

IL METEO E IL CLIMA

SEGNALI DAL CLIMA IN FVG 2024

IL METEO E IL CLIMA

DATI METEO DEL 2023:

IL TERZO ANNO PIÙ CALDO IN FVG, CON PIOGGE NELLA MEDIA	13
DAL LOCALE AL GLOBALE: ANOMALIE CLIMATICHE ED EVENTI ESTREMI NEL 2023 NEL MONDO	19
L'INCREMENTO DELLA TEMPERATURA MEDIA ANNUA IN FRIULI VENEZIA GIULIA: DAL MARE ALLA LIBERA ATMOSFERA	21
EVENTI ESTREMI: ALCUNI SEGNALI DI CAMBIAMENTO IN FRIULI VENEZIA GIULIA	25
PIATTAFORMA PROIEZIONI CLIMATICHE PER IL NORD-EST: UNO STRUMENTO PER CONOSCERE E PROGETTARE IL FUTURO DEL FVG	29
I PROCESSI DI "FEEDBACK" CHE AMPLIFICANO IL RISCALDAMENTO GLOBALE	39

“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:
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://climatevisual.org>

<https://unsplash.com/it>

<https://www.pexels.com/it-it/>

<https://www.flickr.com>

La foto in copertina è di Giuseppe Visalli

ARPA FVG

Via Cairoli, 14 - 33057 Palmanova (UD)

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

www.arpa.fvg.it

<https://x.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 illustra diversi aspetti dei cambiamenti climatici partendo dal racconto di eventi e situazioni che hanno riguardato di recente il Friuli Venezia Giulia e attingendo alle attività e ricerche svolte dagli enti del Gruppo Clima FVG. Cerca però anche di collegare la dimensione locale con quella globale, attraverso alcuni articoli che ci consentono di allargare lo sguardo a ciò che accade su scala più ampia.

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 2023 è stato il terzo anno più caldo mai registrato in Friuli Venezia Giulia: atmosfera e mare hanno raggiunto temperature per molti mesi superiori alla media ed eventi estremi di notevole intensità hanno colpito diverse aree della regione. Da qui comincia quest'anno il racconto dei segnali di cambiamento climatico che rileviamo nel nostro territorio e che si traducono in effetti diversificati sui diversi sistemi naturali

e settori produttivi, chiamandoci ad “agire per il clima”. Esperti dei diversi campi – climatologi, geologi, oceanografi, biologi, agronomi, economisti, ingegneri, architetti, professionisti dell'ambiente, della pubblica amministrazione e della salute – ci accompagnano in un percorso di conoscenza che parte dalle nostre montagne e si snoda seguendo idealmente il fluire delle acque attraverso la pianura, per arrivare alla laguna e al mare. Tornando sulla terraferma esploriamo gli effetti dei cambiamenti climatici su piante e animali, sia negli ecosistemi allo stato naturale che nel settore agricolo, scoprendo quali ricerche gli enti del *GdL Clima FVG* svolgono per analizzare i fenomeni e individuare soluzioni innovative per fronteggiarli. Nella nuova sezione “NOI E IL CLIMA”, guardiamo agli effetti che i cambiamenti climatici hanno anche sulla nostra sfera personale, dal punto di vista fisico, etico e psicologico. Concludiamo anche questa edizione con alcuni esempi di azioni intraprese dagli enti pubblici per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici in FVG.

Alcuni temi attraversano diverse sezioni e collegano più articoli, come quello dei servizi ecosistemici. Emerge con forza anche l'importanza della partecipazione, della formazione e della condivisione di esperienze per far fronte alle sfide del clima che cambia con nuove forme di sviluppo, sia in montagna, che in agricoltura che nella pianificazione regionale.

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 e 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 TECNICO-SCIENTIFICO 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 Clima FVG favorisce poi il **trasferimento delle conoscenze** scientifiche ai tecnici che le applicheranno 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.

GLI ENTI E LE PERSONE



ARPA FVG – Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente



CNR - Istituto di Scienze Marine di Trieste



CNR - Istituto di Scienze Polari



ICTP - International Centre for Theoretical Physics di Trieste



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



Regione autonoma Friuli Venezia Giulia



Università degli Studi di Trieste



Università degli Studi di Udine



Fulvio Stel (coordinatore) e Federica Flapp



Fabio Raicich



Renato Colucci



Filippo Giorgi



Cosimo Solidoro



Silvia Stefanelli



Giovanni Bacaro



Alessandro Peressotti

IL METEO E IL CLIMA

estratto da

SEGNALI DAL CLIMA FVG

CAMBIAMENTI
IMPATTI
AZIONI

notizie dal

GRUPPO DI LAVORO TECNICO SCIENTIFICO CLIMA FVG

luglio 2024

IL METEO E IL CLIMA

Temperatura atmosferica, precipitazioni, eventi estremi

Meteo e clima sono due termini ben distinti, ma collegati. Affrontiamo questo tema partendo dal racconto delle condizioni atmosferiche che hanno caratterizzato il 2023 in FVG (meteo), per confrontarle con la norma (clima) e allargando anche lo sguardo alle tendenze nel lungo periodo (cambiamenti climatici).

Due approfondimenti fanno più specificamente il punto sugli eventi estremi e sull'andamento trentennale delle temperature in diverse aree del FVG.

Ciò che accade nella nostra regione si inquadra anche in una prospettiva geograficamente più ampia, che ci viene offerta dagli articoli sugli eventi estremi del 2023 nel mondo e sui processi di *feedback* che amplificano il riscaldamento globale.

Lo sguardo si allunga poi sul futuro, con un articolo sulla Piattaforma delle proiezioni climatiche per il nord-est, che propone un primo "tutorial" per diversi utenti e finalità.

DATI METEO DEL 2023: IL TERZO ANNO PIÙ CALDO IN FVG, CON PIOGGE NELLA MEDIA

Il 2023 è stato un anno caratterizzato da temperature dell'aria e del mare decisamente più alte rispetto alla norma, “segnali” di un cambiamento climatico in atto anche in Friuli Venezia Giulia. Le piogge totali sono state, complessivamente, in linea con la media climatica. Digni di nota alcuni eventi estremi che hanno colpito pesantemente diverse aree della regione: grandinate, temporali forti, piogge intense, eventi di acqua alta e mareggiate che ricorderemo a lungo.

Foto: Giuseppe Visalli

Quali “segnali dal clima” possiamo cogliere guardando ai dati meteo registrati in Friuli Venezia Giulia nel 2023?

Pur ricordandoci di tener sempre presente la distinzione tra meteo e clima, gli andamenti della temperatura dell'aria e del mare dell'anno scorso confermano ancora una volta le tendenze già evidenziate negli ultimi decenni: un progressivo riscaldamento del clima anche nella nostra regione.

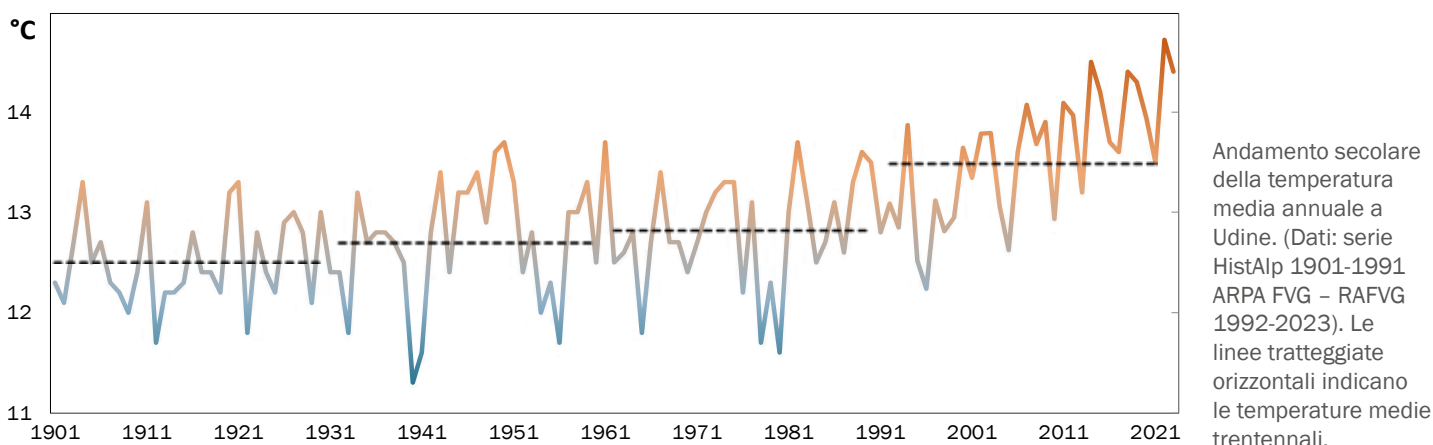
METEO, CLIMA E CAMBIAMENTI CLIMATICI

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 2023



IL TERZO ANNO PIÙ CALDO

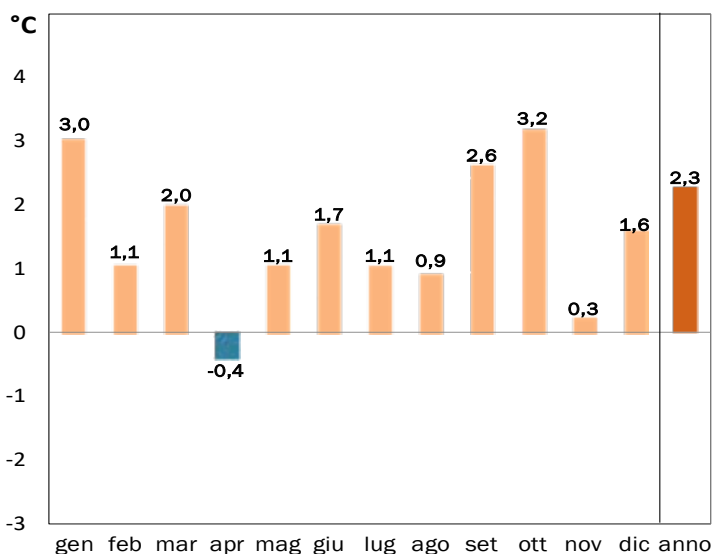
La temperatura media annuale del 2023 in Friuli Venezia Giulia è risultata **più alta di quasi 1 °C** rispetto al trentennio climatico di riferimento **1991 - 2020**. L'incremento è ancora più accentuato se consideriamo l'andamento termico secolare registrato a Udine: l'analisi dei dati dal 1901 mostra come il 2023 è stato **il terzo anno più caldo**, superato solo dal 2022 e dal 2014, con un incremento rispetto alla media del secolo scorso di **+1,7 °C**, segno del cambiamento climatico in atto anche nella nostra regione.

Nonostante le temperature medie annuali nelle diverse località della regione siano state elevate, **la sensazione** di gran parte della popolazione è **che il 2023 non sia stato un anno estremamente caldo**; ciò è probabilmente legato al fatto che nei mesi centrali dell'estate le temperature si sono mantenute sui valori medi climatici.

Analizzando nello specifico i **dati termici medi mensili** di quest'anno e confrontandoli con le medie del periodo 1901-2022, si può notare come in pianura la temperatura mensile sia risultata quasi sempre superiore, con pochi mesi sotto o attorno alla media ultracentenaria (aprile e novembre).

Particolarmente rilevanti sono risultate le temperature medie di gennaio, marzo, settembre e ottobre con anomalie positive da 2,0 a 3,2 °C. La maggior parte dei mesi ha avuto anomalie positive da 1 a 2 °C. Solo aprile è risultato più fresco di 0,4 °C, mentre novembre ha fatto registrare un'anomalia positiva di soli 0,3 °C.

ANOMALIA TERMICA MENSILE - 2023



Anomalia delle temperature medie mensili del 2023 a Udine rispetto al periodo 1901-2022 (serie HistAlp 1901-1991 ARPA FVG-RAFVG 1992-2023).



Foto: ARPA FVG

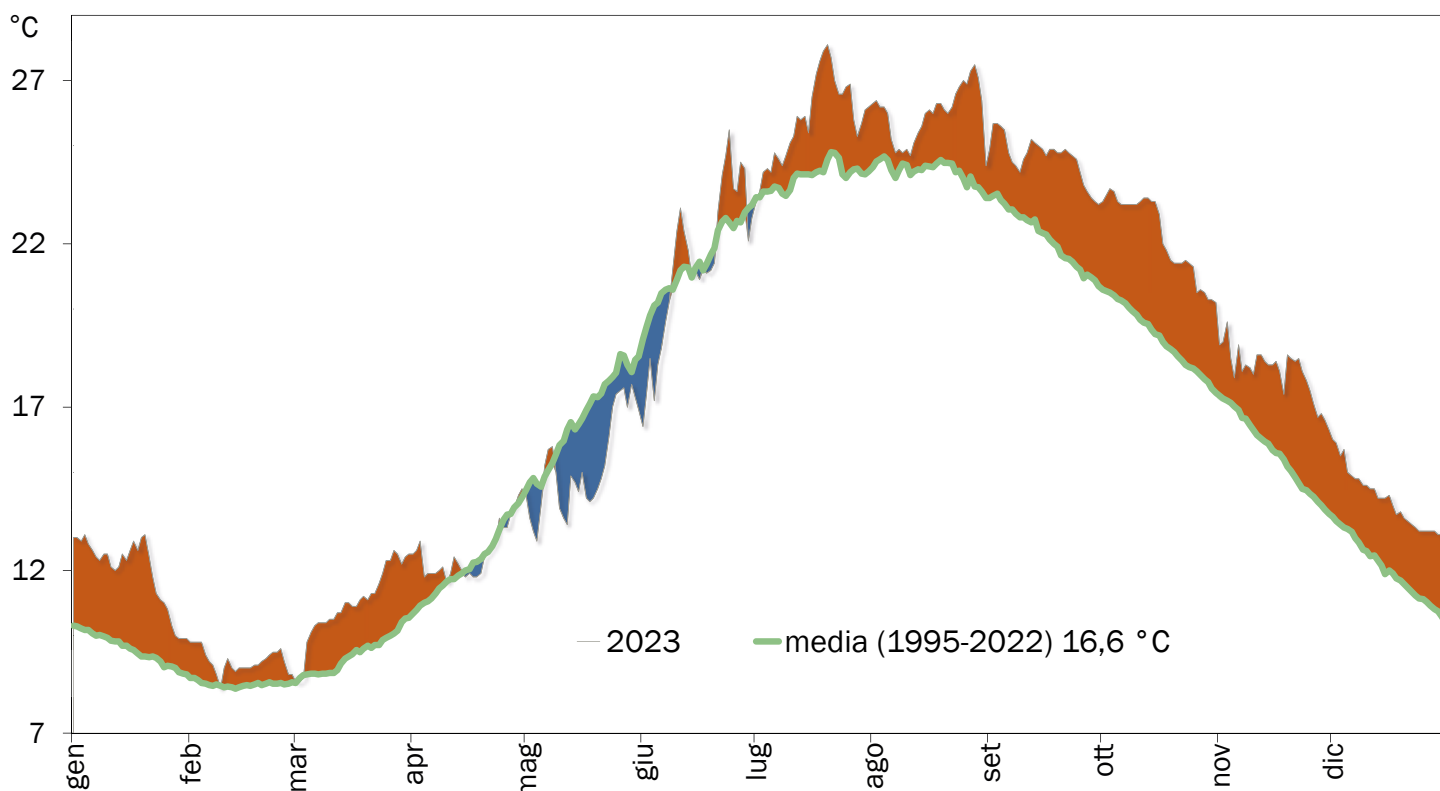
UN MARE PIÙ CALDO DELLA NORMA PER GRAN PARTE DELL'ANNO

Anche la temperatura media del mare a 2 metri di profondità è stata **di circa 1,3 °C più alta** rispetto alla media del periodo di confronto 1995-2022.

Le **anomalie positive più importanti** si sono registrate a **gennaio** e per tutto il periodo **da settembre a fine anno**.

È da sottolineare che da quando si misura la temperatura del mare a Trieste (a partire dal 1900), dopo l'8 ottobre non erano mai state registrate temperature superiori ai 23 °C, come invece è successo nel 2023.

TEMPERATURA MEDIA GIORNALIERA DEL MARE A TRIESTE - 2023



Andamento della temperatura media giornaliera del mare a 2 m di profondità a Trieste nel 2023 e confronto con la media 1995-2022 (Dati: ARPA FVG - RAFVG 1995-2023).



Foto: Alessandro Gimona

Acqua alta a Grado del 27 ottobre 2023.

PIOGGE NELLA MEDIA, MA CON ALCUNI EVENTI ESTREMI

Dopo un 2022 estremamente siccitoso, nel **2023** le **precipitazioni totali** sono risultate complessivamente **nella norma** variando dai 800-1100 mm della costa, ai 1200-1600 mm della pianura, superando i 3600 mm sulle Prealpi Giulie, per poi scendere sotto i 2000 mm nelle zone alpine più interne.

Si sono discostate dalla media le pluviometrie di alcuni mesi: ha piovuto molto meno della norma a febbraio e molto di più a luglio e ottobre.

Ma al di là dei cumulati di pioggia mensili e dell'intero anno, tra i fenomeni legati alle precipitazioni sono degni di nota alcuni eventi estremi verificatisi nel 2023, che hanno determinato forti impatti in diverse aree del Friuli Venezia Giulia.

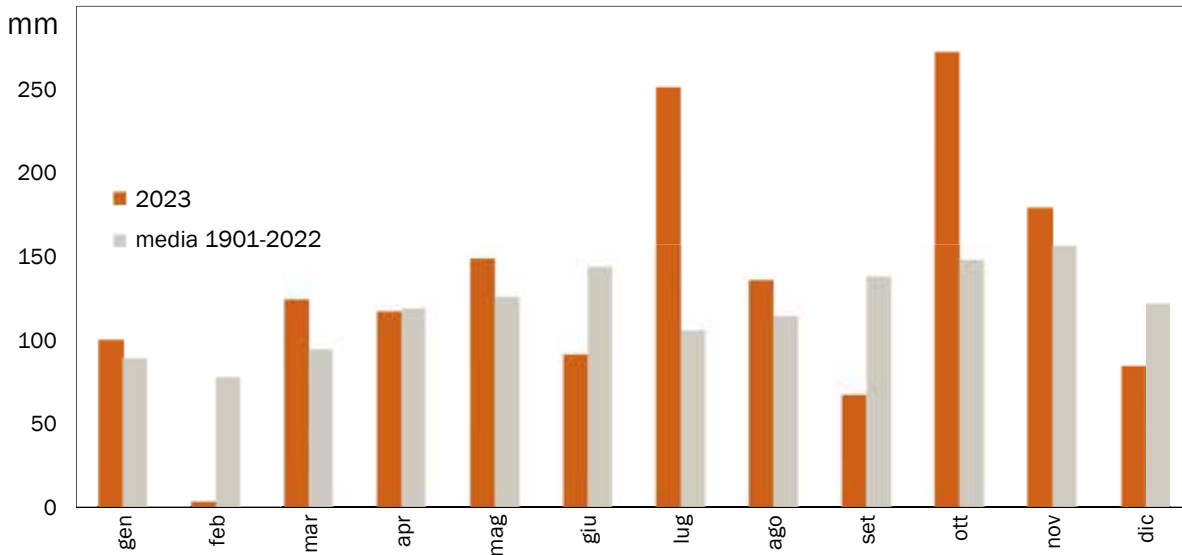
Passeranno sicuramente alla storia le **due eccezionali grandinate** che nella notte tra il **24 e il 25 luglio** del 2023 hanno attraversato la pianura regionale. I danni causati dagli enormi chicchi di grandine, che hanno raggiunto un diametro massimo fino a 20 cm, sono stati ingenti, specie sulla media pianura friulana, con tetti frantumati, cappotti delle case trivellati, veicoli distrutti, persone ferite ed evacuate dalle proprie abitazioni, danni alle colture e alberi abbattuti. Decisamente l'episodio di grandine più intenso verificatosi in regione almeno dagli anni '90.

A **luglio** si sono registrati anche altri **forti temporali**, in particolare in precedenza il giorno 13, quando venti forti, con raffiche oltre i 120 km/h, hanno attraversato la bassa pianura friulana.

Oltre ai temporali estivi **anche l'autunno** ha riservato eventi meteorologici molto intensi. Ricordiamo le **forti piogge** che **dal 19 ottobre per venti giorni** hanno interessato ripetutamente tutta la regione facendo totalizzare, specie nella zona prealpina, cumulati davvero notevoli. Dal 19 ottobre al 7 novembre a Ucea di Resia si sono registrati 1318 mm, quasi la metà della pioggia media annuale che si misura abitualmente nella località. Ulteriori informazioni, descrizioni e analisi dei fenomeni e degli andamenti meteo-climatici del 2023 in Friuli Venezia Giulia sono riportate nel "METEO FVG REPORT - RIEPILOGO ANNO 2023": https://www.meteo.fvg.it/pubblicazioni/meteo-fvg//2023/meteo.fvg_2023-riepilogo_it.pdf

Andrea Cicogna
Valentina Gallina
Federica Flapp
ARPA FVG

PIOVOSITÀ MENSILE A UDINE



Precipitazioni mensili nel 2023 e confronto con la media del periodo 1901-2022 a Udine (Dati: serie HistAlp 1901-1991 ARPA FVG – RAFVG 1992-2023).



1) Danni causati dalle grandinate del 24 e 25 luglio a Mortegliano;
 2) e 3) Danni della mareggiata di inizio novembre 2023 sul lungomare di Barcola (Trieste).

2023: ALCUNI EVENTI METEO DA RICORDARE

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

13 LUGLIO

un forte temporale ha attraversato tutta la bassa pianura friulana causando raffiche di vento molto forti con raffiche oltre i 120 km/h.

24 E 25 LUGLIO

grandinate da record hanno attraversato la pianura regionale. I danni causati dagli enormi chicchi di grandine, che hanno raggiunto un diametro massimo fino a 20 cm, sono stati ingenti, specie sulla media pianura friulana, con tetti frantumati, cappotti delle case trivellati, veicoli distrutti, persone ferite ed evacuate dalle proprie abitazioni, danni alle colture e alberi abbattuti. Decisamente l'episodio di grandine più intenso verificatosi in regione almeno dagli anni '90.

19 OTTOBRE

forti piogge per venti giorni hanno interessato ripetutamente tutta la regione facendo totalizzare, specie nella zona prealpina, cumuli davvero notevoli. Dal 19 ottobre al 7 novembre a Ucea di Resia si sono registrati 1318 mm, quasi la metà della pioggia media annuale che si misura abitualmente nella località.

27 OTTOBRE

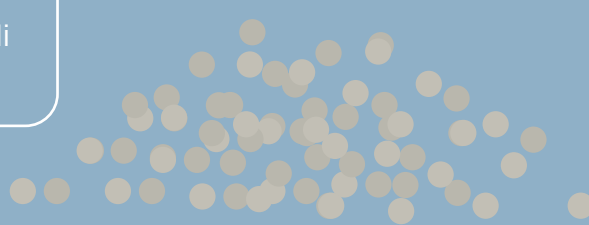
nell'isola di Grado è stato registrato un livello di acqua alta eccezionale di 167 cm sopra il livello medio mare.

2 E 3 NOVEMBRE

ancora piogge accompagnate da una forte libeccata con venti intorno ai 100 km/h che ha provocato danni ingenti lungo tutta la costa della nostra regione.

5 NOVEMBRE

di nuovo l'isola di Grado viene interessata da un livello di acqua alta eccezionale di 170 cm sopra il livello medio mare.



DAL LOCALE AL GLOBALE: ANOMALIE CLIMATICHE ED EVENTI ESTREMI NEL 2023 NEL MONDO

Foto: Wikimages da Pixabay

Il 2023 è stato un anno eccezionale dal punto di vista climatico. È stato l'anno più caldo a livello globale nel record storico, con una anomalia termica superiore di 0.15-0.17 °C rispetto al record precedente del 2016.

TEMPERATURE DA RECORD

Le temperature globali sono state di 1.46-1.48 °C più alte di quelle pre-industriali (media sul periodo 1850-1900), essendo quindi **molto vicine alla prima soglia di pericolo** identificata nell'accordo di Parigi di 1.5 °C di riscaldamento globale rispetto ai valori pre-industriali. Questo a causa dell'insorgere del fenomeno di El Niño, in cui gran parte dell'Oceano Pacifico raggiunge temperature relativamente alte, che ha amplificato il riscaldamento dovuto ai gas serra di origine antropica.

Tutti i mesi da giugno a dicembre 2023 sono stati i più caldi dei corrispondenti mesi precedenti nel record storico, in particolare luglio e agosto 2023 a livello globale sono stati i mesi più caldi mai registrati in tutto il record storico.

Queste temperature globali eccezionalmente alte hanno portato a numeri **record di giorni estremamente caldi** e ondate di calore. Per esempio:



IN TAILANDIA

ad aprile si sono registrati fino a 45.4 °C e in Vietnam il 6 maggio 44.1 °C

IN CINA

si è avuta la più alta temperatura mai registrata, 52.2 °C, in alcune cittadine dello Xinjiang, e a Pechino ci sono stati 27 giorni consecutivi con temperature al di sopra di 35 °C

IN CILE

le temperature eccezionalmente alte hanno causato incendi molto estesi, con decine di morti e 270.000 ettari di foreste bruciate

IN EUROPA E STATI UNITI

sono state raggiunte temperature record, per esempio 47 °C in Sardegna

GHIACCI POLARI RIDOTTI AL MINIMO

Anche i ghiacci polari sono stati influenzati da queste temperature record. L'estensione del ghiaccio Antartico ha raggiunto un record minimo per almeno 8 mesi dell'anno, con un minimo storico nel febbraio 2023, mentre l'estensione del ghiaccio Artico è stata la quarta più bassa del record storico in marzo e la sesta più bassa in settembre.

EVENTI IDROCLIMATICI ESTREMI

Dal punto di vista idroclimatico ci sono stati eventi particolarmente estremi. Basta ricordare l'alluvione dell'Emilia Romagna, che ha causato enormi danni e diverse vittime. In Libia, la tempesta Daniel ha causato l'inondazione della città di Derna, con migliaia di morti e la distruzione di interi quartieri. Il ciclone tropicale Freddy ha colpito un'area comprendente Madagascar, Malawi, Mozambico, Zimbabwe e Sud-Africa causando migliaia di vittime e più di 500.000 sfollati, mentre il tifone Categoria 5 Mocha ha colpito Myanmar con venti oltre i 250 km orari e numerose vittime.

LE CAUSE E LE PROSPETTIVE

Tutti questi eventi continuano un trend che va avanti ormai da decenni dovuto per la maggior parte all'aumento delle concentrazioni di gas serra da attività umane, in particolare l'uso di combustibili fossili. Infatti le concentrazioni di gas serra sono continuate a salire anche nel 2023.

Purtroppo, il 2024 potrebbe seguire le orme del 2023, se non essere anche più estremo, dato che il fenomeno di El Niño è ancora in atto, anche se in fase calante, e, come nel 2023, sta intensificando il riscaldamento globale di origine antropica. I mesi da gennaio ad aprile 2024, infatti, sono già stati i più caldi del record storico, e il mese di febbraio ha stabilito un record anche per il Friuli Venezia Giulia.

Filippo Giorgi

ICTP - Centro Internazionale di Fisica Teorica



L'INCREMENTO DELLA TEMPERATURA MEDIA ANNUA IN FRIULI VENEZIA GIULIA: DAL MARE ALLA LIBERA ATMOSFERA

L'esame di lunghe serie di dati, raccolti in diversi siti, ci racconta del riscaldamento termico nella nostra regione, situata tra due "hot spot" climatici: il Mediterraneo e le Alpi. I dati confermano che l'aumento delle temperature in FVG è più accentuato rispetto a quello globale, con andamenti simili tra la temperatura del mare, quella dell'aria vicina al suolo in diverse località e quella della libera atmosfera.

La letteratura scientifica internazionale evidenzia come il bacino del Mediterraneo rappresenti una delle zone dove il riscaldamento climatico risulta più accentuato e questo si registra anche nelle stazioni di quota delle Alpi. Queste due aree sono quindi considerate degli "hot spot" (punti caldi) per i cambiamenti climatici. Il Friuli Venezia Giulia, che si trova tra il mare e l'arco alpino, risente di questo aumento più evidente delle temperature. Conferma di tale andamento può essere trovata nelle serie di temperatura raccolte in siti diversi della regione.

È interessante esaminare la temperatura dell'aria delle stazioni a terra, ma anche la temperatura del mare e quella nella libera atmosfera. In questo breve lavoro abbiamo esaminato dati raccolti in cinque siti sul territorio regionale.

Foto: Alberto Villani



Stazioni di rilevamento temperatura ARPA FVG: 1) Trieste; 2) Udine; 3) Enemonzo; 4) Monte Zoncolan e 5) radiosonda.

IL MARE

Per il mare abbiamo esaminato i dati raccolti nel porto di **Trieste**, dove esistono delle misurazioni della temperatura del mare a 2 metri di profondità fin dall'inizio del secolo scorso. In un recente lavoro a cura del CNR-ISMAR, sede di Trieste, queste serie sono state rese omogenee e analizzate (si può vedere l'andamento dell'intera serie storica nell'articolo di Fabio Raicich [TEMPERATURA MEDIA DEL MARE: NEL 2023 LA PIÙ ALTA DELL'INTERA SERIE TEMPORALE](#), pag 117).

LA PIANURA

Per la pianura, a **Udine**, esiste una lunga serie di misure dell'aria iniziata da Girolamo Venerio, continuata da Arturo Malignani e integrata con i dati raccolti dal Servizio Idrografico del Ministero LL.PP. e poi della rete meteorologica regionale. Tale lunga serie è stata verificata dagli enti che via via sono subentrati nella raccolta dati e all'interno di progetti internazionali (per esempio progetto HISTAlp).

L'AREA MONTANA

A **Enemonzo**, nella valle del Tagliamento, a una quota di 438 metri è stata installata una stazione termometrica nel 1994 e, poco lontano, sul **monte Zoncolan** a 1750 metri di quota, le misure sono iniziate dal 1993. In entrambi i siti le misure proseguono ininterrottamente fino a oggi.

LA LIBERA ATMOSFERA

Un'ultima serie di dati termici è quella che deriva dalle misurazioni eseguite due volte al giorno con i **radiosondaggi di Udine effettuati dall'Aeronautica Militare Italiana**, dalla base di Campofornido fino al 17 gennaio 2016 e poi dalla base di Rivolto. La radiosonda sale in cielo grazie a un grande pallone riempito di elio e durante la salita misura pressione, umidità, vento e temperatura. Al salire della quota la pressione cala e quando questa arriva intorno agli 850 hPa si può ritenere che l'influenza del terreno sull'atmosfera sia molto limitata: siamo arrivati nella libera atmosfera. Qui l'escursione termica tra giorno e notte è ridotta. L'altezza da terra a cui si raggiungono gli 850 hPa è variabile in funzione delle condizioni atmosferiche ma si attesta mediamente **intorno ai 1300-1500 m** ed è proprio a questa quota isobarica che è stata esaminata la serie termica.

DAL 1901 A OGGI: IL CONFRONTO TRA LA TEMPERATURA DELL'ARIA A UDINE E DEL MARE A TRIESTE

Le temperature medie annuali del mare a Trieste e dell'aria a Udine negli ultimi decenni risultano mediamente più calde che in passato.

Infatti a **Udine** la temperatura media in tutto il periodo considerato (1901-2023) si attesta intorno ai 12.9 °C. Nel primo trentennio del secolo scorso la temperatura media era di 12.5 °C, 4 decimi più bassa della media dell'intero periodo, invece, nell'ultimo trentennio (1994-2023) la media si è attestata sui 13.9 °C, circa 1 °C in più rispetto alla media 1901-2023.

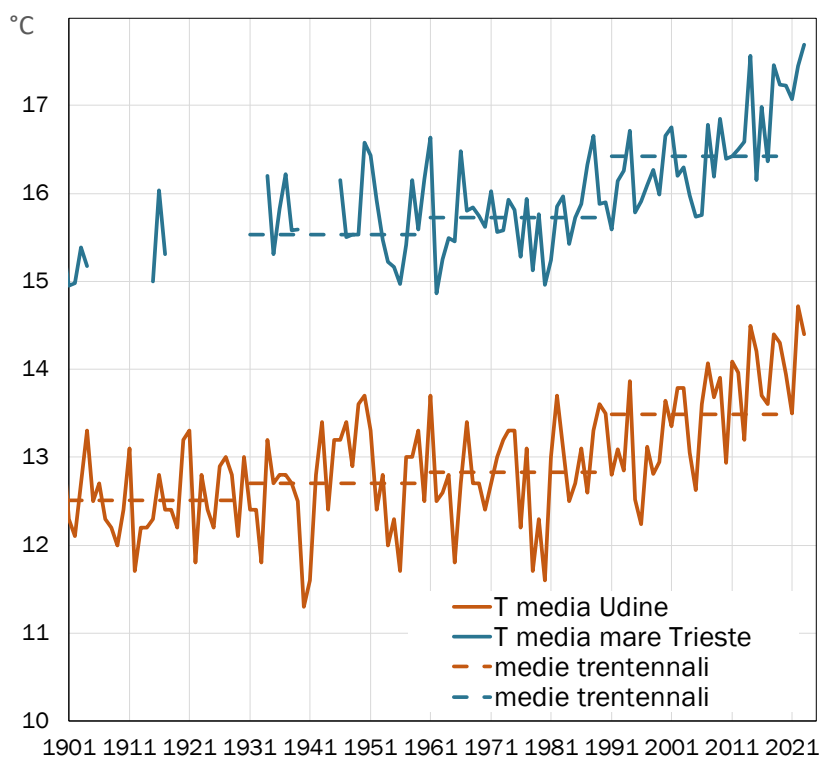
Si può inoltre osservare come la differenza tra le medie 1961-1990 e 1991-2020 sia di circa 0.7 °C a indicare la **forte accelerazione del fenomeno nell'ultimo trentennio**. A livello mondiale la differenza tra i due medesimi trentenni si attesta intorno 0.5 °C.

Seppure la serie di temperature del mare a Trieste non sia completa, l'andamento che si nota è molto simile.

Per confrontare meglio le due località possiamo passare dalla temperatura media annuale all'anomalia annuale. Per anomalia annuale si intende la differenza tra temperatura annuale e la media pluriennale di un periodo di riferimento abbastanza lungo, in questo caso il 1961-1990.

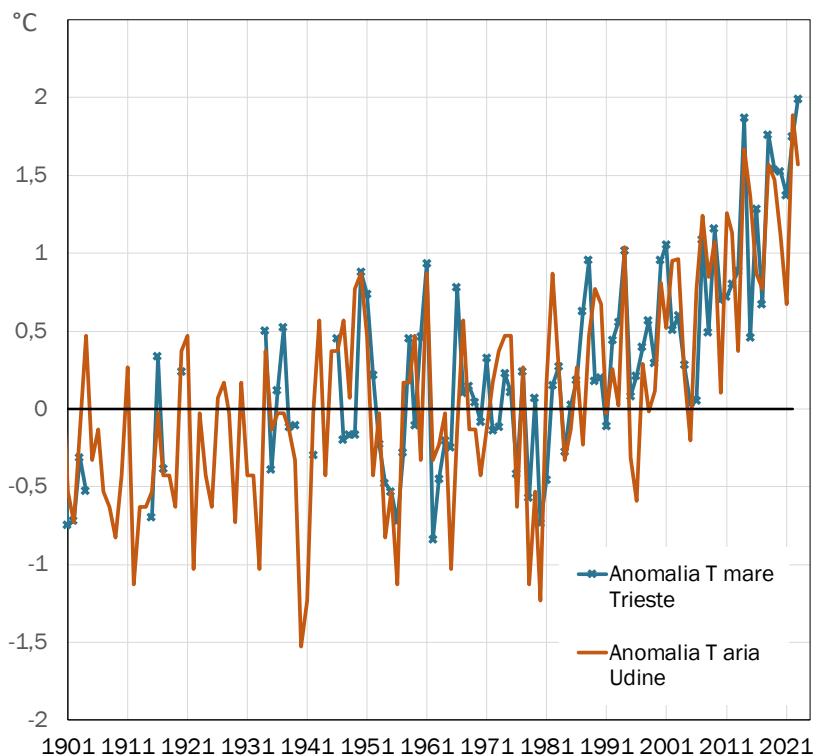
La sovrapposizione delle due serie così trasformate ci mostra come l'andamento di entrambe sia molto simile: dall'inizio del secolo scorso fino agli anni '80-'90 vi è un incremento piuttosto contenuto e che si confonde nella variabilità interannuale. Dal 2000 si assiste a un incremento molto più deciso della temperatura.

TEMPERATURE MEDIE ANNUE DEL MARE A TRIESTE E DELL'ARIA A UDINE



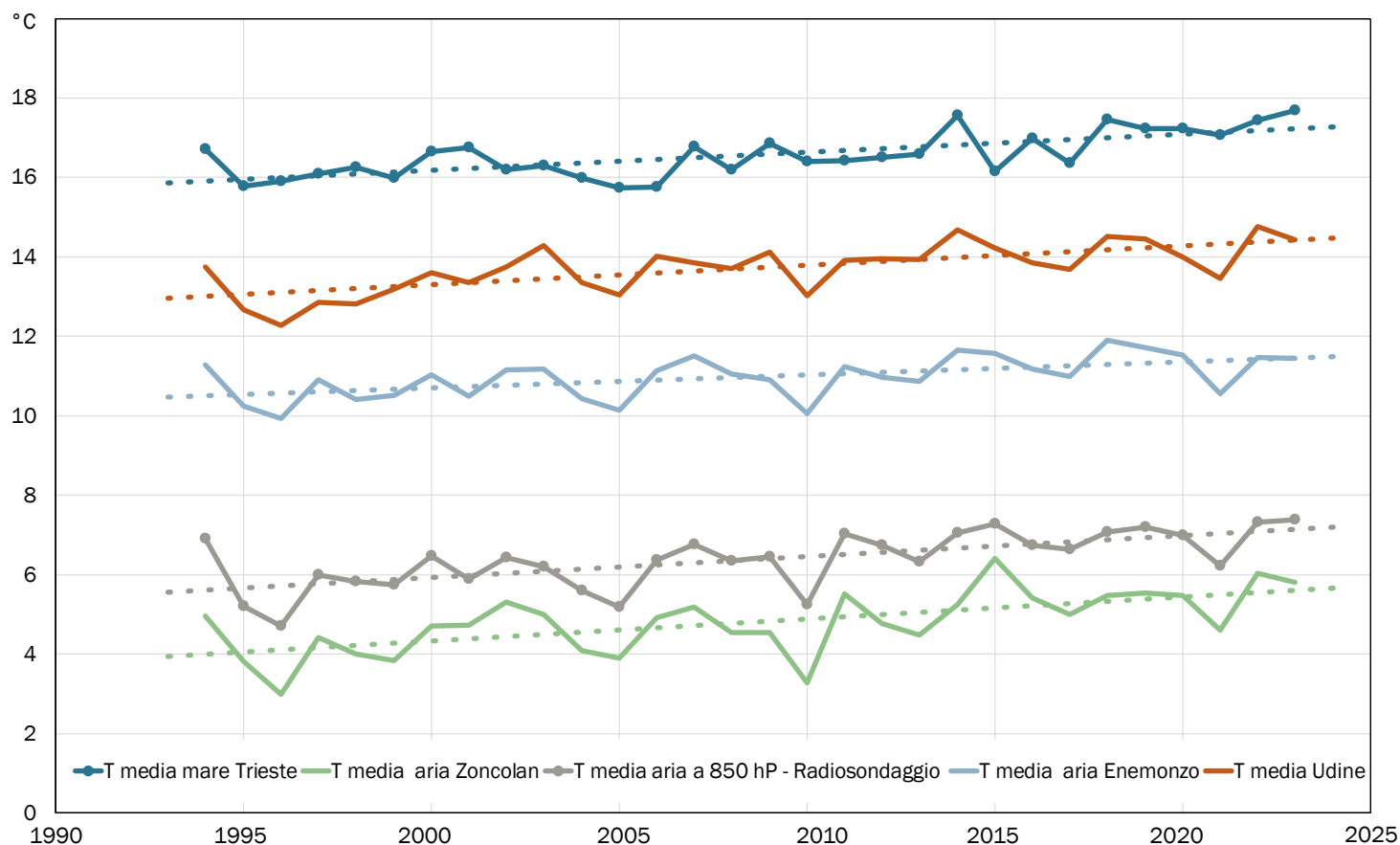
Andamento delle temperature medie annuali del mare a Trieste e dell'aria a Udine, dal 1901 al 2023 (Dati: per Udine serieHistAlp 1901-1991 ARPA FVG-RAFG 1992-2023; per il mare a Trieste serie CNR - ISMAR 1900-2015 ARPA FVG-RAFG 2016-2023).

ANOMALIA DELLE TEMPERATURE MEDIE ANNUE DEL MARE A TRIESTE E DELL'ARIA A UDINE RISPETTO AL 1961-1990



Andamento dell'anomalia delle temperature medie annuali del mare a Trieste e dell'aria a Udine, dal 1901 al 2023 rispetto alla media del periodo 1961-1990 (Dati: per Udine serieHistAlp 1901-1991 ARPA FVG-RAFG 1992-2023; per il mare a Trieste serie CNR - ISMAR 1900-2015 ARPA FVG-RAFG 2016-2023).

1994-2023 ANDAMENTO TEMPERATURE MEDIE ANNUE



Andamento delle temperature medie annue dal 1994 al 2023 nei cinque siti di misura. Le linee spezzate riproducono l'andamento termico annuale nelle diverse località. Le linee rette puntinate indicano i rispettivi trend.

DAL 1994 A OGGI: SALIAMO IN MONTAGNA E A BORDO DELLA RADIOSONDA

Considerando gli ultimi 30 anni (1994-2023) è possibile aggiungere al confronto anche le temperature medie annue misurate in valle a Enemonzo, sulla vetta del monte Zoncolan e nella libera atmosfera alla quota isobarica di 850 hPa (circa 1500 m di altitudine).

Le temperature negli anni diventano via via più alte: questi andamenti sono ben interpolati da linee di trend crescenti che risultano statisticamente significativi.

I tassi di incremento medi annui, individuati dai trend, variano da 0.033 °C (per Enemonzo, località di fondovalle) a 0.056 °C (per la vetta del Monte Zoncolan). Questi tassi, estesi sui trent'anni, danno degli aumenti medi che variano da 1 °C a 1.7 °C. La variabilità di questi incrementi è dovuta alle caratteristiche dei diversi siti, ma in quota l'aumento appare maggiore e ciò risulta in linea con quanto osservato in altre indagini.

CONCLUDENDO

L'analisi delle serie termiche più lunghe di Udine e Trieste ci racconta di un **incremento importante delle temperature** che diventa più accentuato negli ultimi 30-40 anni.

L'analisi più precisa dei trend negli ultimi 30 anni ci restituisce, in tutti i cinque siti, elevati tassi di incremento della temperatura.

Questi tassi sono in linea con i valori individuati in diverse zone del Mediterraneo e dell'arco alpino.

La **nostra regione** si conferma come zona dove **il riscaldamento climatico risulta più accentuato**.

EVENTI ESTREMI: ALCUNI SEGNALI DI CAMBIAMENTO IN FRIULI VENEZIA GIULIA

L'aumento degli eventi estremi è uno degli effetti più evidenti dei cambiamenti climatici a livello planetario, ma esiste una grande variabilità territoriale nell'incremento di tali fenomeni. Studi condotti da ARPA FVG confermano che durante l'estate in Friuli Venezia Giulia, a fronte di condizioni di instabilità atmosferica sempre più spiccate, non si evidenziano per ora incrementi significativi delle piogge estreme. Si registra invece un aumento delle dimensioni medie dei chicchi di grandine.

Foto: Giuseppe Visalli

Ciò che resterà più impresso della cronaca meteorologica del 2023 in Friuli Venezia Giulia sono le grandinate del 24 e 25 luglio che hanno portato sulla regione chicchi di grandine di eccezionali dimensioni. Tra gli importanti danni si annoverano tetti frantumati, cappotti delle case trivellati, veicoli distrutti, persone ferite ed evacuate dalle proprie abitazioni, ingenti danni alle colture e alberi abbattuti.

Secondo le stime trasmesse dalla Regione Friuli Venezia Giulia al Dipartimento di Protezione Civile i danni dovuti al maltempo registrati tra il 12 luglio e il 25 agosto ammontano a 940 milioni di euro pari al 2.4% del PIL Regionale.

Nel 2023, accanto ai danni dei temporali di luglio, ricordiamo anche le piogge estremamente intense che hanno colpito Trieste il 28 agosto (115 mm in tre ore a Sgonico) e i forti venti di libeccio con raffiche che hanno superato i 100 km/h e le conseguenti mareggiate che a inizio novembre hanno provocato molti danni lungo la costa.

EVENTI ESTREMI: IN AUMENTO?

Quelli citati sono tutti eventi estremi cioè fenomeni meteorologici che, relativamente a un certo contesto geografico o stagionale, hanno un tempo di ritorno alto: prima che un evento dello stesso tipo riaccada nello stesso luogo possono intercorrere anche molte decine di anni.

Gli studi mettono in luce come l'aumento della frequenza e/o dell'intensità degli eventi estremi siano uno degli effetti più evidenti dei cambiamenti climatici a livello planetario. Nel contempo gli ultimi rapporti dell'IPCC evidenziano una grande variabilità territoriale di tali incrementi. Per esempio, proprio nell'area a noi più prossima non vi sono evidenze osservative dell'incremento delle piogge estreme, mentre dagli studi effettuati da ARPA FVG emerge che stanno aumentando le condizioni di instabilità atmosferica rilevate tramite i radiosondaggi e anche le dimensioni dei chicchi di grandine, rilevate tramite la rete di rilevamento regionale.

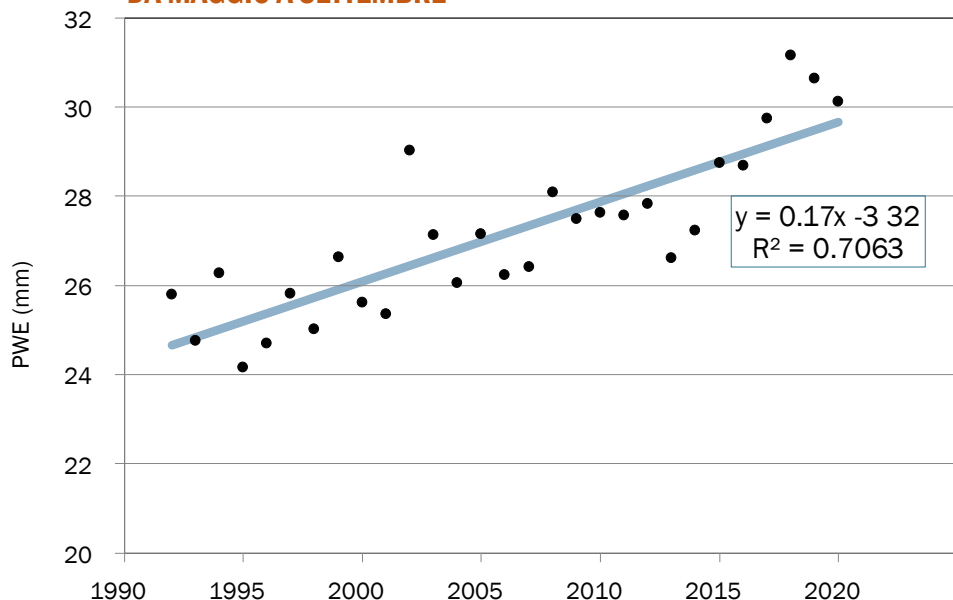
AUMENTA L'INSTABILITÀ ATMOSFERICA

In Friuli Venezia Giulia l'ARPA FVG ha analizzato gli andamenti nel tempo di alcuni parametri dedotti dal **radiosondaggio di Udine** dal 1992 al 2022, con il quale si rilevano le **condizioni dell'atmosfera** tramite i palloni-sonda lanciati quotidianamente dall'Aeronautica Militare.

Questi parametri descrivono alcune caratteristiche della troposfera, quali l'instabilità potenziale o il profilo verticale del contenuto d'acqua, cioè rappresentano le condizioni normalmente **associate al verificarsi di fenomeni meteorologici di forte intensità**. In molti studi vengono quindi utilizzati come proxy (ossia elementi correlati a determinati fenomeni) per temporali o piogge intense o per la grandine.

Queste informazioni sono state confrontate con i dati misurati tra aprile e settembre sul nostro territorio e che caratterizzano i temporali, come il numero di fulmini, la presenza grandine e la pioggia massima puntuale o media areale.

ANDAMENTO DELL'ACQUA PRECIPITABILE MEDIA DA MAGGIO A SETTEMBRE



Valor medio stagionale (da maggio a settembre) di tutti i valori di PWE (Precipitable water equivalent, acqua precipitabile) del radiosondaggio di Udine (0 e 12 UTC). La PWE rappresenta il contenuto di vapor acqueo in atmosfera e di solito viene associata alla capacità di creare pioggia.

COSA SI INTENDE PER “EVENTI ESTREMI”?

Gli eventi meteorologici si possono definire “estremi” in base a due criteri:

In base alla **RARITÀ**: gli eventi estremi sono fenomeni meteorologici che, relativamente a un certo contesto geografico o stagionale, hanno un tempo di ritorno alto: cioè prima che un evento dello stesso tipo riaccada (nello stesso luogo) possono intercorrere anche molte decine di anni.

In base agli **EFFETTI**: con evento meteorologico estremo si intende un fenomeno meteo particolarmente violento e intenso, in grado di determinare gravi danni sia all'ambiente dove si verifica sia alla popolazione.

È stato messo in luce come nel tempo vi sia stato un **aumento significativo degli indici di instabilità atmosferica e del vapor acqueo** contenuto nella troposfera (PWE), ma a questo incremento non corrisponde un aumento - statisticamente significativo - delle piogge intense o del numero di fulmini osservati tra aprile e settembre. Si osserva, invece, un aumento della grandezza dei chicchi di grandine (come vedremo nel prossimo paragrafo)

I dati elaborati fino a oggi per la nostra regione sembrano suggerire che, nonostante le condizioni associate allo sviluppo dei temporali siano più marcate, lo stesso non avvenga per l'innescò necessario a trasformare l'energia potenzialmente disponibile in atmosfera in un evento intenso.

Purtroppo tali studi non escludono che, con l'ulteriore incremento delle temperature, i fenomeni intensi, che per ora sembrano solo episodici, diventino significativamente più rilevanti anche sul nostro territorio.



Foto: Furio Pieri

Danni della grandinata eccezionale del 24 luglio 2023 su un edificio a Mortegliano.



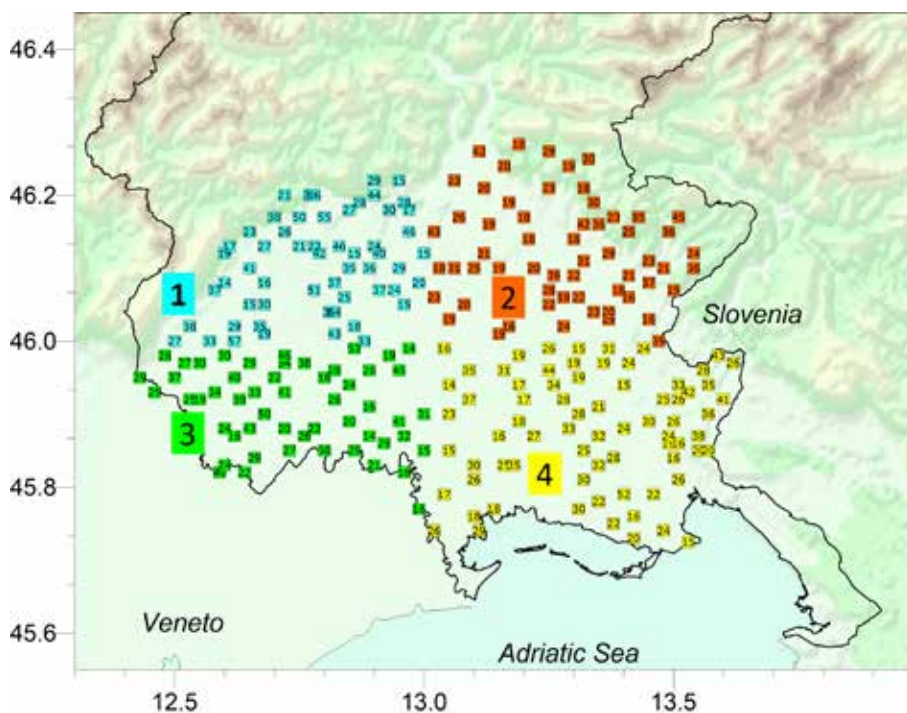
Foto: Federica Flapp

Chicchi di grandine (24 luglio 2023).

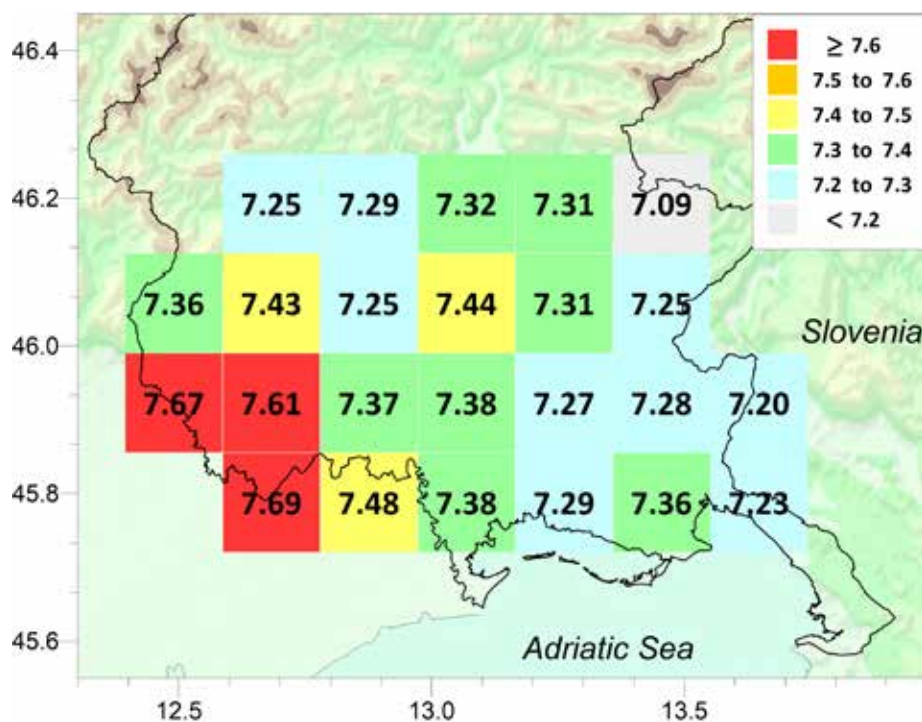
LO STUDIO DELLA GRANDINE IN FVG

Nel 1988 è iniziata un'attività di monitoraggio della grandine sulla pianura del Friuli Venezia Giulia che, se non proprio unica, ha pochi esempi simili nel mondo.

Il progetto derivava direttamente dagli accordi di Osimo del 1975 tra Italia e Jugoslavia ed è stato iniziato sotto la direzione scientifica del dott. Griffith Morgan. L'Ente Regionale per lo Sviluppo dell'Agricoltura (ERSA), attraverso il personale del Centro Servizi Agrometeorologici (CSA) - che oggi è confluito nell'osservatorio meteorologico regionale di ARPA FVG - da allora ha raccolto informazioni sulla grandine tramite una **rete di pannelli ("hailpads") distribuiti sulla pianura regionale**. Tra loro i pannelli hanno una distanza media di 3.5 km e sono gestiti da circa 360 **volontari** (la longevità e l'importanza di questa esperienza è sostanzialmente frutto della buona volontà e della costanza dei volontari, a cui ancora una volta ARPA FVG esprime il proprio ringraziamento).



Mappa dei punti di osservazione della grandine con il numero di pannelli colpiti e validati dal 1988 al 2016 e suddivisi in quattro macro-aree.



Media dei diametri mediani [mm] di tutti i chicchi per pannello per stazione (1988-2016).

Ogni volontario, in una zona ben esposta agli agenti atmosferici della sua proprietà, posiziona su un apposito supporto un *hailpad*, che consiste in un pannello di un polistirolo di densità nota e dipinto di vernice bianca.

L'impatto coi chicchi di grandine **crea un'impronta sul pannello**. Il compito del collaboratore è scrivere sul retro del pannello la data e l'ora della grandinata e quindi sostituirlo con uno nuovo. Questi pannelli vengono raccolti a fine campagna, inchiostrati e quindi scansionati con un apposito programma che interpola ogni colpo con un'elisse.

Lo **studio sistematico** dei pannelli colpiti dalla grandine e delle sue dimensioni permette di ricavare notevoli informazioni scientifiche su questo raro fenomeno, come la distribuzione dei diametri osservati e l'energia cinetica associata a ogni chicco. I dati raccolti nel corso degli anni e i conseguenti studi hanno portato alla pubblicazione di diversi articoli scientifici e divulgativi sulla materia, nonché del "Database aggregato di Grandine Giornaliera nella pianura del FVG 1988-2016" disponibile sul sito web tematico di ARPA FVG www.meteo.fvg.it. Da una recente analisi basata su questi dati, sembra che negli anni più recenti le grandinate producano **chicchi di dimensioni maggiori**.



PIATTAFORMA PROIEZIONI CLIMATICHE PER IL NORD-EST: UNO STRUMENTO PER CONOSCERE E PROGETTARE IL FUTURO DEL FVG

La Piattaforma delle Proiezioni Climatiche per il Nord-Est (PPCNE) è un nuovo strumento accessibile a tutti che permette di conoscere i possibili futuri climatici di ogni località del FVG. Può essere utilizzata da diverse tipologie di utenti e per varie finalità: per approfondire le conoscenze individuali, per sviluppare studi e ricerche, per supportare la pianificazione locale e regionale e la progettazione di interventi in un'ottica di adattamento ai cambiamenti climatici.

Per affrontare il cambiamento climatico in atto è necessario attuare in modo sinergico misure di mitigazione e misure di adattamento.

La **mitigazione** è necessaria per ridurre le emissioni di gas serra a livello globale, con politiche di sviluppo che devono coinvolgere l'intera umanità. Tuttavia è bene sottolineare che anche la consapevolezza e l'azione del singolo individuo possono contribuire concretamente ad avviarsi verso la strada della mitigazione.

Contemporaneamente alla mitigazione risulta essenziale definire e dotarsi di misure di **adattamento**, da attuarsi principalmente a livello locale e regionale, per far fronte agli effetti dei cambiamenti climatici che comunque si stanno già manifestando.

Conoscere i possibili futuri climatici a cui andiamo incontro è fondamentale per entrambe le azioni: la Piattaforma PPCNE risponde a questa esigenza a scala regionale e locale.

SCENARI CLIMATICI

Gli scenari climatici tengono conto di diversi possibili sviluppi demografici, sociali ed economici responsabili delle emissioni di gas climalteranti ossia i “gas serra” che sono la causa principale del riscaldamento globale.

Approcciarsi ai cambiamenti climatici richiede di considerare diversi futuri possibili:



INCLUDERE IL CLIMA FUTURO IN PIANI E PROGETTI

Un'efficace misura di adattamento è senz'altro quella di **includere il cambiamento climatico nella progettazione**, prevedendo come le opere di nuova ideazione possano far fronte agli impatti dei cambiamenti climatici o come poter ristrutturare le opere già esistenti alla luce di un nuovo clima.

Quindi accanto alle specificità progettuali di ogni opera che deve tener conto della destinazione

d'uso e delle peculiarità territoriali e ambientali in cui è inserita, anche il clima che cambia diventa un elemento da valutare. Bisogna considerare se l'opera sarà adatta alle condizioni climatiche future o anche se l'opera potrà eventualmente aggravare gli impatti dei cambiamenti climatici. Lo stesso principio vale anche per la **redazione di piani e programmi** con cui gli enti competenti orientano e disegnano il futuro del territorio e dei diversi settori economici, a scala regionale o locale.

LA PIATTAFORMA PPCNE

Uno strumento utile per la conoscenza dei cambiamenti climatici in FVG nel futuro è la [Piattaforma Proiezioni Climatiche per il Nord-Est](#) (PPCNE, clima.arpa.veneto.it), che fornisce proiezioni ad alta risoluzione per il nostro territorio.

La Piattaforma PPCNE è stata sviluppata nell'ambito di una collaborazione tra le [ARPA del Friuli Venezia Giulia e del Veneto](#) e propone proiezioni climatiche per il territorio del nord-est Italia. Vengono presentati undici **indicatori climatici**, calcolati per 3 possibili scenari climatici futuri.

Per i diversi scenari vengono presentate delle proiezioni che sono state rese **maggiormente aderenti alle peculiarità del nostro territorio** attraverso metodi di bias-correction che tengono conto dei dati effettivamente misurati delle reti meteorologiche regionali.

La Piattaforma PPCNE è uno strumento adatto per acquisire **maggior consapevolezza** sul cambiamento climatico in atto nella nostra regione; permette di reperire le informazioni utili per delineare un **quadro climatico futuro** a livello comunale (ma anche regionale o, al contrario, puntuale); fornisce le informazioni di base sui cambiamenti climatici in FVG **per elaborazioni più complesse** che possono aiutare a includere il clima futuro nella progettazione.

Un utilizzo immediato e molto utile della Piattaforma è quello di **comparare diversi futuri possibili** attraverso mappe o grafici puntuali: queste rappresentazioni grafiche consentono di visualizzare efficacemente come le scelte attuali possano influenzare il clima futuro.

Vediamo alcuni esempi di come la Piattaforma possa fornire informazioni interessanti per diversi utenti e finalità.


INDICATORI CLIMATICI [Piattaforma PPCNE](#)

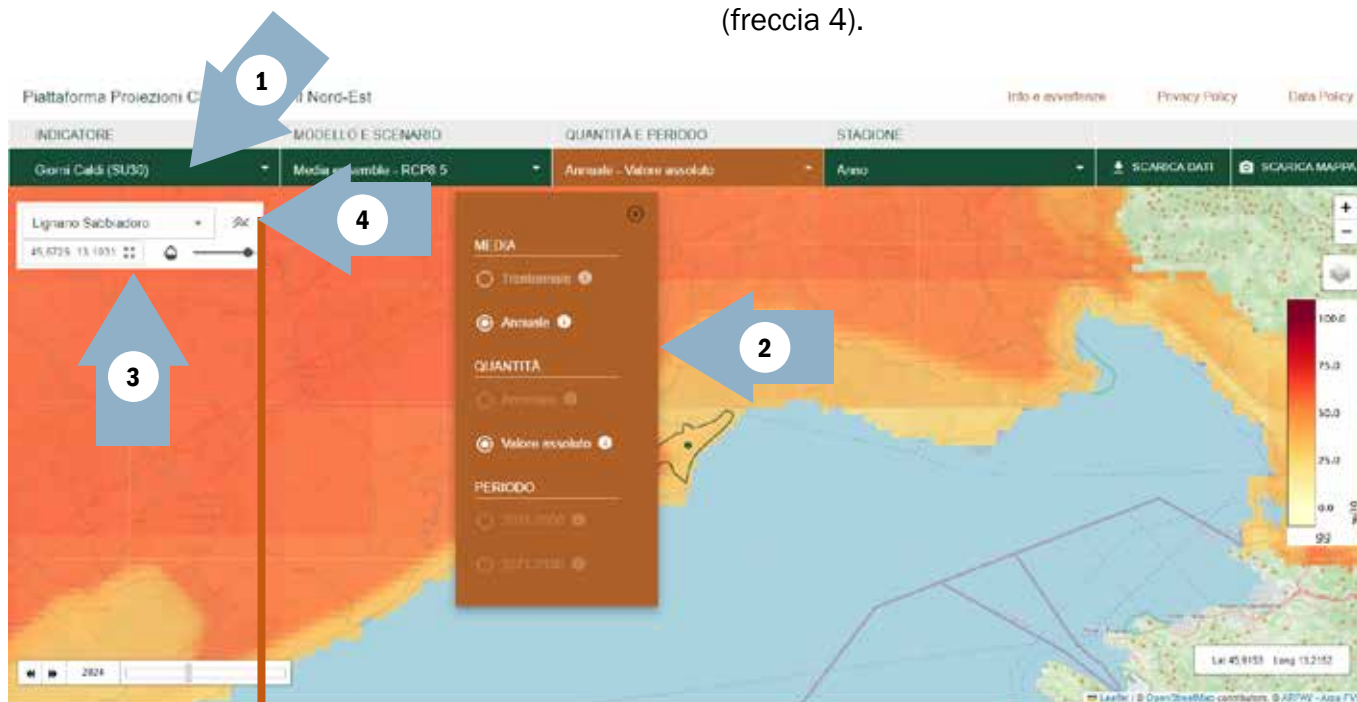
INDICATORE	DESCRIZIONE
Temperatura media (TAS)	Temperatura media giornaliera dell'aria vicino al suolo
Temperatura minima (TASMIN)	Temperatura minima giornaliera dell'aria vicino al suolo
Temperatura massima (TASMAX)	Temperatura massima giornaliera dell'aria vicino al suolo
Notti tropicali (TR)	Numero di notti con temperatura minima maggiore di 20 °C
Giorni caldi (SU30)	Numero di giorni con temperatura massima maggiore di 30 °C
Giorni di gelo (FD)	Numero di giorni con temperatura minima minore di 0 °C
Durata delle ondate di calore (HWDI)	Numero di giorni con temperatura massima maggiore di 5 °C rispetto alla media per almeno 5 giorni consecutivi
Precipitazione (PR)	Precipitazione giornaliera vicino al suolo
Precipitazione estrema (R95pTOT)	Precipitazione totale cumulata al di sopra del 95° percentile del periodo di riferimento
Giorni secchi (CDD)	Numero massimo di giorni consecutivi asciutti (precipitazione giornaliera inferiore a 1 mm)
Giorni con neve nuova (SNWDAYS)	Numero di giorni con temperatura media minore di 2 °C e precipitazione giornaliera maggiore di 1 mm


CITTADINI E TURISTI: I GIORNI CALDI LUNGO LA COSTA

Vediamo come potrebbe cambiare in futuro il numero di giorni caldi (giorni in cui la temperatura massima è superiore ai 30 °C e quindi si inizia a provare fastidio per il caldo) in una località di mare, prendendo come esempio il comune di Lignano Sabbiadoro.

In questo caso dopo aver selezionato l'indicatore "giorni caldi" (freccia 1) è necessario aprire il menù "QUANTITÀ E PERIODO", quindi selezionare nel sotto-menu "MEDIA" la voce "Annuale" e automaticamente verrà evidenziato nelle "QUANTITÀ" il "Valore assoluto" (freccia 2).

Una volta selezionato il comune di Lignano Sabbiadoro (freccia 3), al suo fianco apparirà l'icona  da cliccare per visualizzare il grafico (freccia 4).



**cliccando
l'icona 
nella schermata
precedente
si visualizza
il grafico**

Schermata della PPCNE con la selezione dell'indicatore "Giorni Caldi" (freccia 1, giorni con temperatura massima superiore ai 30 °C), nel menu "MEDIA" la selezione "Annuale" e automaticamente in "QUANTITÀ" il "Valore assoluto" (freccia 2). In questa elaborazione è stato selezionato il comune di Lignano Sabbiadoro (freccia 3); in mappa il punto identifica il centroide del comune (cioè il punto centrale dell'area comunale). Cliccando sull'icona a destra del comune (freccia 4) si può visualizzare il grafico con gli andamenti al 2100 dell'indicatore selezionato per i tre scenari presenti sulla Piattaforma.

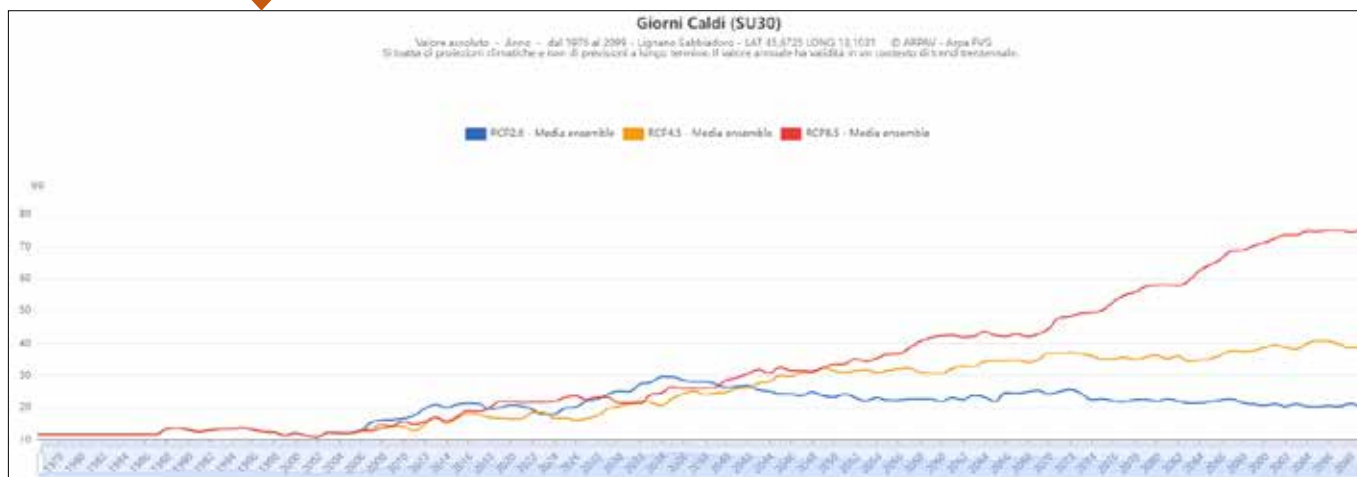


Grafico dell'andamento dal 1976 al 2100 del numero di Giorni Caldi (giorni con temperatura massima superiore ai 30 °C) per il centroide di Lignano Sabbiadoro nei tre diversi scenari: scenario a emissioni crescenti (RCP8.5, linea rossa), scenario intermedio (RCP4.5, linea arancione), scenario a emissioni fortemente ridotte (RCP2.6, linea blu). Il periodo 1976 - 2005 è il periodo storico di riferimento ed è rappresentato da un'unica linea.

Il grafico permette di comparare i diversi futuri possibili confrontandoli con il passato e il presente. La linea blu rappresenta lo scenario RCP2.6 che potremmo aspettarci se **rispettassimo l'Accordo di Parigi** e quindi se da subito decidessimo di ridurre le emissioni di gas climalteranti. Quello che si osserva è che **a fine secolo il numero di giorni caldi aumenterà di 10 giorni** rispetto al passato (periodo 1976-2005) ma **sarà molto simile a quello che viviamo attualmente**.

La linea rossa rappresenta lo scenario RCP8.5 che si potrebbe realizzare **se le emissioni di gas climalteranti continuassero ad aumentare**. In questo caso a fine secolo è evidente come **il numero di giorni caldi aumenterà** in modo considerevole: si passerà dai circa 10-20 giorni caldi attuali ai quasi 80 a fine secolo.

La linea arancione rappresenta lo scenario RCP4.5, uno scenario intermedio tra i due sopra citati.

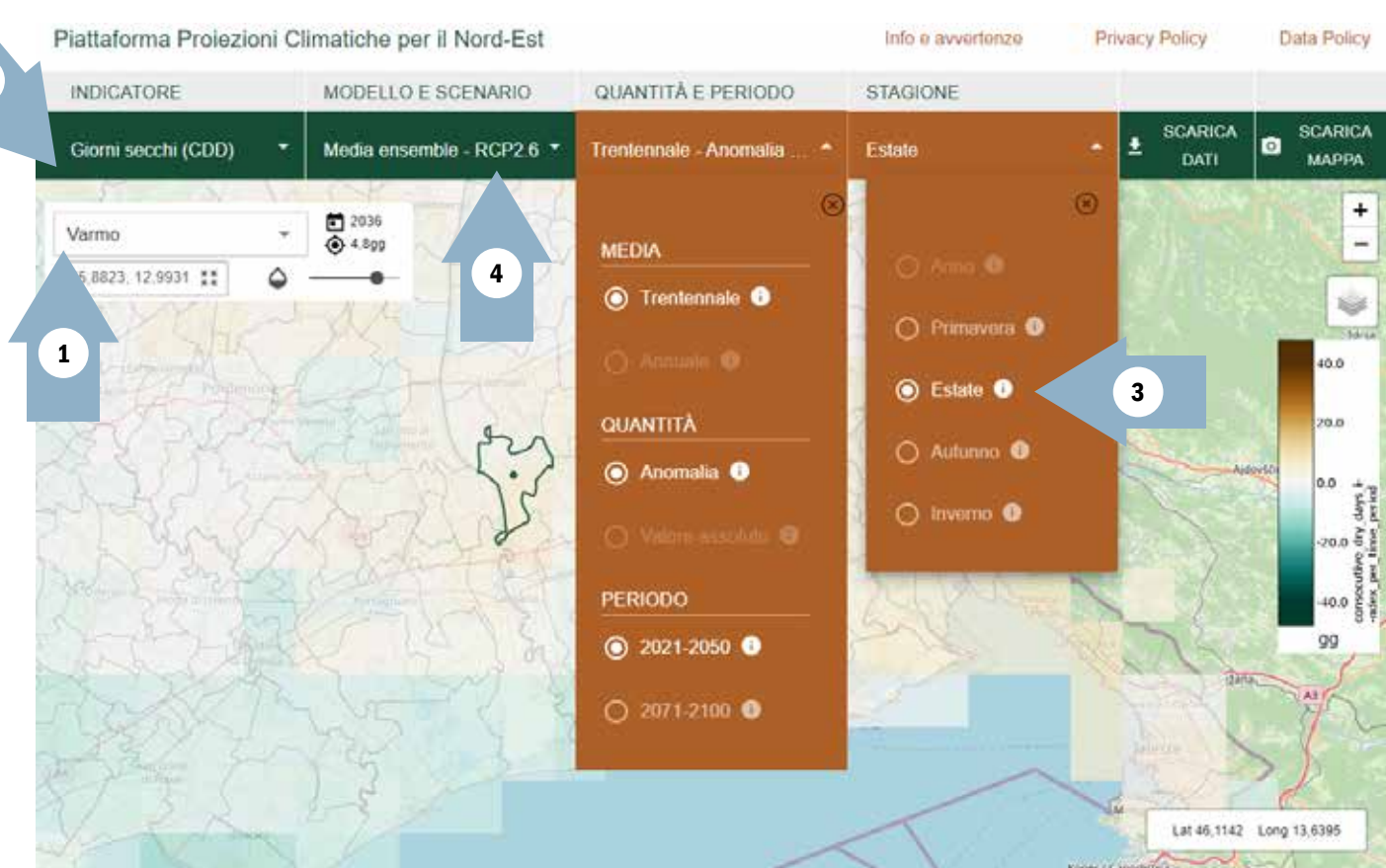
Quello che emerge osservando questo grafico è quanto sia importante ricorrere a delle azioni di mitigazione immediate in modo da limitare il più possibile delle modifiche del clima (in questo caso un aumento delle giornate calde) che potrebbero essere anche irreversibili.

AGRICOLTURA: GIORNI SECCHI

Un'altra utilità della Piattaforma riguarda l'utilizzo delle proiezioni climatiche ad alta risoluzione per il settore dell'agricoltura.

Prendiamo ad esempio il comune di Varmo (freccia 1) e vediamo come in estate potrebbe cambiare il **numero di Giorni Secchi** (giorni con precipitazioni inferiori a 1 mm, freccia 2) considerando **l'anomalia** rispetto al periodo di riferimento (1976-2005), cioè la differenza tra un periodo futuro considerato (2021-2050 o 2071-2100) e il periodo storico di riferimento.

Per fare ciò è possibile visualizzare l'indicatore direttamente sulla Piattaforma attraverso delle mappe, selezionando la stagione di interesse (in questo caso "estate", freccia 3). Tramite il menù "MODELLO E SCENARIO", nel sotto-menù "SCENARIO" possiamo **passare da uno scenario all'altro** e comparare, ad esempio, lo scenario a emissioni fortemente ridotte (RCP2.6) e lo scenario "business as usual" (RCP8.5) (freccia 4).



Schermata della PPCNE con la selezione del comune di Varmo (freccia 1), dell'indicatore "Giorni Secchi" (freccia 2, giorni con precipitazioni inferiori a 1 mm). La "MEDIA" selezionata è "Trentennale" e la "QUANTITÀ" è "Anomalia". In questa elaborazione è stata selezionata la "STAGIONE" "estate" (freccia 3). Su menu "MODELLO E SCENARIO" è possibile selezionare diversi scenari per compararli tra di loro.

Accanto al comune selezionato (Varmo, nel nostro esempio) la Piattaforma indica l'anomalia dei giorni secchi per il trentennio futuro selezionato rispetto al periodo di riferimento.

Questo confronto permette di visualizzare la differenza tra un futuro vicino (2021-2050) e uno lontano (2071-2100) e tra due scenari diversi.

In questo caso specifico si può osservare che d'estate per lo scenario a emissioni fortemente ridotte (RCP2.6) nel futuro vicino i giorni secchi aumenteranno di circa 5 giorni rispetto al periodo di

riferimento, mentre per il trentennio di fine secolo i giorni secchi saranno circa 1 in più.

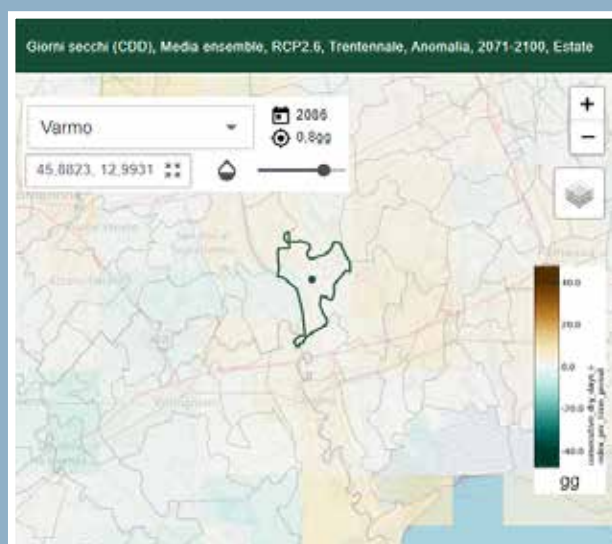
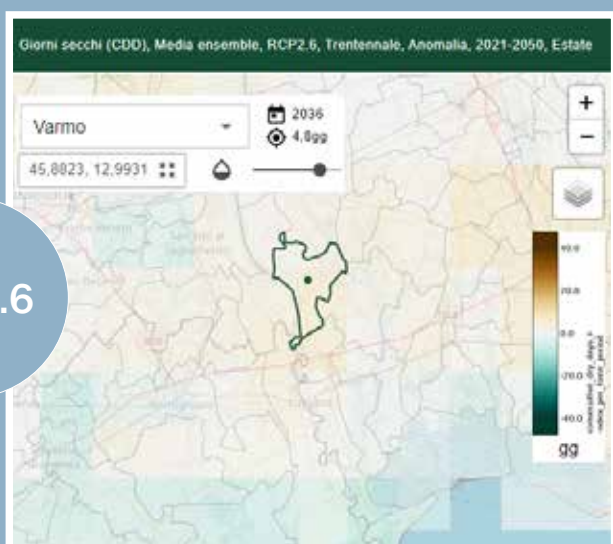
La differenza maggiore si osserva per lo scenario a emissioni crescenti (RCP8.5): si passerà da circa 1.5 giorni secchi in più nel futuro vicino a circa 11 giorni secchi in più per il futuro più lontano.

Queste mappe consentono in primo luogo di visualizzare le differenze che possono creare le nostre scelte emissive odierne nel futuro e possono essere utili per pianificare un'agricoltura resiliente ai cambiamenti climatici in Friuli Venezia Giulia.

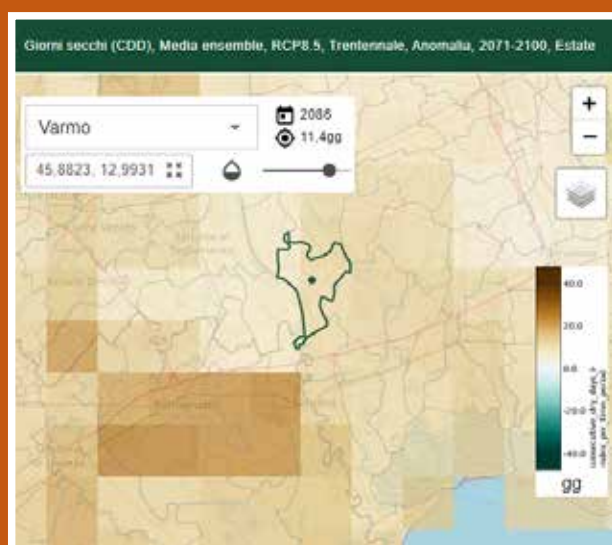
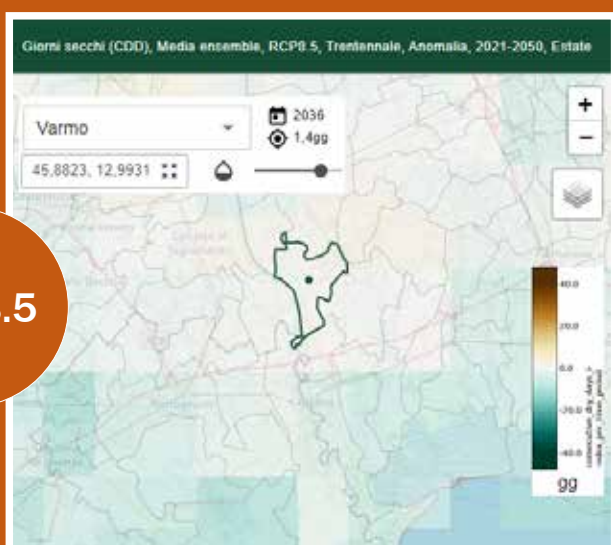
2021-2050 vs 1976-2005

2071-2100 vs 1976-2005

RCP2.6



RCP8.5



Mappe che rappresentano l'anomalia dei giorni secchi (giorni con precipitazioni inferiori a 1 mm) per lo scenario a emissioni fortemente ridotte (RCP2.6, riga sopra) e per emissioni crescenti (RCP8.5, riga sotto), per il futuro più vicino (colonna a sinistra) e per quello più lontano (colonna a destra). Nel box bianco accanto al comune di Varmo si può leggere, per il centroide (cioè il punto centrale dell'area comunale), quale sia l'anomalia. N.B. l'anno evidenziato nel box bianco è rappresentativo di tutto il trentennio futuro selezionato (2036 significa 2021-2050, 2086 significa 2071-2100).


TURISMO INVERNALE: GIORNI CON NEVE FRESCA

La Piattaforma fornisce anche informazioni utili per il settore del turismo invernale selezionando come indicatore “Giorni con neve nuova” (giorni con precipitazioni superiori a 1 mm e temperatura inferiore a 2 °C, freccia 1).

In questo caso, prendendo come esempio il comprensorio di Piancavallo, è possibile selezionare il punto preciso in cui è situato il comprensorio (freccia 2) cliccando direttamente sulla mappa. Infatti, se selezionassimo “Aviano” (in cui è compreso Piancavallo) dall’elenco dei comuni otterremmo il suo centroide e avremmo quindi un dato che

rappresenta una località della prima pedemontana e che non rispetta le caratteristiche montane del comprensorio.

Nel menù “QUANTITÀ E PERIODO”, selezioniamo nel sotto-menu “MEDIA” la voce “Annuale” e automaticamente verrà evidenziato nelle “QUANTITÀ” il “Valore assoluto” (freccia 3).

Una volta selezionato il punto di Piancavallo, nel box bianco apparirà il comune di appartenenza (Aviano): al suo fianco apparirà l'icona  da cliccare per visualizzare il grafico (freccia 4).



Schermata della PPCNE con la selezione dell’indicatore “Giorni con neve nuova” (freccia 1, giorni con precipitazioni superiori a 1 mm e temperatura inferiore a 2 °C), nel menu “MEDIA” la selezione “Annuale” e automaticamente in “QUANTITÀ” il “Valore assoluto” (freccia 3). In questa elaborazione è stato selezionato sulla mappa il punto del comprensorio sciistico di Piancavallo (freccia 2). Nel box bianco, cliccando sull’icona a destra del comune a cui appartiene il comprensorio di Piancavallo (freccia 4) si può visualizzare il grafico con gli andamenti al 2100 dell’indicatore selezionato per i tre scenari presenti sulla Piattaforma.

cliccando
l'icona 
nella schermata
precedente
si visualizza
il grafico

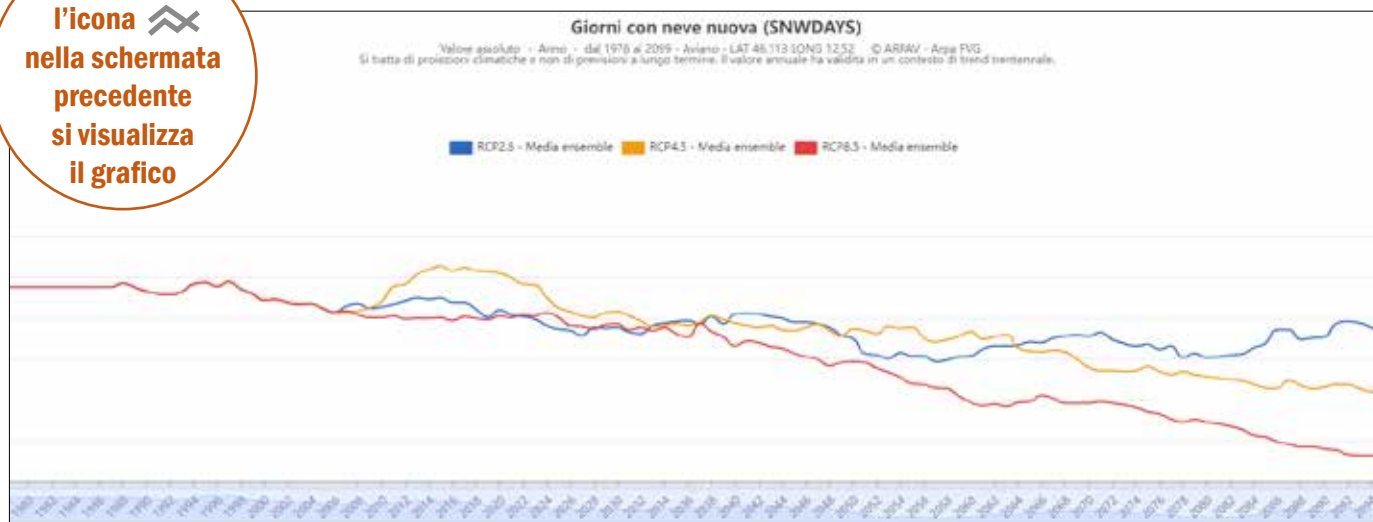


Grafico dell'andamento dal 1976 al 2100 del numero di Giorni con neve nuova (giorni con precipitazioni superiori a 1 mm e temperatura inferiore a 2 °C) per il comprensorio sciistico di Piancavallo (comune di Aviano) nei tre diversi scenari: scenario a emissioni crescenti (RCP8.5, linea rossa), scenario intermedio (RCP4.5, linea arancione), scenario a emissioni fortemente ridotte (RCP2.6, linea blu). Il periodo 1976 - 2005 è il periodo storico di riferimento ed è rappresentato da un'unica linea.

Il grafico fa emergere come la mitigazione spinta che si otterrebbe seguendo l'Accordo di Parigi (linea blu, scenario RCP2.6) permetterebbe di limitare in futuro la diminuzione di giorni con neve nuova rispetto a oggi. Invece lo scenario con emissioni crescenti (linea rossa, scenario RCP8.5) vedrebbe una diminuzione dei giorni con neve

nuova che a fine secolo sarebbero poco più di 5 in un intero anno. La linea arancione rappresenta lo scenario RCP4.5, uno scenario intermedio tra i due sopra citati.

Valentina Gallina
ARPA FVG



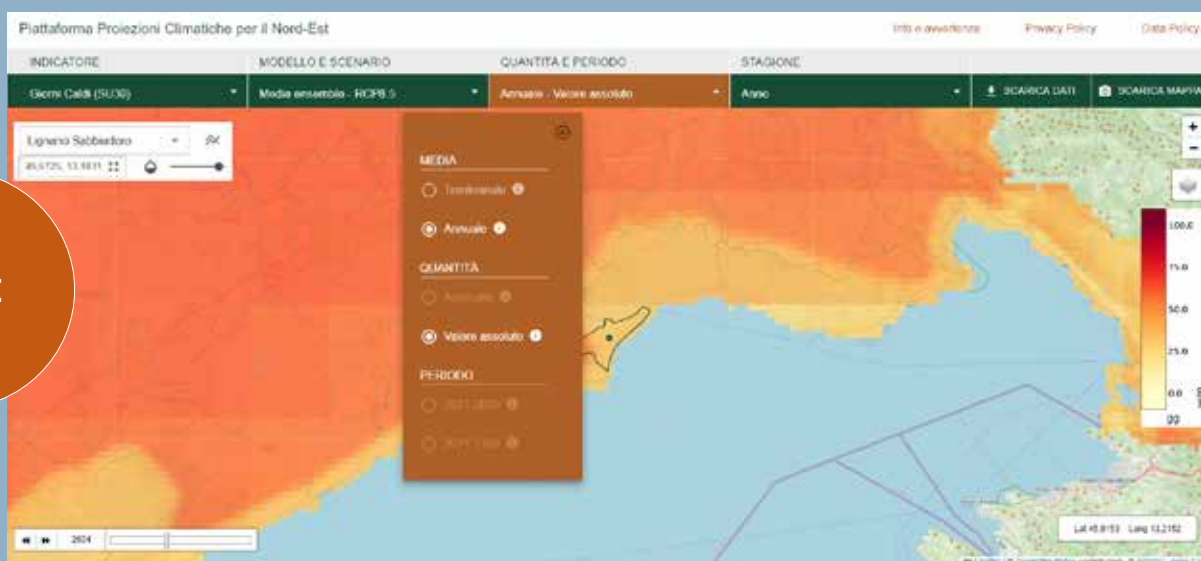
INFO & AVVERTENZE

I dati presentati derivano da proiezioni climatiche e non da previsioni a lungo termine. Pertanto, il valore annuale (o stagionale) non va considerato come una previsione (ad es non ha alcun significato vedere quale sarà la temperatura media nell'estate del 2047), ma esclusivamente come elemento di un andamento sul lungo periodo.

- Si consiglia di utilizzare sempre la media di ensemble che può essere considerata come la proiezione futura più probabile (ed è l'opzione che appare selezionata in automatico nel menù "MODELLO E SCENARIO").
- Il 1976 - 2005 è considerato il trentennio storico di riferimento, uguale per tutti gli scenari. Nei grafici questo periodo è rappresentato da un'unica linea.
- Tutti i dati, i grafici e le mappe possono essere liberamente scaricati e utilizzati, citando la fonte e nel rispetto della Data Policy della Piattaforma.
- Per un migliore utilizzo della Piattaforma PPCNE si consiglia di leggere le informazioni ai seguenti link:
<https://clima.arpa.veneto.it/info>;
https://clima.arpa.veneto.it/PPCNE_approfondimento.pdf
- Il manuale d'uso è consultabile al seguente link:
<https://github.com/venetoarpa/Arpav-PPCV-backend/wiki/Manuale-utente>

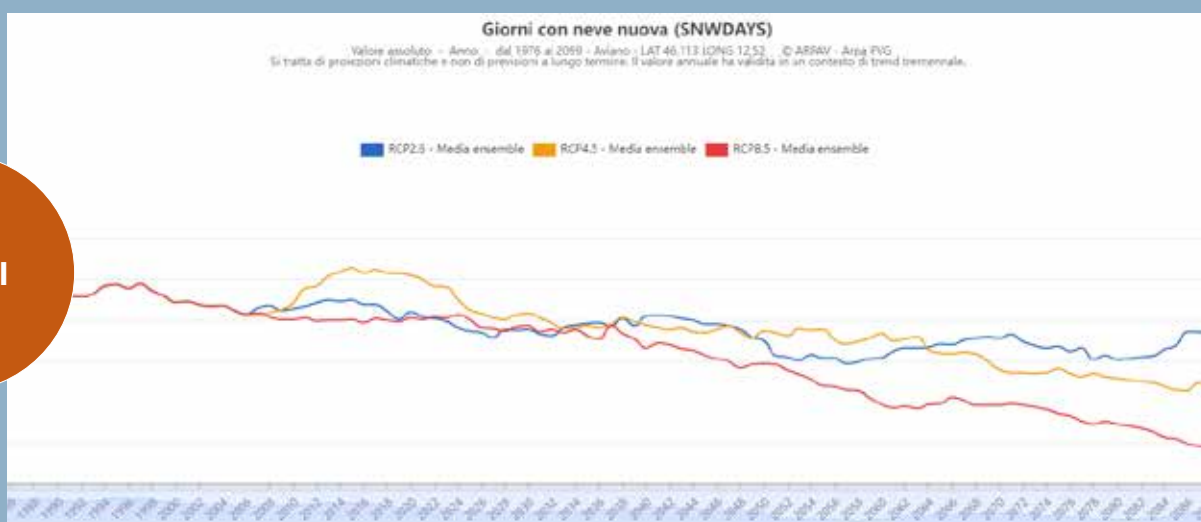
GLI STRATI INFORMATIVI DELLA PIATTAFORMA PPCNE

MAPPE



- le mappe sono consultabili direttamente sulla piattaforma;
- selezionando la grandezza da indagare appare automaticamente la rappresentazione in mappa;
- cliccando su un punto della mappa o digitando il nome del comune (centroide, cioè il punto centrale dell'area comunale) apparirà il valore della grandezza rappresentata su quel punto;
- permettono di ottenere una visualizzazione areale di come sarà il futuro;
- la mappa può essere scaricata in formato immagine tramite l'apposita icona.

GRAFICI



- i grafici sono consultabili sulla piattaforma selezionando MEDIA ANNUALE;
- è necessario cliccare su un punto della mappa o digitare il nome del comune (centroide, cioè il punto centrale dell'area comunale);
- permettono di visualizzare l'andamento di un indicatore su un punto per i 3 scenari (RCP2.6, RCP4.5 e RCP8.5);
- è possibile scaricare i dati del grafico in formato csv;
- il grafico può essere scaricato in formato immagine tramite l'apposita icona.

**netCDF
per un utilizzo
tecnico-
scientifico**

The screenshot shows a web interface for downloading climate data. At the top left is a green button labeled "SCARICA DATI". Below it is a metadata panel with the following fields:

- INDICATORE:** Precipitazione (PR)
- MODELLO E SCENARIO:** Media ensemble - RCP4.5
- QUANTITÀ E PERIODO:** Annuale - Valore assoluto
- STAGIONE:** Estate
- UNITÀ DI MISURA:** mm

To the right of the metadata panel is a callout box labeled "dati di riepilogo". Below the metadata panel is a time interval slider labeled "Intervallo di tempo" with markers for 1976 and 2099, and another callout box labeled "dati di riepilogo". To the right of the metadata panel is a map of Europe with a yellow box highlighting a region in the Alps. A callout box labeled "selezione dominio spaziale" points to this map. Below the map are four input fields for coordinates: Nord (47.399), Est (14.249), Ovest (10.05), and Sud (44.499). At the bottom right is a brown button labeled "SCARICA NETCDF".

- sono file binari auto-descrittivi (includono informazioni sui dati che contengono);
- sono divisi in una parte iniziale (header) con le informazioni che descrivono il dato e di un "corpo" dove viene immagazzinato il dato vero e proprio (dati grigliati che evolvono nel tempo);
- la scadenza temporale è trentennale o annuale (a seconda della «quantità» selezionata);
- possono essere letti ed elaborati su QGIS o altri strumenti adatti;
- permettono di elaborare successive analisi sul clima futuro (ad esempio: per includere i cambiamenti climatici nella progettazione).



I PROCESSI DI “FEEDBACK” CHE AMPLIFICANO IL RISCALDAMENTO GLOBALE

Foto: Christel da Pixabay

Esistono nel sistema climatico terrestre dei processi chiamati processi di retroazione (o *feedback*), che, autoalimentandosi, possono amplificare (*feedback* positivo) o indebolire (*feedback* negativo) il riscaldamento globale dovuto all'effetto radiativo dei gas serra. La maggior parte di questi processi tende ad amplificare il riscaldamento globale, e infatti il contributo di questi *feedback* al riscaldamento globale è dello stesso ordine di grandezza del contributo dell'effetto radiativo dei gas serra.

FEEDBACK DEL VAPOR D'ACQUA

Il principale processo di *feedback* positivo viene chiamato “*feedback* del vapor d'acqua”. Un'atmosfera più calda può contenere più vapor d'acqua a causa della legge di Clausius-Clapeyron e a causa della maggiore evaporazione dagli oceani. Il vapor d'acqua, però, è esso stesso un gas serra, quindi questo aumenta il riscaldamento, aumentando ulteriormente la quantità di vapor d'acqua in atmosfera e così via, in un ciclo che si autoalimenta e amplifica il riscaldamento globale.

FEEDBACK DEL GHIACCIO

Un secondo processo di *feedback* positivo, particolarmente importante nelle zone polari e in quelle montuose, è il *feedback* del ghiaccio. Il ghiaccio e la neve hanno una riflettività molto alta della luce solare, oltre l'80%. Se con l'aumento delle temperature la neve e il ghiaccio fondono, lasciando dietro una superficie più scura, e quindi meno riflettente, la superficie stessa aumenterà l'assorbimento di luce solare, riscaldandosi, fondendo più ghiaccio, liberando più superficie relativamente scura e così via, in un processo di *feedback* che amplifica il riscaldamento. È a causa di questo meccanismo che il riscaldamento nelle zone polari, in particolare l'Artico, e in quelle montuose è molto maggiore della media globale.

FEEDBACK DEL CICLO DEL CARBONIO

Un altro *feedback* positivo è quello del ciclo del carbonio. Questo ha due aspetti.

Da un lato, temperature maggiori tendono ad **umentare l'attività microbica del suolo**, che causa maggiori emissioni di anidride carbonica e metano, i principali gas serra, intensificando così il riscaldamento.

Il secondo aspetto è legato al permafrost, uno strato di suolo con temperature minori di 0 °C, che si trova soprattutto nelle zone settentrionali di Asia, Nord America ed Europa. Questo strato contiene grandi quantità di anidride carbonica e specialmente metano incapsulate nel terreno ghiacciato. Il **permafrost scongela** a causa di una emissione di questi gas, che quindi riscalda l'atmosfera, fonde ulteriormente il permafrost e così via, innescando un *feedback* positivo.

FEEDBACK DELLE NUBI

Infine troviamo il feedback delle nubi, che può essere **positivo o negativo**, a seconda della distribuzione verticale e delle caratteristiche delle nubi stesse.

Le nubi sono degli schermi serra praticamente perfetti, cioè assorbono tutta la radiazione infrarossa che li colpisce, e in questo modo, rimettendone una parte verso la superficie, riscaldano la bassa l'atmosfera. Le nubi però **sono anche potenti riflettori** della luce solare e in questo modo tendono a raffreddare l'atmosfera.

Il riscaldamento globale, modificando la struttura dinamica e termodinamica dell'atmosfera, può modificare la distribuzione delle nubi, e questo può contribuire ad amplificare o indebolire il riscaldamento globale a seconda di quale modifica delle caratteristiche delle nubi prevale.

Nubi alte e sottili sono efficaci nel trattenere la radiazione infrarossa emessa dal suolo, ma essendo relativamente fredde emettono poca radiazione infrarossa verso lo spazio (più un corpo è caldo più emette radiazione infrarossa). Al tempo stesso queste nubi sono relativamente trasparenti alla luce solare, cioè ne riflettono una piccola frazione. Quindi un aumento di nubi alte e sottili tende ad **amplificare il riscaldamento globale**.

Viceversa, **cumuli e cumulonembi** sono molto efficienti nell'assorbire e riflettere la luce solare, ed essendo relativamente basse, sono più calde e quindi più efficienti nell'emettere radiazione infrarossa verso lo spazio. Quindi un aumento di questo tipo di nubi tende a raffreddare l'atmosfera.

A oggi non è chiaro quale di questi due effetti prevale, e cioè se il *feedback* delle nubi sia prevalentemente positivo o negativo.

Filippo Giorgi

ICTP - Centro Internazionale di Fisica Teorica

Permafrost lungo la costa dell'Alaska.



Scarica tutti i “Segnali dal clima in FVG”:

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