

# IL METEO E IL CLIMA

## SEGNALI DAL CLIMA IN FVG (2023):

DATI METEO DEL 2022: UN ANNO SICCIOSO E IL PIÙ CALDO DI SEMPRE	11
DAL LOCALE AL GLOBALE: ANOMALIE CLIMATICHE ED EVENTI ESTREMI DEL 2022 NEL MONDO	17
QUALI FUTURI CLIMATICI IN FVG?	18
DAI NUOVI MODELLI CLIMATICI UN'INFORMAZIONE SEMPRE PIÙ DETTAGLIATA SUL CLIMA FUTURO	24

# **IL METEO E IL CLIMA**

estratto da:

## **SEGNALI DAL CLIMA IN FVG**

**CAMBIAMENTI – IMPATTI – AZIONI**

**maggio 2023**

notizie dal

**Gruppo di lavoro tecnico-scientifico**

**Clima FVG**

*“Segnali dal Clima in FVG” è realizzato da:*

**ARPA FVG - Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia**

*nell'ambito dell'attività di coordinamento e segreteria del “Gruppo di lavoro tecnico scientifico Clima FVG” istituito dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia con Decreto DC Difesa dell'ambiente, energia e sviluppo sostenibile, n. 2137 del 04/05/2022*

**Coordinamento editoriale:**

**Federica Flapp, Fulvio Stel**

**Elaborazione grafica:**

**Ester Curci, Federica Flapp, Michela Mauro**

**“Segnali dal Clima in FVG” ospita articoli firmati da vari autori: ciascun autore è responsabile per i contenuti (testi, dati e immagini) dei propri articoli ed esclusivamente di essi.**

**ARPA FVG, gli altri enti del “Gruppo di lavoro tecnico scientifico Clima FVG” e i singoli autori non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.**

**Ove non diversamente specificato, le immagini sono state fornite dagli autori dei diversi contributi, che se ne assumono la responsabilità, o sono tratte da:**

<https://pixabay.com/it/>

<https://www.google.com/maps>

<https://it.freepik.com/>

**La foto di copertina è di Agostino Manzato.**

**ARPA FVG**

**Via Cairoli, 14 - 33057 Palmanova (UD)**

**Tel +39 0432 922 611 - Fax +39 0432 922 626**

**[www.arpa.fvg.it](http://www.arpa.fvg.it)**

**<https://twitter.com/arpafvg>**

**Questo prodotto è rilasciato con licenza Creative Commons - Attribuzione 4.0 Internazionale (CC BY 4.0):**

**Può essere quindi utilizzato citando la fonte, nel rispetto delle condizioni qui specificate:**

**informazioni generali <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.it>**

**licenza <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.it>**



# Segnali dal Clima

*Segnali dal Clima in FVG* è una pubblicazione divulgativa che racconta i cambiamenti climatici partendo da un'ottica locale e regionale e affronta questo grande tema da tre prospettive: CAMBIAMENTI, IMPATTI, AZIONI.

Nasce dall'impegno del Gruppo di lavoro tecnico-scientifico Clima FVG e dalla convinzione che le sfide che i cambiamenti climatici pongono alla nostra società si possano affrontare efficacemente solo se allo sviluppo scientifico e tecnologico si accompagnano una crescita della conoscenza e una consapevolezza sempre più diffusa sul tema da parte di tutta la popolazione.

*Segnali dal Clima* affronta diversi aspetti dei cambiamenti climatici partendo dal racconto di eventi e situazioni che hanno riguardato il Friuli Venezia Giulia nel 2022, ma anche evidenziando come la dimensione locale sia collegata a quella globale attraverso riferimenti a eventi e situazioni verificatisi al di fuori della nostra regione e su scala più ampia.

Al racconto degli eventi e dei fenomeni si accompagnano le spiegazioni delle cause che li hanno prodotti. Un filo rosso - CAMBIAMENTI, IMPATTI, AZIONI - unisce i diversi articoli, i nostri "segnali dal clima", collegando i cambiamenti in atto con i loro effetti sull'ambiente e sulle attività umane, ma anche con le azioni che possiamo mettere in campo sia per limitare il riscaldamento globale e i cambiamenti del clima (mitigazione) che per ridurre gli impatti che ne conseguono (adattamento).

Il 2022 è stato l'anno più caldo mai registrato in Friuli Venezia Giulia: alle alte temperature si è associata una grave e prolungata siccità, che ha determinato pesanti conseguenze per il nostro territorio. Alle criticità più acute che hanno occupato le pagine dei giornali per diversi mesi si affianca però un flusso più graduale e meno evi-dente di effetti che si manifestano negli anni. Il racconto parte quindi dagli argomenti più propriamente "climatici" - a iniziare dalle temperature dell'aria e dalle precipitazioni e dai loro effetti sul mare e sui ghiacci - e indaga poi alcuni ambiti in cui gli effetti dei cambiamenti climatici si manifestano in Friuli Venezia Giulia: dalle modifiche graduali, ma profonde, degli ecosistemi, agli incendi che hanno devastato i nostri boschi nell'estate 2022, all'agricoltura, mettendo in luce alcune possibili risposte e soluzioni e come queste emergano dalle conoscenze prodotte dagli enti scientifici e di ricerca e dalle attività delle agenzie e strutture regionali.

*Segnali dal Clima in FVG* non è quindi un report sullo "stato del clima" in Friuli Venezia Giulia: non ha l'obiettivo di fornire un quadro completo ed esaustivo della tematica, non ne esplora tutti gli aspetti e i settori ambientali e socioeconomici coinvolti, non passa in rassegna tutte le conoscenze disponibili. È però, appunto, un segnale: un segnale di cosa sta accadendo, di quanto sia importante prenderne coscienza ed agire, di come la società, la pubblica amministrazione e il mondo scientifico si stiano già attivando.

*Il gruppo di lavoro tecnico-scientifico  
Clima FVG*

## L'ABC DEL CLIMA

Per rendere gli argomenti accessibili a tutti, negli articoli sono inseriti alcuni box a sfondo arancione pensati per avvicinare al pubblico alcuni termini e concetti tecnico-scientifici a cui è necessario fare riferimento quando si spiegano argomenti e fenomeni collegati ai cambiamenti climatici.

## DAL LOCALE AL GLOBALE

Con uno sfondo grigio sono evidenziati gli articoli che riportano notizie e informazioni relative a realtà extra-regionali e che ci consentono di ampliare la nostra visione, collegando ciò che avviene in Friuli Venezia Giulia con conoscenze generali e con fenomeni a scala più ampia.

## Gruppo di lavoro Clima FVG

Il “Gruppo di lavoro tecnico-scientifico Clima FVG” istituito dalla Regione autonoma Friuli Venezia Giulia nel 2022 riunisce le eccellenze tecniche e scientifiche presenti in FVG, in grado di fornire all’Amministrazione regionale e a tutti gli enti e soggetti del FVG le conoscenze più aggiornate per affrontare i cambiamenti climatici sul nostro territorio.

Ad ARPA FVG è stato affidato il coordinamento del team, che è composto da esperti di ICTP, OGS, CNR, delle Università di Udine e di Trieste e della stessa Regione: gli stessi che avevano elaborato e pubblicato, nel 2018, il primo **Studio conoscitivo dei cambiamenti climatici e di alcuni loro impatti in Friuli Venezia Giulia**.

Il Gruppo di lavoro Clima FVG innanzitutto facilita la condivisione e la collaborazione tra i soggetti esperti che in regione producono conoscenze tecnico-scientifiche sui cambiamenti climatici e sui loro effetti.

Fornisce quindi un **orientamento** e un **supporto consultivo alla pianificazione** regionale delle azioni per il clima e in particolare per **l’adattamento ai cambiamenti climatici**.

L’attività del gruppo di lavoro Clima FVG favorisce anche il **trasferimento delle conoscenze** scientifiche ai tecnici che le applicano sul territorio.

E infine, tutti i componenti del gruppo di lavoro credono che sia indispensabile divulgare queste **conoscenze alla cittadinanza**, promuovendo quella che si chiama “**climate literacy**” ovvero **l’alfabetizzazione climatica**, che mette ciascuno di noi in condizione di comprendere la propria influenza sul clima e l’influenza del clima su ciascuna persona e sulla società.

La redazione di “Segnali dal Clima in FVG” è un primo passo per dare concretezza a questo fondamentale obiettivo

## Chi siamo?



ARPA FVG – Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente



Fulvio Stel (coordinatore) e Federica Flapp



CNR - Istituto di Scienze Marine di Trieste



Fabio Raicich



CNR - Istituto di Scienze Polari



Renato Colucci



ICTP - International Centre for Theoretical Physics di Trieste



Filippo Giorgi



OGS - Istituto nazionale di oceanografia e di geofisica sperimentale di Trieste:



Cosimo Solidoro



Regione autonoma Friuli Venezia Giulia



Silvia Stefanelli ed Enzo Dall’Osto



Università degli Studi di Trieste



Giovanni Bacaro



Università degli Studi di Udine



Alessandro Peressotti

# DATI METEO DEL 2022: UN ANNO SICCATOSO E IL PIÙ CALDO DI SEMPRE

Il 2022 è stato un anno caratterizzato da temperature dell'aria e del mare decisamente più alte rispetto alla norma e da piogge quasi ovunque inferiori del 30-50%. Sono “segnali” di un cambiamento climatico in atto anche in Friuli Venezia Giulia.



Quali “segnali dal clima” possiamo cogliere guardando ai dati meteo registrati in Friuli Venezia Giulia nel 2022?

Pur ricordandoci di tener sempre presente la distinzione tra meteo e clima, gli andamenti della temperatura – dell'aria e del mare – e delle precipitazioni dell'anno scorso confermano ancora una volta le tendenze già evidenziate negli ultimi decenni. E segnano anche qualche nuovo record.

## TEMPERATURA DELL'ARIA DA RECORD

La temperatura media annuale del 2022 in Friuli Venezia Giulia è risultata **più alta di oltre 1 °C** rispetto al trentennio climatico di riferimento **1991-2020**. L'incremento è ancora più accentuato se consideriamo l'andamento termico secolare registrato a Udine: l'analisi dei dati dal 1901 mostra come il 2022 è stato decisamente **l'anno più caldo mai registrato**, con un incremento rispetto alla media del secolo scorso di **+2 °C**, segno del cambiamento climatico in atto anche nella nostra regione.

A questo aumento della temperatura ha molto contribuito la **particolare circolazione atmosferica estiva** caratterizzata dalla quasi costante presenza dell'anticiclone africano. Si è avuta una prevalenza di tempo soleggiato e temperature massime costantemente molto alte: da metà maggio a metà **settembre** la media delle temperature massime in pianura si è attestata intorno ai **31 °C**

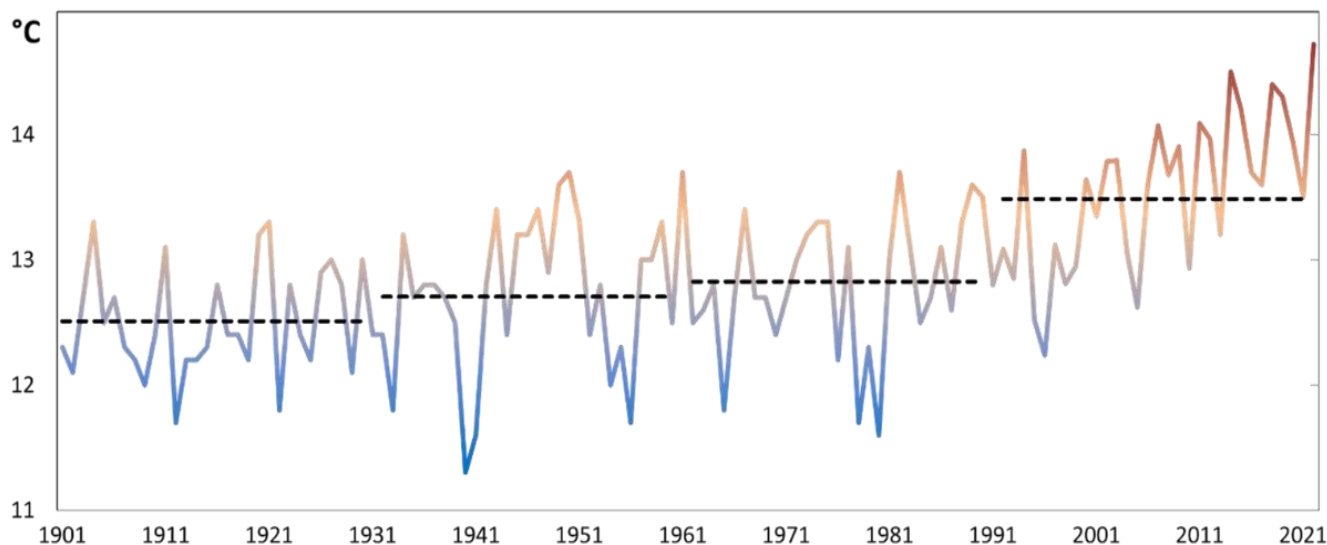
## METEO, CLIMA E CAMBIAMENTI CLIMATICI

Il METEO o tempo meteorologico è dato da condizioni e fenomeni atmosferici che si verificano in un determinato momento e in un breve periodo di tempo (alcune ore o giorni).

Il CLIMA è invece dato dalla media delle condizioni atmosferiche registrate in lunghi periodi di tempo (in genere 30 anni) in un determinato territorio.

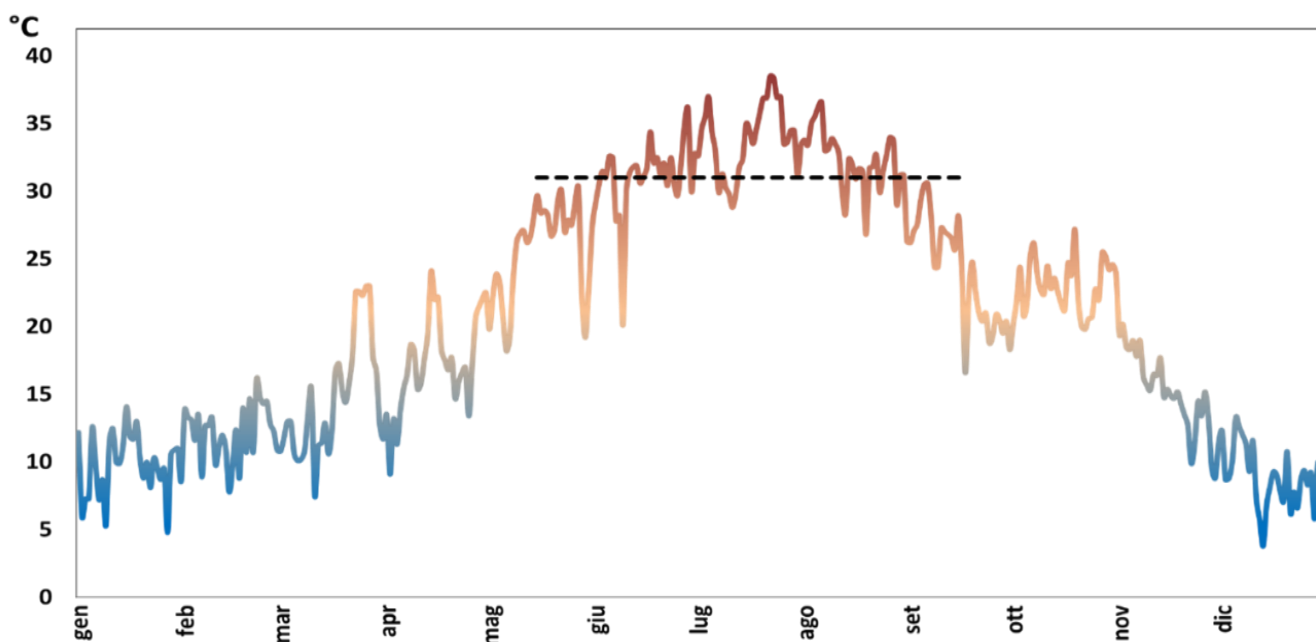
Alla naturale variabilità del clima si sovrappongono oggi i CAMBIAMENTI CLIMATICI causati dalle attività dell'uomo, divenuti sempre più rilevanti e rapidi negli ultimi decenni, sia a scala globale che a livello locale.

### Temperatura media annuale a Udine dal 1901 al 2022



Andamento secolare della temperatura media annuale a Udine. (Dati: serieHistAlp1901-1991 Osmer-RAFG1992-2022).  
Le linee tratteggiate orizzontali indicano le temperature medie trentennali.

### Temperature massime giornaliere a Udine - 2022

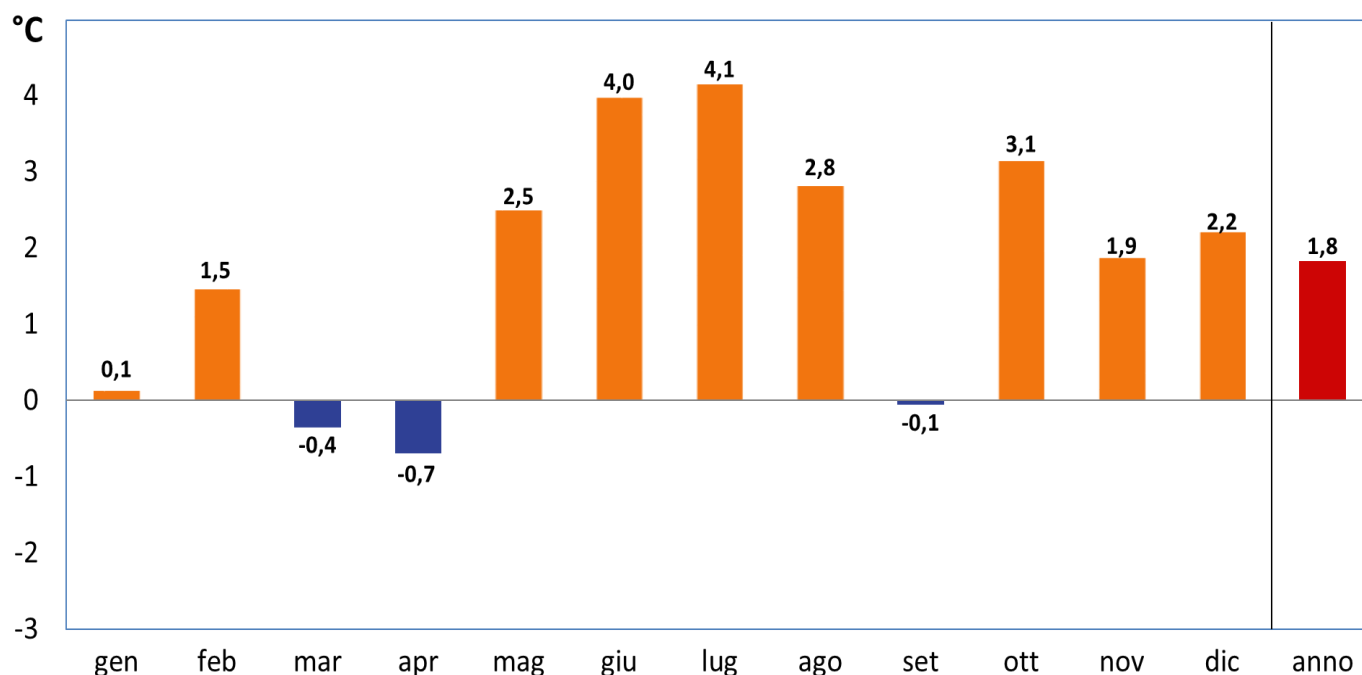


Andamento delle temperature massime giornaliere registrate a Udine nel 2022 (linea continua).  
La linea orizzontale tratteggiata evidenzia la soglia dei 30 °C.

Analizzando nello specifico i **dati termici medi mensili** di quest'anno e confrontandoli con le medie del periodo 1901-2021, si nota come in pianura solo nei mesi di gennaio, marzo, aprile e

settembre le temperature hanno mostrato valori vicini alla norma. Gli altri mesi, in particolare giugno e luglio son risultati molto più caldi.

### Anomalia termica mensile - 2022



Anomalia delle temperature medie mensili del 2022 a Udine rispetto al periodo 1901-2021 (serie HistAlp1901-1991 Osmer-RAFVG 1992-2022)

### COME MAI ABBIAMO SOFFERTO MENO IL CALDO RISPETTO AL 2003?

Durante l'estate del 2022 sulla pianura regionale sono state oltre 40 le giornate in cui la sensazione di afa si è fatta sentire a livelli più o meno intensi.

È però interessante notare che, nonostante le temperature dell'estate del 2022 siano state molto alte, i livelli di umidità sono risultati invece spesso piuttosto contenuti: ciò in molti casi ha limitato la sensazione di afa percepita dalla popolazione.

Infatti, confrontando i dati dell'indice di disagio bioclimatico (THOM) dal 1991 (Fig. 4), si vede come nell'estate 2022 il numero di giornate con livello di disagio elevato (o anche medio) sia risultato più contenuto del 2015 o del 2003.

### COME SI MISURA IL DISAGIO BIOCLIMATICO?

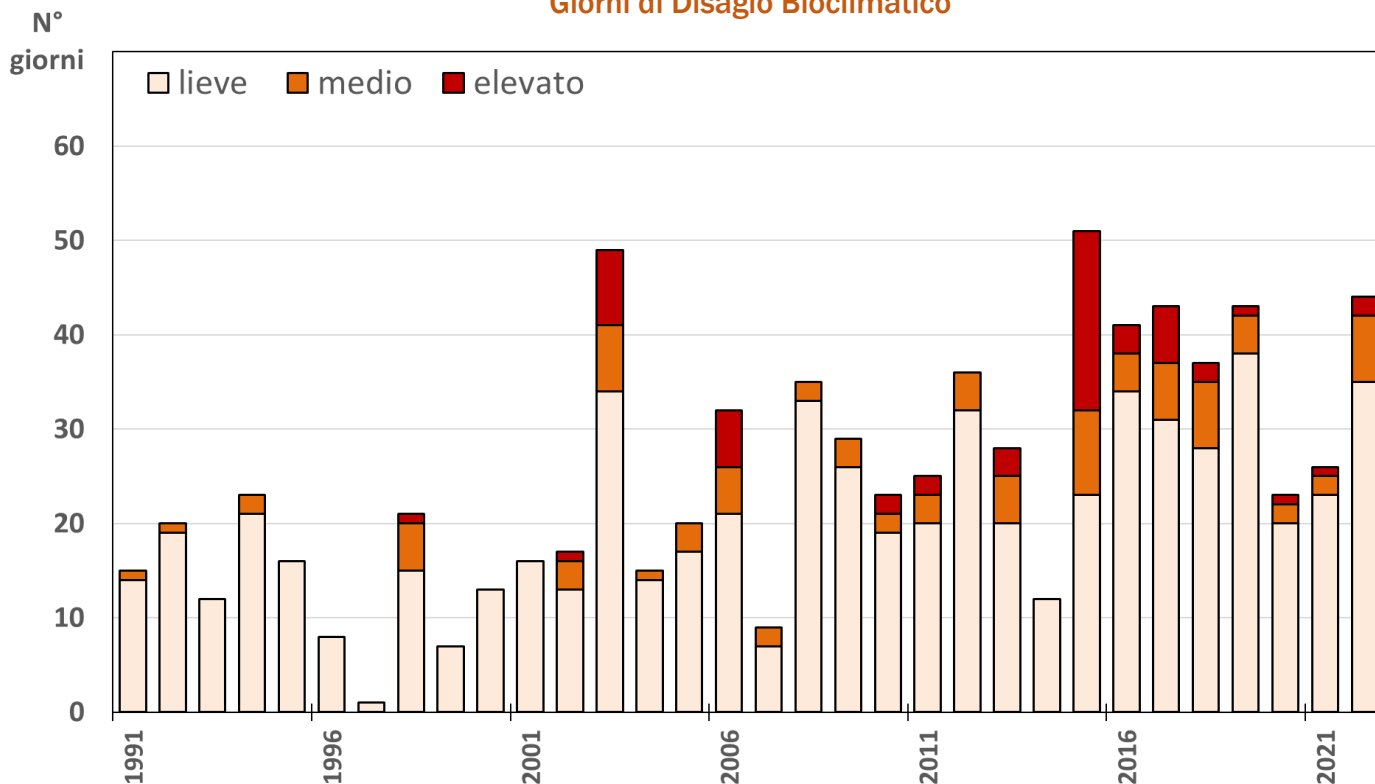
La sensazione di caldo e di disagio percepita dal corpo umano in certe giornate estive è l'effetto della combinazione di determinati livelli di temperatura e umidità atmosferica.

Per misurare il grado di questo disagio bioclimatico in FVG si utilizza il "Discomfort Index" proposto da Thom: un indice calcolato utilizzando una tabella che mette in relazione temperatura e umidità relativa, combinandole in un unico valore.

In estate l'indice di Thom viene elaborato da ARPA FVG per il programma di contrasto degli effetti dannosi sulla salute delle ondate di calore della Regione.



### Giorni di Disagio Bioclimatico



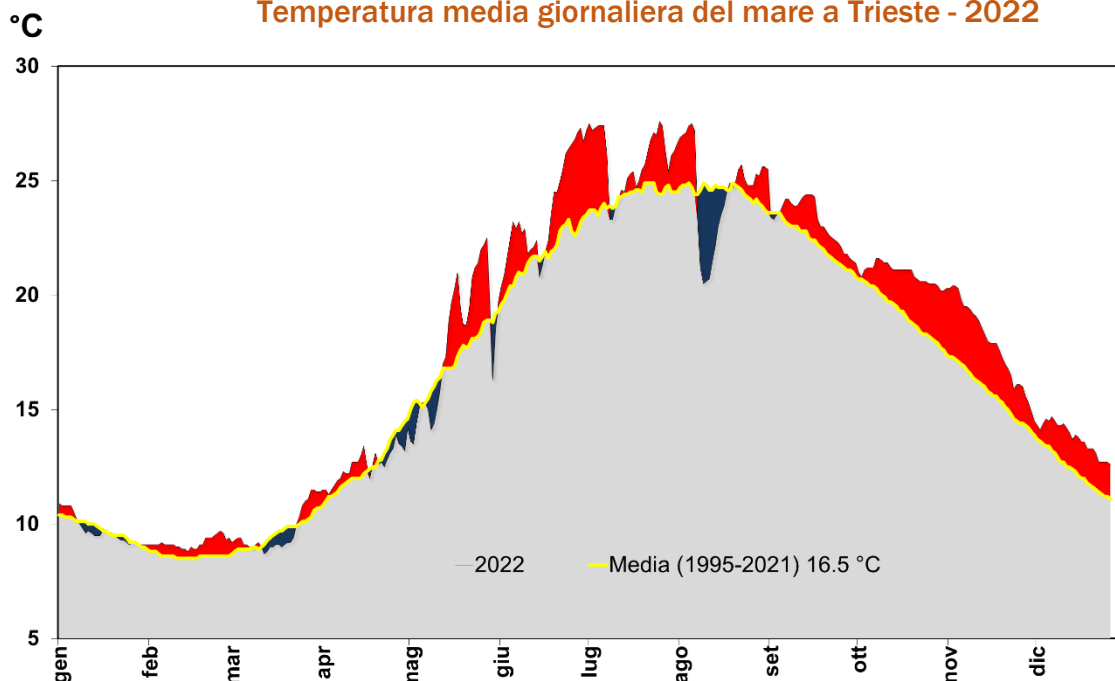
Udine: numero di giorni di Disagio Bioclimatico (THOM max) da maggio a settembre negli anni 1991-2022

## UN MARE PIÙ CALDO DELLA NORMA PER GRAN PARTE DELL'ANNO

Anche la temperatura media del mare a 2 metri di profondità è stata di circa 1 °C più alta rispetto alla media del periodo di confronto 1995-2021.

Considerando l'andamento giornaliero si può osservare come a Trieste almeno nell'80% delle giornate la temperatura del mare è stata superiore alla media storica.

### Temperatura media giornaliera del mare a Trieste - 2022



Andamento della temperatura media giornaliera del mare a Trieste nel 2022 e confronto con la media 1995-2021

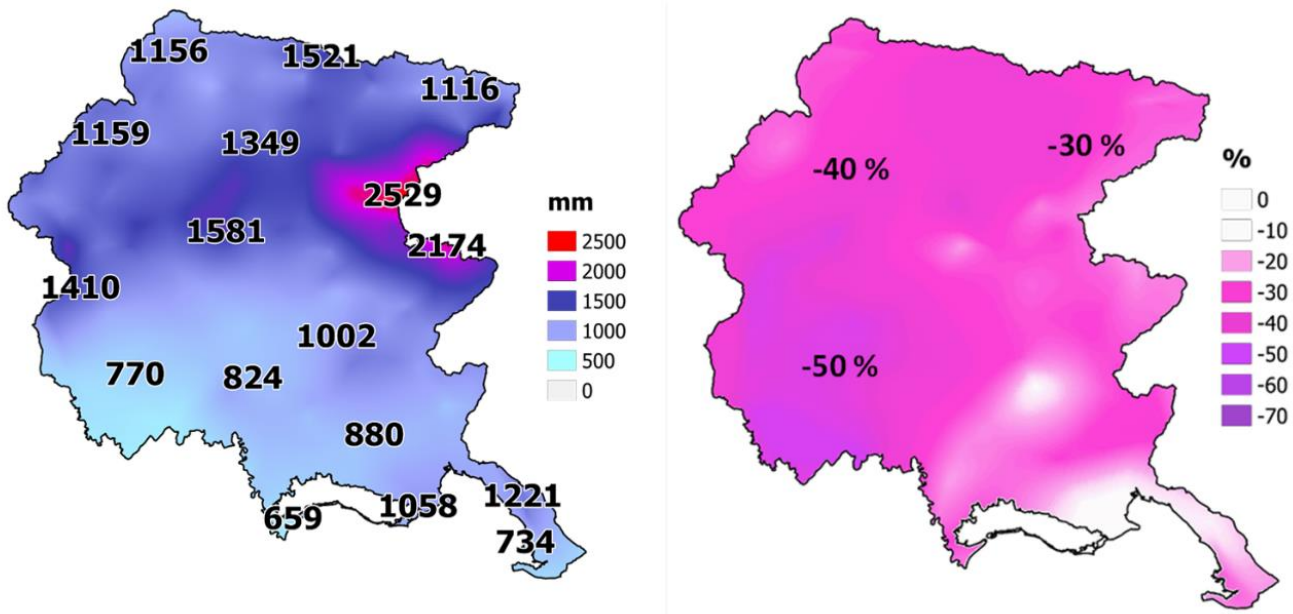
## UN ANNO AVARO DI PIOGGIA

La siccità ha colpito duramente la nostra regione durante tutto l'anno, portando anche a delle conseguenze importanti per l'agricoltura e facilitando i grandi incendi boschivi estivi

che hanno interessato sia il Carso che la zona montana. Le precipitazioni cumulate, infatti, sono risultate quasi ovunque inferiori dal 30 al 50% rispetto alla climatologia (1991-2020);

solo in alcune zone lungo la costa e nella media pianura friulana si sono registrati dei forti temporali autunnali che hanno riportato le precipitazioni nella norma.

### Piovosità annuale e anomalia 2022

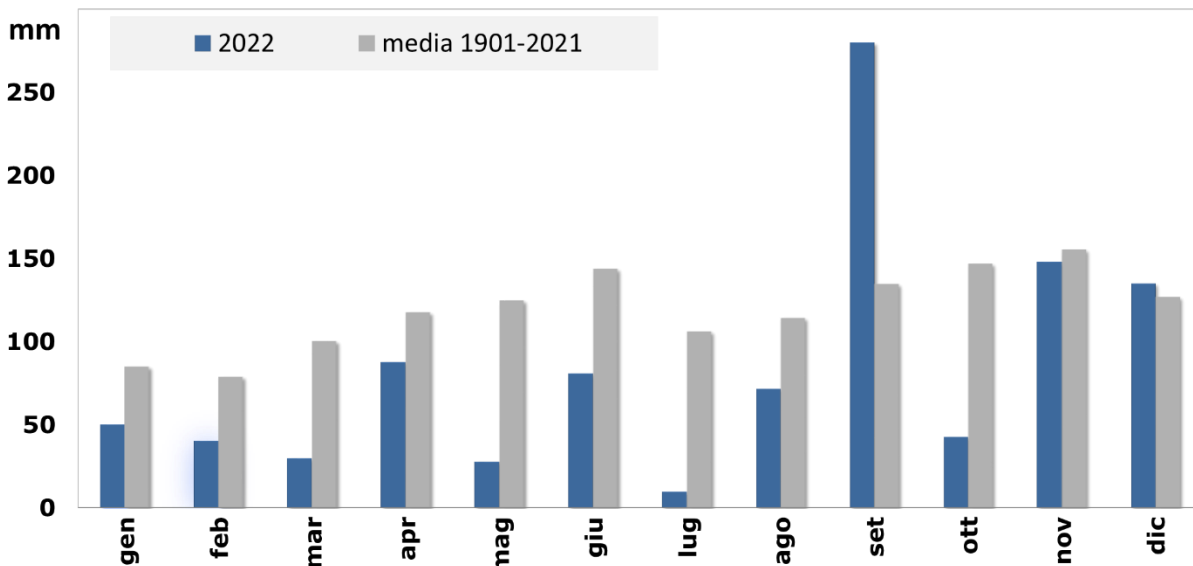


Precipitazioni cumulate dell'anno 2022 in FVG e variazione percentuale rispetto alla climatologia del trentennio 1991-2020

Significative, ad esempio, le piogge mensili di Udine: solamente a settembre si sono registrate piogge molto elevate, dovute a un forte temporale localizzato; novembre e dicembre sono risultati vicini alla norma; tutti gli altri mesi hanno

fatto registrare precipitazioni di gran lunga al di sotto della media del periodo 1901-2021, facendo risultare il 2022 l'anno più secco registrato a Udine dal 1945.

### Piovosità mensile a Udine



Precipitazioni mensili nel 2022 e confronto con la media del periodo 1901-2021 a Udine

## 2022: ALCUNI EVENTI METEO DA RICORDARE

Degni di nota sono anche alcuni eventi meteo che hanno caratterizzato la seconda metà dell'anno interessando alcune località del Friuli Venezia Giulia:

- **26 luglio** – un forte temporale ha causato raffiche di vento molto forti nel Pordenonese e forti grandinate locali. A Vivaro è stata registrata una raffica massima di 136 km/h, la più forte mai registrata sulla pianura friulana dal 1991;
- **18 agosto** - al passaggio di un sistema temporalesco sono state registrate raffiche di vento forte da sud-ovest con valori sopra i 100 km/h in alta quota e a Lignano;
- **8 settembre** - Grado è stata interessata da temporali stazionari alimentati dallo Scirocco che hanno fatto registrare 164 mm di pioggia;
- **10 novembre** – sempre a Grado, lo Scirocco dal mare ha alimentato una pioggia incessante che è arrivata a 194 mm, valore che non era mai stato registrato in 24 ore almeno dal 1960;
- **22 novembre** - nell'isola di Grado è stato registrato un livello di acqua alta eccezionale di 169 cm sopra il livello medio mare a causa dell'interazione tra l'alta marea, il forte vento di Scirocco e una profonda depressione sull'Alto Adriatico; anche le zone più basse di Muggia e Trieste sono andate sott'acqua causando diversi disagi.

*Andrea Cicogna, Federica Flapp, Valentina Gallina*  
**ARPA FVG**











Foto: Enrico Bellan

# DAL LOCALE AL GLOBALE: ANOMALIE CLIMATICHE ED EVENTI ESTREMI DEL 2022 NEL MONDO

A livello globale, il 2022 è stato il **sesto anno più caldo dal 1880**, con una temperatura globale di circa 0.86 °C maggiore della media del ventesimo secolo. Da notare che il 2022 è stato un anno caratterizzato da “La Niña”, fenomeno che tende a produrre temperature relativamente

basse su gran parte del Pacifico e quindi abbassa la media globale. Molte **anomalie climatiche estreme** sono occorse durante l'anno, a testimonianza del fatto che il cambiamento climatico continua ad essere un'emergenza planetaria.

-  **Gran parte dell'Europa**, incluso il territorio italiano, è stata soggetta ad **una delle peggiori siccità negli ultimi 500 anni**, con quantità di pioggia molto minori della media per tutto il periodo primaverile ed estivo. In estate ci sono state **ondate di calore** di entità paragonabile a quelle record del 2003.
-  Nel marzo 2022 c'è stata una **anomalia termica in Antartide** che ha toccato i 38.5 °C, e al contempo una anomalia termica **in Artide** di più di 25 °C. Questo fenomeno non si era mai verificato da quando si prendono misure.
-  In **Giappone** a giugno c'è stata la **peggiore ondata di calore dal 1875**.
-  Ci sono stati diversi **uragani e tifoni di intensità e precipitazioni record** che hanno devastato varie regioni del globo: Agatha (Messico), Ian (Caraibi/Florida), Fiona (Canada), Hinamnor e Noru (Asia Orientale), Batsirai e Emnati (Madagascar).
-  Si sono verificate **pioggia record e alluvioni in Pakistan** a luglio-agosto, che hanno colpito circa 30 milioni di persone.
-  Si sono registrate **piogge record in Cina** a giugno.
-  **Pioggia record e alluvioni** si sono verificate **in Australia** orientale a febbraio-marzo.
-  Dalla primavera fino ad ottobre, condizioni particolarmente calde e secche hanno alimentato estesi **incendi boschivi nelle regioni occidentali del Nord America**.

Tutti questi eventi continuano un trend, ormai presente nelle ultime decadi, di aumento di **eventi cosiddetti catastrofali di carattere meteo-climatico** che, da dati delle compagnie di assicurazione, sono aumentati da circa 200 all'anno negli anni '80 a circa 800 negli ultimi anni. Anche se non si possono attribuire eventi singoli al riscaldamento globale, questo trend è del tutto

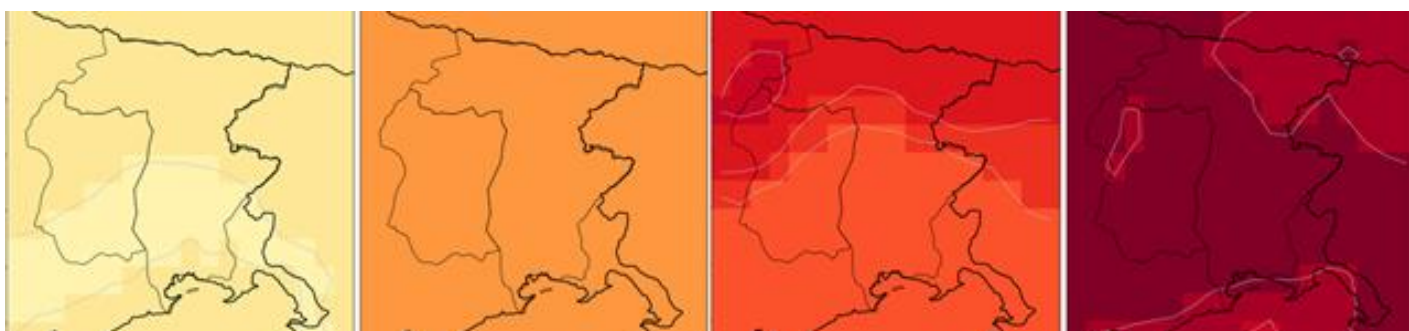
compatibile con il **riscaldamento globale** in atto, che a sua volta è stato **attribuito in maniera inequivocabile all'aumento delle emissioni di gas serra** da attività umane - principalmente derivanti dall'uso dei combustibili fossili - dall'ultimo rapporto dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) del 2021.

**Filippo Giorgi**

**ICTP – Centro Internazionale di Fisica Teorica**

# QUALI FUTURI CLIMATICI IN FVG?

Le condizioni climatiche future della nostra regione dipenderanno dalle scelte che facciamo oggi. Se ridurremo rapidamente e drasticamente le emissioni climalteranti, l'aumento delle temperature rimarrà entro limiti a cui potremo adattarci. Altrimenti ci aspetta un futuro climatico difficilmente sostenibile, con estati caldissime e siccitose.



Abbiamo visto come le serie storiche più lunghe, insieme ai dati rilevati dalla rete meteorologica regionale e alle elaborazioni di ARPA FVG – OSMER, ci permettono di vedere come è cambiato e come sta cambiando il clima del Friuli Venezia Giulia, ma la domanda che tutti – cittadini, mondo produttivo, decisori – si pongono è: come cambierà il clima della nostra regione nei prossimi decenni.

## LE PROIEZIONI CLIMATICHE PER IL FVG

Il clima futuro può essere non letteralmente “previsto”, ma delineato in termini probabilistici attraverso proiezioni che si ottengono tramite l'utilizzo di modelli climatici che stanno diventando sempre più evoluti (come ci spiega più avanti Filippo Giorgi nel suo articolo).

Nel 2018 per la prima volta sono state rese disponibili le proiezioni climatiche ritagliate “su misura” per il Friuli Venezia Giulia, che sono state elaborate da ICTP (Centro Internazionale di Fisica Teorica di Trieste) a partire dai dati di diversi modelli climatici a scala europea, nell'ambito

dello [Studio conoscitivo dei cambiamenti climatici e di alcuni loro impatti in FVG](#), promosso dall'Amministrazione regionale, coordinato da ARPA FVG e realizzato in collaborazione con gli enti scientifici e di ricerca che oggi compongono il Gruppo di lavoro Clima FVG.



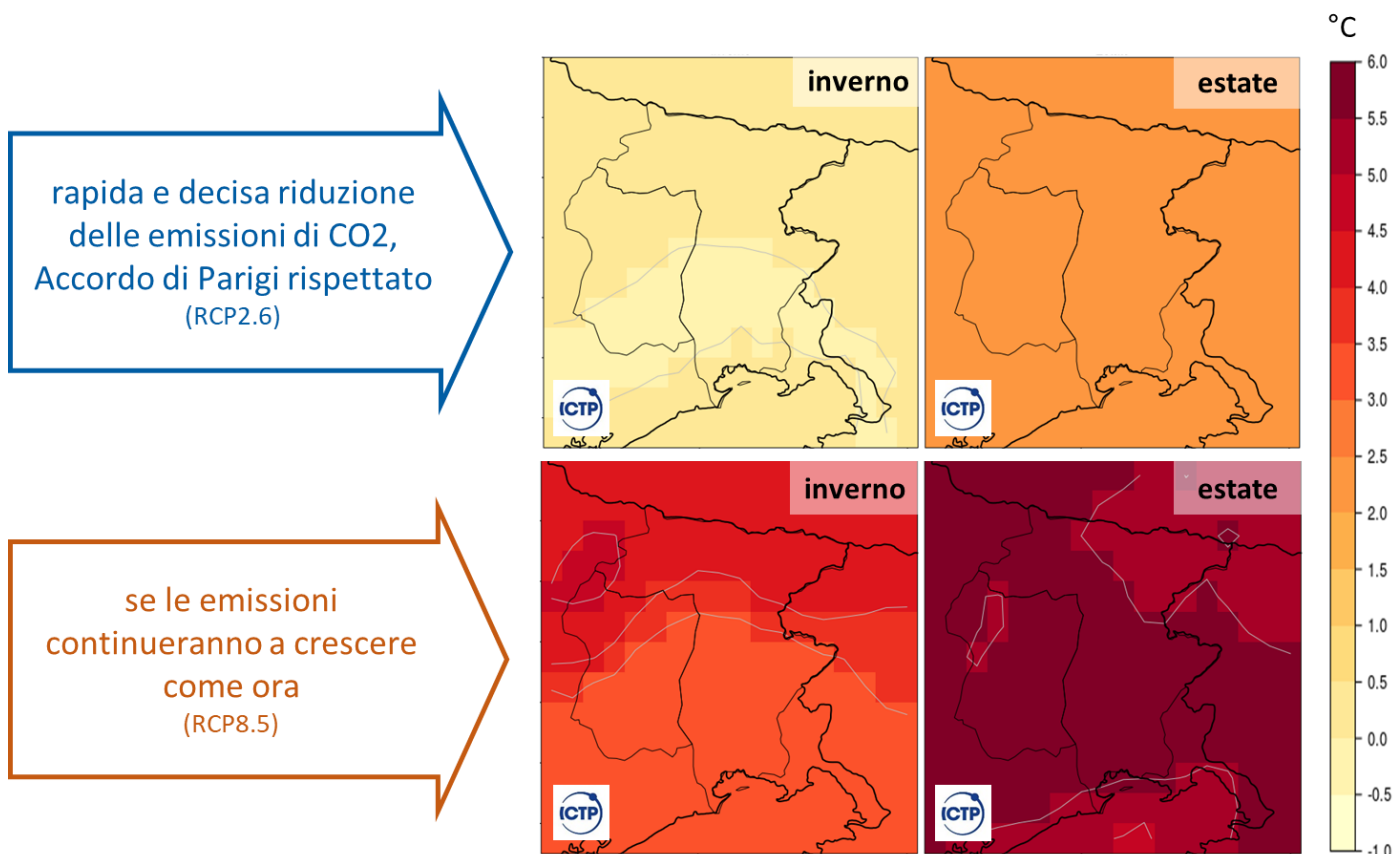
## COME CAMBIERANNO LE TEMPERATURE IN FVG

Le proiezioni di cambiamento climatico in Friuli Venezia Giulia per il XXI secolo, elaborate da ICTP, prospettano in generale **un ulteriore riscaldamento, modulato però dai diversi scenari di sviluppo.**

Se le emissioni di gas climalteranti continueranno a crescere secondo l'attuale andamento (scenario cosiddetto "business as usual", indicato con la sigla RCP8.5), in regione potremmo aspettarci a fine secolo un aumento di temperatura fino a 5 °C in inverno e fino a 6 °C in estate, con un forte aumento di ondate di calore.

Invece nello scenario più virtuoso (RCP2.6), cioè quello che si verificherebbe se le emissioni globali di gas climalteranti venissero rapidamente e drasticamente diminuite, dando attuazione all'Accordo di Parigi, i modelli indicano che in Friuli Venezia Giulia le temperature continueranno a crescere fino a metà secolo, ma poi si stabilizzeranno e l'anomalia termica rimarrà entro 1-2 °C in inverno e 2-3 °C in estate a fine secolo.

### Aumento delle temperature medie in FVG a fine secolo in due diversi scenari



Anomalia delle temperature medie invernali ed estive in Friuli Venezia secondo le proiezioni al 2071-2100 rispetto al trentennio di riferimento 1976-2005 per gli scenari RCP2.6 (Accordo di Parigi rispettato) e RCP8.5 (se continuerà l'attuale tendenza all'aumento delle emissioni). Fonte: ICTP, Earth System Physics in Studio conoscitivo dei cambiamenti climatici e di alcuni loro impatti in FVG (ARPA FVG, 2018)

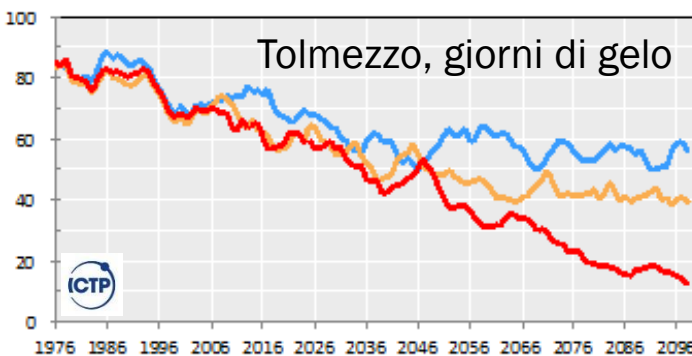
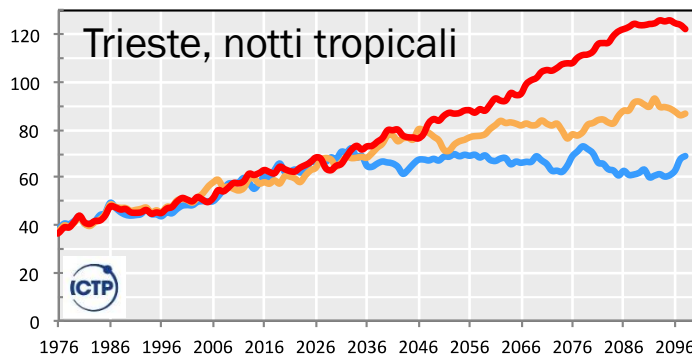
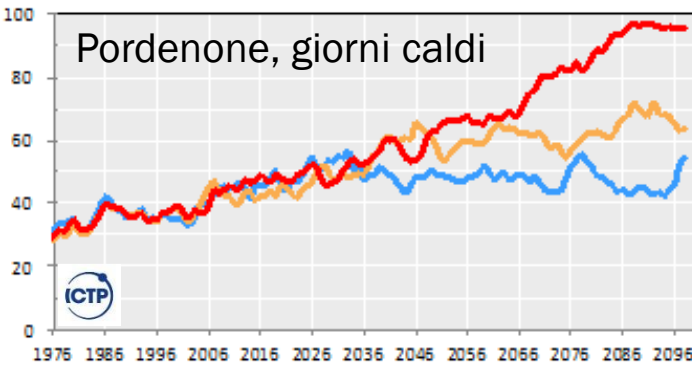
Per farci un'idea di come le variazioni della temperatura influenzeranno le nostre condizioni di vita, oltre alle temperature medie è utile analizzare alcuni "indicatori climatici" relativi agli estremi di temperatura.

Ad esempio, nello scenario a emissioni crescenti, aumenterà decisamente il numero di **giorni caldi**, in cui la temperatura supera i 30 °C (es. a Gorizia, Pordenone e Udine da 20-30 giorni caldi nel periodo 1976-1985 si arriverà a 90-100 a fine secolo) e il numero di **notti "tropicali"** in cui la temperatura non scende sotto ai 20 °C (es. a Trieste da 40 notti tropicali nel periodo 1976-1985 si arriverà a oltre 120 a fine

secolo). Nello scenario "Accordo di Parigi" (RCP2.6) queste variazioni saranno decisamente meno marcate e gli indicatori si assesteranno su valori non troppo distanti dagli attuali. Nello scenario intermedio (RCP4.5) l'aumento delle notti e dei giorni caldi sarà meno drammatico che nello scenario più estremo, ma sarà comunque rilevante.

Per quanto riguarda il freddo, diminuiranno in generale in modo consistente i **giorni di gelo** (in cui la temperatura scende sotto i 0 °C): anche per questo indicatore, la variazione sarà molto più marcata nello scenario più estremo.

Andamento nel tempo del numero di giorni caldi, notti tropicali e giorni di gelo in diversi scenari



Andamento di tre indicatori di estremi di temperatura:

- numero di giorni caldi (con temperatura massima superiore a 30 °C)
- numero di notti tropicali (con temperatura minima superiore a 20 °C)
- numero di giorni di gelo (con temperatura minima inferiore a 0 °C)

in tre diversi scenari:

- RCP2.6 (Accordo di Parigi rispettato)
- RCP4.5 (scenario intermedio)
- RCP8.5 (se continuerà l'attuale tendenza all'aumento delle emissioni)

in diverse località del Friuli Venezia Giulia.

Fonte: ICTP, Earth System Physics in Studio conoscitivo dei cambiamenti climatici e di alcuni loro impatti in FVG (ARPA FVG, 2018)

- RCP2.6 scenario «Accordo di Parigi»
- RCP4.5 scenario intermedio
- RCP8.5 scenario senza mitigazione

## COME CAMBIERANNO LE PRECIPITAZIONI IN FVG

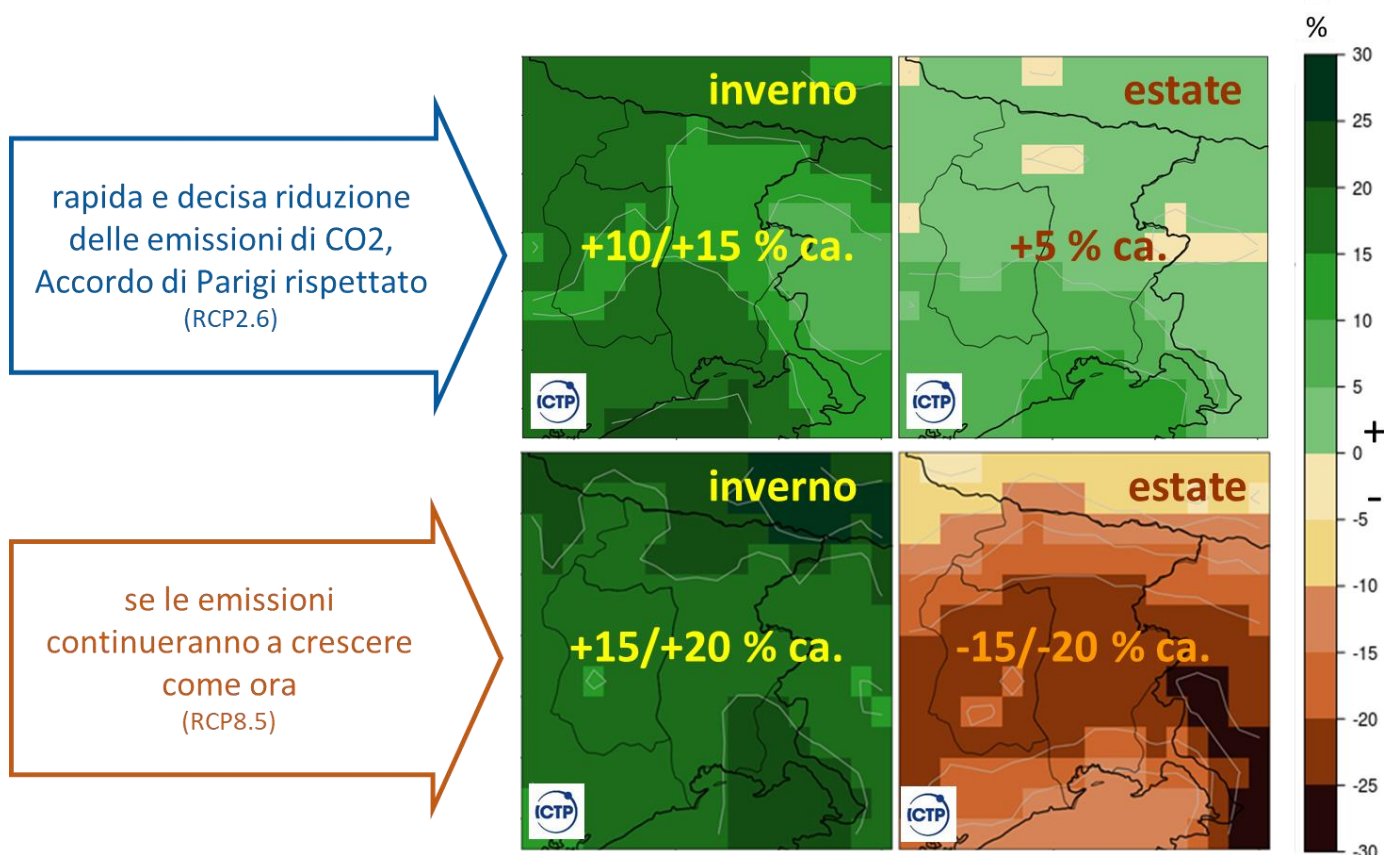
L'andamento futuro delle precipitazioni è più complesso da delineare, data la marcata variabilità di questi fenomeni sia nel tempo che nello spazio.

In entrambi gli scenari emissivi – “Accordo di Parigi” ed emissioni crescenti - si prefigura per la fine del secolo un aumento delle precipitazioni nel periodo invernale, più accentuato nello sce-

nario a emissioni crescenti, con un possibile incremento anche degli eventi di precipitazione intensa.

La differenza tra i due scenari emissivi è invece molto rilevante per quanto riguarda **le precipitazioni estive**, che **diminuiranno del 15-20%** in una vasta parte della regione **se le emissioni di gas climalteranti continueranno a crescere**.

### Variazione delle precipitazioni in FVG a fine secolo in due diversi scenari



Anomalia delle precipitazioni invernali ed estive in Friuli Venezia secondo le proiezioni al 2071-2100 rispetto al trentennio di riferimento 1976-2005 per gli scenari RCP2.6 (Accordo di Parigi rispettato) e RCP8.5 (se continuerà l'attuale tendenza all'aumento delle emissioni,). Fonte: ICTP, Earth System Physics in Studio conoscitivo dei cambiamenti climatici e di alcuni loro impatti in FVG (ARPA FVG, 2018)





## I PROSSIMI PASSI PER MIGLIORARE LE PROIEZIONI CLIMATICHE PER IL FRIULI VENEZIA GIULIA

Per quanto riguarda i dati futuri per gli scenari RCP2.6, 4.5 e 8.5, è in corso una collaborazione tra ARPA FVG e ARPA Veneto grazie a cui, per diverse variabili e indicatori climatici, è stato eseguito un downscaling statistico ed è stata pubblicata la **Piattaforma Proiezioni Climatiche per il Nord-Est** (<https://clima.arpa.veneto.it/>) in cui sono disponibili e scaricabili i dati corretti per Veneto e Friuli Venezia Giulia. Il database dei modelli RCM potrà poi essere aggiornato con i modelli RCM di ultima generazione e con nuove variabili e indicatori, accompagnando gli sviluppi del settore e le esigenze del territorio.

### DOWNSCALING

Il downscaling è un procedimento che consente di aumentare la risoluzione spaziale dei modelli e di rappresentare meglio i fenomeni a scala regionale e locale. Il downscaling dei modelli climatici è quindi un tentativo di colmare il divario tra gli effetti a scala più ampia e quelli locali, stratificando i dati a livello locale su modelli climatici che lavorano su macro-regioni a scala continentale (RCM -Regional Climate Models), in modo da migliorarne la risposta.

### RIASSUMENDO

Le condizioni climatiche future del Friuli Venezia Giulia, come quelle globali, saranno la conseguenza delle scelte che facciamo oggi:

- se ridurremo rapidamente e drasticamente le emissioni climalteranti, le temperature saliranno ancora un po', ma resteranno entro limiti a cui potremo adattarci;
- se invece le emissioni continueranno ad aumentare, ci aspetta un futuro climatico difficilmente sostenibile, con estati caldissime e siccitose.

In pratica, la nostra regione si “sposterà” climaticamente più a sud: di quanto, dipende da noi.

### “Spostamento” climatico delle nostre città verso sud



Cambiamento della temperatura media annua di Udine a partire dal trentennio di riferimento 1961-1990, rappresentato come «spostamento» della città verso sud, calcolato confrontando le proiezioni climatiche per Udine al 2070-2100 (ICTP per ARPA FVG, 2018) e la media climatica 1961-1990 di altre località italiane

Naturalmente, l'entità dei cambiamenti del clima nel nostro territorio determinerà l'entità dei conseguenti impatti sui sistemi naturali e sui diversi settori socioeconomici regionali, come le risorse idriche, i servizi ecosistemici, l'agricoltura, la salute, il turismo e così via.

Riportando lo sguardo al presente, vediamo che molti effetti dei cambiamenti climatici si stanno già manifestando, come ci illustrano diversi articoli in questo numero di “Segnali dal Clima”.

**Federica Flapp, Valentina Gallina**  
ARPA FVG

## “PREVEDERE” IL CLIMA: I MODELLI CLIMATICI, LE PROIEZIONI E GLI SCENARI

I modelli climatici sono degli strumenti informatici che descrivono matematicamente il comportamento dell'atmosfera e degli oceani del nostro pianeta, a scala globale o “regionale” (in questo contesto, il termine si riferisce a macro-regioni quali l'intera Europa).

Grazie alle moderne capacità di calcolo, questi modelli permettono di riprodurre l'evoluzione del sistema climatico sia per il futuro che per il passato (infatti i modelli possono “lavorare all'indietro”). Per verificare la bontà dei modelli climatici si confronta l'andamento passato che essi simulano con le osservazioni effettuate nella realtà.

Nonostante le leggi della natura descritte dai modelli climatici siano le stesse di quelli meteorologici (utilizzati per le “previsioni del tempo”), gli obiettivi dei due strumenti sono diversi, così come l'orizzonte temporale nel quale vengono applicati. Quindi da un modello climatico ci si attende che descriva gli andamenti di temperatura, precipitazioni ecc. nel tempo, spingendosi avanti anche per diversi decenni, senza però la pretesa di riprodurre singoli eventi o condizioni meteorologiche in determinati momenti del futuro (es. non possiamo aspettarci che un modello climatico ci dica “che tempo farà” il 23 aprile 2056). Si parla quindi non di previsioni, ma di “proiezioni” climatiche, che ci danno i valori più probabili di determinate variabili (es. la temperatura atmosferica), in determinati periodi di tempo (es. 2071-2100), con una certa “forchetta” tra i valori possibili dovuta all'incertezza insita in tutte gli strumenti previsionali di questo tipo.



Infine, è importante tener presente che le proiezioni climatiche variano a seconda dei possibili scenari futuri di sviluppo demografico, sociale ed economico: infatti questi ultimi condizioneranno l'entità delle emissioni di gas climalteranti, che sono la causa principale del riscaldamento globale a cui già stiamo assistendo.

L'IPCC, massima autorità mondiale in materia, combina gli scenari socio-economici (Percorsi Socioeconomici Condivisi o SSP) con le traiettorie di concentrazione di gas serra (RCP – Representative Concentration Pathways).

In diversi articoli di *Segnali dal Clima in FVG* le proiezioni fanno riferimento ad alcuni scenari RCP, da quello in cui si ipotizza una rapida e drastica riduzione delle emissioni climalteranti (RCP2.6) a quello in cui le emissioni continuano a crescere come tuttora sta accadendo (RCP8.5).

**Federica Flapp, Dario Gialotti, Sara Menon,**  
**Alessandro Minigher, Alex Pividori - ARPA FVG**

# DAI NUOVI MODELLI CLIMATICI UN'INFORMAZIONE SEMPRE PIÙ DETTAGLIATA SUL CLIMA FUTURO

Uno degli strumenti principali di cui la comunità scientifica oggi dispone per la produzione di informazione climatica ad alto dettaglio spaziale è l'uso dei **modelli climatici a scala regionale** (nell'accezione internazionale di questo termine, che si riferisce a macro-regioni a scala continentale). I primi modelli climatici regionali sono stati sviluppati negli anni '80, quando questi modelli avevano una risoluzione spaziale di circa 50 km. Nel corso delle ultime decadi, l'aumento della potenza di calcolo disponibile ha fatto sì che si potessero raggiungere risoluzioni prima di circa 10 km e, durante gli ultimi anni, addirittura di 1-2 km. Questi modelli possono quindi fornire informazioni anche a scale tipiche di città o bacini idrografici di piccole dimensioni, e questo ha di molto aumentato **l'utilità dell'informazione climatica necessaria per studi di impatti e adattamento al cambiamento climatico**.

Diversi programmi Europei sono basati sull'uso di molteplici modelli regionali per lo studio dei cambiamenti climatici e di questi due sono di particolare interesse.

Il primo si chiama EURO-CORDEX, ed ha prodotto il più esteso dataset (insieme di dati organizzati) di proiezioni climatiche per il continente europeo, con una risoluzione spaziale di circa 10 km, tutt'ora disponibile a livello internazionale. Il dataset prodotto da EURO-CORDEX ha fornito le basi per innumerevoli studi di impatti e per i piani di adattamento di molti paesi europei.

L'ultima generazione di modelli regionali si è evoluta nei cosiddetti modelli "Convection Permitting", o CP, che consentono di raggiungere scale spaziali di 1-2 km, scale alle quali diversi importanti processi meteorologici, come la pioggia associata a sistemi convettivi intensi, possono essere descritti in maniera molto dettagliata. In particolare, il progetto CORDEX-FPS-Convection ha messo insieme un elevato numero di laboratori internazionali per produrre un dataset di proiezioni climatiche per il XXI secolo sull'area Alpina e le regioni circostanti. Questo ha fatto sì, tra le altre cose, che per la regione Friuli Venezia Giulia sia **oggi disponibile una nuova generazione di scenari climatici di qualità e risoluzione senza precedenti**. Questa è una risorsa di enorme valore per capire gli effetti dei cambiamenti climatici sulle attività del territorio regionale e pianificare adeguate misure di adattamento.

I modelli regionali di tipo CP sono ormai diventati lo **strumento di punta per fornire informazione sugli effetti regionali e locali del riscaldamento globale** e i prossimi anni vedranno un uso sempre crescente di questi modelli per fornire un'informazione sempre più dettagliata che possa supportare la pianificazione di efficaci politiche di risposta ai cambiamenti climatici.

*Filippo Giorgi*

**ICTP - Centro Internazionale di Fisica Teorica**



Tutti i “Segnali dal clima in FVG”:

<https://www.arpa.fvg.it/temi/temi/meteo-e-clima/sezioni-principali/clima-e-cambiamenti-climatici/segnali-dal-clima-in-fvg>