

CICLONI POLARI IN UN MONDO SEMPRE PIÙ CALDO

Gianni Comini

CISM - Dipartimento di Energia e Ambiente

Piazza Garibaldi 18 - 33100 Udine

gianni.comini@cism.it

5 febbraio 2023

1 Ondate di freddo e riscaldamento globale

L'estate 2022 è stata la più calda di sempre in tutto il Mondo e anche l'autunno 2022 è stato particolarmente mite nell'Emisfero Nord ma, improvvisamente, nel periodo natalizio il ciclone polare Elliot ha portato una eccezionale ondata di freddo in Canada e nel Nord-Est degli Stati Uniti. Le temperature sono scese, in poche ore, di diverse decine di gradi Celsius, la pressione atmosferica è diminuita di una trentina di millibar (millesimi di atmosfera), mentre bufere di neve, gelate e forti venti hanno reso difficile la vita dei residenti nelle zone colpite. Infatti, oltre 100 milioni di persone hanno dovuto affrontare interruzioni nel traffico aereo e nell'erogazione dell'energia elettrica, difficoltà nei rifornimenti anche alimentari e, ovviamente, strade ghiacciate e molto pericolose.

Dal punto di vista della distribuzione delle temperature al suolo, l'istantanea della situazione tra il 22 e il 23 dicembre, riportata nella Figura 1, mostra Chicago nell'occhio del ciclone, con l'aria fredda artica che si dirige verso la regione dei Grandi Laghi e spinge davanti a sé l'aria relativamente calda che staziona in quella zona.

A distanza di un paio di settimane da Elliot, i cicloni polari hanno raggiunto prima i Paesi dell'Europa Sud-Occidentale, Italia inclusa, e poi l'Asia Orientale dove si sono raggiunte le temperature più basse in assoluto. Infatti, a Yakutsk, in Siberia, la temperatura ha sfiorato i -63°C , mentre nella vicina Mohe, la città più a nord della Cina, si è arrivati a -53°C . Dopo aver attraversato la Russia e la Cina, l'aria polare ha portato temperature molto basse anche a nord del Giappone (-25°C a Hokkaido), e in Corea.

In Italia, con una certa enfasi, alcuni siti meteo come quello nella Figura 2 a sinistra, hanno assegnato al ciclone polare di metà gennaio 2022 il nome "Thor", il dio germanico di folgori, tuoni e tempeste. D'altra parte anche il nostro Thor, pur meno intenso di Elliot e dei cicloni polari asiatici, è stato caratterizzato dall'arrivo di aria fredda di origine artica, come si può vedere chiaramente dalla distribuzione delle isobare riportata nella Figura 2 a destra.

A questo punto, però, è lecito chiedersi come, con temperature medie in deciso aumento in tutto il Mondo, siano ancora possibili ondate di freddo intenso ed a questa domanda

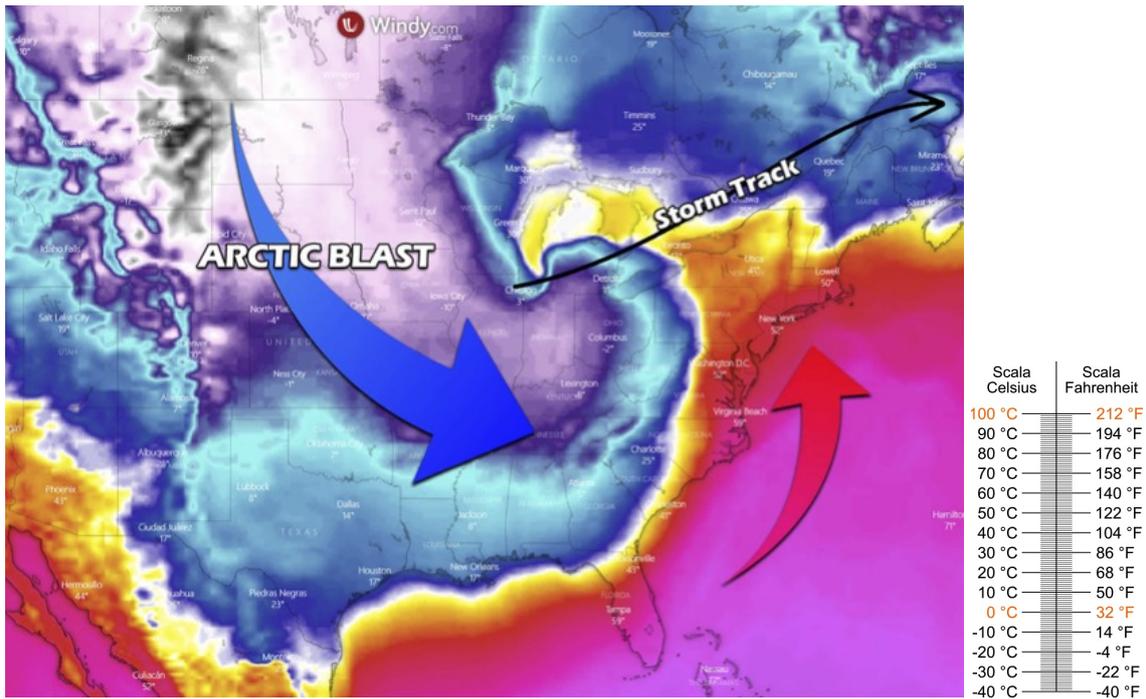


Figura 1: Distribuzione delle temperature al suolo in Canada e Negli Stati Uniti tra il 22 e il 23 dicembre 2022 durante il ciclone polare Elliot. Degne di nota sono la minima di -33 gradi Fahrenheit ($-33^{\circ}\text{F} \approx -34^{\circ}\text{C}$) nel Montana, e la massima di $59^{\circ}\text{F} \approx 15^{\circ}\text{C}$ in Florida. [Global Weather]

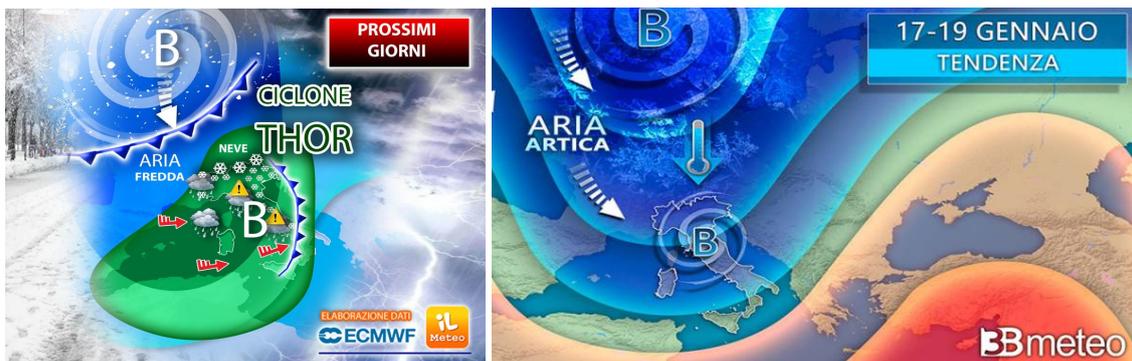


Figura 2: Situazione meteorologica a metà gennaio 2023. A sinistra, l'annuncio dell'arrivo di un ciclone polare al quale è stato dato il nome di Thor. A destra la distribuzione delle isobare, a forma di Ω (omega maiuscola) rovesciata, con l'Italia al centro della saccatura del ciclone e due anticicloni nei promontori laterali.



Figura 3: Situazione meteorologica in Italia nell'estate del 2022. La configurazione delle isobare con l'anticiclone nord-africano al centro ed i due cicloni laterali richiama la lettera greca Ω (omega maiuscola).

si cercherà di rispondere nel seguito. (Si può già anticipare, tuttavia, che non si darà credito alle interpretazioni strumentali di chi, ancora oggi, si ostina a negare il cambiamento climatico pur di continuare nell'utilizzo indiscriminato e, quasi sempre, non disinteressato delle fonti fossili. Celebre, a questo proposito, è il tweet di Donald Trump del 23 aprile 2013: "Si gela a New York - dove diavolo è andato il riscaldamento globale?")

2 Anticicloni tropicali e cicloni polari

Nell'analisi conviene partire dalle considerazioni svolte nel post: "Le Correnti a Getto nelle Estati Calde", relativo agli anticicloni tropicali che si sono succeduti nell'estate 2022. Con riferimento all'Italia, tali considerazioni possono essere sintetizzate nella Figura 3, qui ripetuta per convenienza.

Nell'estate del 2022 abbiamo dovuto familiarizzare, per lunghi periodi, con lo stabilirsi di configurazioni stazionarie "ad omega" della corrente a getto polare, accompagnate dagli avanzamenti verso nord della corrente a getto sub-tropicale e dell'anticiclone africano. In queste configurazioni, ben rappresentate nella Figura 3, l'area di alta pressione e l'anticiclone africano erano insediate nel promontorio al centro, mentre le due sacature laterali, con le relative aree di bassa pressione, erano occupate da cicloni provenienti dall'Islanda ad ovest e dalla Siberia ad est.

A questo punto, si può osservare che la situazione invernale, rappresentata nella Figura 2 a destra è, sostanzialmente, l'immagine speculare della situazione estiva rappresentata nella Figura 3. Poiché la corrente a getto polare segna il confine tra le aree fredde a nord e le aree calde a sud, ciò significa che la zona di Mediterraneo in cui si trova l'Italia

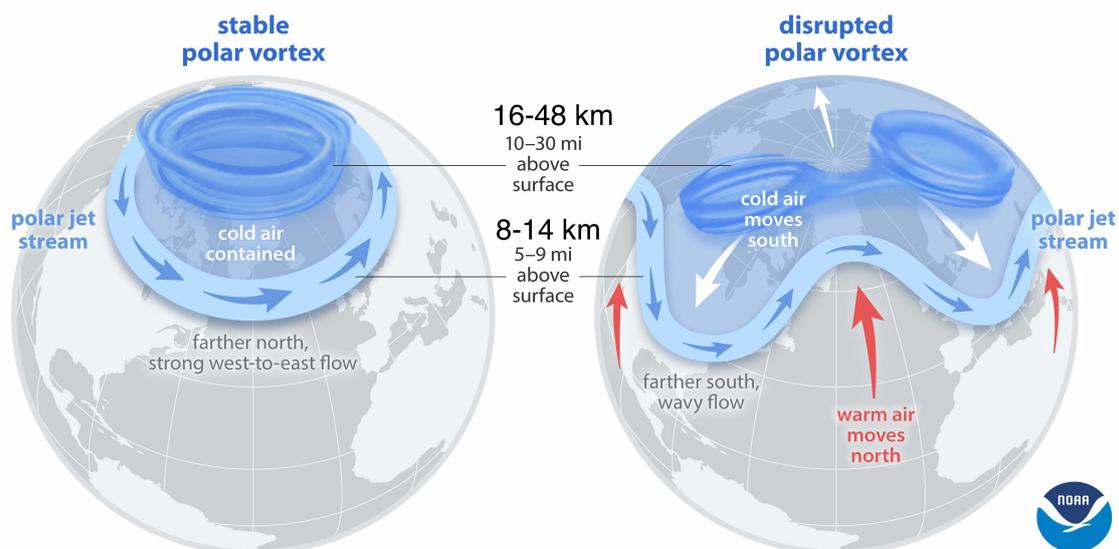


Figura 4: Vortice polare. A sinistra: durante l’inverno, nelle condizioni normali, il vortice polare è stabile e ruota nella stratosfera ad una quota superiore a quella della corrente a getto polare che è confinata nella troposfera. A destra: il vortice polare può destabilizzarsi innescando nella corrente a getto polare delle oscillazioni che portano fin alle medie latitudini, le masse d’aria fredda contenute nelle saccature e, per compenso, fanno risalire fino alla regione artica le masse d’aria tiepida contenute nei promontori.

può collocarsi, alternativamente, a sud (d’estate) ed a nord (d’inverno) di tale confine e, quindi, è soggetta ad ondate sia di caldo torrido sia di freddo intenso.

Invece, per quanto riguarda i meccanismi che determinano l’alternarsi delle ondate di caldo e freddo, va detto che, in passato, si era tentata una spiegazione comune per entrambi gli estremi. Poiché il cambiamento climatico accentua l’indebolimento della corrente a getto polare durante l’estate, aprendo così la via all’instaurarsi degli anticicloni tropicali estivi, si era ipotizzato che il cambiamento causasse un indebolimento della corrente a getto polare anche durante l’inverno, favorendo l’instaurarsi di cicloni polari alle medie latitudini.

Se però tale ipotesi fosse stata confermata, avremmo dovuto registrare un aumento progressivo nella frequenza di cicloni polari mentre, secondo l’ultimo rapporto dell’IPCC “è certo che, dal 1950 ad oggi, vi è stata una riduzione nel numero di giorni e notti fredde a livello globale”. Occorre quindi avanzare altre spiegazioni come si farà nel seguito.

2.1 Vortice polare

Secondo la maggioranza dei climatologi, le ondate di freddo intenso alle medie latitudini nell’emisfero nord sono associate alla destabilizzazione del vortice polare, ovvero della massa di aria stratosferica molto fredda che, durante l’inverno ruota sopra l’Artico. (Un secondo vortice polare, che qui non interessa, ruota nella stratosfera sopra l’Antartico e condiziona il tempo nell’emisfero sud).

Il vortice polare, si forma solo durante l'inverno quando, a causa dell'inclinazione del Sole, ben pochi raggi raggiungono l'Artico. Durante l'estate, invece il vortice polare si indebolisce fino a sparire perché, con le temperature uniformemente elevate, le differenze di pressione nella stratosfera si attenuano. Nelle condizioni invernali normali, schematizzate nella Figura 4 a sinistra, il vortice polare è stabile e ruota nella stratosfera nello stesso senso antiorario ma ad una quota superiore a quella della corrente a getto polare, che è confinata alla troposfera. Pertanto, il vortice e la corrente a getto polari agiscono di conserva ma a quote diverse e, senza interferire, formano una specie di barriera che mantiene l'aria fredda nella regione artica.

Talvolta, però, il vortice polare si destabilizza come schematizzato nella Figura 4 a destra e, in questi casi, può interferire con la corrente a getto polare innescando le oscillazioni di quest'ultima nella troposfera. Tali oscillazioni portano a sud, fin alle medie latitudini, le masse d'aria fredda contenute nelle saccature e, per compenso, fanno risalire a nord fin nella regione artica le masse d'aria tiepida contenute nei promontori. Di conseguenza, le temperature dell'aria nella regione artica possono salire molto rapidamente, mentre le temperature nelle aree esposte alle masse d'aria artica possono scendere anche di decine di gradi Celsius in poche ore.

Successivamente, i cicloni polari così generati permangono per diversi giorni fino a che il vortice polare non si stabilizza di nuovo. (L'alternarsi invernale delle fasi normale e destabilizzata del vortice polare prende il nome di Oscillazione Artica e, come si è constatato, condiziona fortemente l'evolversi della situazione meteorologica).

Data l'importanza del processo di destabilizzazione, può essere interessante analizzare in dettaglio la sua genesi, facendo riferimento agli schemi di Figura 5. Per capire la figura, va osservato che, durante l'inverno, la stratosfera non è un luogo tranquillo poiché le differenze di pressione in quota non mancano. In particolare la pressione al suolo è bassa nelle vicinanze dell'Equatore, dove l'aria più calda e meno densa tende a salire dando origine ad una convergenza in basso e, per continuità, ad una divergenza in alto. Per contro, la pressione al suolo è alta nelle vicinanze del Polo Nord, dove l'aria più fredda e più densa tende a scendere dando origine a una divergenza in basso e, per continuità, a una convergenza in alto. Il risultato finale è una differenza di pressione ad alta quota tra Equatore e Polo Nord.

Ciò premesso, si può osservare che, talvolta, nella troposfera si hanno delle perturbazioni intense alle medie latitudini che fanno arrivare alla stratosfera aria tiepida (indicata dai pallini rossi). A causa della differenza di pressione (ad alta quota) tra Equatore e Polo Nord, l'aria tiepida tende a spostarsi verso nord ed a mescolarsi con l'aria fredda (indicata dai pallini blu) del vortice polare fino, in casi estremi, a destabilizzare completamente il vortice stesso. Dal vortice polare l'instabilità si propaga in basso alla corrente a getto polare e, alla fine, la regione artica è invasa dall'aria tiepida mentre l'aria artica, scacciata dal Polo Nord, arriva alle medie latitudini.

2.2 Possibili cause di destabilizzazione

A questo punto il problema si è spostato sull'analisi delle perturbazioni nella troposfera abbastanza intense da far arrivare aria tiepida nella stratosfera. Alcuni climatologi hanno posto l'accento sul fatto che, a causa dell'aumento della temperatura media globale, le

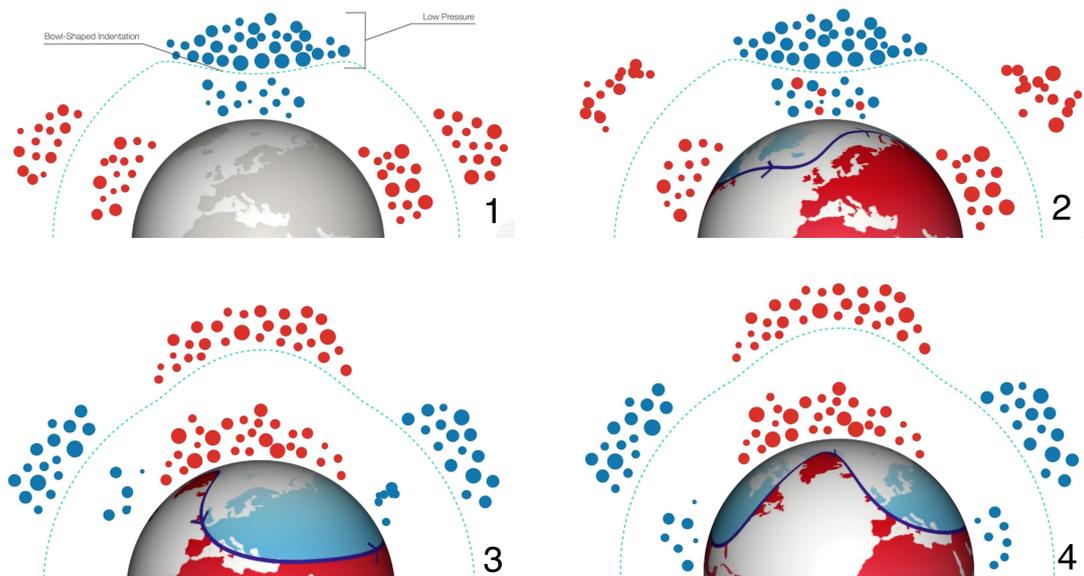


Figura 5: Fasi della destabilizzazione: (1) un'instabilità alle medie latitudini manda aria tiepida (pallini rossi) nella stratosfera; (2) l'aria tiepida si sposta verso nord spinta dalla differenza di pressione (ad alta quota) tra Equatore e Polo Nord; (3) l'aria tiepida sostituisce l'aria fredda (pallini blu) del vortice polare destabilizzandolo; (4) situazione finale con aria tiepida al polo e aria artica alle medie latitudini *VAR*.

perturbazioni troposferiche sono caratterizzate da un'energia che cresce di anno in anno. Di conseguenza le perturbazioni troposferiche sono caratterizzate da probabilità crescenti di approdo, sia pur marginale, nella stratosfera. Una volta arrivata alla stratosfera, l'aria tiepida delle medie latitudini può, come si è detto, raggiungere il Polo Nord seguendo il percorso illustrato nella Figura 5 e qui destabilizzare il vortice polare. Secondo tale interpretazione, quindi, il cambiamento climatico sarebbe il responsabile primo, anche se indiretto, dei cicloni polari.

Altri climatologi e tra essi, come si è visto, gli estensori dei più recenti rapporti dell'I-PCC pensano che non vi siano sufficienti evidenze per invocare destabilizzazione esterne e che, più probabilmente, il vortice polare si destabilizzi per "cause interne". (Tradotto dal linguaggio tecnico, ciò significa che "non si sa ancora abbastanza" e che le destabilizzazioni sono casuali e imprevedibili come, ad esempio, l'evolversi a lungo termine delle situazioni meteorologiche).

Dal punto di vista pratico, tuttavia, le cause della destabilizzazione non influenzano le previsioni meteorologiche a medio termine: la destabilizzazione del vortice polare, rilevabile con il monitoraggio delle temperature nella stratosfera artica, precede sempre di diversi giorni i cicloni polari e, di conseguenza, i riscaldamenti improvvisi della stratosfera artica (SSW - Sudden Stratospheric Warming) sono un segnale inconfondibile dell'arrivo di un ciclone polare alle medie latitudini.

Un ulteriore gruppo di climatologi, invece, ammette che il cambiamento climatico sia concausa ma non causa unica delle destabilizzazioni del vortice polare e, quindi, è alla ricerca di altre possibili spiegazioni. Le più citate tra esse sono le influenze delle

oscillazioni di temperatura superficiale degli Oceani. L'accoppiamento tra queste oscillazioni e le oscillazioni di temperatura dell'aria sovrastante potrebbe essere sufficiente per far arrivare masse di aria calda nella regione artica che, senza passare per la stratosfera, destabilizzerebbero insieme la corrente a getto polare e il vortice polare.

(Gli esempi di oscillazioni certamente non mancano. Per citare i più noti, abbiamo:

- la oscillazione meridionale ENSO associata a El Niño, ovvero la “El Niño-Southern Oscillation”, il fenomeno climatico che, in corrispondenza all'America Latina, induce un forte riscaldamento delle acque dell'Oceano Pacifico Centro-Meridionale e Orientale nei mesi di dicembre e gennaio all'incirca ogni cinque anni ed è poi seguito da una fase fredda conosciuta come La Niña;
- l'Oscillazione Pacifica Decennale PDO della temperatura superficiale che consta di due fasi, una calda ed una fredda, che si ripetono ad intervalli di circa dieci anni, riscaldando e raffreddando la costa occidentale nord-americana e la parte centrale del Pacifico;
- l'Oscillazione Atlantica Multidecennale AMO che interessa la zona dell'Oceano Atlantico compresa tra la Groenlandia e l'equatore.)

In questo modo, quindi, si giustificherebbero gli eventi nei quali si sono avuti cicloni polari senza il pre-allarme rappresentato dal riscaldamento improvviso della stratosfera artica. Ovviamente le diverse ipotesi lasciano ben poche certezze: tra esse, però, vi è il fatto che non sono possibili cicloni polari senza una destabilizzazione, preliminare o simultanea, del vortice polare.

Bibliografia

AER, *How Arctic Amplification Affects the Polar Vortex*, YouTube, visto il 30 gennaio 2023.

C.D. Ahrens e R. Henson, *Meteorology Today - An Introduction to Weather, Climate and the Environment -13^a ed.*, Cengage, Boston, Ma., 2022.

J. Coen, K. Pfeiffer e J.A. Francis, *Warm Arctic episodes linked with increased frequency of extreme winter weather in the United States*, Nature Communications, vol. 9, articolo 869, 2018.

J. Coen e altri, *Arctic climate change and possible influence on mid-latitude climate and weather*, NASA Public Access, US CLIVAR Rep. 2018.

G. Comini, *Le Correnti a Getto nelle Estate Calde*, CISM - Area download, Udine, 2023.

H. Fountain, *What Is the Polar Vortex? And Other Cold-Weather Climate Questions*, New York Times, 22 dicembre 2022.

M. Ives e J. Yoon, *Asia Has Had a Really Cold Month, Courtesy of the Polar Vortex*, New York Times, 27 gennaio 2023.

L. Lindsey, *Understanding the Arctic polar vortex*, NOAA Climate.gov, visto il 18 gennaio 2023.

Meteo Expert, *Manuale di Meteorologia*, Alpha Test, Milano, 2019.

Met Office, *Blocking Weather Patterns*, [https://www.youtube.com/watch?v=Fr2EmBYDK_8], visto il 19/11/2022.

T. Woollings, *Jet Stream - A Journey Through our Changing Climate*, Oxford University Press, Oxford, 2020.