

Cambiamento climatico in Italia e modelli per valutarlo.

Paola Mercogliano

Paola.mercogliano@cmcc.it

REgional Model and geo-Hydrological Impacts, Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici, Italy

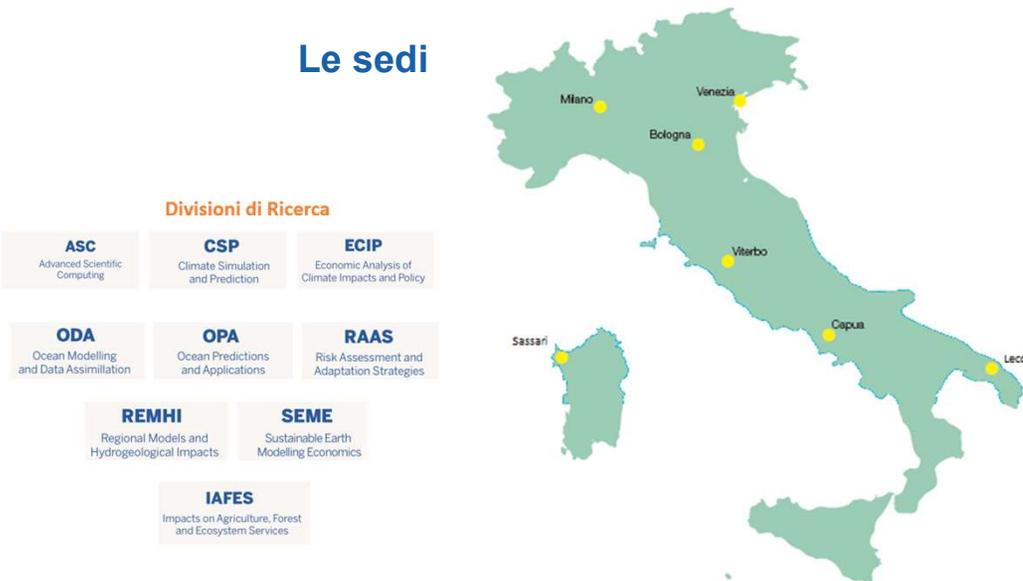


cmcc
Centro Euro-Mediterraneo
sui Cambiamenti Climatici

La fondazione CMCC

La Fondazione CMCC è un ente di ricerca no profit, che realizza **studi e modelli del sistema climatico e delle sue interazioni con la società e con l'ambiente** per garantire risultati affidabili, tempestivi e rigorosi al fine di **stimolare una crescita sostenibile, proteggere l'ambiente e sviluppare**, nel contesto dei cambiamenti climatici, **politiche di adattamento e mitigazione** fondate su conoscenze scientifiche.

Le sedi

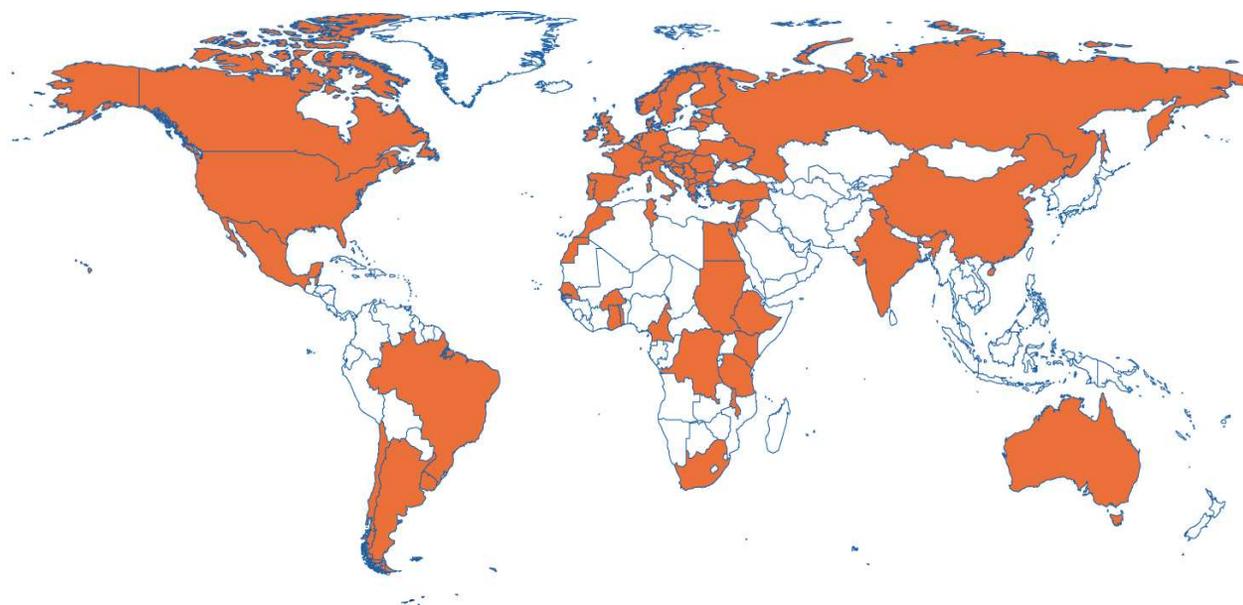


I partner



Le collaborazioni internazionali

Il CMCC collabora con i migliori centri internazionali specializzati nella ricerca climatica avanzata e applicata ed ha partecipato a progetti d'avanguardia in collaborazione con oltre **700 istituzioni di 71 Paesi**.

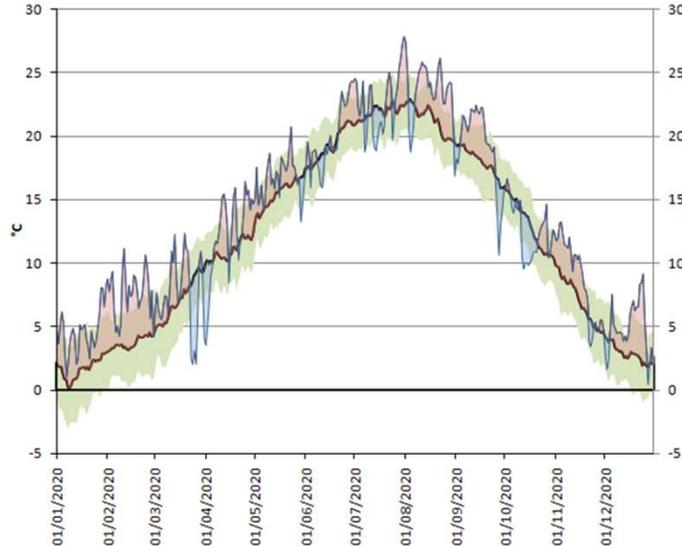


Dal 2006 il CMCC è **National Focal Point dell'IPCC** (Intergovernmental Panel on Climate Change), il principale organismo internazionale per la valutazione dei cambiamenti climatici.



Clima e variabilità climatica

Il **Clima** viene definito in termini di proprietà statistiche (ec. Valore medio della temperatura estiva in una regione). Il clima è influenzato da fattori astronomici e geografici.



Temperatura media regionale nell'anno 2020 in Emilia-Romagna: valori giornalieri (in blu) rispetto a quelli giornalieri di riferimento (in rosso, periodo 1961-1990). L'area verde rappresenta l'intervallo di confidenza del valore climatico (equivalente a una deviazione standard)

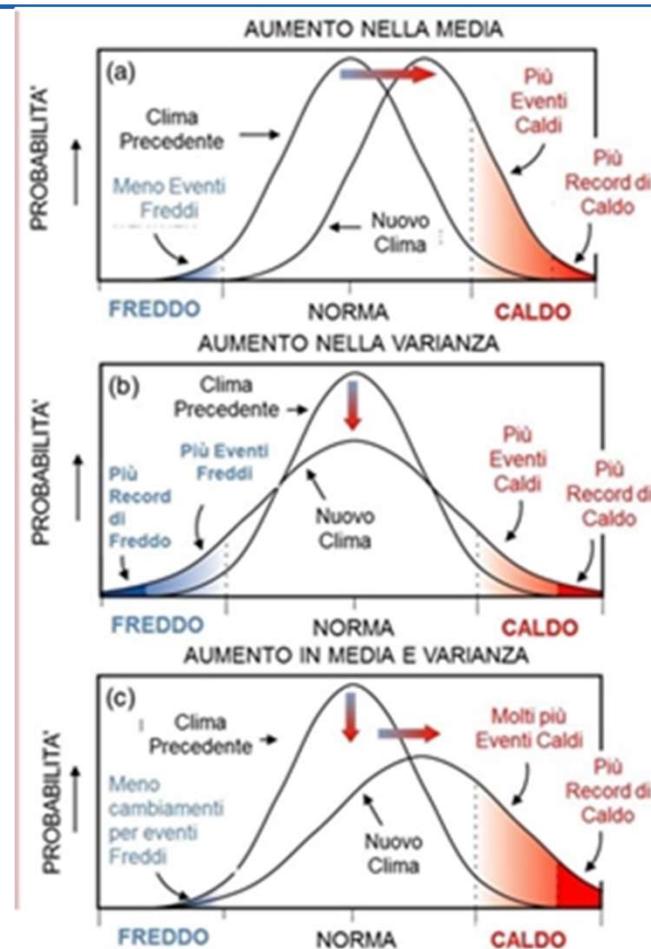


Per **variabilità climatica** si intende la variabilità di una specifica grandezza climatica (ad esempio la temperatura della superficie terrestre) intorno al suo valore medio (osservato su un lungo periodo).

Tali variazioni sono legate alle variazioni anno per anno (interannuali e stagionali) e alle oscillazioni decennali, che si sovrappongono al valore medio della grandezza.



Clima e cambiamento climatico



CAMBIAMENTI CLIMATICI: variazioni statisticamente significative dello stato medio del clima o della sua variabilità, persistente per un periodo esteso, non compatibile statisticamente con una «normale variabilità climatica»



Previsione vs Proiezioni

Previsione

- Risultato *univoco* dell'applicazione di un modello
- Parzialmente, è quello che accade anche in meteorologia, seppure, per via della non linearità, l'affidabilità della previsione si estenda per un periodo di tempo limitato

Vs.

Proiezione

- Passiamo dall'univocità ad un ventaglio di possibilità tanto ampio quanto sono numerosi e vari gli scenari, gli assetti futuri
- Diversamente dalle previsioni, sono condizionali nelle ipotesi riguardanti, per esempio, i futuri sviluppi socio-economici e tecnologici che potrebbero essere realizzati o no.



Avanzamento nelle metodologie di misura

Negli ultimi decenni nuovi sistemi di osservazione, particolarmente quelli basati sulle misure satellitari, hanno aumentato di un ordine di grandezza il numero di osservazioni sul sistema climatico terrestre



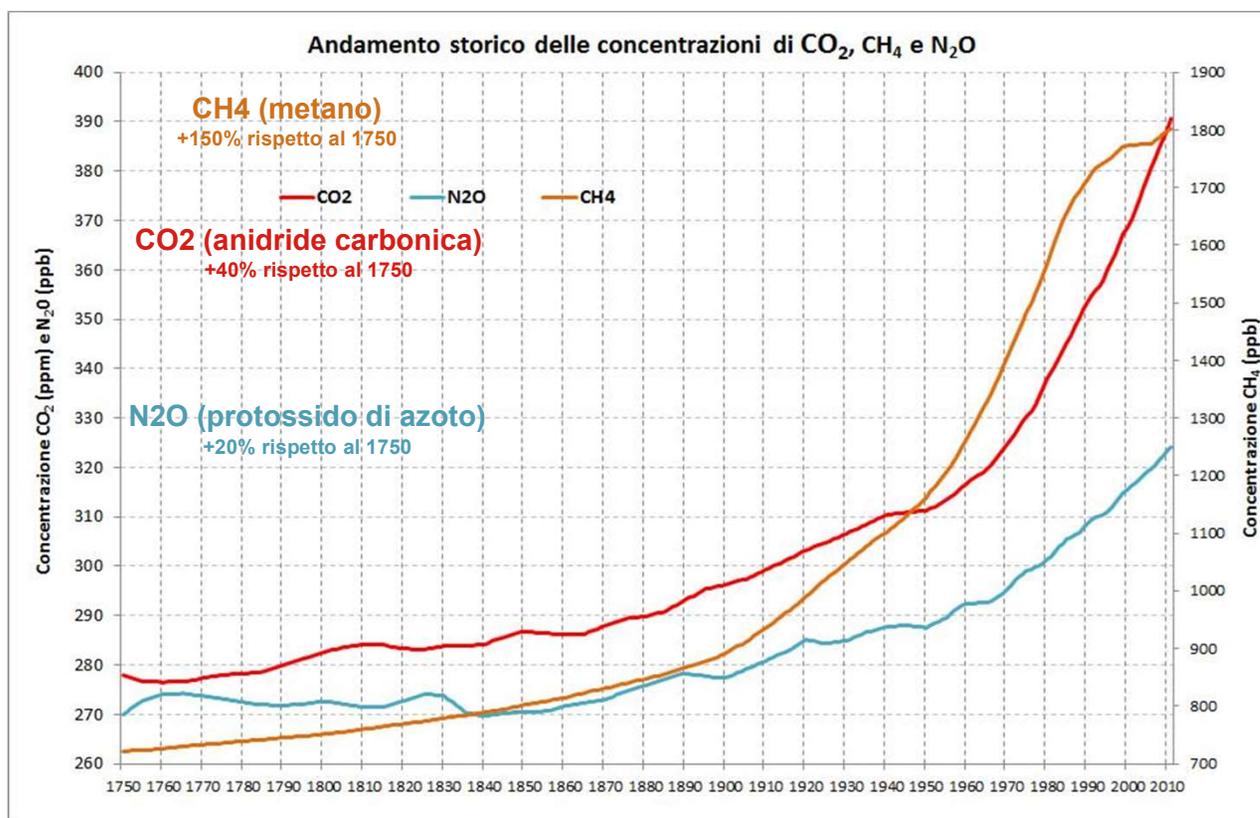
PCC AR5 Working Group I
Climate Change 2013: The Physical Science Basis

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change
WHO UNEP

Dati strumentali: ricostruzione più precisa delle variazioni a breve termine (a valle di un processo di omogeneizzazione). Limitati nel tempo.



Evidenze osservative

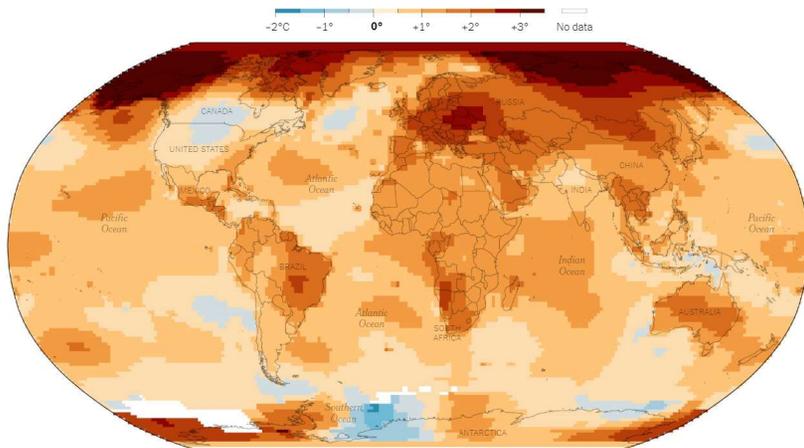


Andamento delle concentrazioni medie globali di alcuni gas serra (fonte dati: IPCC, 2013).

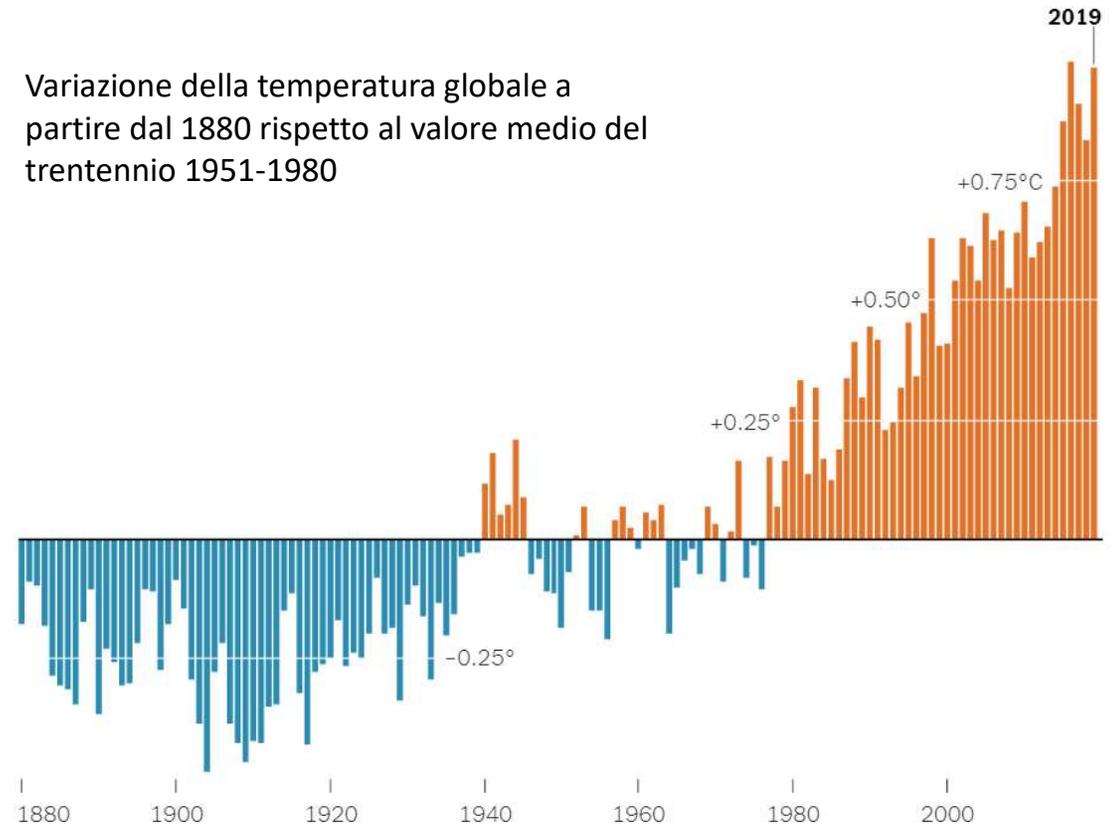


Variazione della temperatura globale

Variazione della temperatura globale nel 2019 rispetto al valore medio del trentennio 1951-1980



Variazione della temperatura globale a partire dal 1880 rispetto al valore medio del trentennio 1951-1980



Il cambiamento climatico: un fenomeno antropico

Certeza sulle cause umane del CC

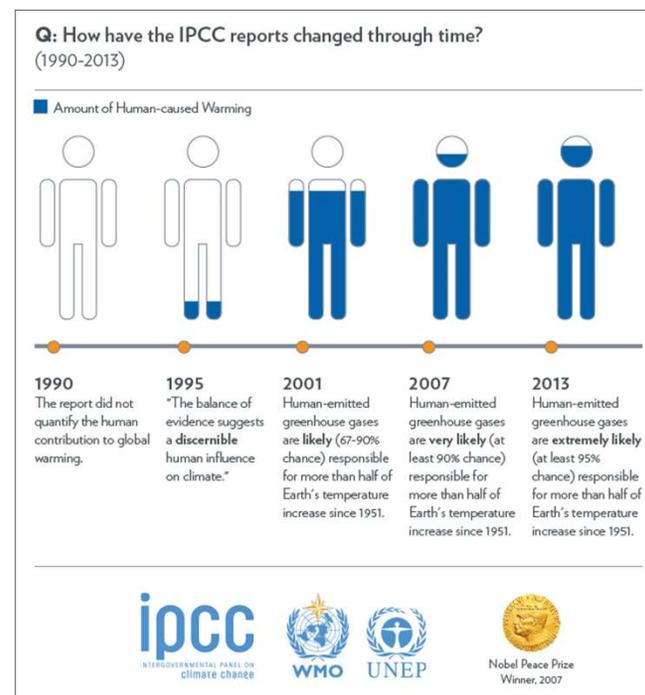
1990. « [...] le emissioni da attività umane stanno sostanzialmente aumentando la concentrazione di gas serra nell'atmosfera» (1°Rapporto IPCC)

1995. «Questi andamenti [di aumento di concentrazione di gas serra nell'atmosfera] **possono essere largamente attribuiti** alle attività umane» (2°Rapporto IPCC)

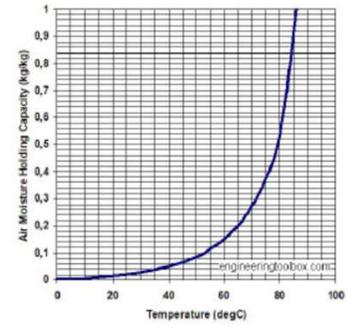
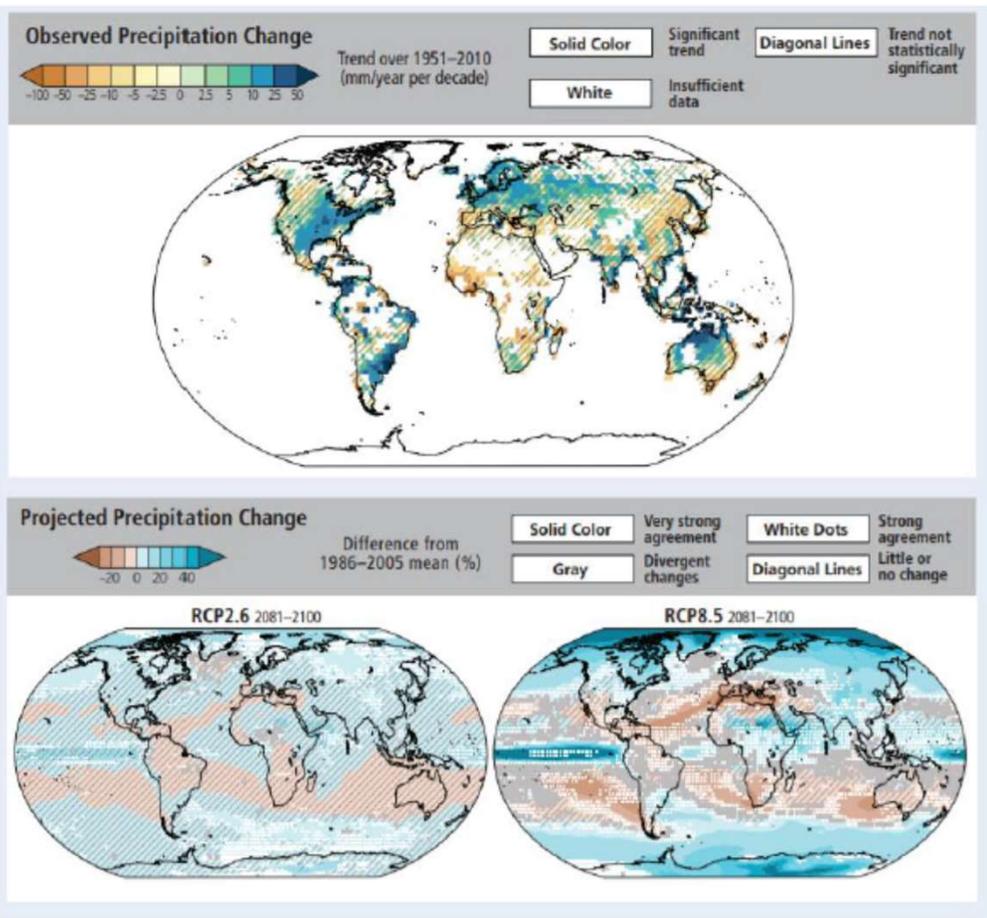
2001. «Alla luce delle nuove evidenze e tenendo conto delle restanti incertezze; **è possibile affermare** che il riscaldamento osservato negli ultimi 50 anni sia dovuto all'incremento della concentrazione dei gas ad effetto serra» (3°Rapporto IPCC)

2007. «La maggior parte dell'aumento osservato delle temperature medie globali dalla metà del XX secolo **è molto probabilmente dovuto** all'aumento osservato delle concentrazioni di gas serra di origine antropica» (4°Rapporto IPCC)

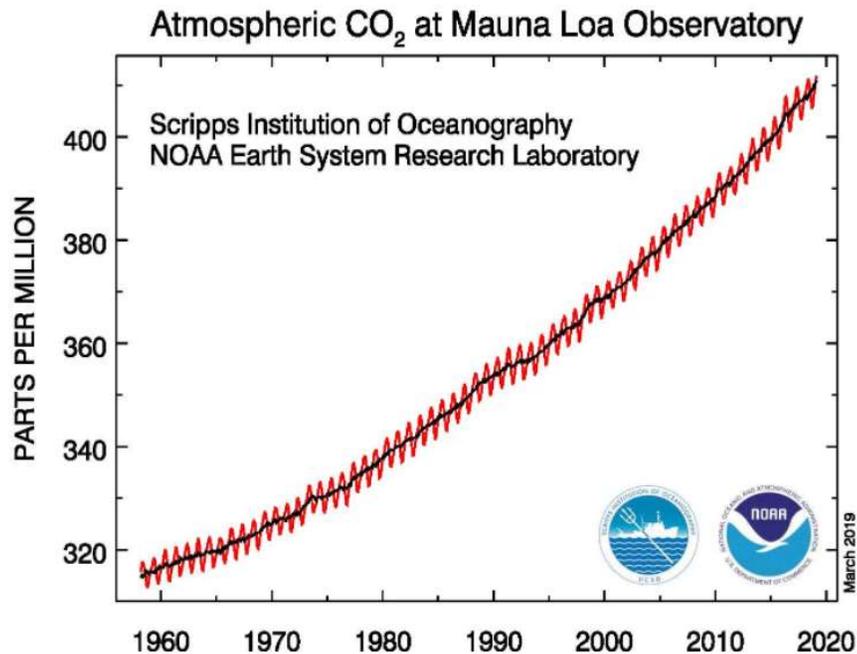
2013. «**L'influenza umana sul sistema climatico è chiara** e le recenti emissioni antropogeniche di gas serra sono le più alte nella storia con diffusi impatti sui sistemi umani e naturali» (5°Rapporto IPCC)



Variazione della distribuzione della precipitazione



Cosa ci attende ?



“At a time when there’s all this talk about how we should be decreasing CO₂ emissions, the amount of CO₂ we’re putting into the atmosphere is clearly accelerating”

Pieter Tans, senior scientist with GMD

1. Le caratteristiche del clima sia a scala globale che locale sono quindi influenzate dalla concentrazione di gas clima alteranti in atmosfera,
2. Tali concentrazione dipendono anche dalle emissioni antropiche oltre che da fattori naturali essi stessi variabili nel tempo e nello spazio, la variazione dei primi dipende da noi...da quanto emettiamo in termini di gas climalteranti.

Noto ciò per poter capire, come evolve il clima, abbiamo bisogno di :

1. **Conoscere le dinamiche che governano I processi climatici**
2. **sapere come cambieranno questa concentrazioni**



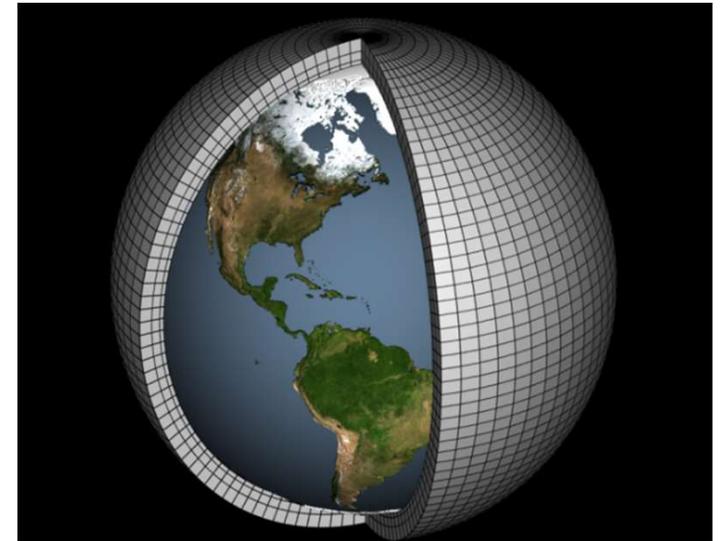
Modelli climatici descrivono i processi climatici e la loro evoluzione

L'unica speranza che dobbiamo essere in grado di comprendere e possibilmente predire l'evoluzione del sistema climatico è l'uso di modelli numerici.

Cos'è un **MODELLO DI CLIMA**?

Un insieme di equazioni matematiche che rappresentano le leggi fisiche che descrivono l'evoluzione del sistema climatico.

I modelli climatici possono essere molto semplici fino a molto complessi, inclusi tutti i componenti del sistema (Atmosfera, Oceano, Terra, Criosfera e Biosfera) e tutte le dinamiche, i processi fisici e le interazioni tra di loro.



Cosa sono i modelli?

Semplificazione: un modello deve essere più semplice della sua controparte reale.



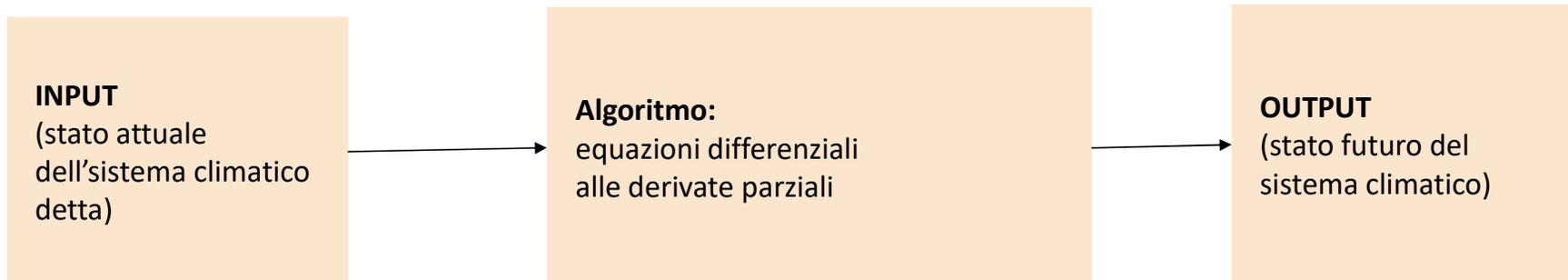
Idealizzazione: un modello deve enfatizzare le caratteristiche principali e trascurare quelle meno importanti.



Soggettività: il modellista stabilisce l'importanza dei vari componenti.



Come funzionano i modelli climatici



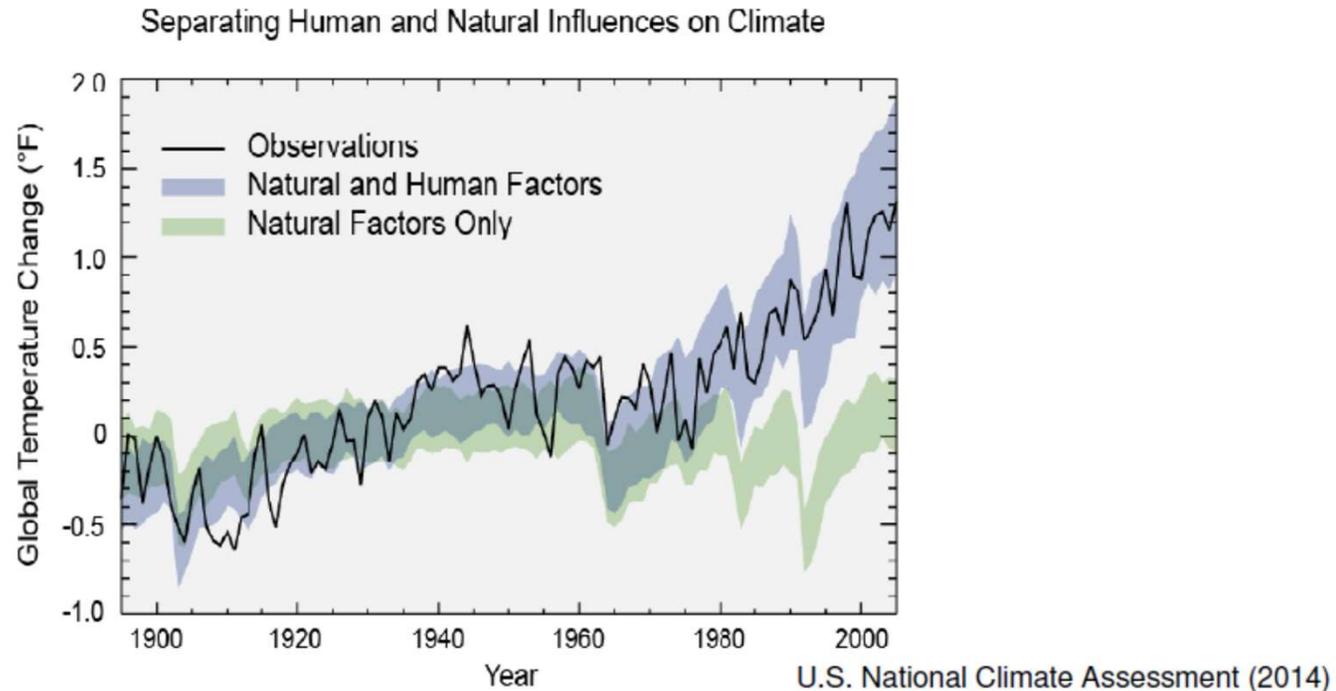
Tali modelli consentono una rappresentazione schematica e semplificata della realtà, descritta attraverso un insieme di equazioni che simulano il comportamento dei fenomeni naturali.

La possibilità di prevedere le variazioni del clima in futuro viene affidata ai modelli matematici che simulano i principali processi fisici del sistema Terra e la cui funzionalità viene testata confrontando le simulazioni del clima passato con i dati attualmente disponibili



I modelli climatici

I modelli numerici del clima che rappresentano solo gli effetti dei processi naturali non sono in grado di spiegare il riscaldamento nel secolo scorso. I modelli numerici del clima che rappresentano anche per i gas serra emessi dagli esseri umani sono in grado di spiegare questo riscaldamento e riprodurre la temperatura superficiale osservata



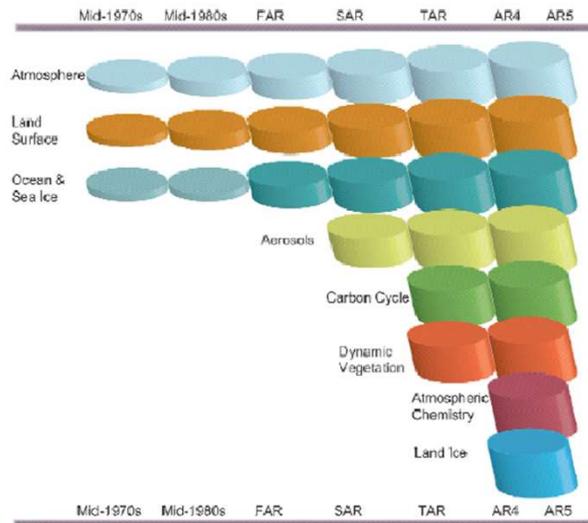
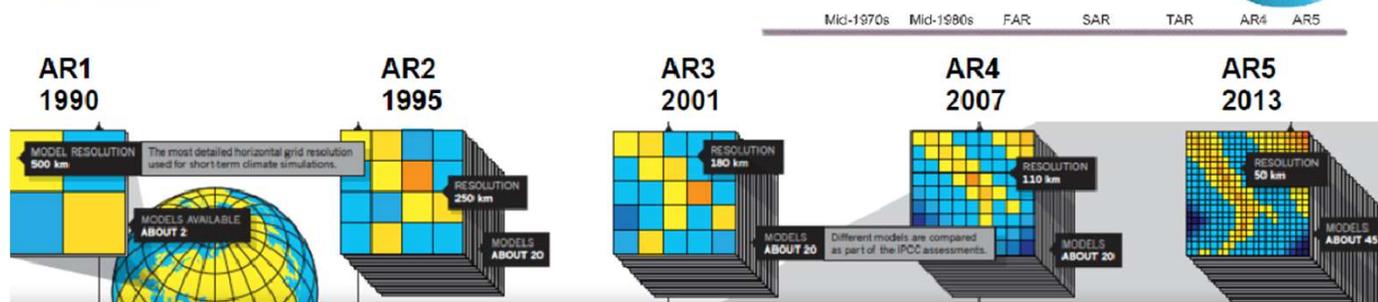
(source:

<http://www.epa.gov/climatechange/science/overview.html>)



Avanzamenti nella modellistica climatica

L'avanzamento della ricerca e l'aumento delle capacità e velocità dei nuovi sistemi di calcolo hanno permesso lo sviluppo di modelli più sofisticati che descrivono in modo più dettagliato i processi fisici, chimici e biologici nel sistema climatico ed hanno inoltre una risoluzione spaziale molto più elevata



Gli scenari IPCC

Abbiamo visto che il clima cambia perché cambia la concentrazione di gas climalteranti in atmosfera, al fine di poter capire come evolverà il clima usando i modelli climatici è importante sapere, quindi, quali saranno le concentrazioni future di questi gas in atmosfera.

Per questo motivo l'IPCC rilascia degli scenari, ovvero delle descrizioni plausibili di come potrà evolvere la società in futuro; ognuno di essi rappresenta un possibile sviluppo demografico, socio economico, tecnologico e ambientale, che può essere visto in maniera positiva da qualcuno e negativamente da altri.

Da sottolineare che gli scenari non sono né previsioni né predizioni.

Gli scenari descrivono l'evoluzione di diversi fattori strettamente connessi con i cambiamenti climatici nel XXI secolo.

Questi fattori includono i livelli di emissione di 10 gas serra, economia, energia, tecnologia in uso, risorse in uso, utilizzo del suolo, uso di combustibili fossili.



Gli scenari IPCC

- Il clima cambia perché cambia la concentrazione di gas climalteranti in atmosfera. Per capire come evolverà il clima usiamo i modelli climatici ma dobbiamo indicare loro quali saranno le concentrazioni future di questi gas in atmosfera.
- Per questo motivo l'IPCC rilascia degli scenari, ovvero delle descrizioni plausibili di come potrà evolvere la società in futuro.
- Gli scenari non sono né previsioni né predizioni.
- Gli scenari descrivono l'evoluzione di diversi fattori strettamente connessi con i cambiamenti climatici nel XXI secolo che includono i livelli di emissione di 10 gas serra, economia, energia, tecnologia in uso, risorse in uso, utilizzo del suolo, uso di combustibili fossili, sviluppo demografico.



Scenari IPCC : l'evoluzione nel tempo



Representative Concentration Pathways (RCPs)

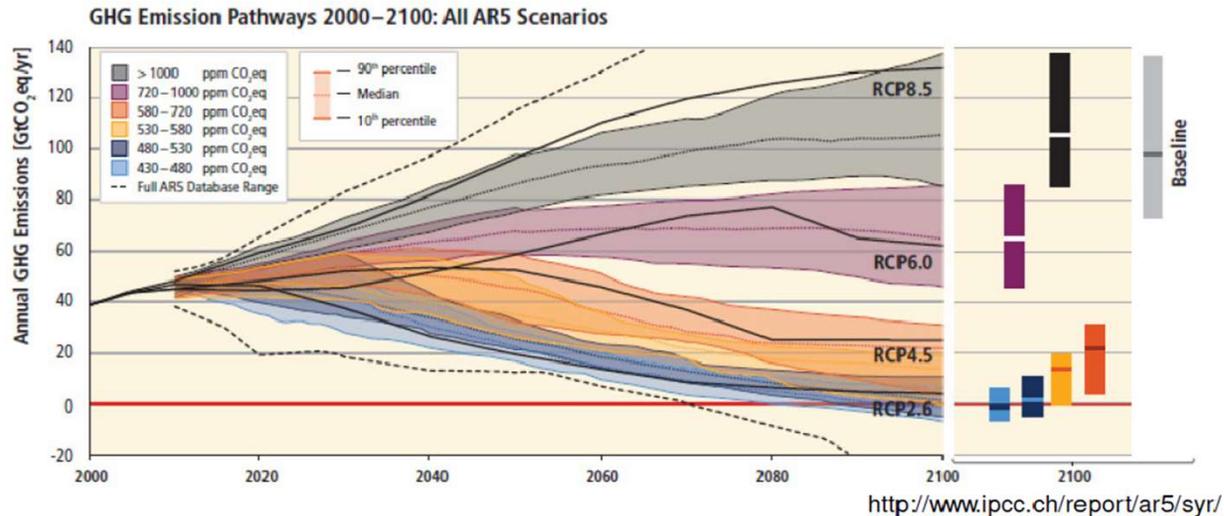
RCP sono scenari che tengono conto delle possibili variazioni future della concentrazione in atmosfera dei gas che producono Effetto Serra (Green House Gas – GHG) e vengono utilizzati come dati di input per modellizzazioni climatiche e di chimica dell'atmosfera. RCP tengono conto delle variazioni possibili per la stabilizzazione, mitigazione e delle emissioni (baseline) nei possibili scenari.

RCP 2.6 considera che le emissioni globali di GHG (misurate in CO₂ emesso equivalente) raggiungano un massimo tra il 2010 e 2020 per poi diminuire sostanzialmente.

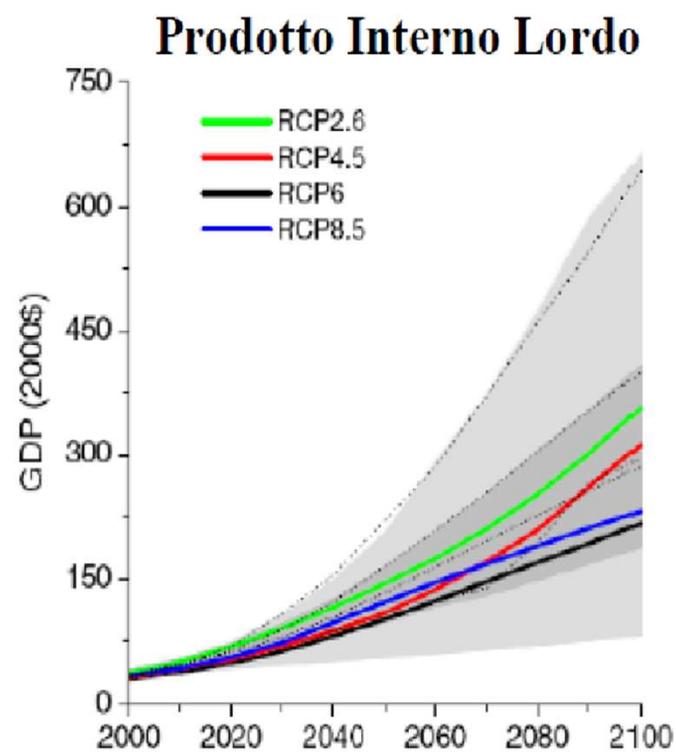
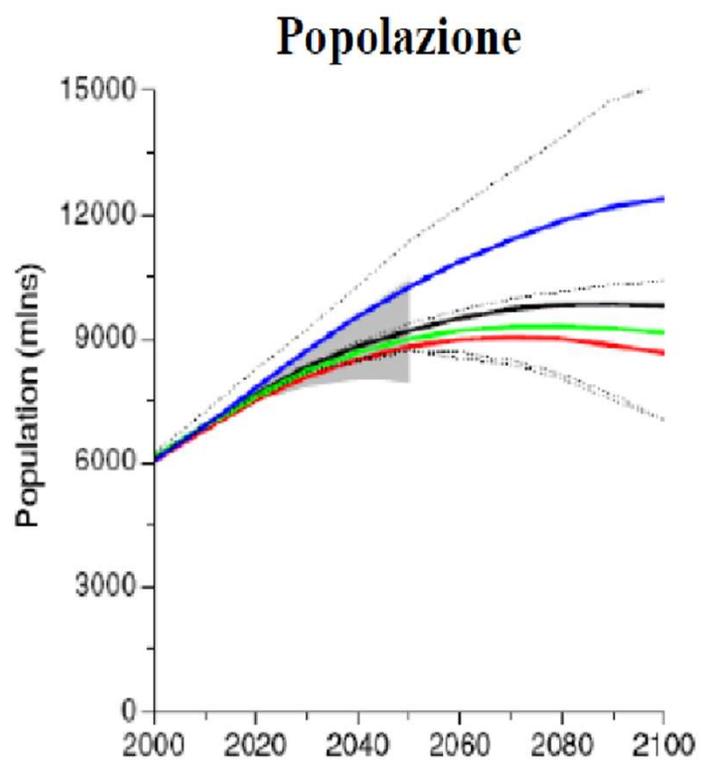
RCP 4.5 considera un picco di emissioni nel 2040 e poi un declino.

RCP 6 considera un picco di emissioni nel 2080 cui segue una sensibile diminuzione

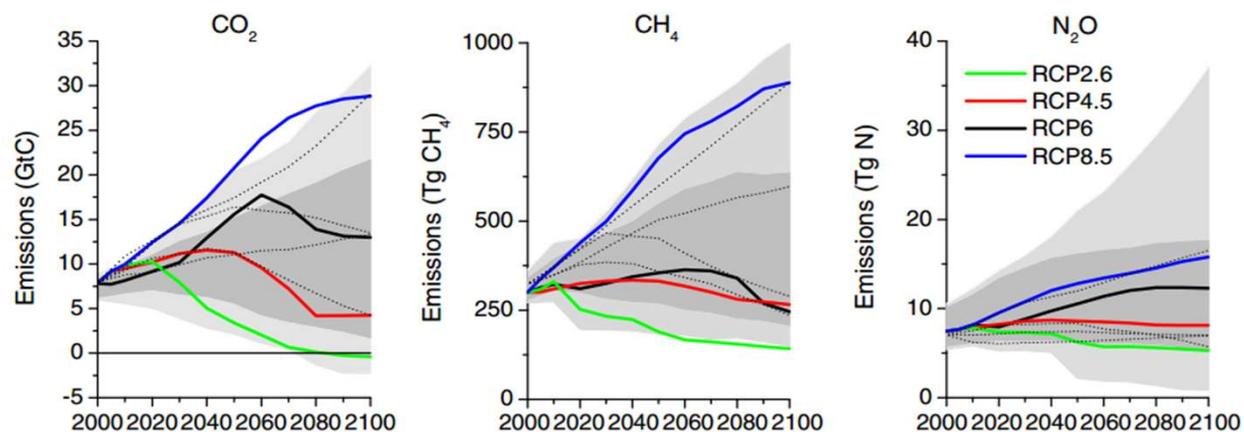
RCP 8.5 considera un aumento continuo di emissioni per tutto il XXI secolo.



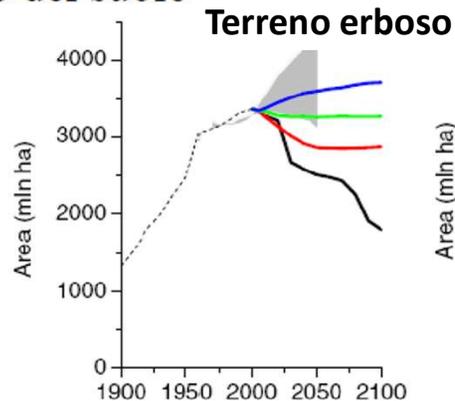
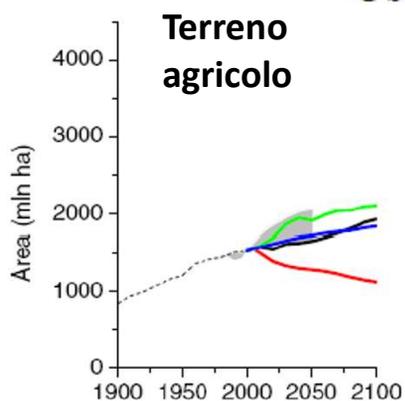
Le variazioni attese (2)



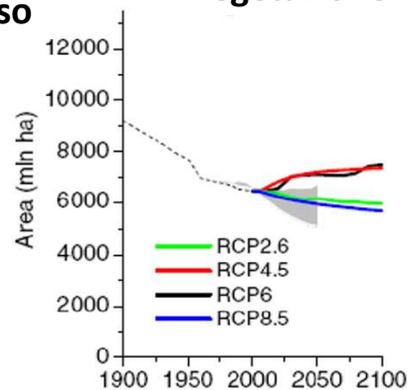
Le variazioni attese (1)



Uso del suolo



vegetazione



Le variazioni attese (3)

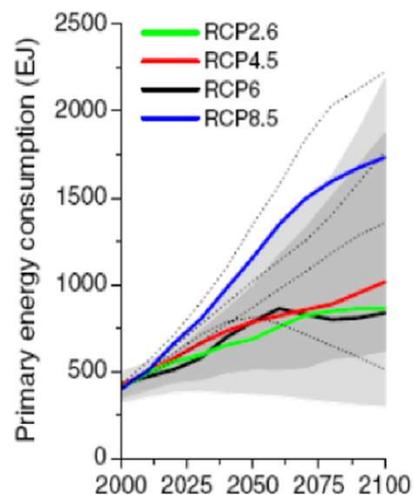
Fonte di energia primaria:

Energia presente in [natura](#), che non deriva dalla trasformazione di nessun'altra forma di [energia](#). Sono incluse le [fonti rinnovabili](#) (quali ad esempio l'[energia solare](#), [eolica](#), [idroelettrica](#), [geotermica](#), l'energia delle [biomasse](#)) e le [fonti esauribili](#), come i [combustibili](#) direttamente utilizzabili ([petrolio grezzo](#), [gas naturale](#), [carbone](#)) o l'[energia nucleare](#).

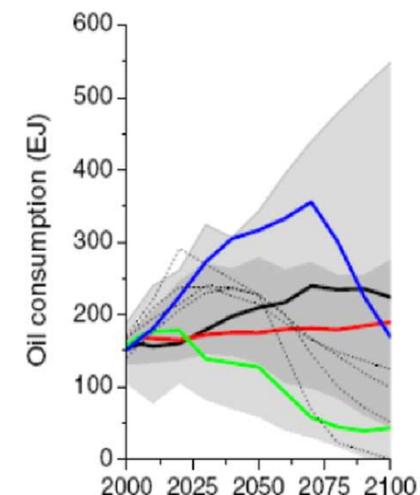
Fonti di energia secondaria

Energie che possono essere utilizzate solo a valle di una trasformazione di energia (come la [benzina](#), in seguito a [raffinazione](#) chimica, o l'[energia elettrica](#) o l'[idrogeno](#)).

Consumo di energia primaria



Consumo di petrolio



Scenari IPCC CMIP5 e CMIP6 sull'Italia

Gli Scenari RCP (Representative Concentration Pathways):

- RCP2.6; Scenario di mitigazione (riduzioni molto elevate)
- RCP4.5 Scenario di stabilizzazione (riduzioni consistenti)
- RCP8.5: Scenario «Business as usual», senza politiche di mitigazione

I numeri degli scenari RCP indicano il forzante radiativo totale raggiunto nel 2100 rispetto al 750)

Gli SSP sono stati sviluppati per integrare gli RCP, sono basati su cinque «narrazioni» che descrivono futuri alternativi socio-economici:

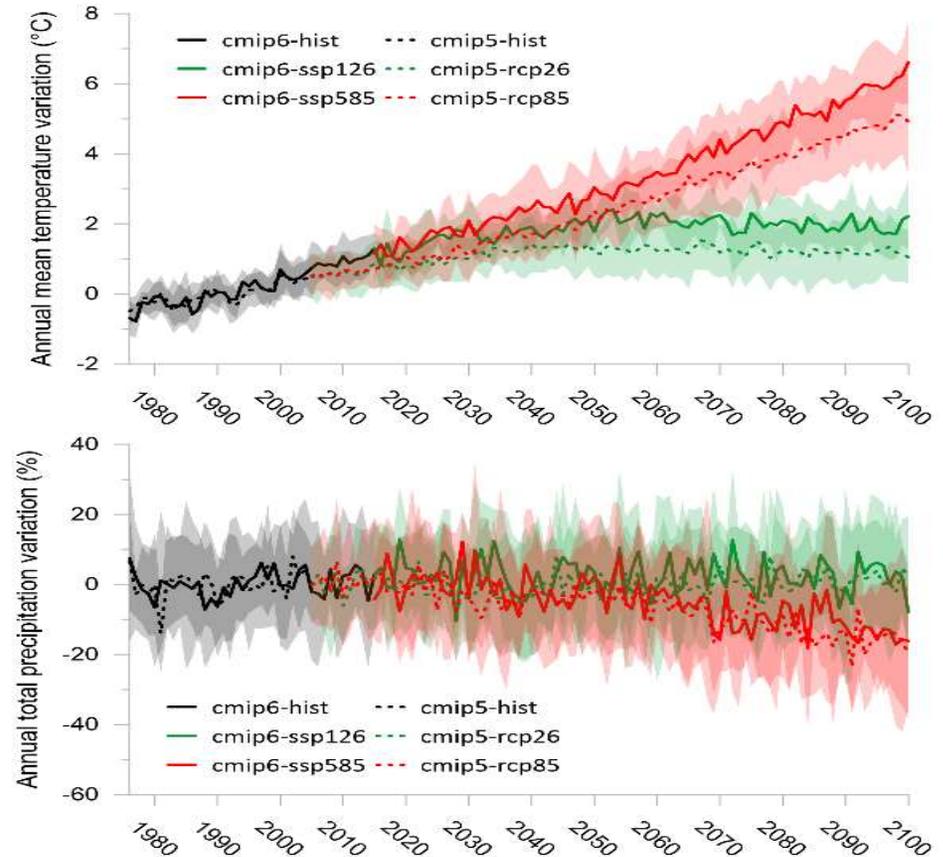
SSP1: sviluppo sostenibile

SSP2: scenario a sviluppo intermedio

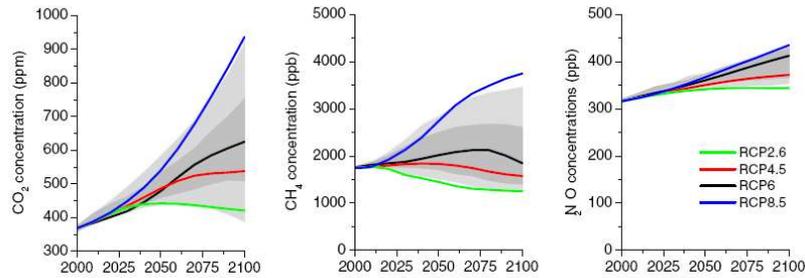
SSP3: rivalità regionale

SSP4: sviluppo con forti diseguglianze

SSP5: sviluppo con tanti combustibili fossili



Come si costruisce uno scenario climatico su scala globale



SRES/RCP Scenari (per le concentrazioni di GHG)



Earth System Models/GCM

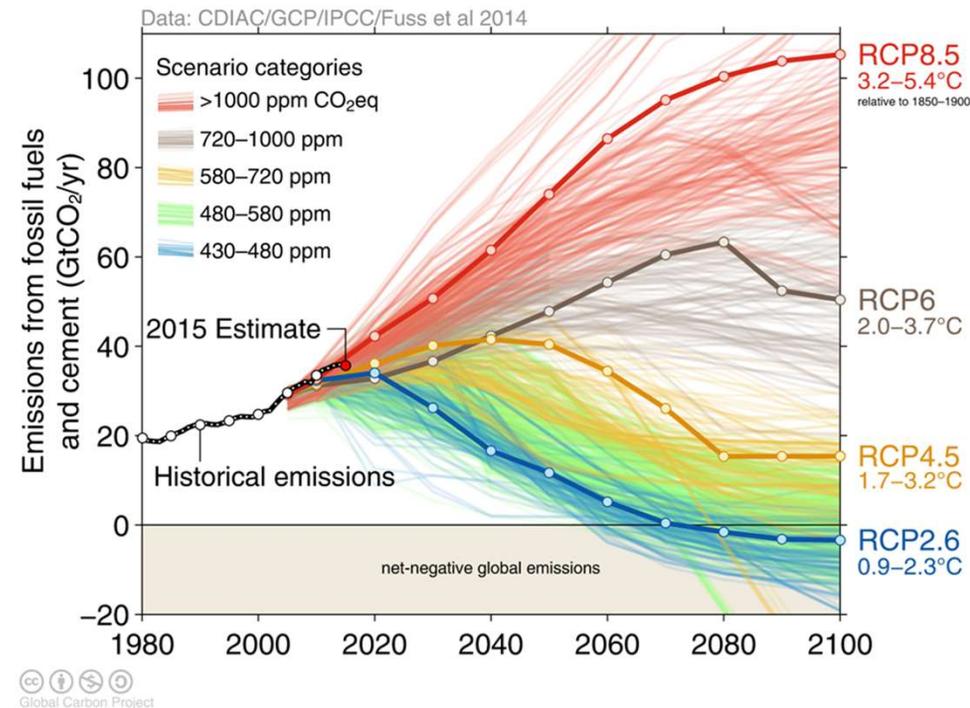


Modelli globali

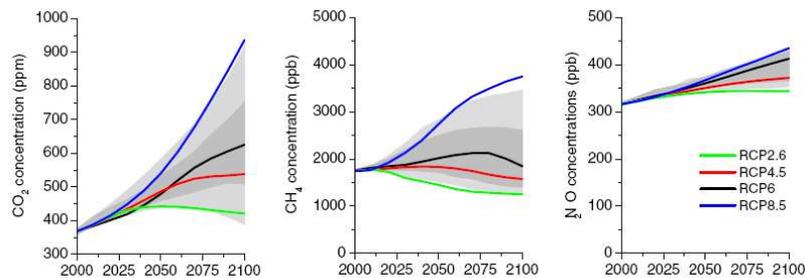
I modelli di circolazione generale sono gli strumenti più avanzati attualmente disponibili per simulare la risposta del sistema climatico globale all'aumento delle concentrazioni di gas serra

I GCM garantiscono la coerenza fisica tra le variabili ma esistono importanti differenze tra il mondo reale e la sua rappresentazione del modello a causa della bassa risoluzione spaziale richiesta per simulare il clima e il cambiamento climatico su tutta la Terra; effetti su piccola scala (come la topografia) importanti per il clima locale potrebbero essere scarsamente rappresentati in un GCM;

I GCM non sono adeguati per sostenere studi di impatto e strategie di adattamento;

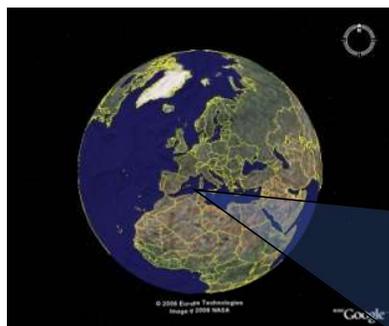


Come si costruisce uno scenario climatico su scala locale



SRES/RCP Scenari (per le concentrazioni di GHG)

Downscaling Dinamico



Earth System Models/GCM

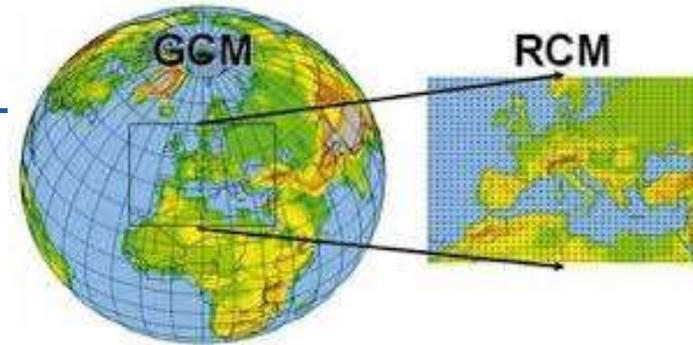


Dynamical Downscaling Regional Climate Models

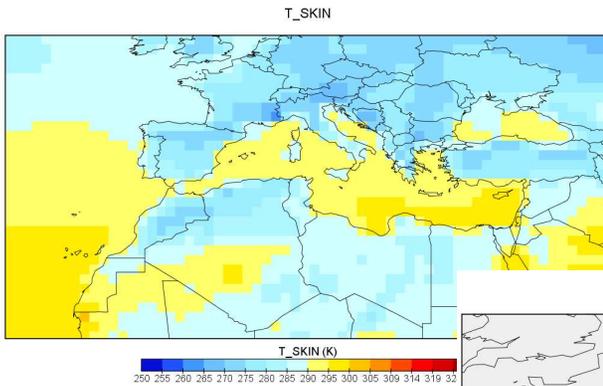
Accanto a tale metodo ne esistono altri, denominati metodi statistici che sono generalmente utilizzati in regioni dove sono disponibili dati osservati sufficienti e di buona qualità.



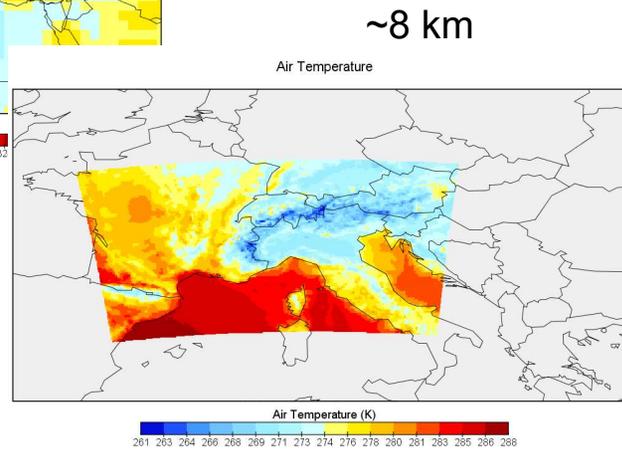
I modelli climatici regionali



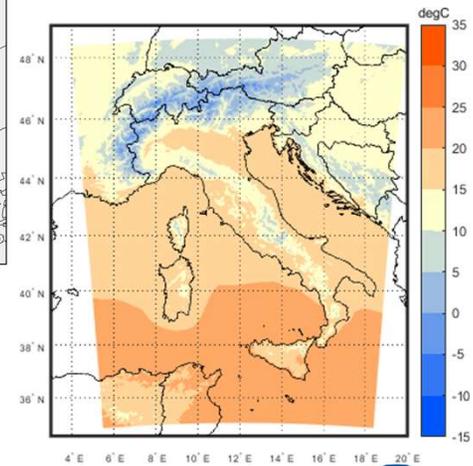
2m TEMPERATURE



~100 km



~ 2.2 km



Modelli regionali

A causa della limitazione delle risorse computazionali attuali, i modelli globali non sono in grado di dare indicazioni sulle caratteristiche locali del clima e delle sue variazioni.

A questa risoluzione, gli effetti dei dettagli fisiografici locali e regionali, come la distribuzione terra-mare e la topografia, o di fenomeni atmosferici, come i temporali, che sono molto localizzati nel tempo e nello spazio.

Al fine di simulare le caratteristiche del clima su scala locale è richiesto un maggior dettaglio, per tale scopo sono stati realizzati i modelli regionali, che simulazione il clima di una parte limitata della Terra.

Da questo momento in poi ci focalizzeremo su questi modelli che sono quelli indicati in letteratura per lo studio del clima su aree limitate

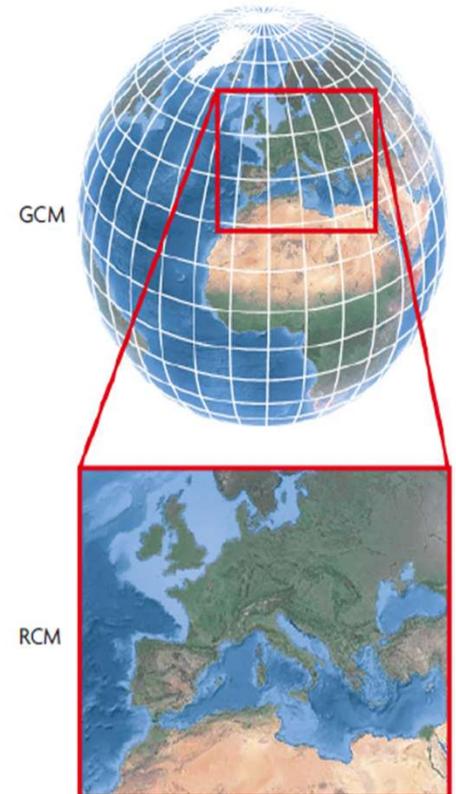


FIGURA 13 Distinzione tra modelli generali della circolazione o globali (GCM) e modelli climatici regionali o ad area limitata (RCM).

Stima delle incertezze

I modelli climatici utilizzati sono di solito soggetti ad incertezze.

Le principali sono:

- (1) L'incertezza dovuta alla normale variabilità dell'atmosfera
- (2) L'incertezza presente negli scenari di GHG (di cui abbiamo già parlato)
- (3) L'incertezza dovuta alla imperfetta simulazione, da parte dei modelli, del sistema climatico

La comunità scientifica ha diverse metodologie per cercare di quantificare queste incertezze le quali non possono essere eliminate ma possono essere quantificate e rese note a supporto dei processi decisionali.

Uno dei metodi è la collaborazione tra diversi enti e la condivisione dei risultati ottenuti. Di seguito sono riportati alcune tipologie di risultati che contengono anche informazioni sulle incertezze.



Stima delle incertezze → soluzioni

Attualmente, i modelli climatici utilizzati sono soggetti ad incertezze.

Seguendo Collins (2007), tali incertezze si possono dividere in 3 componenti:

(1) L'incertezza dovuta alla normale variabilità dell'atmosfera

(2) L'incertezza presente negli scenari di GHG (soluzione: simulazioni che considerano più scenari climatici)

(3) L'incertezza dovuta alla imperfetta simulazione, da parte dei modelli, del sistema climatico

Al fine di gestire quest'ultimo punto (quantomeno di quantificare l'incertezza), in Europa esistono dei progetti, come l'iniziativa CORDEX, che hanno lo scopo, in maniera coordinata (ad es. stesso dominio, stessa risoluzione orizzontale), di fornire i cosiddetti "multi-model ensembles".

Di seguito sono mostrati i risultati sull'Italia ottenuti utilizzando modelli ad una risoluzione di circa 12 km.

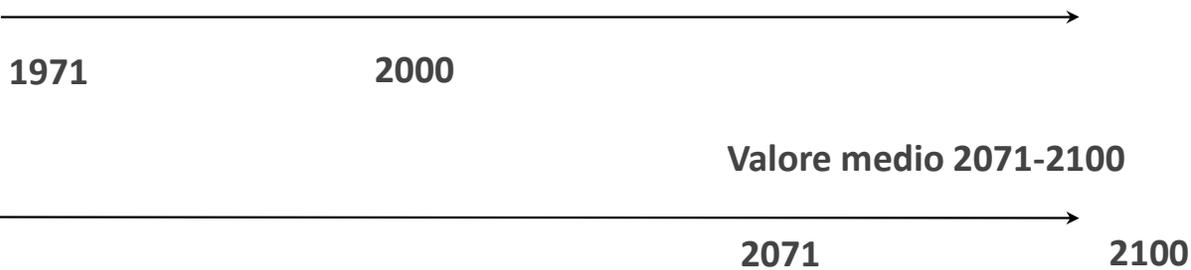
EURO-CORDEX ramo europeo programma CORDEX, sponsorizzata dal World Climate Research Program (WRCP) con lo scopo di produrre proiezioni tramite modelli climatici regionali in diverse aree del globo.

<http://wcrpcordex.ipsl.jussieu.fr/index.php/domain-euro-cordex>



Valutazione delle anomalie

Valore medio 1971-2000

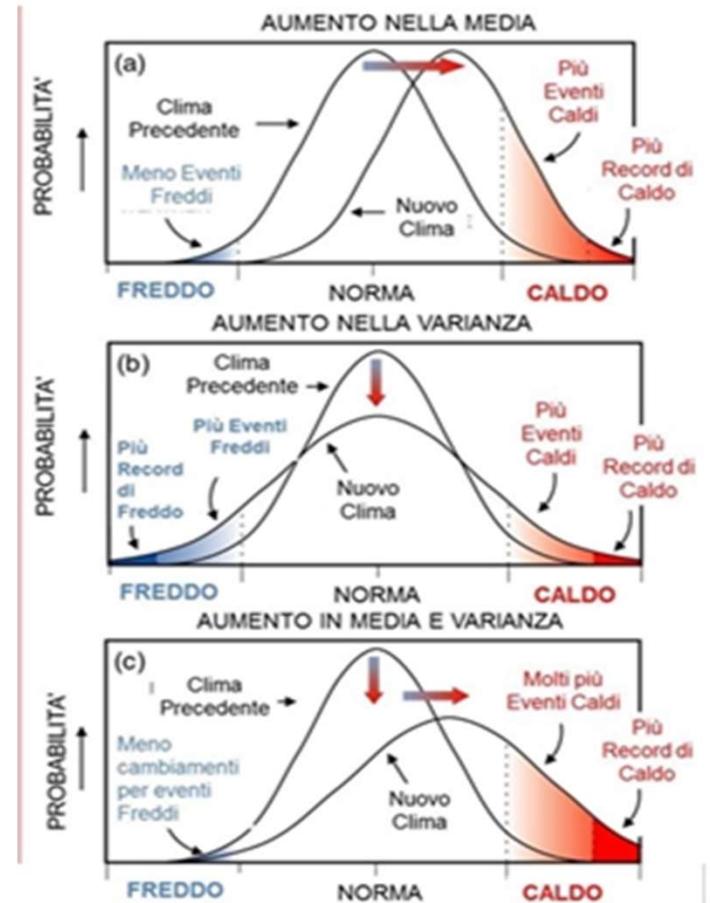


Valutazione dei cambiamenti climatici:

(valore medio 2071-2100) – (valore medio 1971-2000) :
Scenario di Lungo termine

(valore medio 2036-2065) – (valore medio 1971-2000) :
Scenario di Medio Termine

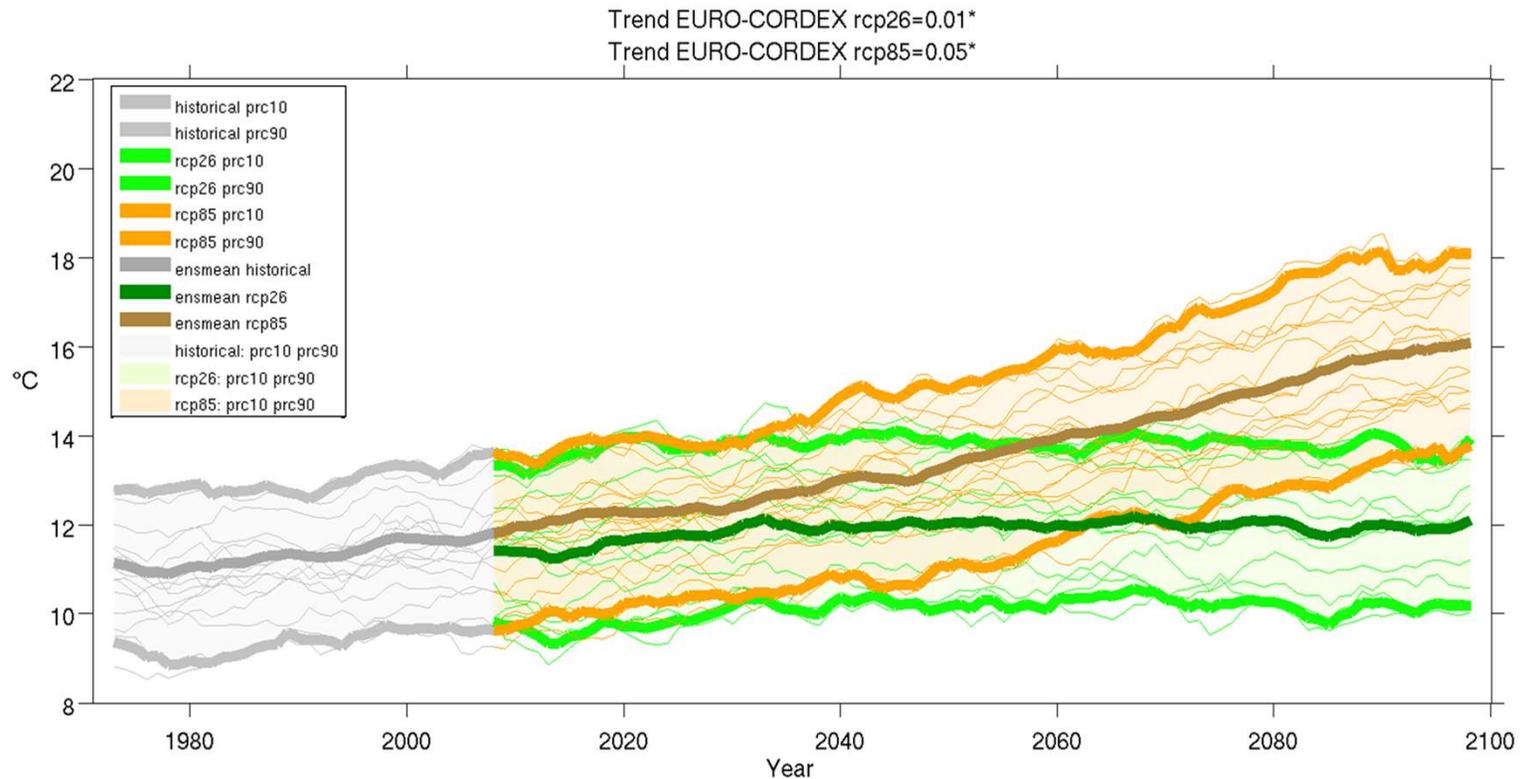
(valore medio 2021-2050) – (valore medio 1971-2000) :
Scenario a breve termine



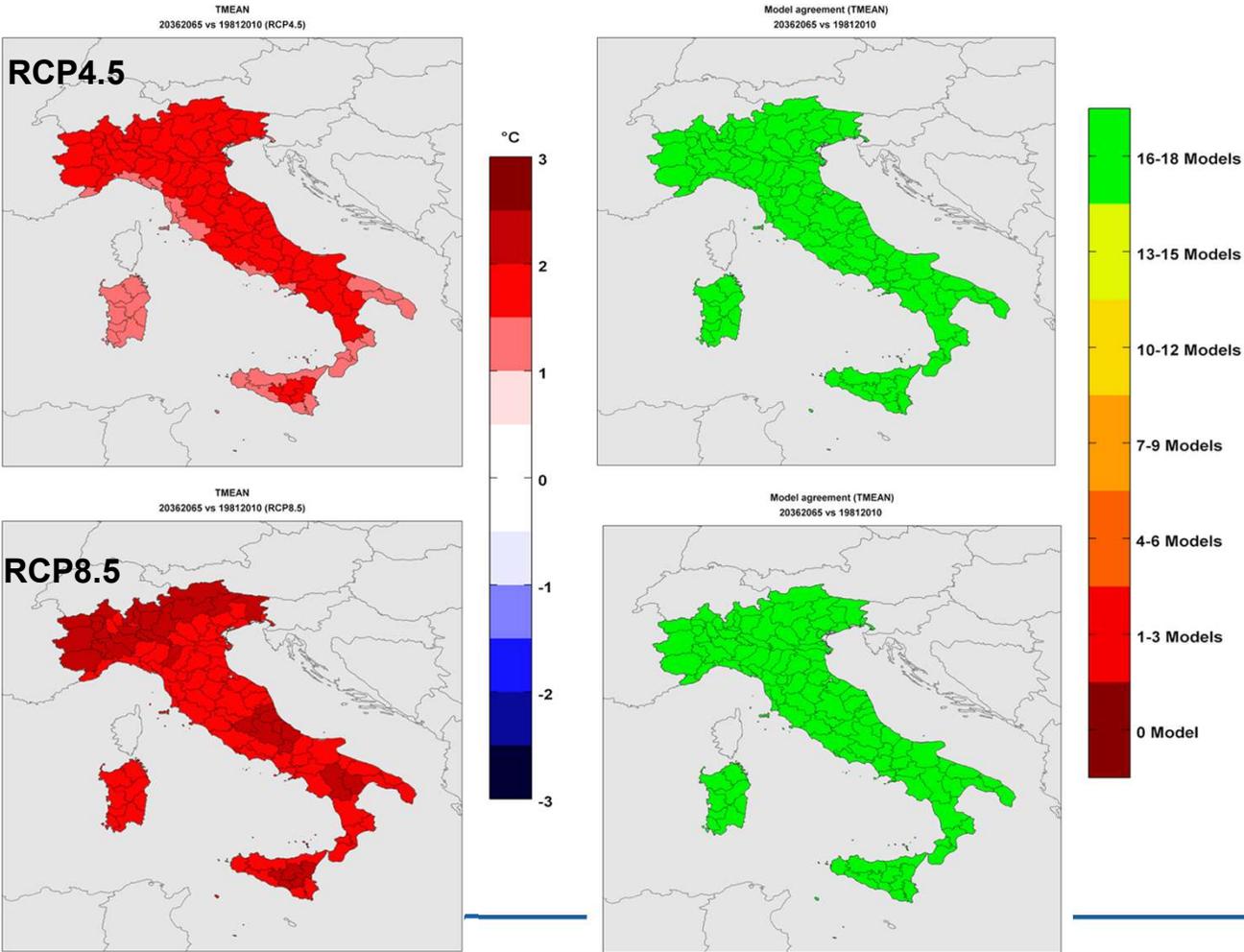
Dati di proiezioni sull'Italia: temperatura media

Crescita della temperatura media giornaliera in Italia

La crescita del valore medio dei modelli è sempre positiva: 1 °C in 100 anni per RCP2.6 e 5°C in 100 anni per RCP8.5. Il trend è statisticamente significativo.



Dati di proiezioni sull'Italia sulle province: temperatura media

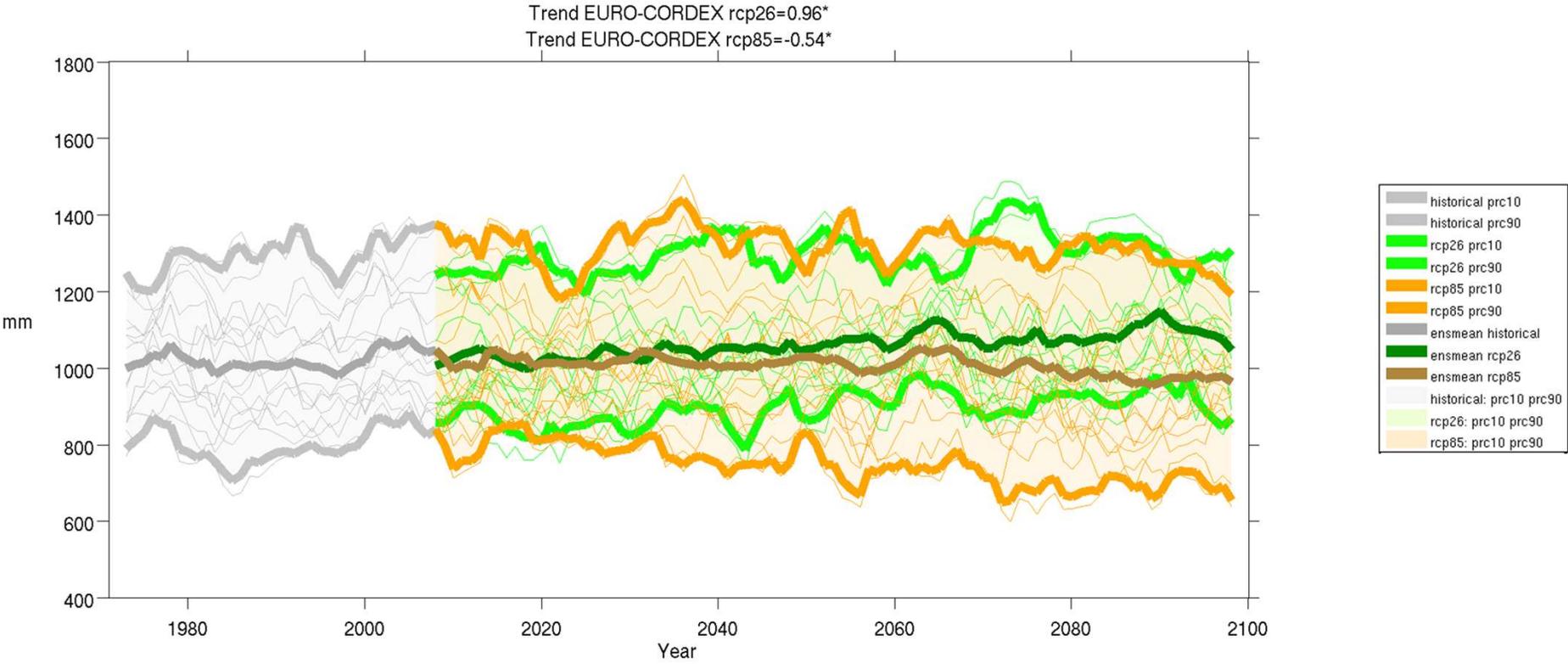


**Variazione
della
temperatura
media
giornaliera:
2036-2065
vs 1981-
2010**

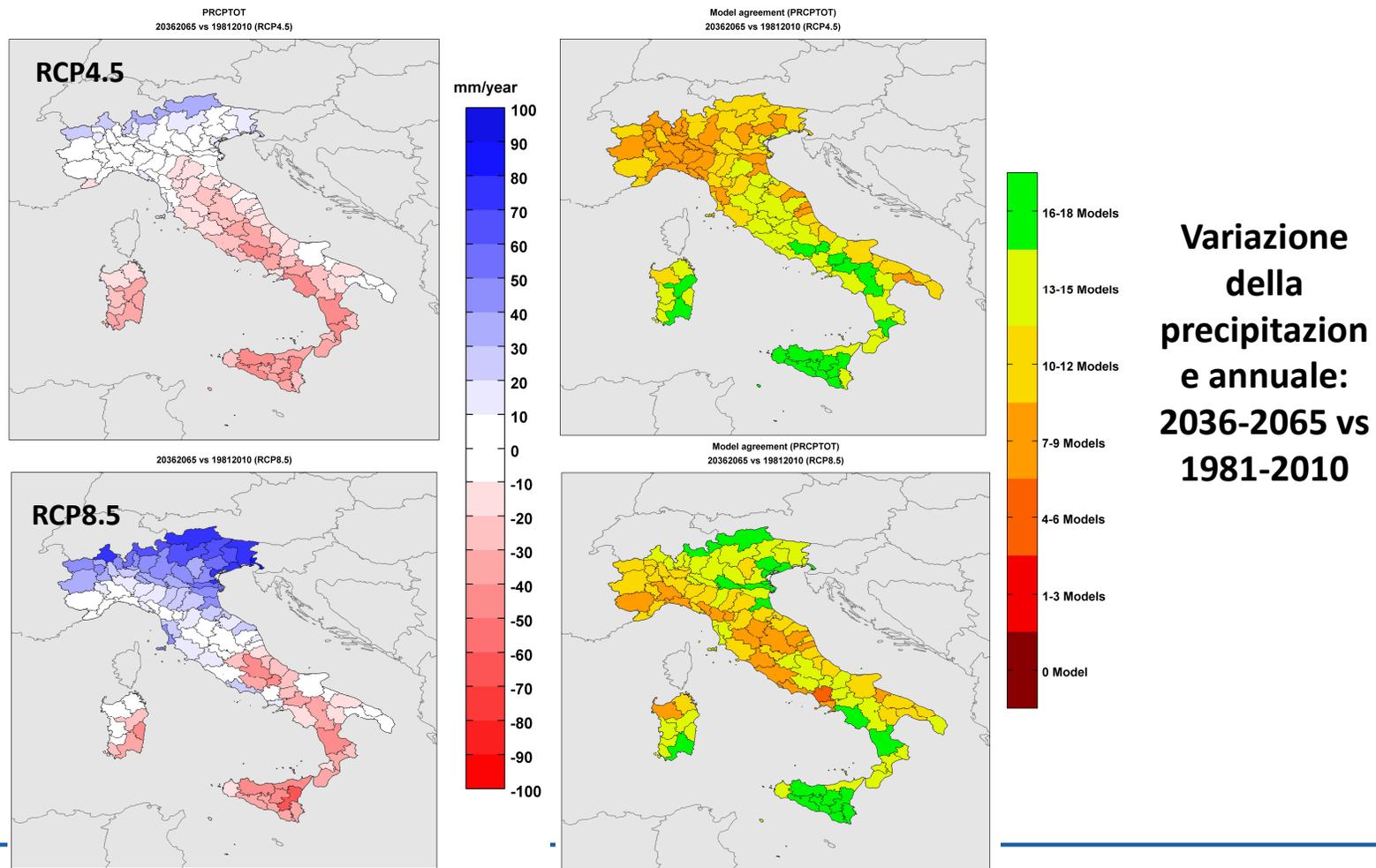


Dati di proiezioni sull'Italia: precipitazione annuale

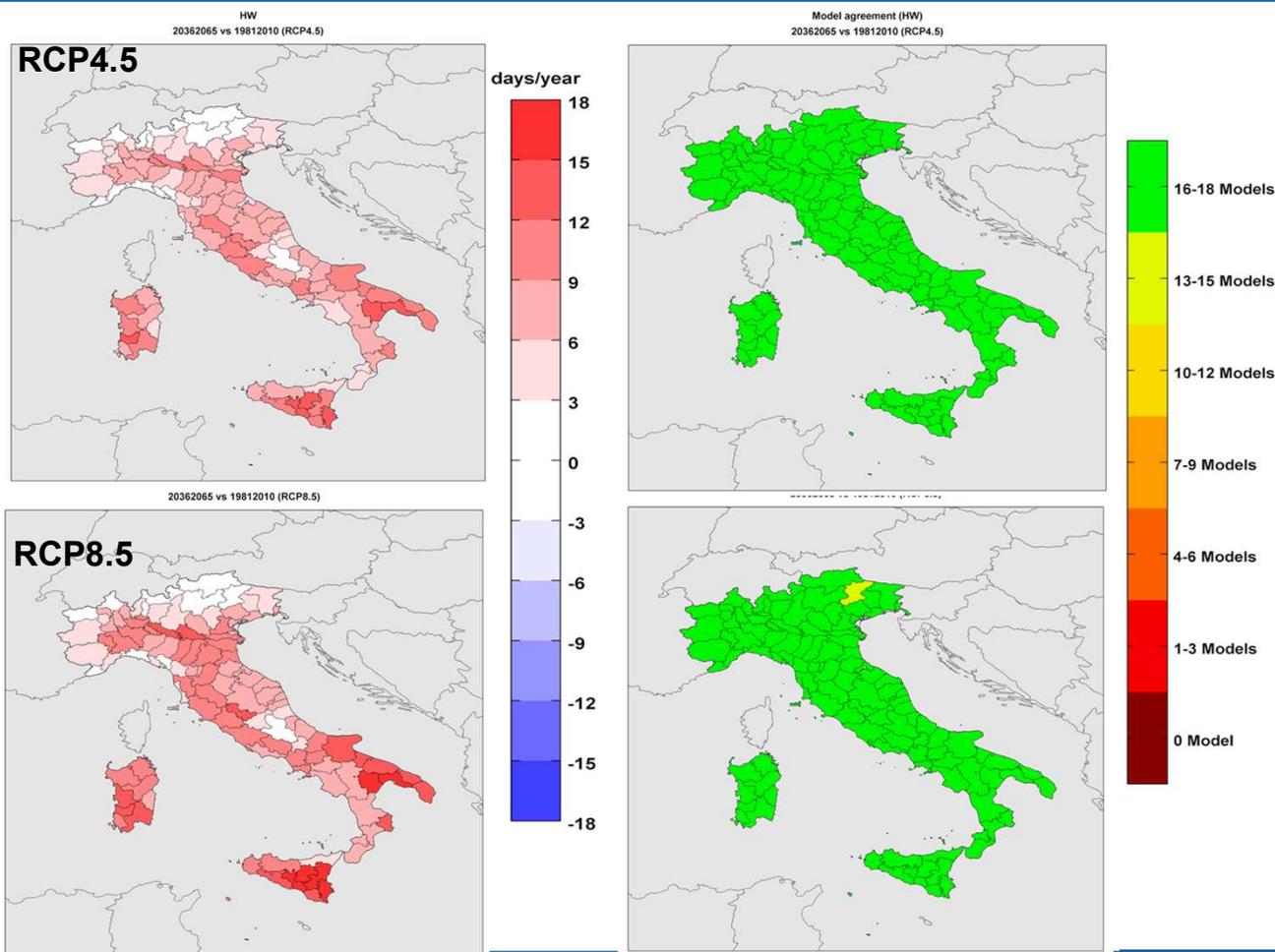
Andamento della precipitazione annuale in Italia



Dati di proiezioni sull'Italia su NUTS3: precipitazione annuale



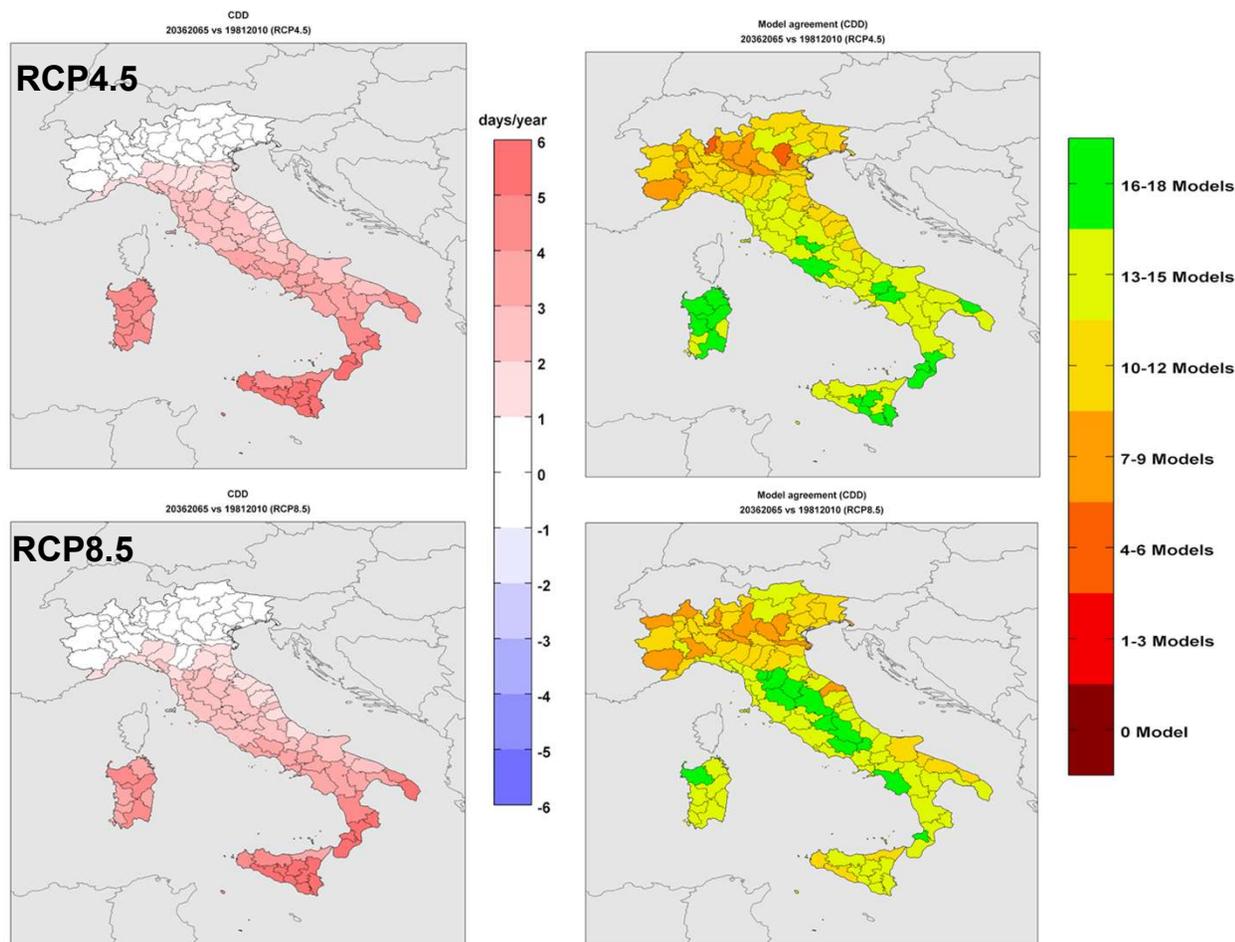
Dati di proiezioni sull'Italia sulle province: numero di giorni con temperatura massima superiore a 35°C



**Variazione
del
numero di
giorni con
temperatur
a massima
superiore
a 35°C:
2036-2065
vs 1981-
2010**



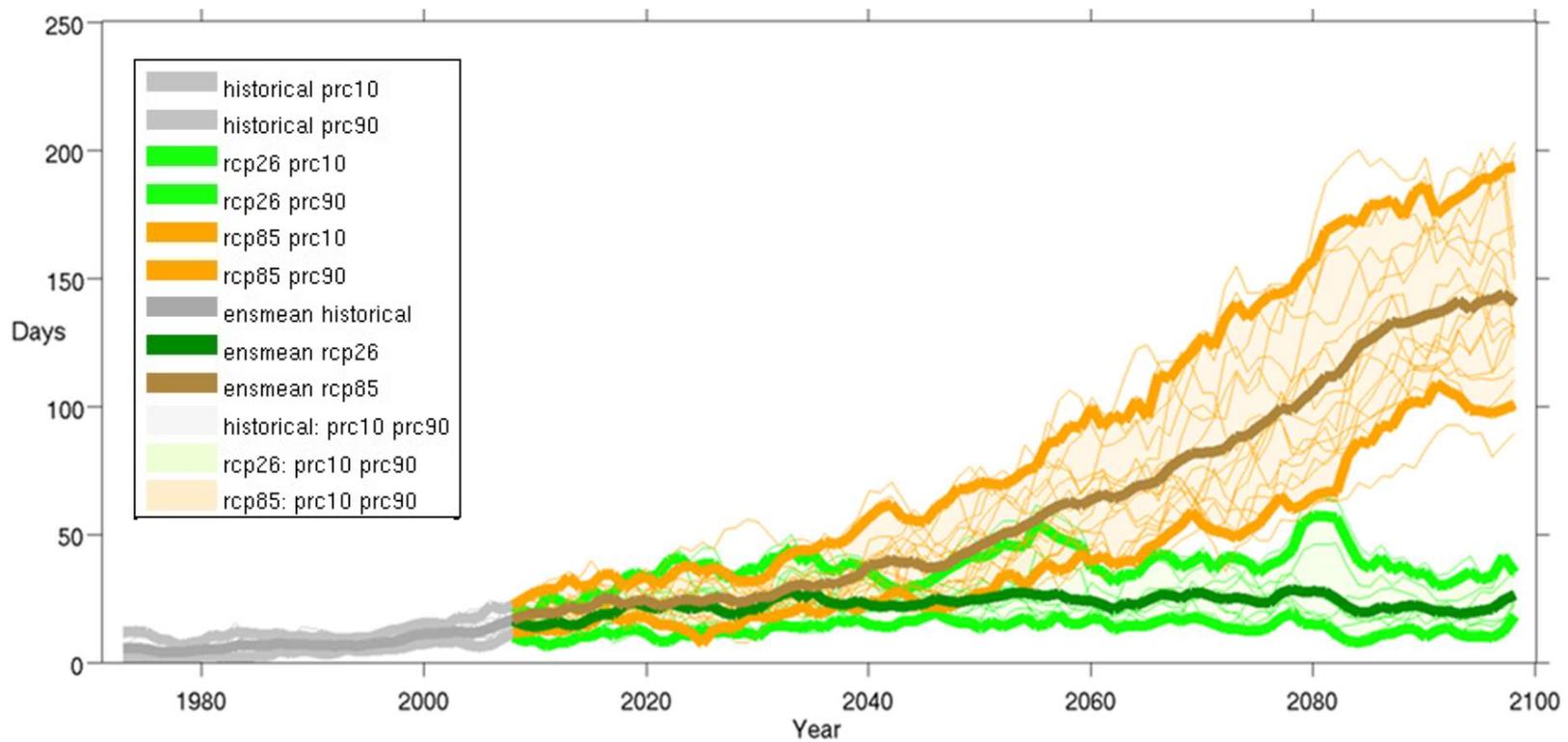
Dati di proiezioni sull'Italia sulle province: massimo numero di giorni secchi consecutivi



**Variazione
del massimo
numero di
giorni
secchi
consecutivi:
2036-2065
vs 1981-
2010**



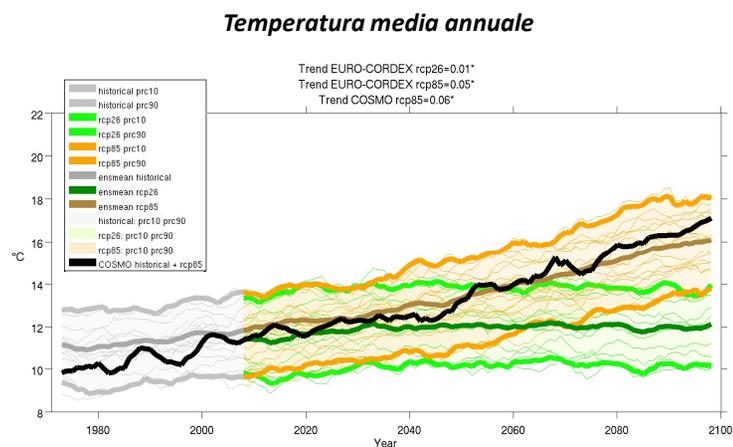
Dati di proiezioni sull'Italia: Ondate di calore in Italia (Warm Spell Duration Index)



Riduzione dell'incertezza dovuta all'imperfetta simulazione del sistema climatico

La divisione REMHI del CMCC ha pubblicato, a partire dal 2015, delle proiezioni climatiche ad alta risoluzione sull'Italia, sia per i valori medi che per i valori estremi.

La configurazione del modello regionale COSMO-CLM, sviluppato dal consorzio europeo della CLM ASSEMBLY, è stata ottimizzata sull'Italia dalla divisione REMHI del CMCC.



		MAE COSMO-CLM	MAE ensemble mean CORDEX	Errore COSMO-errore ensemble mean CORDEX
EOBS	Tmean [°C]	2.1	2	0.1
	R20 [giorni/anno]	5	6	-1
	FD [giorni/anno]	18	24	-6
	SU95p [giorni/anno]	10	14	-4
	Winter Precipitation [mm]	79	99	-20
	Summer Precipitation [mm]	50	87	-37
EURO4M	R20	5	6	-1
	Winter Precipitation [mm]	89	105	-16
	Summer Precipitation [mm]	76	103	-27

Essa ha mostrato una soddisfacente capacità di rappresentare il clima attuale, riportando, mediamente, un errore più basso rispetto ad altri modelli analoghi. L'incremento della risoluzione, in particolare, sembra l'elemento principale per ridurre il bias.

E. Bucchignani, M. Montesarchio, A.L. Zollo, P. Mercogliano, *High resolution climate simulations with COSMO-CLM over Italy: performance evaluation and climate projections for the 21st century*, International Journal of Climatology, 2015, DOI: 10.1002/joc.4379

A. L. Zollo, V. Rillo, E. Bucchignani, M. Montesarchio, P. Mercogliano, *Extreme temperature and precipitation events over Italy: assessment of high resolution simulations with COSMO-CLM and future scenarios*, International Journal of Climatology, 2015. DOI: 10.1002/joc.4401

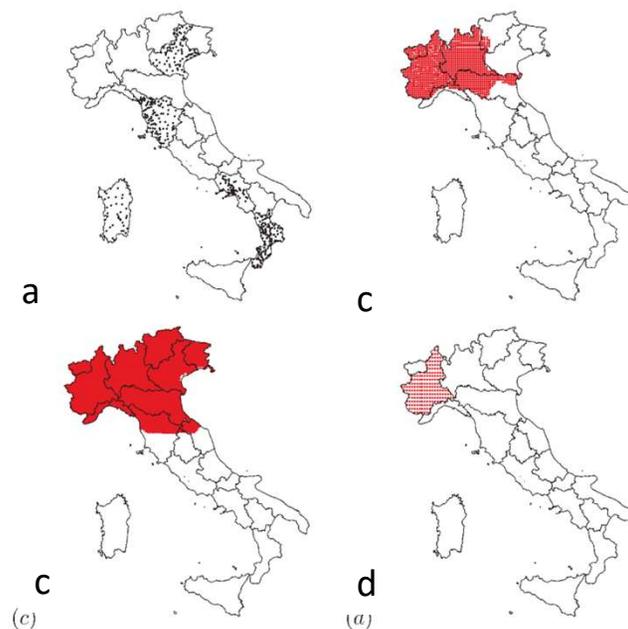


Utilizzo di dataset regionali ad alta risoluzione

La configurazione è stata identificata grazie ad un'analisi di sensitività. In tale analisi la validazione è stata effettuata rispetto a differenti dataset:

- **E-OBS** dataset per la temperature e precipitazione (0.25°, about 28 km)
- the **EURO4M – APMG** dataset per la precipitazione (about 5 km)
- Dati da alta risoluzione forniti dalle **ARPA** regionali per la temperature e precipitazione.

- (a) Veneto, Tuscany, Sardinia, Campania and Calabria precipitation,
- (b) gridded Po Valley temperature and precipitation,
- (c) gridded EURO4M precipitation and
- (d) gridded Piedmont precipitation.



Scenari climatici sull'Italia

SCENARI CLIMATICI

CHE CLIMA CI ASPETTIAMO PER IL FUTURO DELL'ITALIA
 Le analisi del clima attecchiscono su scenari, ossia su ipotesi che prendono in considerazione l'esistenza o meno di iniziative e politiche per la riduzione delle emissioni di gas serra e della loro concentrazione in atmosfera.
 Testi tratti dal report: *Analisi del rischio. I cambiamenti climatici in Italia*

2100
 (rispetto al periodo 1981-2010)

TEMPERATURA MEDIA IN ITALIA

scenario con basse/zero emissioni e robuste iniziative di mitigazione

scenario elevate emissioni e nessuna iniziativa di mitigazione

Situazione diversa in diverse aree dell'Italia FINE XXI SECOLO
 (rispetto alla fine del XXI secolo)

PRECIPITAZIONI

Meno pioggia
 in estate per Italia Settentrionale
 in primavera per Centro e Sud

scenario con contenute emissioni e significative iniziative di mitigazione

Più pioggia
 in inverno soprattutto al Nord e al Centro

Molta meno pioggia
 in estate, soprattutto in aree montane

scenario elevate emissioni e nessuna iniziativa di mitigazione

ESTREMI CLIMATICI
 Ci danno indicazioni su processi potenzialmente pericolosi, come alluvioni, frane, siccità, ondate di calore e incendi, legati al verificarsi di eventi meteorologici intensi. Hanno influenza su diversi settori della società e dell'economia

Indicatore climatico	Nel 2050 (rispetto al periodo 1981-2010)	Interessano ambiti quali ad esempio
Intensità massima di pioggia in un giorno in cui piove molto	Tendenza all'aumento su tutti gli scenari	Aggravamento rischio geo-idrologico
Notti tropicali (giorni in cui la T non scende mai sotto i 20°C)	Fino a +18 giorni	Salute Energia elettrica
Giorni consecutivi senza pioggia	Aumento soprattutto in estate	Agricoltura Incendi

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

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

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

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

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

Il valore aggiunto della ricerca avanzata. I modelli climatici ad alta risoluzione risultano particolarmente importanti per comprendere l'evoluzione attesa (in termini di variazione in frequenza ed intensità) per alcuni impatti, quali ad esempio alluvioni, frane meteo-indotte, siccità e ondate di calore, ma anche per fornire indicazioni utili a studi e pianificazione di adattamento a diverse scale, da quella nazionale a quella locale.

Tutto il territorio. La capacità di adattamento e la resilienza in Italia sono temi che interessano l'intero territorio italiano da Nord a Sud. Anche se più ricche e sviluppate le regioni del Nord non sono immuni agli impatti dei cambiamenti climatici, né sono più preparate per affrontarli.

Numeri già in crescita. Per quanto riguarda gli eventi estremi, la probabilità del rischio è aumentata in Italia del 9% negli ultimi vent'anni.

<https://www.cmcc.it/it/analisi-del-rischio-i-cambiamenti-climatici-in-italia>



I modelli regionali a scala urbana

Molto spesso i fenomeni caratterizzati da elevata risoluzione nello spazio e nel tempo sono quelli che determinano i maggiori impatti al suolo.

I modelli regionali sono utilizzati per fornire dati per analisi di impatto, ovvero per studiare come si modificheranno le caratteristiche degli impatti per effetto dei cambiamenti climatici.

I modelli climatici a scala urbana rappresentano i modelli di prossima generazione; essi sono in grado di studiare anche i fenomeni atmosferici su scala urbana (es. isola di calore)

Modello regionale



Modello climatico a scala urbana



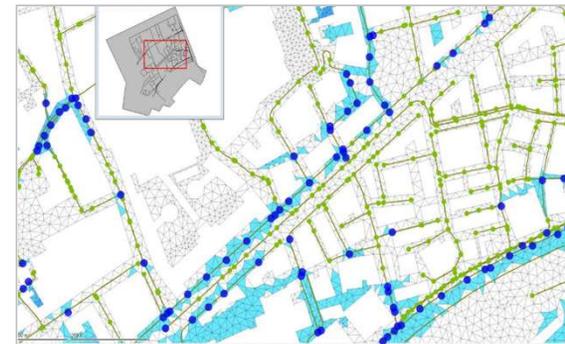
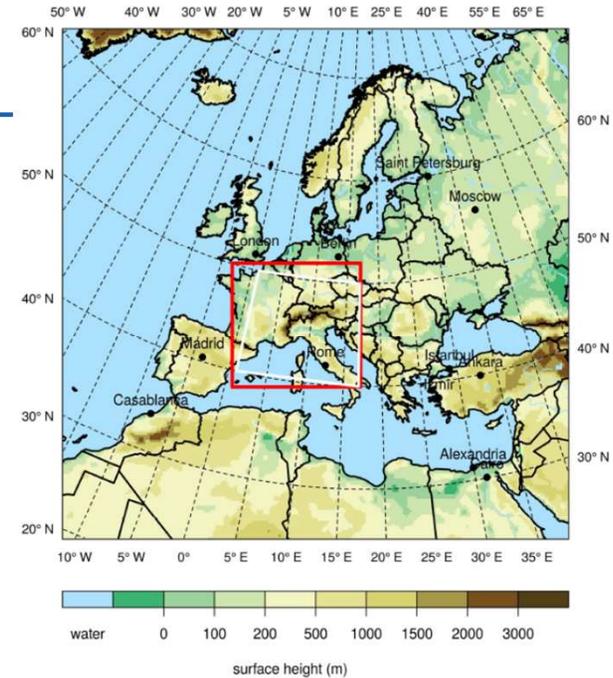
CORDEX-FPS

Convection Permitting Model

Scopo del FPS CPM: Migliorare la rappresentazione dei processi convettivi e la stima della precipitazione indotta da tali fenomeni.

Il CMCC sta partecipando a questo progetto con simulazioni che considerano anche i processi fisici che caratterizzano le aree urbane.

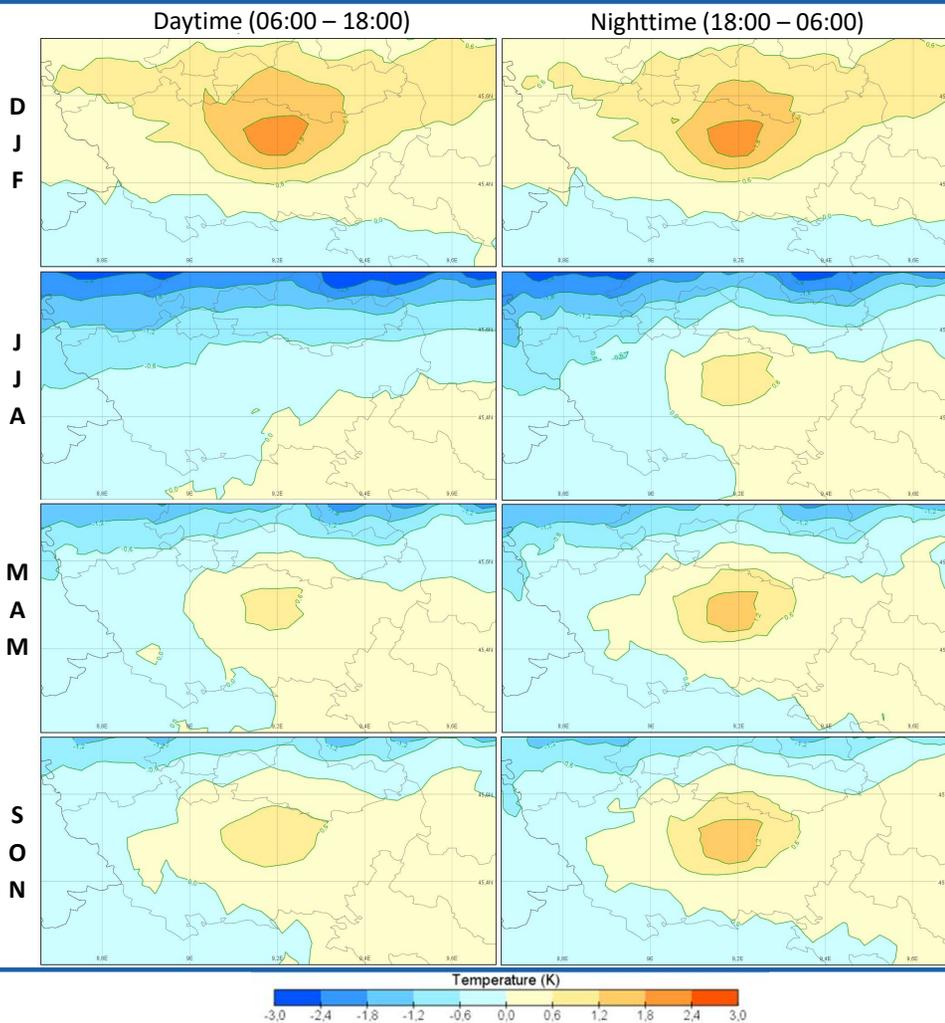
I risultati forniti da tali simulazioni possono rappresentare un input per modelli di simulazione degli allagamenti in aree urbane dovuti all'inadeguatezza attuale della rete di drenaggio, progettata su piogge di progetto soggette a variazioni in un contesto di cc.



RCP8.5 2071-2100 IDF 5-year return period



Urban Heat Island (UHI) in Milan



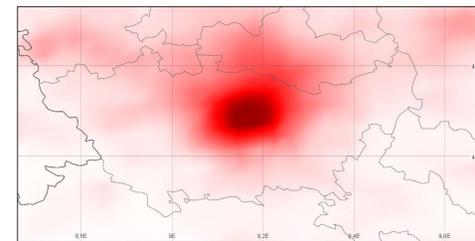
Intensity Urban Heat Island

$$UHI = \Delta T_{U-R} = T_U - T_R$$

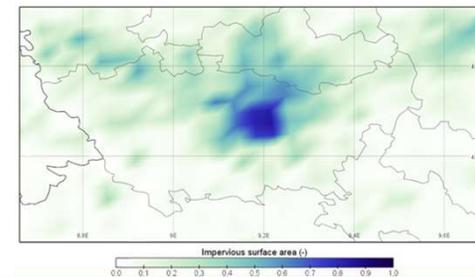
T. R. Oke, G. Mills, A. Christen, J. A. Voogt (2017). *Urban Climates*. Cambridge Press University. ISBN: 9781107429536

The simulations allow to evaluate the pattern of the UHI based on the anthropogenic heat flux and the impervious surface area datasets. The isotherms of UHI intensity are mapped.

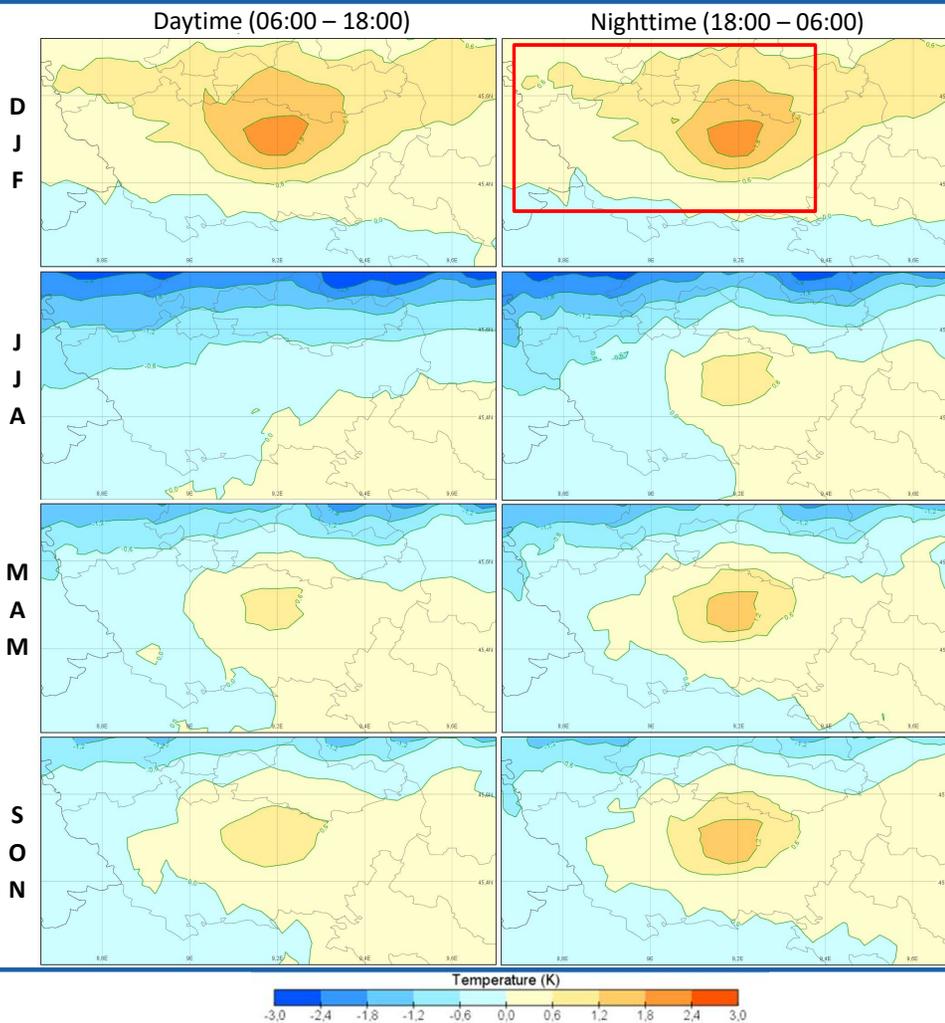
Annual mean anthropogenic heat flux (AHF)



Impervious surface area (ISA)

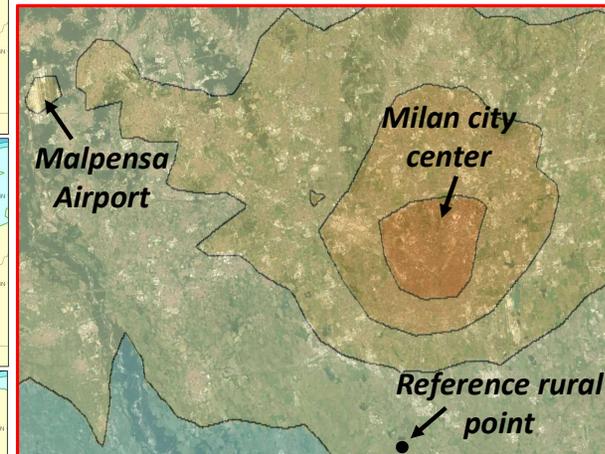


Urban Heat Island (UHI) in Milan



Intensity Urban Heat Island

$$UHI = \Delta T_{U-R} = T_U - T_R$$



C3S SIS Disaster Risk Reduction

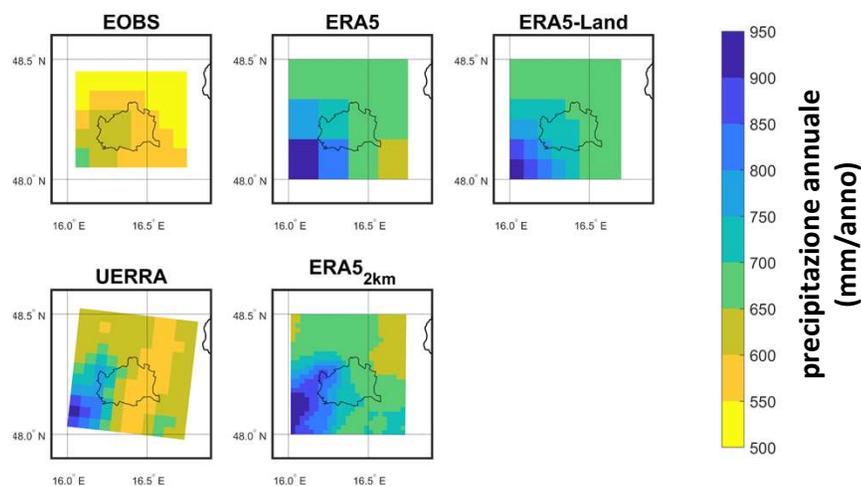
Il contratto **Copernicus "Sectoral Information System to support Disaster Risk Reduction" (C3S_430)** si occupa dello sviluppo di un Servizio che sfrutta i dati C3S e genera le conoscenze necessarie per valutare i rischi derivanti da **eventi climatici e meteorologici estremi**.

The screenshot shows the top navigation bar of the Copernicus website. It includes the 'Climate Change Service' logo, navigation links for 'ABOUT US', 'WHAT WE DO', 'DATA', and 'SEARCH', and utility links for 'News', 'Events', 'Press', 'Tenders', and 'Help & Support'. Below the navigation bar are logos for the 'European Commission', 'Copernicus', and 'ECMWF'. The main content area features a breadcrumb trail: 'WHAT WE DO > SECTORAL IMPACTS > SECTORAL SPECIFIC CHALLENGES > DISASTER RISK REDUCTION > PLUVIAL FLOOD RISK ASSESSMENT IN URBAN AREAS'. The title 'Pluvial Flood Risk Assessment in Urban Areas' is prominently displayed, with sub-navigation links for 'ABOUT', 'DATA AND TOOLS', 'HOW IT WORKS', and 'PROJECT PARTNERS'. Social media icons for Twitter and Facebook are also visible.

Il principale risultato atteso è lo sviluppo di strumenti per supportare una valutazione plenaria del **rischio di alluvioni pluviali in aree urbane** sulla base di esperienze derivanti dal clima recente



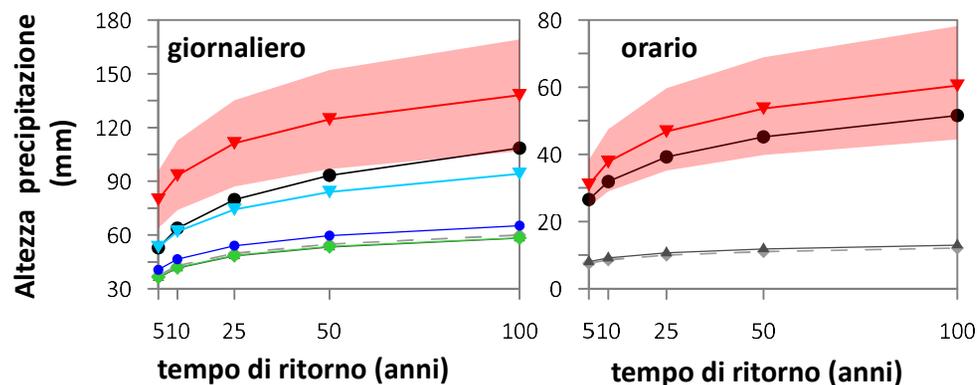
Potenzialità di ERA5@2km: Vienna (Austria)



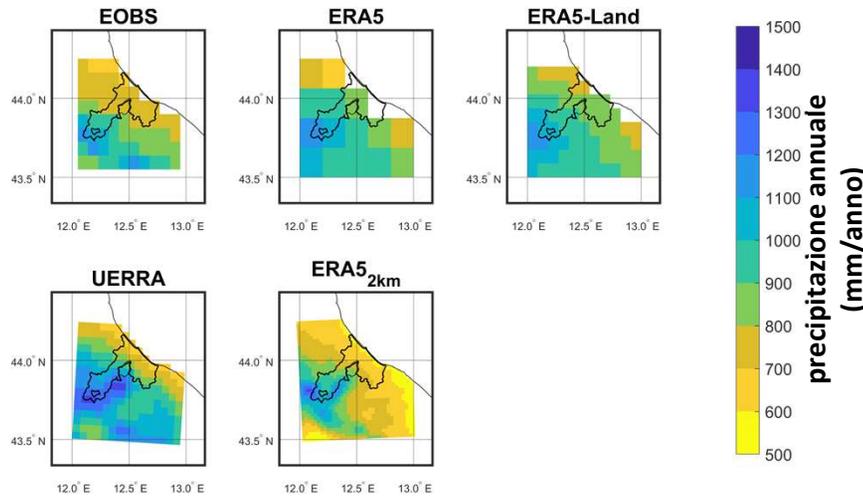
Vienna: andamento spaziale della pioggia media cumulata su scala annuale sul periodo (1989-2018)

ERA5 E-OBS UERRA ERA5@2km ECA&D Curva di progetto

Vienna: calcolo delle curve di intensità-durata-frequenza per la valutazione degli impatti su scala urbana delle piogge intense



Potenzialità di ERA5@2km: Rimini (Italia)

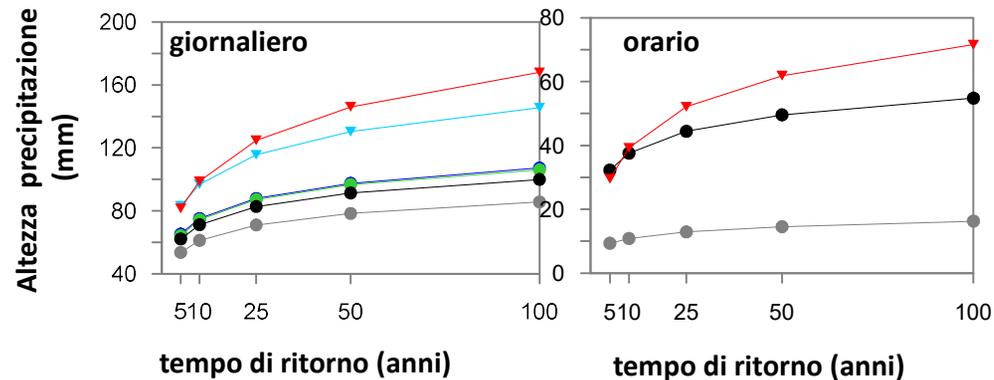


Rimini: andamento spaziale della pioggia media cumulata su scala annuale sul periodo (1989-2018)

Tali analisi sono fattibili su tutti i contesti urbani a scala globale

ERA5 E-OBS UERRA ERA5@2km ECA&D Curva di progetto ADBPo

Rimini: calcolo delle curve di intensità-durata-frequenza per la valutazione degli impatti su scala urbana delle piogge intense



Analisi del rischio : i cambiamenti climatici in 6 città italiane

ANALISI DEL RISCHIO. I cambiamenti climatici in sei città italiane. DOI: [10.25424/cmcc/analisi_del_rischio_2021](https://doi.org/10.25424/cmcc/analisi_del_rischio_2021)

Analisi del Rischio. I cambiamenti climatici in sei città italiane. BOLOGNA / MILANO / NAPOLI / ROMA / TORINO / VENEZIA

Milano e il Clima: passato e futuro

Analisi del clima della città con simulazioni ad altissima risoluzione (2km) per il periodo 1989-2020 e proiezioni climatiche per metà e fine del secolo.

Per un quadro più dettagliato di metodologie, contenuti, riferimenti bibliografici e indicazioni sull'incertezza associata ai risultati dei modelli: <https://www.cmcc.it/analisi-del-rischio-2021>

Il clima: com'è e come sta cambiando

Evolutione del clima: 1989-2020

Tendenza negli ultimi 30 anni

- Temperatura media: **trend di crescita**
- Negli ultimi anni, aumenti significativi della temperatura media annuale rispetto alla media del periodo.
- Dal 2014 serie consecutiva di anni più caldi.
- Fino a **+0,9°C** → 2020

Scenari Futuri su base stagionale

Autunno | Inverno | Primavera | Estate

	2100	
	CON POLITICHE CLIMATICHE	SENZA POLITICHE CLIMATICHE
Temperatura media	+2°C tutte le stagioni	Fino a +6°C in estate Fino a +5°C in autunno
Numero di giorni consecutivi molto caldi (ondate di calore)	Crescita in tutte le stagioni	Crescita molto più marcata in tutte le stagioni
Precipitazioni MEDIE	Diminuzione	Lieve diminuzione
Precipitazione MASSIMA giornaliera	Aumento	Aumento

LE CARATTERISTICHE SPECIFICHE DEL CLIMA

INDICATORI	TENDENZA	SETTORI MAGGIORMENTE COLPITI
Notti calde (Temp. mai sotto i 20°C)	Crescita soprattutto negli ultimi anni	• Salute • Energia
Giorni consecutivi senza precipitazioni	Diminuzione	• Salute • Risorse idriche

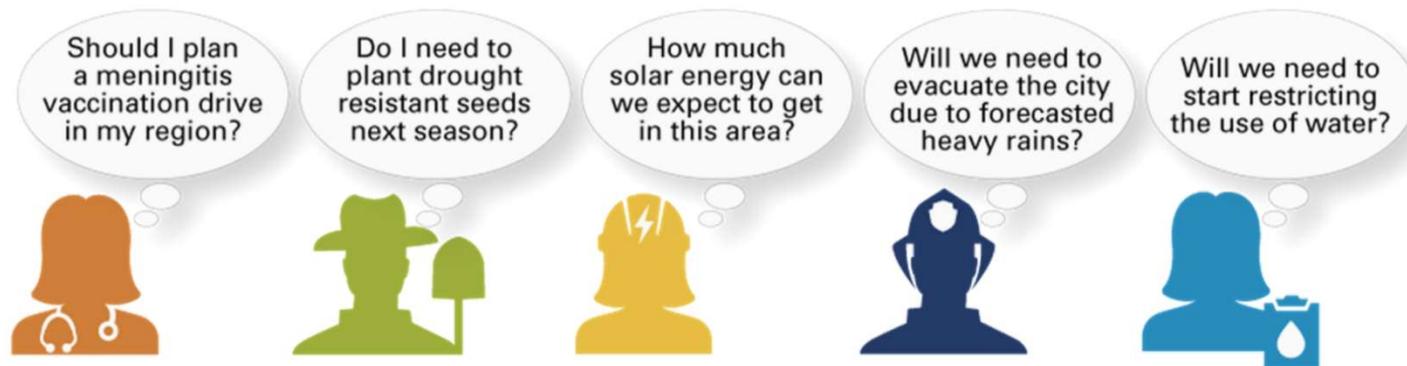
Metà XXI secolo

Servizi climatici e i loro ruolo: dal dato all'informazione

Cosa sono i servizi climatici?

I servizi climatici forniscono ed **elaborano dati climatici** per migliorare i processi decisionali. I servizi climatici devono **rispondere alle esigenze degli utenti, basarsi su informazioni e competenze scientifiche valide e richiedere uno scambio continuo tra utenti e fornitori.**

I servizi climatici trasformano i **dati climatici** provenienti dalle **diverse banche dati nazionali e internazionali** in **prodotti personalizzati.**



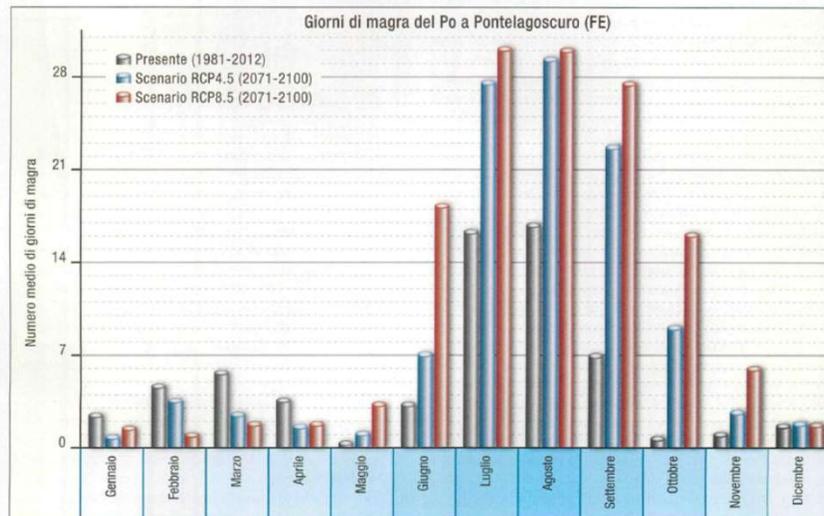
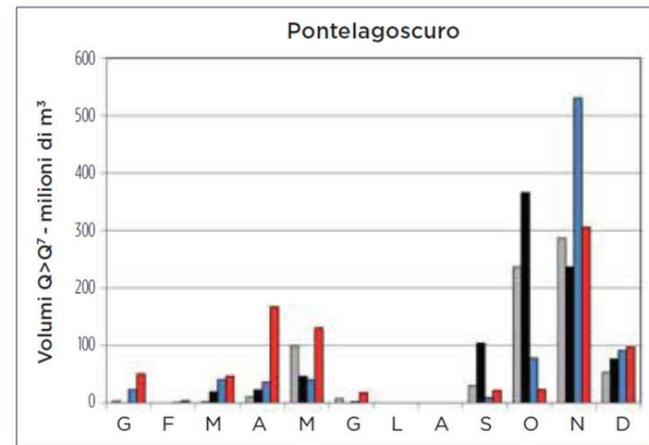
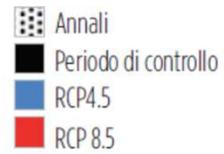
Due importanti concetti: Mitigazione ed Adattamento



Secondo l'IPCC la mitigazione e l'adattamento devono essere considerati approcci complementari nelle politiche sul cambiamento climatico



Valutazione della futura disponibilità idrica del fiume Po



- Rcp4.5: aumento delle portate medie da novembre a gennaio.
- Rcp8.5: aumento delle portate medie da novembre a gennaio.
- Entrambe gli scenari vedono un forte aumento dei giorni di magra da giugno a ottobre



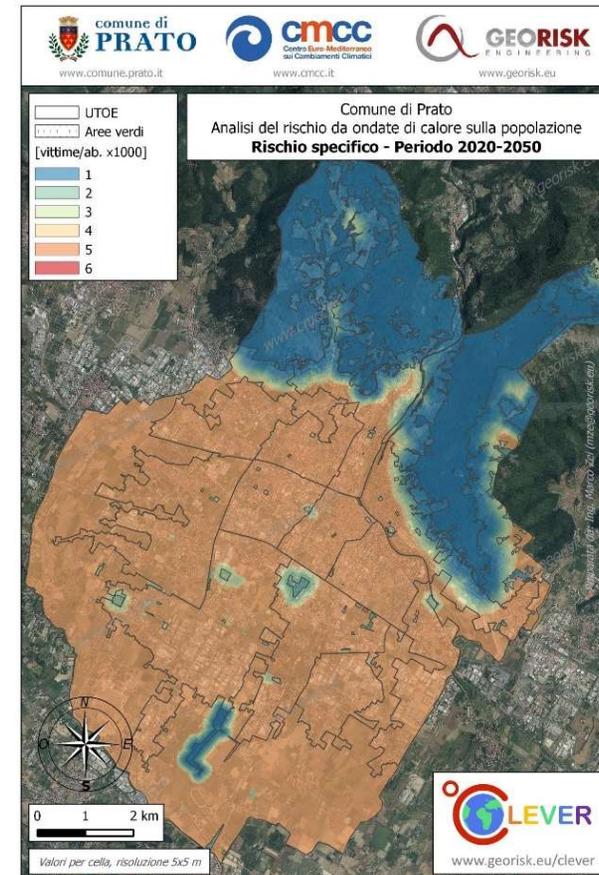
Stima nella variazione delle ondate di calore in ambiente urbano



Sviluppo di approcci per l'aggiornamento degli strumenti di pianificazione portando in conto il potenziale effetto dei Cambiamenti Climatici (al fine di proporre adeguate azioni di adattamento).

Il caso studio pilota è l'aggiornamento della Valutazione Ambientale Strategica (VAS) del Piano Urbanistico Comunale (PUC) del comune di Prato.

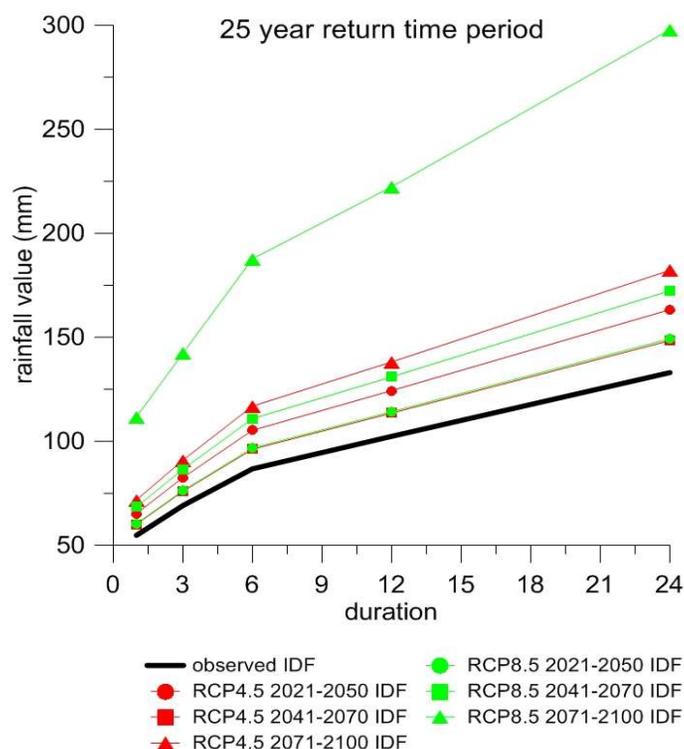
Il primo *hazard* studiato sono le **ondata di calore** che risultano esacerbati in ambiente urbano.



Stima della variazione dei massimi di precipitazione alla scala urbana per effetto dei Cambiamenti Climatici

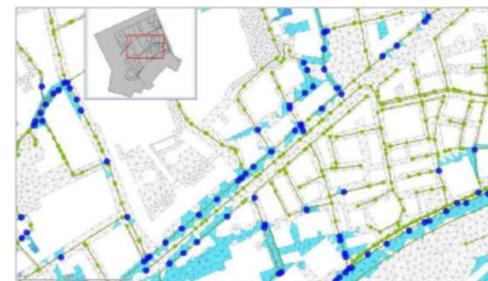
Le curve di probabilità pluviometrica (CPP) esprimono la relazione fra le altezze di precipitazione e la loro durata t , per un assegnato valore del periodo di ritorno T .

Tali curve rappresentano lo strumento con cui si dimensionano le reti di drenaggio urbano.



Le proiezioni future di tali curve possono essere utilizzate per migliorare la fase di progettazione di opere idrauliche e pianificazione delle aree urbane.

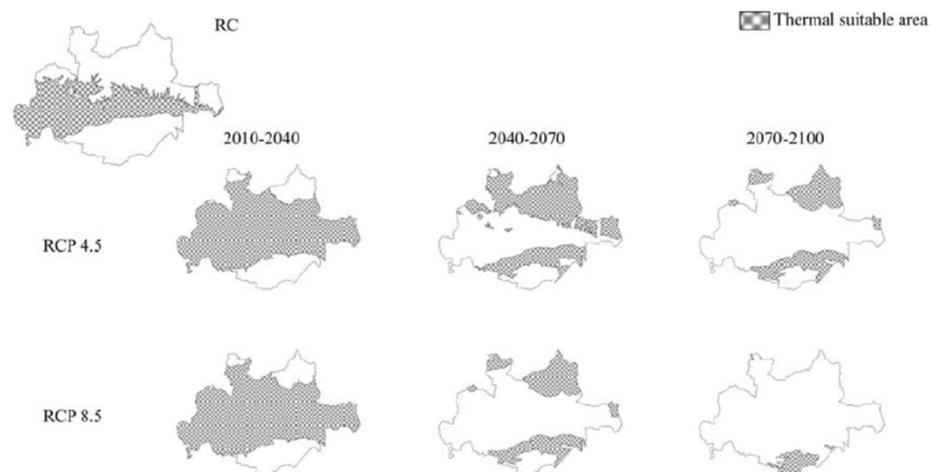
Analisi condotta su una stazione urbana Napoli sul periodo 1971-2000



RCP8.5 2071-2100 IDF 5-year return period



Analisi climatiche a supporto dell'agricoltura



Definizione di una metodologia per la valutazione dell'effetto dei cambiamenti climatici sui vigneti campani attualmente utilizzati per la produzione dei Aglianico di qualità superiore. Ciò permette di :

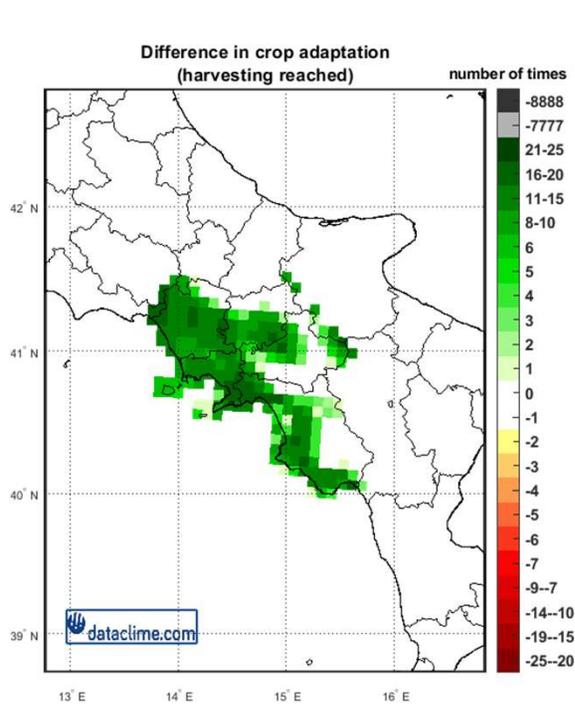
- Valutare la capacità del terreno di adattarsi o meno alle condizioni climatiche future
- valutare l'evoluzione attesa della qualità del vino prodotto da questi terreni;

Al fine di individuare delle adeguate strategie di adattamento

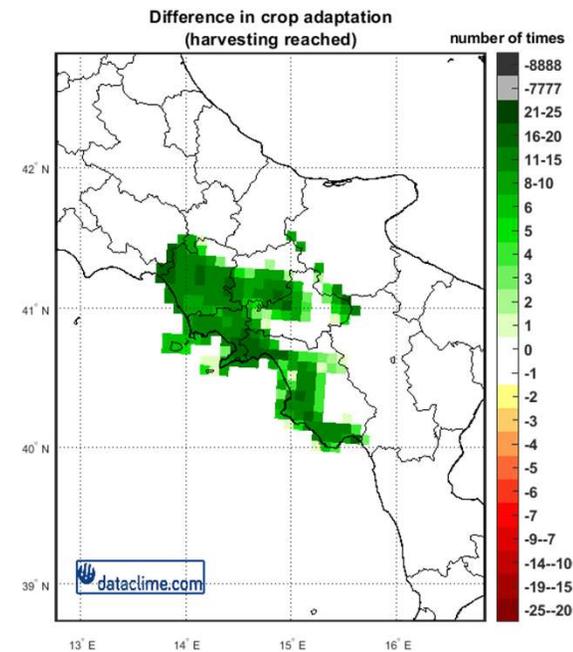
Per info aggiuntive sul progetto:
<https://www.ruralplus.it/>



Impatti sull'agricoltura



Variazione per il
raggiungimento della
fase di raccolta per il
mais



Variazione per il
raggiungimento della fase
di raccolta per le zucchine



La scala locale: le attività di support all'adattamento

Training



Eventi di sensibilizzazione per la comunità



Analisi del profilo climatico e del rischio climatico

Meeting per Informare i portatori di interesse sui fondi per finanziare ulteriori fondi per l'adattamento disponibili



Attività e Risultati



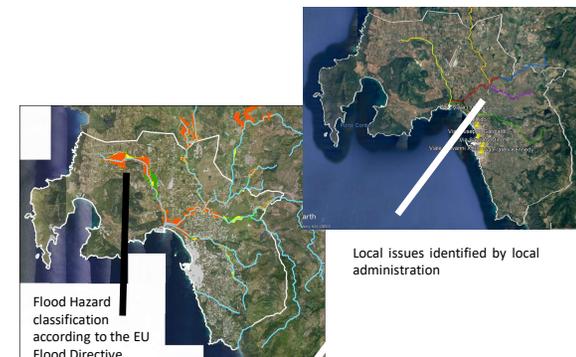
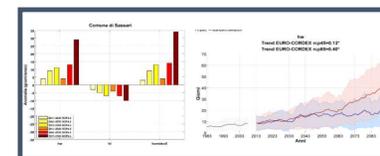
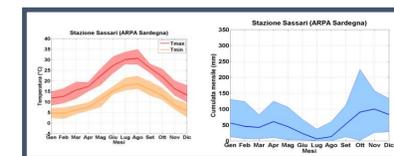
Conoscenza del pericolo climatico, del rischio e della sua evoluzione anche mediante definizione di indicatori di pericolosità che tengano in conto dei contesti locali.



Supporto alla definizione delle priorità in termini di adattamento.



Supporto alla definizione di misure efficaci di adattamento anche coinvolgendo la popolazione e portatori di interesse



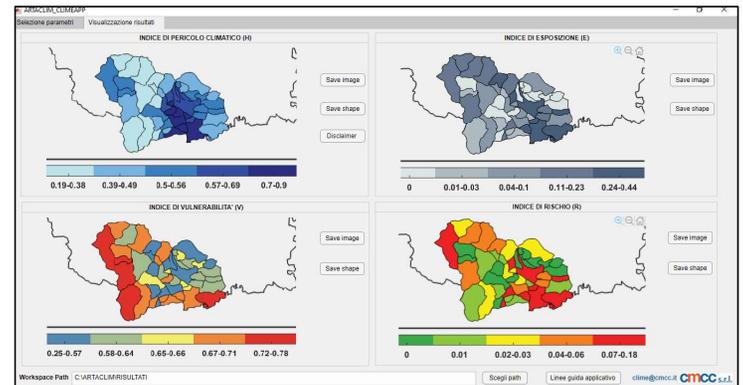
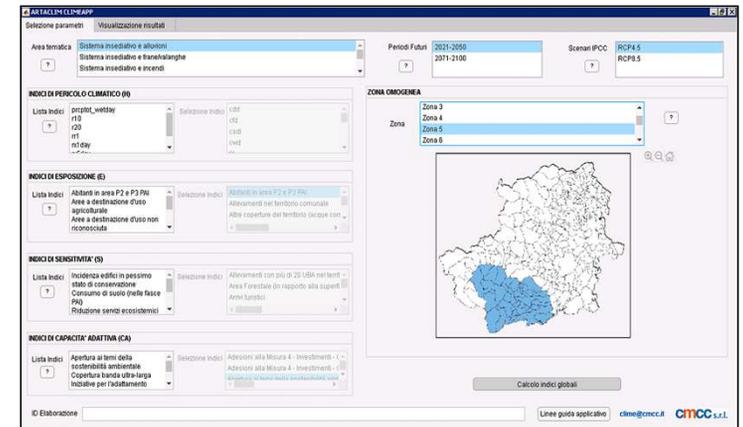
Un esempio di supporto alla comunità: for ALCOTRA-ARTACLIM Project

Attività a supporto del Politecnico di Torino, Dipartimento Interateneo di Scienze, progetto e politiche del Territorio (DIST)

Obiettivi: Le attività di ricerca applicata per lo sviluppo dello studio della vulnerabilità del territorio ai cambiamenti climatici sono state suddivise in 4 diverse sezioni:

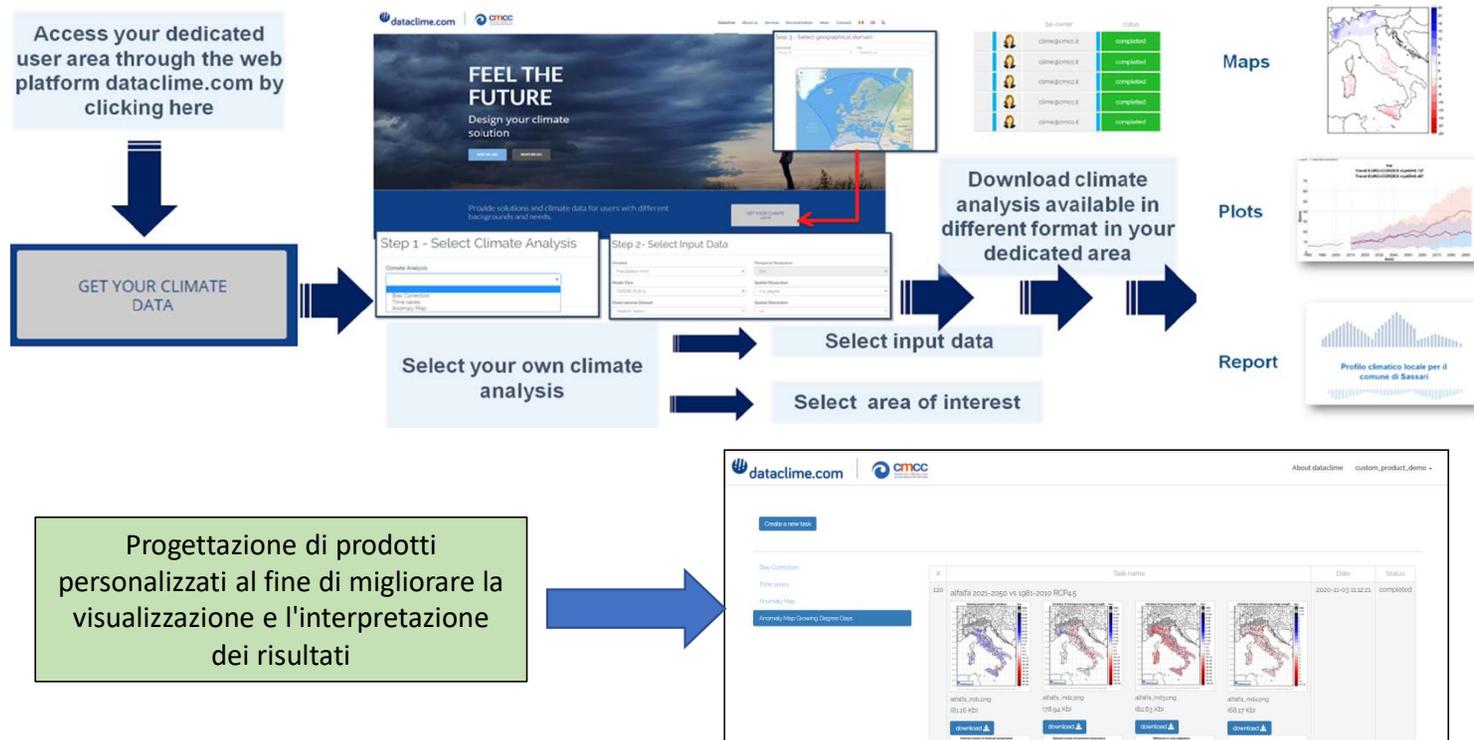
- Analisi del contesto, scenari climatici e analisi della vulnerabilità climatica;
- Analisi di vulnerabilità del territorio per le aree tematiche dei sistemi insediativi, delle infrastrutture e del turismo;
- Individuazione delle aree prioritarie più vulnerabili in termini di clima attuale e futuro;
- Sviluppo di un'applicazione per consentire una valutazione del rischio dinamica e tempestiva.

Ellena, M., Ricciradi, G., Barbato, G., Buffa, A., Villani, V., & Mercogliano, P. (2020). Past and future hydrogeological risk assessment under climate change conditions over urban settlements and infrastructure systems: the case of a sub-regional area of Piedmont, Italy. *Natural Hazards*, 1-31.



DATACLIME (www.dataclime.com)

Aggiornamento continuo delle soluzioni in base alle attività di ricerca / esigenze degli utenti per casi specifici e applicazioni nell'ambito dell'adattamento ai cambiamenti climatici.



Grazie per l'attenzione

paola.mercogliano@cmcc.it



cmcc
Centro Euro-Mediterraneo
sui Cambiamenti Climatici

Gli impatti sul Mediterraneo: cosa ci attende

- Disponibilità ridotta d'acqua
- Aumento della siccità
- Grave perdita di biodiversità
- Aumento incendi boschivi
- Turismo estivo ridotto
- Aumento degli effetti sulla salute delle ondate di calore
- Espansione degli habitat per i vettori di malattie
- Riduzione Energia idroelettrica ridotta
- Riduzione delle aree agricole

