

## Sintesi meteo climatica dell'INVERNO

### Indice

*La stagione in breve, andamento sinottico, anomalie di temperatura e precipitazione sul continente con uno zoom sull'Italia*

*Climatologia delle precipitazioni e temperature stagionali sulle province liguri*

*Sintesi fotografica della stagione attraverso le immagini fotografiche*

*Zoom sul clima e i cambiamenti climatici (effetto serra amplificato)*

### L'Inverno 2023

#### Una stagione con poche piogge in costa ma non come il siccitoso e secco 2022

#### L'inverno meteorologico

##### La stagione in breve:

Dopo un dicembre 2022 scarsamente piovoso ma grigio e umido con deboli richiami 'macaiosi', si passa a un inizio anno con piovvaschi a tratti più significativi nella prima parte del gennaio 2023 caratterizzati da un'allerta arancione; successivamente, nel proseguo, si osserva un tempo assai mite ma all'insegna di cieli spesso grigi. Si segnala qualche passaggio perturbato verso metà gennaio 2023 seguito da qualche cedimento della pressione sull'area mediterranea occidentale. Febbraio è stato caratterizzato da un'alta pressione dominante con ritorni più instabili orientali: in questo contesto il Meridione è stato interessato da un flusso balcanico freddo (freccia azzurra) associato a prevalenti cieli soleggiati e senza fenomeni precipitativi al centro nord. Nel mese segnaliamo la formazione e il passaggio di alcuni minimi profondi che hanno interessato le regioni ioniche e il Golfo della Sirte: proprio in questa zona un ciclone mediterraneo a 'cuore caldo' è risalito dalla Tunisia, insistendo sulla Sicilia Orientale con intense precipitazioni, venti burrascosi e mareggiate di rilievo.

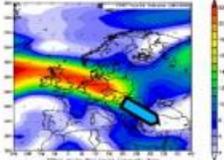


## Venti a tratti rafficati e intensi nel weekend e spettacolari increspature sul mare (Fonte: Oss. Raffaelli)



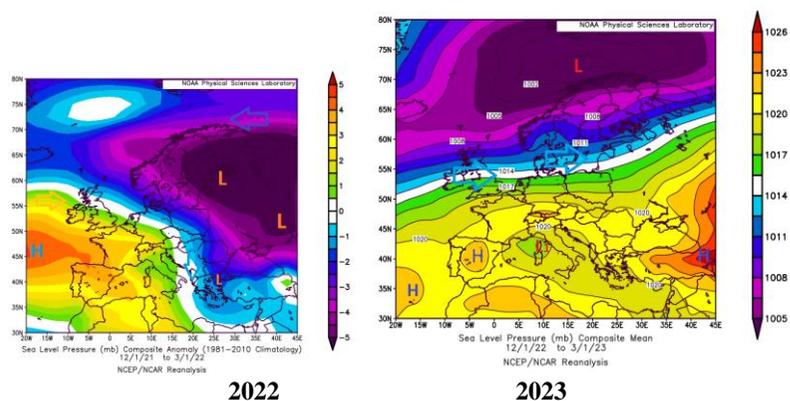
M E T E O F O T O G R A F A N D O

Il flusso da nord-ovest lungo il bordo settentrionale dell'anticiclone evidenzia un flusso intenso di 20 metri al secondo che passa a nord delle Alpi, causando una discesa di venti settentrionali sul Nord ovest con spettacolari riflessi e increspature sulla superficie del mare (Foto: osservatorio Raffaelli del 5/02)



In Liguria, ancora una volta, si osservano scarse precipitazioni in costa e temperature massime sopra soglia che verso inizio febbraio hanno raggiunto 20-21 gradi anche per particolari condizioni di favonio

## Analisi meteo invernale



*Fig. 1 - Rianalisi della pressione al livello del mare (NOAA) media per l'inverno 2022 e 2023*

## Configurazione sinottica

Le mappe della pressione media e dell'anomalia per l'intero trimestre per le due stagioni 2022 e 2023 (in fig. 1) mostrano differenze per i due anni.

Nell'inverno 2022 si osservava una dominanza di una zona anticiclonica marcata (H) sull'Europa centro-occidentale, con anomalia massima verso il Golfo di Guascogna e gran parte dell'area mediterranea centro occidentale, in contrasto con una vasta area depressionaria sull'Europa orientale e la Russia. Questa configurazione è la responsabile di un flusso settentrionale dominante che ha interessato maggiormente le zone adriatiche, comportando un tempo mediamente secco sui bacini tirrenici.

Nella nuova stagione 2023 invece pur cambiando lo scenario si evidenziano deboli precipitazioni e una dominanza anticiclonica che interessa gran parte dell'Europa centro occidentale, lasciando sul nord del continente una depressione (oltre il 50° parallelo Nord): in tale contesto, tuttavia, si osserva la presenza di un'anomalia di pressione sul Mediterraneo centrale legata alla formazione di diversi minimi secondari tra l'alto Tirreno, il Golfo del Leone e la Sardegna (L1) legati a una circolazione mediterranea alimentata a tratti da infiltrazioni umide atlantiche.

## Analisi termica invernale

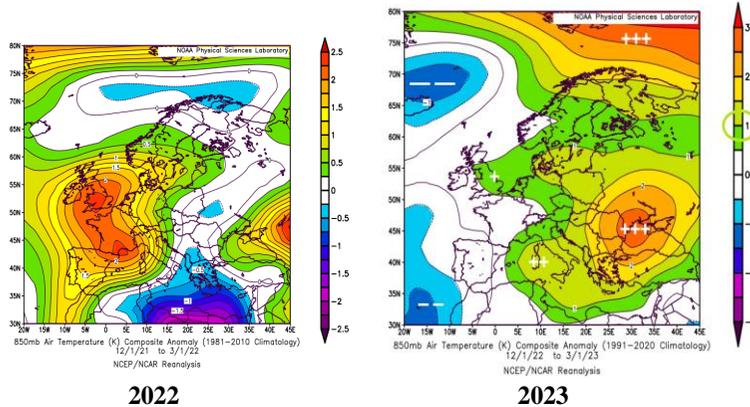


Fig.2 - Rianalisi dell'anomalia termica NOAA (a 850 hPa - circa 1500 m) nelle stagioni invernali 2022 e 2023

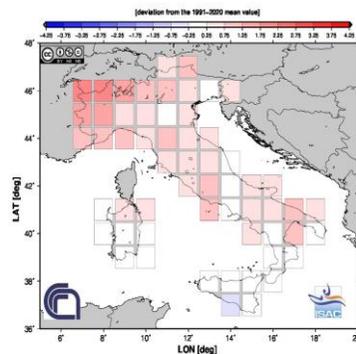


Fig.3 – la rianalisi dell'anomalia termica media per l'intera stagione trimestre dic-gen-feb) sul territorio italiano per le T max invernali del 2023 (mappa ISAC – CNR)

## Andamento termico

La rianalisi termica invernale 2022 (b) del NOAA di anomalia di temperatura a 850 hPa (circa 1500m) per la stagione invernale mostrava una significativa anomalia calda sull'Europa occidentale e centrale che interessa anche il nord-Ovest Italiano e la Liguria anche con condizioni di favonio (+ 2/+2.5 in linea con quanto osservato anche a livello regionale) e un'anomalia fredda sul Mediterraneo orientale, la Grecia e le zone ioniche del meridione (con discese settentrionali o nord orientali).

La configurazione termica dell'inverno 2023 è differente da quella del 2022 in quanto è caratterizzata da un'anomalia calda che si è spostata verso il centro levante del continente con massimi verso il Mar nero e minimi (con cromatismi azzurrini e bleu) sul vicino Atlantico a ovest della Spagna e a nord-ovest della Gran Bretagna.

Scendendo di scala a livello nazionale attraverso l'analisi ISAC – CNR (fig. 3) per la stagione 2023 si evidenzia come rispetto alla climatologia 1991-2020:

- l'anomalia termica media del trimestre invernale del 2023 sia caratterizzata da un'anomalia positiva sulla Penisola più accentuata al Nord rispetto che al Meridione e le due isole maggiori;
- la nuova rianalisi per sub regioni elaborato del ISAC CNR (tabella 1) ha visto il Nord Italia interessato da un'anomalia di + 0,87 °C per il trimestre invernale (rispetto al 1991-2020), ponendo questa zona al 8° posto tra gli inverni caldi;
- questo valore di quasi 0.9 °C contrasta con quello delle zone centro meridionali, la cui anomalia positiva si sposta al 19° posto (rispetto al 8° posto del Settentrione)

SUB-REGIONS	
NORTHERN ITALY ANOMALY (relative to 1991-2020 mean)	Rank
0.87 °C	8 Warmest 216 Coldest
CENTRAL ITALY ANOMALY (relative to 1991-2020 mean)	Rank
0.29 °C	19 Warmest 174 Coldest
SOUTHERN ITALY ANOMALY (relative to 1991-2020 mean)	Rank
0.24 °C	18 Warmest 206 Coldest

Tab.1 – Tabella di rianalisi termica ISAC per sotto regioni (Nord-Centro e Sud Italia)

### Analisi Pluviometrica invernale

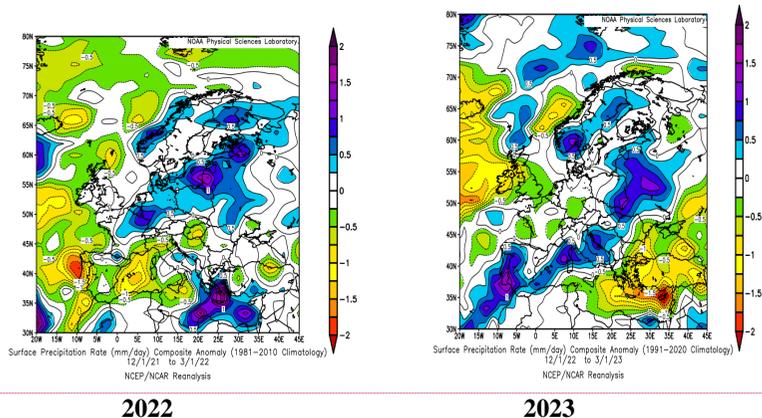


Fig. 4 La mappa di rianalisi della precipitazione media giornaliera nella stagione invernale 2022 e 2023 (Fonte: NOAA)

### Andamento pluviometrico

La rianalisi dell’anomalia di precipitazione media giornaliera stagionale (mm/day) ci mostra per il 2022 (a) piogge superiori all'atteso solo verso il versante nord delle Alpi (Austria e Svizzera con +1/+1.5 mm/day) in linea con flusso da nord dominante e i deficit pluviometrici sottovento sui versanti meridionali (tra - 0.5 e -1.mm/day) con un effetto protettivo indotto sia dalle Alpi che dalla zona anticiclonica dominante (fig 4 a).

Commentato [Io1]:

Commentato [LO2R1]:

La stessa analisi per il 2023 (fig 4 b) evidenzia valori negativi sulle regioni alpine, mentre il centro-sud italiano risulta la zona più interessata da un richiamo umido mediterraneo, assente nel precedente inverno 2022, evidenziando così un’anomalia positiva di precipitazioni (+1/+1.5 mm/day) che si estende fino all’Europa nord orientale (cromatismi blu) attraverso i Balcani.

Scendendo su una scala più locale (fig.5) l’anomalia percentuale di precipitazioni stagionale evidenziava per l’autunno 2022 su tutta la regione valori negativi tra il -50% e - 70%; nell’autunno 2023 sul genovese e medio levante si evidenziano anomalie negative meno accentuate, con qualche anomalia positiva attorno + 25% limitata al Tigullio e genovesato e interno del levante.

Evidenziamo come questo andamento negativo per la stagione invernale sia in linea con il cambiamento emerso nell’andamento pluviometrico sessantennale (1961- 2020), in un contesto nell’ultimo trentennio (1991-2020) le stagioni

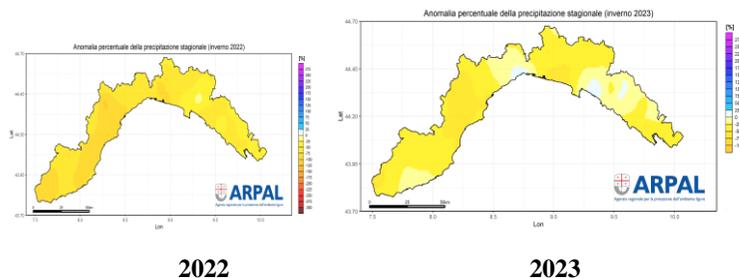


Fig. 5 La mappa di anomalia % della precipitazione invernale 2022 (a) e 2023 (b) - Fonte: ARPAL-OMIRL

invernali, estive e primaverile sono caratterizzate da una riduzione delle precipitazioni rispetto al trentennio precedente (1961-1990):

potete trovare le anomalie climatiche stagionali alle seguenti pagine:

<https://www.arpal.liguria.it/tematiche/meteo/pubblicazioni-bis/mappe-e-anomalia.html> (new!)

Contrariamente tra settembre e dicembre (stagione autunnale) nell'ultimo trentennio si evidenzia come piova maggiormente, rispetto agli altri otto mesi dell'anno messi insieme.

Per maggiori dettagli riproponiamo un post sulle news ARPAL legato al convegno Climat Risk del 2020:

<https://www.arpal.liguria.it/articoli/58-temi-news/4785-sta-cambiando-la-pioggia-in-liguria.html>

## Climatologia delle Precipitazioni e Temperature sulle province liguri e il restante territorio evidenziano condizioni siccitose

### Come è andato l'inverno 2023

Se il precedente inverno meteorologico 2022 (mensilità dal 1° dicembre 2021 al 29 Febbraio 2022), era annoverato come uno dei meno piovosi e più caldi degli ultimi 49 anni (riferimento al periodo 1961-2010), invece l'inverno 2023 vede una lieve inversione di tendenza, pur rimanendo in un contesto caldo e relativamente poco piovoso per i 4 capoluoghi.

### Climatologia delle Precipitazioni e Temperature: **inverno 2023**

		DIC-GEN-FEB	Prec	Anomalia ( $\varphi_{2023} - \varphi$ )	T max	Anomalia ( $\varphi_{2023} - \varphi$ )	T min	Anomalia ( $\varphi_{2023} - \varphi$ )
Ponente	Imperia	clima $\varphi$ (1961-2010)	206.3 mm	+5.3 mm (+2.6%)	12.9 °C	+0.7 °C	7.4 °C	+1.0 °C
		2023	211.6 mm		13.6 °C		8.4 °C	
Centro	Savona	clima $\varphi$ (1961-2010)	216.6 mm	-77.8 mm (-35.9%)	11.3 °C	+1.3 °C	5.8 °C	+1.6 °C
		2023	138.8 mm		12.6 °C		7.4 °C	
	Genova	clima $\varphi$ (1961-2010)	323.7 mm	-144.3 mm (-44.6%)	11.6 °C	+1.1 °C	6.6 °C	+1.8 °C
		2023	179.4 mm		12.7 °C		8.4 °C	
Levante	La Spezia	clima $\varphi$ (1961-2010)	493.8 mm	-185.4 mm (-37.5%)	12.2 °C	+1.0 °C	5.1 °C	+2.4 °C
		2023	308.4 mm		13.2 °C		7.5 °C	

a

### Climatologia delle Precipitazioni e Temperature: **inverno 2022**

		DIC-GEN-FEB	Prec	Anomalia ( $\varphi_{2022} - \varphi$ )	T max	Anomalia ( $\varphi_{2022} - \varphi$ )	T min	Anomalia ( $\varphi_{2022} - \varphi$ )
Ponente	Imperia	clima $\varphi$ (1961-2010)	206.3 mm	-129.3 mm (-62.7%)	12.9 °C	+1.2 °C	7.4 °C	+0.8 °C
		2022	77.0 mm		14.1 °C		8.2 °C	
Centro	Savona	clima $\varphi$ (1961-2010)	216.6 mm	-158.6 mm (-73.2%)	11.3 °C	+2.9 °C	5.8 °C	+1.4 °C
		2022	58.0 mm		14.2 °C		7.2 °C	
	Genova	clima $\varphi$ (1961-2010)	323.7 mm	-218.9 mm (-67.6%)	11.6 °C	+2.0 °C	6.6 °C	+2.0 °C
		2022	104.8 mm		13.6 °C		8.6 °C	
Levante	La Spezia	clima $\varphi$ (1961-2010)	493.8 mm	-243.8 mm (-49.4%)	12.2 °C	+1.2 °C	5.1 °C	+1.4 °C
		2022	250.0 mm		13.4 °C		6.5 °C	

b

Tabella 2 valori registrati e attesi con le anomalie per il trimestre invernale 2023 (a) 2022 (b) per i 4 capoluoghi costieri

## Precipitazioni

Per quanto riguarda i valori delle precipitazioni nei capoluoghi, si riscontra rispetto al precedente 2022 una scarsità di fenomeni che si attesta in costa del centro levante sul -35% / - 45% (rispetto ai valori del -50/-70% del 2022); in particolare a Ponente si osserva per le precipitazioni un'anomalia debolmente positiva (attorno alla climatologia 1961-2010) con circa + 212 mm per il trimestre a Imperia (rispetto ai 206 attesi). I valori tra 200 e 300 mm per il trimestre 2023, contrastano con i circa 60 mm e 250 registrati nel 2022 evidenziando così un lieve rialzo costiero.

## Temperature:

L'inverno 2023, è stato caratterizzato da un tempo assai mite con valori di anomalia termica per tutte le province simili a quelli del mite 2022 (Tab. 2). Nella scorsa annata la stagione fredda aveva visto anomalie attestate attorno +2,0°C con un'assenza di gelate in zone collinari e a bassa quota, oltreché di fenomeni nevosi. Nel 2023 sui 4 capoluoghi costieri evidenziamo in breve un'anomalia termica di +1 °C per le T massime tra 1.5°C e 2°C per le T minime che risultano più in linea con quelle del 2022.

### **Sintesi della stagione fredda attraverso la [rubrica meteo fotografica settimanale e mensile](#) che ci permette di tenere memoria dei cambiamenti climatici in atto.**

Ecco la stagione approfondita attraverso riepilogo fotografico settimanale e mensile che vuole cogliere meglio l'inverno 2023, con la finalità di scoprire e caratterizzare al meglio la meteorologia e il clima della Liguria, evidenziando gli eventi e le anomalie della stagione per tenerne una maggiore memoria e chiarire all'utenza i segnali del clima che cambia utilizzando anche la fotografia. Quest'anno si segnala una minore siccità rispetto al siccitoso 2022 che nella stagione invernale era caratterizzato da una mancanza di piogge sul Nord Italia e le zone costiere liguri; in tale contesto sia nel 2022 che nel 2023 il manto nevoso è risultato estremamente ridotto su gran parte dell'arco alpino ad eccezione delle Alpi nord occidentali.

Quest'analisi dell'inverno utilizza la tecnica fotografica con le immagini più rappresentative dei report mensili/settimanali (per i mesi di dicembre, gennaio e febbraio) che trovate sul sito agenziale ai seguenti link:

<https://www.arpal.liguria.it/tematiche/meteo/pubblicazioni-bis/rubrica-settimanale.html>

<https://www.arpal.liguria.it/tematiche/meteo/pubblicazioni-bis/riepiloghi-mensili/2023-riepilohimensili.html>

Segnaliamo (nel link sottostante) le anomalie stagionali di piogge e precipitazioni 2023 che mostrano condizioni siccità o precipitazioni sotto l'atteso (rispetto al clima di dicembre-gennaio-febbraio 1961-1990) nella maggior parte delle stazioni considerate ad eccezione di alcune zone interne del centro-levante, dove si sono registrate anomalie positive tra il +10 e +40 %:

<https://www.arpal.liguria.it/tematiche/meteo/pubblicazioni-bis/rapporti-stagionali/rapportistagionali2022.htm>

## L'inverno meteorologico 2023

*all'insegna di cieli a tratti 'macaiosi' nella prima parte dell'inverno seguiti da un metà gennaio burrascoso, un febbraio spazzato da venti settentrionali e ritorni continentali a tratti umidi con nevischio nell'interno*

**dicembre**



Inizio weekend ancora assai incerto, umido e a tratti piovoso



Sabato 3 dicembre, veduta spettacolare sull'umido levante da Santa Margherita Ligure (foto: Onorato L.)



Tramonti domenicali incerti con nuove nubi temporalesche a ponente



Il 4 dicembre si osservano nubi basse cumuliformi sul mare e cielo cupo verso la riviera di Ponente per l'ingresso di aria instabile associata a qualche nuovo rovescio serale.



(foto: Osservatorio Raffaelli)

**gennaio**



*La spettacolare mareggiata del 17-18 gennaio colta da Luca Onorato (ARPAL- CMI)*

**Il mese di gennaio in breve**

**febbraio**



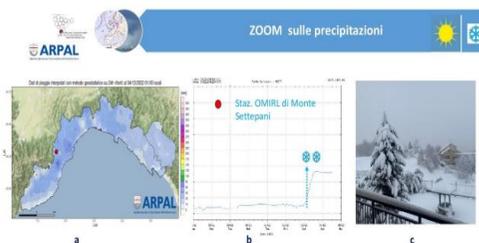
Le immagini spettacolari sull'appendino a ridosso del mare evidenziano un foehn raffinato (picchi di oltre 40-45 km/h rilevati nei capoluoghi sotto costa) con un paesaggio che sconfinava tra Primavera e Autunno caratterizzato da un'ottima visibilità

## Il mese di dicembre in breve

L'immagine fotografica di inizio dicembre (precipitazioni giornaliere areali del 3/12 - OMIRL) evidenzia a l'estesa area precipitativa che ha interessato la Liguria;

la precipitazione tuttavia nelle zone interne del centro ponente, è stata a

carattere nevoso in particolare nell'interno savonese fino a 600-700 metri con accumuli su zone sensibili.



Il mese anche se scarsamente piovoso è spesso all'insegna del tempo grigio e umido con deboli richiami 'macaiosi' e un'avvezione umida marittima con nubi medio-alte, che apportano precipitazioni alternate a tratti a una ventilazione nord-orientale; sulla Pianura Padana si sono avuti episodi di nebbie dominanti.

Dopo un anno 2022 caratterizzato da record decisamente negativi di pioggia, ondate di caldo e un mare caratterizzato da onde poco importanti, l'inizio del 2023 vede un'inversione di tendenza con una mareggiata che ha presentato un'impronta particolare, in quanto accompagnata da una ventilazione significativa sul Mediterraneo occidentale e un'onda dall'impronta oceanica in Riviera con un periodo molto lungo.

La mareggiata che si è sviluppata in due riprese tra il 16 e 18 del mese presenta infatti delle caratteristiche 'peculiari', in quanto caratterizzata da onde perfette, quasi oceaniche e fuori da classici schemi mediterranei.

Dal 15 gennaio l'aria artica ha iniziato a scendere verso sud attivando progressivamente correnti di libeccio sul Mediterraneo occidentale che hanno iniziato ad intensificarsi sul Mediterraneo occidentale con massimi verso il 17 gennaio.

Il minimo di pressione che si è posizionato tra la Costa Azzurra e il Nord Italia, è caratterizzato a venti più intensi legati al Libeccio e Maestrale che sono rimasti al largo del golfo, soprattutto durante il secondo passaggio frontale del 17 gennaio.

## Il mese di febbraio in breve

La prima decade di febbraio è caratterizzata da un'anomalia di geopotenziale a 850 hPa (1500 metri circa) evidenzia un'alta pressione dominante con ritorni orientali.

Ricordiamo come il flusso balcanico freddo sia associato a prevalenti cieli soleggiati e senza fenomeni precipitativi al centro \_nord mentre al meridione si è avuta la formazione e il passaggio di alcuni minimi profondi (sulle regioni ioniche e il Golfo della Sirte dove un ciclone mediterraneo a 'cuore caldo' è risalito dalla Tunisia, insistendo sulla Sicilia Orientale con forti precipitazioni, venti burrascosi e mareggiate).

La seconda decade del mese vede una quasi completa assenza di precipitazioni. L'aspetto più significativo è, dunque quello termico, con temperature massime sopra la soglia che hanno raggiunto i 20 gradi il 15 febbraio nello spezzino.

L'ultima settimana del mese vede il lento avvicinamento di una struttura depressionaria in discesa dal Golfo di Biscaglia che ha portato un calo termico e qualche debole precipitazione anche nevosa

L'analisi meteorologica in sintesi mostra un dicembre caratterizzato da diversi passaggi perturbati che a tratti come a inizio mese hanno regalato episodi deboli nevischio nell'interno, sui versanti padani e sulle zone piemontesi dove la stagione fredda passata era mancata.

Maltempo - con le precipitazioni della settimana colte verso il Promontorio di Portofino verso il 16 dicembre



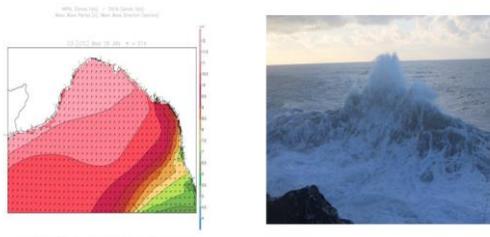
Una settimana dai tratti sia autunnali che inizio invernali



Segnaliamo qualche debole piovasco, seguito da un'attiva perturbazione a metà mese che ha determinato piogge diffuse anche a carattere di rovescio o isolato temporale, con quota neve in calo sui versanti padani di Centro-Ponente.

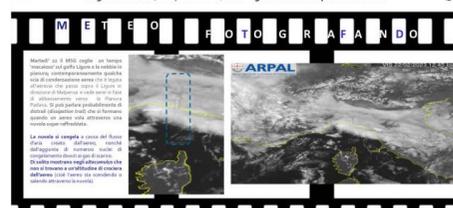
Proprio questo minimo ha prodotto sull'area di Fetch (ovvero la zona di mare su cui insiste il vento e si alza l'onda) con condizioni di mare localmente molto agitato, che uscendo da questa zona ha provocato un'onda progressivamente più allungata nel suo movimento verso Est.

La mareggiata in sintesi vede ben **12 secondi di periodo** restando sempre molto alta e facendo registrare a Capo Mele di 3.5 metri il 18 gennaio, con un'altezza massima di **5.8 metri**. Più a Levante dove l'onda è più consistente al largo della Spezia (boa ondometrica di Ispra) raggiunge massimi di circa **4.8 m di altezza significativa**, evidenziando uno stacco di un + 1.3 m rispetto al ponente (Boa C. Mele).



Sei metri d'onda accompagnati da un periodo assai lungo (figura del modello ARPAL-DICCA), con onde energeticamente molto potenti innalzate da un effetto storm surge (pressione bassa che favorisce l'innalzamento del livello marino a causa del minor peso dell'atmosfera sovrastante, pendenza del mare che sotto l'effetto dei venti spinge più acqua in costa, favorendo la penetrazione e la forza della mareggiata)

Segnali dall'occhio attento del Satellite - Canale del visibile (MSG) che coglie le *distrail* (dissipation trail) tra il Tigullio e la bassa pianura Padana



Meteofotografando coglie il nevischio nell'interno levante



L'inverno meteorologico quindi si chiude con scarsi fenomeni precipitativi e la dominanza di cieli soleggiati e secchi.

Segnaliamo ancora uno scarso numero di giorni piovosi associati a precipitazioni che hanno interessato principalmente l'interno spezzino con valori sotto l'atteso.

Verso il 26/02, si osserva un rapido crollo termico attorno a 4, 5 e 6 °C (rispettivamente a Savona, Genova e Imperia).

A causare questa brusca discesa l'arrivo di aria artica che irrompe attraverso i Balcani. Più in quota oltre i 1500 m siamo scesi a -9 / -8 °C a Poggio Fearza (IM) e Pratomollo (GE).

**Attorno al 15/12, infatti, si sono registrate piogge dai quantitativi significativi in costa (attorno a 40 millimetri) ed elevati nell'interno genovese e spezzino (oltre 80 mm/24 h) con strascichi anche al 16/12 e, occasionalmente, nella mattinata di sabato 17 prima delle schiarite che si sono fatte strada.**

La settimana che ci ha condotti al Natale 2022 ha ricalcato lo schema di molti periodi natalizi in Liguria con clima mite e un cielo grigio. In particolare durante il periodo pre natalizio c'è stato **un momento d'instabilità piuttosto significativo verso il 21/22 di dicembre soprattutto nell'imperiese:** infatti il 21 dicembre Dolcedo ha raccolto 85.6 millimetri, Imperia Osservatorio Meteo Sismico 78.4, Diano Castello Varcavello 72.4.

#### Meteofotografando immortala il nevischio nell'interno Levante



#### Spettacolari colori durante un crepuscolo di metà settimana



**Nelle fotografie si osservano anche nell'ultima decade paesaggi invernali con nevischio, seguiti da spettacolari tramonti, con nubi del tipo altocumuli (foto Osservatorio Raffaelli)**

#### Meteofotografando sul ponente genovese (Fonte: Oss. Raffaelli)



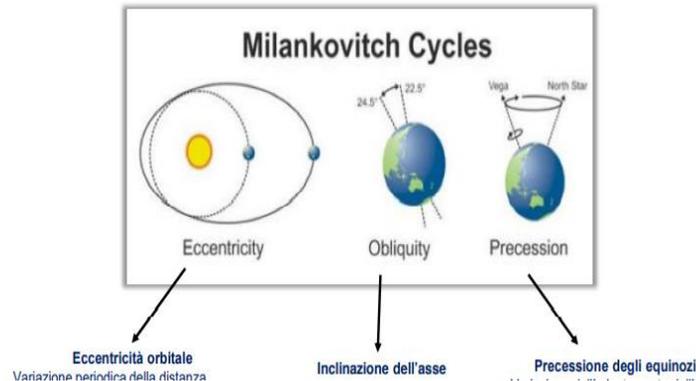
**Dalle immagini si osserva come il nevischio abbia così interessato il ponente Ligure interno fino 200-300 metri dove si sono avuti accumuli tra 20-35 cm nell'interno a quote basse (Diego Girini – 400 m); valori più elevati in quota (a Monte Settepani - SV), dove sono stati raggiunti circa 60 centimetri.**

**A levante si segnalano spolverate più modeste o qualche fiocco verso la costa sulle cime più alte e venti di tramontana in rinforzo con raffiche fino a burrasca che hanno comportato condizioni di disagio per freddo. Le immagini colgono la neve a Masone e nell'interno levante nella zona di Varese Ligure (fonte: Oss. Raffaelli).**

## Riproponiamo uno **zoom** sullo stato del clima attuale e il suo legame con l'effetto serra 'amplificato'

<b>LO STATO DEL CLIMA ATTUALE INFLUENZATO DAI “GAS SERRA” DI ORIGINE ANTROPICA</b>	
<b>Meteo e Clima</b>	<p>Meteorologia e climatologia rappresentano due discipline che mai come oggi sono legate insieme. La meteorologia studia i fenomeni fisici che avvengono nella troposfera e sono responsabili del tempo atmosferico. Il clima invece, rappresenta l'insieme delle condizioni atmosferiche in una data regione, dedotte da osservazioni relative a lunghi periodi di tempo nel passato. <b>L'insieme dei fenomeni meteorologici che costituiscono il clima in un dato territorio hanno lasciato un'impronta sulla superficie terrestre e sulle forme di vita animali e vegetali.</b></p>
<b>L'importante legame tra effetto serra, clima e i cicli astronomici</b>	<p>La paleoclimatologia attraverso i carotaggi antartici (che ormai stanno superando il i 2 chilometri di profondità) e altre analisi, ha permesso di studiare l'evoluzione della concentrazione di CO2 (e altri gas serra) e parallelamente ricostruire l'andamento della temperatura nelle ere storiche; fin da inizio del 1900 la scienza aveva iniziato ad evidenziare il legame tra l'aumento delle concentrazioni di gas serra (tra cui anidride carbonica e metano) e l'incremento termico.</p> <p>In particolare le variazioni climatiche delle ere passate risultano legate a cicli astronomici (eccentricità della terra) <b>assai lunghi di circa 400 mila anni, a causa di una variazione periodica della distanza terra-sole al perielio e all'afelio</b> (in base alla posizione in cui cascano solstizio di inverno e estate), con una maggiore o minore distanza dal sole e differenti fasi di raffreddamento e riscaldamento che liberano minori o maggiori gas serra.</p>

### I cicli di Milankovitch (variazioni astronomiche)



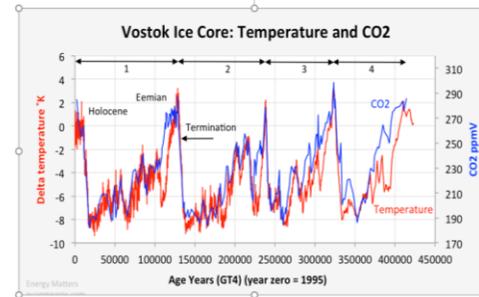
La ricerca infatti ha evidenziato una sostanziale analogia tra l'andamento della temperatura con fluttuazioni di circa  $10^{\circ}\text{C}$  tra i periodi glaciali e i periodi caldi interglaciali (con valori medi negli *optimum climatici* più elevati di quelli odierni) contemporaneamente a cambiamenti delle concentrazioni di  $\text{CO}_2$  (con concentrazioni oscillanti tra circa 170 e 300 ppm).

Utile sottolineare come le basi scientifiche del collegamento tra i livelli di anidride carbonica e la temperatura fossero già stabilite già nel XIX secolo, grazie al lavoro del *Premio Nobel Svante Arrhenius* e furono confermate dallo scienziato statunitense *David Keeling* negli anni Sessanta.

Nei circa 4.5 miliardi di anni di storia del nostro pianeta le condizioni climatiche hanno oscillato enormemente. Ma spostandoci verso tempi più recenti, le variazioni del clima durante gli ultimi milioni di anni sono avvenute secondo cicli controllati dai moti orbitali del nostro pianeta (eccentricità, obliquità, precessione, noti anche come i *cicli di Milanković*) che hanno dato luogo all'alternanza di fasi glaciali ed interglaciali nel corso del Quaternario (in cui l'area dove ora sorge New York era ricoperta da una coltre di ghiaccio con oltre 3 km di spessore).

**Gli studi di paleoclimatologia per svelare il legame tra la CO<sub>2</sub> e Temperatura nelle ere passate**

Si sta scavando in Antartide fino a 2.730 metri di profondità, a 40 km dalla base Italo-francese Concordia:  
Le carote di ghiaccio aiuteranno a ricostruire il clima globale degli ultimi 1,5 milioni di anni.

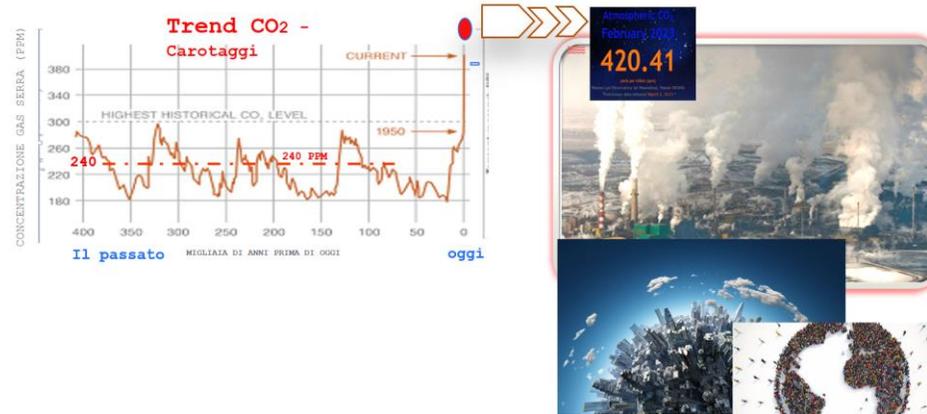


L'alternanza di fasi glaciali ed interglaciali nel corso del Quaternario emerge dal legame tra temperatura (linea rossa) e CO<sub>2</sub> (linea blu) che ha visto un'alternanza di massimi termici e di anidride carbonica ogni 400 mila anni (periodi miti interglaciali).

**CO<sub>2</sub> un indicatore importante dello stato planetario**

Nel nostro pianeta fin dai tempi storici una parte dell'energia emessa dal sole resta intrappolata dai gas presenti nell'atmosfera ed altre componenti, permettendo così di creare un clima più compatibile con la vita nel pianeta da prima dei dinosauri a oggi. Nell'ultimo secolo si è evidenziata una rapida variazione di gas serra in atmosfera, legata all'utilizzo antropico di fonti fossili (vedere linea rossa nel grafico sovrastante). Infatti se durante le fasi glaciali ed interglaciali del Quaternario la concentrazione di anidride carbonica (o biossido di carbonio, CO<sub>2</sub>) in atmosfera (misurata nelle carote di ghiaccio prelevate nelle aree polari), è variata in un intervallo di circa 100 parti per milione (ppm), oscillando tra circa 190 e circa 300 ppm, nel recente periodo ha visto un rapido incremento (limitato all'ultimo secolo) che ci ha portato a superare la soglia dei 400 ppm di CO<sub>2</sub> (punto rosso nel grafico sottostante).

## Gas serra naturali o antropogenici su scala globale

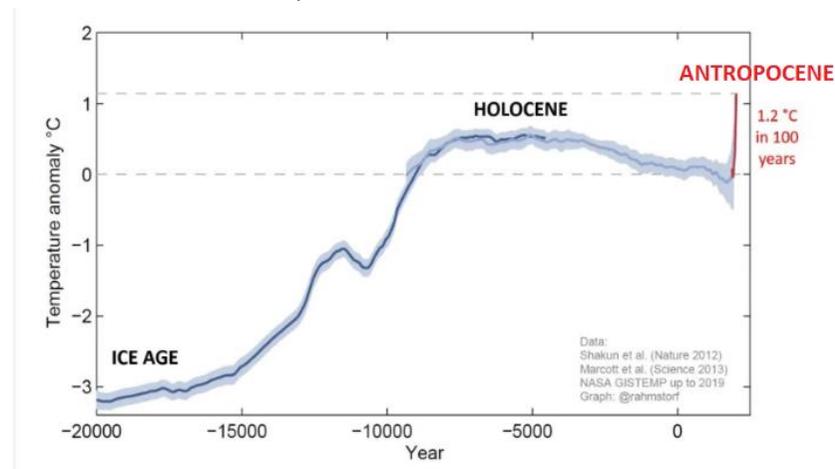


Questo incremento della temperatura su scala globale rispetto a quelli passati, presenta un andamento significativo caratterizzato da “rapidità senza precedenti” che attualmente non è imputabile a cause naturali (attività vulcanica) o astronomiche (orbita della terra, meteoriti, cicli solari, ecc.), ma unicamente ad emissioni di origine antropica legate a uno sviluppo basato principalmente all’uso preponderante delle fonti fossili, ai cambiamenti della superficie della Terra indotti dalle attività umane (agricoltura, urbanizzazione, ecc.) e a un incremento demografico che ci sta portando la popolazione oltre i 9 miliardi.

Nella parte finale del grafico, è importante sottolineare il ‘recentissimo’ incremento nella concentrazione di CO<sub>2</sub> in atmosfera che supera oltre i 400 ppm: si osservano oltre + 120 ppm di CO<sub>2</sub> nell’arco di un solo secolo che contrastano con l’andamento rispetto al periodo storico precedente, in cui le concentrazioni pur modificandosi a causa dei cicli astronomici, hanno un andamento con oscillazioni più contenute, prima di prendere un accelerazione finale.

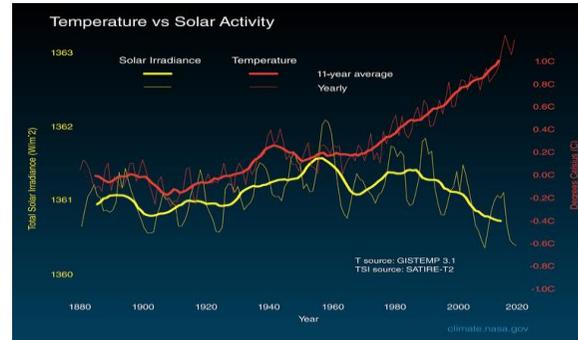
Transizione  
dall'Olocene  
all'epoca più  
recente  
denominata:  
"antropocene".

Se il picco dell'ultima importante glaciazione si è verificato intorno ai 20 mila anni fa, ci si è poi avviati verso una deglaciazione a partire da 12.000 anni fa che ci ha portato gradualmente in un'epoca geologica detta 'Olocene', caratterizzata da un clima più ottimale con un massimo di riscaldamento intorno a 8 mila anni fa (precisamente in un intervallo compreso tra 8 e 5 mila anni fa), noto come "Ottimo Climatico dell'Olocene" che ha permesso all'uomo di diventare da 'nomade' a 'sedentario'.



Proprio durante quest'ultima fase interglaciale la civiltà umana ha avuto una evoluzione rapidissima, grazie allo sviluppo progressivo dell'agricoltura, dell'allevamento e delle attività commerciali. Ciò ha comportato il passaggio dalla preistoria alla storia recente; l'ultimo istante che è rappresentato dall'entrata *nell'antropocene*, che anche per la temperatura (così come i gas serra) presenta una **pendenza termica senza precedenti (linea rossa)** che ci accompagna in una fase di global warming che ormai ha superato i +1.2 °C (Copernicus, 2022), con estremi meteo – climatici caratterizzati da impatti via via più evidenti in molti aree del globo (tra cui l'Europa).

Il riscaldamento è avvenuto nonostante siamo in una fase astronomica di riduzione delle radiazioni solari che ci dovrebbe collocare in un periodo decisamente più fresco, evidenziando ancora una volta come l'aumento della temperatura registrato dal 1880 a oggi attualmente non sia correlato all'attività solare.



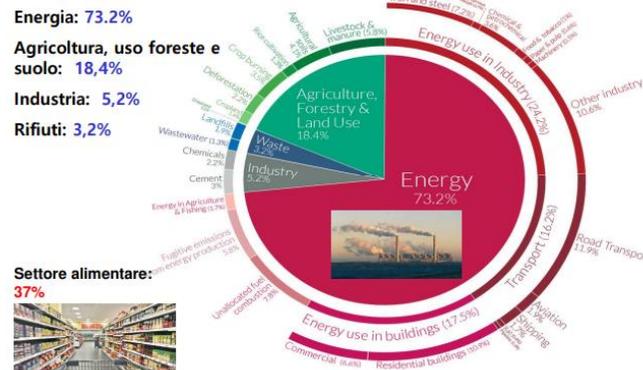
(fonte Nasa, 2020)

L'andamento della radiazione solare mostra come l'aumento della temperatura (linea rossa) registrato dal 1880 a oggi non sia correlato all'attività solare (linea gialla) che infatti presenta un andamento opposto (in calo).

Come possiamo ridurre la concentrazione di GAS serra?

Realmente la riduzione di gas serra (anidride carbonica, metano e biossido di azoto) si può realizzare svoltando il modello di sviluppo che dall'era industriale a oggi è imperniato 'energeticamente' sull'utilizzo dominante delle fonti fossili; solo smettendo di consumare carbone, petrolio e gas naturale (produzione energetica, agricoltura industria, trasporti, ecc.).

### Emissioni globali di gas serra per settore (2016)



OurWorldInData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems. Source: Climate Watch, the World Resources Institute (2020). Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie (2020).

*OurWorldInData.org (fonte: Roberto Barbiero)*

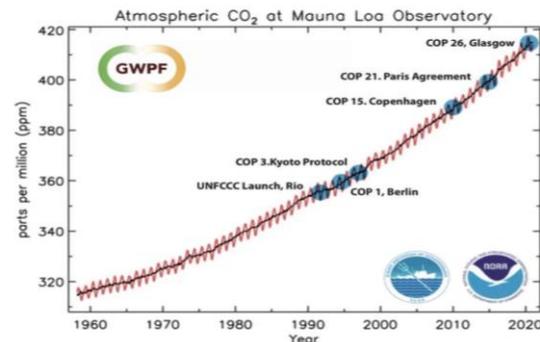
Si dovrà gradualmente transire verso energie più pulite ed efficienti (solare, eolico, ciclo dell'acqua, le maree e le onde, il calore geotermico e le biomasse, l'idrogeno, ecc.), che sono collegate a un minor impatto ambientale e a una riduzione delle emissioni di gas serra climalteranti che vanno ad amplificare l'effetto serra: i **gas serra di origine antropica che vanno a modificare l'effetto serra 'naturale', inducendo un effetto serra 'amplificato'** (legato all'anomalia termica di +1 °C raggiunto nell'ultimo secolo) sono l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), il Metano e (CH<sub>4</sub>) e il Protossido d'Azoto (N<sub>2</sub>O).

Se l'anidride carbonica è legata all'uso dei combustibili fossili, deforestazione e cambio di uso del suolo, l'incremento del metano è connesso all'agricoltura, agli allevamenti e lo sfruttamento di combustibili fossili e biomasse, mentre il protossido di azoto è principalmente legato agli usi agricoli e allevamenti intensivi (fertilizzanti azotati e letame).

In questo contesto è importante anche ridurre la deforestazione e aumentare le aree verdi urbane in quanto le foreste rappresentano veri e propri 'serbatoi-trappola' per la CO<sub>2</sub>, mentre l'incremento del verde nelle città comporta sia un'azione di mitigazione rispetto al riscaldamento in atto, l'isola di calore urbana e l'inquinamento atmosferico.

Quanti GAS serra stiamo emettendo nonostante gli allarmi inascoltati lanciati dalle conferenze sul clima (note come COP) dal 1990 a oggi

### Great Climate Policy Achievements In History



REALITY CHECK: 30 YEARS OF CLIMATE POLICY ACHIEVEMENTS

*Nonostante il succedersi delle conferenze delle parti a partire dal 1990 a oggi (dalla COP 1 alla penultima COP 26 di Glasgow) che hanno evidenziato le criticità legate all'utilizzo delle fonti fossili dal secolo scorso, le emissioni sono aumentate costantemente non evidenziando alcun segnale di riduzione.*

**Al momento, emettiamo ben 40 miliardi di tonnellate di gas serra all'anno e siamo verso un significativo aumento medio della temperatura rispetto ai livelli del 1880** (rapporto del gruppo intergovernativo di esperti in cambiamenti climatici - IPCC).

Infatti tra il 1850 e 2019, sono state già emesse 2.400 miliardi di tonnellate di carbonio di origine antropica tenendo conto che se si vuole rimanere entro 1,5 gradi ne rimangono a disposizione 400-500 miliardi (che si possono emettere fino al 2050).

IL LOCKDOWN ci ha aiutato a ridurre i GAS serra?

Se il *lockdown* è stato accompagnato localmente e nel breve periodo da un evidente miglioramento ambientale, tuttavia questo non ci ha aiutato più di tanto a livello globale: infatti il rallentamento dell'economia provocato dal Covid-19 non ha ridotto l'incremento della CO<sub>2</sub> e altri gas serra legati alle fonti energetiche 'fossili' che non hanno subito importanti modifiche rispetto a quelle rinnovabili.

La quantità nell'atmosfera (OMS) che era di 400 parti per milione nel 2015 ha superato ormai le 413 ppm nel 2020, raggiungendo nell'ultima estate il record di 419 ppm.

Perché il livello  
attuale dei GAS  
SERRA preoccupa?

Importantissimo sottolineare come questo andamento crescente di CO2 sia da tenere sotto controllo, in quanto emerge che l'ultima volta che la Terra ha sperimentato concentrazioni così alte è stato ben 3-5 milioni di anni fa, quando la temperatura era di oltre 3 gradi più calda e il livello del mare era più elevato di quello attuale" di ben 15- 20 metri e i Poli presentavano rigogliose foreste.