 2015, a causa di un aumento dei movimenti di merci e passeggeri. Dopo un picco nel 2007, le emissioni provenienti dal settore dei trasporti sono diminuite (-18% dal 2007 al 2015), principalmente a causa dalla crisi economica che ha contribuito alla riduzione dei movimenti e dalla crescente presenza nel mercato dei veicoli a basso consumo energetico. Le

emissioni delle industrie energetiche sono diminuite del 24% nel 2015 rispetto al 1990, nonostante un aumento della produzione di energia termoelettrica e del consumo di energia elettrica [12].

Per stimare l'andamento futuro delle emissioni di GHG, questo documento considera due scenari futuri principali. Il primo, vale a dire lo scenario With Measures (da ora in poi WM), tiene conto dell'evoluzione del sistema energetico nazionale e considera solo le politiche entrate in vigore il 31 dicembre 2014 e gli standard minimi per la misura dell'efficienza energetica adottati nel giugno 2015. Per questo scenario, l'anno base per le proiezioni è il 2015. Il secondo, lo scenario With Additional Measures (d'ora in poi WAM), considera anche gli obiettivi e le misure inclusi nel documento sulla Strategia Energetica Nazionale, pubblicato nel 2017 [12]. Da questi due scenari, sono stati sviluppati cinque casi applicando diversi modelli di crescita della popolazione. I risultati delle emissioni totali di GHG sono riportati nella Figura 27, che rappresenta i consumi fino al 2015 sottomessi all'UNFCCC nel 2017. Dal 2015 in poi, le emissioni di GHG tendono a diminuire per tutti i casi ad eccezione del WM-BR1, che mostra un leggero aumento rispetto ai valori del 2015. Si stima che questa riduzione generale delle emissioni sia dovuta a una maggiore efficienza della produzione di energia elettrica, a un ridotto consumo di carburante nel settore dei trasporti dovuto ai prezzi elevati e a una notevole riduzione del consumo di energia nel settore industriale grazie a cambiamenti strutturali nei processi di produzione [12].

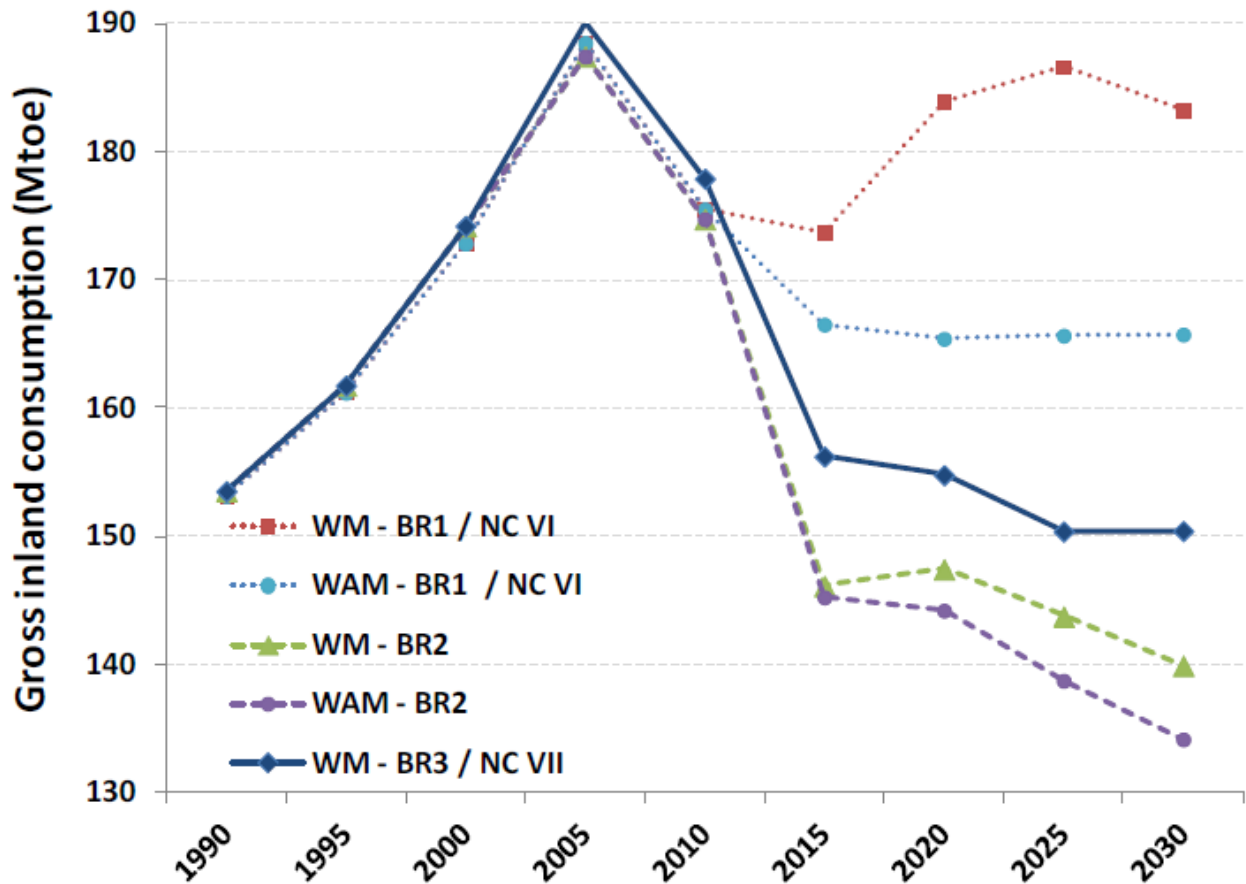


Figura 27. Emissioni di GHG misurate e previste in Italia [12].

Poiché il settore energetico è il settore più influenzato e influente nel contesto dei cambiamenti climatici, è stata posta grande attenzione agli obiettivi, alle politiche e alle misure da adottare per migliorare le prestazioni energetiche e ridurre gli impatti sul clima. A tale scopo, nel 2017 è stata redatta la Strategia Energetica Nazionale [13], un documento che descrive quali tipi di obiettivi e azioni saranno perseguiti per raggiungere gli obiettivi sopra menzionati. Come riportato nel documento [13], i principali obiettivi da perseguire sono:

- **de-carbonizzazione:** l'obiettivo è di ottenere un'accelerazione nel processo di chiusura delle centrali a carbone entro il 2025;
- **sfruttamento delle risorse rinnovabili:** l'obiettivo è aumentare la quota delle risorse rinnovabili utilizzate dal 17,5% (nel 2015) al 28% (nel 2030); in particolare per l'energia elettrica da fonti rinnovabili dal 33,5% al 55%, per l'energia termica da fonti rinnovabili dal 19,2% al 30% e per il trasporto da fonti rinnovabili dal 6,4% al 21%;
- **efficienza energetica:** l'obiettivo è ottenere una riduzione del consumo finale di energia di circa 10 Mtep/anno nel 2030 rispetto all'andamento attuale;

- **sicurezza energetica:** l'obiettivo è quello di gestire la variabilità e i picchi delle richieste di gas naturale considerando la situazione politica dei Paesi da cui l'Italia importa il gas naturale e di estendere la quantità e la qualità delle fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica includendo nuovi partner e realizzando mercati e infrastrutture più intelligenti, flessibili e resilienti.

La Strategia Energetica Nazionale ha stabilito un punto di partenza che ha portato alla creazione di un ulteriore documento nel 2019: il Piano Nazionale Integrato Italiano per l'Energia e il Clima. Se il documento del 2017 si è concentrato maggiormente sull'analisi della situazione attuale e sulla definizione degli obiettivi, quello del 2019 si concentra principalmente sulla determinazione delle politiche e delle misure da attuare al fine di raggiungere tali obiettivi.

I primi due obiettivi sono strettamente collegati, perché il modo principale per ridurre il consumo di carbone è quello di sfruttare le risorse rinnovabili; tre settori sono essenziali in questo scenario: la produzione di energia elettrica, il riscaldamento e il raffreddamento degli edifici e i trasporti [11]. Per quanto riguarda l'energia elettrica, la politica italiana mira ad aumentarne la produzione dallo sfruttamento di gas naturale creando nuove centrali elettriche che producano circa 3 GW di energia elettrica e creando nuovi sistemi di accumulo per ulteriori 3 GW nell'Italia centro-meridionale e in Sicilia [11]. Inoltre, concentrandosi sulla particolare situazione della Sardegna, è prevista una nuova connessione elettrica con la Sicilia e la penisola, unita a una nuova generazione di gas naturale o in alternativa a una nuova capacità di accumulo di energia elettrica per circa 400 MWh [11].

Infine, è stato pianificato un sostanziale miglioramento nell'uso delle centrali eoliche e solari attraverso la creazione di nuovi generatori e il rinnovamento e il ripotenziamento di quelli esistenti utilizzando tecnologie più recenti e più performanti sfruttando luoghi che si sono già dimostrati adatti a questo tipo di generazione di energia [11]. Per quanto riguarda il riscaldamento e il raffreddamento degli edifici, che da soli rappresentano circa il 50% del consumo totale di energia, esistono già misure applicate come la detrazione fiscale per gli interventi di efficienza energetica, la stimolazione dell'uso di cogeneratori ad alta efficienza e l'obbligo di integrazione delle risorse rinnovabili negli edifici ristrutturazione [11]. Per quanto riguarda il settore dei trasporti, la politica italiana si concentra fortemente sull'introduzione di biocarburanti entro il 2022, come il bio-metano e quelli a base di olii usati e grassi animali. Ciò porterà anche alla graduale sostituzione dei veicoli più vecchi con veicoli più recenti ed efficienti, ottenendo così anche una riduzione del 6% delle emissioni di GHG dovute ai trasporti entro il 2020 [11].

Al fine di ottenere la riduzione prevista di 10 Mtep/anno entro il 2030 (rispetto all'andamento attuale), l'Italia ha già creato una serie di politiche e misure che saranno rafforzate negli anni a venire [11]. Queste politiche includono l'uso dei Certificati Bianchi e del Conto Termico, le

sopracitate detrazioni fiscali per il rinnovo energetico degli edifici esistenti e per il recupero del patrimonio di edifici esistenti e il Fondo Nazionale per l'Efficienza Energetica [11].

Il sistema dei Certificati Bianchi è un regime di risparmio di energia primaria imposto ai distributori di energia elettrica e di gas naturale con oltre 50.000 clienti. Questi certificati sono titoli negoziabili che attestano il raggiungimento del risparmio energetico nell'uso finale di energia attraverso interventi e progetti di miglioramento dell'efficienza energetica e che premiano economicamente i distributori se gli obiettivi vengono raggiunti [11]. Il sistema del Conto Termico è principalmente focalizzato sugli interventi condotti nel settore residenziale dalla pubblica amministrazione o da investitori privati. Questo incentivo si concentra quasi totalmente sulla sostituzione di impianti più vecchi e meno efficienti con impianti nuovi e più performanti [11]. Le detrazioni fiscali per gli interventi di ristrutturazione energetica sono state introdotte in Italia nel 2007 e sono ancora attive; consistono nella riduzione delle tasse Irpef e Ires per ogni soggetto, privato o aziendale, che abbia l'obiettivo di migliorare l'efficienza energetica degli edifici del settore residenziale e dei servizi [11]. Infine, il Fondo Nazionale per l'Efficienza Energetica ha come obiettivo quello di sostenere i miglioramenti dell'efficienza energetica perseguiti da imprese e pubblica amministrazione su edifici, impianti e processi produttivi, attraverso la promozione di un lavoro di squadra tra istituzioni finanziarie e investitori privati basato su un'adeguata condivisione del rischio [11]. Gli interventi sostenibili sono quelli che puntano a ridurre il consumo di energia dei processi industriali, la creazione di sistemi di teleriscaldamento e tele-raffrescamento e il miglioramento dei servizi e delle strutture pubbliche. È stato stimato che il Fondo può generare investimenti per il miglioramento energetico per un importo pari a 800 milioni di euro, con un investimento di soli 150 milioni di euro, con un conseguente effetto leva pari a 5,5 [11].

Un altro importante obiettivo consiste nel promuovere il focus sul mantenimento degli standard di sicurezza energetica nei settori del gas, del petrolio e dell'elettricità [11]. Per quanto riguarda il gas, sono previsti principalmente tre interventi. Il primo è la revisione del già esistente Piano Italiano di Prevenzione di Azione Preventiva del Gas Naturale e il Piano di Emergenza del Gas Naturale in seguito alle ordinanze riportate nel Regolamento sulla Sicurezza del 2017. Il secondo è l'adeguamento dei sistemi di trasporto e stoccaggio del gas e il terzo è la diversificazione delle fonti di approvvigionamento che utilizzano GNL (gas naturale liquefatto). Sebbene lo scopo finale di tutte le misure da adottare sia di annullare il consumo di combustibili fossili, la produzione di energia basata su questi combustibili deve essere mantenuta efficiente e sicura fino al completamento della transizione alle risorse rinnovabili. In questo contesto, le raffinerie secondarie devono essere convertite in bio-raffinerie per soddisfare la crescente domanda di biocarburanti, deve essere inoltre creata una nuova catena di produzione per garantire le materie

prime utilizzate dalle bio-raffinerie e i vecchi siti industriali saranno riconvertiti in nuove strutture produttive per mantenere l'attuale livello occupazionale [11]. Infine, per quanto riguarda il settore dell'energia elettrica, sono previsti numerosi interventi per garantire la sicurezza del sistema. Innanzitutto, è prevista una revisione del Piano Nazionale per la Sicurezza del Sistema Elettrico per garantire la migliore gestione possibile del sistema in caso di emergenza. Un'altra misura importante è migliorare la resilienza del sistema al fine di adattarsi al numero crescente di eventi meteorologici estremi nel prossimo futuro [11]. Infine, il continuo miglioramento tecnologico costituisce un aspetto fondamentale per la sicurezza del sistema elettrico poiché sarà sempre più importante adattare il sistema ai cambiamenti climatici previsti, alle diverse risorse da sfruttare e ai problemi di gestione che verranno [11].

4.2 Clima, cambiamenti climatici osservati, scenari, rischi, impatti e misure di adattamento

Il clima in Italia è peculiare a causa della sua morfologia e posizione geografica. A nord prevale un clima umido, mentre a sud è prevalentemente arido. È fortemente influenzato dalla presenza del Mar Mediterraneo che circonda la penisola che ha un'enorme capacità termica. Oltre ai flussi atmosferici provenienti dal Mediterraneo, l'Italia è investita dalle correnti atmosferiche provenienti da ovest, in particolare dall'Oceano Atlantico, che sono mitigate dal Mar Mediterraneo. Inoltre, le masse d'aria fredda provenienti da nord sono bloccate dalle Alpi e dagli Appennini.

Per quanto riguarda le temperature e le precipitazioni, la Figura 28 riassume i valori medi annuali in Italia. Le temperature medie sono simili lungo l'intero litorale ad eccezione delle isole della Sardegna e della Sicilia, e generalmente delle coste meridionali, dove i valori sono significativamente più alti. Lungo la catena appenninica, la temperatura è più bassa, con valori simili a quelli trovati nell'entroterra a nord. Le regioni alpine invece hanno temperature molto più basse. Per quanto riguarda le precipitazioni, le regioni alpine e appenniniche e le regioni sud-occidentali sono molto più piovose rispetto ai restanti litorali e alle regioni centro-settentrionali. Le isole e le regioni sud-orientali sono invece molto aride.

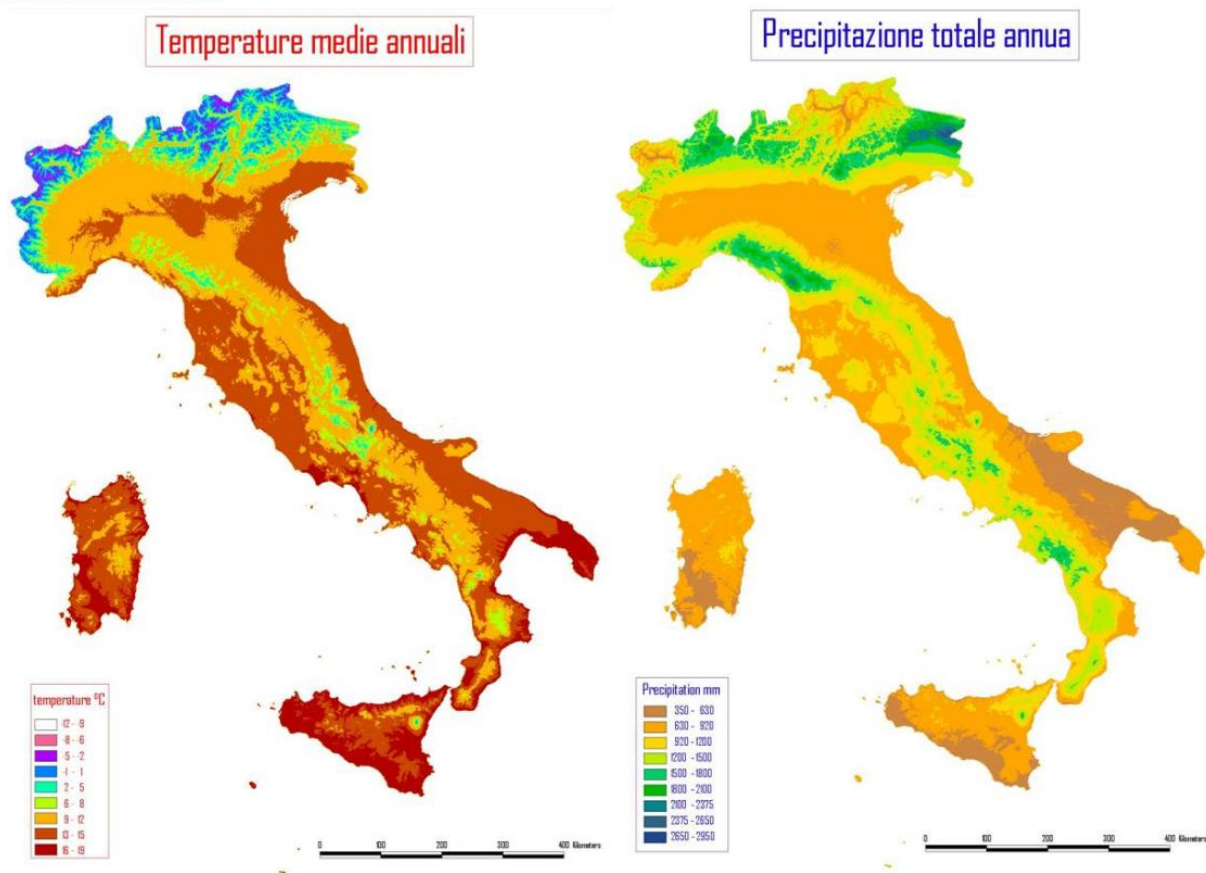


Figura 28. Temperature medie annuali (a sinistra) e precipitazioni (a destra) in Italia [14].

Studi recenti hanno descritto cambiamenti significativi nel clima italiano negli ultimi cento anni. I documenti più importanti in questo ambito per il territorio italiano sono la Strategia Nazionale per l'Adattamento ai Cambiamenti Climatici (2015) [15] e il Piano Nazionale per l'Adattamento ai Cambiamenti Climatici (2017) [16]. I cambiamenti osservati influenzano tutti gli aspetti legati al clima, sebbene con intensità diverse. La variazione più importante registrata riguarda la temperatura. Infatti, il valore medio della temperatura è in costante aumento in Italia; inoltre, questo andamento è sempre più evidente ed è stato dimostrato che sta accelerando negli ultimi trenta anni. Le precipitazioni e gli eventi nevosi si stanno leggermente riducendo, con un rapporto dell'1% per decade e vi è una diminuzione del numero di eventi moderati, controbilanciati da un numero crescente di eventi estremi. Ciò ha modificato la distribuzione e la disponibilità delle fonti d'acqua e una generale perdita di accumuli e permanenza della neve e permafrost.

Numerosi studi sono stati condotti per valutare gli impatti futuri dei cambiamenti climatici sull'ambiente in Italia. La Strategia Nazionale per l'Adattamento ai Cambiamenti Climatici [15] ha identificato i seguenti principali cambiamenti nel clima nei prossimi cento anni:

- Eccezionale aumento della temperatura (soprattutto nella stagione estiva);
- Riduzione generale delle precipitazioni e delle precipitazioni nevose;

- Numero crescente di eventi meteorologici eccezionali.

La Strategia Nazionale per l'Adattamento ai Cambiamenti Climatici è stata sviluppata al fine di creare un Piano Nazionale per l'Adattamento ai Cambiamenti Climatici. Questi due documenti hanno valutato gli effetti dei cambiamenti climatici in diversi ambienti naturali e antropici e le loro interazioni reciproche. Le anomalie climatiche riportate in questi documenti si basano sulla differenza tra due intervalli di tempo, ciascuno della durata di 30 anni. Sono stati considerati nell'analisi un periodo futuro, 2021 - 2050 e un periodo di riferimento, 1961 - 1990, [15], [16].

Il modello utilizzato per prevedere i futuri cambiamenti climatici è il modello COSMO-CLM [15] modificato attraverso il modello CMCC-CM [15] e che considera due possibili scenari futuri: RCP4.5 e RCP8.5. I due scenari selezionati sono i più comunemente utilizzati nelle simulazioni perché rappresentano rispettivamente scenari a media e alta emissione, corrispondenti a un incremento della temperatura globale media rispettivamente di 2°C e 4°C. Per eseguire l'analisi, il Piano Nazionale ha innanzitutto valutato i seguenti parametri climatici durante il periodo di riferimento per tutto il territorio italiano (Tabella 4) [16].

Tabella 4. Parametri climatici considerati nella definizione delle macroregioni [16].

Parametro	Simbolo	Descrizione	Unità di misura
Temperature medie annuali	T_{mean}	Media annuale delle temperature medie annuali	(°C)
Giorni con piogge intense	R20	Media annuale del numero di giorni con precipitazioni maggiori di 20mm	(Giorni/anno)
Giorni di gelo	FD	Media annuale del numero di giorni con temperature inferiori a 0°C	(Giorni/anno)
Giorni d'estate	SU95p	Media annuale del numero di giorni con temperature massime oltre i 29.2°C (uguale al 95esimo percentile della distribuzione delle temperature massime osservate attraverso E-OBS)	(Giorni/anno)
Precipitazioni invernali cumulate	WP	Precipitazioni cumulate nei mesi invernali (Dicembre, Gennaio, Febbraio)	(mm)
Precipitazioni estive cumulate	SP	Precipitazioni cumulate nei mesi estivi (Giugno, Luglio, Agosto)	(mm)

Dopo aver definito e rilevato i parametri da includere nell'analisi, il documento considera il territorio italiano diviso in macroregioni climatiche, definite come parti del territorio con condizioni climatiche simili rilevate durante il periodo di riferimento. Grazie a questo approccio, sono state create sei macroregioni (Figura 29) [16], caratterizzate dai valori medi e relative deviazioni standard dei parametri climatici riportati nella Tabella 5 [16].

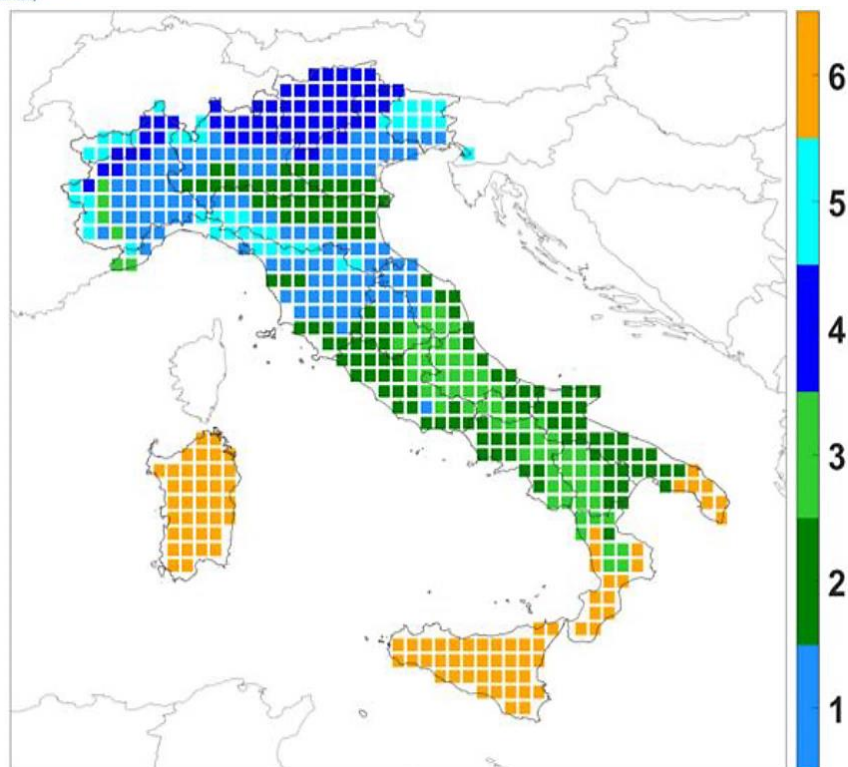


Figura 29 . Le macro-regioni climatiche in Italia [16].

Tabella 5. Valori medi e deviazioni standard dei parametric climatiche in ogni macro-regione [16].

Macro-regioni	T_{mean} (°C)	R20 (giorni/anno)	FD (giorni/anno)	SU95p (giorni/anno)	WP (mm)	SP (mm)
1 Prealpi e Appennino settentrionale	13 (+0.6)	10 (+2)	51 (+13)	34 (+12)	187 (+61)	168 (+47)
2 Pianura Padana, zone costiere dell'Italia centro-meridionale	14.6 (+0.7)	4 (+1)	25 (+9)	50 (+13)	148 (+55)	85 (+30)
3 Appennino centro-meridionale	12.2 (+0.5)	4 (+1)	35 (+12)	15 (+8)	182 (+55)	76 (+28)
4 Alpi	5.7 (+0.6)	10 (+3)	152 (+9)	1 (+1)	143 (+47)	286 (+56)
5 Centro-nord Italia	8.3 (+0.6)	21 (+12)	112 (+12)	8 (+5)	321 (+89)	279 (+56)
6 Isole and Sud Italy	16 (+0.6)	3 (+1)	2 (+2)	35 (+11)	179 (+61)	21 (+13)

Dopo aver definito le macroregioni e calcolato i relativi parametri climatici, lo studio ha misurato le future anomalie climatiche calcolando la differenza tra i valori di riferimento e quelli simulati per il periodo 2021-2050. Al fine di identificare zone con anomalie climatiche omogenee, queste differenze sono state raggruppate in categorie omogenee definite come "cluster di anomalie" (dati non mostrati), identificate per entrambi gli scenari RCP4.5 e RCP8.5. Dopo aver individuato le macroregioni e i cluster di anomalie, il documento definisce alcune aree climatiche omogenee,

definite come parti delle macroregioni che in futuro dovranno affrontare problemi climatici simili, identificati dall'intersezione tra macroregioni e cluster (Figura 30 e Figura 31).

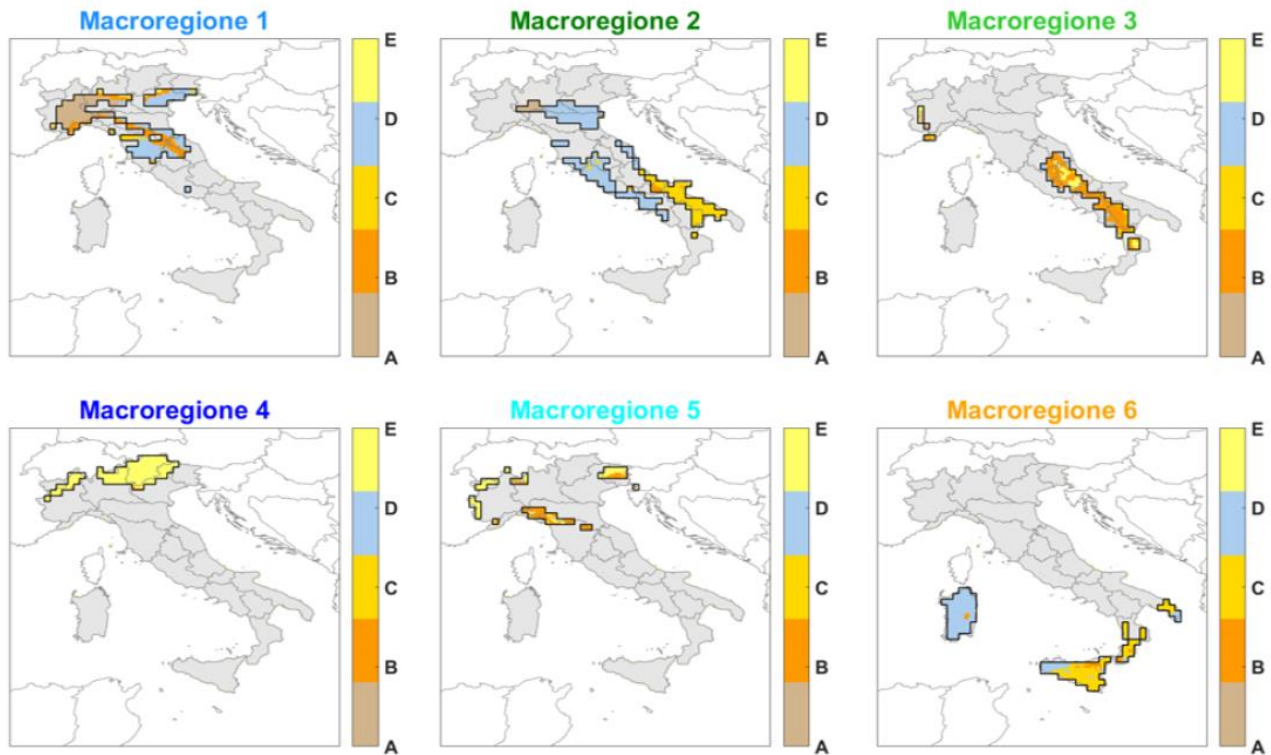


Figura 30. Aree climatiche omogenee, scenario RCP4.5 [16].

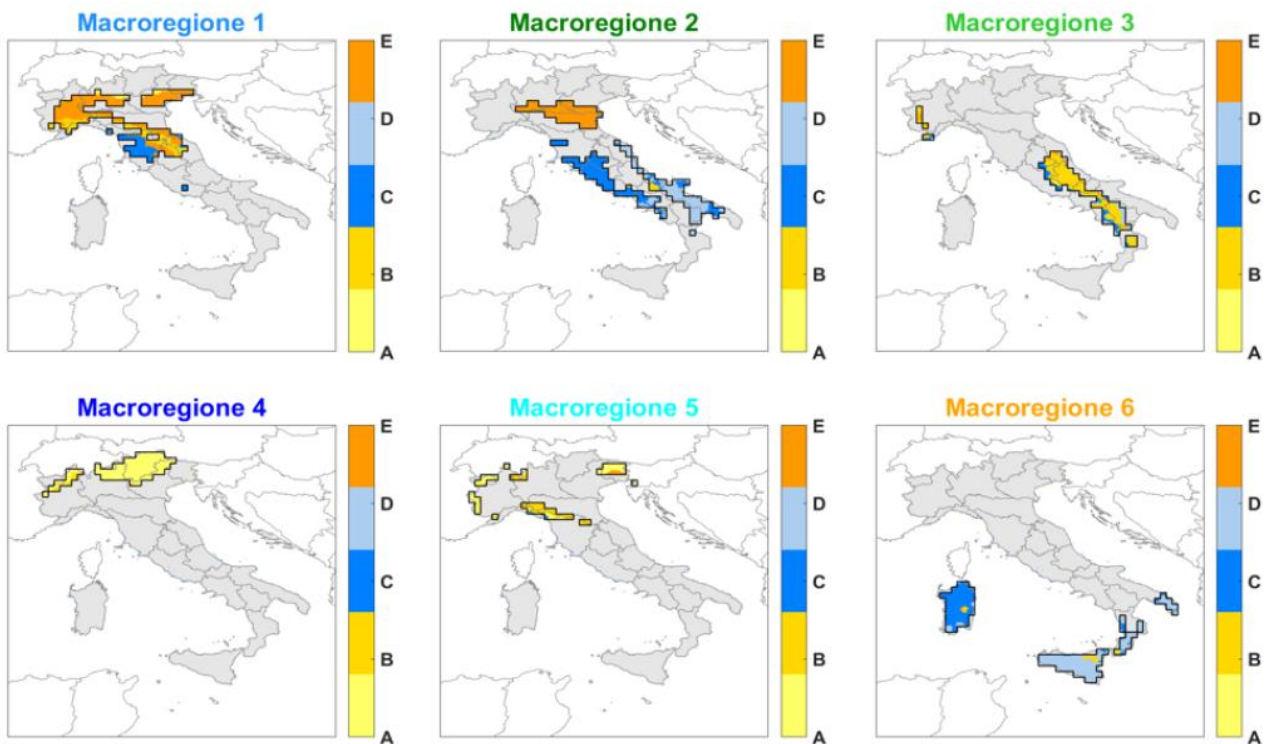


Figura 31. Aree climatiche omogenee, scenario RCP8.5 [16].

Attraverso la definizione delle aree climatiche omogenee (H.C.A.) all'interno di ciascuna macroregione è possibile identificare i principali cambiamenti climatici che si verificheranno in futuro in ciascuna di queste regioni. Dall'analisi degli scenari RCP4.5 e RCP8.5, sono state rilevate le seguenti caratteristiche per ciascuna macroregione (d'ora in poi M.R.):

- M.R.1 (RCP4.5: 1A, 1B, 1D H.C.A; RCP8.5: 1B, 1C, 1E H.C.A): per tutta la regione, lo scenario RCP4.5 prevede una riduzione rilevante delle precipitazioni estive e dei giorni di gelo; lo scenario RCP8.5 mostra una rilevante diminuzione delle precipitazioni estive e un aumento di quelle invernali, ad eccezione della Toscana, dove si prevede che le precipitazioni aumenteranno in tutte le stagioni. Inoltre, si nota una riduzione dei giorni di gelo, più rilevante dello scenario RCP4.5;
- M.R. 2 (RCP4.5: 2A, 2C, 2D HCA, RCP8.5: 2C, 2D, 2E HCA): lo scenario RCP4.5 prevede che il versante tirrenico e la maggior parte della Pianura Padana saranno principalmente colpite da un aumento delle piogge invernali e da una riduzione di quelle estive. Invece, la parte occidentale della Pianura Padana e il versante adriatico subiranno una riduzione generale delle piogge invernali ed estive. Infine, è previsto un aumento delle giornate estive; per quanto riguarda lo scenario RCP8.5, la Pianura Padana dovrà affrontare una riduzione delle precipitazioni estive e un aumento significativo delle precipitazioni invernali; le restanti aree della M.R.2 sono caratterizzate da un aumento complessivo dei fenomeni di precipitazione normali ed estremi. In generale, vi è un aumento significativo nelle giornate estive, come nello scenario RCP4.5.
- M.R. 3 (RCP4.5: 3B, 3E HCA; RCP8.5: 3B, 3C, 3D HCA): lo scenario RCP4.5 prevede che l'Appennino meridionale e centrale sarà caratterizzato da una notevole riduzione delle piogge estive, nonché da una riduzione delle piogge invernali nelle parti interne della regione e da una riduzione complessiva delle giornate di gelo in tutta la regione; lo scenario RCP8.5 mostra che l'Appennino meridionale e centrale vedrà una generale riduzione delle precipitazioni estive, mentre per le aree periferiche si verificherà un aumento delle precipitazioni estive e dei fenomeni di precipitazione estrema (maggiore rispetto allo scenario RCP4.5);
- M.R.4 (RCP4.5: 4E; RCP8.5: 4A): lo scenario RCP4.5 prevede un comportamento omogeneo in tutta la regione, con una riduzione di eventi estremi, giorni di gelo e accumulo di neve; lo scenario RCP8.5 indica una riduzione delle piogge estive e un aumento di quelle invernali; è prevista anche una riduzione dei giorni di gelo e dell'accumulo di neve, analogamente a quanto previsto dallo scenario RCP4.5;

- M.R.5 (RCP4.5: 5B, 5E; RCP8.5: 5A): lo scenario RCP4.5 mostra una notevole riduzione delle piogge e dei giorni di gelo in tutta la regione; lo scenario RCP8.5 prevede che la regione subirà una notevole riduzione delle piogge estive e un aumento di quelle invernali;
- M.R.6 (RCP4.5: 6C, 6D H.C.A; RCP8.5: 6C, 6D): lo scenario RCP4.5 prevede una riduzione delle piogge estive e un leggero aumento delle giornate estive per tutta la regione. Inoltre, la Sicilia e la Sardegna saranno colpite da un aumento delle piogge invernali. Al contrario, lo scenario RCP8.5 prevede un notevole aumento di eventi estremi e delle piogge estive, contrariamente ai risultati dello scenario 'RCP4.5.

Al fine di istituire le misure di adattamento necessarie, la Strategia Nazionale per l'Adattamento ai Cambiamenti Climatici ha sviluppato una descrizione dei principali impatti dei cambiamenti climatici sugli ambienti più rilevanti in Italia e ha sviluppato una serie di misure di adattamento da applicare a ciascuno dei suddetti ambienti [15]. A causa del grande numero di misure riportate nel documento e della natura sintetica di questo rapporto, di seguito sono riportate alcune misure; inoltre, poiché questa parte del Piano è costituita da un elenco di misure, anche quelle qui riportate saranno descritte sotto forma di elenco, sebbene divise nei vari ambienti descritti di seguito:

- **Qualità e quantità delle fonti idriche:** l'Italia è storicamente soggetta a carenza idrica a causa della natura del territorio e ha già sviluppato strategie per gestire gli effetti del cambiamento climatico; tuttavia, sono presenti carenze infrastrutturali e gestionali che potrebbero portare a una riduzione nello sfruttamento delle risorse disponibili. Lo stato delle risorse idriche non presenta, in generale, seri problemi in termini di disponibilità complessiva su base annuale, ma piuttosto in termini di disponibilità irregolare nel tempo e nello spazio e criticità gestionali. Si prevede che questi problemi diventeranno sempre più grandi nel tempo a causa degli effetti dei cambiamenti climatici. Saranno necessarie azioni di pianificazione e di coordinamento per stabilizzare la disponibilità di acqua prevista, come una gestione ottimizzata della domanda. Saranno resi disponibili aiuti finanziari specifici, mirati a interventi che assicurino la disponibilità di acqua nel corso degli anni e che ne aumentino l'efficienza d'uso, come incentivi per prodotti a basso consumo d'acqua e tecnologie per l'uso di acque di scarsa qualità (acque grigie). Inoltre, verrà istituito un piano di finanziamento e ammodernamento delle strutture e le infrastrutture idriche.
- **Desertificazione, degrado ambientale e siccità:** le aree più sensibili alla siccità e alla desertificazione costituiscono il 30% del territorio italiano. Studi recenti ipotizzano un

andamento crescente degli eventi di siccità, portando a notevole erosione, rischio di incendio e stress idrico del suolo. Questi effetti saranno ancora più evidenti nelle regioni meridionali come Sicilia, Puglia, Molise e Basilicata. Sarà attuato un piano di protezione e ripristino delle zone umide per contrastare il fenomeno della salinizzazione dei suoli e delle acque sotterranee nelle aree costiere. Il monitoraggio dei fenomeni di degradazione del territorio su scala nazionale fornirà preziose informazioni per l'integrazione della lotta al degrado del suolo e alla desertificazione in tutti i piani e le politiche collegate. L'attivazione di azioni di pianificazione e di attuazione della protezione del territorio e del suolo contro il fenomeno della degradazione e il recupero di aree degradate contribuirà ad aumentare la resilienza ambientale.

- **Instabilità idrogeologica:** gli effetti dei cambiamenti climatici previsti per questo settore sono eterogenei a causa della diversa reazione causa-effetto che ogni bacino potrebbe avere; infatti, lo stesso cambiamento climatico produce effetti diversi, legati alle diverse caratteristiche dell'ambiente naturale coinvolto. Se da una parte molti effetti sono per lo più imprevedibili, dall'altra ci sono alcuni principali cambiamenti che saranno comuni in molti bacini: le inondazioni primaverili diventeranno più gravose e la mancanza di acqua aumenterà il rischio di frane. Lo sviluppo di sistemi avanzati per la raccolta di informazioni su scala locale sulle condizioni degli alvei e dei pendii contribuirà a migliorare il monitoraggio del territorio e lo sviluppo di database aggiornati. Ciò porterà a un miglioramento dei sistemi di previsione e di allerta e a un migliore sfruttamento delle informazioni fornite da sistemi e reti di monitoraggio avanzati. Sarà fondamentale favorire la manutenzione e la sicurezza di strutture, infrastrutture e edifici di importanza strategica per la sicurezza del territorio e delle persone. Anche la definizione di un piano di monitoraggio per la valutazione dello stato di edifici, strutture e infrastrutture strategiche, compresi i complessi scolastici situati nelle aree più a rischio, svolgerà un ruolo cruciale.
- **Ecosistemi terrestri:** i cambiamenti climatici globali con ogni probabilità avranno un impatto sulla fisiologia, sul comportamento e sul ciclo di vita di molte specie animali e vegetali. In Italia sono già comuni effetti come la fioritura anticipata di molte piante e la modificazione dei tempi di migrazione degli animali. Inoltre, sono già state rilevate modifiche della distribuzione geografica di animali e piante. Le Alpi, l'Appennino e le aree del Mediterraneo sono le zone più minacciate e quelle che hanno già subito gli impatti più importanti. Fino ad ora, le iniziative inerenti ai cambiamenti climatici si sono concentrate principalmente sulla ricerca e il monitoraggio della situazione in corso. Tuttavia, al fine di mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici su questi ecosistemi, è necessario un piano integrato per gestire il patrimonio della biodiversità e condurre interventi di mitigazione.

- **Ecosistemi marini:** i cambiamenti climatici avranno un grande impatto sugli ecosistemi marini modificando tutti i processi naturali marini, come l'aumento della stratificazione delle masse d'acqua e l'alterazione nella distribuzione del plancton e delle specie marine. Tutto ciò porterà a importanti alterazioni della pratica della pesca, della rete trofica marina e alla creazione di condizioni naturali favorevoli per le specie aliene. Inoltre, a causa della posizione geografica del Mar Mediterraneo e della forte pressione antropica lungo le coste, è già stata rilevata un inasprimento del fenomeno dell'eutrofizzazione. Al fine di aumentare la resilienza degli ecosistemi marini, è necessario migliorare il loro stato di qualità, preservare la biodiversità e ricostituire gli stock ittici poveri.
- **Ecosistemi delle acque interne e di transizione:** gli ecosistemi delle acque interne subiscono una pesante pressione antropica che provoca la perdita di componenti biologici, di habitat naturali e un declino delle condizioni naturali. Il cambiamento climatico agirà su questi ambienti già compromessi, caratterizzati da un alto grado di vulnerabilità. La recessione dei ghiacciai sta causando la perdita di corsi d'acqua glaciali e importanti variazioni dei regimi idrologici dei corsi d'acqua alpini. In generale, l'intero ecosistema fluviale in Italia sarà interessato da un'intensificazione di eventi estremi, come correnti d'aria e inondazioni, alterando così le normali componenti biologiche di questo ambiente. Per quanto riguarda i laghi di montagna, che sono fortemente influenzati dallo stato di qualità dei ghiacciai, dal turismo e dai prelievi idrici, presenteranno un mescolamento incompleto delle masse d'acqua e la persistenza della stratificazione termica. Ciò potrebbe portare a condizioni di anossia nelle acque profonde e alla perdita di preziose specie ittiche come i salmoni. Inoltre, precipitazioni più rare e un forte riscaldamento potrebbero portare a un progressivo restringimento dei bacini lacustri. Quest'ultimo effetto sarà ancora più evidente nell'Italia centrale e meridionale, dove molti laghi come il lago Trasimeno potrebbero scomparire nei prossimi decenni. Infine, stagni, piscine, paludi sono ecosistemi piccoli e isolati che rappresentano importanti riserve di biodiversità; tuttavia, questi ambienti sono molto vulnerabili ai cambiamenti climatici e potrebbero perdere gran parte del loro patrimonio naturale nel prossimo futuro.
- **Salute delle persone:** i cambiamenti climatici influenzeranno sicuramente l'incidenza delle malattie: le malattie eradicte torneranno a causa delle mutate condizioni ambientali e anche i disturbi fisici e psicologici legati alle alte temperature aumenteranno. Un altro impatto importante sarà l'aumento dei costi per la salute pubblica a causa delle spese necessarie per effettuare un efficace monitoraggio ambientale e per la sorveglianza epidemiologica. La formazione degli operatori non sanitari sui rischi sensibili al clima sarà fondamentale per garantire il primo soccorso alle persone. Il monitoraggio delle isole di

calore negli insediamenti urbani contribuirà a migliorare le misure di sicurezza per proteggere le parti più deboli della popolazione. La definizione dei ruoli degli enti pubblici per il controllo degli insetti vettori di malattie e lo sviluppo di sistemi di informazione e l'aggiornamento dei protocolli su contaminanti e inquinanti rappresenteranno strumenti importanti.

- **Foreste:** le foreste costituiscono il 29% del territorio italiano e svolgono un ruolo fondamentale nella protezione del suolo dall'instabilità idrogeologica. L'impatto dei cambiamenti climatici causerà alterazioni sulla crescita e sui tassi di produttività delle foreste, sulla composizione delle specie e genererà anche spostamenti altitudinali e latitudinali degli habitat forestali. Ciò comporterà una perdita di biodiversità, un aumento del rischio di incendio e instabilità idrogeologica. La promozione e il rafforzamento delle azioni relative a innovazione, ricerca, istruzione e formazione renderanno le nuove generazioni più consapevoli delle problematiche legate alla natura. Verranno create infrastrutture per la protezione e conservazione della biodiversità e la fauna selvatica. La modernizzazione e l'automazione con elevata efficienza ambientale per un uso sostenibile ed efficiente delle risorse forestali, attraverso l'uso di tecniche e attrezzature innovative e sostenibili, contribuiranno a mantenere le foreste in buono stato. Verrà istituita una gestione attiva delle foreste per aumentare la resilienza e la prevenzione degli incendi e di altri pericoli naturali, come il ripristino delle foreste danneggiate da incendi, catastrofi naturali ed eventi catastrofici.
- **Agricoltura:** l'agricoltura è uno dei settori più sensibili quando si parla di cambiamenti climatici, perché dipende fortemente dalle condizioni degli ambienti naturali. In generale, i cambiamenti climatici causeranno una diminuzione della superficie coltivabile, della resa agricola e un aumento dei parassiti. Gli animali saranno inoltre influenzati sia dagli effetti diretti (qualità e disponibilità del foraggio e dell'acqua) sia dagli effetti indiretti (aumento dello stress da calore durante la stagione estiva) dei cambiamenti climatici. È stato stimato che a causa della riduzione della resa agricola, il PIL potrebbe diminuire circa tra lo 0,7% e l'1,9%, a causa di un aumento della temperatura tra i 2°C ed i 4°C rispettivamente. Sarà promossa la ricerca di soluzioni di adattamento e mitigazione per il settore agricolo. Verranno inoltre promossi il ripristino del potenziale produttivo agricolo danneggiato da calamità naturali ed eventi catastrofici e l'introduzione di adeguate misure di prevenzione. La diversificazione delle colture è una pratica agricola benefica per il clima e l'ambiente. La diversificazione delle attività produttive, il miglioramento delle infrastrutture e l'incremento del risparmio idrico svolgeranno un ruolo fondamentale nel preservare la biodiversità e la produttività del suolo.

- **Pesca marittima:** i cambiamenti climatici aggraveranno principalmente le criticità preesistenti come la pesca eccessiva, la variazione della distribuzione geografica delle specie e l'esplosione demografica delle specie aliene. È stato stimato che la maggior parte delle specie ittiche costiere si sposteranno negli strati più profondi del mare o verso nord di circa 70 km per controbilanciare l'aumento della temperatura delle acque superficiali. Infine, la prevista riduzione del pH dell'acqua marina avrà un marcato effetto sulle specie con parti calcificate, come le vongole. Un miglioramento della conoscenza delle specie marine più sensibili ai cambiamenti climatici renderà i pescatori più consapevoli degli impatti dei cambiamenti climatici, rafforzando così la consapevolezza in materia. Il blocco o la riduzione dello sforzo di pesca annuale della flotta italiana, attraverso i limiti di cattura e lo smaltimento di navi obsolete, contribuirà a ridurre la pesca eccessiva e l'inquinamento del mare. Un altro ruolo importante sarà svolto dagli incentivi previsti per la conversione a sistemi di pesca più sostenibili e una riduzione del consumo di energia per la pesca.
- **Acquacoltura:** l'Italia è il terzo produttore europeo di acquacoltura, dopo Francia e Spagna, e il secondo nel Mar Mediterraneo dopo l'Egitto. Circa un migliaio di insediamenti produttivi generano il 50% della produzione ittica nazionale. Il problema principale dell'acquacoltura è che tutti gli insediamenti si trovano in ecosistemi fortemente vulnerabili, come quelli delle lagune e delle coste del mare Adriatico. Molti effetti dei cambiamenti climatici, come l'innalzamento del livello del mare e l'aumento della temperatura della superficie del mare, l'acidificazione dell'acqua e l'intensificazione di eventi estremi, potrebbero portare all'alterazione della produzione ittica e a una minore disponibilità di siti adatti per l'acquacoltura. In realtà, è presente solo un monitoraggio dei siti, ma nessuna misura di adattamento è stata sviluppata finora.
- **Energia:** a causa dell'aumento generale della temperatura, sarà necessaria meno energia per riscaldare gli edifici e più energia per raffreddarli. Nei paesi dell'Europa meridionale come l'Italia, tuttavia, l'aumento del carico di raffreddamento supererà la riduzione del carico di riscaldamento, portando a un aumento generale del consumo di energia. Inoltre, ci saranno elevati picchi di domanda durante la stagione estiva, che probabilmente porterà a fenomeni di black-out. L'installazione di sistemi di monitoraggio sarà fondamentale. La sostituzione dei combustibili fossili utilizzati dalle tradizionali centrali termoelettriche, dal carbone e dall'olio combustibile al gas naturale, ridurrà notevolmente le emissioni di GHG. Gli interventi di adattamento degli edifici esistenti e la realizzazione di nuovi edifici resilienti al clima, con la razionalizzazione, la pianificazione e la riduzione dei consumi nel periodo estivo, contribuiranno a ridurre il consumo di energia sia per il riscaldamento che

- per il raffreddamento degli edifici. Rafforzare il controllo e il monitoraggio della variabilità dell'approvvigionamento idrico e l'introduzione di incentivi economici per lo sviluppo di nuove capacità di stoccaggio, controbilancerà i problemi di disponibilità di acqua previsti.
- **Zone costiere:** le simulazioni di eventi estremi non mostrano un'evidente intensificazione o attenuazione delle tempeste marine. Quasi l'80% di tutte le spiagge esistenti sta subendo fenomeni di erosione a causa dell'innalzamento del livello del mare e dell'azione delle onde generate dal vento e degli usi insostenibili del territorio costiero e dell'entroterra e della riduzione del materiale solido proveniente da fiumi. Gli incentivi all'abbandono delle aree esposte all'innalzamento del livello del mare ridurranno le perdite economiche e sociali dovute a questo fenomeno. La creazione e la gestione di aree non edificabili e l'installazione di barriere fisse e / o mobili, unite alla rinaturalizzazione delle aree costiere e alla promozione della ricostruzione naturale delle strutture coralline, contribuiranno alla protezione delle aree costiere dagli effetti dell'innalzamento del livello del mare, dall'azione di erosione e dalle tempeste.
 - **Turismo:** l'Italia è una delle destinazioni preferite per il turismo internazionale. Infatti, è al quinto posto per numero di arrivi internazionali in tutto il mondo; tuttavia, il turismo è fortemente esposto agli effetti negativi dei cambiamenti climatici, perché lo sviluppo delle attività turistiche richiede condizioni climatiche favorevoli e perché le mutate condizioni fisiche delle destinazioni possono indirettamente ridurre l'attrattiva per il turismo. Le valutazioni dei costi degli impatti sul settore turistico in Italia indicano perdite che potranno andare dallo 0,25% all'1,05% del PIL nel 2050. La diversificazione dell'offerta turistica e l'adeguamento stagionale aiuteranno a mantenere i livelli effettivi di arrivi in Italia, controbilanciando gli effetti negativi dei cambiamenti climatici. Per quanto riguarda il turismo sciistico, l'uso di impianti di innevamento artificiale sarà limitato solo a quelli esistenti e il loro progressivo smaltimento a favore di pratiche di conservazione della neve più sostenibili ridurrà l'impatto antropico sulle aree montane. I sistemi di monitoraggio della sostenibilità (ambientale, sociale ed economica) del turismo, il rimboschimento delle aree urbane e la creazione di spazi verdi all'interno delle città garantiranno rispettivamente sostenibilità e maggiore attrattiva per il turismo.
 - **Insedimenti urbani:** gli insediamenti urbani ospitano la maggior parte della popolazione italiana (94% nel 2001) e allo stesso tempo sono i principali colpevoli e le principali "vittime" dei cambiamenti climatici. È molto probabile che l'entità, la durata, la frequenza e l'intensità delle ondate di calore e degli eventi di precipitazione estrema negli insediamenti urbani in Italia possano essere più intensi e concentrati in brevi periodi. I cambiamenti climatici tenderanno ad accentuare le criticità già presenti negli insediamenti urbani e,

data la natura artificiale di questo ambiente, tutta la resilienza deve essere garantita dalle azioni umane. Incoraggiare la ricerca scientifica sulla definizione della natura e dell'entità dei cambiamenti climatici in un contesto urbano e la valutazione del rischio, saranno la base per creare nuove politiche e misure per proteggere le persone e gli edifici da eventi meteorologici estremi. Anche la preparazione di sistemi di allerta accompagnati da costanti miglioramenti dei modelli previsionali, con la partecipazione attiva delle parti interessate, svolgerà un ruolo importante. L'incoraggiamento della ricerca scientifica sullo sviluppo di nuove tecnologie per l'adattamento climatico degli insediamenti esistenti e la sperimentazione nel settore dell'edilizia, promuovendo interventi di adattamento sperimentale in aree periferiche, centri storici e spazi pubblici, saranno la base per creare insediamenti a basso impatto nel prossimo futuro.

- **Patrimonio culturale:** essendo estremamente ricco in termini di patrimonio culturale, l'Italia deve porre grande attenzione sulla sua conservazione e sull'effetto che i cambiamenti climatici potrebbero avere su di esso. L'attività principale è quella di identificare i parametri climatici che causano il decadimento sia dei siti all'aperto (patrimonio architettonico e archeologico) sia al coperto (musei, chiese, ecc.). Inoltre, è molto importante identificare correttamente i materiali considerati come beni preziosi e la loro risposta alle influenze esterne causate dal comportamento climatico. Per ottenere una buona resilienza del patrimonio culturale, dovrebbe essere data priorità agli interventi di manutenzione piuttosto che a quelli di restauro. È quindi necessario promuovere una serie di strategie di finanziamento a lungo termine per i piani di manutenzione.
- **Trasporti e infrastrutture:** il settore dei trasporti è fondamentale per mantenere una società funzionante perché consente lo spostamento di persone, merci e servizi. Il cambiamento climatico avrà un grande effetto su questo settore: le infrastrutture subiranno più danni rispetto a quelli odierni e anche i modelli di traffico saranno influenzati dalle mutevoli condizioni climatiche. Parlando di infrastrutture, l'aumento delle temperature porterà ad una maggiore vulnerabilità di strade e ferrovie durante i giorni caldi ma, d'altra parte, ad una diminuzione dei problemi causati dalle basse temperature durante la stagione invernale. La variazione delle piogge porterà ad una maggiore instabilità del suolo, minacciando le infrastrutture poste su terreni instabili. Infine, le alluvioni influenzeranno sicuramente le strutture situate vicino ai corsi d'acqua, mentre l'innalzamento del livello del mare potrebbe danneggiare gravemente porti, banchine e altre infrastrutture poste lungo le coste. Al fine di prevenire tali problemi, si dovrebbe procedere a un'ottimizzazione delle reti esistenti anziché costruire strade nuove e di impatto, anche per prevenire il consumo di suolo che aumenta ulteriormente l'instabilità

idrogeologica. Inoltre, dovrebbe essere condotto un adattamento delle strutture per migliorare i loro standard di efficienza e la loro resilienza ai cambiamenti climatici. Ciò dovrebbe condurre a piani di mobilità organica e alla creazione di una rete di infrastrutture a prova di cambiamento climatico.

- **Industrie e infrastrutture pericolose:** sebbene non sia considerato molto vulnerabile agli effetti dei cambiamenti climatici, il settore industriale dovrà sicuramente affrontare gli impatti dell'aumento del numero di eventi estremi. I responsabili delle industrie e delle infrastrutture pericolose devono considerare che i cambiamenti climatici potrebbero diventare un rischio per la loro attività; i costi di adattamento potrebbero essere importanti, ma i costi derivati da una mancata azione di adattamento potrebbero essere persino maggiori. Per quanto riguarda le nuove infrastrutture, affinché siano resilienti è necessario prendere in considerazione gli effetti dei cambiamenti climatici sin dalla fase di progettazione. Invece, per le infrastrutture già costruite, dovrebbe essere effettuata l'identificazione degli ambienti più vulnerabili, abbinata a un sistema di monitoraggio continuo. Successivamente, dovrebbero essere sviluppate misure di gestione e adattamento.

4.3 Friuli Venezia Giulia

4.3.1 Territorio e demografia

In accordo con quanto riportato nel Rapporto Ambientale, Valutazione Ambientale Strategica [17] del 2015, facente parte del Piano Energetico Regionale [18] analizzato di seguito e redatto dalla Regione Autonoma del Friuli Venezia Giulia (RAFG), il territorio del Friuli Venezia Giulia (FVG) presenta quattro tipi principali di ambiente basati sull'altimetria: montagna, collina, pianura e fascia costiera (Figura 32) [17]. Il paesaggio regionale risulta fragile a causa di passati eventi sismici, della sua particolare orografia e degli interventi antropici, con questi ultimi che hanno spesso causato fenomeni di instabilità idrogeologica. Tuttavia, la regione presenta anche una grande biodiversità e ben sette differenti paesaggi nonostante la sua ridotta estensione (Figura 32) [17]. Le Alpi si sviluppano nella parte nord-orientale della regione, proteggendo le colline e le pianure dagli eccessi del clima continentale; le valli si presentano strette e i fianchi delle montagne risultano ripidi e coperti di foreste. Il reticolo idrografico è di tipo torrenziale e presenta tracciati con pendenze e fenomeni di trasporto solido rilevanti [17].

Nella zona collinare la gran parte del territorio è ricoperta da boschi e il reticolo idrografico presenta un comportamento simile a quanto già riportato per la zona montana, sebbene presentante pendenze più moderate. Le colline si trovano principalmente nella zona del Collio e

nella zona morenica del fiume Tagliamento; viene rilevata altresì la presenza di piccoli e medi corsi d'acqua e di piccoli laghi [17].

Il reticolo idrografico dell'alta pianura è attraversato da larghi corsi d'acqua e dotato di un ricco sistema di fossati e canali d'irrigazione, spesso di natura artificiale, questo perché il sostrato ghiaioso sottostante non trattiene l'acqua. Nella bassa pianura il reticolo idrografico risulta essere molto denso, ricco di acqua e presenta sostanzialmente flussi costanti. Attraverso il Friuli abbondano fenomeni di bonifica, sistemi d'irrigazione, riorganizzazione dei territori e opere di contenimento dei bacini idrici. Nella bassa friulana i lavori di bonifica hanno irrigidito lunghi tratti di corpi idrici, prosciugato ampie zone paludose ed eliminato boschi di pianura. La linea delle risorgive determina la divisione tra alta e bassa pianura [17].

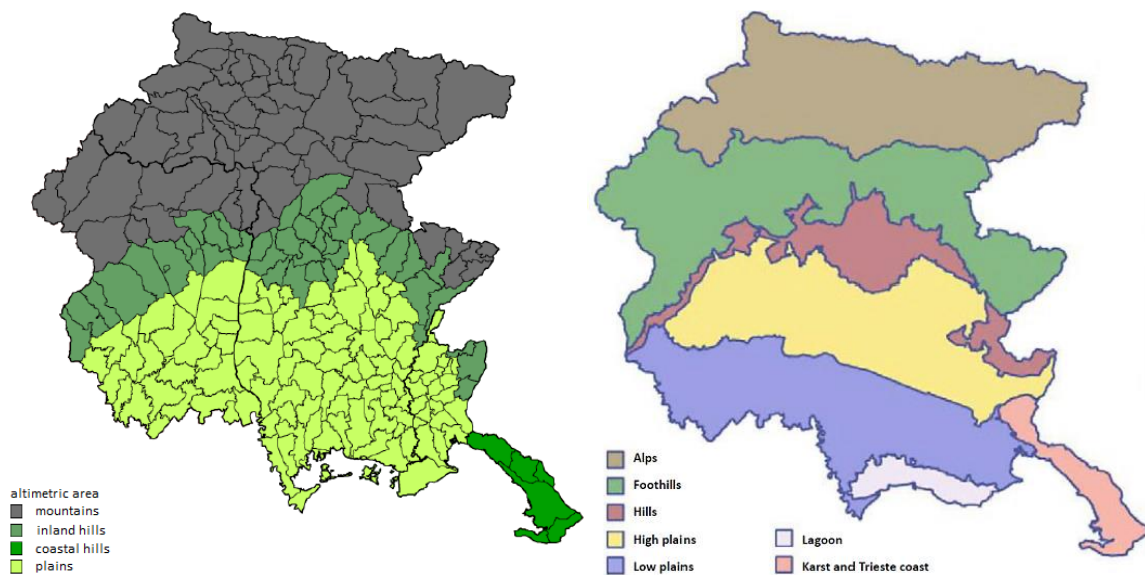


Figura 32. Distribuzione altimetrica del territorio (sinistra) e tipi di paesaggio (destra) in FVG [17].

Vi sono due lagune morfologicamente distinte nella regione, Marano e Grado. La prima è la più antica, caratterizzata da acque poco profonde (circa un metro), attraversata da canali naturali formati dalle foci dei fiumi di risorgiva (Stella, Turgnano, Cormor, Zellina e Corno). La laguna di Grado è più giovane e meno profonda di quella di Marano. Entrambe sono rigidamente confinate e protette da cordoni costieri soggetti ad erosione, presentano poche bocche di porto e sono soggette a continui lavori di drenaggio e di gestione della risorsa idrica in funzione delle necessità delle attività antropiche (allevamenti ittici, nautica da diporto e industria).

Infine, il Carso è caratterizzato da un insieme di peculiarità sotterranee e di superficie dovute al processo di dissoluzione del calcare ed alla totale assenza di un reticolo idrografico, a parte che per la presenza dei flussi dell'Ospo e del Rosandra ad est e di acque emergenti, quali laghetti e

sorgenti, nella zona di Gorizia. La costiera triestina è caratterizzata da scogliere, dove l'altipiano carsico precipita con un salto roccioso di mediamente 200 metri e si getta in mare [17].

Amministrativamente la regione costituisce un'area di confine, essendo a contatto con due differenti nazioni, Austria e Slovenia, ed è divisa in quattro ex province: Trieste, Udine, Pordenone e Gorizia (Figura 33) [17]. La popolazione del FVG è risultata essere di 1.215.220 unità alla fine del 2018. Come si può notare in Figura 33, tre insediamenti principali possono essere identificati in regione, corrispondenti a Trieste, Udine e Pordenone. L'urbanizzazione presenta una propagazione capillare in tutta la zona pianeggiante, diventando rarefatta nelle montagne, con una morfologia che segue quella delle valli naturali; tutta la zona montana è comunque affetta da fenomeni di calo demografico e da un progressivo abbandono della attività agro-pastorali. La principale attività è costituita dal turismo sciistico che sta pesantemente influenzando il paesaggio naturale a causa del grande impatto degli impianti di risalita e di innevamento artificiale. Anche le colline presentano una densità abitativa molto bassa, paragonabile a quella della zona montana; a differenza di quest'ultima, comunque, la gran parte degli insediamenti urbani si sviluppa sui fianchi delle colline ed è spesso caratterizzata dalla presenza di edifici storici come, ad esempio, castelli. Alla base delle colline è presente una striscia urbanizzata continua. Le pianure sono caratterizzate dalla presenza di molti insediamenti umani, strade nazionali ed internazionali e impianti per la produzione di energia. Tutti questi elementi frammentano pesantemente il territorio naturale, riducendo la qualità del paesaggio e creando ecosistemi isolati e vulnerabili. Il paesaggio del Carso e della costa si presenta molto vario; si passa dai villaggi rurali del Carso all'agglomerato urbano di Trieste, con una forte presenza di economia terziaria ed una vasta zona industriale e portuale. L'altipiano carsico di Trieste è stato inoltre soggetto di recente a importanti fenomeni di escavazione dovuti ad interventi sulla grande viabilità. L'area di Trieste e Gorizia presenta altresì evidenti tracce storiche della Seconda Guerra Mondiale ed è fortemente legata all'Europa Orientale dal punto di vista economico [17].

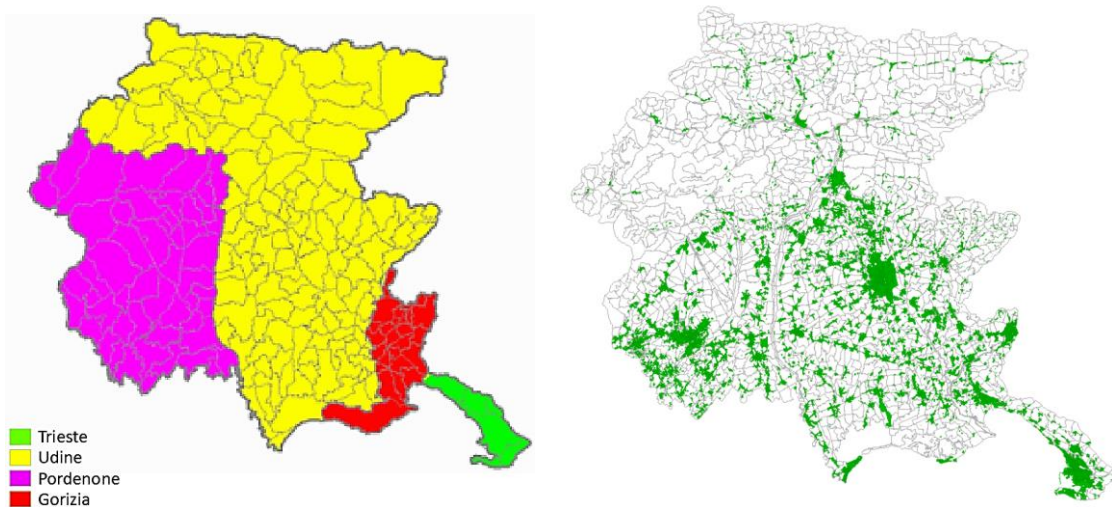


Figura 33. Ex province del FVG (sinistra) e distribuzione degli agglomerati urbani (destra) [17].

La popolazione si distribuisce come segue: il 5,4% si trova in zona montana, le pianure contengono il 59,1% del totale, mentre le colline (sia quelle interne che quelle costiere) ospitano il restante 35,5%. La densità di popolazione in FVG è pari a 153,6 ab/km², valore marcatamente inferiore alla media nazionale, pari a circa 201,2 ab/km². L'età media della popolazione è pari a circa 46,2 anni, valore maggiore di quello nazionale medio, e presenta una tendenza all'aumento (seguendo quello che è il trend nazionale); Trieste risulta essere la provincia più anziana, seguita da Gorizia, Udine e Pordenone [17].

4.3.2 Consumi energetici ed emissioni di base

Il settore energetico in FVG è analizzato nel Piano Energetico Regionale (2015) [18]. Secondo tale documento, nel 2008 (ultimo anno per cui sono disponibili dati ufficiali), il FVG ha importato la gran parte dei suoi vettori energetici, principalmente gas naturale (2.248 Ktep), olio (1.539 Ktep) e carbone (691 Ktep), ed ha prodotto internamente solo un ammontare molto ridotto di energie rinnovabili (316 Ktep), per un totale di 4.465 Ktep di energia disponibile (4.850 Ktep considerando anche le rinnovabili). Di questo totale, 2.226 Ktep (principalmente carbone e gas) sono stati usati per la generazione di 1.311 Ktep di energia elettrica. Considerando le perdite interne e le capacità di accumulo, il totale netto di energia disponibile era di 3.352 Ktep e il consumo finale di energia di 3.339 Ktep. Misure più recenti, inerenti solo al consumo finale di energia in FVG, sono state eseguite nel 2012 [18]. Secondo tali misure il consumo di energia finale in FVG nel 2012 è ammontato a 2.853 Ktep, con l'industria al primo posto tra i settori di consumo con 1.194 Ktep, seguita dal residenziale con 583 Ktep, dai trasporti con 579 Ktep e dal terziario con 469 Ktep. La

Tabella 6 compara i consumi finali di energia in FVG degli anni 2008 e 2012. Si può notare come vi sia stata una riduzione del 15% nel consumo finale di energia dal 2008.

Tabella 6. Consumo finale di energia in Ktep in FVG nel 2008 e nel 2012 [18].

	Agricoltura	Industria	Trasporti	Civile	Terziario	Totale
2008	47	1.438	710	622	520	3.339
2012	27	1.194	579	583	469	2.853

Il consumo di carbone per la produzione di elettricità è stimato in aumento, in particolare a causa dei minori costi di produzione ottenibili tramite l'utilizzo di tale vettore in confronto a quanto possibile con il gas naturale. Conseguentemente, il consumo di quest'ultimo è atteso in decrescita in FVG in praticamente tutte le attività. Per quanto riguarda il settore dei trasporti, nella regione del FVG il vettore energetico più utilizzato risulta essere il diesel e, a partire dal 2015, il trend all'incremento registrato dovrebbe stabilizzarsi sia per l'utilizzo di mezzi pesanti che di quelli di trasporto pubblico. L'uso del gasolio è previsto in sostanziale decrescita mentre quello di veicoli elettrici e a gas è trascurabile. L'uso del legname in regione è previsto in crescita sostanziale; in particolare è previsto che il consumo domestico di legname ai fini del riscaldamento aumenti rapidamente; anche quello di biomasse per la produzione di elettricità e calore è in ascesa [18]. Per quanto riguarda le fonti rinnovabili, è prevista in decrescita la produzione di energia da impianti idroelettrici (principale risorsa rinnovabile in FVG), controbilanciata da un significativo aumento nella produzione di energia da biomasse legnose, geotermico e fotovoltaico, con quest'ultimo che secondo le previsioni diventerà entro il 2030 la seconda fonte di energia rinnovabile in regione, poco distante dalla produzione idroelettrica [18]. Infine, gli impianti eolici e a biogas, sebbene abbiano fatto registrare un leggero incremento dal 2005, sembrano destinati a rimanere marginali in termini di energia totale prodotta.

Il totale delle emissioni di gas serra in FVG è riportato nella Figura 34. La CO₂ si è attestata come il principale gas rilasciato, con un ammontare di 12 Mt nel 2010. I principali processi responsabili

di tali emissioni di CO₂ sono stati la produzione di energia, l'industria e il settore dei trasporti.

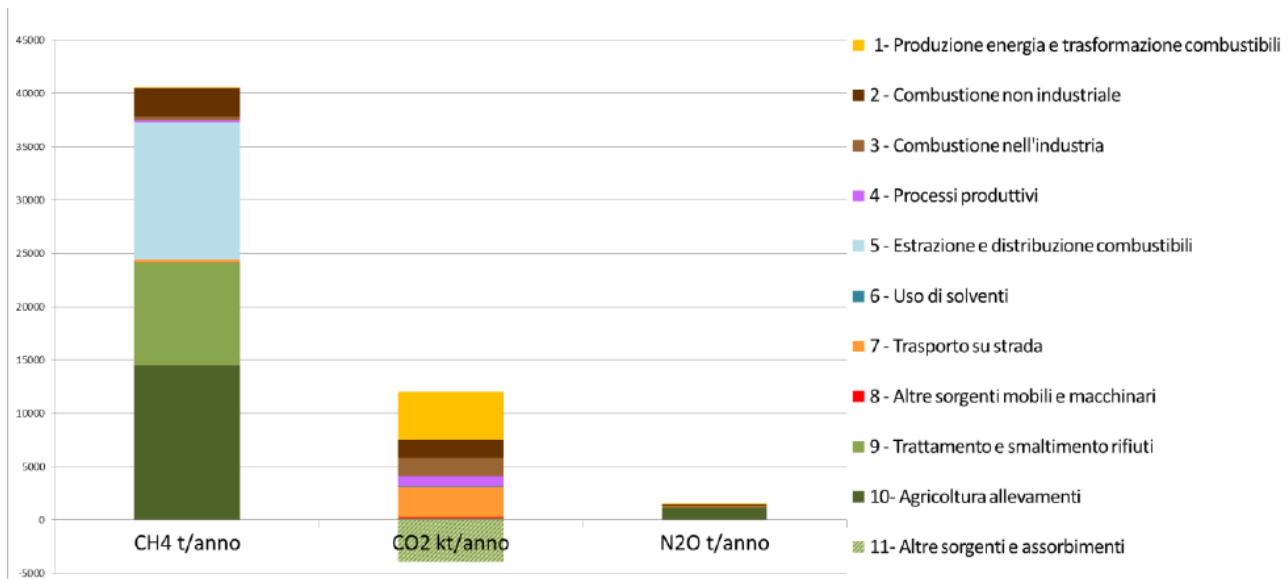


Figura 34. Emissioni di GHG in t (CH₄ e N₂O) e Kt (CO₂) in FVG nel 2010 [18].

4.3.3 Clima, cambiamenti climatici osservati, scenari futuri, rischi ed impatti

Lo studio principale sul passato e sul futuro per quanto riguarda i cambiamenti climatici nella regione del FVG è stato condotto dall'ARPA FVG (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia) ed ha portato alla creazione dello "Studio Conoscitivo dei Cambiamenti Climatici e di Alcuni Loro Impatti in Friuli Venezia Giulia" [19]. Questo documento espone prima di tutto un resoconto dei cambiamenti climatici rilevati durante il periodo 1961 - 2016 e quindi, attraverso l'analisi dei Modelli Climatici Regionali (MCR), presenta delle previsioni dei cambiamenti climatici futuri per la zona in esame. La regione del FVG ha una posizione geografica peculiare ed un'orografia che ne influenza la meteorologia: essa è situata a medie latitudini dove vi è un forte contrasto tra le masse d'aria artiche e quelle tropicali che causa forti perturbazioni atmosferiche. In aggiunta la barriera settentrionale costituita dalle montagne influenza pesantemente la circolazione atmosferica, con effetti significativi sia su temperatura che sulla piovosità. Le Alpi impediscono alle masse di aria particolarmente fredda di entrare in regione, mitigando di conseguenza la temperatura e trattenendo in zona i flussi di aria umida da sud-ovest e sud-est. Altrettanto importante è la presenza del Mare Adriatico che a sua volta mitiga la temperatura (particolarmente nella fascia costiera), portando generalmente ad estati più fresche ed inverni più miti [19]. La temperatura media nelle zone costiere è pari a 15 °C, mentre nelle pianure è pari a 13,5 °C. Nelle zone di alta pianura, colline e montagne la temperatura varia a seconda dell'altitudine e dell'esposizione e orientamento delle Alpi. La Figura 35 presenta la temperatura media in FVG durante il periodo 1993 - 2013 [19].

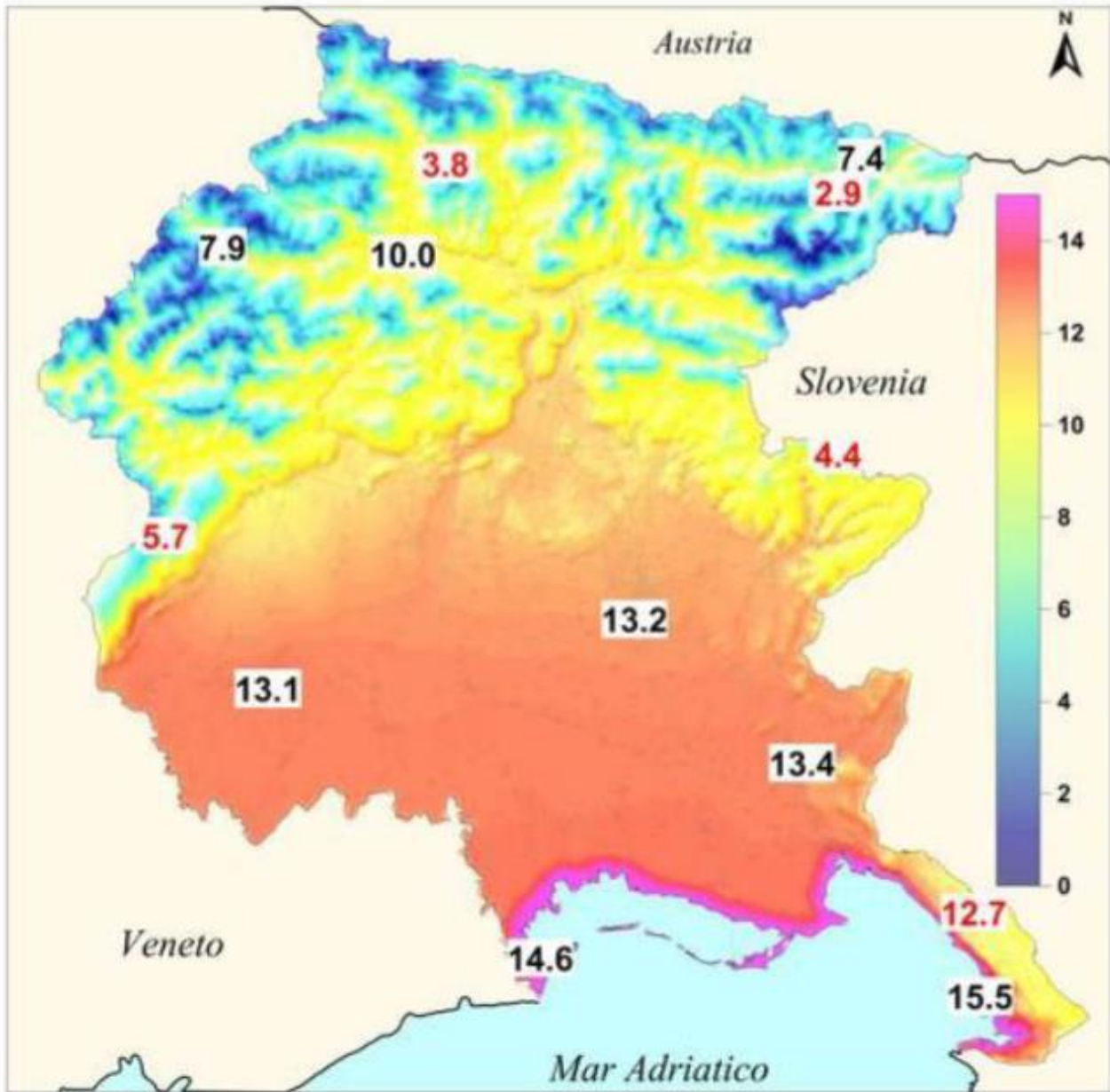


Figura 35. Temperature medie in FVG [19].

Per quanto riguarda le precipitazioni, la regione del FVG può essere divisa in quattro aree distinte: costa, pianura e collina, zona pedemontana e zona alpina. La costa è l'area con il minor quantitativo di pioggia, con una media annuale di 1.000 - 1.100 mm. La pianura e le colline presentano un totale di 1.200 - 1.800 mm di pioggia ogni anno, mentre la pedemontana può raggiungere i 2.500 - 3.000 mm di precipitazioni. Infine, le Alpi presentano un totale di 1.400 - 1.600 mm di pioggia annui [19]. Durante l'anno, febbraio risulta essere il mese con il minor quantitativo di pioggia (da 60 a 140 mm, a seconda dell'area considerata), mentre durante la primavera le precipitazioni aumentano fino a raggiungere il massimo in giugno, salvo poi calare

nuovamente in luglio e agosto. A partire dalla fine della stagione estiva, queste tendono ad aumentare significativamente, facendo dell'autunno la stagione più piovosa. La Figura 36 espone la distribuzione media annuale delle precipitazioni in FVG [19].

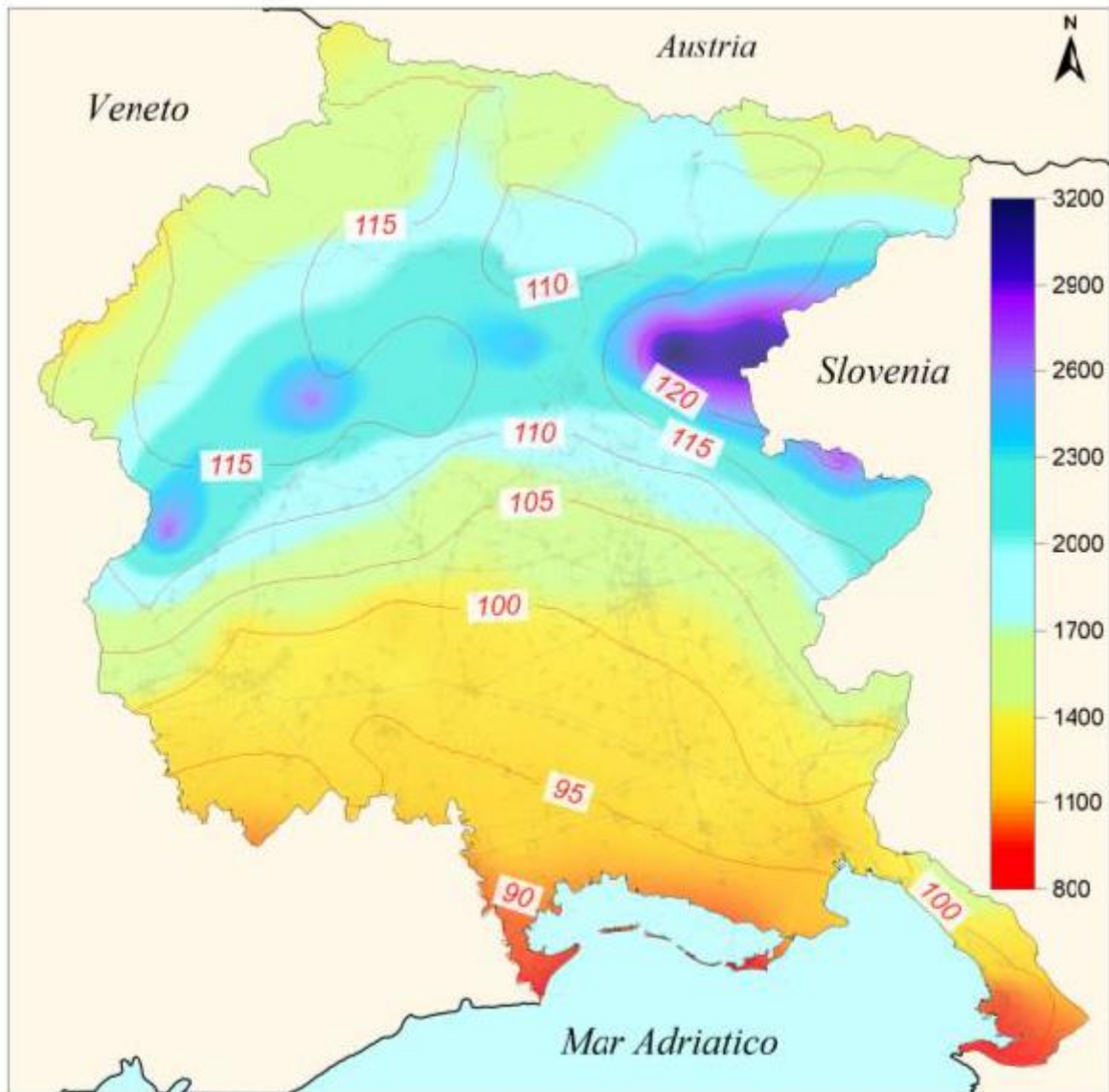


Figura 36. Distribuzione delle precipitazioni in FVG [19].

Similmente a quanto riportato su scala nazionale, anche in FVG è stata rilevata una tendenza all'aumento della temperatura che ha raggiunto un incremento di +1,5 °C dal 1960. La temperatura media annuale è incrementata di 0,3 °C ogni decade durante gli ultimi cinquant'anni ed ha dimostrato una tendenza all'accelerazione negli ultimi decenni (Figura 37). Questa tendenza è ancora più marcata nelle Alpi, dove la temperatura media a 2.200 m di altitudine è cresciuta di +1,7 °C se comparata con i valori del 1851, dimostrando quindi un incremento quasi doppio rispetto a quello registrato globalmente [19].

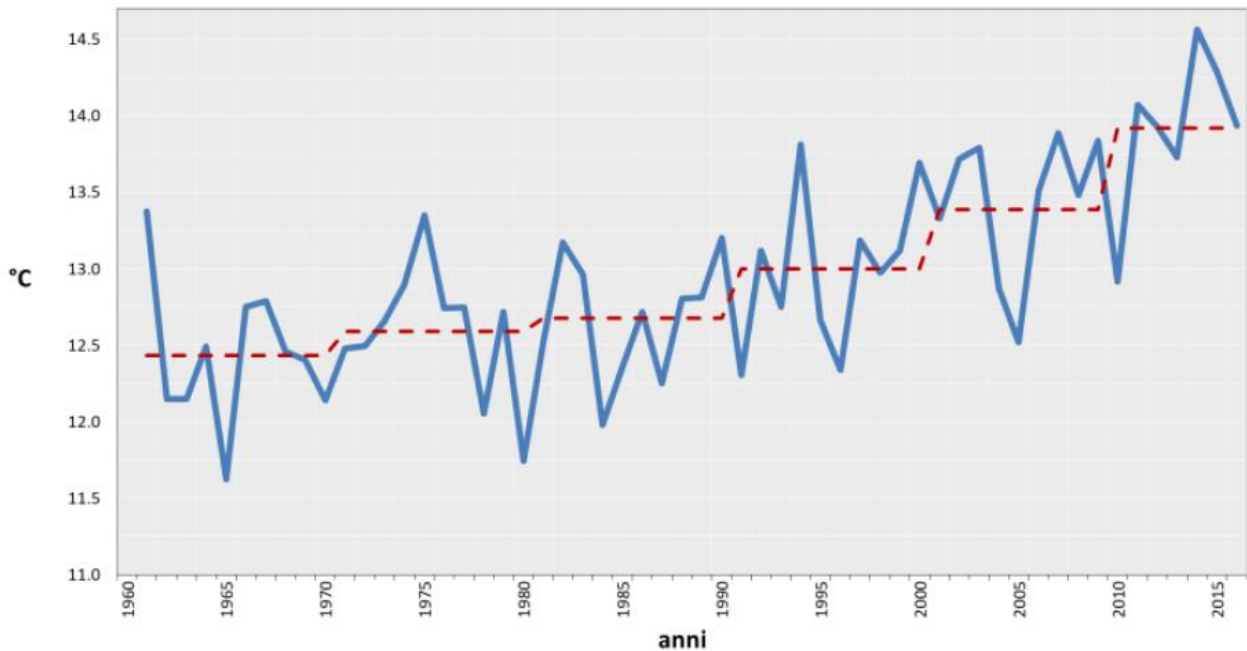


Figura 37. Trend della temperatura media annua durante il periodo 1961 - 2016 (linea blu) e media per decennio (linea rossa tratteggiata) in FVG [19].

Per quanto concerne le precipitazioni, l'andamento attuale evidenzia un incremento dei fenomeni nella parte occidentale della regione (più marcato nella zona alpina) ed un decremento di circa il 15-20 % in quella orientale (Figura 38). Analizzando il comportamento stagionale, si può notare come in praticamente tutta la regione le precipitazioni estive e primaverili siano diminuite di un valore tra 2 e 4 mm, mentre quelle autunnali e invernali dimostrano un leggero incremento [19]. Un altro importante parametro è costituito dai giorni piovosi, cioè quelli in cui sia stato misurato almeno 1 mm di precipitazioni. Similmente a quanto osservato per queste, anche i giorni piovosi hanno fatto registrare un incremento nel loro numero nella parte occidentale della regione ed una riduzione in quella orientale. Per quanto riguarda il comportamento stagionale è stato rilevato anche in questo caso un andamento simile a quello delle precipitazioni.

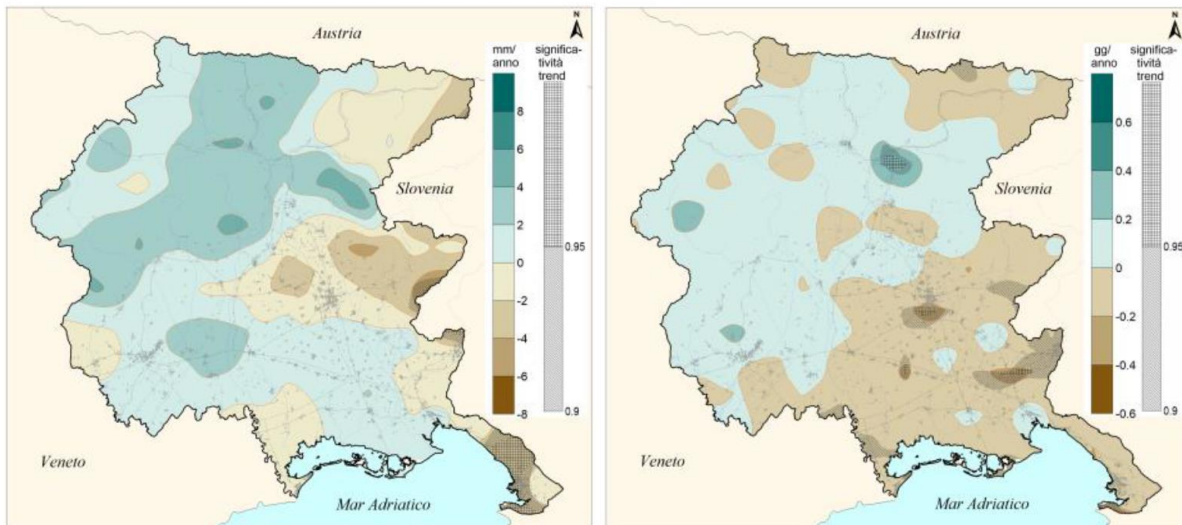


Figura 38. Variazione delle precipitazioni (sinistra) e dei giorni piovosi (destra) in FVG nel periodo 1961 - 2016 [19].

L'analisi delle ondate di calore, comparate con le temperature medie del periodo 1961 - 1990, ne ha evidenziato una tendenza all'incremento. In particolare, durante la stagione estiva il numero di giorni in cui la temperatura massima supera i 30 °C è aumentato da 30 a 50, mentre il numero di "notti tropicali" (aventi cioè temperatura minima superiore ai 20 °C) è aumentato da 5 a 15. Inoltre, durante la stagione invernale, i giorni di gelo (cioè aventi temperature al di sotto dello 0 °C) sono diminuiti da 60 a 40 [19]. Differentemente dalle altre regioni del Nord Italia, in FVG le condizioni naturali per l'esistenza di permafrost e ghiacciai non sono soddisfatte. Questo perché nessuna montagna in regione raggiunge i 3.000 m di altezza e le aree morfologicamente adatte per l'accumulo e la preservazione di masse ghiacciate sono generalmente situate tra i 1.700 ed i 2.400 m di altezza, ben al di sotto dell'altezza media dello zero termico e della linea di equilibrio dei ghiacciai. Nonostante queste caratteristiche, le Alpi in FVG conservano ancora 23 corpi nevosi permanenti, reminiscenze della Piccola Era Glaciale (PEG) avvenuta tra il 1300 e il 1865 e caratterizzata da una diminuzione della temperatura nelle Alpi di circa 2 °C, associata ad un aumento delle precipitazioni nevose invernali. La riduzione dei ghiacciai iniziò immediatamente dopo la fine della PEG e tale processo è tuttora in corso; tuttavia è stato rilevato come nell'ultimo secolo, ed ancora di più negli ultimi trent'anni, il processo di riduzione sia stato straordinariamente veloce. La maggior superficie dei ghiacciai rilevata durante la PEG risultò essere pari a 1,55 km² mentre attualmente copre solo 0,22 km², evidenziando così una riduzione dell'82%; per quanto riguarda il volume, è passato da 45,40 km³ a 1,82 km³, con una riduzione del 96% [19]. Un'altra conseguenza dell'incremento delle temperature è il differente svilupparsi delle precipitazioni e degli accumuli nevosi e della stagione di ablazione. Tutti questi effetti hanno portato la linea di equilibrio dei ghiacciai a spostarsi dai 2.300 m di altezza rilevati durante il periodo 1920 - 1940, agli attuali 2.750 m. in questo scenario di generale riduzione della criosfera,

un trend in controtendenza è stato rilevato a partire dal 2005. Infatti, a causa delle abbondanti precipitazioni nevose occorse durante gli ultimi anni, è stata raggiunta una situazione di stabilità, ottenendo a volte un bilancio annuale delle masse nevose addirittura positivo, contrariamente a quanto rilevato nel resto delle Alpi italiane. Questo fenomeno ha avuto effetto anche sulla linea di equilibrio, la quale ha visto calare di circa 60 m la sua altezza negli ultimi dieci anni.

Durante il periodo 1920 - 2000 non sono stati rilevati grossi cambiamenti nella temperatura del mare e nella sua salinità, tuttavia una tendenza all'incremento per entrambi è stata rilevata a partire dal 1970, coerentemente con l'aumento della temperatura atmosferica. Un lieve incremento della salinità primaverile ed estiva è stato notato dal 1970 in poi, probabilmente dovuto al ridotto contributo di acque fluviali da parte dei corsi d'acqua in queste due stagioni. Inerentemente al livello del mare una comparazione dei valori del 2010 con quelli del 1901 ha evidenziato una tendenza all'incremento di +1,3 mm/anno, minore di quella globale, dovuta all'interruzione dell'aumento del livello medio del Mar Mediterraneo avvenuta durante il periodo 1960 - 1990. Comunque, a partire dal 1992, l'incremento del livello medio è aumentato drasticamente, con un passo di circa 4,4 mm/anno; in totale il livello del mare è aumentato di circa 20 cm dal 1880. Sono comunque da prendersi in considerazione anche i movimenti verticali della crosta terrestre (fenomeno noto come subsidenza), che in FVG si sono mantenuti tra i 0 ed i 3 mm/anno a seconda della zona, con picchi di 5 mm/anno in alcune località. In aggiunta si devono considerare gli effetti durante la stagione estiva di fenomeni di bassa pressione e venti di Scirocco che hanno generato incrementi del livello durante le mareggiate, dimostrando una tendenza all'aumento fin dal 1918.

In relazione alle proiezioni future dei cambiamenti climatici in FVG, poiché sono disponibili molti modelli Globali-Regionali accoppiati, il documento dell'ARPA FVG ha scelto quelli più rappresentativi seguendo i criteri di seguito riportati:

- Disponibilità di dati per tutti gli scenari RCP;
- Disponibilità di modelli con alta, media e bassa sensibilità climatica;
- Buone performance nel riprodurre la climatologia del periodo di riferimento (1970 - 2005).

Seguendo tali prerequisiti sono stati scelti cinque differenti modelli:

1. HadGEM2-ES_RACMO22E;
2. MPI-ESM-LR_REMO2009;
3. EC-EARTH_CCLM4-8-17;
4. EC-EARTH_RACMO22E;
5. EC-EARTH_RCA4.

Il periodo di riferimento copre gli anni dal 1976 al 2005 mentre le proiezioni coprono gli anni dal 2005 al 2100. Gli scenari utilizzati sono: RCP2.6, RCP4.5 e RCP8.5. Le proiezioni future dei parametri climatici sono state comparate con i valori di riferimento degli stessi in modo da valutare le anomalie future previste. Queste ultime sono state quindi calcolate per ogni scenario RCP usando ogni modello sopra elencato; per ottenere un risultato significativo che consideri l'intrinseca incertezza di ogni modello, l'insieme dei modelli è stato pubblicato in un report [19].

I differenti scenari RCP dimostrano che, per i modelli analizzati, in FVG durante l'inverno il valore medio di temperatura è stimato in crescita da 1,3 °C (RCP2.6) a 5,3 °C (RCP8.5) entro la fine del secolo (Figura 39). La temperatura estiva dimostra un andamento simile, con possibili incrementi fino a 6 °C per lo scenario RCP8.5 (Figura 40). In tale scenario la temperatura continua ad aumentare fino al 2100, mentre negli altri due tende a stabilizzarsi nella seconda parte del secolo. I cinque modelli usati denotano uno spread intorno al valore medio di circa +/- 1,5 °C e di +/- 2 °C per le previsioni di temperatura invernale ed estiva rispettivamente. Questo è dovuto alle differenti rappresentazioni che i modelli danno del fenomeno analizzato; inoltre, tale spread tende ad aumentare nel tempo, specialmente per quanto riguarda le previsioni per la stagione estiva [19].

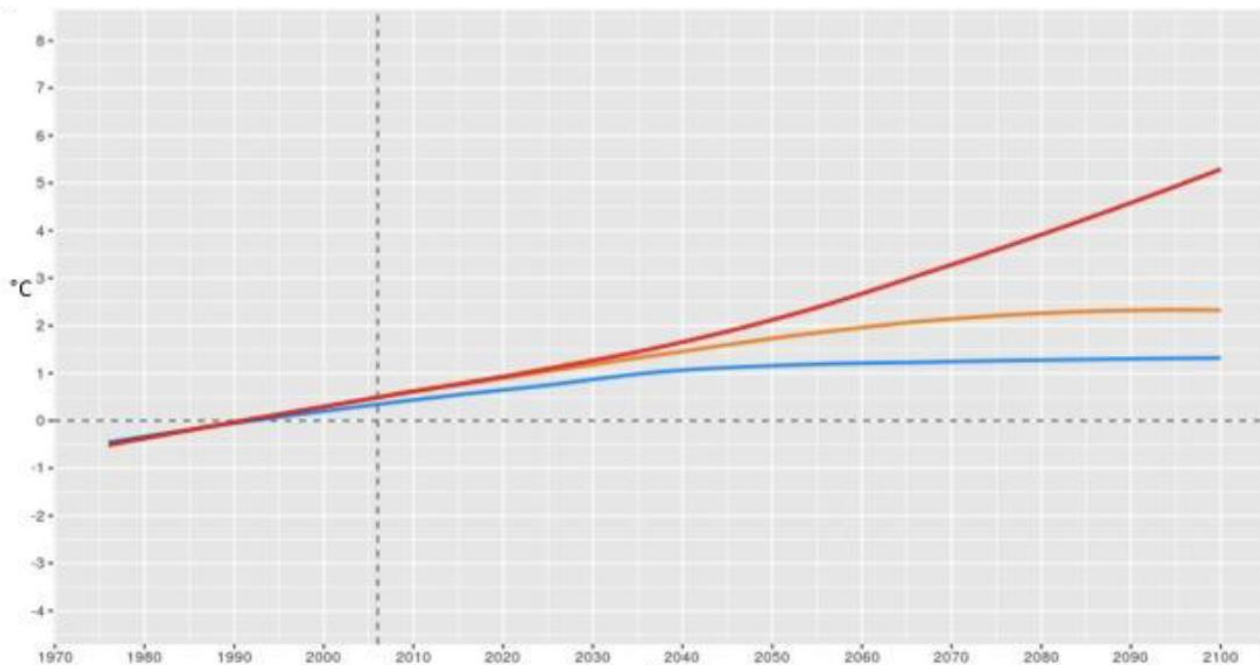


Figura 39. Anomalie della temperatura invernale in FVG fino al 2100 per RCP2.6 (linea blu), RCP4.5 (linea arancione) e RCP8.5 (linea rossa) [19].

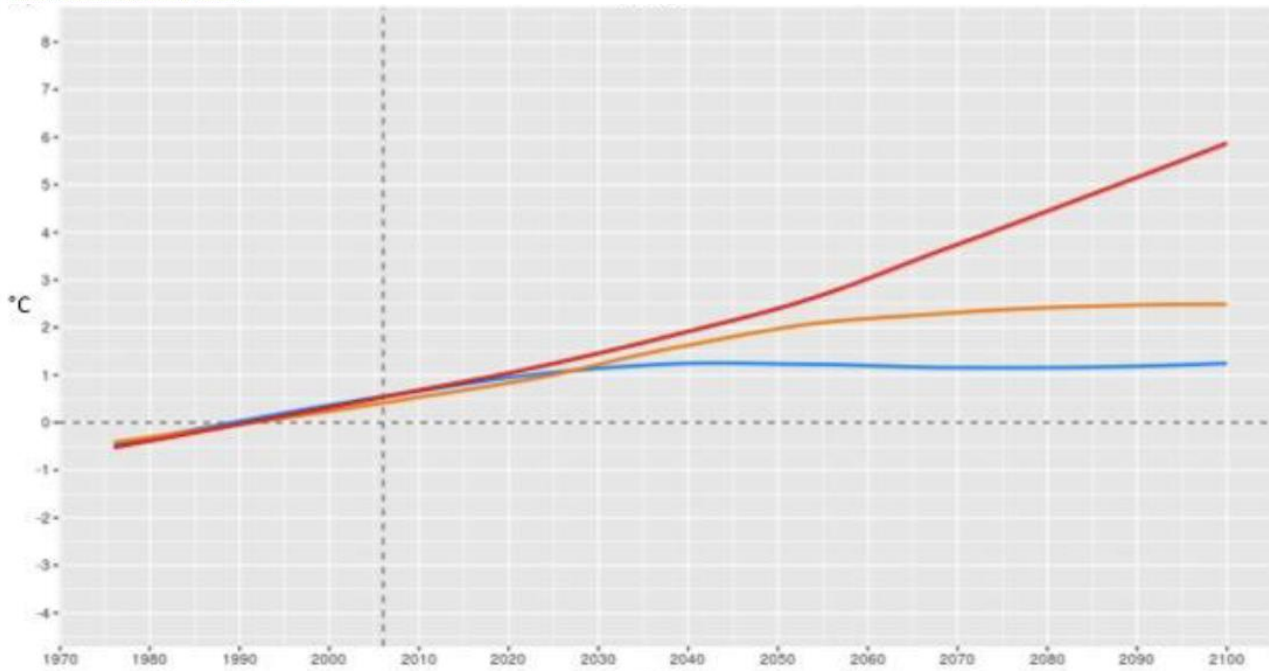


Figura 40. Anomalie della temperatura estiva in FVG fino al 2100 per RCP2.6 (linea blu), RCP4.5 (linea arancione) e RCP8.5 (linea rossa) [19].

Le precipitazioni costituiscono un altro processo climatico rilevante che deve essere investigato. I modelli riportano una tendenza all'incremento delle precipitazioni invernali per tutti gli scenari RCP (Figura 41), più marcata nella seconda parte del secolo, evidenziando un aumento di circa 20 - 30% delle stesse nel 2100. Per quanto riguarda le precipitazioni estive, i risultati denotano comportamenti differenti (Figura 42), consistenti in variazioni del +/- 10% se comparati con i valori di riferimento [19]. Solo lo scenario RCP8.5 dimostra una significativa tendenza al decremento delle precipitazioni, con un deficit di circa il 25% alla fine del secolo. Si deve comunque considerare come la modellazione delle precipitazioni sia più incerta rispetto a quella delle temperature, quindi i risultati devono essere letti considerando anche tale aspetto. In quanto alla distribuzione geografica, le precipitazioni dimostrano un comportamento molto più variabile a seconda del territorio di quanto non facciano le temperature. Nello scenario RCP2.6, l'aumento delle precipitazioni invernali è più evidente nella zona costiera e nelle Alpi che nelle pianure, mentre le variazioni di quelle estive sono relativamente contenute (nell'ordine del 5%) per il periodo 2021 - 2050, dimostrando un lieve incremento nella zona costiera alla fine del secolo [19]. Nello scenario RCP8.5 le variazioni delle precipitazioni invernali sono più marcate, evidenziando fenomeni più rilevanti nelle Alpi e nella fascia costiera. Durante la stagione estiva una rimarchevole riduzione dei fenomeni è osservata nella parte centrale della regione, specialmente alla fine del secolo, quando il calo potrebbe raggiungere il 20 - 25%.

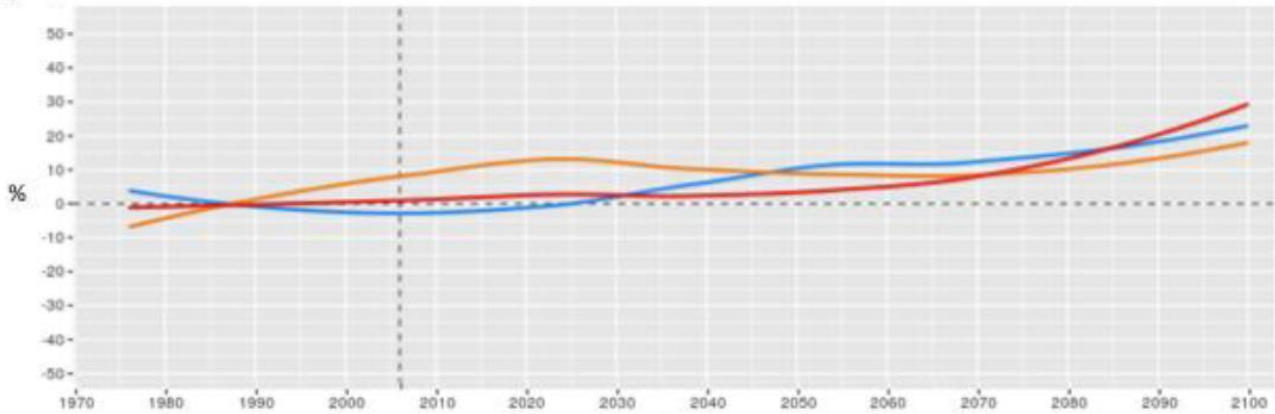


Figura 41. Anomalie delle precipitazioni invernali in FVG fino al 2100 per RCP2.6 (linea blu), RCP4.5 (linea arancione) e RCP8.5 (linea rossa) [19].

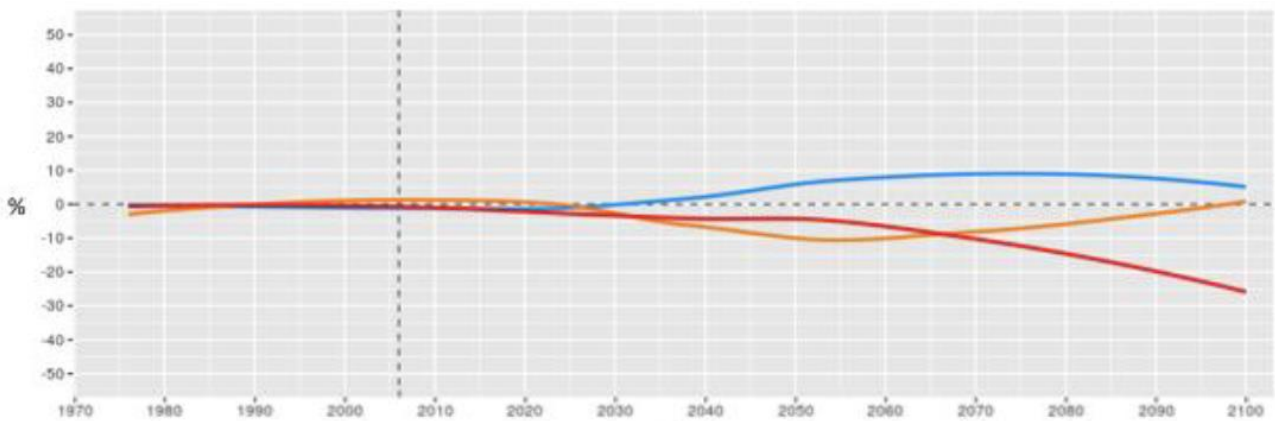


Figura 42. Anomalie delle precipitazioni estive in FVG fino al 2100 per RCP2.6 (linea blu), RCP4.5 (linea arancione) e RCP8.5 (linea rossa) [19].

Un aspetto rilevante da investigare è quello degli eventi estremi, sia per quanto riguarda le temperature che le precipitazioni.

Le ondate di calore, definite come periodi di almeno 5 giorni in cui la temperatura media giornaliera sia oltre 5 °C più calda della temperatura media di riferimento per quel giorno dell'anno, hanno avuto luogo mediamente per meno di 5 giorni all'anno durante il periodo di riferimento. Lo scenario RCP2.6 dimostra che nel futuro vi saranno 5-10 giorni annui affetti da fenomeni di questo tipo (quindi una o due ondate di calore). Lo stesso comportamento è presente nello scenario RCP8.5 per il periodo 2021 - 2050, mentre alla fine del secolo 40 giorni all'anno potrebbero subire questo fenomeno. Ciò potrebbe condurre a notevoli conseguenze sulla salute umana, sull'agricoltura, sui ghiacciai e sugli ecosistemi più vulnerabili.

Un altro fenomeno estremo sono i “giorni caldi” in cui la temperatura massima supera i 30 °C e le “notti tropicali” durante le quali la temperatura minima supera i 20 °C. Per l'analisi di tali eventi cinque località del FVG sono state analizzate: i quattro capoluoghi di provincia (Trieste, Udine,

Pordenone, Gorizia) e la cittadina di Tolmezzo, rappresentativa del territorio montano. Nelle seguenti tabelle sono riportati il numero dei giorni caldi (Tabella 7) e delle notti tropicali (Tabella 8), nonché gli stessi numeri previsti per la fine del secolo secondo i tre scenari RCP e le conseguenti percentuali di variazione.

Tabella 7. Numero di “giorni caldi” durante il periodo di riferimento ed i valori previsti per tutti gli scenari RCP e relative percentuali di variazione [19].

Località	Riferimento	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
Trieste	20	30 (+50%)	40 (+100%)	70 (+250%)
Udine	30	50 (+65%)	60 (+100%)	90 (+200%)
Pordenone	30	55 (+85%)	65 (+115%)	95 (+215%)
Gorizia	25	50 (+100%)	60 (+140%)	95 (+280%)
Tolmezzo	15	30 (+100%)	40 (+160%)	70 (+360%)

Tabella 8. Numero di “notti tropicali” durante il periodo di riferimento ed i valori previsti per tutti gli scenari RCP e relative percentuali di variazione [19].

Località	Riferimento	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
Trieste	40	70 (+75%)	90 (+125%)	120 (+200%)
Udine	5	20 (+300%)	35 (+600%)	70 (+1300%)
Pordenone	5	25 (+400%)	35 (+600%)	75 (+1400%)
Gorizia	5	20 (+300%)	35 (+600%)	70 (+1300%)
Tolmezzo	3	5 (+65%)	15 (+200%)	45 (+800%)

Trieste, rappresentativa della fascia costiera, è la località avente il maggior numero di notti tropicali (40) ed il minor numero di giorni caldi (20) durante il periodo di riferimento. Questa è altresì la località che rileva le minori variazioni percentuali per i vari scenari RCP per il 2100, con un aumento delle notti tropicali tra il 75% ed il 200% e dei giorni caldi tra il 50% ed il 250%. Ciò è probabilmente dovuto all’effetto mitigante del mare. Per quanto riguarda Udine, Pordenone e Gorizia, rappresentativi della pianura, durante il periodo di riferimento evidenziano un rilevante numero di giorni caldi (circa 30) e valori molto bassi per le notti tropicali (5). Questo rappresenta il tipico salto termico che avviene tra giorno e notte in un paesaggio di pianura. Riguardo al numero dei giorni caldi predetto dagli scenari RCP, le tre località mostrano comportamenti simili, con un incremento di tali giorni tra 65% e 280%. Anche per quanto concerne le notti tropicali, l’andamento è essenzialmente identico in tutte e tre le località, mostrando un enorme incremento nel loro

numero, tra il 300% ed il 1400%. Infine, Tolmezzo, rappresentativo dell'ambiente montano, presenta il minor numero sia per i giorni caldi (15) che per le notti tropicali (3) durante il periodo di riferimento, accoppiato con le maggiori percentuali di aumento dei primi, tra il 100% ed il 360%, ed un incremento intermedio delle seconde, tra il 65% e l'800%. Il riscaldamento globale, oltre ad incrementare il numero di giorni caldi e notti tropicali, avrà altresì l'effetto di ridurre il numero dei giorni di gelo nei quali la temperatura minima scende al di sotto degli 0 °C. A Trieste il numero di tali giorni nel periodo di riferimento è 10 - 20 all'anno ed è previsto in diminuzione fino a meno di 10 nel 2100 per gli scenari RCP2.6 e 4.5, e addirittura a 0 per il RCP8.5. Riguardo a Gorizia, Udine e Pordenone, il numero di giorni di gelo nel periodo di riferimento è 60 - 70 all'anno, previsto in diminuzione a 30 - 50 nel 2100 per gli scenari RCP2.6 e 4.5 ed a circa 10 per quello RCP8.5. Infine, Tolmezzo vedrà una riduzione da circa 80 giorni all'anno a circa 10 nel 2100 per lo scenario RCP8.5.

Infine, l'ultimo evento estremo considerato nello studio sono le precipitazioni particolarmente intense e che possono causare alluvioni e fenomeni di erosione. Queste sono solitamente identificate considerando il 95th percentile della distribuzione delle precipitazioni giornaliere. Questo parametro identifica l'ammontare di precipitazione superato solo nel 5% degli eventi, cioè identifica quelli più pericolosi ed intensi. Tale indice è solitamente calcolato per un periodo di riferimento (nel nostro caso 1986 - 2005) ed è quindi usato come identificatore degli eventi più estremi per il futuro. Per la regione del FVG il numero di giorni che supera il 95th percentile è stato calcolato per il futuro e quindi comparato con lo stesso numero calcolato per il periodo di riferimento. Secondo lo scenario RCP2.6 durante la stagione invernale gli eventi estremi mostrano un incremento in tutta la regione, anche se più marcati nella parte occidentale (Figura 43). Durante la stagione estiva invece la parte orientale della regione sarà interessata da una riduzione di tali eventi, mentre il resto del territorio rileverà un leggero incremento (Figura 44). Considerando lo scenario RCP8.5 durante l'inverno sarà registrato un generale incremento di tali eventi ed i più importanti interesseranno la fascia costiera. In estate invece vi sarà un generale decremento, specialmente nelle pianure e nella parte orientale della regione. Generalmente si può notare come la distribuzione geografica degli eventi estremi sia simile a quella delle precipitazioni medie (come descritto precedentemente). In ogni caso il numero di giorni interessati da tali eventi tende ad avere variazioni minori; questo vuole dire che in media l'intensità dei singoli eventi estremi tende a variare più marcatamente.

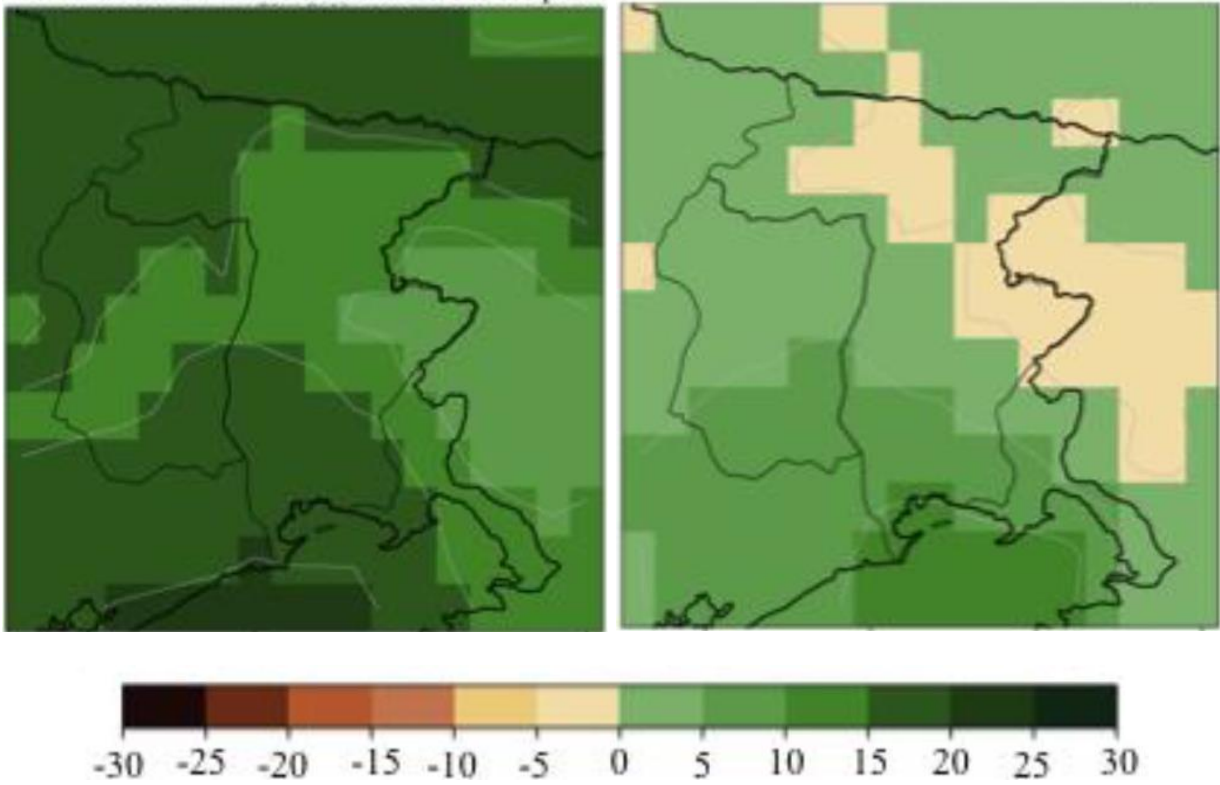


Figura 43. Precipitazioni intense in FVG nel periodo 2071-2100 per lo scenario RCP2.6 in inverno (sinistra) ed estate (destra) [19].

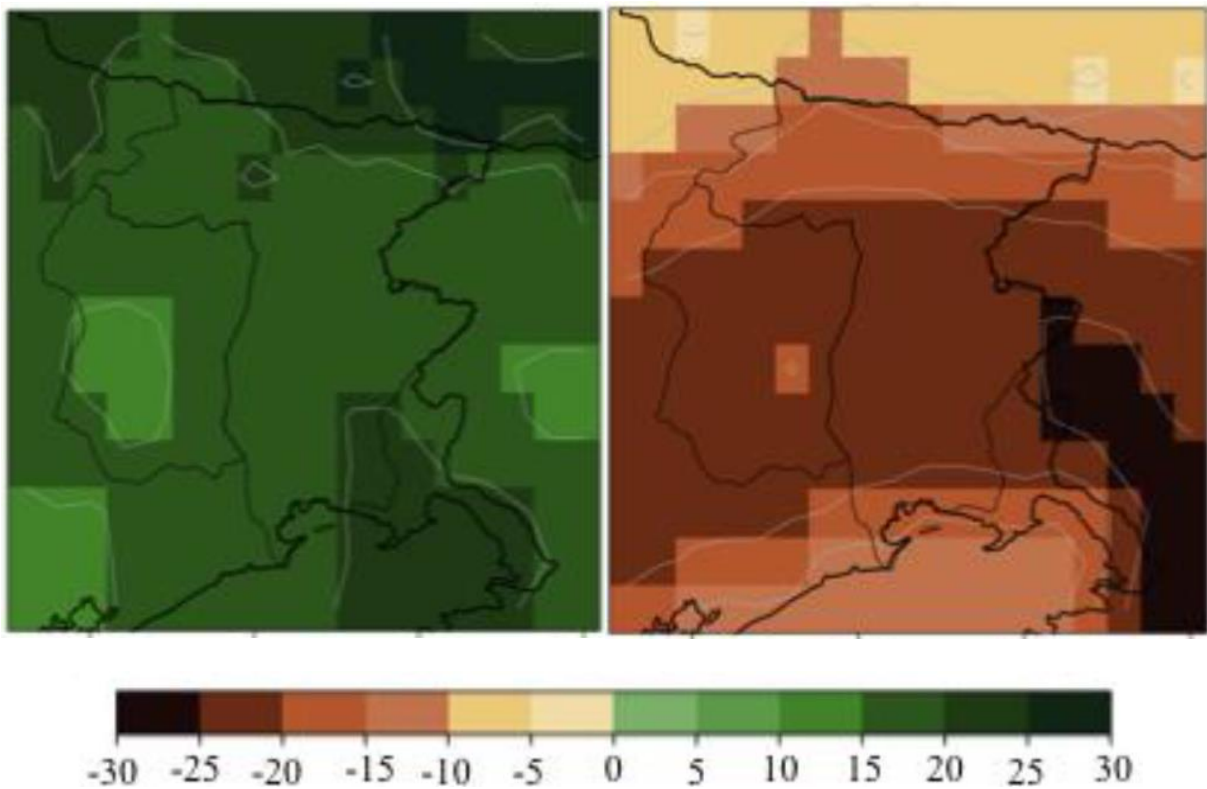


Figura 44. Precipitazioni intense in FVG nel periodo 2071-2100 secondo lo scenario RCP8.5 in inverno (sinistra) ed estate (destra) [19].

Per quanto riguarda la criosfera, il parametro principale da valutare è l'altitudine della linea di equilibrio dei ghiacciai, attualmente situate a 2.700 m. Secondo lo scenario RCP2.6 è previsto che tale linea si stabilizzi sui 3.000 m al 2030, abbassandosi poi lievemente successivamente. La situazione potrebbe essere differente negli altri due scenari RCP, nei quali si prevede che la linea si innalzi a 3.000 m al 2030, e che raggiunga quote di 3.400 - 3.800 m entro il 2100, il che potrebbe implicare la totale scomparsa della criosfera in FVG entro la fine del secolo [19].

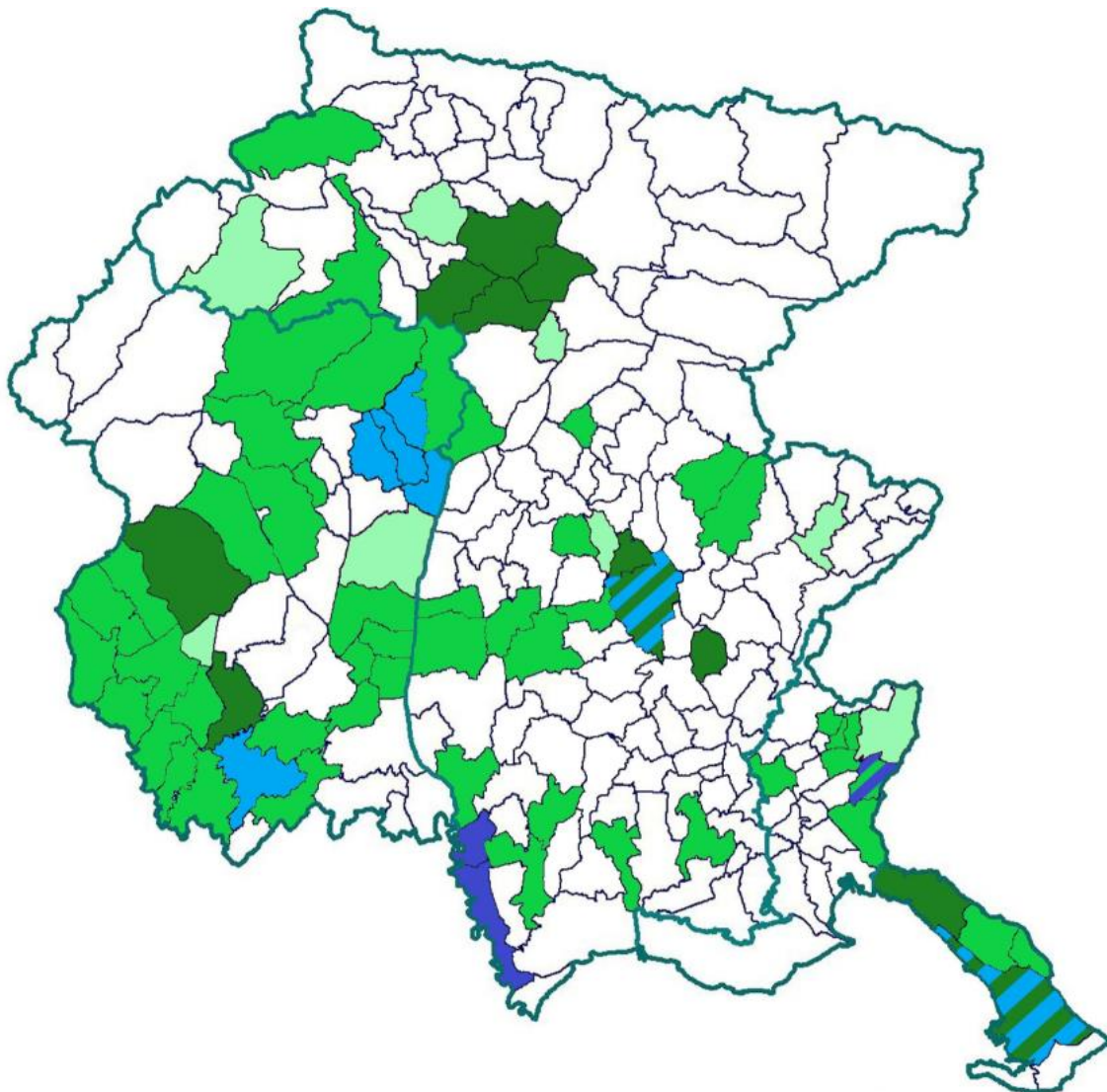
Il comportamento del mare in FVG è solo parzialmente influenzato dalle condizioni meteorologiche locali, mentre una parte significativa della sua variabilità è dovuta alla circolazione dei mari Adriatico e Mediterraneo e dell'Oceano Atlantico. Su scala mediterranea tutti i modelli predicono un riscaldamento del mare ed un aumento della salinità durante il ventunesimo secolo. Quest'ultimo sarà il risultato di un incremento del flusso acqueo netto dal mare verso l'atmosfera, dovuto a temperature più alte, minori precipitazioni e minori apporti fluviali nonché ad un incremento dell'evaporazione, non compensata da significative variazioni nei flussi che attraversano lo Stretto di Gibilterra. I cambiamenti rilevati sono maggiori nell'Adriatico settentrionale, il quale subirà un riscaldamento maggiore a causa della bassa profondità ed un maggior incremento di salinità dovuto al ridotto apporto fluviale. È stato stimato che, entro la fine del ventunesimo secolo, si verificherà un incremento della temperatura superficiale dell'Adriatico di 3,5 °C e della salinità di 0,96, mentre l'incremento medio di temperatura e salinità dell'intera colonna acquee toccherà i 3,7 °C e 0,80 rispettivamente. Per quanto riguarda il livello del mare, si prevede un incremento di 27 - 30 cm entro il periodo 2046 - 2065 e di 52 - 63 cm nel periodo 2081 - 2100, con incertezze di +/- 15 cm e +/- 19 cm rispettivamente [19].

A riguardo degli eventi estremi delle mareggiate, gli studi non mostrano un trend ben definito per il futuro, con alcuni che prevedono un lieve incremento degli eventi, altri un decremento o variazioni trascurabili rispetto alla situazione attuale. Generalmente tutti i modelli prevedono un aumento del livello medio del Mar Mediterraneo, dovuto all'aumento di volume generato dal riscaldamento della massa d'acqua, solo parzialmente compensato dalla riduzione di volume causata dall'aumento di salinità [19].

4.3.4 Mitigazione locale e misure di adattamento

Al fine di affrontare efficacemente gli effetti del cambiamento climatico molte municipalità nella regione del FVG hanno già stilato contromisure con l'intento di mitigare tali effetti e di adattarsi

al futuro panorama climatico. Tali misure sono note come Piani d’Azione per l’Energia Sostenibile (PAES) e rappresentano una risposta estremamente localizzata essendo limitati al comune da cui sono stati stilati. In FVG cinquanta comuni sono entrati nel processo dei PAES, sebbene con differenti gradi di avanzamento: 38 di essi hanno presentato il Piano d’Azione, 7 sono già entrati nella fase di monitoraggio del Piano, 4 sono in attesa ed 1 ha manifestato l’intenzione di entrare nel programma (Figura 45).



2019

Figura 45. Comuni del FVG che hanno: aderito al Patto dei Sindaci 2020 (verde chiaro), presentato il PAES al Patto ma non lo monitorano (verde), fatto approvare il PAES dal Patto e lo monitorano (verde scuro), che hanno aderito al Patto dei Sindaci 2030 (azzurro)

Al fine di avere una panoramica generale di ogni parte della regione, cinque differenti PAES sono stati analizzati. I documenti sviluppati a Trieste [20] e Latisana [21] rappresentano la zona costiera della regione del FVG; quelli sviluppati a Udine [22] e Pordenone [23] rappresentano la zona della

pianura e quello creato nell'area inter-municipale di Tolmezzo [24] rappresenta il territorio montano. A causa delle differenti zone climatiche nelle quali sono situate le località sono differenti anche le misure previste per il futuro. Comunque, in tutti i casi studiati, alcune azioni previste nei vari PAES sono ricorrenti, fatto dovuto a problemi simili che i vari insediamenti si troveranno ad affrontare. Ovviamente tutte le misure ipotizzate sono strettamente interconnesse tra loro. Vengono di seguito riportate le azioni adottate in comune tra tutti i PAES analizzati, divise in accordo al settore di applicazione.

- **Consumo di energia pubblico e privato:** tutti cinque i PAES puntano alla riduzione del consumo di energia negli insediamenti; la prima misura ipotizzata è la creazione di un sistema municipale di gestione dell'energia. Questo avrà lo scopo di raccogliere informazioni riguardo tutti gli utenti della municipalità in termini di aree servite, tassi di consumo di elettricità, gas, olio e altri combustibili, creando quindi un sistema informativo efficiente e facilmente aggiornabile. Detto ciò, i due settori principali nei quali la pubblica amministrazione potrebbe operare direttamente in modo da ridurre l'utilizzo di energia sono la gestione dell'illuminazione pubblica e degli edifici pubblici quali ospedali, scuole ed uffici. Una volta rilevati gli aspetti critici delle proprietà pubbliche, si potrà programmare un piano di ristrutturazione energetica degli edifici e dell'illuminazione. Per quanto riguarda i primi, l'intervento più auspicabile è la sostituzione dei generatori di calore esistenti con nuovi generatori più performanti. Comunque, altri interventi adatti possono essere l'isolamento termico degli edifici, la sostituzione dei serramenti e la razionalizzazione del consumo di energia; quest'ultimo potrebbe essere ottenuto attraverso un aggiustamento dei set-point e del tempo di attivazione degli impianti di riscaldamento e raffrescamento. Per quanto riguarda la pubblica illuminazione, è in programma una sostituzione completa delle lampade esistenti con nuove a LED. Se la riduzione del consumo di energia nel settore pubblico è un obiettivo raggiungibile in un ammontare di tempo relativamente breve, nel settore privato ciò richiederà tempistiche più lunghe. Ciò è dovuto al fatto che nel settore privato vi sono molti attori coinvolti nel processo e vi è una minore predisposizione alla spesa per il raggiungimento degli obiettivi sopra citati. La pubblica amministrazione può comunque proporre azioni atte alla riduzione del consumo energetico attraverso l'introduzione di vari incentivi come, ad esempio, quelli fiscali. Detto ciò, gli interventi necessari alla riduzione del consumo energetico negli edifici privati sono pressoché gli stessi descritti per quelli pubblici; tuttavia la razionalizzazione del consumo di energia non può essere ottenuta attraverso una forzatura esterna dei set-point di temperatura e del tempo di attivazione degli impianti. D'altro canto, iniziative come gli incentivi per l'inserimento di

processi di domotica e automazione nella gestione del riscaldamento e raffrescamento delle residenze saranno strumenti utili per la razionalizzazione del consumo di energia nel settore privato.

- **Mobilità urbana:** l'obiettivo principale è quello di ridurre l'uso dei veicoli privati e le emissioni di quelli pubblici. Per ottenere ciò, è in programma una sostituzione dei vecchi autobus con nuovi e meno inquinanti (per esempio autobus che usino gas metano come combustibile), accoppiata con la creazione di nuove piste ciclabili ed aree a traffico limitato. Un altro miglioramento importante è la sostituzione delle intersezioni regolate da semafori con rotonde, decongestionando di conseguenza il network stradale e riducendo le emissioni dei veicoli circolanti; un altro metodo per decongestionare le strade potrebbe essere un piano di razionalizzazione del trasporto di beni e persone. A causa dell'importanza che il numero di veicoli circolanti ha in termini di consumo energetico e di combustibili e di inquinamento dell'aria, alcune misure come il car-pooling e il car-sharing sarebbero molto adatte alla riduzione di tale numero. Infine, verranno posizionati nelle parti centrali degli insediamenti nuovi punti di ricarica per le auto elettriche in modo da promuovere l'uso di tali veicoli.
- **Trattamento dei rifiuti:** le municipalità si stanno impegnando con una serie di incentivi ed interventi al fine di aumentare la percentuale di rifiuti riciclati e conseguentemente ridurre la quantità di quelli indifferenziati nella loro area comunale. Un nuovo sistema di raccolta dei rifiuti è già stato introdotto, comprendente la raccolta separata di: rifiuti organici, imballaggi in plastica, carta, vetro, erba e ramaglie, grazie ai cosiddetti "bidoni di prossimità". Ai cittadini sono stati conferiti kit di borse organiche e biodegradabili per la raccolta dei rifiuti e documentazione informativa; i bidoni posizionati in strada sono stati sostituiti incrementando quelli per la raccolta della plastica. I comuni hanno altresì organizzato degli incontri informativi con i cittadini per illustrare i nuovi metodi di raccolta. È stato inoltre lanciato il servizio di raccolta per i rifiuti ingombranti in modo da ridurre il fenomeno dell'abbandono di questi nelle strade e per garantire un servizio alle persone bisognose o in difficoltà. Per il futuro tutte queste misure verranno ulteriormente rinforzate in modo da ottenere percentuali di rifiuti riciclati ancora maggiori, riducendo al contempo l'impatto che questo settore ha sull'ambiente naturale.
- **Sensibilizzazione ed educazione:** in tutte le località analizzate viene posta grande attenzione sulla sensibilizzazione ed educazione dei cittadini circa il cambiamento climatico e l'impatto antropico sull'ambiente naturale. Campagne d'informazione e training sono state pianificate in modo da sensibilizzare sia i cittadini che le società circa il risparmio energetico ed idrico. Un'altra importante misura è la promozione di uno stile

di vita coscienzioso e virtuoso che includa l'uso di prodotti senza imballaggi, iniziative come le “Case dell'Acqua” e molto altro. Un altro obiettivo specifico dell'attività è quello di risvegliare negli studenti e docenti la consapevolezza dell'importanza dei temi energetici e delle problematiche ambientali e, allo stesso tempo, ottenere risultati concreti circa la riduzione delle emissioni di CO₂ degli edifici scolastici. Tale azione si sviluppa quindi in due obiettivi: il training circa l'energia e la riduzione del consumo energetico nelle scuole, ed il monitoraggio del consumo di energia, acqua e materiali nonché della produzione di rifiuti.

- **Salute pubblica:** un aspetto estremamente importante che le amministrazioni comunali devono considerare è la salute pubblica; riguardo a questo argomento si devono tenere in conto molti fattori. Di seguito vengono riportati alcuni dei principali, insieme alle misure atte al loro miglioramento. Il previsto incremento delle temperature medie causerà un maggior numero di ondate di calore durante la stagione estiva, causando di conseguenza importanti problemi di salute alla popolazione, specialmente alle parti più deboli di essa, come persone anziane, bambini e malati. Uno degli obiettivi principali per il futuro è la mitigazione degli effetti delle ondate di calore nei centri urbani; ciò può essere ottenuto tramite processi di riforestazione ed attraverso la creazione di giardini e tetti verdi. Questi interventi aiuteranno a ridurre l'effetto della radiazione solare ed aumenteranno i fenomeni di traspirazione ed evaporazione, conducendo quindi ad una generale riduzione del consumo energetico per il raffrescamento degli edifici. Molto importante sarà anche la capacità del sistema sanitario di prevenire possibili disagi dovuti a fenomeni climatici e, quando necessario, di rispondere rapidamente alle emergenze sanitarie. Ciò richiederà una preparazione dello staff sanitario adeguata e costante su tutti i livelli, così come un sistema di monitoraggio di tutti gli aspetti che potrebbero influenzare la salute pubblica, come l'inquinamento dell'aria e idrico.
- **Produzione di energia elettrica attraverso fonti rinnovabili:** se la riduzione del consumo energetico sia negli edifici pubblici che in quelli privati è fondamentale, un altro aspetto cruciale per ridurre l'impatto antropico sull'ambiente naturale è quello di affidarsi a risorse rinnovabili per la produzione di energia elettrica. Grande attenzione verrà posta sui sistemi fotovoltaici poiché costituiscono una soluzione non inquinante. La pubblica amministrazione punta ad installare tali sistemi su un gran numero di tetti di edifici pubblici ove ciò sia possibile e non limitato da vincoli architettonici. Attraverso lo sfruttamento della radiazione solare le emissioni di gas serra prodotte per fornire elettricità agli edifici e specialmente per il loro raffrescamento, verrà fortemente ridotto. Tali sistemi potrebbero essere installati anche sui tetti di edifici privati ed il loro utilizzo

è promosso attraverso incentivi fiscali per gli investitori privati che vogliono affidarsi a questo tipo di produzione elettrica. Vi sono molti metodi per produrre elettricità con emissioni di gas serra piccole o nulle, come ad esempio lo sfruttamento della rete di distribuzione di gas metano tramite l'installazione di un turbo espansore per recuperare il salto entalpico del gas quando passa dal sistema distributivo SNAM a quello locale. Approcci simili possono essere usati nell'ambito degli acquedotti, dove l'installazione di stazioni idroelettriche dentro l'acquedotto stesso potrebbe sfruttare il salto idroelettrico già presente nell'infrastruttura, riducendo di conseguenza la produzione di energia elettrica da fonti non rinnovabili e sensibilizzando i cittadini sul tema dell'energia. Addirittura, il sistema fognario potrebbe essere utilizzato in tal modo; infatti, attraverso l'uso di un trattamento anaerobico delle fognature, si potrebbe ottenere del biogas per produrre sia elettricità che calore.

- **Acquisto di Energia Elettricità Verde Certificata:** le amministrazioni locali preferiscono spesso acquistare elettricità da terze parti piuttosto che produrla da sé; circa questo argomento una possibilità alternativa di crescente importanza è l'acquisto di Elettricità Verde Certificata (Certified Green Electricity o CGE). Solo l'elettricità che soddisfi i prerequisiti definiti nella normativa 2011/77/CE, aggiornata con la 2009/28/CE, può essere definita come CGE, cioè solo elettricità che sia stata prodotta interamente tramite fonti rinnovabili. Questa azione è accoppiata con l'intento di ridurre il consumo generale di energia dei comuni e il suo obiettivo è ottenere degli acquisti di CGE che coprano fino al 100% dell'energia consumata.

Le misure descritte finora sono quelle comuni a tutte le aree; tuttavia ogni singola zona deve affrontare particolari criticità. Per questo, i cinque documenti PAES presentano alcune strategie specifiche per affrontare tali problemi.

Per quanto riguarda la fascia costiera, dei problemi peculiari possono essere le mareggiate ed eventi alluvionali; dall'altro lato, sia la disponibilità che la qualità dell'acqua potabile potrebbero presentare dei problemi nel prossimo futuro. Infine, Trieste, essendo il maggior centro urbano della regione, è anche quello che gestisce il maggior quantitativo di rifiuti, compito decisamente sfidante per l'amministrazione locale. Di seguito sono quindi riportate le soluzioni a questi problemi proposte nei PAES di Latisana e Trieste:

- **Prevenzione delle alluvioni:** questo particolare problema è attualmente affrontato solo a Latisana, essendo questo un comune situato vicino al fiume Tagliamento. Infatti, Trieste, sebbene sia una città costiera, non prevede alcun piano per evitare le alluvioni od alleviarne gli effetti. Per quanto riguarda Latisana, è già in essere un piano di

manutenzione regolare del letto del fiume per evitare la possibilità che i sedimenti siano d'ostacolo all'acqua, causando di conseguenza fenomeni alluvionali. Un'altra misura è quella di mantenere perfettamente operativo il sistema di deflusso delle acque piovane. Infine, organizzare lo staff del comune in modo da ottenere una risposta rapida in caso di alluvione è essenziale per limitare i possibili danni a persone e strutture e per ritornare alla normalità il prima possibile.

- **Case dell'Acqua:** a causa del cambiamento climatico una grande sfida futura per i centri urbani, specialmente se situati lungo la costa, sarà la disponibilità e la qualità di acqua potabile. A causa di ciò, è fondamentale promuovere un comportamento ecologico tra i cittadini e dei progetti al fine di ottenere uno sfruttamento sostenibile di questa importante risorsa. Detto ciò, sia a Trieste che Latisana sono già stati creati dei punti di distribuzione di acqua potabile, uno a Trieste e tre a Latisana. Questi punti, noti come Case dell'Acqua, contribuiscono a sensibilizzare i cittadini circa i temi della sostenibilità e della pubblica utilità e a ridurre l'utilizzo di plastica, ottenendo quindi una riduzione di inquinamento da quest'ultima e delle emissioni di gas serra.
- **Pianificazione territoriale:** il cambiamento climatico porta ad un aggravarsi ed intensificarsi di eventi e disastri naturali; per questa ragione è molto importante avere a disposizione strumenti di pianificazione che consentano di conoscere quali eventi possono avvenire nell'area e con quale intensità. Conosciuto il pericolo è quindi necessario prepararsi per fronteggiare tali eventi attraverso procedure ben definite, il che consente al territorio ed alla popolazione di essere resilienti e di ritornare il prima possibile ad una condizione di normalità. Latisana intende condurre un attento sondaggio delle aree affette da rischi naturali, concentrando la sua attenzione in particolare sull'analisi del rischio idrogeologico e sulla micro-zonazione sismica. Questi studi sono la base su cui costruire il Piano di Emergenza Municipale, il quale costituisce l'elaborazione coordinata delle procedure d'intervento operative da attuare nel caso l'evento sia annunciato e/o si verifichi. Il Piano d'Emergenza deve contenere la previsione, la pianificazione ed il progetto di tutte le attività coordinate e tutte le procedure che devono essere adottate per affrontare un evento calamitoso atteso nel territorio, inoltre esso deve essere anche periodicamente aggiornato.
- **Produzione di elettricità dai rifiuti:** essendo il principale centro urbano della regione, Trieste è anche il maggior produttore di rifiuti il cui trattamento e stoccaggio è usualmente un compito impegnativo ed a volte richiede uno sforzo rimarchevole all'ambiente naturale. Detto ciò, utilizzare i rifiuti per produrre elettricità potrebbe essere un utile processo per ridurre l'impatto sull'ambiente ed aiutare la città nel sostenere i picchi di domanda di

elettricità. Tale azione dovrebbe essere attuata attraverso l'utilizzo di impianti di valorizzazione dei rifiuti localizzati a Trieste ed amministrati da AcegasApsAmga S.p.A., ottenendo quindi una riduzione annua di circa 16.000 tonnellate di CO₂ emessa nell'atmosfera per produrre elettricità.

Per quanto riguarda la pianura del FVG, la forte presenza di industrie e compagnie produttive porta a problemi di richiesta di energia elettrica e ad enormi consumi energetici. Se da un lato la presenza di queste attività costituisce un elemento destabilizzante per l'ambiente, dall'altro esse potrebbero essere degli importanti attori positivi se correttamente gestite e sfruttate. Nelle seguenti misure sono riportate le azioni di gestione e sfruttamento della forte presenza industriale:

- **Cogenerazione e teleriscaldamento:** l'obiettivo dell'azione è creare le condizioni per la diffusione di reti di teleriscaldamento che possano sistematicamente e progressivamente servire differenti aree delle città di pianura fino ad ottenere una copertura completa ed omogenea. Questa azione include il riconoscimento di progetti di teleriscaldamento sviluppati o pianificati, la valutazione dell'impatto energetico e dei benefici ambientali connessi al loro sviluppo, la ricerca di possibili sinergie dovute all'interconnessione di due o più reti, l'uso di altre fonti d'energia (recupero d'energia, risorse rinnovabili, altri combustibili). Questo approccio potrebbe portare a sistemi ad alta efficienza che potrebbero servire efficacemente aree sia industriali che residenziali.
- **Efficienza energetica nella rete di distribuzione commerciale:** la zona pianeggiante del FVG ospita grandi sistemi di distribuzione del cibo. A causa della particolare natura degli edifici coinvolti in quest'attività, un enorme ammontare d'energia è utilizzato per alimentare l'illuminazione, il condizionamento dell'aria ed i sistemi di refrigerazione del cibo. Poiché questi edifici hanno un grande impatto sul consumo totale di energia in quest'area, le amministrazioni locali puntano a ridurre di circa il 30% l'energia usata per alimentare i sistemi sopra citati attraverso l'utilizzo delle tecnologie disponibili più adatte ed economicamente convenienti. L'attività di efficientamento energetico si concentrerà inizialmente sui grandi centri commerciali che hanno una capacità di investimento maggiore; di seguito si focalizzerà anche sui business minori, appoggiandosi ad ESCO specializzate, collegate all'amministrazione municipale tramite un accordo volontario.
- **Opzioni per la demolizione e la ricostruzione ad alta efficienza:** a causa dei maggiori problemi che si incontrano durante una ristrutturazione piuttosto che durante una ricostruzione di un edificio, i comuni della pianura del FVG mirano ad introdurre criteri che incoraggino la demolizione e la conseguente ricostruzione di edifici esistenti piuttosto che

la loro ristrutturazione. Ciò può essere fatto solo qualora non siano presenti vincoli architettonici, storici, ambientali o di paesaggio. Prima di pianificare un progetto di rinnovo, dovrà essere condotta un'analisi per verificare gli elementi economici ed ambientali che possano essere diretti verso una ricostruzione da demolizione. Nel caso venga osservato dall'analisi tecnica ed economica che la ristrutturazione implichi un onere maggiore di quello necessario alla costruzione di un nuovo edificio con eguali caratteristiche volumetriche, il cliente dovrà procedere ad una demolizione e ricostruzione (nella gran parte dei casi i costi di ristrutturazione superano quelli di una nuova costruzione).

- **Sistemi fotovoltaici:** gli edifici delle compagnie produttive presentano spesso ampie superfici orizzontali, o inclinate verso Sud, il che li rende adatti all'installazione di moduli fotovoltaici. Per un'area comunale, ciò rappresenta un'opportunità per produrre energia traendo vantaggio dagli incentivi. Per le compagnie un investimento nel fotovoltaico può essere conveniente sia per ridurre il costo dell'energia, grazie ai contratti di scambio in situ, sia per investire i profitti in beni immobili che garantiscono un certo guadagno annuale. Installazioni a terra possono altresì essere considerate se la compatibilità dell'intervento con la pianificazione urbana viene soddisfatta.

Per quanto riguarda l'area montana, a causa della particolare morfologia del territorio, sorgono parecchie problematiche peculiari. Prima di tutto lo sviluppo di insediamenti urbani è fortemente influenzato dalla morfologia del territorio e deve tenere in conto un approccio a basso impatto sull'ambiente circostante. Più che in altre aree, le attività umane sono fortemente connesse ed influenzate dagli eventi naturali, quindi ogni azione presa dalla pubblica amministrazione deve considerare tale fattore. Qui sono riportate alcune pratiche da considerare ed alcune peculiarità del territorio montano come quello dell'area inter-municipale di Tolmezzo:

- **Pianificazione urbana e territoriale:** essendo situata in un ambiente vulnerabile come quello montano, l'area inter-municipale di Tolmezzo deve impostare un'accurata pianificazione urbana e territoriale in modo da promuovere uno sviluppo sostenibile, limitando il suo impatto negativo e garantendo un uso sostenibile delle risorse locali. Il documento principale che regola lo sviluppo urbano è il Regolamento Edilizio. Tale documento è già esistente, e verrà aggiornato attraverso l'inserimento di misure quali: obblighi di risparmio idrico, utilizzo di materiali locali e riciclabili, obbligo di connessione a reti di teleriscaldamento (se esistenti) e via dicendo. Inoltre, le caratteristiche geometriche dei nuovi edifici dovranno essere studiate in dettaglio per ottenere il miglior orientamento al fine di ridurre i carichi di riscaldamento invernale e raffrescamento estivo.

Infine, la pianificazione urbana non consente alcuna espansione urbanistica non monitorata e promuove l'equilibrio tra aree urbane ed aree verdi.

- **Acquisti Verdi della Pubblica Amministrazione:** gli Acquisti Verdi della Pubblica Amministrazione (Green Public Procurement o GPP) consentono a quest'ultima di introdurre l'aspetto ambientale nell'approvvigionamento di beni, servizi e lavori. Ciò è applicabile alla progettazione, costruzione e gestione di edifici, all'acquisto di strutture energivore ed anche all'acquisto di energia elettrica. Attraverso questo tipo di contratto pubblico, è possibile guidare sia gli investitori pubblici che quelli privati verso una riduzione del loro impatto ambientale. Ciò può essere fatto grazie a due aspetti principali: il primo, la pubblica amministrazione è il maggior acquirente di beni, ed è quindi in grado di ridurre significativamente il loro impatto ambientale scegliendo quelli meno inquinanti. Ciò porta al secondo aspetto: le amministrazioni che si affidano a beni a basso impatto possono instaurare dei circoli virtuosi dove anche gli investitori privati saranno incoraggiati a comprare beni, servizi ed attività meno inquinanti.
- **Creazione di reti di teleriscaldamento a biomasse:** come già menzionato precedentemente, la pianificazione urbana e territoriale include nel suo insieme di misure la connessione al teleriscaldamento se presente. Circa questo obiettivo, l'area intercomunale di Tolmezzo mira a creare le condizioni per la diffusione del teleriscaldamento a biomasse in modo da sostituire le centrali esistenti alimentate da diesel, GPL ed oli pesanti. In particolare, Tolmezzo mira alla promozione di progetti che puntino alla costruzione di centrali a biomasse che possano servire, attraverso il teleriscaldamento, molti edifici pubblici energivori come l'ospedale locale, la piscina, le scuole, l'auditorium ed altri. Successivamente verrà garantita la possibilità di connettersi al teleriscaldamento anche agli edifici privati.
- **Creazione di un Consorzio per lo sfruttamento delle risorse boschive:** un grande ruolo per il raggiungimento degli obiettivi sopra citati sarà quindi giocato dalla disponibilità di biomasse. A causa di ciò, sarà fondamentale creare un Consorzio per lo sfruttamento delle risorse boschive presenti nell'area mantenendo al contempo un basso impatto antropico sull'ambiente. Il ruolo del Consorzio sarà quello di riunire i possessori pubblici e privati di terreni locali in modo da garantire le biomasse necessarie per le centrali e di regolare la quantità di prelievo del legname in modo da assicurare un basso impatto sull'ambiente.
- **Creazione di centrali a biomasse:** nella zona montana della regione del FVG sono presenti molti allevamenti di bovini e suini, i quali implicano la necessità di disporre i liquami generati dalla loro attività. Vi è, tuttavia, una soluzione alternativa per affrontare tale problema: la costruzione di centrali alimentate a biomasse. Il comune di Cavazzo (incluso

nell'area di Tolmezzo) ha già pianificato la costruzione di una centrale di tale tipo che sfrutterà i liquami delle fattorie locali per produrre elettricità, riducendo quindi le emissioni di GHG del comune.

4.4 Città Metropolitana di Venezia

4.4.1 Territorio e demografia

La Città Metropolitana di Venezia confina con la Regione Friuli Venezia Giulia a nord-est, il mare Adriatico a sud, e le ex province di Rovigo, Padova e Treviso ad ovest. Morfologicamente, il territorio è quasi interamente pianeggiante e termina con le zone costiere (Figura 46) [25]. Le pianure sono pianure medie e basse. I principali fiumi, da ovest a est, sono l'Adige, il Brenta, il Bacchiglione, il Sile, il Piave e il Tagliamento. Qui la pendenza è minima e i flussi fluviali possono essere deviati da quasi tutti gli ostacoli che favoriscono la formazione di torrenti e meandri [26]. Durante le precipitazioni intense, i letti dei fiumi e i meandri possono tracimare e depositare sedimenti nelle pianure circostanti. Dove la quota della pianura è molto bassa, questo può favorire la creazione di paludi e piccole penisole [26]. Le coste si estendono da Chioggia a Bibione, circa 120 km, e comprendono il Comune di Venezia, Murano e Burano. I sedimenti delle coste sono principalmente argilla, limo, ghiaia e sabbia, portati dai principali fiumi, e creano le grandi litorali di sabbia e lagune [26]. L'idrologia della Città Metropolitana di Venezia è costituita da sei falde acquifere principali situate a diversi metri di profondità isolate da stratificazioni argillose e ghiaiose. Queste falde acquifere sono alimentate dai fiumi di alta pianura del nord e forniscono acqua per le persone e l'agricoltura attraverso pozzi d'acqua. Dagli anni '50, un costante aumento dell'estrazione dell'acqua ha portato alla depressurizzazione delle falde acquifere e conseguente a subsidenza, fino a 20 cm in alcune aree. Oltre alla subsidenza antropica indotta, questo fenomeno si verifica naturalmente, come conseguenza della stratificazione dei sedimenti e rappresentano oggi uno dei maggiori problemi della città metropolitana di Venezia [26]. In alcune aree, l'intrusione di acqua di mare porta alla contaminazione di risorse di acqua dolce che è più grande nelle aree di subsidenza. Per quanto riguarda il livello del mare, le coste hanno molte aree sotto il livello del mare, il che rappresenta una minaccia costante per le sue città. Le maree astronomiche sono sommate al soprizzo da vento. L'orientazione geografica della costa tende a favorire il vento di Bora, che porta un ulteriore innalzamento del livello del mare sulle coste occidentali (Chioggia), mentre i venti di Scirocco tendono ad aumentare il livello del mare sulle coste orientali. Sono state registrate alte maree fino a 100-130 cm, che hanno portato al completo allagamento di aree strategicamente importanti, come la piazza di San Marco a Venezia o le vie principali di Chioggia. Questi eventi si sono aggravati negli ultimi tempi a causa di un aumento delle precipitazioni e del livello del mare a causa del cambiamento climatico [26].

Amministrativamente e demograficamente, la Città Metropolitana di Venezia è composta da 44 comuni e si estende per 2.473 km² (Figura 46) [25]. Il numero di abitanti nel 2017 è stato di circa 850.000, gran parte dei quali risiede nelle zone costiere, principalmente Venezia (>30%) (Figura 46) [25]. La densità di popolazione (Figura 46) [25] è maggiore nei settori occidentale e centrale, con picchi di densità nei comuni di Spinea, Fiesso d'Artico e Martellago. Le maggiori densità si trovano in concomitanza con le grandi aree industriali o commerciali di Spinea, Mirano, Fiesso d'Artico, San Donà di Piave e Portogruaro. L'indice medio di natalità è leggermente superiore alla media nazionale, mentre l'indice di età della popolazione è significativamente più basso. In termini di ricchezza, le persone più ricche si trovano nella parte occidentale e centrale, come Venezia, Stra, Mirano, Marcon, Martellago, Spinea e Dolo, i comuni con il più alto reddito medio per abitante (>20.000 euro/anno). Al contrario, Eraclea, Caorle, Cavarzere sono i comuni più poveri (>16.000 euro/anno).

In termini di infrastrutture e sviluppo urbano, le radici risalgono all'Impero Romano, quando è stato fatto il tratto che collegava Romea - Idrovia - Padova - Venezia - Trieste [25]. Questo tratto coincide con la più grande concentrazione di sviluppo urbano nella Città Metropolitana di Venezia, che comprende una forte trasformazione territoriale, infrastrutture e di governance idrica. La rete di mobilità del Veneto [25] ospita importanti sistemi stradali e ferroviari riconosciuti a livello internazionale, e Venezia ne è l'epicentro. Appartiene al tratto 5 del Corridoio Lisbona-Kiev e alla Rete Transeuropea di Trasporto (TEN-T), che comprende una rete ferroviaria ad alta velocità. Una fitta rete di strade locali che intercettano la Città di Venezia la collega ad altri importanti corridoi come il Corridoio Genova-Rotterdam, il Corridoio I e il Corridoio Adriatico-Baltico [25]. Per quanto riguarda il trasporto marittimo, Marghera è il luogo dove si trova il principale porto di Venezia, uno dei più grandi d'Italia, e fortemente collegato ai sistemi di mobilità internazionali e nazionali. Un altro importante centro di trasporto è l'aeroporto Marco Polo, il quarto per numero di passeggeri e traffico in Italia.

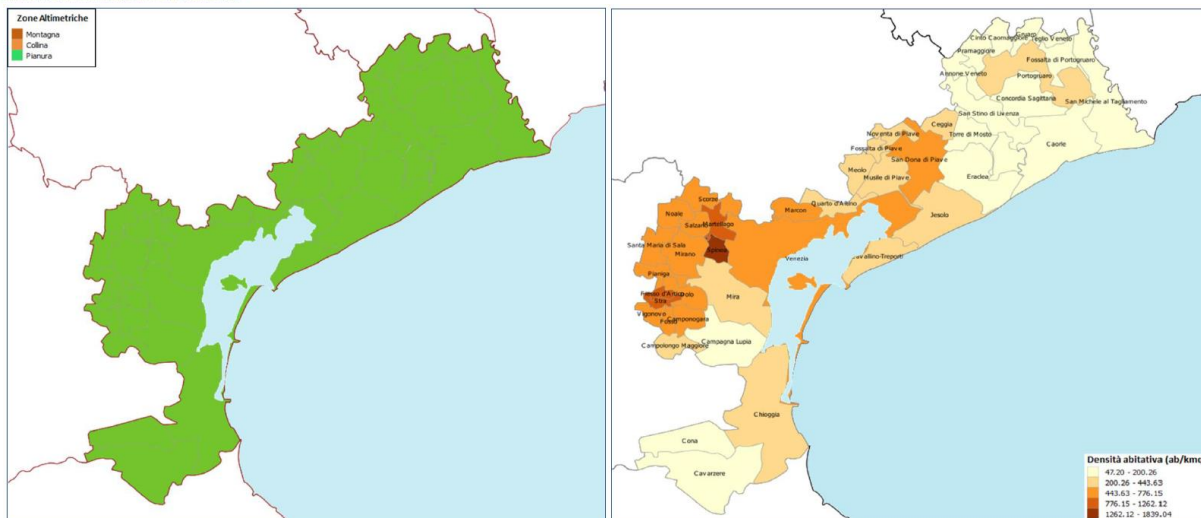


Figura 46. Principali ambienti della Città Metropolitana di Venezia (a sinistra) e divisione amministrativa per comuni (a destra) compresa la densità di popolazione [25].

4.4.2 Consumo di energia ed emissioni di base

I dati del Dipartimento Ambientale della Città Metropolitana di Venezia, riassunti nella Tabella 9, mostrano il consumo energetico totale e le emissioni di CO₂ dei suoi 44 comuni. Come si può vedere, nel settore residenziale, industriale e terziario, la produzione di energia elettrica e termica (prodotta con il metano) erano la fonte primaria di consumo di energia e di emissioni di CO₂. Nel settore dei trasporti pubblici privati e locali, l'uso di carburanti (principalmente diesel) ha rappresentato la maggior parte delle emissioni di CO₂. In totale, l'elettricità, la produzione di calore e i trasporti hanno rappresentato la maggior parte dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂ nella Città Metropolitana di Venezia nel 2017.

Tabella 9. Consumo energetico ed emissioni di CO₂ della Città Metropolitana di Venezia per l'anno 2017.

Categoria	Elettricità	Metano	GPL	Diesel	Benzina	Olio combustibile	Biomasse	Totale
	<i>ktep</i> (<i>tCO₂</i>)	<i>ktep</i> (<i>tCO₂</i>)	<i>ktep</i> (<i>tCO₂</i>)	<i>ktep</i> (<i>tCO₂</i>)	<i>ktep</i> (<i>tCO₂</i>)	<i>ktep</i> (<i>tCO₂</i>)	<i>ktep</i> (<i>tCO₂</i>)	<i>ktep</i> (<i>tCO₂</i>)
Residenziale	83.449 (315.419)	295.168 (676.632)	5.986 (50.782)	13.928 (57.218)		790 (2.922)	33.221 (7.001)	432.542 (1.109.974)
Illuminazione strade pubbliche	5.721 (21.626)							5.721 (21.626)
Settore terziario	169.107 (639.184)	109.274 (250.496)						278.381 (889.680)
Industria	113.616 (429.441)	105.107 (240.944)				6.872 (25.407)		225.595 (695.792)
Trasporto private e commerciale	341 (1.291)	5.780 (13.256)	21.805 (181.775)	261.565 (1.077.128)	56.506 (314.862)			345.997 (1.588.312)
Agricoltura	5.345 (20.204)			29.249 (120.162)				34.594 (140.366)

Edifici comunali	232* (879)							232* (879)
TOTALE	377.814 (1.428.044)	515.331 (1.181.328)	27.791 (232.557)	304.743 (1.254.508)	56.506 (314.862)	7.662 (28.329)	33.221 (7.001)	1.266.556 (4.131.767)

4.4.3 Clima, cambiamenti climatici osservati, scenari, rischi e impatti

Il clima delle zone costiere della Città Metropolitana di Venezia è influenzato dalla presenza del mare che ha un effetto mitigante sui flussi atmosferici, anche se molto limitato, siccome le acque che sono poco profonde e hanno una piccola capacità termica, e sono in grado di mitigare solo i flussi provenienti da sud-est o est. La temperatura media sulle coste della Città Metropolitana di Venezia è di circa 13,4 °C [27]. Le pianure hanno un ridotto effetto di mitigazione dal mare; quindi, è presente un clima più continentale, con estati più calde e inverni più freddi. In particolare, in inverno, prevale un'inversione termica che favorisce l'accumulo di umidità e nebbie. Per quanto riguarda le precipitazioni, cadono ogni anno circa 757 mm di pioggia. Le precipitazioni sono generalmente distribuite equamente nel corso dell'anno, anche se con una piccola prevalenza in primavera e autunno, mentre febbraio è il mese con la minore quantità di pioggia [28].

In termini di cambiamento climatico osservato, non c'è copertura specifica per la Città Metropolitana di Venezia, piuttosto per l'intera regione Veneto. Le temperature medie in Veneto nel periodo 1993-2017 sono aumentate di 1,3 °C (Figura 47) [27] misurate dalle 134 stazioni termometriche dislocate in tutta la regione. Altre misurazioni confrontano l'anno 2017 con i valori medi del periodo 1993-2016. La distribuzione dell'aumento di temperatura è stata disuguale in tutta la regione (Figura 48) [28], e sono state osservate anche differenze mensili, con l'estate e l'inverno più caldi del solito (dati non mostrati).

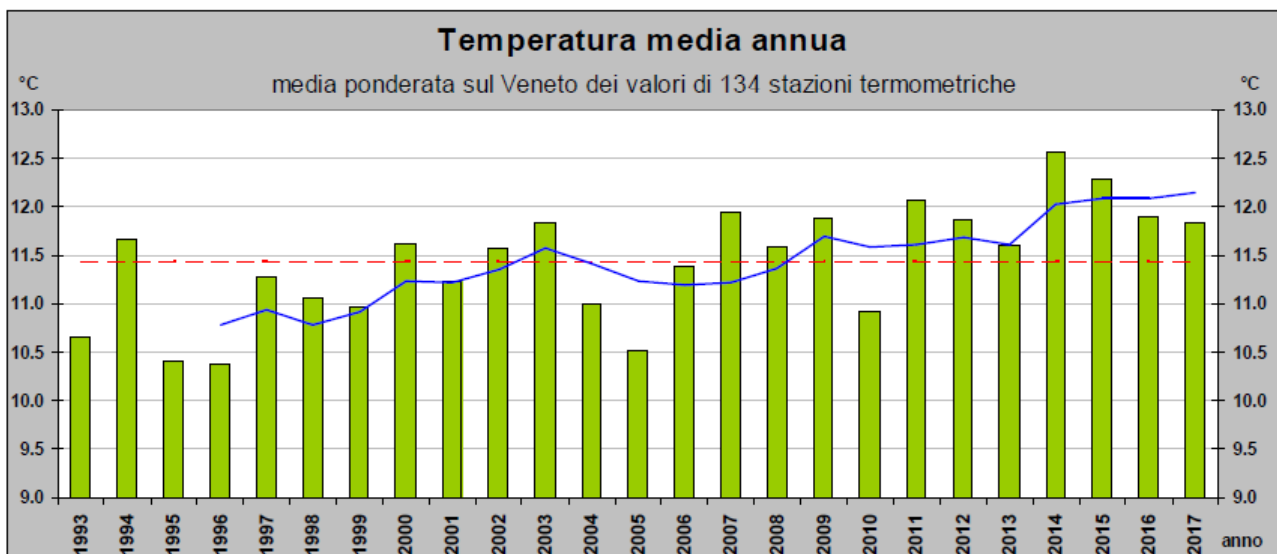


Figura 47. Temperature medie in Veneto dal 1993 [27].

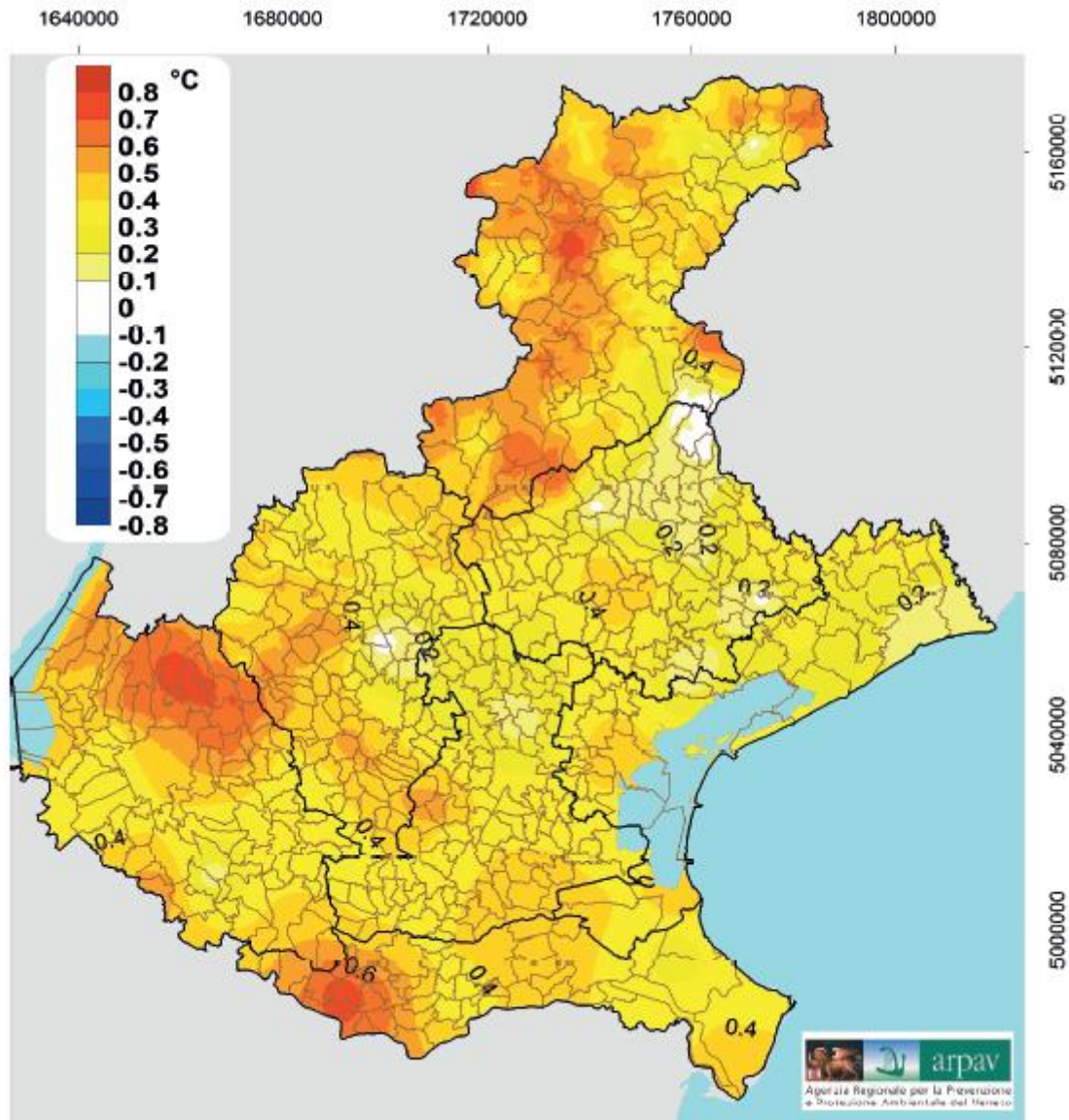


Figura 48. Distribuzione delle variazioni di temperatura nel 2017 rispetto alla media 1993-2016 in Veneto [28]-

In termini di precipitazioni, le 160 stazioni di pluviometriche del Veneto hanno misurato un aumento della media annuale delle precipitazioni, come mostrato in Figura 49 [27]. Nel 2017, tuttavia, c'è stata una diminuzione del 16% delle precipitazioni totali rispetto al periodo di riferimento 1993-2016. Non si tratta di un caso isolato, poiché, a prescindere dalla quantità di precipitazioni totali aumentate negli ultimi 25 anni, le precipitazioni medie annuali sono state in molti casi inferiori alla media del periodo di riferimento. Gli anni 2002, 2008, 2010, 2013 e 2015, al contrario, erano molto al di sopra della media. Questo per dire che quando si misura la precipitazione, ci sono molte condizioni e variabili che rendono la sua previsione più complessa e imprecisa [27].

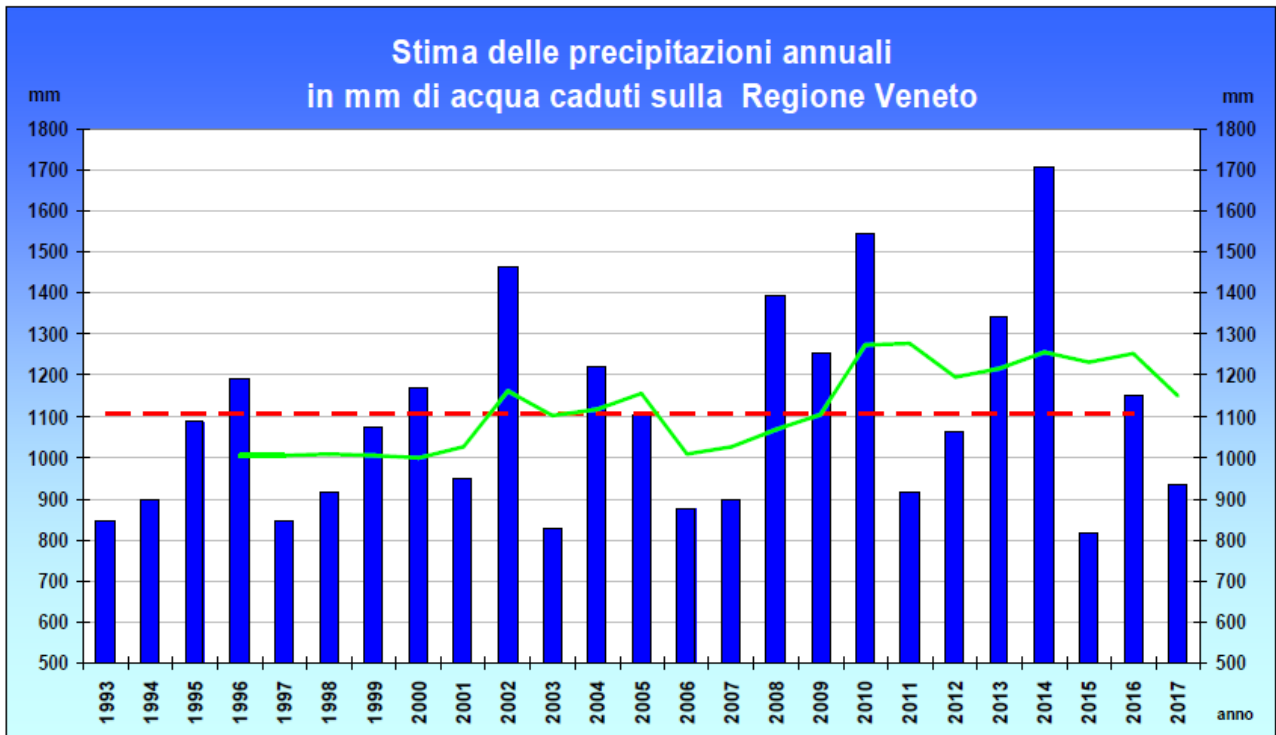


Figura 49. Ammontare della media delle precipitazioni dal 1993 in Veneto [27].

Per quanto riguarda la distribuzione delle piogge, la Figura 50 indica la distribuzione delle piogge in mm nell'intera regione e confronta il 2017 con il periodo di riferimento 1993-2016. Come si può osservare, la città di Venezia ha registrato una riduzione delle piogge tra il 10 e il 20 %.

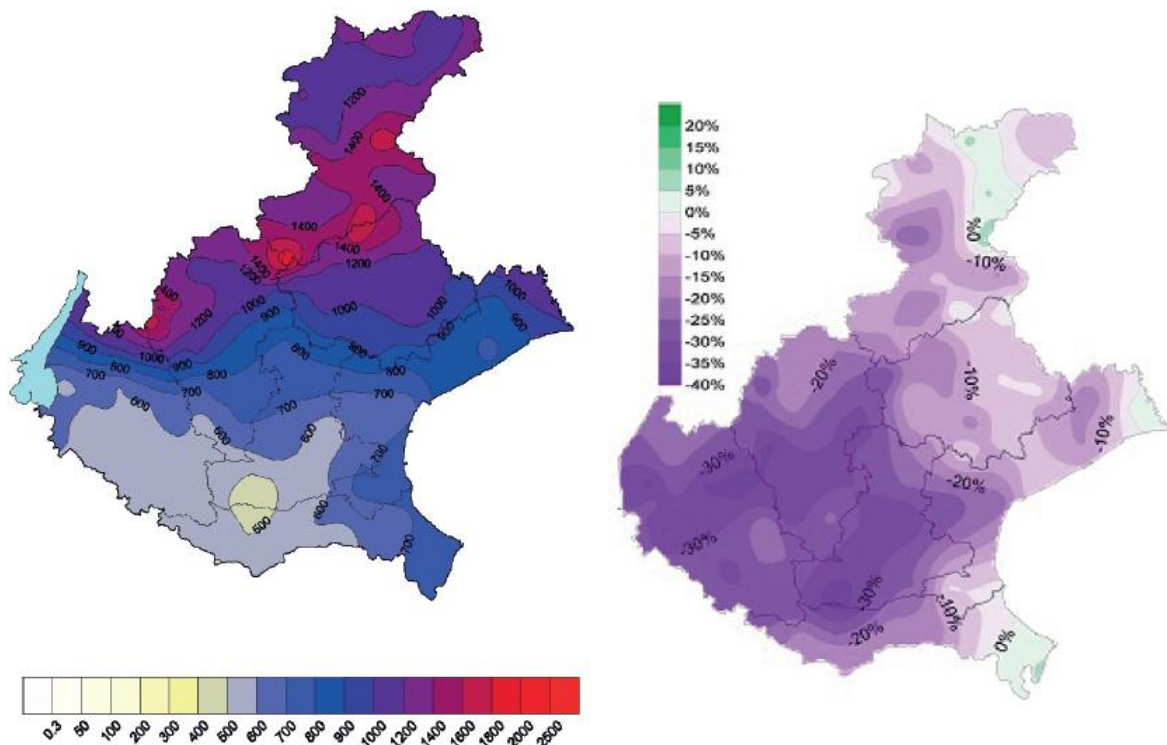


Figura 50. Distribuzione della quantità media di precipitazioni in mm in Veneto nel 2017 (a sinistra), e % della variazione rispetto al 1993-2016 (media)[28].

Per quanto riguarda il livello del mare, le misurazioni di Venezia Punte Salute nel periodo 1872-2016 hanno mostrato un aumento di 2,5 mm/anno, un aumento quasi doppio di quello di Trieste, in conseguenza del cambiamento climatico ma anche a causa della subsidenza. Il livello del mare a Venezia ha raggiunto +25 cm negli ultimi 100 anni. Ancora più preoccupante è il fatto che le misurazioni più recenti (1994-2016), hanno mostrato un incremento della velocità dell'aumento del livello del mare a un +5,6 mm/anno.

Per quanto riguarda gli scenari, i rischi e gli impatti del cambiamento climatico, non ci sono documenti specifici per il Veneto o la Città Metropolitana di Venezia. Quando sono necessari scenari, questi sono generalmente derivati dalla Strategia Nazionale Italiana e dal Piano per l'Adattamento al Cambiamento Climatico, descritto in precedenza (Capitolo 4). Secondo questo piano, la Città Metropolitana di Venezia appartiene alla M.R. 1, che prevede per RCP4.5 una rilevante diminuzione delle precipitazioni estive e una riduzione delle giornate di gelo in inverno, mentre secondo la RCP8.5, si prevede una rilevante diminuzione delle precipitazioni in estate e un aumento nel periodo invernale, accompagnata da una maggiore riduzione delle giornate di gelo in inverno.

4.4.4 Misure locali di mitigazione e adattamento

La Città Metropolitana di Venezia persegue la propria strategia energetica e ambientale e fornisce sostegno e coordinamento per i Comuni in materia di mitigazione e adattamento. Gli strumenti principali sono:

- **Il Piano Strategico Metropolitano:** approvato nel 2018, oltre ai piani generali metropolitani, questo documento comprende un piano di resilienza ambientale, conservazione e valorizzazione.
- **Sistema d'informazione territoriale (SIT):** una piattaforma condivisa dai comuni che comprende un repertorio di tutte le informazioni pertinenti relative alle misure di riqualificazione e adattamento energetico intraprese.
- **Il Piano di Mobilità Urbana Sostenibile Metropolitana (PUMS):** concepito nel 2019, è uno strumento di pianificazione che mira a migliorare l'organizzazione del traffico urbano, ridurre l'inquinamento e migliorare la qualità della vita.
- **Piano comunale di gestione delle acque:** dopo gli eventi alluvionali estremi verificatisi nel 2007, il Piano di coordinamento territoriale del 2008 ha imposto a tutti i comuni di presentare un Piano di gestione delle acque, che deve presentare tutte le reti idrografiche minori e maggiori, le norme e competenze richieste per la loro manutenzione, l'altimetria del territorio e delle aree soggette ad allagamento. Esso deve inoltre contenere un elenco dei progetti o dei lavori di costruzione appropriati relativi alla gestione sicura degli impianti idrici, dei programmi previsti e degli investimenti inerenti alla rivalutazione del territorio, e le norme previste e le disposizioni necessarie da includere nei piani esistenti o da adottare ad hoc. Finora 30 comuni hanno approvato i loro piani di gestione delle acque e altri 12 sono in fase di approvazione.
- **La produzione di una banca dati sui consumi energetici degli edifici pubblici:** la banca dati comprende circa 1600 edifici ed è stata il punto di partenza del progetto **AMICA-E** (Metropolitan Inter-municipal Action for the Environment and Energy), che alla fine del 2015 ha ricevuto i finanziamenti ELENA dalla Banca europea per gli investimenti. Complessivamente, 26 comuni partecipano al progetto AMICA-E e pianificano interventi per l'efficienza energetica di 121 edifici e l'installazione di impianti fotovoltaici. Oltre al progetto AMICA-E, la Città Metropolitana di Venezia effettuerà un audit energetico per tutti i suoi edifici.
- **La creazione di una metodologia integrata di mitigazione e adattamento:** nel 2019, 43 comuni hanno aderito al Patto dei Sindaci (4 hanno aderito al PAESC mentre i restanti 39 hanno aderito al PAES). Attraverso il progetto **Alpine Space SEAP** è stata sviluppata una

metodologia integrata per una transizione armoniosa dal PAES al PAESC. Questo progetto ha anche contribuito a riconoscere i rischi del cambiamento climatico e gli impatti potenziali in caso di eventi meteorologici estremi, e ha anche elencato potenziali opzioni di adattamento, che possono essere trasferiti ai piani di gestione idrica dei comuni.

Oltre a questi progetti e progetti, la Città Metropolitana di Venezia partecipa a diversi altri progetti europei quali: **LIFE Veneto Adapt** (Strategia di adattamento per l'area centrale del Veneto), **Interreg SECAP** (Strategia di mitigazione e adattamento per un'area di programma più ampia), **Interreg VISFRIM** (gestione integrata delle acque comunali), **Interreg Crossit Safer** (prevenzione, pianificazione e risposta alle catastrofi naturali).

5 La Slovenia e l'area di programma: energia e clima

5.1 Consumi energetici, emissioni, obiettivi, politiche e misure

Secondo la 7° Comunicazione Nazionale e il 3° Rapporto Biennale della Slovenia nell'ambito della convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici [29], il consumo energetico è la fonte più importante di emissioni di gas serra in Slovenia e ha contribuito per l'80% del totale delle emissioni di gas serra nel 2015 (Figura 51). Nel 2016 i consumi energetici sono stati soddisfatti in prevalenza dai combustibili liquidi (34%), seguiti dall'energia nucleare (22%). Le fonti energetiche rinnovabili (FER) hanno registrato una quota crescente che ha raggiunto quella dei combustibili solidi (17%). Il gas naturale ha rappresentato il 10% dei consumi. La struttura del consumo interno lordo è notevolmente cambiata nel periodo 1992-2016. La quota di combustibili liquidi era elevata nel periodo 1992-2000, ad eccezione del 1992, ed è diminuita dopo il 2000, ad eccezione del 2008. L'energia nucleare ha mantenuto la quota di circa il 20% nel periodo 1992-2000, mentre nel periodo 2011-2016 è aumentata fino al 25% grazie all'ottimizzazione operata nel 2014. La quota di combustibili gassosi è rimasta intorno al 12% nel periodo 1992-2010 e dopo il 2010 è scesa al 10%. Dopo il 2000, i combustibili solidi sono stati utilizzati principalmente nella produzione di energia elettrica e termica e nell'industria (produzione di carta e pasta di legno, produzione di cemento).

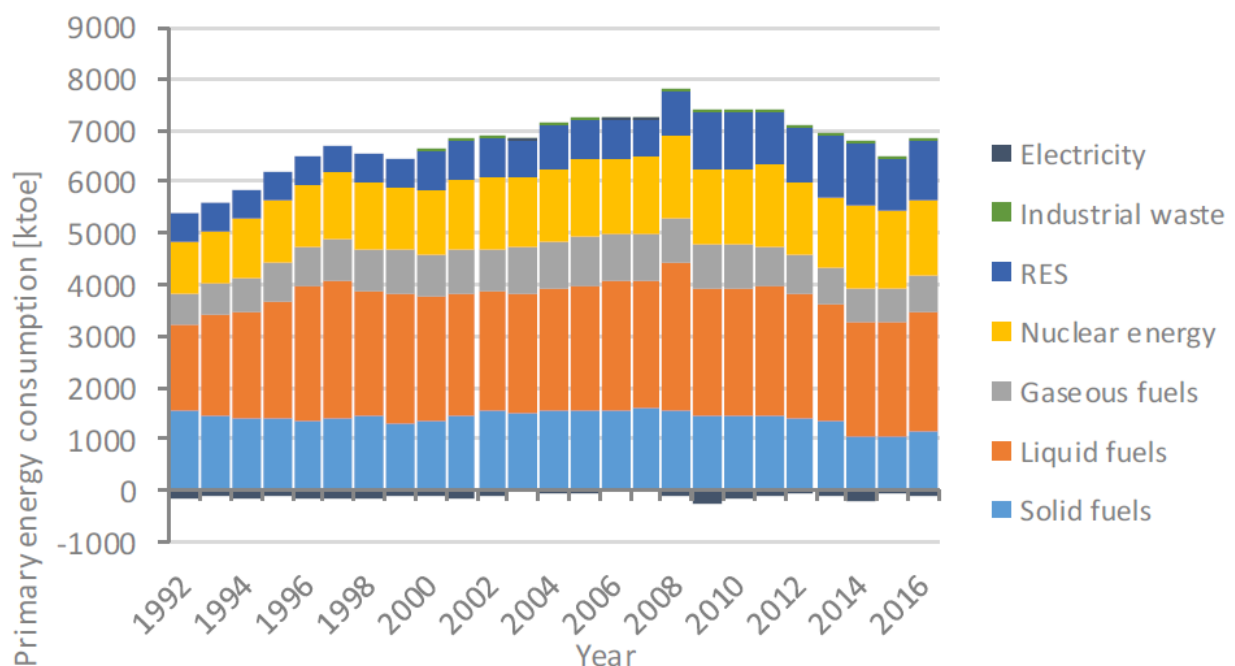


Figura 51. Consumi energetici in Slovenia ripartiti per sorgente, dal 1992 [29].

Nel periodo 1992-2016, l'aumento maggiore del consumo finale di energia è stato registrato nel settore dei trasporti e nel settore degli altri usi (settore dei servizi e agricoltura) (Figura 52). Nel 2016, nel settore dei trasporti è stato consumato il 115% (1,018 ktep) di energia in più rispetto al 1992 e il 55% (672 ktep) in più rispetto al 2000. Nel settore degli altri usi, il consumo di energia del 2016 è stato superiore del 151% rispetto al 1992. Nel 2016, le industrie manifatturiere e delle costruzioni hanno rappresentato una quota del 25% del consumo finale totale di energia, che è inferiore del 10% rispetto alla quota del 1992. Nel 2016, le famiglie rappresentavano il 24% del consumo finale totale di energia, il 7% in meno rispetto al 1992 e l'1% in meno rispetto al 2000.

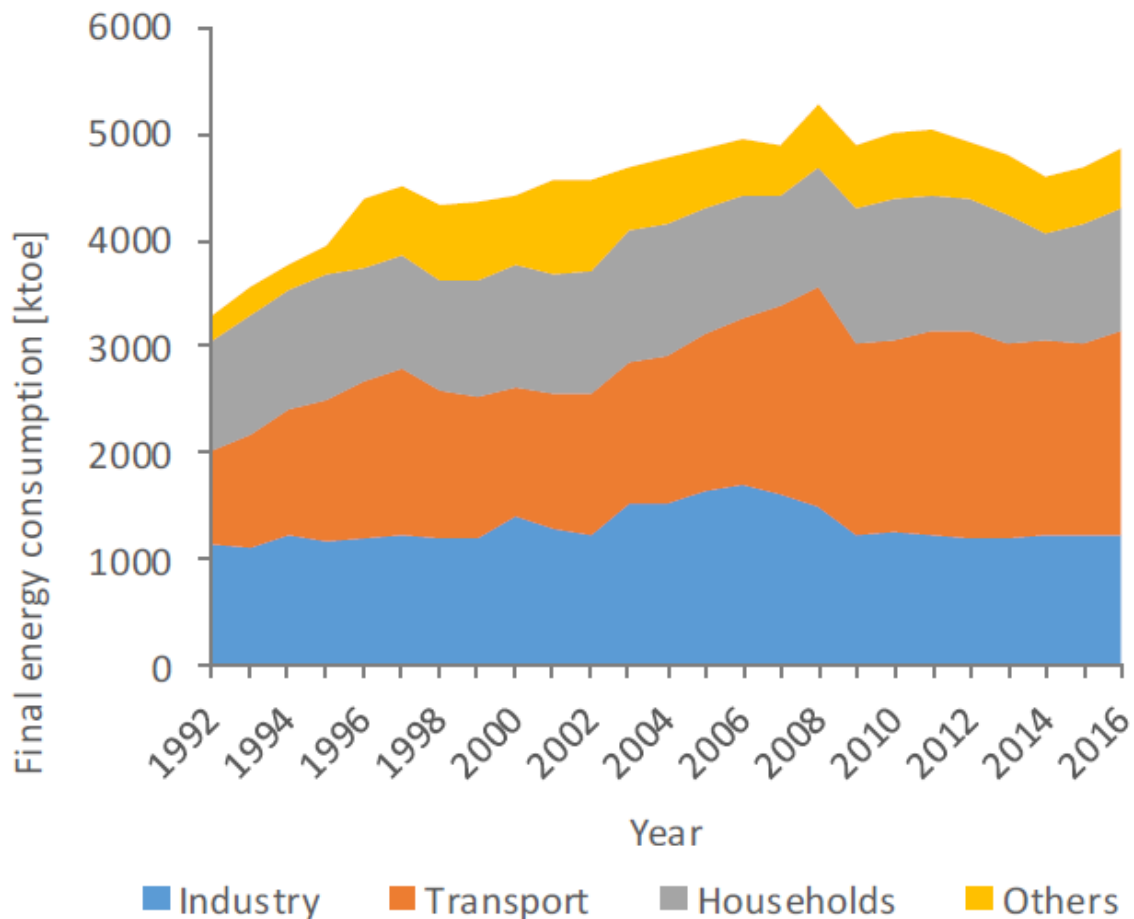


Figura 52. Consumi energetici in Slovenia ripartiti per settore, dal 1992 [29].

Le emissioni totali di GHG nel 2015 ammontavano a 17.000 ktCO₂-eq, che rappresenta una riduzione delle emissioni del 17,4% rispetto al 1986. Nel periodo 1986-1991 è stata registrata una riduzione delle emissioni a causa delle condizioni economiche di allora e del fatto che la Slovenia ha ottenuto

l'indipendenza. Nel periodo 1992-1997 si è registrato un forte aumento delle emissioni, conseguenza della crescita economica e del rilancio della produzione industriale. Nella seconda metà di quel periodo, le maggiori emissioni sono state una conseguenza del "turismo della benzina" (25% della vendita totale di carburanti in Slovenia) poiché i prezzi dei carburanti erano sensibilmente inferiori a quelli dei paesi limitrofi [29].

Nel periodo 1998-1999, le emissioni sono diminuite a causa delle misure adottate dai paesi limitrofi per frenare il "turismo della benzina" e grazie alla maggiore fornitura di energia elettrica dalla centrale nucleare di Krško. Nel periodo 2000-2002 le emissioni hanno continuato ad aumentare a causa del rinnovo dell'esportazione obbligatoria di energia elettrica dalla centrale nucleare di Krško alla Repubblica di Croazia. Dopo l'adesione della Slovenia all'UE nel 2004 e dopo quella della Romania e della Bulgaria nel 2007, le emissioni dei trasporti stradali sono aumentate drasticamente e hanno prevalso sulla diminuzione in altri settori, per le politiche e le misure adottate nell'industria manifatturiera, nell'agricoltura e nel settore dei rifiuti [29].

Nel 2009, a causa della crisi finanziaria globale, le emissioni derivanti dall'uso di combustibile e dai processi industriali hanno iniziato a diminuire. Nel 2010 e nel 2011 le emissioni sono rimaste quasi invariate rispetto al 2009, mentre dal 2012 al 2014 si è osservato un ulteriore calo. Nel 2015 le emissioni in tutti i settori sono leggermente aumentate e sono state superiori dell'1,3% rispetto al 2014 [29].

Le emissioni di CO₂ nel 2015 hanno rappresentato l'80,8% delle emissioni complessive di gas serra. Le emissioni di CO₂, escluse le LULUCF, hanno seguito l'andamento del consumo di energia e, per quanto riguarda la loro frazione, hanno sempre esercitato un impatto notevole sulle emissioni totali. Rispetto al 1986, sono tuttavia diminuite del 18,3% nel 2015. Nello stesso anno le emissioni di CH₄ hanno rappresentato il 12,1% delle emissioni totali e sono state del 20,3% inferiori rispetto al 1986. Le emissioni di N₂O rappresentavano il 4,9% delle emissioni totali, l'11,4% in meno rispetto alle emissioni dello stesso gas nel 1986. I gas fluorurati (F-gas) rappresentano il 2,2% delle emissioni totali e alcuni tra questi (HFC e SF₆) hanno registrato aumenti significativi dal 1995 (anno di riferimento per gli F-gas), mentre i PFC sono diminuiti drasticamente nel 2008 e hanno continuato a diminuire nel 2009. Da allora si è osservato un lento aumento delle emissioni [29].

Secondo le proiezioni con le misure in atto, rispetto al 2015 le emissioni aumenteranno dell'8,0% entro il 2020, ma diminuiranno dopo il 2020. Sempre con riferimento al 2015, le emissioni saranno inferiori dell'1,7% nel 2030. Entro il 2035, le emissioni saranno ulteriormente ridotte dell'8,0% (Figura 53) [29].

La principale fonte di emissioni di CO₂ è la combustione dei carburanti, che raggiungerà il 92% nel 2020 e rimarrà pressoché invariata nel 2030; la fonte di emissioni più importante in questo settore è il trasporto, che raggiungerà il 36% delle emissioni totali nel 2020 e aumenterà a 39% nel

2030. La seconda fonte più importante è la trasformazione energetica, che detiene il 37% ma prevede di scendere al 29%, la combustione di carburanti nell'industria che contribuirà per il 17% nel 2030, e altri settori per il 7%. Le restanti emissioni di CO₂-eq sono principalmente il risultato di processi industriali (8% nel 2030), e l'1% è dato da emissioni fuggitive. Entro il 2030, le emissioni saranno per lo più ridotte nel settore energetico di 500 ktCO₂-eq rispetto al 2015, a causa della riduzione del consumo di carbone, e di 400 ktCO₂-eq in altri settori, a causa della maggiore efficienza energetica degli edifici e della riduzione dell'uso di combustibili fossili. Le emissioni saranno ridotte di 100 ktCO₂-eq nel settore dei trasporti, mentre aumenteranno di 500 ktCO₂-eq nell'industria e di 300 ktCO₂-eq nei processi industriali [29].

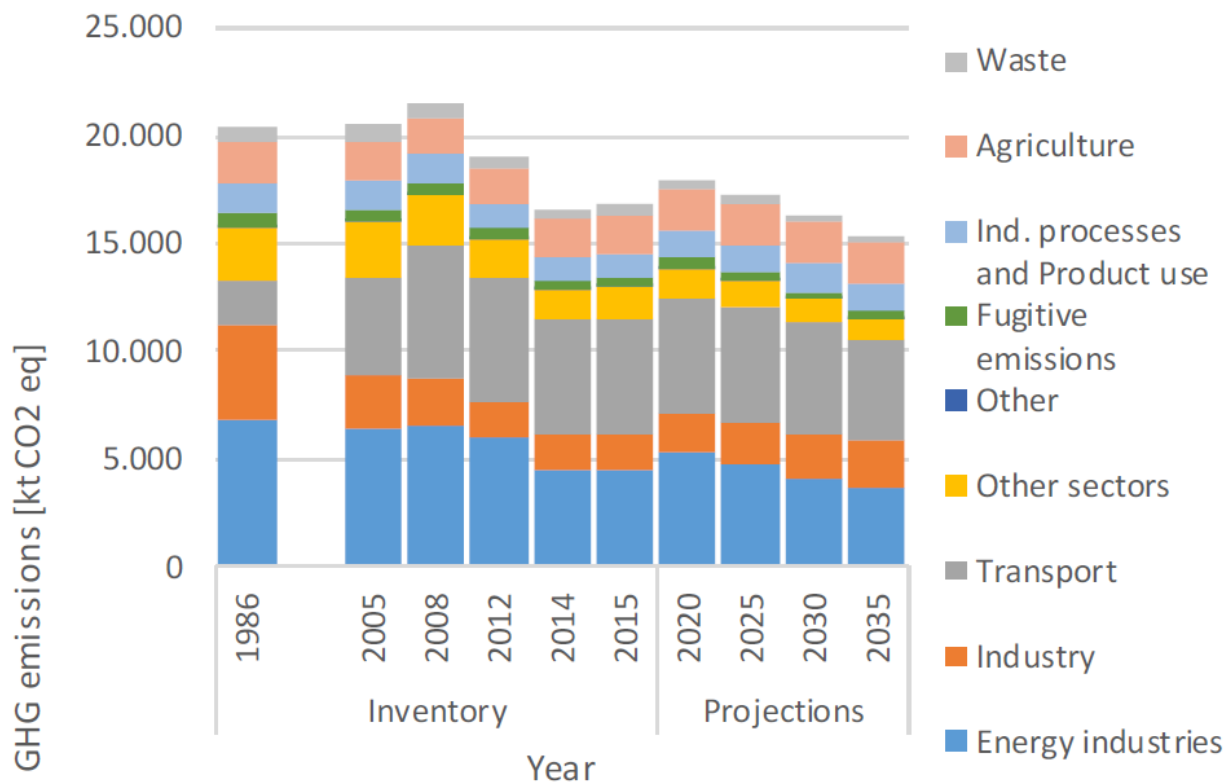


Figura 53. Emissioni di CO₂-eq in Slovenia dal 1986. Nel grafico sono incluse le proiezioni delle emissioni con le misure in atto, fino al 2035 [29].

Di seguito, si riporta una sintesi delle politiche e misure volte a raggiungere gli obiettivi per il 2020, che costituirà la base su cui la Slovenia elaborerà efficacemente le sue politiche e misure per gli obiettivi del 2030 nel Piano Nazionale per l'Energia e il Clima (NEPN) [30].

- **Decarbonizzazione**

Nel 2014 la Slovenia ha adottato il Programma Operativo per la riduzione delle emissioni di gas serra fino al 2020 (PO GHG 2020), un piano di misure che sostiene la Slovenia nel raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni di GHG sulla base della decisione 406/2008/CE. Le misure di riduzione delle emissioni di GHG previste dal PO GHG 2020 mirano a realizzare maggiori investimenti in risorse finanziarie pubbliche e a migliorare l'efficienza in termini di costi dell'attuazione delle misure. Pertanto, il PO GHG 2020 è incentrato su misure per le aree o nei settori che rappresentano la quota più elevata di gas serra, ossia il rendimento energetico negli edifici, le emissioni prodotte dai trasporti, dall'agricoltura e dai GHG nella gestione dei rifiuti [30].

Il PO GHG 2020 ha fornito un quadro stabile per l'attuazione delle attività e si basava su programmi già adottati e strumenti e misure già stabiliti nel paese, potenziandoli e aggiornandoli con misure nuove e aggiuntive (PO GHG 2020, 2014, pagina 4) [30].

Il PO GHG 2020 è un programma complesso di misure previste per diversi settori (PO GHG, 2014) [30]:

- crescita economica verde;
- edifici,
- trasporto;
- agricoltura,
- altri settori (industria non ETS, energia non ETS, rifiuti),
- istruzione, formazione, informazione e sensibilizzazione.

Quasi la metà delle misure del PO GHG sono attuate in cooperazione con due o più istituzioni (Podnebno ogledalo, 2018b, pagina 22) [30].

- **Energia rinnovabile**

Promuovere le fonti di energia rinnovabili e dare priorità all'uso efficiente delle fonti energetiche rinnovabili sono componenti della Legge sull'Energia (EZ-1) definite come obiettivi di politica energetica. Nel settore dello sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili, la Slovenia deve raggiungere obiettivi ambiziosi che contribuiscano ad aumentare l'affidabilità dell'approvvigionamento energetico, riducendo gli impatti sull'ambiente, la crescita economica e lo sviluppo di posti di lavoro e l'occupazione (draft AN OVE 2010-2020 - aggiornamento 2017) [30]. Sulla base della direttiva sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili (FER), la Slovenia deve ottenere almeno il 25% del consumo complessivo di energia da FER entro il 2020. In base a ciò, il governo ha adottato il Piano d'Azione Nazionale per le Energie Rinnovabili 2010-2020 (AN OVE-2010). Nel 2017 è stata elaborata una proposta di aggiornamento dell'AN OVE che

comprende anche le proiezioni della produzione e dell'uso di fonti energetiche rinnovabili entro il 2030 e un obiettivo nazionale indicativo nel settore delle FER entro il 2030 (minimo 27%) [30]. Per raggiungere gli obiettivi entro il 2030, sono stati elaborati due scenari: eolico (migliore utilizzo dell'energia eolica) e solare (migliore utilizzo dell'energia solare); lo scenario solare si è dimostrato migliore dal punto di vista economico e ambientale ed è stato quindi scelto come scenario dell'AN OVE aggiornato (draft AN OVE 2010-2020 - aggiornamento 2017, pagina 9) [30]. Tra le tecnologie per la produzione di energia elettrica da FER, le grandi centrali idroelettriche (HPP) presentano vantaggi energetici e macroeconomici; entrambi gli scenari sono stati pertanto elaborati in modo da consentire l'uso massimo e realistico del potenziale idrico, vale a dire che dal pieno potenziale tecnico non realizzato per la produzione di energia nell'HPP, che oggi ammonta al 51%, si prevede di utilizzare un ulteriore 13,6 %, il che significa che il 62% del potenziale tecnico sarà utilizzato entro il 2030 [30]. Tuttavia, la proiezione non tiene conto dello sfruttamento dell'intero potenziale tecnico sui corpi idrici previsti, ma di circa un quarto in meno, principalmente a causa delle restrizioni ambientali connesse all'attuazione dei progetti. Il programma o le proiezioni ritengono in linea di principio che i potenziali di FER al di fuori delle aree protette debbano essere considerati prioritari ai fini dello sfruttamento. Tuttavia, al fine di raggiungere gli obiettivi fissati in relazione alle FER al livello minimo, dovrebbero essere sfruttate anche le FER nelle aree protette; pertanto, sono previsti progetti anche nell'area NATURA 2000 (draft AN OVE 2010-2020 - aggiornamento 2017, pagina 9) [30].

- **Efficienza energetica**

Nel dicembre 2017 la Slovenia ha adottato il Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica 2017-2020 (AN URE 2020), che è il secondo piano d'azione preparato dalla Slovenia ai sensi della Direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica. Il piano d'azione riguarda le misure essenziali per migliorare l'efficienza energetica, compresi i risparmi energetici attesi e conseguiti, al fine di giungere all'obiettivo nazionale di aumentare l'efficienza energetica entro il 2020, congiuntamente al contributo della Slovenia al conseguimento dell'obiettivo comune dell'UE di aumentare l'efficienza energetica del 20% (Action Plan for Energy Efficiency 2017-2020, 2017, pagina 8) [30].

L'efficacia dell'attuazione del piano d'azione AN URE 2020 è essenziale per conseguire gli obiettivi di riduzione dei gas serra e di raggiungimento di una quota del 25% di FER nel saldo del consumo finale lordo di energia entro il 2020. L'efficienza energetica è una delle misure più efficaci sotto il profilo dei costi per conseguire tali obiettivi. Essa contribuisce inoltre in modo significativo agli obiettivi nel settore della qualità dell'aria (Action Plan for Energy Efficiency 2017-2020, 2017, pagina 8) [30].

Secondo il piano d'azione AN URE 2020, la Slovenia attuerà misure orizzontali e trasversali per migliorare l'efficienza energetica e adotterà misure nel settore pubblico, negli edifici, nell'industria, nei trasporti, nel riscaldamento e nel raffreddamento, nonché nella trasformazione, trasmissione e distribuzione di energia [30]. L'aggiornamento del piano d'azione ha comportato l'aggiunta di diverse nuove misure, in particolare la creazione di strumenti finanziari per una ristrutturazione energetica globale degli edifici e la garanzia della qualità della pianificazione e dell'attuazione delle misure connesse a tali ristrutturazioni, considerando che il parco immobiliare esistente rappresenta il settore con il maggior potenziale di risparmio energetico. Oltre alla ristrutturazione degli edifici esistenti, il piano d'azione AN URE 2020 introduce diverse nuove misure per promuovere o migliorare le tecnologie che migliorano l'efficienza energetica. Tali misure costituiscono il punto di partenza per il necessario sviluppo accelerato del riscaldamento e del raffreddamento sostenibili, che figurano tra le priorità dell'Unione dell'Energia (Action Plan for Energy Efficiency 2017-2020, 2017, pagina 8) [30].

- **Sicurezza energetica**

Per raggiungere gli obiettivi a lungo termine, la Slovenia dovrà limitare notevolmente l'uso dei combustibili fossili. Si tratta di una sfida importante per la produzione e la distribuzione di energia elettrica, di modalità di riscaldamento e in particolare per i trasporti [30]. A lungo termine, la produzione di energia elettrica sarà la più colpita dagli impegni internazionali di mitigazione, che seguono la direzione di ridurre le emissioni di gas serra, aumentare la quota di FER e conseguire risparmi energetici. Nelle proiezioni, la velocità di transizione sarà influenzata in modo significativo anche dal sistema ETS UE. L'energia in Slovenia dovrà adeguarsi a tale transizione in tempo. Al fine di ridurre la dipendenza dall'uso dei combustibili fossili e la loro graduale eliminazione, ReEKS motion (proposta di risoluzione sul concetto energetico della Slovenia) sottolinea un consumo energetico più efficiente e un maggiore uso delle fonti rinnovabili e a basse emissioni di carbonio (ReEKS Motion, paragrafo 49) [30].

Secondo la 7° Comunicazione Nazionale e il 3° Rapporto Biennale della Slovenia nell'ambito della convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici [29], le misure e gli strumenti per ridurre le emissioni di GHG in Slovenia sono i seguenti:

- **Scambio di quote di emissioni di GHG:** ridurre le emissioni laddove ciò sia più conveniente.
- **Imposta ambientale sul l'inquinamento dell'aria dovuto alle emissioni di CO₂:** internalizzazione dei costi esterni dell'inquinamento atmosferico dovuto a CO₂.

- **L'uso delle migliori tecniche disponibili:** ridurre il consumo di energia utilizzando le migliori tecniche disponibili.
- **Imposte e oneri:** maggiore utilizzo di combustibili ecologici, influenzando sul prezzo dei combustibili fossili.
- **Istruzione e formazione, informazione, sensibilizzazione e promozione:** è necessario un elevato livello di consapevolezza, informazione e conoscenza per attuare con successo le misure.
- **Crescita dell'economia verde:** riduzione a lungo termine delle emissioni di gas serra attraverso la transizione all'economia verde, basata su innovazioni che aumentano l'efficienza energetica e riducono le emissioni di gas serra.
- **Etichettatura di efficienza energetica e norme minime per i prodotti e gli apparecchi:** miglioramento dei prodotti e degli apparecchi in termini di efficienza energetica.
- **Obblighi dei fornitori di energia per il risparmio energetico:** aumento dell'efficienza energetica per i consumatori finali.
- **Ammodernamento tecnologico del settore dell'energia termica:** il numero di grandi centrali termiche è già prossimo alla fine della loro durata di vita e la loro sostituzione è prevista. Ciò comporterà anche una maggiore quota di utilizzo del gas naturale.
- **Promozione della produzione di energia elettrica da FER e CAR (cogenerazione ad alto rendimento):** un regime di promozione quale strumento di base in questo settore, attuato sotto forma di tariffe fisse di alimentazione dell'elettricità e di sostegno operativo.
- **Promozione del teleriscaldamento basato sulle FER e sulla CAR:** aumento della produzione di calore a basso consumo di energia e di emissioni per il teleriscaldamento.
- **Promozione dell'efficienza energetica nell'industria:** riduzione dei costi di produzione, promozione dell'uso efficiente dell'energia nell'industria mediante vari programmi.
- **Promozione dell'efficienza energetica e dell'uso delle FER negli edifici:** tenendo conto di vari aspetti dell'efficienza energetica e dell'uso delle FER nella pianificazione territoriale, studi di fattibilità di sistemi alternativi di approvvigionamento energetico, progetti pilota, rinnovo del patrimonio culturale, contratti di rendimento energetico, formazione delle parti interessate nel settore delle ristrutturazioni edilizie e delle tecnologie FER, politica in materia di accise.
- **Promozione dell'efficienza energetica e dell'uso delle FER nelle famiglie:** promozione degli investimenti nelle famiglie mediante sovvenzioni e prestiti agevolati; creazione della rete di consulenza ENSVET.

- **Promozione dell'efficienza energetica e dell'uso delle FER nel settore pubblico:** dare l'esempio alla popolazione nell'attuazione delle misure. Promuovere incentivi finanziari e appalti pubblici verdi.
- **Promozione dell'uso dei trasporti pubblici:** aumento del numero di passeggeri che utilizzano i trasporti pubblici.
- **Trasporto merci sostenibile:** estendere e modernizzare la rete ferroviaria, che rappresenta un prerequisito per il passaggio del trasporto merci dalla strada alla ferrovia.
- **Miglioramento dell'efficienza dei veicoli, promozione di una guida efficiente, aumento del tasso di riempimento dei veicoli e promozione dell'uso di carburanti a basse emissioni di CO₂:** l'uso di veicoli privati diminuirà grazie alla legislazione europea che stabilisce le emissioni consentite per km per le autovetture nuove, aumento della pressione fiscale, informazione e sensibilizzazione. Inoltre, un'influenza non trascurabile degli appalti pubblici verdi consiste nel presentare incentivi finanziari per veicoli puliti. Le quote di FER nelle quantità vendute sono prescritte fino al 2020 per i distributori di carburante per motori.
- **Promozione del traffico non motorizzato:** la bicicletta e la camminata sono due modi significativi di mobilità che possono contribuire a ridurre le emissioni di gas serra. Essi svolgono un ruolo importante nelle strategie integrate di trasporto per i comuni.
- **Sviluppo di strategie di trasporto integrate per i comuni:** le strategie integrate contribuiscono all'aumento della quota di mobilità sostenibile, al miglioramento delle infrastrutture e al cambio di comportamento.
- **Riduzione delle emissioni di F-gas da apparecchiature fisse:** riduzione delle emissioni di F-gas mediante riduzione delle perdite, sostituzione e movimentazione diligente con dispositivi e introduzione di limiti quantitativi per i gas HFC sul mercato UE.
- **Riduzione delle emissioni di F-gas dagli impianti mobili di condizionamento (MAC) dei veicoli:** la legislazione stabilisce restrizioni all'uso di F-gas nei MAC nelle nuove autovetture.
- **Aumento nella varietà di pascoli per bovini:** il pascolo è attualmente favorito da sovvenzioni e misure educative; produce minori emissioni evitando le emissioni generate dallo stoccaggio di letame animale.
- **Concimazione razionale dei terreni agricoli con l'azoto:** nel quadro del Programma di Sviluppo Rurale sono in corso di attuazione numerose misure che contribuiscono direttamente alla riduzione dell'uso di fertilizzanti minerali.

- **Riduzione della quantità di rifiuti biodegradabili:** varie misure per ridurre la quantità di rifiuti biodegradabili depositati; ad esempio, raccolta differenziata di frazioni, tassa ambientale sullo smaltimento dei rifiuti, trattamento dei rifiuti prima dello smaltimento.
- **Riduzione dei rifiuti:** prevenire la produzione di rifiuti.
- **Cattura di gas di discarica:** cattura di gas, obbligatoria dal 2005.
- **Gestione sostenibile delle foreste e cattura delle emissioni di CO₂:** l'aumento dell'offerta di legname e l'aumento della cattura di CO₂ sono il risultato del lavoro previsto dal servizio forestale sloveno.

Il sistema di monitoraggio per il raggiungimento degli obiettivi quantitativi di riduzione delle emissioni di gas serra in Slovenia non è cambiato rispetto alla precedente relazione biennale. Il miglioramento del sistema è previsto anche grazie all'aiuto dei risultati del programma LIFE Climate Path 2050 avviato nel 2017.

5.2 Clima, cambiamenti climatici osservati, scenari, rischi, impatti e misure di adattamento

La Slovenia si trova all'incrocio di Alpi, Alpi Dinariche, Mar Adriatico e Pianura Pannonica, che si riflette nella sua diversità climatica e conseguentemente sui diversi impatti del cambiamento climatico. La diversità regionale della Slovenia contribuisce alle differenze climatiche locali. I processi locali possono avere un impatto significativo sui segnali meteorologici a larga scala, causando un cambiamento locale di temperatura e precipitazioni diverso rispetto a quello a più ampia scala. I cambiamenti locali possono essere più pronunciati o più deboli rispetto ai cambiamenti a scala regionale.

La temperatura media annua dell'aria in Slovenia dipende principalmente dall'altitudine. In media, la temperatura diminuisce di circa 1°C per ogni 180 metri di altitudine. Altri fattori importanti sono la vicinanza al mare, la topografia e l'insediamento. Questi fattori fanno di Goriška e della regione costiera le due regioni più calde della Slovenia con una temperatura media annua di 13°C. Nella maggior parte della Slovenia la temperatura media annuale è compresa tra 8°C e 11°C, considerando che in alta montagna è solo circa 0°C. In media e quasi ovunque nel paese, gennaio è il mese più freddo e luglio quello più caldo. La differenza tra i due mesi è di solito di circa 15-20°C ed è maggiore nelle pianure della parte centrale e orientale della Slovenia. Le minori differenze sono registrate nelle montagne e lungo la costa. Oltre al ciclo annuale di temperatura, la temperatura dell'aria è caratterizzata da variazioni diurne. Di solito le mattine sono più fresche del pomeriggio. La differenza aumenta in condizioni atmosferiche serene e in assenza di vento,

mentre in condizioni nuvolose o ventose la temperatura può cambiare solo di pochi gradi durante il giorno. La variazione diurna è generalmente maggiore in estate e nelle pianure. Le fluttuazioni inter-annuali della temperatura media dell'aria sono dell'ordine di diverse decine di gradi centigradi. I più variabili sono i mesi da gennaio a marzo con fluttuazioni di temperatura (deviazione standard) tra 2 e 2,5°C rispetto al segnale climatico. Da aprile a ottobre, le fluttuazioni sono della metà. Così, a livello stagionale, l'estate è la stagione più stabile mentre l'inverno è più variabile.

Grazie alla sua posizione a latitudini intermedie e alla vicinanza al mare, la Slovenia è un territorio relativamente umido. Le grandi differenze nelle quantità di precipitazioni tra le singole regioni slovene derivano dalla diversità orografica e dalla diversa distanza dal mare. In generale, la quantità di precipitazioni aumenta dal mare alla barriera alpino-dinarica, per poi diminuire oltre. Picchi significativi di precipitazioni si verificano sulle Alpi di Kamnik-Savinja e Pohorje, in conseguenza del frequente afflusso di aria umida e relativamente calda da sud-ovest. La piovosità media è di 1.000 mm per la costa, fino a 3.500 mm per le Alpi, 800 mm per il sud-est e 1.400 mm per la Slovenia centrale.

In Slovenia ci sono diversi regimi di precipitazioni distinti. I picchi in diverse parti del paese si verificano in diversi momenti dell'anno. Per la parte più umida della Slovenia occidentale si osserva un picco autunnale, mentre più all'interno verso est, il picco estivo aumenta e il picco autunnale si trasforma in un graduale decremento delle precipitazioni in inverno. L'inverno è la stagione con le minori precipitazioni.

La quantità di precipitazioni è molto variabile sia spazialmente che temporalmente. Se si osserva la media a lungo termine nel periodo 1981-2010, l'inverno risulta il più variabile con indicatore di precipitazioni che oscilla tra il 29% e il 214%, mentre in primavera e autunno la variabilità è più bassa. L'estate, con una deviazione dalla media che non supera il 42%, è la stagione meno variabile. Infine, si riscontrano notevoli differenze regionali sulla quantità annuale di precipitazioni; le annate più secche e più umide variano da luogo a luogo.

L'analisi degli scenari e dei cambiamenti climatici osservati in Slovenia sono raccolti nel documento "Proiezioni dei cambiamenti climatici in Slovenia per il XXI secolo" a cura dell'Agenzia Ambientale Slovena (ARSO) [31]. Secondo questo documento, nel periodo 1961-2011, il cambiamento climatico più significativo in Slovenia è l'aumento della temperatura media dell'aria di circa 0,36 °C per decennio. Il riscaldamento più evidente si osserva in primavera ed estate, che è di circa 0,4-0,5 °C per decennio nella maggior parte della Slovenia. Al contrario, le variazioni di temperatura autunnali non sono state statisticamente significative. L'aumento delle temperature massime e minime giornaliere stagionali è simile a quello della temperatura media giornaliera

stagionale. A causa dell'aumento generale della temperatura dell'aria, la frequenza del numero di "giorni tipici" è cambiata. Si è osservato un aumento del numero di giorni caldi ed estivi, mentre il numero di giorni freddi, di gelo e ghiacciati è leggermente diminuito [31].

In base al riscaldamento graduale previsto in tutta Europa, anche la Slovenia sarà soggetta a un aumento significativo della temperatura, variabile da 1 °C a 4 °C a seconda dello scenario RCP (Figura 54). Tutti e tre gli scenari RCP prevedono un aumento della temperatura media annuale entro il 2100, RCP2.6 di circa 1,3 °C, RCP4.5 di circa 2 °C e RCP8.5 di circa 4,1 °C. Nei primi due scenari, presupponendo riduzioni delle emissioni di GHG, la temperatura inizialmente aumenterà e poi si stabilizzerà approssimativamente entro la fine del ventunesimo secolo. Lo scenario RCP8.5 mostra un aumento più forte della temperatura in ogni periodo successivo [31].

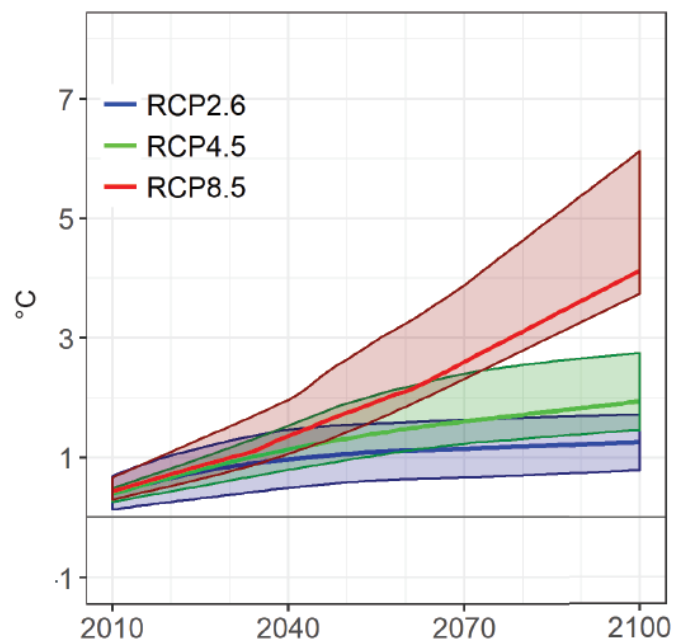


Figura 54. Incremento della temperatura in Slovenia fino al 2100, previsto dai diversi scenari RCP [31].

La Slovenia subirà notevoli variazioni di temperatura in tutte le stagioni (Figura 55) [31], con un lieve aumento del riscaldamento in inverno. Il riscaldamento sarà il meno pronunciato in primavera. La differenza tra il riscaldamento in inverno e la primavera è statisticamente significativa negli ultimi due periodi di proiezione ed è limitata ad alcune parti del nord e dell'ovest del paese, come le Alpi. I cambiamenti previsti secondo lo scenario RCP4.5 sono affidabili e mostrano un forte accordo con i cambiamenti previsti in gran parte dell'Europa; il maggior aumento della temperatura è previsto nella parte settentrionale dell'Europa in inverno e nella parte meridionale dell'Europa in estate, mentre la regione alpina subirà un riscaldamento superiore alla media in entrambe le stagioni. Le differenze nelle variazioni di temperatura tra la

regione alpina e il resto d'Europa sono meno pronunciate nel caso di RCP8.5, che si riflette anche in Slovenia [31].

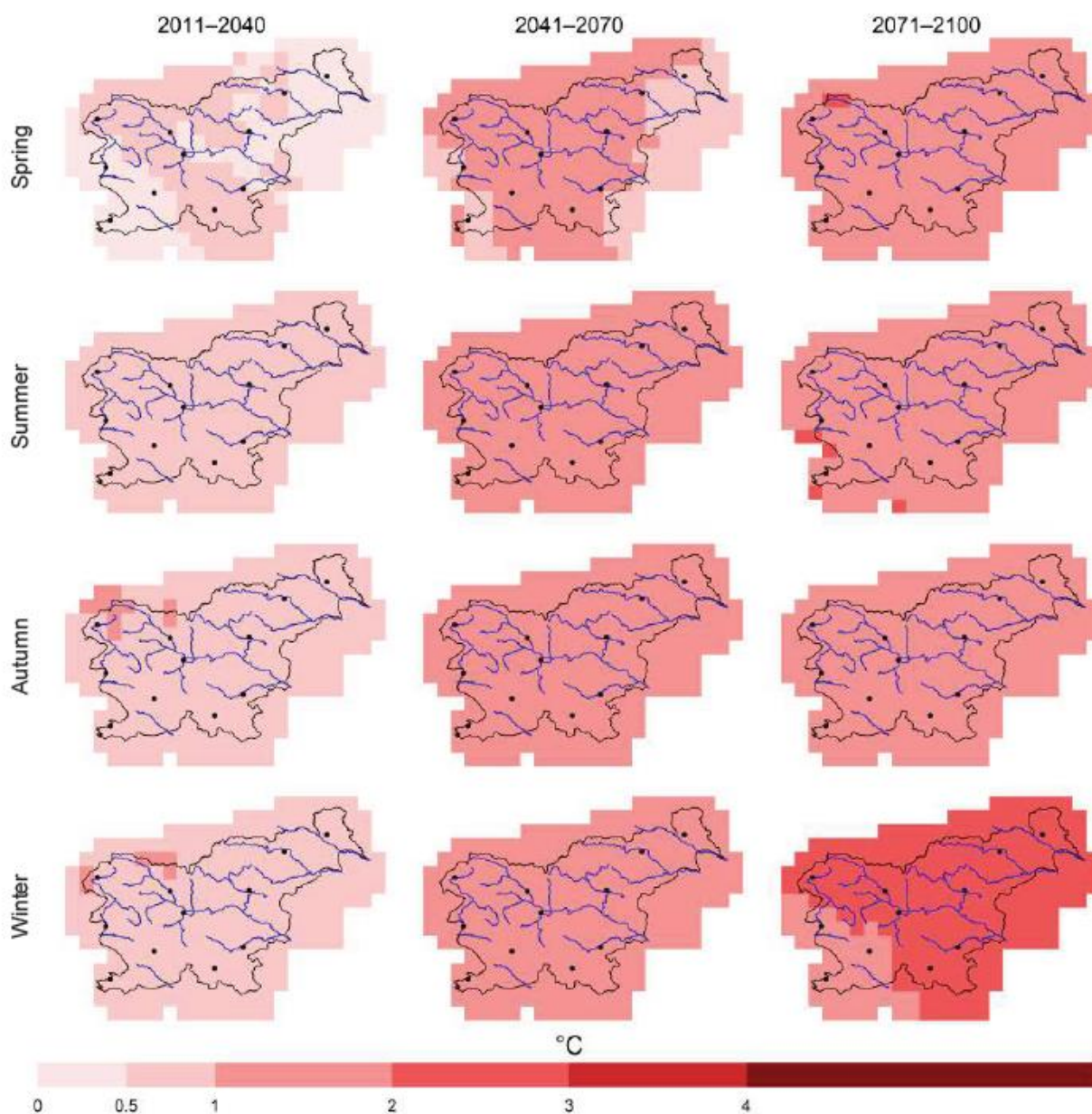


Figura 55. Variazioni previste della temperatura media stagionale dell'aria per la Slovenia nel periodo 2071-2100 rispetto al periodo di riferimento 1971-2000 secondo lo scenario RCP4.5 [31]

A differenza delle temperature, le proiezioni delle variazioni delle precipitazioni sono meno affidabili a causa della natura complessa delle precipitazioni e della loro maggiore variabilità temporale e spaziale [31]. Vi sono notevoli differenze tra le variazioni delle precipitazioni in diversi scenari RCP, in particolare nella seconda metà del XXI secolo [31]. Nel caso di uno scenario moderatamente ottimistico RCP4.5 (Figura 56) non si prevedono inizialmente cambiamenti

significativi, sebbene i segnali aumentino man mano che guardiamo al futuro. All'inizio del secondo periodo, un aumento delle precipitazioni comincerà a diffondersi da est a ovest della Slovenia [31]. Entro il 2100, l'aumento previsto della quantità media annua di precipitazioni in Slovenia sarà di circa il 10% rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, ad eccezione del nord-ovest, dove si prevede un aumento minore. Le proiezioni delle variazioni delle precipitazioni sono più affidabili nel nord e nell'est della Slovenia e molto meno affidabili nell'ovest (Figura 57) [31].

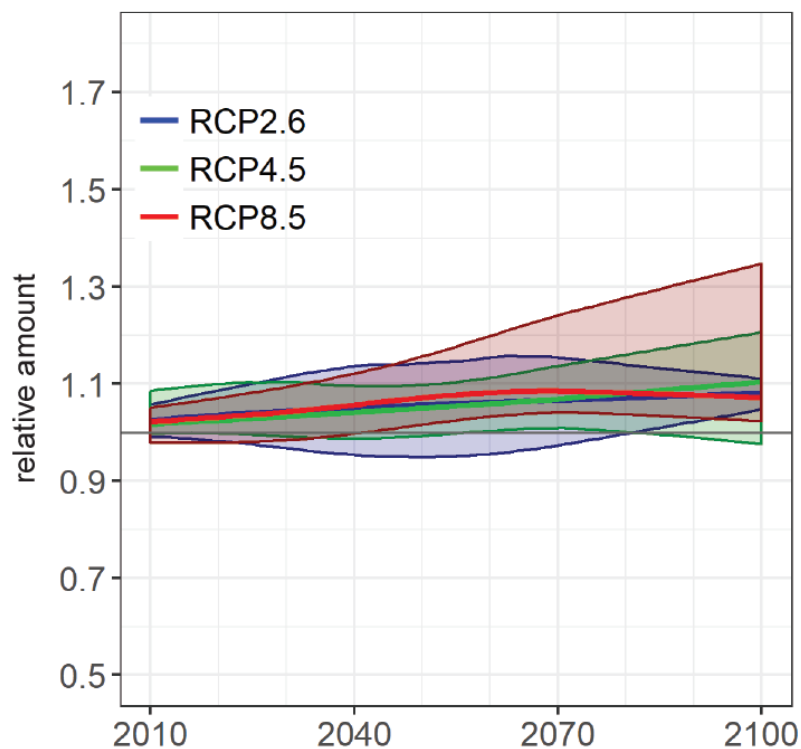


Figura 56. Quantità media annua delle precipitazioni in Slovenia a 2100 rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo i tre scenari RCP [31].

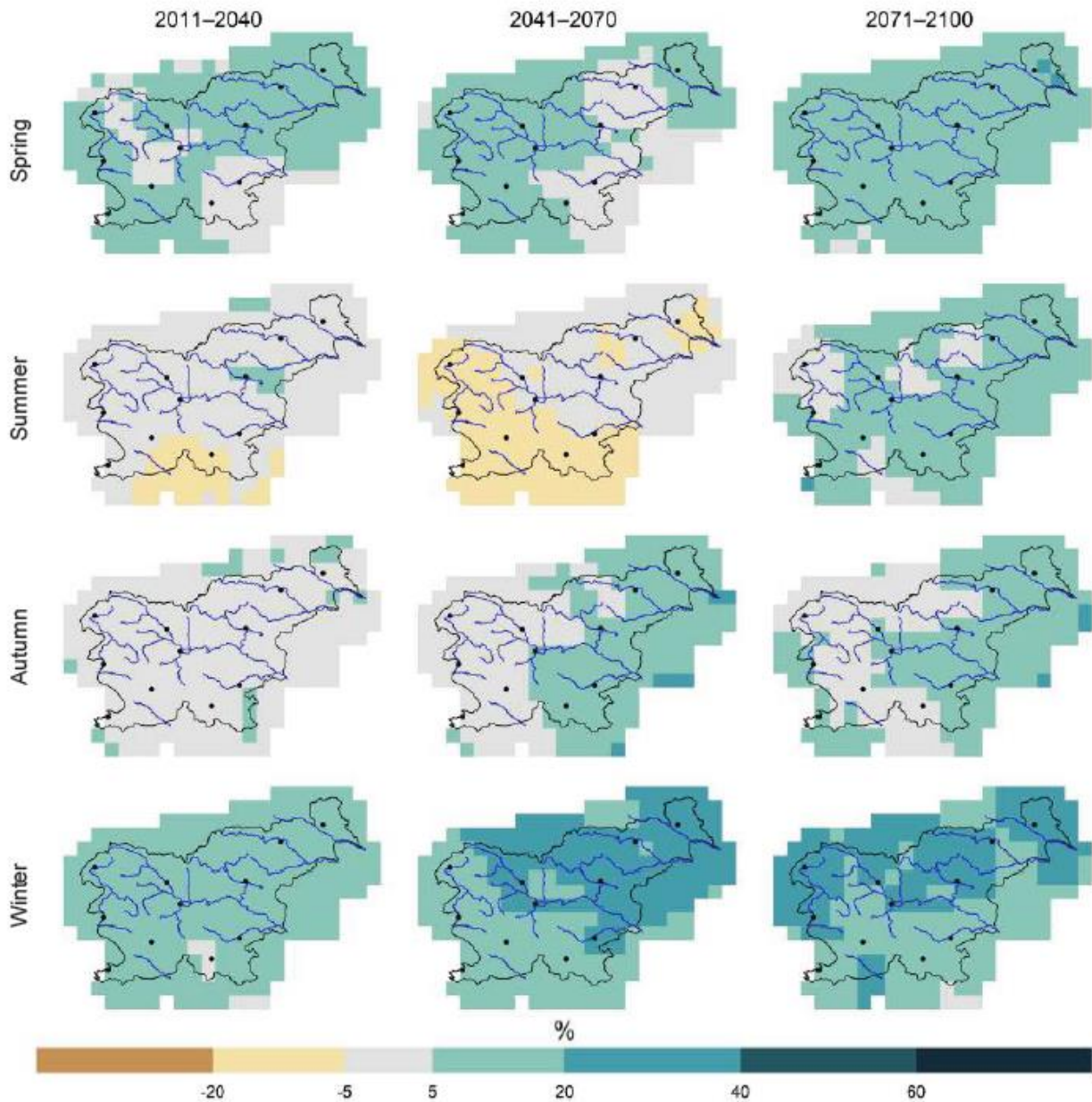


Figura 57. Variazioni previste delle precipitazioni medie stagionale per la Slovenia nel periodo 2071-2100 rispetto al periodo di riferimento 1971-2000 secondo lo scenario RCP4.5 [31].

In quanto Stato membro dell'UE, la Slovenia si è impegnata a realizzare le politiche climatiche europee e ad attuare le misure comuni. Per quanto riguarda l'adattamento, la Slovenia ha iniziato a lavorare ad un Piano d'Azione Nazionale (PAN) per l'adattamento. Molti settori sono in fase iniziale di esplorazione e integrazione dell'adattamento climatico [29]. Tuttavia, nei piani di politica settoriale, sono già state individuate alcune opzioni di adattamento, ad esempio nella strategia e nel piano d'azione per l'Adattamento dell'Agricoltura e delle Foreste Slovene ai Cambiamenti Climatici (2008) che copre i Piani di Gestione dei Bacini Idrografici del Danubio e del

Mare Adriatico per il 2016-2021 e contiene misure per l'adattamento al clima, basate su una valutazione della vulnerabilità.

Mentre un programma completo di misure per l'adattamento ai cambiamenti climatici sarà preparato dopo l'analisi dell'impatto climatico, la necessità di azioni di adattamento è già stata affrontata nei seguenti settori:

- **Gestione sostenibile e integrata delle risorse idriche:** è stato adottato il Piano di Gestione dei Bacini Idrografici del Danubio e del Mare Adriatico per il 2016-2021, che definisce anche le misure di adattamento ai cambiamenti climatici.
- **Riduzione del rischio di alluvioni:** sulla base di aree definite a impatti significativi da alluvione nella Repubblica di Slovenia (es. valutazione preliminare del rischio di alluvione), il piano di riduzione del rischio di alluvione è stato adottato nel giugno 2017 definendo misure di difesa dalle alluvioni, tenendo conto degli impatti dei cambiamenti climatici.
- **Gestione del rischio di siccità:** nel 2006 la Slovenia ha accettato un mandato per l'organizzazione dei lavori del Centro di Gestione della Siccità per l'Europa sudorientale, (Drought Management Centre for South-Eastern Europe, DMCSEE, nell'ambito della Convenzione delle Nazioni Unite per la lotta contro la desertificazione, dell'UNCCD e dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale, WMO), sono stati preparati esperti per il piano d'azione nazionale per la gestione della siccità e il degrado del suolo, ed è in corso il progetto DriDanube, che fornirà strumenti per la valutazione e la risposta alla siccità nella regione SEE.
- **Pianificazione territoriale:** è stata adottata una nuova legge sull'assetto del territorio, che prevede piani territoriali regionali. Nel processo di valutazione dell'impatto ambientale saranno presi in considerazione anche gli impatti del cambiamento climatico.
- **Conservazione della biodiversità:** la Slovenia ha istituito zone di protezione speciali e attuato diversi progetti individuali che includono valutazioni d'impatto al cambiamento climatico, alcuni dei quali sono ancora in corso. È in corso di attuazione un aggiornamento del Programma di Gestione dei siti NATURA 2000 entro il 2020.
- **Catastrofi naturali:** la Slovenia ha preparato la Valutazione Nazionale del Rischio di Catastrofi e nel 2016 il documento è stato aggiornato con una valutazione disponibile degli impatti del cambiamento climatico, nonché con alcune valutazioni individuali del rischio di catastrofi già integrate nelle loro valutazioni. Il Ministero della Salute, ad esempio, ha preparato una "Valutazione dei rischi per i pericoli di origine biologica, chimica, ambientale e sconosciuta sulla salute umana" e l'ha integrata tenendo conto degli impatti climatici sull'insorgenza di malattie infettive.

- **Agricoltura e silvicoltura:** già nel 2008 la strategia di adattamento ai cambiamenti climatici per l'agricoltura e le foreste slovene ha fornito orientamenti per l'adattamento che sono stati realizzati in passato nel quadro del Piano d'Azione per l'Adattamento dell'Agricoltura e delle Foreste (2010-2011) e negli ultimi anni principalmente nel quadro di soluzioni legislative e misure quali la prevenzione (istruzione, formazione, linee guida), nonché nel settore della mitigazione delle conseguenze delle catastrofi naturali (cofinanziamento delle assicurazioni agricole, assistenza e riabilitazione in caso di calamità, ecc.). Un esempio particolare di buona pratica nel settore dell'adattamento è in corso nella regione della Valle di Vipava. L'Agenzia per lo sviluppo di Ajdovščina ha preparato e sta attuando il progetto LIFE ViVaCCAdapt. Nell'ambito del progetto, è già stata preparata una strategia per l'adattamento dell'agricoltura al cambiamento climatico e sono in corso azioni pilota a sostegno del processo decisionale per l'irrigazione e la realizzazione di frangivento vivi.
- **Patrimonio culturale:** nell'agosto 2017 è stata adottata la Politica Architettonica della Slovenia - Architettura per le Persone, che vede la pianificazione territoriale e la costruzione come attività che contribuiscono all'adattamento ai cambiamenti climatici. Sono state elaborate e pubblicate linee guida per la riqualificazione energetica degli edifici del patrimonio culturale, che specificano, tra l'altro, una serie di misure atte al miglioramento della loro efficienza energetica. Sono previste le procedure necessarie per una pianificazione e un'attuazione efficaci delle misure di riqualificazione energetica, che rappresentano anche una misura di adattamento ai cambiamenti climatici.
- **Informazione e sensibilizzazione:** ARSO, in collaborazione con l'Istituto Nazionale di Salute Pubblica (NIJZ), informa regolarmente il pubblico in caso di eventi climatici e idrologici pericolosi (fornendo istruzioni ai cittadini). Inoltre, l'ARSO pubblica regolarmente informazioni sui cambiamenti climatici e newsletter sul monitoraggio climatico. Nel settore della sensibilizzazione, il progetto Slovenia riduce la CO₂ ha incluso anche esempi di adattamento al clima tra le buone pratiche, negli eventi, nelle consultazioni e nelle linee guida per i decisori.
- **Cooperazione internazionale allo sviluppo:** nella risoluzione sulla cooperazione internazionale allo sviluppo e sugli aiuti umanitari, adottata nel 2017, la lotta contro il cambiamento climatico, compreso l'adattamento ai cambiamenti climatici, è una delle due aree prioritarie per la cooperazione allo sviluppo, che indica un aumento della quota delle misure di adattamento in futuro.
- **Salute pubblica:** il Ministero della Salute e la NIJZ hanno rilevato che le ondate di calore rappresentano una grave minaccia per la salute pubblica. La vulnerabilità delle persone

varia a seconda dell'età, dello stato di salute, dello stato socioeconomico e dell'ambiente di vita (campagna, città). Così, ad esempio, nel periodo delle ondate di calore, un maggior numero di persone muore a causa di malattie cardiovascolari, e particolarmente vulnerabili sono le persone anziane il cui numero e percentuale della popolazione sta crescendo in Slovenia. Le onde di calore rafforzano anche altri fattori che inficiano sulla salute umana, come gli inquinanti atmosferici ambientali (particolato e ozono), creando condizioni più favorevoli per la riproduzione e la diffusione di agenti patogeni, vettori e piante allergeniche. Nel 2017 la SEA e la NIJZ hanno rinnovato le previsioni e la visualizzazione dei dati sull'inquinamento dell'aria. Hanno individuato i livelli di inquinamento e le raccomandazioni per le persone nei giorni con eccessivo inquinamento atmosferico per particolato e ozono. La NIJZ, in collaborazione con i dermatologi e con il sostegno del Ministero della Salute, sta implementando il programma Safe in Sun da un decennio volto a informare la popolazione sugli effetti nocivi dell'esposizione alla luce solare e sulle misure che possono efficacemente prevenire queste conseguenze. Ciò potrebbe contribuire a lungo termine a fermare l'aumento dei tumori della pelle in Slovenia (in particolare del melanoma). Il programma si rivolge ai bambini in età prescolastica negli asili e alle scolaresche.

Sono in corso alcune azioni di adattamento nei settori della gestione agricola, forestale e idrica, in linea con i piani d'azione settoriali nazionali esistenti:

- **Strategia per l'Adattamento dell'Agricoltura e delle Foreste Slovene ai Cambiamenti Climatici (2008):** i suoi piani d'azione del 2010 e del 2011, con misure ancora in corso di attuazione nell'ambito del primo e secondo pilastro dell'RDP, sono sostenuti da una serie di progetti di ricerca applicata riguardanti principalmente le nuove tecnologie e la coltivazione di colture più resistenti al clima.
- **I piani di Gestione dei Bacini Idrografici del Danubio e del Mare Adriatico per il 2016-2021:** definiscono una serie di misure che contribuiscono anche all'adattamento climatico, compresa la preparazione di una serie di indicatori per la siccità e di misure volte a migliorare lo stato dell'acqua e la gestione.
- **Piano di Mitigazione dei Rischi di Alluvione 2017-2021:** definisce una vasta serie di progetti di protezione contro le inondazioni, che comprendono misure di adattamento al cambiamento di destinazione del suolo, infrastrutture energetiche e di trasporto e l'effettuazione di un monitoraggio idrologico e meteorologico regolare.
- **Progetto LIFE ViVaCCAdapt:** nella Valle di Vipava, l'Agenzia per lo sviluppo di Ajdovščina attua autonomamente il progetto LIFE ViVaCCAdapt con l'aiuto finanziario del MESP (20%) del Fondo per il Clima. È stata preparata una strategia per adeguare l'agricoltura ai

cambiamenti climatici per il periodo 2017-2021, come prima strategia regionale di questo tipo. L'attuazione è stata avviata di recente e sono attualmente in corso azioni pilota a sostegno del processo decisionale per l'irrigazione e l'impianto di frangiventi naturali.

Tali azioni sono realizzate dai rispettivi ministeri nazionali, nell'ambito delle risorse finanziarie disponibili. L'attuazione di tutti e tre i piani d'azione nel settore idrico è iniziata di recente e non sono ancora disponibili relazioni sullo stato di avanzamento. Le azioni connesse all'adeguamento nel settore agricolo e forestale sono state attuate dal 2010 e i progressi sono riportati annualmente, come parte delle relazioni di monitoraggio dello sviluppo agricolo pubblicate dall'Istituto per l'Agricoltura della Slovenia. In tutti i piani d'azione le misure sono principalmente settoriali e non orizzontali.

5.3 Gorenjska, Osrednjeslovenska, Primorsko-Notranjska, Obalno-Kraška, Goriška

5.3.1 Territorio e dati demografici

La Slovenia è situata nell'Europa centrale e copre una superficie di 20.271 km² (Tabella 10) [32]. Confina con l'Italia, l'Austria, la Croazia e l'Ungheria. In Slovenia si incontrano quattro grandi regioni geografiche europee: le Alpi, l'area dinarica, la pianura pannonica e il Mediterraneo. La costa è lunga solo 46,6 km, ma ci sono 26.000 chilometri di fiumi e ruscelli, circa 7.500 sorgenti d'acqua dolce, tra cui diverse centinaia di sorgenti termali terapeutiche di prima classe. Le foreste coprono la metà del territorio; la Slovenia è il terzo paese più boschivo d'Europa, subito dopo la Finlandia e la Svezia. In Slovenia sopravvivono ancora resti di foreste primitive, la più grande nella zona di Kočevje. Gli orsi, che non si trovano più a nord di questa regione, vivono ancora in queste foreste, dove è anche possibile incontrare lupi e linci. Le distese prative coprono 5.593 km² del paese, campi e giardini ulteriori 2.471 km². Ci sono infine anche 363 km² di frutteti e 216 km² di vigneti. La maggior parte della Slovenia ha un clima continentale con inverni freddi ed estati calde. La Slovenia ospita oltre 15.000 specie animali e 3.200 specie vegetali. Circa l'11% del territorio sloveno è protetto; l'area più estesa con tale regime è il Parco nazionale del Triglav con una superficie di 848 km². Le grotte di Škocjan, iscritte nell'elenco del patrimonio mondiale dell'UNESCO nel 1986, le saline di Sečovelje e il lago di Cerknica figurano nell'elenco delle zone umide di Ramsar.

Le regioni della Slovenia che fanno parte dell'area di programma appartengono alla parte occidentale del paese e comprendono le città di Lubiana, Koper, Kranj e Nova Gorica. È la parte più sviluppata della Slovenia, con un PIL pro capite pari al 105,4% della media dell'Unione europea. Si estende attraverso la catena alpina e attraverso il carso, le montagne dinariche in parte boschive

fino all'estremo nord del Mediterraneo. Nelle Alpi, che terminano a nord e a nord-ovest della Slovenia, si trova il Parco Nazionale del Triglav, l'unico parco nazionale esistente nel paese. Il bordo sudoccidentale della regione si estende fino a 47 km di costa del Mare Adriatico. Vi è un incrocio di due corridoi di trasporto europei, mentre la rete infrastrutturale ha due principali snodi di trasporto: Capodistria, con il porto internazionale di Luka Koper, e la capitale Ljubljana, con l'aeroporto internazionale Jože Pučnik Ljubljana.

Tabella 10 . Superficie, popolazione, emissioni di GHG in Slovenia e nelle cinque regioni dell'area di programma [32] [33].

DATI PER L'ANNO 2016	Slovenia	Area di Programma	Slovenia centrale	Carniola Superiore	Gorizia	Coastal-Karst	Littoral - Inner Carniola
Area (km ²)	20.273	9.296	2.334	2.137	2.325	1.044	1.456
Popolazione	2.064.241	1.025.264	537.893	203.654	117.931	113.193	52.593
EGS (ktCO ₂ -eq)	16.831	8.360	4.386	1.661	962	923	429

5.3.2 Consumo energetico ed emissioni di base per la regione Gorenjska

Per quanto riguarda il consumo energetico e le emissioni di base nell'area di programma, le uniche informazioni disponibili a livello locale si trovano per la regione della Gorenjska nel "Piano per l'Energia Sostenibile e il Clima della Gorenjska" [34]. Altre regioni non raccolgono dati sull'energia a livello regionale poiché l'Istituto Statistico della Repubblica di Slovenia (SURs) e l'ARSO li raccolgono solo a livello nazionale. La Tabella 11 riassume questi valori. Come si può notare, i settori residenziale, industriale e dei trasporti erano i principali consumatori di energia ed emittenti di CO₂.

Tabella 11. Consumi finali di energia ed emissioni di CO₂ nella regione Gorenjska nel 2005, 2011 e 2016.

	Consumo finale di energia [tep]			Emissioni di tCO ₂		
	2005	2011	2016	2005	2011	2016
Edifici pubblici	5.167	4.867	4.361	18.626	17.544	16.212
Illuminazione pubblica	1.048	910	640	5.977	5.191	3.649
Edifici residenziali	125.297	124.104	112.404	393.646	267.845	230.085
Industria		136.308	151.288		529.717	583.281
Transporti	36.465	40.247	51.178	107.268	119.852	153.299
Totale	167.979	306.437	319.874	525.517	940.149	986.526

5.3.3 Scenari di cambiamento climatico, rischi e impatti per la regione Gorenjska

In un'analisi più dettagliata delle tendenze climatiche nell'area di programma, le uniche informazioni disponibili per la regione della Gorenjska sono quelle tratte dal "Gorenjska Sustainable Energy and Climate Plan" [34]. Come riferimento, abbiamo incluso anche le stazioni meteorologiche ARSO Rateče e Jože Pučnik Ljubljana Airport, che hanno una serie di misure sufficientemente lunga, e allo stesso tempo rappresentano la maggior parte della zona abitata della regione statistica Gorenjska.

Nel caso di uno scenario di emissione moderatamente ottimistico RCP 4.5, nella regione della Gorenjska la temperatura media dell'aria aumenterà di circa $0,8^{\circ}\text{C}$ nel periodo 2010-2040 (Figura 58). Il mese con un aumento maggiore sarà febbraio ($1,2^{\circ}\text{C}$), mentre quello con il minor cambiamento aprile ($0,3^{\circ}\text{C}$). In base alle stagioni meteorologiche, il cambiamento massimo di temperatura si verificherà in autunno, quello minimo in primavera. Nel caso dello scenario RCP4.5, la temperatura massima media aumenterà maggiormente nel mese di agosto ($1,1^{\circ}\text{C}$) nella zona di Rateč, mentre nell'area dell'aeroporto J. P. Ljubljana a febbraio ($1,7^{\circ}\text{C}$).

L'aumento della temperatura media annuale, nonché delle temperature massime e minime, comporterà una diminuzione della quantità di nevicate nella stagione invernale, e nella stagione estiva tali cambiamenti aumenteranno il rischio di giornate calde più frequenti, ondate di calore e carenza d'acqua. Le temperature previste contribuiscono ad aumentare il verificarsi di questi eventi meteorologici estremi (sia per numero che per intensità).

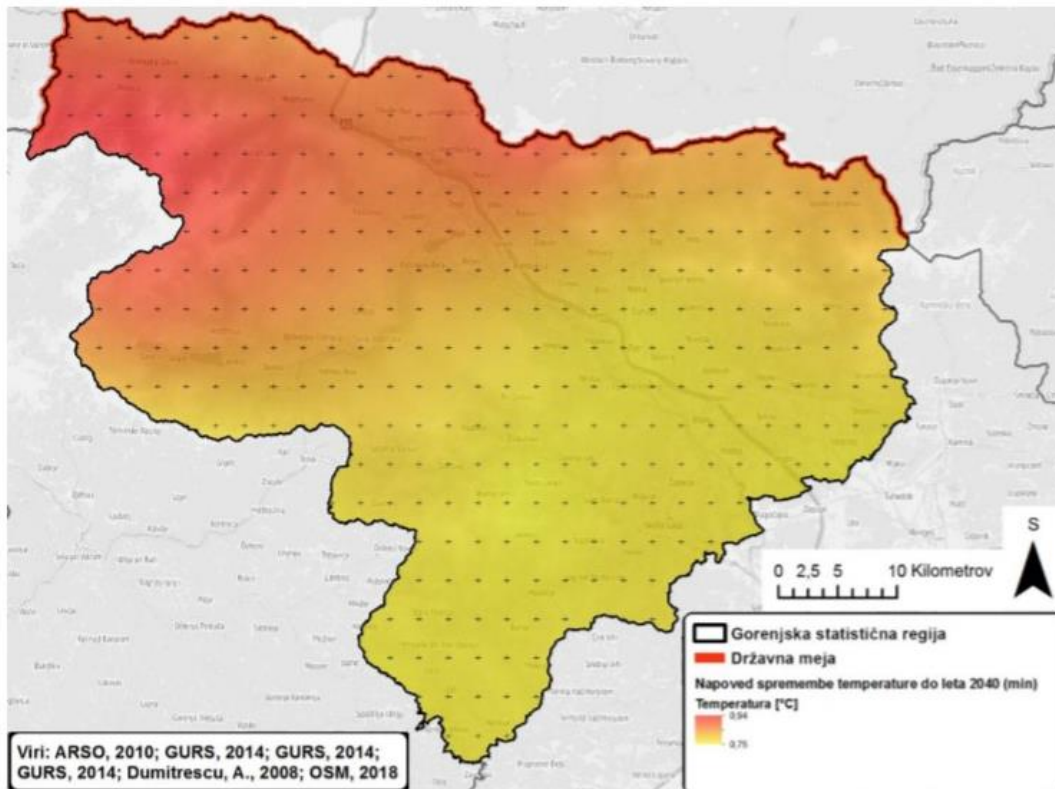


Figura 58. Variazione della distribuzione della temperatura media dell'aria al 2040, secondo lo scenario climatico RCP 4.5, per la regione statistica della Gorenjska [34].

Le precipitazioni medie annuali aumenteranno secondo lo scenario RCP 4.5 entro il 2040 (Figura 59). Nella zona di Rateče, le precipitazioni medie annuali per il periodo 2011-2040 saranno di circa 1.479 mm, mentre nell'area dell'aeroporto J. P. Ljubljana circa 1.405 mm. Secondo le stagioni meteorologiche, nella zona di Rateče, il cambiamento più grande nelle precipitazioni si verificherà in inverno (+9,6%), mentre nella zona dell'aeroporto di J.P. Ljubljana, le variazioni maggiori nella quantità di precipitazioni si verificheranno in primavera (+7,7%).

A causa dell'aumento delle precipitazioni, si prevede un aumento della frequenza e dell'intensità delle alluvioni nella regione della Gorenjska secondo lo scenario RCP 4.5, poiché la portata massima dei corsi d'acqua aumenterà. L'aumento delle portate massime dei fiumi nella regione della Gorenjska contribuirà ad aumentare il numero e l'intensità delle alluvioni. Per il fiume Kokra, le portate massime dovrebbero aumentare di circa il 10%, per il Sora del 21%, per il Poljanska Sora del 28%, per il Selška Sora del 28%, per il Sava del 13%, per il Sava Bohinjka del 6%, per il Sava Dolinka del 30% e per il Tržiška Bistrica del 5%.

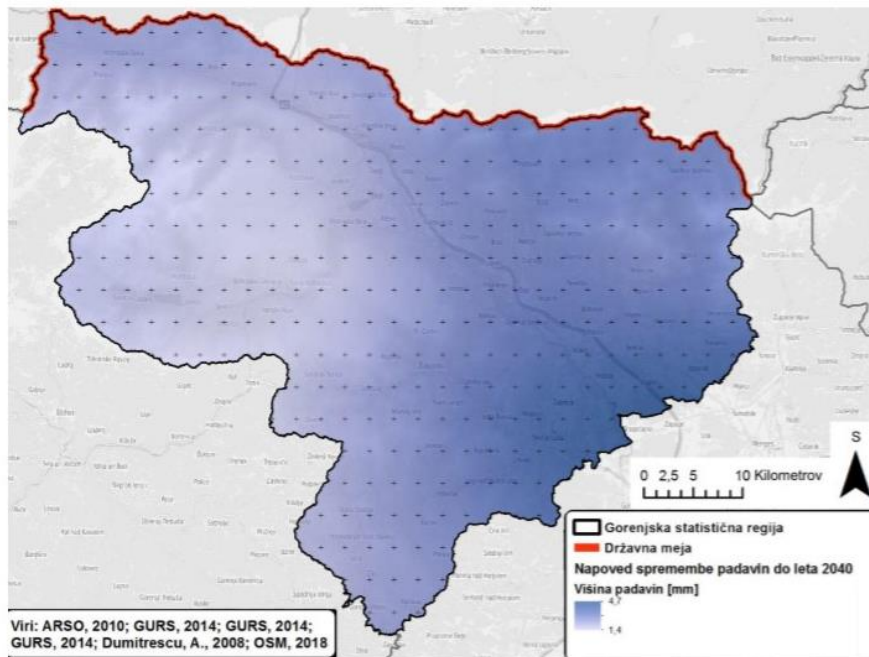


Figura 59. Il cambiamento previsto e la distribuzione della quantità media annua di precipitazioni, secondo lo scenario climatico RCP 4.5, per la regione statistica della Gorenjska [34]

In termini di settori interessati, la vulnerabilità del trasporto stradale al cambiamento climatico entro il 2030 è da piccola a moderata. Ciò è dovuto, in particolare, al fatto che il cambiamento climatico non dovrebbe essere significativamente diverso rispetto a oggi, o che i cambiamenti sono simili agli ultimi dieci o vent'anni. Allo stesso tempo, la capacità di adattamento nel sistema di trasporto su strada è per lo più buona o almeno moderata. Il problema rimane una scarsa consapevolezza dell'adattamento sistemico, ma è positivo che i sistemi di progettazione e manutenzione delle strade in Slovenia siano ben consolidati. Allo stesso tempo, il sistema di trasporto è per lo più sufficientemente reattivo, soprattutto nel campo della riparazione, ma meno nel settore dell'adattamento. La vulnerabilità del trasporto ferroviario nella Gorenjska fino al 2030 è piccola e moderata. Le ragioni sono legate alla scarsità di infrastrutture e di traffico. Per di più, nel caso della ferrovia, eventi molto più rari legati al cambiamento climatico (in particolare per le precipitazioni) interessano la tratta di Bohinj, ma non è tra le priorità attuare degli investimenti ferroviari in Slovenia. Per il traffico aereo gli impatti saranno bassi.

Le attività turistiche all'aperto e le destinazioni non legate al turismo invernale saranno in grado di attrarre ancora più visitatori a causa delle temperature più elevate in inverno. Le temperature più elevate saranno più favorevoli per il ciclismo e le escursioni, così come le visite alle colline e alle basse montagne in inverno. Le temperature invernali più elevate sono anche più favorevoli dal punto di vista della sicurezza del traffico, che può contribuire a maggiori visite da parte dei turisti.

Al contrario, l'aumento della temperatura avrà un impatto sugli sport invernali, in quanto l'aumento della temperatura contribuisce a un più rapido scioglimento della neve, rendendo allo stesso tempo difficile o addirittura impossibile l'innevamento artificiale sulle piste da sci. Inverni più caldi avrebbero un impatto negativo sulle piste da sci, in quanto la maggior parte delle stazioni sciistiche della Gorenjska sono a quote relativamente basse (1.500 m sul livello del mare) con modesta attendibilità di copertura con neve naturale. Secondo una ricerca condotta in Austria, con l'aumento della temperatura di 2-3°C, la durata della stagione sciistica verrebbe ridotta di un mese, e l'innevamento attendibile rimarrebbe solo in alta montagna (in Slovenia, per quote superiori a 1.500 m sul livello del mare). Con l'innevamento artificiale con neve compatta, la durata desiderata della stagione sciistica può ancora essere garantita, ma in futuro, un innervamento ancora più intenso non aiuterebbe a risolvere il problema della stagione sciistica accorciata nelle piste a minor quota. Quando la temperatura aumenterà di 1°C, il limite di neve nell'area alpina aumenterà di 150 m. Secondo un'indagine svizzera [35], quando la temperatura aumenterà di 3°C, il limite di neve nelle Alpi centrali aumenterà di 300 m in inverno, e nelle regioni prealpine anche di 500 m. Sotto i 1.200 m, il manto nevoso ininterrotto sarà scarso. In futuro, solo le montagne sopra i 1.500 m avranno una sicura copertura nevosa. Studi sul periodo di riferimento 1981-1990 mostrano che l'attendibilità del manto nevoso nelle stazioni sciistiche slovene è stata maggiormente influenzata dall'altitudine, ma anche altri fattori, come le caratteristiche climatiche locali e le piste da sci, hanno un impatto rilevante. Se si innalza l'affidabilità del manto nevoso a 1.200 m, nella regione della Gorenjska, delle piste da sci più grandi, solo il Vogel, Krvavec e Soriška Planina avranno un innervamento del tutto attendibile. Se si aumenta l'attendibilità del manto nevoso a 1.500 m, la Slovenia avrà un innervamento del tutto attendibile solo nel comprensorio del Kanin, mentre solo alcune delle piste più alte di Vogel e Krvavec saranno adeguate alle attività sciistiche.

In futuro, le minacce aumenteranno per quasi tutte le foreste. Si prevede che la situazione si aggraverà ulteriormente nelle zone già in pericolo, ma anche le foreste a bassa quota saranno a rischio. In tutte le foreste, possiamo aspettarci un calo della produttività (incremento annuale) negli anni con l'aumento della siccità, la continuazione degli attacchi di scarabei della corteccia dell'abete rosso e il possibile aumento della presenza di parassiti o malattie su altre specie di alberi. Le potenziali conseguenze degli impatti negativi dei cambiamenti climatici sulle foreste comprendono:

- modifica della composizione delle foreste e accelerazione della rinnovazione forestale;
- riduzione o cessazione delle funzioni individuali e dei servizi ecosistemici delle foreste, comprese le funzioni protettive (ad es. prevenzione dell'erosione e delle valanghe);

- Aumento dei costi per la messa a disposizione di funzioni protettive per il ripristino delle foreste e delle operazioni infrastrutturali;
- Riduzione dell'attrattività del paesaggio per il tempo libero e il turismo;
- Aumento dei costi di raccolta dei rifiuti e contemporanea riduzione dei prezzi del legno sul mercato;
- Riduzione della redditività delle foreste per i loro proprietari;
- Variazioni o interruzioni temporali delle rese dalla foresta a seguito di danni e ripristino precoce di diradamenti.

6 Conclusioni

Dalla rivoluzione industriale, quantità crescenti di emissioni di GHG derivanti da attività antropogeniche legate alla produzione e consumo di energia stanno causando un aumento della temperatura e gravi conseguenze su tutti i sistemi naturali della Terra. Per questo l'UE ha stabilito che i suoi stati membri adottino strategie di mitigazione e adattamento per combattere il cambiamento climatico. Sia l'Italia che la Slovenia consumano la maggior parte della loro energia ed emettono la maggior parte dei loro GHG nei settori dei trasporti, residenziali e industriali e mirano a ridurre le loro emissioni di GHG del 40%, oltre ad aumentare l'efficienza energetica e passare alle fonti rinnovabili. Tuttavia, poiché gli eventi meteorologici estremi si stanno intensificando sia in Italia che in Slovenia, entrambi i paesi stanno sviluppando i propri piani di adattamento, mirati principalmente ad aumentare la resilienza nella gestione delle acque e delle coste, nella protezione ambientale (comprese l'agricoltura e la silvicoltura) e per la salute pubblica. La città metropolitana di Venezia, la regione Friuli Venezia Giulia, e le regioni occidentali della Slovenia (Gorenjska, Osrednjeslovenska, Primorsko-Notranjska, Obalno-Kraška, Goriška) che formano l'area di programma del progetto SECAP, affrontano problemi energetici e climatici simili. Per tutte queste regioni, l'opzione di mitigazione consiste nella riqualificazione energetica degli edifici, nell'aumento delle fonti rinnovabili e nella gestione della mobilità urbana. Tuttavia, i dati ufficiali sul consumo di energia sono spesso carenti, essendo talvolta solo parzialmente disponibili o obsoleti. Inoltre, manca una metodologia condivisa nella raccolta dei dati tra le regioni dell'area di programma. Le opzioni di adattamento sono più specifiche al contesto e consistono in una migliore pianificazione territoriale, prevenzione delle inondazioni, gestione delle risorse idriche, resilienza ambientale e salute pubblica. Tuttavia, a volte mancano proiezioni sul cambiamento climatico a più alta risoluzione, il che rende più difficile la scelta e l'attuazione delle opzioni di adattamento. Inoltre, sembra che vi sia una mancanza di comunicazione e uno scarso scambio di buone pratiche tra le regioni nell'area di programma.

Il progetto SECAP prende l'esempio positivo dell'iniziativa del Patto dei Sindaci per raggiungere gli obiettivi dell'UE e nazionali in materia di mitigazione e adattamento e affrontare le questioni relative all'energia e al clima nell'area di programma SECAP. Il progetto consisterà nell'elaborare una strategia condivisa di mitigazione e adattamento, fornendo sostegno ai comuni locali nella transizione dai loro PAES ai PAESC, aiutandoli a scegliere le azioni di mitigazione e adattamento appropriate e contestualizzate, per adottare un approccio bottom-up nella lotta al cambiamento climatico.

7 Bibliografia

- [1] “Fifth Assessment Report. Intergovernmental Panel on Climate Change (2014).”
- [2] Analisi Panoramica - L'azione dell'UE in materia di energia e cambiamenti climatici, Corte dei Conti Europea (2017).
- [3] “Clean Energy for all Europeans. Publications Office of the European Union (2019).”
- [4] “Climate Change Impacts, Adaptation, and Vulnerability - Regional Aspects. Intergovernmental Panel on Climate Change (2014).”
- [5] “Climate Change Impacts, Adaptation, and Vulnerability - Global and Sectoral Aspects. Intergovernmental Panel on Climate Change (2014).”
- [6] “An EU Strategy on Adaptation to Climate Change. European Commission Communication (2013).”
- [7] “Report from the Commission to the European Parliament and the Council on the Implementation of the EU Strategy on Adaptation to Climate Change. European Commission (2018).”
- [8] “Covenant of Mayors in figures, a 8-year assessment. Joint Research Centre - European Commission (2017).”
- [9] “The Covenant of Mayors for Climate and Energy Reporting Guidelines. The Covenant of Mayors & Mayors Adapt Offices, and Joint Research Centre of the European Commission (2016).”
- [10] “The Covenant of Mayors for Climate and Energy. The Covenant of Mayors Office.”
- [11] “Proposta di Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima. Ministero dello Sviluppo Economico & Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2018).”
- [12] “Italian Third Biennial Report to the UNFCCC. Institute for Environmental Protection and Research (ISPRA) & Ministry for the Environment, Land and Sea (2017).”
- [13] “Strategia Energetica Nazionale. Ministero dello Sviluppo Economico & Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2017).”
- [14] “Atlante geografico metodico De Agostini (2018).”
- [15] “Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNACC). Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2015).”

- [16] “Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC), prima stesura per la consultazione pubblica. Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici & Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2017).”
- [17] “Rapporto ambientale Valutazione Ambientale Strategica del Piano Energetico Regionale. Regione Friuli Venezia Giulia, Servizio Energia (2015).”
- [18] “Piano Energetico Regionale. Regione Friuli Venezia Giulia, Servizio Ambiente ed Energia & Agenzia per la Prevenzione e Protezione dell’Ambiente Friuli Venezia Giulia (2015).”
- [19] “Studio Conoscitivo dei Cambiamenti Climatici e di Alcuni Loro Impatti in Friuli Venezia Giulia. Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Friuli Venezia Giulia (2018).”
- [20] “Piano d’Azione per l’Energia Sostenibile (PAES) del Comune di Trieste.”
- [21] “Piano d’Azione per l’Energia Sostenibile (PAES) del Comune di Latisana. Settore Tecnico & Weproject (2017).”
- [22] “Piano d’Azione per l’Energia Sostenibile (PAES) del Comune di Udine. Servizio Patrimonio ed Ambiente (2010).”
- [23] “Piano d’Azione per l’Energia Sostenibile (PAES) del Comune di Pordenone. Comune di Pordenone.”
- [24] “Piano d’Azione per l’Energia Sostenibile (PAES) dell’Associazione Intercomunale Conca Tolmezzina. Agenzia per l’Energia del Friuli Venezia Giulia.”
- [25] “I dossier delle Città Metropolitane di Venezia. Città Metropolitana di Venezia.”
- [26] “Guida agli Ambienti del Veneto per Realizzare Attività Educative. Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (2005).”
- [27] “A Proposito di Cambiamenti Climatici. Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (2017).”
- [28] “I Cambiamenti Climatici, Rapporto Statistico. Regione Veneto & Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (2018).”
- [29] “Slovenian 7th National Communication and 3rd Biennial Report under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Ministry of the Environment and Spatial Planning (2018).”
- [30] “Integrated National Energy and Climate Plan for Slovenia Draft (2018).”

- [31] “Climate Change Projections for Slovenia over the 21st Century, Temperature and Precipitation Summary. Slovenian Environmental Agency (2019).”
- [32] “About Slovenia | GOV.SI.” [Online]. Available: <https://www.gov.si/en/policies/state-and-society/about-slovenia/>.
- [33] *CO2 Emissions from Fuel Combustion 2018*. OECD, 2018.
- [34] “TRAJNOSTNI ENERGETSKO-PODNEBNI NAČRT GORENJSKE. ENVIRODUAL. 2018.”
- [35] H. Elsasser and P. Messerli, “The Vulnerability of the Snow Industry in the Swiss Alps,” [https://doi.org/10.1659/0276-4741\(2001\)021\[0335:TVOTSI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1659/0276-4741(2001)021[0335:TVOTSI]2.0.CO;2), vol. 21, no. 4, pp. 335-339, Nov. 2001.

8 Lista delle figure

Figura 1. Mappa dell'area di programma del progetto SECAP.....	4
Figura 2. Media globale combinata delle anomalie della temperatura della superficie terrestre e oceanica [1].....	5
Figura 3. Medie globali delle concentrazioni di GHG [1].....	6
Figura 4. Emissioni globali di CO ₂ antropogenica dal 1850 (sinistra); emissioni cumulate di CO ₂ (destra) [1].....	6
Figura 5. Variazione della temperatura media superficiale relativa al periodo 1986-2005 (sinistra); media del periodo 2081-2100 (destra) [1].....	7
Figura 6. Variazione della temperatura media superficiale (sopra) e della precipitazione media (sotto) per RCP2.6 (sinistra) and RCP8.5 (destra) nel periodo 2081-2100 comparato al periodo 1986-2005 [1].....	8
Figura 7. Scenari di emissioni di GHG al 2100 [1].....	9
Figura 8. Emissioni dirette di CO ₂ e non-CO ₂ considerando i maggiori settori, per gli scenari di base e di mitigazione (AFOLU = “agricoltura, selvicoltura e altri usi del suolo”) [1].....	10
Figura 9. Emissioni di GHG in UE dal 1990 includendo gli obiettivi al 2020, 2030 e 2050 [2].....	14
Figura 10. Lista delle emissioni di GHG per stato membro nel 2015 [2].....	16
Figura 11. Emissioni totali di GHG classificate in base alla fonte (sinistra) e al settore (destra) nel 2015 [2].....	17
Figura 12. Fonti di energia degli Stati membri nel 2015 [2].....	18
Figura 13. Emissioni GHG riferite al 2015 in base alla fonte per anno (sinistra) ed in base ai settori principali (destra) [2].....	19
Figura 14. Percentuale di energia proveniente da fonti rinnovabili per Stato membro dell'UE (sinistra) e costo livellato dell'elettricità (senza sussidi) per fonte di energia (destra) [2].....	20
Figura 15. Emissioni GHG provenienti dal settore dei trasporti [2].....	21
Figura 16. Emissioni GHG per tonnellata di merci in base al metodo di trasporto [2].....	22
Figura 17. Emissioni GHG derivanti dal settore agricolo [2].....	23
Figura 18. Classificazione dell'Europa in base alle zone climatiche [4].....	25
Figura 19. Variazioni nel numero medio di ondate di calore in estate in Europa nel periodo 2081-2100 rispetto al periodo 1971-2000 in base allo scenario RCP8.5 [4].....	27
Figura 20. Variazione nella percentuale di piogge intense in Europa in inverno (sinistra) ed estate (destra) nel periodo 2081-2100 rispetto al periodo 1971-2000 in base allo scenario RCP8.5 [4].....	27
Figura 21. Perdite economiche in miliardi di euro degli Stati membri dell'UE [7].....	30

Figura 22. Perdite economiche previste in milioni di euro fornite dalle regioni presenti nell'UE [7].	30
Figura 23. Le relazioni economiche dell'UE con i partner commerciali di tutto il mondo e le potenziali perdite economiche dovute ai cambiamenti climatici [7].	31
Figura 24. Consumo energetico in Mtep in Italia dal 2005 [11].	35
Figura 25. Consumo energetico per settore in Mtep in Italia nel 2016 [11].	35
Figura 26. Andamento delle emissioni totali di GHG in Italia [12].	36
Figura 27. Emissioni di GHG misurate e previste in Italia [12].	38
Figura 28. Temperature medie annuali (a sinistra) e precipitazioni (a destra) in Italia [14].	42
Figura 29 . Le macro-regioni climatiche in Italia [16].	44
Figura 30. Aree climatiche omogenee, scenario RCP4.5 [16].	45
Figura 31. Aree climatiche omogenee, scenario RCP8.5 [16].	45
Figura 32. Distribuzione altimetrica del territorio (sinistra) e tipi di paesaggio (destra) in FVG [17].	55
Figura 33. Ex province del FVG (sinistra) e distribuzione degli agglomerati urbani (destra) [17].	57
Figura 34. Emissioni di GHG in t (CH ₄ e N ₂ O) e Kt (CO ₂) in FVG nel 2010 [18].	59
Figura 35. Temperature medie in FVG [19].	60
Figura 36. Distribuzione delle precipitazioni in FVG [19].	61
Figura 37. Trend della temperatura media annua durante il periodo 1961 - 2016 (linea blu) e media per decennio (linea rossa tratteggiata) in FVG [19].	62
Figura 38. Variazione delle precipitazioni (sinistra) e dei giorni piovosi (destra) in FVG nel periodo 1961 - 2016 [19].	63
Figura 39. Anomalie della temperatura invernale in FVG fino al 2100 per RCP2.6 (linea blu), RCP4.5 (linea arancione) e RCP8.5 (linea rossa) [19].	65
Figura 40. Anomalie della temperatura estiva in FVG fino al 2100 per RCP2.6 (linea blu), RCP4.5 (linea arancione) e RCP8.5 (linea rossa) [19].	66
Figura 41. Anomalie delle precipitazioni invernali in FVG fino al 2100 per RCP2.6 (linea blu), RCP4.5 (linea arancione) e RCP8.5 (linea rossa) [19].	67
Figura 42. Anomalie delle precipitazioni estive in FVG fino al 2100 per RCP2.6 (linea blu), RCP4.5 (linea arancione) e RCP8.5 (linea rossa) [19].	67
Figura 43. Precipitazioni intense in FVG nel periodo 2071-2100 per lo scenario RCP2.6 in inverno (sinistra) ed estate (destra) [19].	70
Figura 44. Precipitazioni intense in FVG nel periodo 2071-2100 secondo lo scenario RCP8.5 in inverno (sinistra) ed estate (destra) [19].	70

Figura 45. Comuni del FVG che hanno: aderito al Patto dei Sindaci 2020 (verde chiaro), presentato il PAES al Patto ma non lo monitorano (verde), fatto approvare il PAES dal Patto e lo monitorano (verde scuro), che hanno aderito al Patto dei Sindaci 2030 (azzurro)72

Figura 46. Principali ambienti della Città Metropolitana di Venezia (a sinistra) e divisione amministrativa per comuni (a destra) compresa la densità di popolazione [25].83

Figura 47. Temperature medie in Veneto dal 1993 [27].84

Figura 48. Distribuzione delle variazioni di temperatura nel 2017 rispetto alla media 1993-2016 in Veneto [28]-85

Figura 49. Ammontato della media delle precipitazioni dal 1993 in Veneto [27].....86

Figura 50. Distribuzione della quantità media di precipitazioni in mm in Veneto nel 2017 (a sinistra), e % della variazione rispetto al 1993-2016 (media)[28].....87

Figura 51. Consumi energetici in Slovenia ripartiti per sorgente, dal 1992 [29]. 90

Figura 52. Consumi energetici in Slovenia ripartiti per settore, dal 1992 [29].91

Figura 53. Emissioni di CO₂-eq in Slovenia dal 1986. Nel grafico sono incluse le proiezioni delle emissioni con le misure in atto, fino al 2035 [29].93

Figura 54. Incremento della temperatura in Slovenia fino al 2100, previsto dai diversi scenari RCP [31]. 101

Figura 55. Variazioni previste della temperatura media stagionale dell'aria per la Slovenia nel periodo 2071-2100 rispetto al periodo di riferimento 1971-2000 secondo lo scenario RCP4.5 [31] 102

Figura 56. Quantità media annua delle precipitazioni in Slovenia a 2100 rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo i tre scenari RCP [31]..... 103

Figura 57. Variazioni previste delle precipitazioni medie stagionale per la Slovenia nel periodo 2071-2100 rispetto al periodo di riferimento 1971-2000 secondo lo scenario RCP4.5 [31]. 104

Figura 58. Variazione della distribuzione della temperatura media dell'aria al 2040, secondo lo scenario climatico RCP 4.5, per la regione statistica della Gorenjska [34]..... 111

Figura 59. Il cambiamento previsto e la distribuzione della quantità media annua di precipitazioni, secondo lo scenario climatico RCP 4.5, per la regione statistica della Gorenjska [34]..... 112

9 Lista delle tabelle

Tabella 1. Pratiche di adattamento nei differenti settori sociali [1].	12
Tabella 2. Panoramica delle azioni PAESC [9].	33
Tabella 3. Cronoprogramma del PAESC [9].	34
Tabella 4. Parametri climatici considerati nella definizione delle macroregioni [16]......	43
Tabella 5. Valori medi e deviazioni standard dei parametric climatiche in ogni macro-regione [16].	44
Tabella 6. Consumo finale di energia in Ktep in FVG nel 2008 e nel 2012 [18].	58
Tabella 7. Numero di “giorni caldi” durante il periodo di riferimento ed i valori previsti per tutti gli scenari RCP e relative percentuali di variazione [19]......	68
Tabella 8. Numero di “notti tropicali” durante il periodo di riferimento ed i valori previsti per tutti gli scenari RCP e relative percentuali di variazione [19]......	68
Tabella 9. Consumo energetico ed emissioni di CO ₂ della Città Metropolitana di Venezia per l'anno 2017.	83
Tabella 10 . Superficie, popolazione, emissioni di GHG in Slovenia e nelle cinque regioni dell'area di programma [32] [33]......	109
Tabella 11. Consumi finali di energia ed emissioni di CO ₂ nella regione Gorenjska nel 2005, 2011 e 2016.	109