



Think before you print

Numero 10 Anno 2022



# Newsletter

---

## SOMMARIO

EDITORIALE.....	2
FLASH NEWS.....	4
IN LIBRERIA.....	7
IN PRIMO PIANO.....	10
ARTICOLO.....	14
NON SOLO ATMOSFERA.....	18
APPROFONDIMENTO.....	23
BULLETIN OF ATMOSPHERIC SCIENCE AND TECHNOLOGY.....	29
SEZIONE PROFESSIONISTI.....	30
LA PROCLAMO DOTTORE.....	31
IN RICORDO DI.....	39
QUATTRO CHIACCHIERE CON.....	40
I NOSTRI SOCI COLLETTIVI.....	46

## COMITATO EDITORIALE

### **Brunetti Michele**

Barbiero Roberto

Davolio Silvio

Farina Sofia

Lussana Cristian

Marsigli Chiara

Salvati Marta Rosa

Tomassetti Barbara

Contatto: [newsletter@aisam.eu](mailto:newsletter@aisam.eu)

---

## EVENTI AISAM

- 18 giugno 2022 – **Assemblea Soci AISAM** (da remoto)
- 21-22 giugno 2022 – **Seconda Conferenza Nazionale sulle Previsioni Meteorologiche e Climatiche** – Bologna.

---

## NUOVI SOCI

AISAM è lieta di dare un caloroso benvenuto ai **nuovi soci individuali**:

*Fabio BELLACANZONE, Giulio BONGIOVANNI, Andrea CHINI, Massimo CRESPI, Gianluca FERRARI, Laura LEGNANI, Massimiliano MORUCCI*

e ai nuovi **soci collettivi**

*Fondazione Museo Civico di Rovereto, LaMMA.*

Ad oggi l'Associazione conta **4** soci onorari, **294** soci individuali, **22** soci collettivi.

---

## QUOTE SOCIALI



Ricordiamo che è possibile rinnovare la quota sociale mediante **bonifico** (IBAN: IT23X0200801804000104607581), utilizzando in modo sicuro **paypal** o **carta di credito**.

Il servizio è disponibile sul sito di AISAM alla pagina:

<https://www.aisam.eu/pagamento-quota-sociale.php>

Le quote sociali e le istruzioni per il rinnovo sono disponibili alla pagina:

<https://www.aisam.eu/come-si-diventa-soci.html>

## EDITORIALE

Care Socie, cari Soci,

questo è l'editoriale che mai avremmo voluto, e mai avremmo immaginato di dover scrivere.

L'improvvisa, prematura scomparsa dell'amico, prima ancora che collega, prof. Frank Marzano ha colto tutti noi impreparati, lasciando un vuoto profondo, nel quale non possiamo che sentirci tutti smarriti.



Il suo percorso nell'ambito della meteorologia ha radici lontane. Con un solido background in ingegneria elettronica delle telecomunicazioni, verso la metà degli anni '90 iniziò a muovere i primi passi nel mondo della meteorologia aquilana. In quegli anni il Prof. Guido Visconti stava strutturando un'area meteo-idrologica all'interno del Parco Scientifico della Regione Abruzzo. Chi all'epoca lavorava in quel gruppo ebbe modo di incontrare il giovane Marzano entrare con garbo e discrezione nella vita del gruppo, portando competenze nuove. Quando l'avventura del Parco Scientifico si concluse, iniziò a prendere forma l'avventura ancora più grande del CETEMPS. Nel 2001 il Prof. Visconti rispose ad un bando del MIUR per l'istituzione di un Centro di Eccellenza per integrazione di tecniche di Telerilevamento e Modellistica numerica per la Previsione degli eventi meteorologici Severi. I responsabili delle 4 linee fondanti erano i professori Visconti, Ferretti, Marzano e Ciotti. Il progetto fu finanziato dal MIUR ed iniziò un percorso durato 21 anni, costellato di avventure scientifiche e

didattiche. Frank era il responsabile della linea telerilevamento, ed ha affiancato la direzione (come vicedirettore) fino al 2013. Grazie alla sua ineguagliabile capacità di 'fare rete' divenne negli anni sempre più parte portante del CETEMPS, tanto che, quando si trattò di trovare il successore del prof. Visconti alla Direzione, non ci furono dubbi su chi nominare. Così nel 2013 Frank divenne Direttore del CETEMPS rimanendo in carica fino alla sua recente scomparsa. La prof. Ferretti lo affiancò come vicedirettrice fino al 2015, quando ottenne un anno sabbatico. Da quel momento iniziò una interazione altamente positiva culminata con il progetto della Laurea Magistrale in Atmospheric Science and Technology (LMAST). Durante questi anni, la sua inestimabile attitudine manageriale e la sua ineguagliabile capacità di intessere relazioni ha portato il CETEMPS ad essere un centro riconosciuto a livello nazionale ed internazionale con fondi provenienti da progetti e convenzioni sia con enti di ricerca che con enti operativi. Il suo entusiasmo trainante e il suo instancabile attivismo è stato il motore del CETEMPS.

In quegli stessi anni iniziò a muovere i primi passi il progetto della LMAST. La caparbietà nel portare



avanti il progetto, nonostante varie difficoltà, è stato il collante che ha unito i proponenti in quella che è stata una vera battaglia. Sei anni sono stati necessari per coordinare e coinvolgere le Università di Roma e dell'Aquila ed infine ottenere l'approvazione ministeriale. Un'avventura entusiasmante e



sfiante, ma nella quale Frank non ha mai avuto una battuta di arresto.

Così anche nella crescita di AISAM Frank ha svolto un ruolo fondamentale. Nella veste di revisore dei conti, designato dall'Assemblea dei Soci, ha sempre fattivamente partecipato alle sedute del Consiglio Direttivo, portando, con discrezione e con intelligenza, idee, pareri e suggerimenti. Animatore instancabile delle Giornate Mondiali della Meteorologia, ha sempre contribuito in maniera originale anche ai Congressi Nazionali AISAM e alle varie edizioni del Festivalmeteorologia.

In tutto ciò che ha fatto, Frank ha portato il suo stile garbato e il suo tratto signorile, la sua capacità di mediare, e di stabilire e promuovere relazioni positive, l'attitudine a guidare senza comandare, ma incoraggiando e motivando ciascuno.

Ci manchi immensamente Frank. Ci conforta solo il patrimonio di esempi e di risultati che ci hai lasciato, assieme alla certezza che è stato un privilegio averti conosciuto, e aver potuto percorrere un tratto di strada con te.

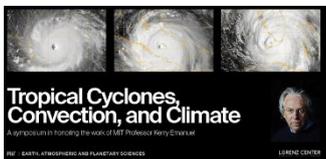
Buon viaggio, Frank: sarai sempre con noi.



*(Rossella Ferretti, Dino Zardi)*

## FLASH NEWS

### UN SIMPOSIO IN ONORE DEL PROF. KERRY EMANUEL



Kerry Emanuel, famoso professore del Massachusetts Institute of Technology (MIT), ha apportato contributi di fondamentale importanza allo studio del clima e della meteorologia. È noto in particolare per le ricerche e gli importanti risultati riguardanti i cicloni tropicali, la convezione, e la meteorologia tropicale. Il simposio in suo onore, che si terrà presso il MIT il 21-22 giugno, vuole dare risalto, attraverso numerose presentazioni ad invito, ai progressi nei campi scientifici in cui l'influenza di Kerry Emanuel è stata determinante. Oltre allo straordinario livello scientifico, anche la capacità comunicativa di Kerry Emanuel ha portato le sue conoscenze ben al di fuori dell'ambito accademico, nell'ambito del rischio associato ai cambiamenti climatici e all'aumento dell'intensità degli uragani. Si è reso infine protagonista anche nella meteorologia del Mediterraneo, avendo coniato, in un articolo del 2005, il nome "Medicane - Mediterranean Hurricane" per descrivere alcuni cicloni mediterranei che per aspetto, intensità e processi fisici hanno molte affinità con i cicloni tropicali.

Info e registrazione all'evento:

<https://www.eventbrite.com/e/tropical-cyclones-convection-and-climate-kerry-emanuel-symposium-2022-registration-333889330977>

- una campagna di misura sul campo di cui faranno parte;
- un'escursione ai crateri dell'Etna;
- laboratori che utilizzano software professionali applicati a dati reali;
- possibilità di presentare la propria ricerca agli altri partecipanti e ai docenti.

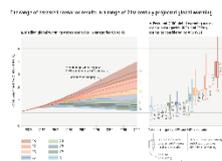
Ulteriori informazioni al sito:

<http://www.cvctrainingschool.org/school/>

Registrazione:

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSc0UbWpaMX6DZEIzK3POnXeFxyBtfo4oTX9nsRZMOpDjHP9A/view\\_form](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSc0UbWpaMX6DZEIzK3POnXeFxyBtfo4oTX9nsRZMOpDjHP9A/view_form)

### MITIGAZIONE DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO



È stato pubblicato il 4 aprile il terzo volume del sesto rapporto IPCC, che presenta l'aggiornamento a livello globale del progresso nelle misure di mitigazione del cambiamento climatico e le valutazioni degli accordi e impegni nazionali in termine di riduzione delle emissioni.

Sono disponibili il Sommario per i decisori politici (37 pagine), il Riassunto tecnico (96 pagine), e il Report completo (oltre 3500 pagine), che riportano il lavoro di 278 autori sulle possibilità di riduzione delle emissioni del settore energetico, industriale, agricolo, dei trasporti, oltre che sui meccanismi economici, politici e sociali che possono favorire le politiche di mitigazione e riduzione.

Consulta il rapporto al seguente link:

<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>

### SEVENTH TRAINING SCHOOL ON CONVECTIVE AND VOLCANIC CLOUDS (CVC)



La settima scuola di formazione sulle Nubi Convettive e Vulcaniche (CVC) si terrà a Nicolosi, in Sicilia, alle pendici del vulcano Etna, dal 5 al 13 settembre 2022.

La scuola di formazione è supportata e organizzata da ricercatori dell'Università di Padova, dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) e parte dei progetti H2020 SESAR ALARM e SINOPTICA.

Durante la scuola CVC 2022 non solo verranno approfonditi molti argomenti, ma si fornirà ai partecipanti anche un valore aggiunto dato da:

### COPERNICUS CLIMATE CHANGE SERVICE PUBBLICA LO STATO DEL CLIMA EUROPEO 2021



Copernicus pubblica lo *European State of the Climate* (ESOTC) per il 2021. Il primo ESOTC pubblicato da Copernicus è stato nel 2017, e da allora questa pubblicazione ha sempre fornito una relazione annuale dei principali eventi meteorologici e una valutazione dei cambiamenti climatici basata su fonti autorevoli e di grande qualità. Come sempre, Copernicus riassume le informazioni chiave in modo eccellente e rende disponibili

i dati scientifici in formati grafici originali e che si prestano, ad esempio, alle esigenze della divulgazione.

Consulta il rapporto al seguente link:

<https://climate.copernicus.eu/esotc/2021>

---

## METEOROLOGIA E CLIMA DEL MEDITERRANEO: MOLTE CONFERENZE IN PROGRAMMA



Nei prossimi mesi saranno diversi gli appuntamenti dedicati allo studio del clima e della meteorologia del

Mediterraneo. Si inizia a fine giugno ad Atene con il Workshop (dal 27 al 29) e la Training School (dal 27 giugno al 2 luglio) organizzati dall'azione *COST MedCyclones* interamente dedicata allo studio dei cicloni Mediterranei e dei loro impatti. A ottobre, ben due appuntamenti. Il network internazionale *MedCLIVAR* organizza a Marrakesh dal 4-8 ottobre la sua conferenza biennale; dal 18-21 sarà la volta della *17th Plinius Conference on Mediterranean Risks*, quest'anno ospitata in Italia a Frascati, e organizzata dai colleghi di ISAC-CNR. E per maggio 2023 è in cantiere un appuntamento italiano della conferenza internazionale *MetMed*, ospitato dall'Università di Genova e co-organizzato da AISAM.

Ecco i link:

*COST Action MedCyclones*: <https://medcyclones.utad.pt/>

*Conferenza MedCLIVAR*: <http://www.medclivarconf.eu/>

*17th Plinius Conference on Mediterranean Risks*:  
<https://meetings.copernicus.org/plinius17/home.html>

---

## UNA APP PER CONOSCERE E RICONOSCERE LE NUBI



La "Cloud Appreciation Society" è un'associazione fondata nel 2005 da Gavin Pretor-Pinney e che raccoglie tutte le persone che amano osservare il cielo ed in particolare le nubi, considerate come l'aspetto più

dinamico, evocativo e poetico della natura. Sul sito della società <https://cloudappreciationsociety.org/> è raccolto diverso materiale e soprattutto bellissime foto. È stata recentemente sviluppata e rilasciata una app che permette di intraprendere un bel viaggio tra le nubi. Oltre a contenere una libreria con foto e descrizione dei

principali tipi di nubi e degli effetti ottici, mette a disposizione uno strumento basato sull'intelligenza artificiale che aiuta a riconoscere il tipo di nuvola che stiamo osservando in cielo. Rispondendo ad alcune domande, oppure caricando una fotografia, il "Cloud Identifier" identificherà la nube osservata (fornendo anche il grado di confidenza). La app si chiama *Cloud-a-day* ed è disponibile per Android e Apple.

---

## IL NUOVO SATELLITE COPERNICUS SENTINEL-6A PER MONITORARE L'INNALZAMENTO DEL LIVELLO DEL MARE



L'innalzamento dei mari è una preoccupazione globale urgente. Come nuova missione di riferimento altimetrico,

il satellite Copernicus Sentinel-6A è fondamentale per monitorare l'innalzamento del livello del mare. Lanciato 18 mesi fa, i dati di Sentinel-6A vengono ora inseriti nel catalogo di Copernicus Marine.

Da marzo 2022, il Copernicus Sentinel-6 ha preso il posto del suo predecessore Jason 3 come missione di riferimento altimetrico. Sentinel-6A è ottimizzato per il monitoraggio del clima oceanico e fornirà i dati più precisi al mondo sul livello del mare. Con questo passo importante, Sentinel-6A garantirà la continuità del record ormai trentennale del livello medio marino misurato da satellite e sarà utilizzato per calibrare in modo incrociato il livello del mare e le misurazioni delle onde da tutte le altre missioni di altimetria satellitare in tutto il mondo.

Maggiori dettagli al link:

<https://www.eumetsat.int/science-blog/sentinel-6-reveals-clues-about-climate-hidden-ocean>

---

## EPISODIO "STORICO" DI POLVERE DEL SAHARA NELL'EUROPA OCCIDENTALE: PREVISIONI CAMS ACCURATE



Tra il 15 e il 17 marzo 2022 l'Europa sudoccidentale ha vissuto un eccezionale episodio di polvere del Sahara, che ha trasformato i cieli di tutta la regione in arancione. Il servizio di monitoraggio dell'atmosfera di Copernicus (CAMS) ha previsto che questo trasporto su larga scala di polvere del Sahara si sarebbe spostato verso nord, in molte parti dell'Europa

occidentale e centrale, con concentrazioni di polvere più elevate nell'atmosfera che si sarebbero estese più a nord, portando cieli nebbiosi fino a Gran Bretagna e Danimarca. Le concentrazioni sono le più alte mai registrate sulla base delle misurazioni di diverse stazioni in Spagna, secondo il Barcelona Dust Center.

All'inizio della settimana le previsioni del CAMS hanno mostrato concentrazioni molto elevate di particolato grossolano (PM10) nell'Africa settentrionale e nella penisola iberica. La regional ensemble analysis di CAMS aveva previsto sulla Spagna concentrazioni che raggiungono i 650 µg/m<sup>3</sup>, con alcuni dei singoli modelli regionali dell'ensemble che prevedevano valori prossimi a 2000 µg/m<sup>3</sup>.

Ciò è stato confermato dall'analisi del Barcelona Dust Center con i dati del Ministero spagnolo per la transizione ecologica e dell'Agenzia europea dell'ambiente EEA.

Maggiori dettagli link:

<https://marine.copernicus.eu/news/new-copernicus-satellite-how-sentinel-6-will-improve-ocean-monitoring>

---

## LE EMISSIONI IN ATMOSFERA E CARATTERIZZAZIONE DEL SISTEMA ENERGETICO NAZIONALE



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Il 14 aprile si è svolto il webinar dedicato alla presentazione dei dati e

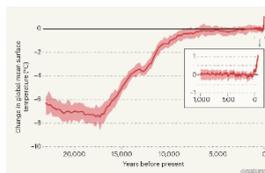
delle informazioni sullo stato emissivo con un approfondimento sull'efficienza energetica nel nostro paese. Nel 2020 le emissioni di gas serra diminuiscono del 27% rispetto al 1990, passando da 520 a 381 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> e dell'8,9% rispetto al 2019, grazie alla crescita negli ultimi anni della produzione di energia da fonti rinnovabili (idroelettrico ed eolico), all'incremento dell'efficienza energetica nei settori industriali e alla riduzione dell'uso del carbone, ma anche alla pandemia da COVID-19 che ha portato, due anni fa, ad un periodo di blocco delle attività.

I video del webinar e molte altre informazioni sono disponibili al seguente link:

<https://www.isprambiente.gov.it/it/events/le-emissioni-in-atmosfera-e-caratterizzazione-del-sistema-energetico-nazionale>

---

## LA PRIMA RIANALISI GLOBALE SU 24.000 ANNI



Uno studio di grande importanza è stato pubblicato su Nature alcuni giorni fa.

Rappresenta la prima rianalisi globale di temperatura su oltre 20mila anni. Un metodo in cui viene utilizzato un modello continuamente guidato da dati osservati, in questo caso i dati paleoclimatici, unendo le due branche della paleoclimatologia, quella che si basa sui dati indiretti dagli anelli degli alberi o dalle carote di ghiaccio, ad esempio, con quella che utilizza i modelli climatici.

È una nuova frontiera per lo studio del clima passato.

Una delle conclusioni è una conferma più robusta di ciò che già si sapeva: l'attuale riscaldamento è il più alto mai registrato da tutta la deglaciazione in poi, ovvero da oltre 20 mila anni.

Il link alla pubblicazione:

<https://www.nature.com/articles/d41586-021-03011-6>

---

## L'ORGANIZZAZIONE MONDIALE DELLA METEOROLOGIA PUBBLICA LO STATO DEL CLIMA GLOBALE 2021



La pubblicazione fornisce una sintesi sullo stato dei principali indicatori climatici nel 2021 a livello globale come temperature, precipitazioni, livello del

mare, situazione dei ghiacciai marini e continentali e dei livelli di concentrazione dei gas serra. La pubblicazione fornisce anche nuove e aggiornate informazioni sui rischi e gli impatti dei cambiamenti climatici, con particolare riferimento all'impatto sugli ecosistemi, agli aspetti della sicurezza alimentare, agli aspetti umanitari e ai fenomeni migratori.

Per approfondimenti:

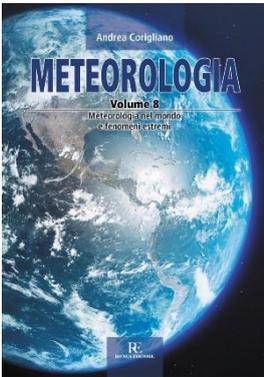
<https://public.wmo.int/en/media/press-release/four-key-climate-change-indicators-break-records-2021#:~:text=The%20WMO%20State%20of%20the,and%20end%20of%20the%20year>

Scarica il report al seguente link:

[https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice\\_display&id=22080#.YpYnSPexWV5](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=22080#.YpYnSPexWV5)

## IN LIBRERIA.

### Meteorologia Volume 8 – Meteorologia nel mondo e fenomeni estremi



di **Andrea Corigliano**, Ronca Editore.

Con l'uscita dell'ottavo volume, dal titolo «Meteorologia nel mondo e fenomeni estremi», si conclude la pubblicazione dell'opera curata dal fisico dell'atmosfera Andrea Corigliano. In questo libro l'autore completa la presentazione della dinamica atmosferica che si sviluppa sul nostro pianeta, focalizzando l'attenzione sulla formazione degli eventi più intensi che si sono verificati nel passato più o meno recente. In ogni situazione meteorologica analizzata, alla spiegazione sugli schemi principali della circolazione delle masse d'aria si affiancano così diversi casi di studio per presentare fin dove è arrivata l'intensità dei fenomeni legati a configurazioni sinottiche particolari. La descrizione di alcuni tra gli eventi estremi più intensi che sono avvenuti si accompagna all'analisi dei record registrati nel campo eolico, termico e pluviometrico e a trattare, inevitabilmente, anche il tema del cambiamento climatico. Il

viaggio inizia con un capitolo dedicato ai cicloni tropicali, in cui si spiega la dinamica della loro evoluzione dalla fase iniziale alla dissipazione facendo in particolare riferimento agli uragani atlantici. Seguono cinque capitoli, uno per ciascun continente, in cui si analizzano situazioni meteorologiche estreme relative alle tempeste di vento e di neve, ai tornado, alle ondate di caldo e di freddo, alle fasi di siccità prolungate e agli eventi alluvionali che si sono verificati dall'America del Nord all'Europa, dall'America del Sud all'Africa, dall'Asia all'Australia.

### Siamo tutti Greta – Le voci inascoltate del cambiamento climatico



di **Sara Moraca, Elisa Palazzi**, Edizioni Dedalo.

Questo libro nasce dalla consapevolezza che l'emergenza climatica è, prima ancora che un argomento di ricerca scientifica, un'esperienza umana. Le conseguenze del riscaldamento globale, infatti, stanno già modificando la vita di intere comunità, con rischi per ora maggiori per le fasce più vulnerabili, come le donne o i bambini – addirittura prima ancora di venire al mondo. Ma tutti noi ne paghiamo gli effetti, ovunque abitiamo: quando la salute degli ecosistemi è compromessa, a risentirne è la salute di tutti – lo ha mostrato bene la pandemia, che alcune radici comuni con la crisi climatica le ha. Questo volume raccoglie le voci di abitanti di diverse parti del mondo, di chi vive sulla propria pelle la crisi climatica, dai nativi groenlandesi che lottano per evitare l'apertura di una miniera là dove i ghiacci in ritirata hanno scoperto preziose terre rare, alla ricercatrice ugandese che progetta stazioni meteo

efficienti per favorire l'agricoltura nel suo paese, agli abitanti degli atolli del Pacifico che sanno di dover abbandonare le loro terre a causa dell'innalzamento del livello del mare. Racconta esperienze di chi si impegna per cambiare le cose, di attivismo, di adattamento, e in alcuni casi di coraggio. Le storie provengono da inchieste giornalistiche sul campo condotte da Sara Moraca – biologa di formazione e giornalista scientifica, una delle due autrici del libro. Esse si fondono con informazioni scientifiche rigorose, dati, studi che descrivono cosa stia accadendo da un punto di vista climatico nei luoghi che sono il teatro delle storie raccontate, così da soddisfare anche qualche curiosità scientifica. Ecco perché la seconda penna del libro è Elisa Palazzi, climatologa dell'Università di Torino. Come scrive Telmo Pievani nella sua prefazione, *“Dovremmo essere tutti Greta, ma non lo siamo. Tra poco, verranno gli uomini furbi e cinici che ci proporranno scorciatoie [...]. Le voci inascoltate ci insegnano che per attraversare un mondo complesso e insidioso non ci servono scorciatoie, ma sogni coraggiosi”*.

## Bello Mondo, un Podcast sfacciatamente dalla parte del pianeta!



Autori **Federico Taddia, Elisa Palazzi**, Produzione *Chora Media*.

[Bello Mondo](#) è un podcast originale Spotify prodotto da Chora Media scritto e condotto da Elisa Palazzi, climatologa dell'Università di Torino, e Federico Taddia, giornalista, autore e scrittore da anni impegnato nella divulgazione scientifica su tematiche ambientali ed esperienze virtuose. Bello Mondo racconta come sta il Pianeta e chi lo abita, e come possiamo affrontare, stando sfacciatamente dalla parte del pianeta, l'attuale crisi climatica e le sfide che essa pone. Lo fa raccontando con rigore la scienza del clima e mostrandone al tempo stesso il lato umano: in ogni puntata una ricercatrice o un ricercatore racconta il proprio

argomento di studio e di lavoro facendo trasparire la grande passione che muove ogni passo, e regalando pezzi di vita ed emozioni. Il mezzo del Podcast amplifica questo tipo di narrazione in cui contenuto e forma si fondono e l'elemento sonoro avvolge l'ascoltatore all'interno del flusso dell'informazione, dove si cerca di far vivere nozioni ed emozioni, informazioni e sensazioni. Di seguito un link ai 12 episodi: [Quando il clima è estremo?](#) con Claudia Pasquero; [I boschi salveranno il pianeta?](#) con Giorgio Vacchiano; [Che fine stanno facendo i ghiacci?](#) con Renato Colucci; [Vedremo ancora la neve?](#) Con Michele Freppaz; [Possiamo credere alle previsioni meteo?](#) Con Serena Giacomini; [Finiremo tutti sott'acqua?](#) con Sandro Carniel; [L'Artico è una sentinella del clima che cambia?](#) con Mauro Mazzola; [Il clima che cambia, cambia gli animali?](#) con Simona Imperio; [La Terra è spacciata?](#) con Antonello Provenzale; [Incendi: è tutta colpa del clima?](#) con Davide Ascoli; [Cosa fa un attivista per il clima?](#) con Giovanni Mori e [Mitigazione e adattamento: sono queste le soluzioni?](#) con Stefano Caserini.

Il titolo del podcast è ispirato all'omonima poesia di Mariangela Gualtieri, e vuol essere una spinta gentile ad appassionarsi al nostro (unico) Bello Mondo.

---

## Quando il Sole fa i capricci – Tempeste magnetiche, satelliti in tilt, black out: come lo space weather influenza la nostra vita



Autore **Umberto Villante**, Edizioni *Dedalo*.

Sempre più spesso, sui giornali compaiono titoli che testimoniano quanto importante sia ormai diventato l'impatto socio-economico di quelle catene di eventi che vengono identificate come "tempeste solari". Basti pensare che, se avesse prestato maggiore attenzione al meteo spaziale, SpaceX, l'azienda di Elon Musk, avrebbe forse evitato di perdere 40 dei 49 satelliti Starlink, subito dopo averli lanciati lo scorso 3 Febbraio.

In realtà, le tempeste solari determinano serie difficoltà in molti campi: dalle radiocomunicazioni, al controllo del traffico aereo, alla distribuzione di energia elettrica, all'assetto e funzionamento di satelliti, etc.; con un costo globale che, per un evento severo, può raggiungere le centinaia/migliaia di miliardi di euro.

Naturalmente, le "tempeste solari" sono sempre esistite; ma il loro impatto è diventato rilevante solo negli ultimi decenni, essendo legato all'utilizzazione sempre più pervasiva di tecnologie assai sensibili ai "capricci" della nostra stella. Si è quindi progressivamente sviluppata una disciplina, identificata come "*Space Weather*" ("*Meteorologia Spaziale*"), che si propone il compito di studiare come si originino le principali manifestazioni dell'attività solare, come interagiscano con l'ambiente circumterrestre, come inneschino i processi in grado di generare sconquassi sul nostro pianeta, come sia possibile mitigarne gli effetti e sviluppare efficaci modelli di previsione.

Il libro di Villante affronta queste tematiche, in realtà assai complesse, con un linguaggio semplice, evitando di addentrarsi in trattazioni di particolare difficoltà. Nel contempo, vengono proposte schede di approfondimento e un essenziale glossario in cui il lettore può trovare ulteriori informazioni su aspetti riguardanti il Sole, lo spazio circumterrestre, i processi che regolano lo *Space Weather*. Inoltre, trattandosi di una storia dalle radici remote, si è ritenuto opportuno ripercorrerne, assai sinteticamente, le varie tappe per mettere il lettore in condizione di seguire il fil rouge dell'evoluzione del pensiero scientifico in questo affascinante campo della Scienza.

## Molestie olfattive – Studi, metodi e strumenti per il controllo



**Autori Paolo Bonasoni, Stefania Gilardoni, Pierluigi Barbieri, Sata Moraca, Gianluigi De Gennaro, Vincenzo Infantino**, Edizioni ETS.

Tra i problemi che caratterizzano l'ambiente di vita e di lavoro le molestie olfattive sono spesso sottovalutate. Le emissioni che causano queste molestie derivano da una molteplicità di sorgenti, puntuali o diffuse, continuative o stagionali, che sono accompagnate da una non corretta gestione del processo o da una ridotta efficienza dei sistemi di abbattimento.

Questo libro accompagna il lettore attraverso i diversi aspetti delle molestie olfattive grazie all'appassionato impegno di esperti del settore, rivolto all'accrescimento delle conoscenze e allo sviluppo delle soluzioni. Vengono illustrati metodi e strumenti utili per la caratterizzazione delle emissioni odorigene, per la loro valutazione e controllo, unitamente agli aspetti legislativi ed epidemiologici, senza dimenticare il contributo della partecipazione

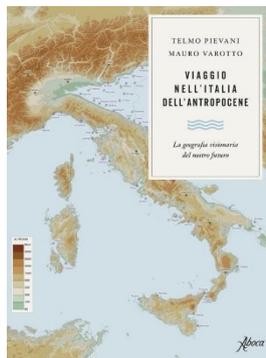
attiva dei cittadini in progetti di Citizen Science.

La ricerca scientifica ed il sistema delle Agenzie Ambientali si trovano così a collaborare fianco a fianco nello sviluppo tecnologico e di metodi innovativi per la identificazione dei miasmi e la individuazione delle loro sorgenti, accomunati nell'obiettivo di prevenire i fenomeni indesiderati e minimizzare le molestie.

Questo volume raccolto in 12 capitoli con il contributo di 42 autori, per l'attenzione rivolta ai legami tra ambiente e salute con un occhio attento al ruolo degli attori sociali, si colloca bene come terzo libro della collana *Pi Greco. Clima, ambiente, salute*.

---

## Viaggio nell'Italia dell'Antropocene. La geografia visionaria del nostro futuro



**Autori Telmo Pievani, Mauro Varotto**, Edizioni Aboca.

Un libro sorprendente e provocatorio, che immagina come cambierà la geografia dell'Italia se non saremo capaci di arretrare gli effetti del cambiamento climatico

Come ormai tutti purtroppo sappiamo, l'impatto dell'umanità sul pianeta sta producendo effetti devastanti. La realtà geografica che identifichiamo con l'Italia è stata nei millenni estremamente mobile per ragioni tettoniche, morfogenetiche, climatiche, ma in ultimo anche antropiche e possiamo dunque affermare, con rigore scientifico, che Homo sapiens sta contribuendo a cambiare il clima e pertanto anche la conformazione della superficie terrestre: non è un fenomeno recente, ma non era mai accaduto in tempi così rapidi e con conseguenze così vaste. Considerata questa inedita accelerazione, non possiamo fare a meno

di chiederci: come muterà l'aspetto del mondo nel futuro prossimo?

Se tutto continuerà ad andare per il verso sbagliato e non attueremo le giuste misure per evitarlo, assisteremo allo fusione dei ghiacci perenni e all'innalzamento del livello dei mari. Per farci riflettere sui rischi concreti a cui potremmo andare incontro, il filosofo ed evoluzionista Telmo Pievani e il geografo Mauro Varotto hanno immaginato come si trasformerà l'Italia proiettandoci, in maniera distopica, nell'anno 2786. Esattamente 1000 anni dopo l'inizio del viaggio in Italia di Goethe, comincia così il tour di Milordo a bordo del battello Palmanova attraverso la geografia visionaria del nostro futuro: la Pianura padana sarà quasi completamente allagata; i milanesi potranno andare al mare ai Lidi di Lodi; Padova e tantissime altre città saranno interamente sommerse; altre ancora si convertiranno in un sistema di palafitte urbane; le coste di Marche, Abruzzo e Molise assumeranno l'aspetto dei fiordi; Roma sarà una metropoli tropicale; la Sicilia un deserto roccioso del tutto simile a quello libico e tunisino... Tappa dopo tappa, al viaggio di Milordo farà da contraltare l'approfondimento scientifico che motiverà, con dati e previsioni, le ragioni del cambiamento territoriale - illustrato, per l'occasione, con una serie di mappe dettagliatissime create da Francesco Ferrarese. Uno scenario giudicato per fortuna ancora irrealistico, ma utile per farci capire che l'assetto ereditato del nostro Paese non è affatto scontato e che la responsabilità di orientarlo in una direzione o nell'altra è tutta nostra.

## L'attuale magra invernale e le attività dell'Agenzia Interregionale per il fiume Po

Acqua e vita sono un binomio inscindibile, aspetto che ha da sempre condizionato gli ecosistemi ed in particolare la capacità di sviluppo delle civiltà sino ai giorni nostri. Sotto questo postulato la gestione delle risorse idriche e più in generale il monitoraggio delle variabili del ciclo idrologico individuano la loro grande importanza, soprattutto rispetto agli eventi estremi sia siccitosi che alluvionali e agli effetti conseguenti che oggi risultano molto accentuati non solo dal punto di vista ambientale ma anche sociale, economico e produttivo.

Nel contesto di un bacino come quello del fiume Po, la complessità degli elementi che entrano in gioco è intuitiva ed evidenziata anche osservando quanti siano gli enti che a vario titolo sono chiamati a occuparsi dei vari aspetti coinvolti. Solo per citarne alcuni abbiamo la pianificazione, la gestione e il monitoraggio che trasversalmente toccano i vari elementi del ciclo idrologico partendo dalle precipitazioni sino alle portate defluenti nei corsi d'acqua.

Proprio per questi motivi, in particolare dopo l'evento alluvionale del fiume Po del 1951, venne istituito nel 1956 il Magistrato per il Po con compiti di gestione del reticolo idraulico del fiume e dei tratti terminali dei suoi affluenti che, in seguito al passaggio delle competenze dallo Stato alle Regioni, divenne l'Agenzia Interregionale per il fiume Po (AIPO) ereditando dal 2003 le competenze dell'allora Magistrato. Attualmente l'AIPO opera principalmente negli ambiti di progettazione e realizzazione delle opere idrauliche, servizio di piena, polizia idraulica sul reticolo di competenza e regolazione del lago di Garda. A queste attività negli anni recenti si sono aggiunte competenze relativamente alla navigazione, mobilità dolce e regolazione del lago di Idro.

### La situazione del fiume Po

Tornando a parlare di estremi idrologici abbiamo assistito ad un periodo autunnale, invernale e di inizio primavera caratterizzato da una particolare scarsità di precipitazioni

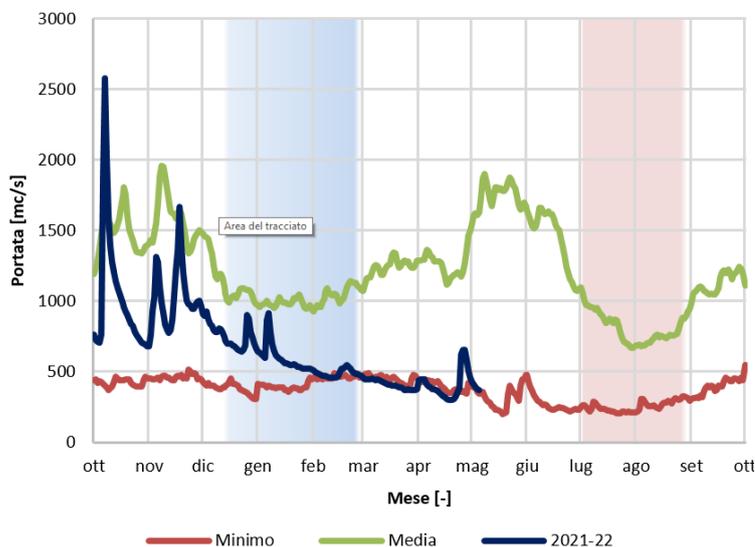


Figura 1. Boretto. Confronto portate osservate 2022 e statistiche 1961-2021.

che ha portato ad una progressiva riduzione delle portate osservate lungo il fiume Po e che, al momento in cui scriviamo, risulta al di sotto dei minimi storici osservati per il periodo.

L'analisi dello stato idrologico risulta più agevole se effettuata in termini di "anno idrologico" il cui inizio è convenzionalmente fissato il 1° di ottobre di ogni anno, questo permette di meglio evidenziare le variabilità stagionali dei climi temperati caratterizzate da valori massimi nei periodi autunnali e primaverili e minimi nei

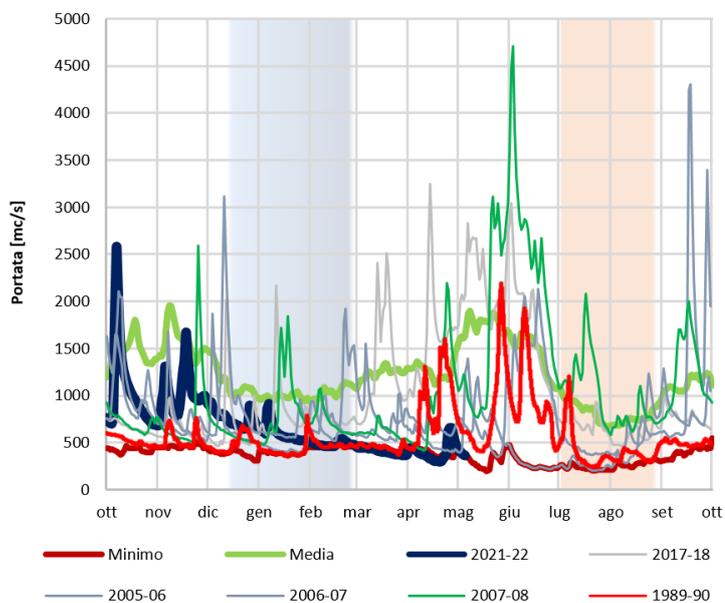


Figura 2. Boretto. Confronto anni notevoli.



**Figura 3.** Ritrovamento presso Felonica (MN) di mezzo semicingolato risalente al 1945 (Fonte: milano.corriere.it).

periodi invernali e estivi, da cui i termini di “magra invernale” e “magra estiva”; la prima causata dalle temperature rigide spesso accompagnate da nevicate lungo i rilievi alpini e anche appenninici, fonti di ristoro per i corsi d’acqua nei periodi primaverili, la seconda dall’elevata componente di evapotraspirazione e scarsità di precipitazioni unita alla richiesta di acque per le componenti agricole e produttive.

Volendo analizzare i dati di portata media giornaliera disponibili, ad esempio, per la stazione di Boretto (RE) (fonte ARPAE) rispetto ai valori medi e minimi calcolati sul periodo 1961-2021 (Figura 1) appare evidente come i dati dei primi mesi dell’attuale anno idrologico siano stati caratterizzati da valori ben al di sotto della media nel periodo autunnale e, nei mesi recenti, al di sotto dei valori minimi registrati.

Confrontando l’anno attuale rispetto agli anni notevoli (Figura 2), appare preoccupante quanto sia prolungata la persistenza di portate al di sotto della media a causa della quasi totale assenza di eventi di piena consistenti oltre al costante “trend” di esaurimento. Andamento analogo

Pescaggio [cm]	Classe IV		Classe V	
	da	a	da	a
	[ton]	[ton]	[ton]	[ton]
140	370	620	790	880
160	700	750	960	1060
180	820	870	1130	1230
200	950	1000	1290	1410
220	980	1130	1460	1600
250	1280	1320	1720	1860

**Tabella 1.** Valori minimi di pescaggio delle imbarcazioni.

mantenuto anche durante il 1989-90 in cui si verificarono i minimi invernali registrati, poi mitigati dagli eventi intervenuti da aprile sino a luglio.

### Gli impatti sulla navigabilità del Po

Il fiume Po è l'asse centrale del sistema Idroviario Padano Veneto, la cui navigabilità si estende da Cremona sino al mare per circa 280 km. Parlando di navigazione è possibile valutare gli effetti investigando, sempre relativamente al lungo periodo, i dati di monitoraggio dei bassi fondali, ovvero dei punti critici in cui la profondità risulta localmente ridotta a causa della morfologia fluviale.

I dati che quotidianamente vengono rilevati dall’Agenzia e pubblicati sul proprio sito (<https://www.agenziapo.it/content/bollettino-giornaliero>) forniscono le informazioni utili alle



**Figura 4.** Tratto navigabile da Cremona a foce Mincio.

imbarcazioni commerciali e da diporto che si accingono a navigare lungo i vari tratti di fiume. Nella tabella 1 sono riportati i valori minimi di “pescaggio” delle imbarcazioni in funzione della classe nautica e della stazza.

Al fine di valutare gli impatti dell’attuale situazione sugli aspetti di navigazione, è possibile confrontare, analogamente a quanto fatto per i dati idrologici, le statistiche sul lungo periodo rispetto all’anno in corso, in particolare un buon indicatore è la percentuale di giorni/mese in cui un tratto risulta navigabile.

Prendendo ad esempio il tratto da Cremona a foce Mincio (Figura 4), è possibile valutare la sua navigabilità in termini di giorni in cui, nel tratto, tutti i bassi fondali consentivano il transito di determinate categorie di imbarcazioni. In particolare è importante valutare lo scostamento tra le percentuali nei primi mesi dell’anno in corso rispetto alle medie sul lungo periodo.

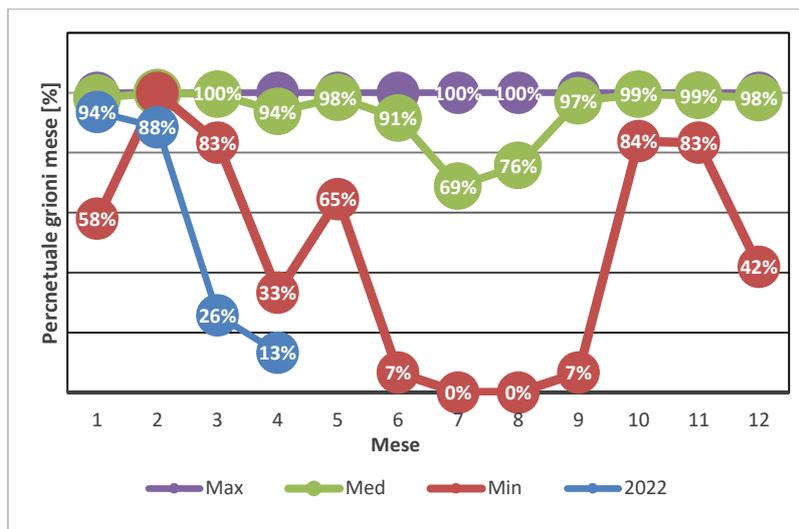


Figura 5. Confronto percentuali di giorni/mese navigabili per il periodo 1988-2021 e 2022.

Come si può osservare dal grafico (Figura 5), per la fascia di imbarcazioni con pescaggio 140 cm, mentre i primi mesi dell'anno sono risultati di poco al di sotto dei valori medi, i mesi di marzo e aprile mostrano valori decisamente al di sotto della media e anche dei minimi osservati; questo a



Figura 6. Affioramento di una duna lungo il Po (Foto AIPO Navigazione).

indicare in particolare la persistenza delle condizioni di scarsa navigabilità nel mese.

Altro dato rilevante è osservare come, solitamente, per la prima categoria di imbarcazioni la navigabilità risulta

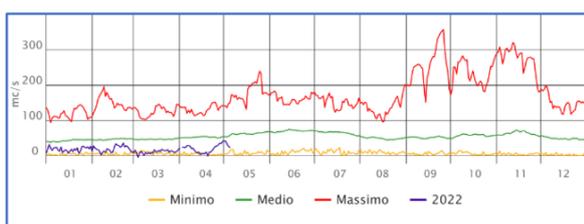


Figura 7. Lago di Garda. Confronto afflussi al lago osservati e dati storici.

consentita quasi tutti i giorni dell'anno con una leggera flessione nei mesi di luglio e agosto in cui le magre estive tendono a limitare i giorni disponibili.

### La gestione dei laghi di Idro e Garda

I ridotti apporti nei laghi di Idro e Garda è possibile valutarli dai grafici seguenti (fonte <https://laghi.net>) infatti, analogamente a quanto osservato per tutto il resto del bacino, anche i laghi sono stati interessati da afflussi, nel periodo autunnale e invernale ben al di sotto delle medie, sino a raggiungere valori prossimi ai minimi negli ultimi mesi (Figura 7). Dato particolarmente interessante per la gestione è la persistenza di

questi valori, in quanto la quasi totale mancanza di eventi e sollecitazioni idrologiche non ha consentito di rimpinguare agevolmente i volumi idrici negli invasi, dettaglio molto ben evidenziato se si confrontano i volumi totali affluiti da inizio anno rispetto alla media storica (Figura 8).

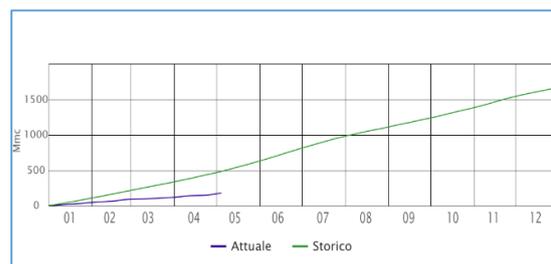


Figura 8. Lago di Garda. Confronto volumi affluiti e medie storiche.

In queste condizioni la regolazione dei laghi di Garda e Idro effettuata da AIPO è stata svolta preservando i volumi e quindi mantenendo livelli dei laghi entro valori accettabili (Figura 9), bilanciando contestualmente i rilasci effettuati nei tratti sub-lacuali per i quali è necessario garantire il rispetto dei deflussi minimi vitali.

### Le prospettive dei prossimi mesi

I dati mostrati sottolineano come l'intero bacino del fiume Po si affaccerà al periodo primaverile in condizioni deficitarie che, se non mitigate da consistenti apporti nei mesi di maggio e giugno, renderanno inevitabilmente complessa la gestione delle risorse idriche durante il periodo estivo.

Proprio per monitorare e affrontare queste situazioni negli anni recenti è stato istituito l'Osservatorio permanente sugli utilizzi idrici nel distretto idrografico coordinato dall'Autorità di Bacino Distrettuale del fiume

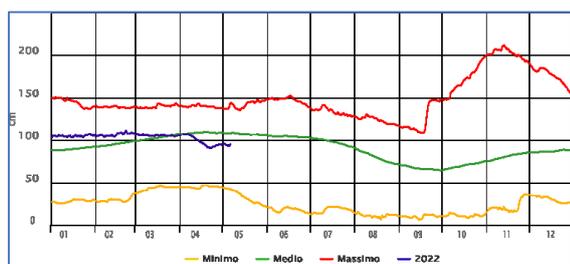


Figura 9. Lago di Garda. Confronto livelli osservati e medie storiche.

Po, tavolo istituzionale di cooperazione e coordinamento costituito dagli Enti competenti e dai portatori d'interesse del settore idrico allo scopo di affrontare e contrastare efficacemente le situazioni di siccità e/o carenza idrica nel territorio del distretto (<https://www.adbpo.it/osservatorio-permanente/>). Sarà quindi dal confronto e sinergia degli Enti nell'ambito

dell'Osservatorio che verranno delineate le azioni di mitigazione conseguenti in funzione dei prossimi scenari attesi.

#### Riferimenti:

[www.agenziapo.it](http://www.agenziapo.it)

[www.agenziapo.it/content/monitoraggio-idrografico-0](http://www.agenziapo.it/content/monitoraggio-idrografico-0)

<https://laghi.net/>

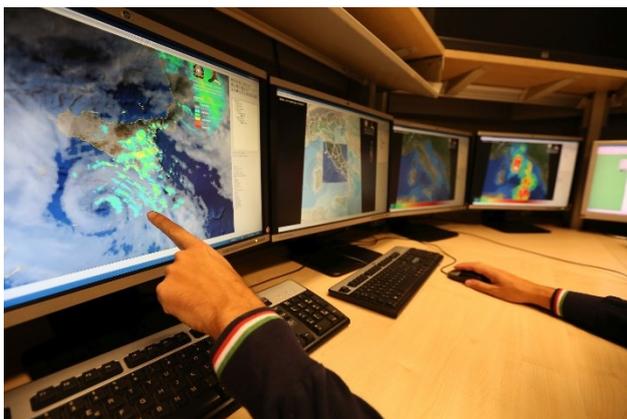
*Autori:*

*Alberto Agnetti, Sandro Campanini,  
Giancarlo Focherini, Luigi Mille*

*(Agenzia Interregionale per il fiume Po – AIPo)*

## Dal sistema di allertamento alle buone pratiche di Protezione Civile

La giornata mondiale della meteorologia 2022, dedicata dalla World Meteorological Organization alla stretta abbinata "Early warning - early action", alfa e omega nella catena operativa dell'allertamento, fa il paio con quella che era stata incentrata, nell'edizione del 2018, alla triplice espressione "Weather-ready, climate-smart, water-wise", ben capace di sintetizzare come il farsi trovare preparati agli eventi meteorologici avversi debba, necessariamente, intrecciarsi con la consapevolezza dei mutati scenari climatici, e degli effetti di questi ultimi su tutti gli aspetti del ciclo dell'acqua, dai distruttivi effetti delle inondazioni a grande scala a quelli altrettanto devastanti delle siccità, dall'innalzamento del livello dei mari e degli oceani alla depauperazione dei ghiacciai artici e montani, dal sempre più frequente trovarsi a fronteggiare le alluvioni-lampo nelle nostre città alle maggiori difficoltà nel gestire la domanda della risorsa idrica a livello globale.



In questo complesso contesto, l'allertamento precoce - *early warning* - deriva dalla possibilità, che la Scienza e la tecnica hanno sviluppato e messo a punto in questi ultimi decenni, di prevedere l'arrivo di fenomeni meteorologici intensi sulla zona che ci interessa, valutarne i potenziali impatti sul territorio e diramare le conseguenti allerte. Ma questa capacità resterebbe un mero esercizio tecnico-scientifico, se la catena operativa del sistema di protezione civile non la utilizzasse - *early action* - per l'altrettanto tempestiva e preventiva messa in opera di tutte quelle pratiche in grado di ridurre il rischio puntando a renderlo accettabile, ovvero a limitarlo sotto la soglia della sostenibilità: dall'attivazione della macchina istituzionale ai vari livelli di competenza, compresi i presidi idraulici sul territorio per le manovre di governo delle piene e regolazione dei deflussi, ai provvedimenti amministrativi che, comune per comune, mirano a

minimizzare l'esposizione al pericolo in termini di vite umane, al far trovare le componenti e strutture operative del servizio nazionale della protezione civile in una configurazione di intervento ancor più pronta e massiccia di quanto già non lo siano normalmente, fino - anello semplicemente cruciale - alle scelte che ogni singolo cittadino può e deve fare nella propria quotidianità, ponendosi come attore protagonista, e non passiva comparsa, sul palcoscenico della gestione del rischio e della salvaguardia della propria incolumità.

Il fatto che questa stretta corrispondenza fra messaggi di allertamento e azioni preventive, a maggior ragione in un territorio di cui conosciamo il diffuso dissesto e le numerose fragilità come quello italiano, sia alle fondamenta della possibilità di mettere in sicurezza vite umane, assume dimensioni a dir poco macroscopiche nell'era del cambiamento climatico. I rapporti della stessa WMO ci raccontano come nel cinquantennio 1970-2019, al quintuplicare dei disastri innescati dall'aumento degli eventi meteorologici estremi a livello planetario, e al proporzionale aumento (fino a sette volte) dei danni e delle perdite economiche dovute a tali catastrofi, sia inversamente corrisposta una netta diminuzione del numero di vittime, ridotte a un terzo come dato mondiale annuale rispetto a quelle che si registravano mezzo secolo fa, grazie all'implementazione, alla messa a punto e al miglioramento dei sistemi di allerta e gestione del rischio (quindi sia nel *warning* che nella *action*), nei vari Paesi del globo. "Il miglioramento dei sistemi di allerta precoce multi-rischio determina una drastica riduzione della mortalità. Siamo, semplicemente, più attrezzati che mai per salvare vite umane", le parole del Segretario generale della WMO, Petteri Taalas, a compensare, con una non banale nota di speranza, le tristi statistiche relative al progressivo aumento delle catastrofi di origine meteorologica, climatica e idrologica.

Nello scenario che, nei prossimi decenni, al netto delle tremendamente auspicabili misure di mitigazione del cambiamento climatico, vedrà l'ulteriore moltiplicarsi del pericolo, legato all'aumento in intensità e frequenza degli eventi meteorologici estremi (e sappiamo bene come il Mediterraneo, in questo, rappresenti un *hot spot*), è chiaro che agli investimenti nella prevenzione strutturale (atti, evidentemente, a ridurre la vulnerabilità del territorio) sarà sempre più importante affiancare quella non strutturale, nella quale rientrano, con ruolo a dir poco protagonista, come cruciale misura di adattamento al

global warming e ai suoi molteplici effetti, i sistemi di allertamento, insieme alle attività di informazione e sensibilizzazione della popolazione alla cultura di protezione civile.



Se da un lato questa conclusione aggiunge argomenti, al dover ringraziare di essere nati nella parte fortunata del globo (apparteniamo a quei due terzi dell'umanità che, ad oggi, possono contare sull'abitare in un Paese in cui esiste e funziona un sistema di allertamento, grazie ai non banali investimenti fatti in Italia negli ultimi 20 anni), apre però un ventaglio di problematiche, le cui soluzioni sono tutt'altro che banali da implementare, nella nostra società, e ci chiamano a raccogliere una sfida che può essere affrontata e vinta solamente tutti insieme.

La prima, enorme, questione riguarda l'intrinseca incertezza che l'informazione previsionale porta con sé. Nel già citato cinquantennio con punto di inizio fissato al 1970, i primi tre decenni, fin quindi a tutti gli anni '90, hanno portato un aumento esponenziale dell'affidabilità delle previsioni meteorologiche, legato da un lato all'avanzamento delle conoscenze scientifiche sulle leggi della Fisica dell'atmosfera e alla perizia di parametrizzarle negli opportuni algoritmi, dall'altro al progressivo sviluppo di risorse di calcolo la cui potenza era semplicemente inimmaginabile fino a pochi anni addietro, e non ultima, alla sempre più estesa capacità di osservazione delle variabili meteorologiche, al suolo e in quota, indispensabile per l'inizializzazione dei modelli numerici previsionali, con il contributo decisivo dei sistemi di telerilevamento, a partire da quelli satellitari, ad aggiungersi alle sempre più raffinate reti strumentali a terra, e nell'assicurare copertura anche delle zone desertiche e oceaniche del globo.

Nei due decenni che sono seguiti (e, quindi, non da oggi) è progressivamente arrivato il momento di fare i conti con il fatto che la residua incertezza ancora presente nella previsione meteorologica, al netto di ulteriori (ma ormai asintotici, e quindi minimali) miglioramenti che potranno

seguire in futuro, è quella indelebilmente scritta nelle equazioni della Fisica che regolano la dinamica di un sistema complesso, quale l'atmosfera del nostro pianeta e le sue interazioni con il globo terracqueo. Un'incertezza, pertanto, ineliminabile (lo sappiamo da prima che l'umanità mettesse piede sulla Luna, essendo passati 59 anni da quando Edward Norton Lorenz dipanò le dinamiche del Caos deterministico, è decisamente ora di farci pace) e risolubile non, evidentemente, ostinandosi a perseguire vanamente la previsione meteorologica "perfetta" e alla scala di dettaglio più raffinata possibile, bensì assegnando un ruolo principe alla valutazione, di volta in volta, dell'incertezza spazio-temporale assegnabile alla previsione meteo-idrologica, e ritenere tale stima non un limite, ma un valore aggiunto da imparare a gestire, al processo previsionale e alla sua traduzione in azioni preventive.

Impossibile non sottolineare come il convegno organizzato il 23 marzo dall' AISAM, per la giornata mondiale della meteorologia 2022, nell'Aula Magna della Sapienza Università di Roma, è stato ospitato nella stessa prestigiosa sede in cui, il 5 ottobre scorso, poche ore dopo la notizia del Premio Nobel per la Fisica 2021 assegnato al prof. Giorgio Parisi, professore emerito di questa Università, per i suoi studi sulla complessità, si tenne la prima celebrazione in suo onore, alla presenza della Rettore dell'Ateneo e della Ministra dell'Università e della Ricerca, e dove due mesi dopo, il 6 dicembre, si svolse l'emozionante cerimonia di consegna ufficiale del premio, da parte dell'Ambasciatore di Svezia a Roma. Automatico, quindi, agganciarsi a una delle mai abbastanza citate spiegazioni dal nostro grande scienziato, "*complessità significa dover passare da un mondo di previsioni certe a uno di previsioni basate sulla probabilità*", nel rimarcare come questo approccio deve diventare il nostro pane quotidiano, davanti alla sfida di affrontare l'enorme complessità delle emergenze - la pandemia ne è stato un



esempio tanto drammatico quanto emblematico - e della gestione del rischio, compreso quello meteo-idrologico.

Per quest'ultimo, se la comunità scientifica ha sviluppato una sempre più avanzata filiera di strumenti probabilistici, per permettere e standardizzare la stima dell'incertezza nell'anello dello *warning*, resta quanto mai aperta la scommessa di implementare la gestione dell'incertezza nel segmento della *action*, affatto scontata soprattutto in tutti quei casi in cui, a uno scenario di rischio molto grave, corrisponda una probabilità di accadimento bassa o media, e comunque – anche nei casi più conclamati – mai la certezza assoluta. Ne sono esempio principe le precipitazioni a carattere di locale nubifragio, capaci di scaricare ingenti quantità di acqua, in un ristretto intervallo di tempo, su un piccolo fazzoletto di territorio, inducendo su quest'ultimo una risposta in termini di effetti al suolo, tipicamente, tanto grave quanto improvvisa e repentina, sia in ambito extraurbano che, a maggior ragione, nel tessuto cementificato delle nostre città. Sappiamo, peraltro, che fra gli eventi estremi in aumento rientrano proprio quelli di questo tipo, sui quali vige la maggiore incertezza previsionale, con dettagli dell'evento impossibili da discriminare in anticipo, ma individuabili solo a fenomeno in corso (o, nei casi più fortunati, nell'immediatezza dello stesso).

Non è certamente poca cosa, in previsione di un evento potenzialmente severo, chiedere ai cittadini di accogliere provvedimenti che, per minimizzare l'esposizione al pericolo della popolazione, inevitabilmente creano disagi e comportano piccoli-grandi sacrifici, e di collaborare nel prendere, a loro volta, misure responsabili sull'organizzazione della propria giornata, nonostante il costo e i problemi che questo può loro comportare... nel momento in cui neanche la più avanzata, virtuosa ed esperta attività di previsione meteo-idrologica potrà mai fornire la certezza su quale singolo comune, o quale singolo quartiere di una città, sarà colpito da fenomeni molto intensi con impatti al suolo deflagranti, a fronte di comuni e quartieri limitrofi dove, a malapena, sarà necessario aprire l'ombrello. Se anche una probabilità dell'80% (quindi alta) di un evento severo, alla resa dei conti, implica che due volte su dieci l'evento non si verificherà, o riguarderà una località diversa dalla nostra, figurarsi nei casi in cui la probabilità è inferiore al 50%, ma comunque significativa. Il giudizio sull'efficacia di un simile sistema, evidentemente, non può che essere statistico, scoprendo che, su un certo numero di eventi, all'occasione in cui le misure preventive hanno permesso di salvare vite umane nel comune a fianco (risultando – a posteriori – una cautela eccessiva nel nostro), corrisponderà la situazione speculare, e allora il primo caso non è da considerare un "falso allarme" (la previsione

su quell'area era emessa nella piena consapevolezza che i fenomeni avrebbero potuto riguardare alcune località, e non tutte), ma il prezzo da pagare per trovare più persone possibili in sicurezza, nel momento e nel luogo della reale grave emergenza.



È allora fondamentale, veicolare nella cultura di base il concetto di mettersi in sicurezza in modo preventivo rispetto a uno scenario probabilistico, laddove più è alta la posta in gioco (e il valore della nostra vita porta all'estremo questa asticella), più si abbassa la soglia di probabilità con cui dobbiamo essere disposti ad accettare di correre quel rischio. È esattamente lo stesso criterio, del resto, con il quale abbiamo cura di seguire la prevenzione sanitaria, sottoponendoci a periodici accertamenti medici, e seguendo determinati stili di vita e di alimentazione, per ridurre la probabilità di incorrere in malattie gravi, o per scoprirle quando siamo ancora in tempo per curarle. Il necessario patto sociale fra cittadini e autorità, con la disponibilità dei primi a collaborare con le seconde nell'accogliere e mettere in pratica le misure di prevenzione meteo-idrologica, deve essere fondato su questa consapevolezza, al pari delle scelte private di ogni singolo cittadino, il cui ruolo, quindi, deve essere assolutamente attivo, nel preoccuparsi della riduzione del proprio rischio personale, per se stesso e per le persone di cui ha la responsabilità, tramite la conoscenza e l'adozione delle buone pratiche di protezione civile.

Queste ultime sono fondate innanzitutto sulla conoscenza dei fenomeni potenzialmente pericolosi, fugando false credenze e consolidando le nozioni che la Scienza ci mette a disposizione, e sulla consapevolezza dei rischi che ne derivano, con particolare riferimento alla propria zona, elementi da tener presente non solo nell'immediatezza o durante un evento emergenziale, ma anche nella

ordinaria pianificazione della nostra vita, compiendo con responsabilità le scelte giuste: quando acquistiamo una casa, oltre a valutare la metratura, la vista dal balcone, la disposizione dei vani, la presenza dei servizi nel quartiere... ci chiediamo in quale classificazione di pericolo sismico o rischio idrogeologico ricada, e se sia eventualmente costruita con criteri opportuni per minimizzare il rischio in questione? L'ufficio dove andiamo a lavorare, la scuola a cui affidiamo tutti i giorni i nostri figli, sono in zone inondabili o soggette a rischio frana?

Non ultima, l'autoprotezione, cioè l'assimilare in tempo di pace la conoscenza di quelle norme di comportamento, che, nel momento dell'emergenza, permettono spesso di riconoscere il pericolo in sufficiente anticipo, e comunque di non farsi guidare dal panico, e di adottare invece le condotte più corrette, non di rado in grado di fare la differenza, letteralmente, fra la vita e la morte. Questo è tanto più importante quanto più ci si trova a fronteggiare quegli eventi in cui, al netto delle misure preventive e della messa in campo di una macchina dei soccorsi pronta ed efficiente, il rischio residuo per le vite umane resta tipicamente alto, come le già citate alluvioni-lampo innescate dai forti temporali e dai nubifragi, in cui l'insorgenza del pericolo è talmente brusca e deflagrante, che il non trovarsi al momento sbagliato nel posto sbagliato, o il tirarsene fuori prima che sia troppo tardi, sta giocoforza, anche e soprattutto, al comportamento dei singoli. La protezione civile, oltre a essere un diritto inalienabile del cittadino, va vissuta come un dovere individuale, e il fatto che ogni anno, al triste conteggio delle vittime dovute all'incuria del territorio o all'oggettiva violenza degli eventi, se ne aggiungano altre che, in situazioni spesso conclamate quando non molto banali, potevano essere evitate prestando comportamenti più accorti e consapevoli, è qualcosa che dobbiamo assolutamente lasciarci alle spalle: questo è il motivo per cui il Dipartimento della Protezione Civile, da ormai oltre un decennio, ha investito molto sulla campagna nazionale "Io non rischio – buone pratiche di protezione civile", e questa è la scommessa che dobbiamo assolutamente vincere, tutti insieme. Ridurre il rischio si può, salvare le vite si può, ma presuppone la disponibilità di ognuno di noi a mettere, sull'altro piatto della bilancia, qualche piccolo sacrificio e talvolta - usando un'espressione volutamente forte - una minima porzione della propria

## ALLERTA METEO-IDRO Il Sistema di allertamento

**Ogni giorno la Rete dei Centri Funzionali** (Dipartimento della Protezione Civile, Regioni e Province Autonome) elabora **previsioni meteo di protezione civile** e valuta i fenomeni alluvionali e franosi che possono determinare situazioni di pericolo per la popolazione e danni sul territorio.

Se sono previsti effetti e danni, la **Regione** o la **Provincia Autonoma** dà l'**allerta** (gialla, arancione, rossa) per le zone interessate. La Rete dei Centri Funzionali continua a monitorare i fenomeni meteo e il loro impatto sul territorio.

In base all'allerta, la **Regione** e il **Comune** valutano quale fase operativa attivare (attenzione, pre-allarme, allarme) e compiono le azioni previste nei propri **Piani di protezione civile**, coordinandosi tra loro. È il Comune che informa la popolazione e comunica i comportamenti corretti.



Informati su [www.protezionecivile.gov.it](http://www.protezionecivile.gov.it)  
e scopri cosa fare su [www.ioonorischio.it](http://www.ioonorischio.it)

libertà: accettare le inevitabili limitazioni ad attività e spostamenti come provvedimenti di salvaguardia della pubblica incolumità, fare la propria parte di cittadini compiendo scelte consapevoli e responsabili, e stare così al fianco di chi, ogni giorno, svolge con impegno, passione e dedizione il proprio ruolo nel servizio nazionale della protezione civile.

*Autori:*



*Titti Postiglione, Filippo Thierly*

*(Dipartimento della Protezione Civile – Presidenza del Consiglio dei Ministri)*

### La gestione degli incendi boschivi nelle Alpi: il ruolo della meteorologia.

Gli incendi boschivi possono avere significative ripercussioni sia di tipo ambientale ed ecologico che socio-economico, con effetti prodotti direttamente e nell'immediatezza rispetto all'evento oppure indirettamente e dilazionati nel tempo: rientrano in questo secondo caso, ad esempio, l'erosione del suolo e l'instabilità dei versanti, la successione vegetazionale, nonché il possibile impatto sull'utilizzo del territorio e sul turismo. Di conseguenza, per una completa comprensione del problema è necessario considerare sia gli aspetti tecnico-scientifici che quelli politico-gestionali, dato che ciascuno può influenzare l'altro. In Italia il regime degli incendi nelle zone a clima mediterraneo è significativamente diverso da quelle a clima temperato (figura 1 e figura 2): infatti al Nord il periodo di maggiore pericolosità va da novembre a maggio, mentre al Centro-Sud da giugno ad ottobre, con la Liguria che presenta caratteristiche appartenenti ad entrambi i regimi (Blasi et al., 2004). Per le Alpi, ciò è dovuto alla minore piovosità

della stagione di maggior pericolo e favorendo episodi anche in altri periodi, con un incremento della probabilità di eventi estremi (IPCC, 2022; Bacciu, 2020).

In Italia, la normativa di riferimento a livello nazionale è la legge quadro sugli incendi boschivi (n. 353 del 21 novembre 2000), in base alla quale alle Regioni spettano le attività di **previsione**, **prevenzione** e **lotta attiva** (con la stesura di Piani annuali), mentre lo Stato interviene a supporto della fase di spegnimento con i propri mezzi aerei, nonché in termini di coordinamento generale delle esigenze sovraregionali. Le Regioni attivano le sale operative per la gestione delle squadre per lo spegnimento di terra e tramite elicottero: a tale proposito la conoscenza delle condizioni ambientali è cruciale per dislocare sul territorio le risorse ed ottimizzare i tempi di intervento. Il sistema *Anti Incendio Boschivo* (AIB) delle Regioni beneficia dell'operato di personale regionale, volontari, operatori di Enti Locali, e si avvale del supporto di Vigili del Fuoco e Carabinieri Forestali mediante accordi

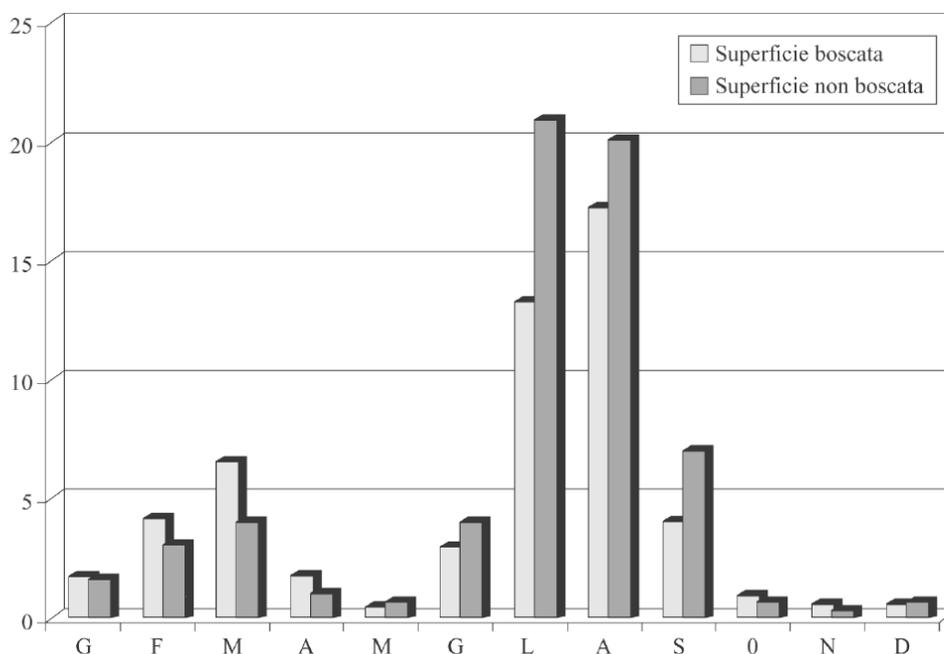
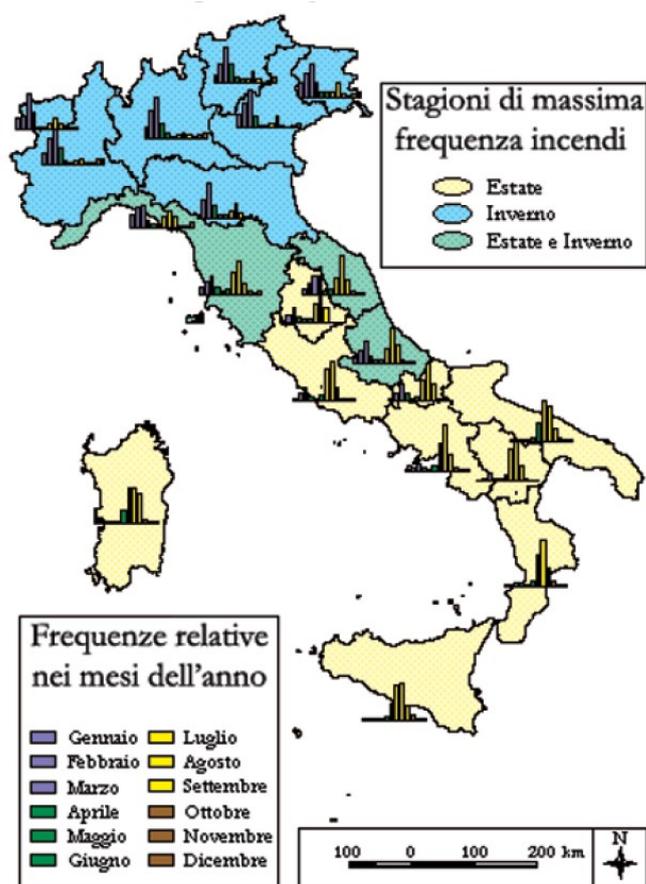


Figura 1. Superfici medie mensili (1000 ha) percorse in Italia; periodo considerato: dal 1990 al 2000 (da Blasi et al., 2004).

dei mesi invernali e alla maggiore frequenza di rinforzi di vento secco, con maggior quantità di necromassa tra inverno e inizio primavera: inoltre la peculiarità degli incendi alpini è dovuta agli effetti del foehn e della copertura nevosa. In questo contesto, va inoltre sottolineato che il cambiamento climatico sta portando alterazioni al regime degli incendi, modificando la durata

dedicati. Inoltre, la fase previsionale delle condizioni di pericolosità è inserita nel sistema generale di allertamento per i rischi naturali gestita dal Dipartimento di Protezione Civile e dai Centri Funzionali Regionali, in particolare mediante l'emissione di bollettini giornalieri (<https://rischi.protezionecivile.gov.it/it/incendi-boschivi-0/>).



**Figura 2.** Distribuzione spaziale del numero di incendi in Italia: frequenze relative di incendi per ciascuna regione (normalizzate rispetto alla corrispondente frequenza annua); periodo considerato: dal 1990 al 2000 (da Blasi et al., 2004).

In tale contesto, il ruolo della meteorologia è cruciale e molteplice, sia in ambito operativo che di ricerca o sviluppo tecnologico. Mentre le cause del fenomeno sono quasi esclusivamente di origine antropica (dolosa o colposa), le condizioni meteo-climatiche rientrano tra i fattori predisponenti degli incendi, insieme alle caratteristiche della vegetazione e del suolo ed alla conformazione del terreno. In particolare, le grandezze significative sono la temperatura e l'umidità relativa dell'aria, le precipitazioni e la velocità del vento; e recenti statistiche mostrano la loro tendenza a dominare sugli altri fattori (Ascoli, 2020). Tuttavia, conoscere o prevedere l'andamento di questi misurandi non è sufficiente, perché la complicazione nella descrizione del fenomeno deriva dall'interazione con le matrici ambientali e antropiche in gioco. Ad esempio, se da una parte il clima della zona in esame contribuisce a definire il tipo di vegetazione (e quindi non tanto la facilità specifica di innesco quanto la stagionalità e le caratteristiche intrinseche di un potenziale incendio), in realtà la vera e propria predisposizione "critica" all'incendio viene generata di volta in volta dalle condizioni meteorologiche dei giorni-settimane precedenti. In situazioni normali, infatti, il fattore dominante per ciascuna zona è dato dall'evoluzione annuale delle fasi fenologiche della

vegetazione in situ, in termini di maggiore o minore frazione di necromassa presente (solitamente variabile secondo il ciclo stagionale): ciò dipende dal fatto che, ai fini dell'innesco e propagazione iniziale dell'incendio in ambito alpino, il combustibile significativo è la quantità di vegetazione morta per unità di superficie, a causa della sua porosità e del suo contenuto di acqua maggiormente influenzato dall'umidità e temperatura ambientali. Il contributo della vegetazione viva diviene invece importante solo in caso di eccezionale stress idrico o in presenza di malattie delle piante.

Pertanto, per quanto riguarda la **prevenzione**, le informazioni meteo maggiormente utili derivano dalla caratterizzazione climatica del sito come elemento propedeutico alle pratiche di manutenzione del territorio forestato o comunque incline all'incendio (pascoli e incolti), analogamente a quanto avviene in ambito agronomico ai fini della ottimizzazione delle colture. Ciò significa che, al di là di specifiche e contingenti necessità di ricerca o miglioramento, in tale fase le decisioni gestionali critiche si basano sulle informazioni meteo-climatologiche già disponibili per altri scopi; un'eccezione è invece costituita dalla tecnica forestale del "fuoco prescritto" che deve beneficiare di strumenti previsionali o di analisi dedicati.

Ai fini della previsione e della lotta attiva, invece, il sistema AIB necessita strutturalmente di prodotti informativi meteo specifici, da adattare al contesto locale. In ambito di **previsione**, lo strumento operativo principale è un indice di pericolo empirico, riferito ad un ampio territorio (lunghezza di scala orizzontale: 1 - 50 Km) e basato su un combustibile standard; esso combina i diversi valori delle variabili meteo del giorno in corso e di quelli precedenti (giornalieri, o al più orari) in uno o più indicatori di sintesi riconducibili a vari parametri misurabili di un incendio potenziale: ad es. contenuto di umidità del combustibile, velocità di propagazione dell'incendio, intensità del fronte di fiamma. L'indice di pericolo è poi accompagnato da mappe di suscettività statiche (o aggiornate con bassa frequenza) e/o da apposita cartografia di riconoscimento della variabilità vegetazionale sul territorio, in modo da poter ricondurre il valore calcolato dall'indice per il combustibile standard ad uno per lo specifico tipo di vegetazione presente in ciascun punto. Tale approccio è collegato al tipo di applicazione: infatti, l'indice di pericolo non deve descrivere i dettagli del fenomeno, ma fornire una tendenza affidabile nell'evoluzione giornaliera del pericolo, finalizzata alla pianificazione di breve termine (24-48 ore di anticipo) nella gestione delle risorse disponibili, in modo che l'intervento sia effettuato nel minor tempo possibile. La situazione è invece diversa nel caso della **lotta attiva** per un incendio in atto, in cui le operazioni devono tener conto di diverse scale temporali (minuti-ore nell'intervento iniziale, ore-giorni nello spegnimento definitivo e bonifica) e forte variabilità spaziale (scala orizzontale: dal metro al chilometro, spesso in orografia complessa). In questo caso lo strumento ideale è un modello fisico di propagazione dell'incendio che, partendo dall'umidità iniziale del combustibile (misurata o stimata in base alle misure meteo disponibili), preveda il comportamento del fronte di fiamma sulla base dei dati meteo previsti e delle informazioni topografiche e vegetazionali relative al dominio di calcolo. L'effettiva applicazione di tale approccio nella pratica è limitata dalla disponibilità di dati sufficientemente precisi e dettagliati, in particolare relativamente alle mappe di combustibile. Pertanto, nella maggior parte dei casi, in campo viene effettuato un utilizzo speditivo o qualitativo dei soli dati meteo, interpretati dal Direttore delle Operazioni di Spegnimento.

Attualmente il quadro di riferimento per la valutazione e previsione del pericolo a livello europeo ed italiano è fornito rispettivamente dal sistema EFFIS EMS-Copernicus

(<https://effis.jrc.ec.europa.eu>; EFFIS, 2020; EFFIS 2021) e dal modello RISICO di CIMA-Dipartimento di Protezione Civile<sup>1</sup>. Tuttavia, la forte variabilità del fenomeno rende il livello sovranazionale o nazionale non sufficiente per una gestione efficace, portando quindi al livello regionale. Nel caso delle Alpi, le Regioni del Nord Italia hanno storicamente seguito un approccio differenziato in base alle proprie esigenze organizzative e territoriali, all'interno del quadro normativo nazionale sopra citato. Un tentativo di omogeneizzazione, a livello non tanto amministrativo ma di comprensorio orografico europeo, è stato effettuato tra il 2009 ed il 2012 con il progetto INTERREG Alpine Space ALPFFIRS<sup>2</sup> coordinato da ARPA Piemonte e con partner dei Paesi affacciati sull'arco alpino. Tra i risultati del progetto si sono avute una indicazione di metodo ed una sui contenuti. La prima riguardava l'autonomia di ciascun soggetto istituzionale (Regione, Paese) nella valutazione del pericolo e nella organizzazione della struttura operativa, a fronte di una standardizzazione delle procedure di comunicazione e interazione nelle rispettive aree di confine: ciò si concretizzò ad esempio nell'adozione di una Scala di

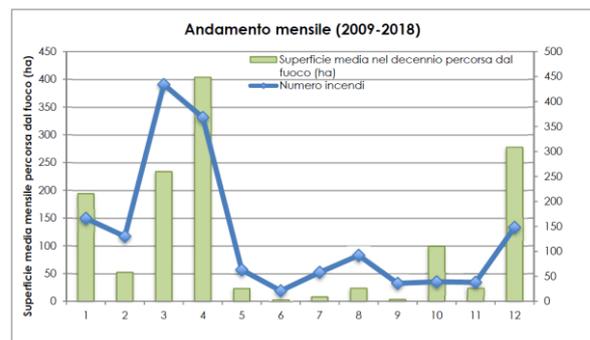


Figura 3. Superfici medie mensili (ha) percorse in Lombardia e numero totale incendi per mese; periodo considerato: dal 2009 al 2018 (da Regione Lombardia, 2020).

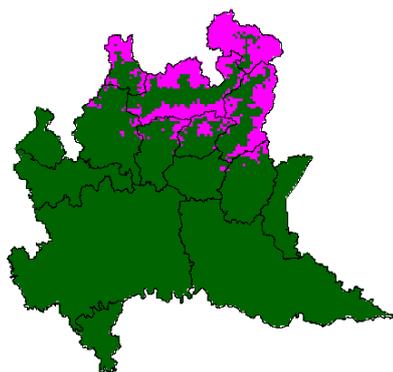
Pericolo Europea a 5 livelli, definita sulla base degli effetti e della gravità dell'incendio potenziale e dei relativi interventi necessari. La seconda riguardava invece l'indicazione dell'indice canadese FWI - Fire Weather Index<sup>3</sup> (Turner et al., 1978; Van Wagner et al., 1985) come riferimento di letteratura preferenziale per la valutazione del pericolo meteo di incendi. Un ulteriore lascito del progetto è stato l'incentivo alla sperimentazione dei nuovi sensori Fireless2 dedicati alla misura dell'umidità del combustibile (Conedera et al, 2012), utilizzati ad esempio in Svizzera, Valle d'Aosta e Lombardia.

<sup>1</sup> <https://www.cimafoundation.org/fondazioni/ricerca-sviluppo/risico.html>

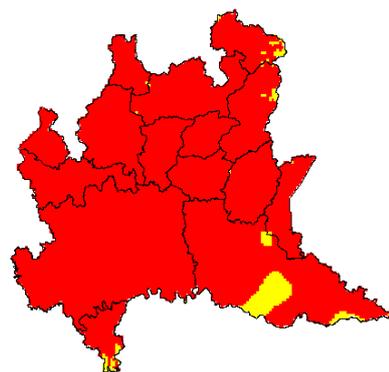
<sup>2</sup> <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/projects/alpine-forest-fire-warning-system>

<sup>3</sup> <https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/background/summary/fwi>

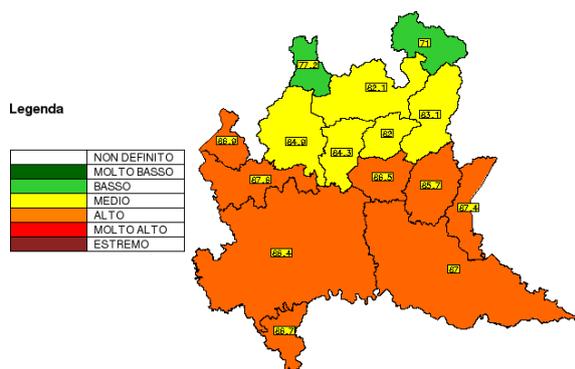
Copertura Nevosa - 04/03/2022



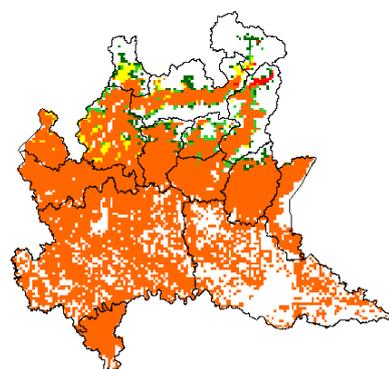
IDI - 04/03/2022



ffmc - 04/03/2022 - ANALISI



ffmc - 04/03/2022 - ANALISI



**Figura 4.** Esempio di alcune mappe di analisi dell'indice FWI-ARPA Lombardia per il giorno 4/3/22. In alto: a destra mappa di indicatore di qualità del dato interpolato (rosso: accettabile, giallo: non accettabile), a sinistra copertura nevosa ricavata da immagini MODIS (verde: non innevato, viola: innevato). In basso: a destra mappa di FFMC (Contenuto di umidità del combustibile fine) calcolata sul grigliato a 1.5 Km e privata di valori non utili, a sinistra aggregazione areale sulle Zone omogenee della precedente matrice (scala di colori in legenda).

Un esempio di realizzazione a livello regionale in ambito alpino è rappresentato appunto dall'esperienza di ARPA Lombardia<sup>4</sup>, che fornisce supporto al sistema AIB di Regione Lombardia dal 2007 (figura 3, da confrontare con figura 1). In una prima fase, a seguito di collaborazione con il Corpo Forestale della Valle d'Aosta che aveva già sperimentato da anni il metodo, si è applicato il calcolo dell'indice FWI puntualmente su un sottoinsieme delle stazioni della rete di monitoraggio regionale. Dal 2009, invece, si è preferito implementare operativamente la produzione quotidiana di mappe di FWI su grigliato regolare. Il sistema è tuttora in funzione e costituisce la base informativa meteorologica per le attività di allertamento del Centro Funzionale di Regione Lombardia (secondo la D.g.r. 21 dicembre 2020 - n. XI/4114). In modalità di analisi (figura 4), la procedura automatica utilizza l'Optimal Interpolation per spazializzare con risoluzione di 1.5 Km le misure delle circa 300 stazioni automatiche della rete ARPA (Lussana et al., 2009); i campi numerici così prodotti vengono utilizzati per calcolare FWI e sottoindici, e successivamente viene applicato un trattamento di post-processing per il trattamento della

copertura nevosa (ricavata da immagini satellitari MODIS) e della fusione nivale; infine, i valori ottenuti sono aggregati arealmente per definire il pericolo sulle Zone Omogenee di Allertamento. Tale procedura di aggregazione prevede l'eliminazione dei punti di griglia con assenza di combustibile significativo o con dato interpolato non di sufficiente qualità, utilizzando un apposito indicatore (IDI, Integral Data Influence - Uboldi et al, 2010). Dal campo di analisi dei sottoindici primari (FFMC, DMC, DC), viene poi ottenuto il campo di FWI previsto a 24 e 48 ore utilizzando i dati del modello ad area limitata COSMO-5M<sup>5</sup>, con risoluzione a 5 Km. Per quanto riguarda la fase di previsione, tale sistema fornisce le informazioni necessarie e sufficienti per definire i periodi di allertamento, ma non consente di verificare l'effettiva situazione del combustibile, dato che FWI descrive un combustibile standard (*Pinus ponderosa*). Per completare il quadro, il Piano AIB Regionale ha pertanto predisposto per i prossimi anni una serie di attività finalizzate a valutare diversi metodi di misura o stima dell'umidità del combustibile: rete di sensori automatici (in sostituzione

<sup>4</sup><https://www.arpalombardia.it/Pages/Meteorologia/Pericoli-meteo.aspx>

<sup>5</sup> <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/meteo/scopri-di-piu/il-modello-meteorologico-cosmo-lami>

della vecchia rete Fireless2), campionamenti o misure manuali da operatore, elaborazioni da dati satellitari.

### Riferimenti:

Ascoli,V. (2020). Statistiche incendi in Italia: cosa rivelano i numeri?, in: SISEF,Greenpeace: Un paese che brucia – Technical Report [https://storage.googleapis.com/planet4-italy-stateless/2020/08/1e5628b6-report\\_incendicc\\_finale.pdf](https://storage.googleapis.com/planet4-italy-stateless/2020/08/1e5628b6-report_incendicc_finale.pdf)

Bacciu,V. (2020). I cambiamenti climatici e gli incendi futuri, in: SISEF,Greenpeace: Un paese che brucia – Technical Report

Blasi,C., Bovio,G., Corona, P., Marchetti,M., Maturani,A. (2004). Incendi e complessità ecosistemica. Dalla pianificazione forestale al recupero ambientale.

Conedera, M., Brini, M., Calabrese, R., Ascoli, D., Pezzatti, G. B. (2012). Verifica sperimentale del sistema FireLess2: stima dell'umidità dei combustibili forestali e del pericolo di incendio. *Sherwood* (185), 25-31.

EFFIS (2020). Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2020 – JRC Technical Report

EFFIS (2021). Advance Report on Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2021 – JRC Technical Report

IPCC (2022). Sixth Assessment Report (AR6) Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability – Summary for Policymakers

Lussana,C., Pellegrini, U., Salvati M., Ubaldi,F. (2009). Efficient high-resolution 3-D interpolation of meteorological variables for operational use.

Regione Lombardia (2020). Piano Regionale delle attività di Previsione, Prevenzione e Lotta Attiva contro gli Incendi Boschivi 2020-2022.

Turner, J.A.; Lawson, B.D. 1978. Weather in the Canadian Forest Fire Danger Rating System. A user guide to national standards and practices. Environment Canada, Pacific Forest Research Centre, Victoria, BC. BC-X-177.

Ubaldi,F., Lussana,C., Salvati M., Ranci, M. (2010). Interpolation and automatic quality control in mesoscale observation networks.

Van Wagner, C.E.; Pickett, T.L. 1985. Equations and FORTRAN program for the Canadian Forest Fire Weather Index System. Canadian Forest Service, Ottawa, ON. Forestry Technical Report 33.

*Autore:*



*Roberto Grimaldelli  
(ARPA Lombardia)*

## Costruire una stazione meteorologica: Parte III – Calcolare le “medie”

### 1. Introduzione

Eccoci! E, grazie ancora per la vostra attenzione.

Nella scorsa puntata abbiamo veduto come, una volta costruita materialmente una “stazione” meteorologica minimalista, possiamo utilizzarla per raccogliere dati “grezzi”, cioè le letture elementari dei sensori che abbiamo deciso di usare.

E però, se ci guardiamo in giro, vediamo subito che le stazioni meteorologiche che possiamo trovare già montate ben raramente restituiscono o archiviano i dati grezzi.

Ciò che fanno veramente, è usare i dati grezzi per calcolare, a partire da loro, delle “medie”.

Come mai?

La ragione principale è che le letture grezze sono molto “ballerine”, contenendo informazioni sia delle grandezze che tentiamo di misurare, che del rumore. Possiamo immaginare che questo effetto sia esacerbato dalle piccole dimensioni degli elementi sensibili, come accade nel nostro caso (le HTS-221 che usiamo sono, infatti, dei “sensori MEMS”).

Ma cos’è, matematicamente, un “rumore”?

Il modo più comune di rappresentarlo è come un errore  $\epsilon$ , che si sovrappone alla “vera” misura  $m$ , e che dà luogo alle letture elementari, ai dati grezzi insomma:

$$l = m + \epsilon$$

A noi interesserebbe il valore di  $m$ , che però a causa degli errori  $\epsilon$  non è direttamente conoscibile. Tutto quello che il sensore ci restituisce è un valore  $l$ , più o meno perturbato.

Ora, immaginiamo di ripetere la lettura ad intervalli regolari, ottenendo così una serie di dati grezzi

$$l_i = m_i + \epsilon_i$$

dove l’indice  $i$  possiamo immaginarlo percorrere un insieme (piccolo?) di interi,  $i \in \{0, 1, \dots, n-1\}$ , a designare istanti del tempo disposti, appunto, secondo una griglia regolare:

$$t_i = t_0 + \Delta t \cdot i$$

A questo punto, se

gli  $\epsilon_i$  sono variabili casuali indipendenti e identicamente distribuite, e la distribuzione di tutte le  $\epsilon_i$  è normale, con media nulla e deviazione standard  $\sigma \geq 0$ , e la grandezza  $m_i$  cambia poco tra gli istanti  $t_0$  e  $t_{\{n-1\}}$ , allora ci possiamo lanciare a dire che la media aritmetica degli  $l_i$ ,

$$\bar{l} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} l_i$$

si discosterà pochissimo dalla media

$$\bar{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} m_i$$

La ragione è, che se davvero le  $\epsilon_i$  sono tutte normalmente distribuite con media nulla e uguale deviazione standard, e sono veramente indipendenti, allora

$$\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} \epsilon_i \approx 0$$

La cosa funziona tanto meglio, quanto più grande è il numero di letture elementari  $n$  su cui possiamo contare. Ma anche con un numero piuttosto piccolo di letture, la loro media  $\bar{l}$  approssima “abbastanza bene” la vera media  $\bar{m}$ . E se davvero la grandezza  $m$  varia poco nel tempo tra la prima e l’ultima lettura elementare, allora possiamo addirittura lanciare il cuore oltre gli ostacoli, ed affermare che

$$\bar{m} \approx m$$

Bello, no?

Non possiamo negare che questo quadro risulti notevolmente attraente sul piano concettuale. Sommati tra loro, gli errori  $\epsilon_i$  tenderanno ad annullarsi, ed a maggior ragione il rapporto tra la loro somma ed il numero di letture elementari.

E così, grazie ad una semplice operazione, possiamo compiere il salto dalle letture grezze, per loro natura affette da errore, ed il “vero” valore della grandezza da misurare, per ragioni filosofiche in teoria inconoscibile.

Che le cose stiano davvero così, è tutto da vedere nella realtà pratica. Ma indubbiamente, una media  $\bar{l}$  varierà davvero poco e ci donerà una tranquillizzante sensazione di stabilità. Dopotutto, santa peppola, stiamo misurando

temperature e umidità, e si sa, temperature e umidità variano poco.

## 2. Miglioriamo il software di stazione

Ed eccoci, così, a calcolare delle medie.

Se ricordate la puntata precedente, rimembrerete anche il programma che si occupava di compiere le letture grezze, ed inviarle alla linea seriale della stazione così da poterle esaminare a vista.

Ora è venuto il tempo di estenderlo, in modo che possa calcolare le medie.

E questo, tutto intero, il risultato dell'estensione:

```
#include <BufferedPrint.h>
#include <FreeStack.h>
#include <MinimumSerial.h>
#include <RingBuf.h>
#include <SdFat.h>
// #include <SdFatConfig.h>
// #include <sdios.h>

// Basic code for reading Humidity and Temperature
// from HTS221, tested on an
// Arduino MKR ZERO
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_HTS221.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>

// For SPI mode, we need a CS pin
#define HTS_CS_OBS 6
#define HTS_CS_MOD 7
// For software-SPI mode we need SCK/MOSI/MISO pins
#define HTS_SCK 9
#define HTS_MISO 10
#define HTS_MOSI 8

unsigned long int time_ms;

Adafruit_HTS221 hts_0;
Adafruit_HTS221 hts_1;

// Application data
float rAvgRh1;
float rAvgT1;
float rAvgRh2;
float rAvgT2;
float rStdRh1;
float rStdT1;
float rStdRh2;
float rStdT2;

// Scheduling-related
long int deltaTime;
long int oneSecond = 1000L;
long int fiveSeconds = 5000L;
long int currentTime;
unsigned long int previousMillis = 0L;

unsigned long int numIteration = 0L;

// Try max SPI clock for an SD. Reduce SPI_CLOCK if
// errors occur.
#define SPI_CLOCK SD_SCK_MHZ(50)

#define dbgAssert(e) ((e) ? (void)0 : error("assert
" #e))

// *****
// * Auxiliary functions *
// *****

void readData(const int iNumData, const long int
iWait = 200L) {
```

```
// Initialize data
sensors_event_t temp_0;
sensors_event_t humidity_0;
sensors_event_t temp_1;
sensors_event_t humidity_1;
float rAvgRh1_pre;
float rAvgRh2_pre;
float rStdRh1_pre;
float rStdRh2_pre;
float rAvgRh1_post;
float rAvgRh2_post;
float rStdRh1_post;
float rStdRh2_post;
float rAvgT1_pre;
float rAvgT2_pre;
float rStdT1_pre;
float rStdT2_pre;
float rAvgT1_post;
float rAvgT2_post;
float rStdT1_post;
float rStdT2_post;

// Start accumulation of mean and standard
// deviations
hts_0.getEvent(&humidity_0, &temp_0);
rAvgRh1_pre = humidity_0.relative_humidity;
rAvgT1_pre = temp_0.temperature;
hts_1.getEvent(&humidity_1, &temp_1);
rAvgRh2_pre = humidity_1.relative_humidity;
rAvgT2_pre = temp_1.temperature;
rStdRh1_pre = 0.f;
rStdT1_pre = 0.f;
rStdRh2_pre = 0.f;
rStdT2_pre = 0.f;

// Accumulate the remaining samples
for(int i = 2; i <= iNumData; i++) {

// Force interdata delay
delay(iWait);

// Gather elementary data
hts_0.getEvent(&humidity_0, &temp_0);
float RelH_0 = humidity_0.relative_humidity;
float Temp_0 = temp_0.temperature;
hts_1.getEvent(&humidity_1, &temp_1);
float RelH_1 = humidity_1.relative_humidity;
float Temp_1 = temp_1.temperature;

// Update counters (using the mean and stddev
// recurrences in D.E. Knuth,
// "The Art of Computer Programming", vol.2,
// "Seminumerical algorithms",
// page 216)
rAvgRh1_post = rAvgRh1_pre + (RelH_0 -
rAvgRh1_pre) / (float)i;
rAvgT1_post = rAvgT1_pre + (Temp_0 -
rAvgT1_pre) / (float)i;
rAvgRh2_post = rAvgRh2_pre + (RelH_1 -
rAvgRh2_pre) / (float)i;
rAvgT2_post = rAvgT2_pre + (Temp_1 -
rAvgT2_pre) / (float)i;
rStdRh1_post = rStdRh1_pre + (RelH_0 -
rAvgRh1_pre) * (RelH_0 - rAvgRh1_post);
rStdT1_post = rStdT1_pre + (Temp_0 -
rAvgT1_pre) * (Temp_0 - rAvgT1_post);
rStdRh2_post = rStdRh2_pre + (RelH_1 -
rAvgRh2_pre) * (RelH_1 - rAvgRh2_post);
rStdT2_post = rStdT2_pre + (Temp_1 -
rAvgT2_pre) * (Temp_1 - rAvgT2_post);
rAvgRh1_pre = rAvgRh1_post;
rAvgT1_pre = rAvgT1_post;
rAvgRh2_pre = rAvgRh2_post;
rAvgT2_pre = rAvgT2_post;
rStdRh1_pre = rStdRh1_post;
rStdT1_pre = rStdT1_post;
rStdRh2_pre = rStdRh2_post;
rStdT2_pre = rStdT2_post;

}

// Render final results
```

```

rAvgRh1 = rAvgRh1_pre;
rAvgT1 = rAvgT1_pre;
rAvgRh2 = rAvgRh2_pre;
rAvgT2 = rAvgT2_pre;
rStdRh1 = sqrt(rStdRh1_pre / (iNumData - 1));
rStdT1 = sqrt(rStdT1_pre / (iNumData - 1));
rStdRh2 = sqrt(rStdRh2_pre / (iNumData - 1));
rStdT2 = sqrt(rStdT2_pre / (iNumData - 1));
};

void setup(void) {
  Serial.begin(115200);

  while (!Serial) delay(10);

  // Try to initialize!
  if (!hts_0.begin_SPI(HTS_CS_OBS, HTS_SCK,
HTS_MISO, HTS_MOSI)) {
    Serial.println("Failed to find base HTS221 '0'
chip");
    while (1) { delay(10); }
  }
  if (!hts_1.begin_SPI(HTS_CS_MOD, HTS_SCK,
HTS_MISO, HTS_MOSI)) {
    Serial.println("Failed to find derived HTS221
'1' chip");
    while (1) { delay(10); }
  }

  // Give the HTS221s some time to settle
  delay(1000);

  // Initialize the SD.
  if (!sd.begin(SD_CONFIG)) {
    sd.initErrorHalt(&Serial);
  }
  // Open root directory
  if (!dir.open("/")){
    error("dir.open failed");
  }

  // Print header (useful when processing data)
  Serial.println("");
  Serial.println("Time, Avg.RH.A, Avg.RH.B,
Std.RH.1, Std.RH.2");

  // Time-related variables
  currentTime = 0L;
}

void loop() {

  unsigned long currentMillis = millis();
  if(currentMillis - previousMillis >= fiveSeconds)
  {

    numIteration++;

    previousMillis = currentMillis;

    // Gather data from the two sensors
    readData(10, 200L);

    // Write data
    time_ms = millis();
    Serial.print(numIteration); Serial.print(",
Rh1=");
    Serial.print(rAvgRh1); Serial.print(", Rh2=");
    Serial.print(rAvgRh2); Serial.print(",
StdRh1=");
    Serial.print(rStdRh1); Serial.print(",
StdRh2=");
    Serial.println(rStdRh2);
  }

  delay(5000);
}

```

Rispetto alla primissima versione adesso c'è una nuova funzione, "readData", incaricata di raccogliere un numero prefissato di dati grezzi, e calcolarne insieme media e deviazione standard – quest'ultima, da usare come stima del "rumore".

Qui, faccio notare una piccola ricercatezza: in teoria, avrei potuto raccogliere i dati grezzi in un vettore, per poi calcolarne la media aritmetica con una sommatoria e una divisione; una volta poi calcolata la media, avrei potuto calcolare gli scarti quadratici delle letture rispetto a lei, mediarli, ottenere una stima della varianza, prenderne la radice quadrata, e ottenere così la deviazione standard.

C'è, però, un piccolo dettaglio, anzi, due. Intanto, la somma brutale di una serie di valori è "numericamente instabile". Ci sono condizioni (per esempio quando le letture grezze sono tutte a cavallo del valore nominale 0) in cui la somma comporta una perdita irreversibile di cifre decimali, e di precisione. Condizioni, che *possono* accadere nella pratica: alle nostre latitudini, e magari in quota, valori di temperatura prossimi a zero sono tutt'altro che rari.

E poi, tenere da parte lo spazio per i vettori di dati grezzi richiede *spazio*. Non moltissimo se, come nel nostro caso, il numero di dati grezzi che concorrono ad una media è dell'ordine della decina. Ma che, volessimo calcolare medie orarie, risulterebbe proibitivo per un microcontrollore Cortex M0+ come quello a bordo delle Arduino MKR ZERO.

Per fortuna c'è di meglio. Il problema di calcolare in modo numericamente stabile medie e deviazioni standard era stato affrontato già agli albori dell'epoca dei *computer*, e una delle ricette migliori è riportata nella "Bibbia di Knuth" (D.E. Knuth, *The Art of Computer Programming: vol 2, Seminumerical Algorithms*, Addison Wesley, 1981, 1969). L'articolo originale, per chi avesse la pazienza e la possibilità di cercarlo, è: B.P. Welford, *Technometrics*, **4** (1962), pp 419-420 – particolare curioso: è stato scritto nel mio anno di nascita!

L'algoritmo si può scrivere in forma di relazione di ricorrenza:

$$M_0 = l_0; S_0 = 0$$

$$M_k = M_{k-1} + (l_k - M_{k-1}) / (k + 1)$$

$$S_k = S_{k-1} + (l_k - M_{k-1})(l_k - M_k)$$

dove  $k = 1, \dots, n - 1$ . Alla fine del procedimento si pone

$$\bar{l} = M_{n-1}$$

e

$$\sigma_l = \sqrt{\frac{S_{n-1}}{n-1}}$$

Nella funzione di cui dicevo ne trovate un'implementazione brutalmente fedele.

E di passaggio, vi faccio notare come tutte le operazioni di somma, sottrazione, prodotto e divisione (tranne  $k + 1$ ) non sono le normali quattro operazioni dell'aritmetica, ma le loro controparti in *virgola mobile* (quelle dei computer, per intenderci, che non sono la stessa cosa).

Certo, fa pensare che anche in una stazioncina meteo ultra-semplificata come la nostra abbia fatto irruzione un concetto di matematica molto avanzato.

Che se *non* avessi usato questo concetto avanzato, e mi fossi invece lasciata guidare dalla definizione di media aritmetica e di deviazione standard, avrei generato un codice capace con certezza assoluta di produrre risultati sbagliati.

Ma, che dire: è così. Il fatto di vederle, queste cose, ha senz'altro molto a vedere con il mio *background* di matematica applicata: in un certo senso sono stata addestrata a pensare così – a non dare per scontate le cose, a non credere che “facile voglia necessariamente dire semplice”, o addirittura esatto.

(Sarebbe davvero interessante sapere se, nelle stazioncine meteo che ci troviamo in casa, la media venga calcolata con questa cura o, invece...)

Appunto: che dire...

Ho detto *matematiche*, e non matematici, per una ragione contingente e molto precisa. Nei miei anni di università, a Matematica alla Statale di Milano le studentesse erano una maggioranza ben più che assoluta: potrei dire, che eravamo la “massa”, l'olotipo. Una collega mia coetanea, e che oggi insegna proprio a Matematica, mi ha detto che questa sproporzione aveva un'origine precisa: le persone che si sentivano brave si iscrivevano a Fisica (trovavola ancora oggi, una ragazza disposta a osare di dichiarare al mondo di sentirsi “brava”: ce ne sono, ma non poi tante). E Matematica era veduta come una via maestra verso l'insegnamento (ragionamento tipico di allora: “Se mi dovesse andare strabenissimo, lavorerò nell'industria; ma se, invece, dovesse andarmi male, un posto da prof prima o poi lo troverò!”) Le cose sono molto cambiate, oggi, e Matematica, con il sogno (miraggio?) di lucrosissime occupazioni in ambito finanziario e attuariale, è divenuto a dominanza maschile. E, stranamente, era a dominanza maschile anche qualche anno *prima* che ci finissi io: in

termini matematici, in un certo senso sono figlia di una breve parentesi temporale.

Ora, immaginiamo che qualcuna di noi fosse finita per un accidente fortuito in qualche ditta che costruisce stazioni, e, ricordando quanto aveva imparato all'Università circa la Bibbia di Knuth, i metodi *numericamente instabili*, e quelle robe lì, avesse trovato il coraggio di dire agli ingegneri responsabili della realizzazione di una stazione meteo che un'espressione del tipo

$$\frac{l_0 + l_1 + \dots + l_{n-1}}{n}$$

calcolata (come si è costretti a fare) in virgola mobile non è mica detto che sia uguale alla media aritmetica  $\bar{l}$ . La sua vocina sarebbe, con ogni probabilità, caduta nel vuoto. Nei rari casi in cui questo non fosse accaduto, l'osservazione sarebbe stata magari accolta con un'alzata di spalle, accompagnata da una frasetta come “le vostre solite fisime da matematici!”

E così, migliaia di pezzi di *data-logger* sofisticatissimi, costosissimi e *sbagliati* sono magari finiti sul mercato grazie ad una brillantissima campagna di vendita. Centinaia di articoli accademici sono stati nel frattempo scritti basandoli su medie sbagliate ottenute da quegli stessi *data-logger* bellissimi e di grandissima reputazione, ma bacati, documentando e scoprendo fenomeni sui quali oggi sarebbe così interessante indagare.

Una petizione, la mia, femminista? E oltretutto, d'altri tempi?

Anche.

Mi chiedo cosa sarebbe accaduto se invece che la vocina di una di noi l'Ingegnere di cui sopra si fosse trovato di fronte il vocione potente e convintissimo di un lui-matematico dei nostri giorni.

Qualcosa mi dice che la reazione sarebbe stata esattamente identica: “le vostre solite fisime da matematici!”

E va be'. Loro sono loro. Ma noi siamo noi. E nelle buche di cantiere facciamo il possibile per non finirci.

### 3. Tutto chiaro?

Sì, sì, chiarissimo!

Si leggono i dati grezzi.

Si calcolano (ma bene bene e con molta cura) le medie e le deviazioni standard dei due canali.

Poi si stampano i risultati.

A questo punto ci sarebbe moltissimo da dire su che fare, di questi risultati. Tanto, da richiedere una prossima puntata.

Il guaio delle cose limpide è, però, che spesso sono troppo *limpide*. E che le ricette di calcolo sono, appunto, numerosissime, diverse tra loro, e concepite per finalità differenti.

Noi, di ricetta, ne abbiamo veduta solo una (e per semplicità del codice, se me lo concedete, mi fermerei lì).

Una, delle tante.

Ma niente ci impedisce di ragionare secondo linee differenti.

Per esempio: ad ogni lettura di dati grezzi, niente ci impedisce di campionare prima una HTS221, e poi l'altra, in successione talmente veloce da poter dire che tutte e due le HTS221 "vedano" lo stesso valore di  $m$ .

Se le cose stanno davvero così, allora non esiste ragione al mondo che le due letture  $l^A$  ed  $l^B$  delle due HTS221 siano diverse tra loro.

A parte il rumore!

E cioè, nella fattispecie,

$$l^A = m + \epsilon^A$$

$$l^B = m + \epsilon^B$$

$$|l^B - l^A| = |m + \epsilon^B - m - \epsilon^A| = |\epsilon^B - \epsilon^A|$$

Consideriamo  $\epsilon^{AB} = \epsilon^B - \epsilon^A$ : per le ipotesi che abbiamo fatto,  $\epsilon^{AB}$  è differenza di due variabili casuali ciascuna distribuita normalmente e con media nulla (le due deviazioni standard, invece, sono in linea di principio diverse). Matematici e statistici sono soliti scrivere  $\epsilon^A \sim N(0, \sigma^A)$  e  $\epsilon^B \sim N(0, \sigma^B)$ : nel caso,  $\epsilon^{AB} \sim N(0, \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2})$ .

Ma allora, quando per un singolo dato grezzo si ha  $|l^B - l^A| > K$ , dove  $K$  è un'opportuna costante positiva, si può dire con buone ragioni che  $l^A$  o  $l^B$  (o tutte e due) è non plausibile.

Cosa che autorizza ad escludere  $l^A$  ed  $l^B$  dal calcolo della media.

Una considerazione del genere, per certi versi più raffinata del calcolo indipendente delle due medie e deviazioni standard (lasciando ogni confronto e ogni decisione al dopo), permette di calcolare un'altra media per le misure. Media che, incidentalmente, coinciderà con quella solita solo se nessun dato viene escluso in quanto sospetto.

E c'è anche la possibilità (per esempio perché tra le due HTS221 intercorre un errore sistematico dovuto ad un difetto nella calibrazione) che *tutte* le letture siano escluse dalla media, che a quel punto non viene determinata.

Indubbiamente, però, invalidare tutte le misure nelle quali la differenza tra le HTS221 sia eccessiva permette di restringere il calcolo di medie e deviazioni standard ai soli dati "puliti", cosa che in alcune circostanze può riuscire particolarmente tranquillizzante.

Potremmo proseguire, e fantasticare per ore, sulla definizione di altri tipi di medie.

Una cosa è comunque certa: qualunque cosa pensiamo di voler fare, l'operazione "calcolo delle medie e delle deviazioni standard" è *distruittiva*, come avevamo veduto una puntata fa. Con un'analogia un po' (troppo?) ardita, potremmo immaginare il calcolo di una media o di una deviazione standard alla stregua di una trasformazione termodinamica irreversibile.

(Lo dicevo, che era una similitudine *troppo osé*.)

E dato che non permette di tornare indietro, mai e poi mai ci permetterà di applicare al calcolo di medie e deviazioni standard un criterio diverso: un vero peccato, l'unico rimedio al quale è di conoscere in modo esatto, deterministico, non-ambiguo l'algoritmo di calcolo utilizzato.

Nel caso della nostra stazioncina, qualunque media e deviazione standard cerchiamo di calcolare sarà inevitabilmente documentata perfettamente dal codice sorgente.

Ma nel caso di stazioni già fatte, nulla di tutto ciò possiamo dire.

Sarebbe davvero *bello*, e scientificamente corretto, che i produttori rilasciassero questi dettagli a chi abbia necessità di conoscerli.

### 3. Mondo turbolento

Nella puntata scorsa abbiamo veduto come le misure di temperatura (tanto per fare un esempio a caso) compiute con uno strumento abbastanza sensibile ed accurato hanno un aspetto visivo che ricorda molto da vicino i frattali: possiamo, in effetti, ripartirla tra una parte "media" ed una "fluttuazione" di origine (diciamo) turbolenta.

Anche questa fluttuazione, così come gli errori di misura, ha una media nulla e, possiamo scommetterci, una deviazione standard positiva.

E così: possiamo dire che fluttuazioni turbolente ed errori di misura sono tra loro imparentati?

La risposta è: non necessariamente – anche se è possibile che una parte delle fluttuazioni turbolente possano influire in qualche modo sulle letture grezze.

In effetti, le cause del rumore (dell'errore di misura) possono essere molte di più che la turbolenza. Gli esempi che mi vengono in mente riguardano anomalie elettriche dovute a disturbi (radiati o condotti), risposta a vibrazioni meccaniche indesiderate, ...

“Troppa roba”, credo, per fare dei discorsi a priori.

Cosa più interessante, sarebbe vedere se davvero l'errore è distribuito normalmente, oppure se la sua funzione densità empirica ha qualche parentela con la distribuzione normale: argomento troppo grande per riuscire a farlo stare qui (non escludo di scriverne, in futuro).

##### **5. Conclusioni, e commiato (per il momento)**

Comunque, bene. Abbiamo fatto una discreta strada, sia sul piano del codice (che adesso è capace di calcolare media e deviazione standard di una successione di letture grezze), che dei concetti (accumulando, nel caso, qualche dubbio salutare).

Resta da vedere che cosa ne facciamo delle medie e deviazioni standard, una volta che le abbiamo calcolate.

Dovremo, intanto, archivarle da qualche parte. Trasmetterle? Ed infine (ultimo ma non certo per importanza) *usarle* in qualche applicazione.

Di tutte queste cose vedremo nella prossima, ed ultima, puntata di questa serie.

Intanto, vogliate gradire il mio saluto, e l'augurio di mai smettere di esplorare.



*Autore: Patrizia Favaron*

## BULLETIN OF ATMOSPHERIC SCIENCE AND TECHNOLOGY

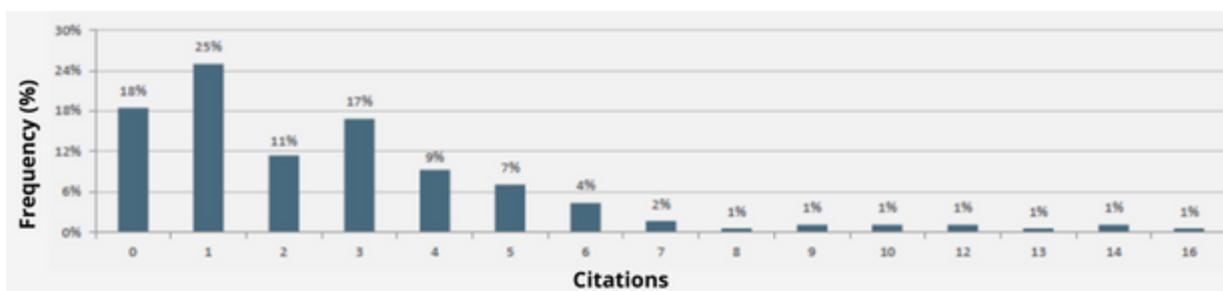


Il *Bulletin of Atmospheric Science and Technology*, rivista ufficiale dell'Associazione Italiana di Scienze dell'Atmosfera e Meteorologia edita da Springer Nature, si appresta ad affrontare il suo terzo anno di vita, con il primo fascicolo pubblicato nel marzo 2020. Per l'Editorial Board è stato quindi il momento giusto per fare alcune considerazioni e valutazioni che qui condividiamo.

Alla fine del 2021 risultavano pubblicati sulla rivista 43 articoli (40 regular research paper, 1 short communication, 2 Editorial paper), oltre a 4 newsletter.

Sempre alla stessa data (31 dicembre 2021) gli articoli sulla rivista avevano capitalizzato ben 20709 download ed il numero medio di citazioni capitalizzato da ognuno dei lavori è pari a 3. La figura mette in relazione il numero di citazioni ricevute dagli articoli pubblicati su BAST nei primi

due anni.



Per quanto riguarda il processo di revisione degli articoli sottomessi, il tempo medio dalla sottomissione alla prima decisione è di 55 giorni.

Infine, nei prossimi mesi verrà avviata la procedura di accreditamento, finalizzata all'indicizzazione della rivista. La procedura è piuttosto complessa e include più fasi, la prima delle quali è rappresentata dalla richiesta di inclusione all'interno dell'*Emerging Sources Citation Index* (ESCI). ESCI è parte di Web of Science Core Collection, e contiene riviste con pubblicazioni di qualità e di differenti discipline, selezionate con rigore da un gruppo di esperti.

## SEZIONE PROFESSIONISTI

### *Resoconto della riunione della Sezione Professionisti AISAM (AISAM-PRO)*

Lunedì 16 maggio 2022 si è riunita la **Sezione Professionisti AISAM (AISAM-PRO)** in modalità remota: è la prima riunione dall'insediamento del nuovo Comitato di Ammissione e Controllo (CAC), che ancora, per la perdita dolorosa ed improvvisa di Massimo Monticelli, si trova ad essere incompleto.

Anche grazie alla presenza di soci AISAM non appartenenti alla sezione la discussione è stata molto vivace e ha toccato temi più ampi di quanto all'ordine del giorno: sono stati infatti raccolti molti suggerimenti sulle possibili attività da sviluppare nell'ambito della sezione. Citiamo qui i due spunti principali dalla riunione:

(1) la necessità di riservare attenzione a quanti tra i soci professionisti esercitano prevalentemente la **libera professione**: rischiano infatti di essere più esposti al non riconoscimento delle loro competenze e a debolezza contrattuale;

(2) il suggerimento di una **maggiore apertura della sezione professionisti** allo scambio sia con altre professioni (ad esempio Data Analysts, informatici, statistici ed ingegneri), sia con eventuali aziende che possono non avere chiara la professionalità specifica del meteorologo (ad esempio assicurazioni, servizi energetici, aziende agricole).

Il CAC cercherà quindi di concretizzare questi spunti in singole iniziative pratiche chiaramente finalizzate, anche se una risposta (pur non sistematica) è inclusa nei punti all'ordine del giorno, che riassumiamo:

- La sezione Professionisti accoglie con piacere **candidature per la posizione vacante del CAC**, che sottoporrà al direttivo, ma anche per collaborazioni più informali e su singoli progetti; tenendo in considerazione quanto detto in riunione sono particolarmente benvenute **candidature nel settore privato e tra i liberi professionisti**;
- Il CAC proporrà al webteam AISAM di rendere linkabili i nominativi dei soci professionisti esposti sul sito (<https://aisam.eu/i-soci-professionisti/>) ad una **pagina personale "standard"** per facilitare i loro contatti professionali;
- Il CAC proporrà nel prossimo anno **iniziative di formazione/condivisione** via zoom dedicate ai soci, a intervento singolo (o a più voci ma di durata comunque inferiore alla mezza giornata di lavoro), con test finale e attestazione di frequenza; sul forum di AISAM, nella stanza dedicata ad AISAM-PRO, è stato inserito un primo elenco di idee e di proposte, alcune più sviluppate di altre: i soci stessi potranno commentare, integrare o bocciare le proposte utilizzando il forum;
- Su gradita proposta dei soci Barbara Turato e Marcello Miglietta AISAM-PRO collaborerà all'organizzazione per fine settembre di una giornata **workshop previsorio-ricercatori** per la discussione di casi di studio, scelti tra i più rilevanti per l'alto impatto e/o la difficoltà previsionale.

Chi desideri collaborare ai progetti della sezione, o proporre di nuovi, può inviare una mail all'indirizzo [professionisti@aisam.eu](mailto:professionisti@aisam.eu).

In attesa di incontrarci alla prossima occasione, un saluto cordiale a tutti i soci AISAM (Professionisti e non).

Il Comitato di Ammissione e Controllo

## LA PROCLAMO DOTTORE...

*AISAM si congratula con i neo-laureati/dottorati....e che una nuova avventura abbia inizio!*

### Assimilazione di informazioni sulla struttura nuvolosa tramite osservazioni satellitari con un Ensemble Kalman Filter

(Assimilation of Cloud Structure Information from Satellite Observation with an Ensemble Kalman Filter)



Dott. Nicola Pierotti

Università degli Studi di Trento / Leopold-Franzens Universität Innsbruck

Laurea Magistrale in Environmental Meteorology

Relatore: Prof. Stefano Serafin

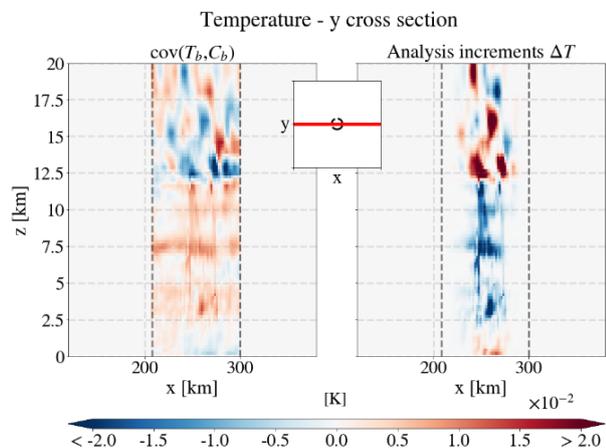
Co-Relatori: Prof. Lorenzo Giovannini, Prof. Martin Weissmann

Anno Accademico 2020/2021

#### Abstract

I cumulonembi sono responsabili della maggior parte delle precipitazioni ai tropici e sui continenti nell'emisfero estivo. Per diverse ragioni (condizioni iniziali imprecise, errori del modello, natura parzialmente casuale dell'innescio della convezione), i modelli numerici di previsione meteorologica hanno un successo limitato nella rappresentazione degli eventi convettivi, anche se eseguiti ad una risoluzione che consente di risolvere esplicitamente le circolazioni convettive. I metodi di nowcasting basati sull'estrapolazione sono tipicamente superiori ai modelli numerici nella previsione delle precipitazioni convettive a breve termine. L'assimilazione di nuove fonti di dati rappresenta un possibile percorso per migliorare la previsione della convezione a breve termine nei modelli numerici con risoluzione convettiva. Un operatore di osservazione recentemente sviluppato e computazionalmente efficiente (MFASIS, incluso in RTTOV) consente l'assimilazione delle riflettanze satellitari nello spettro visibile. Tuttavia, l'assimilazione puntuale delle osservazioni relative alle nubi è sub-ottimale, data l'evoluzione non lineare delle nubi che porta a double penalty errors. Per risolvere questo problema, sono stati studiati approcci alternativi basati sull'assimilazione delle informazioni sulla struttura delle nubi dalle immagini satellitari.

A questo scopo, è stato condotto un Observing-System Simulation Experiment (OSSE) basato su simulazioni idealizzate di convezione umida profonda continentale, inizializzate con un radiosondaggio osservato (Payerne, Svizzera, 30 luglio 2008 alle 12:00 UTC). Il modello di previsione è ARW-WRF, mentre l'algoritmo di assimilazione dei dati è l'Ensemble Adjustment Kalman Filter (EAKF) di DART. Il nature run e l'ensemble previsionale condividono sia la spaziatura della griglia che la fisica del modello. I membri dell'ensemble sono inizializzati con versioni perturbate del radiosondaggio osservato e sono inoltre soggetti a perturbazioni casuali indipendenti. La durata della previsione è di 15 ore e la frequenza di assimilazione è di 15 minuti. È stata confrontata l'abilità di previsione, sia in termini di errore quadratico medio (RMSE) che di Fractions Skill Score (FSS), di (i) un ensemble eseguito senza alcuna assimilazione e (ii) un ensemble che assimila cloud fractions derivate da immagini satellitari sintetiche create da MFASIS.



Sezioni orizzontali dei campi di covarianza e di analysis increment per la temperatura. Una variazione della variabile che viene assimilata (cloud fraction), comporta un impatto sulle altre variabili del modello

## Il rischio incendi boschivi nella Regione Abruzzo e l'analisi dinamica del fenomeno con il software *FlamMap*



Dott. Gabriele Pizzi

Sapienza – Università di Roma

Laurea Magistrale in Ingegneria della Sicurezza e Protezione Civile

Relatore: Prof. Giuliano Rossi

Co-Relatori: Ing. Silvio Liberatore, Dott. Mauro Casinghini

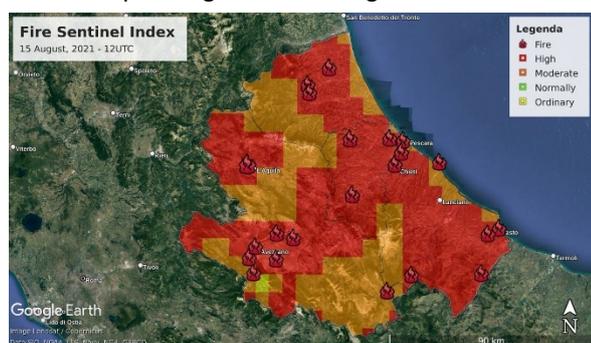
Anno Accademico 2020/2021

### Abstract

Il fenomeno degli incendi boschivi in Italia presenta, da alcuni anni, evidenti criticità: nella scorsa estate solo nelle regioni del centro sud e nelle isole, sono andati in fumo oltre 150000 ettari di vegetazione.

Gli studi relativi ai cambiamenti climatici e la lettura della gestione del territorio indicano che i prossimi anni saranno sempre più difficili, con singoli eventi più complessi e con contesti in cui la contemporaneità degli eventi rischia di condizionare l'efficacia operativa. È quindi indispensabile che gli enti responsabili dimensionino il servizio in modo elastico, e valorizzino la capacità previsionale a breve, medio e lungo termine. Per quanto riguarda la previsione a medio-lungo termine, essa non deve limitarsi ad un'analisi statica del rischio, ma dovrebbe analizzare il fenomeno anche da un punto di vista dinamico. Conoscere le caratteristiche del comportamento del fuoco consente di determinare la modalità di propagazione e valutare i limiti oltre il quale l'incendio supera le capacità di soppressione.

La previsione a breve termine, basata su dati meteorologici, consente di essere consapevoli delle giornate che possono causare seri problemi su ciascuna area del territorio, sulla cui base pianificare l'attività operativa. A tale proposito, nel lavoro di tesi è stata condotta l'analisi dinamica del fenomeno degli incendi boschivi nell'area della Conca Aquilana mediante il software *FlamMap*, elaborando, per ciascuno scenario di pericolo ipotizzato, le mappe di pericolosità, la cartografia del comportamento del fuoco e le carte d'impatto atteso. Dall'analisi del comportamento del fuoco emerge che il vento condiziona la velocità di propagazione, la lunghezza di fiamma e la sua intensità. In particolare, si osservano variazioni poco significative tra gli scenari con vento assente e con intensità pari 3 km/h, viceversa, si riscontrano



importanti variazioni nel caso di vento con velocità di 9 km/h. L'umidità, al contrario, rappresenta un fattore che ostacola l'avanzamento dell'incendio.

Dal punto di vista degli strumenti di previsione a breve termine, il lavoro di tesi ha verificato l'ipotesi di introdurre un indice sentinella (il Fire Sentinel Index) a supporto dell'indice di pericolo d'incendio canadese Fire Weather Index (FWI) disponibile in EFFIS (European Forest Fire Information System), e attualmente utilizzato dalla Protezione Civile abruzzese.

L'indice proposto è un indicatore cumulativo che misura la frequenza con cui vengono raggiunti e superati valori di soglia delle principali variabili meteorologiche che agevolano la propagazione dell'incendio, nell'arco di 12 giorni, attribuendo un peso progressivamente maggiore agli eventi di superamento di tali soglie più prossimi al giorno di calcolo.

Oltre ad una gestione sistematica che tiene conto degli indici di rischio, per limitare i danni è opportuno ottimizzare le risorse terrestri disponibili, mediante l'impiego dei Moduli Elitrasportabili per Incendi Complessi (M.E.I.C.) che dispongono di attrezzature idonee a portare l'acqua sul fronte fuoco utilizzando il metodo canadese.

Tale metodologia, sviluppata nell'ambito dello studio di tesi triennale e resa operativa negli ultimi mesi, è risultata determinante per la Regione Abruzzo nell'estate del 2021, in quanto ha consentito di gestire la maggior parte degli eventi con l'intervento delle sole risorse terrestri, limitando i danni ad un livello tale da non avere i requisiti per la dichiarazione dello stato di emergenza da parte del Consiglio dei Ministri.

## Un approccio integrato per la valutazione del rischio clima-indotto in biblioteche storiche combinando osservazioni microclimatiche e modellazione

(An integrated approach for the climate-induced risk assessment within historic libraries combining microclimate data and modelling)



Dott.ssa Elena Verticchio

Sapienza – Università di Roma

Dottorato in Scienze della Terra, curriculum Ambiente e Beni Culturali

Relatore: Prof.ssa Anna Maria Siani

Co-Relatori: Prof.ssa Chiara Bertolin (Norwegian University of Science and Technology), Prof.ssa Cristina Cornaro (Università degli Studi di Roma «Tor Vergata»)

Ciclo XXXIV

### Abstract

L'attività diagnostica di sorveglianza del microclima e l'analisi delle principali grandezze microclimatiche negli ambienti di conservazione è ormai imprescindibile per una valutazione oggettiva del rischio di deterioramento e per proporre azioni mirate di mitigazione sulla base delle priorità riscontrate.

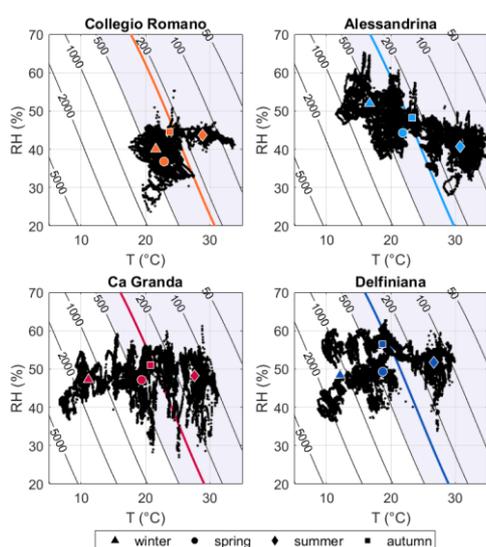


Figura 1 - Aspettativa di vita (anni) per carta acida deteriorata su base annuale (curve colorate) e stagionale (simboli colorati) e osservazioni orarie (indicatori neri) di temperatura (T) e umidità relativa (RH).

Lo studio svolto durante il mio dottorato ha integrato attività osservativo-sperimentali e modellistico-predittive per la valutazione dei rischi clima-indotti per le collezioni archivistiche e librerie. La ricerca ha coinvolto prestigiosi casi studio quali la Biblioteca Alessandrina nel Palazzo del Rettorato di Sapienza Università e la Biblioteca Meteorologica Storica del CREA (Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria) al Collegio Romano di Roma, la Biblioteca Delfiniana nel Museo Diocesano di Udine e l'Archivio storico del complesso monumentale della Ca' Granda di Milano.

L'attività osservativo-sperimentale è stata basata sulla raccolta sistematica di osservazioni microclimatiche per studiare il microclima in funzione del clima esterno, delle caratteristiche dell'involucro edilizio, della fruizione degli ambienti e dell'impiego di sistemi attivi di condizionamento dell'aria. L'attività modellistico-predittiva ha impiegato la simulazione dinamica del clima in ambienti confinati unitamente a funzioni dose-risposta e funzioni di danno per stimare

l'impatto delle condizioni climatiche sul rischio di deterioramento meccanico, chimico e biologico. La modellazione delle condizioni microclimatiche nelle biblioteche è stata sviluppata usando il software di simulazione IDA ICE (Indoor Climate and Energy) accoppiato con un modello igrotermico per gli scambi di calore e vapore.

La caratterizzazione ambientale ha consentito di comprendere le complesse interazioni reciproche tra gli edifici e il clima esterno e tra gli edifici e le collezioni in essi custodite. La messa a punto di specifici indici ha poi permesso di quantificare, su scala annuale e stagionale, l'aspettativa di vita delle collezioni cartacee (Figura 1) in funzione delle condizioni di temperatura dell'aria (T) e di umidità relativa (RH).

L'approccio sviluppato nella ricerca è risultato efficace per caratterizzare gli ambienti di biblioteche e archivi e individuare le criticità conservative indotte dal clima sulle collezioni. Pertanto, costituisce uno strumento versatile per la diagnostica e la prognostica che potrà essere vantaggiosamente sfruttato da curatori ed esperti della conservazione a supporto della conservazione preventiva in biblioteche e archivi, anche alla luce dei futuri cambiamenti climatici previsti secondo il Sixth Assessment Report (AR6) dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Alcuni dei risultati della ricerca sono stati presentati nel corso del Terzo e del Quarto Congresso Nazionale AISAM.

## Sviluppo e validazione di mappe di copertura nevosa per lo studio della variabilità del manto nevoso in Emilia-Romagna nel periodo 2000-2020



Dott.ssa Cecilia Magnani

Alma Mater Studiorum - Università degli studi di Bologna

Laurea Magistrale in Fisica del Sistema Terra

Relatore: Prof. Vincenzo Levizzani

Co-Relatori: Dott.ssa Valentina Pavan, Dott. Alessandro Pirola, Dott.ssa Efthymia Chatzidaki

Anno accademico 2020-2021

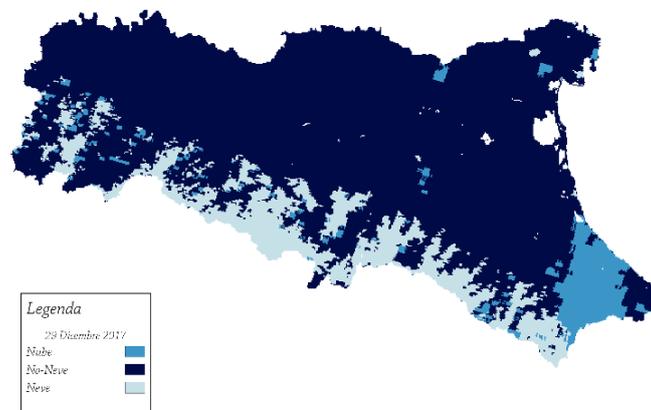
### Abstract

Il telerilevamento satellitare costituisce una delle tecniche di osservazione maggiormente efficace nel monitoraggio e nello studio dell'estensione del manto nevoso. Il manto ricopre un ruolo di estrema importanza quale risorsa idrica per gli ecosistemi e per le applicazioni agricole e industriali. Inoltre, è un indicatore climatologico in un contesto di cambiamenti climatici regionali e globali. In questo senso, la copertura nevosa è da considerarsi come un'importante risorsa economica e sociale.

Lo scopo della tesi è di produrre mappe di copertura nevosa giornaliere per la stima dell'estensione del manto nevoso della regione Emilia-Romagna e di analizzare la sua variabilità spazio-temporale nel periodo 2000-2020. Le mappe sono state sviluppate sulla base dei prodotti di neve, M\*D10A1, del sensore MODIS, che consistono in mappe di classificazione della copertura in funzione del Normalized Difference Snow Index (NDSI). Inizialmente, è stato costruito un albero decisionale con criteri a soglia multipla per rielaborare la classificazione della superficie del sensore e generare mappe sulla base di tre classi: neve, no-neve e nube.

L'accuratezza delle mappe è stata validata tramite test statistici effettuati nel confronto con i dati di altezza del manto nevoso in situ di 24 stazioni meteorologiche, per il periodo di compresenza dei dati 2000-2012. I risultati della procedura di validazione hanno mostrato come, in generale, vi sia buon accordo tra il dato satellitare

e la rispettiva osservazione al suolo, soprattutto nei pressi di stazioni lontane da vegetazione sempreverde e/o di ambiente urbano. Infine, è stata valutata la variabilità climatologica dell'estensione del manto nevoso regionale dal 2000 al 2020 tramite l'elaborazione degli indici Snow Cover Frequency (SCF), Snow Cover Days (SCD) e diversi indici Snow Cover Area (SCA). L'attenzione è stata particolarmente focalizzata sugli indici di massima estensione invernale del manto, del valore mediano e del numero di giorni con estensione superiore al 39.5% della regione.



Esempio di mappa ternaria della copertura nevosa dell'Emilia-Romagna rappresentante le zone innevate (Neve), non innevate (No Neve) e ricoperte da nubi (Nube) distinte dalla colorazione in legenda.

# Applicazione di un nuovo framework statistico per la quantificazione di eventi di precipitazione estrema da misure satellitari

(Improving satellite-based quantification of extreme precipitation events with long return period)



Dott. Matteo Siena

Alma Mater Studiorum - Università degli studi di Bologna

Laurea Magistrale in Fisica del Sistema Terra

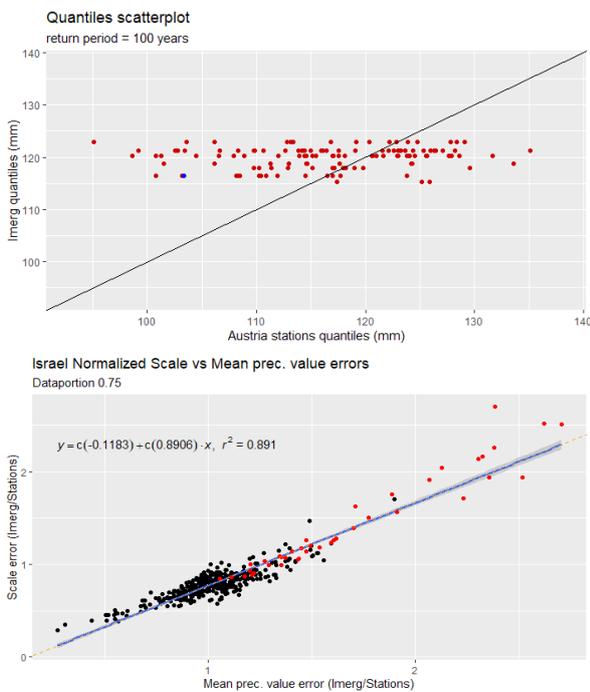
Relatore: Prof. Vincenzo Levizzani

Co-Relatori: Dott. Francesco Marra

Anno accademico 2020-2021

## Abstract

Le precipitazioni estreme causano ingenti danni e riempiono i depositi di acqua dolce nelle regioni aride. Informazioni quantitative su eventi estremi con basse probabilità di superamento annuali sono cruciali per la gestione delle risorse idriche, la progettazione di opere idrauliche e i sistemi di allerta. Solitamente, i pluviometri sono caratterizzati da serie storiche relativamente lunghe e omogenee, ma essi non ricoprono uniformemente la superficie terrestre, lasciando scoperte aree molto vaste. Le osservazioni satellitari possono quindi aiutarci a superare questo limite, ma, al tempo stesso, sono affette da errori di stima, i quali possono propagarsi fino alla stima dei quantili estremi.



In alto: Scatterplot raffigurante le stime ottenute per quantili di precipitazione relativi a 100 anni di tempo di ritorno dai pluviometri delle stazioni austriache (ascisse) e dai corrispettivi pixel satellitari (ordinate). In basso: correlazione tra gli errori di stima nel momento rappresentante il valor medio di precipitazione (asse x) e nel parametro di scale della distribuzione di probabilità di precipitazione nel caso di Israele.

Le osservazioni satellitari possono quindi aiutarci a superare questo limite, ma, al tempo stesso, sono affette da errori di stima, i quali possono propagarsi fino alla stima dei quantili estremi.

In questa tesi, dati pluviometrici e satellitari relativi a due differenti regioni, Israele e un'area dell'Austria sud-orientale, sono stati utilizzati per poter derivare quantili estremi associati a basse probabilità di superamento annuali tramite l'utilizzo del nuovo "Simplified Metastatistical Extreme Value" framework, che si propone come alternativa alla classica Extreme Value Theory. Le differenze tra le stime satellitari e pluviometriche sono state analizzate tramite l'utilizzo di un modello di stima degli errori appositamente formulato per comprendere come gli attuali approcci possano essere rifiniti e migliorati.

I risultati ottenuti mostrano che le stime dei quantili estremi ottenute sulla base dei dati satellitari sono in buon accordo con quelle pluviometriche e più affidabili rispetto ai valori che si ottengono con l'applicazione della Extreme Value Theory. Il modello di propagazione degli errori che è stato sviluppato, ha permesso di modellare e prevedere adeguatamente gli errori di stima satellitari nei quantili stimati, sulla base degli errori nei parametri del modello statistico utilizzato.

Infine, lo studio delle correlazioni tra i primi due momenti della distribuzione degli eventi di precipitazione e i parametri del modello statistico ha evidenziato che le informazioni preliminari sugli errori di stima dei parametri sono fortemente correlate agli errori nei momenti e, quindi, alla stima dei quantili estremi.

# Intrusioni invernali di acqua atlantica nel Kongsfjorden, un fiordo artico nelle Svalbard

(Wintertime Atlantic intrusions in Kongsfjorden, an Arctic fjord in Svalbard)



Dott. Francesco Calogiuri

Alma Mater Studiorum - Università degli studi di Bologna

Laurea Magistrale in Fisica del Sistema Terra

Relatore: Prof. Paolo Ruggieri

Co-Relatori: Dott. Angelo Lupi, Dott. Francesco De Rovere, Dott. Leonardo Langone

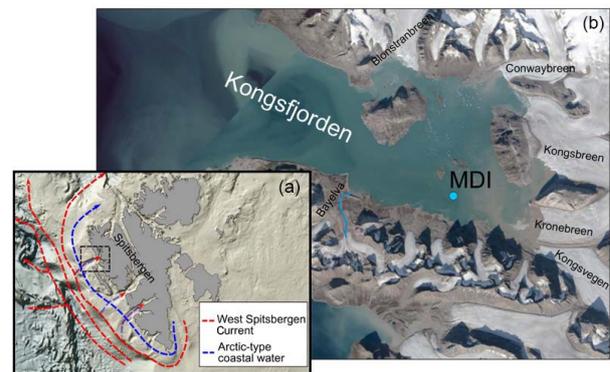
Anno accademico 2021-2022

## Abstract

L'Artico gioca un ruolo fondamentale nel clima globale, essendo più sensibile ai cambiamenti climatici rispetto a qualsiasi altra regione del pianeta. Risentendo in maniera diretta dei cambiamenti della circolazione oceanica e atmosferica, delle condizioni del ghiaccio marino e dei ghiacciai, i fiordi artici sono considerati importanti indicatori del climate change.

Situato sulla costa occidentale di Spitsbergen (Svalbard), il Kongsfjorden è uno dei fiordi artici più studiati a causa della sua maggiore accessibilità. L'obiettivo del presente lavoro di tesi è stato quello di descrivere il ciclo stagionale delle acque di Kongsfjorden (Svalbard) per il decennio 2011-2020 e studiare i meccanismi di forcing atmosferico alla base di alcuni eventi di riscaldamento osservati in inverno.

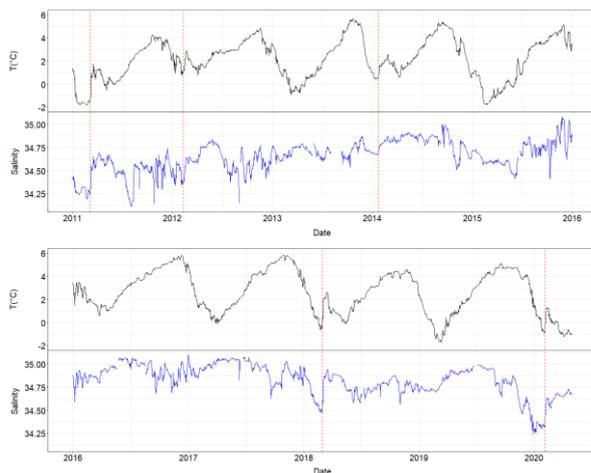
Le caratteristiche termoaline della colonna d'acqua sono state analizzate mediante misure compiute a due profondità



(a) Mappa delle Svalbard con schema semplificato delle correnti oceaniche che circolano la piattaforma occidentale dello Spitsbergen. (b) Mappa di Kongsfjorden e ubicazione di MDI.

provenienti dal Mooring Dirigibile Italia (MDI), un ancoraggio strumentato permanente installato nella parte interna del fiordo da settembre 2010. Per studiare il ruolo dell'atmosfera nel determinare le intrusioni invernali sono stati usati dati di rianalisi atmosferica ERA-5.

Le osservazioni mostrano che l'idrografia del Kongsfjorden è il risultato dell'interazione di masse d'acqua di origine diversa. Ogni anno, acque di origine Atlantica provenienti dalla vicina West Spitsbergen Current entrano nel fiordo durante l'estate, determinando un aumento della temperatura e della salinità. Le acque di origine artica, più fredde e meno salate, sono invece osservate soltanto in inverno. In cinque inverni del periodo analizzato, si è osservato un rapido aumento di temperatura e salinità dovuto all'intrusione di acqua atlantica. Tali intrusioni, osservate in passato nella parte esterna del fiordo, possono raggiungere anche la parte più interna, dove sono presenti i ghiacciai. L'aumento di temperatura maggiore



Media giornaliera di temperatura (curva nera) e salinità (curva blu) nel periodo analizzato. Gli onset degli eventi analizzati sono contrassegnati dalle linee tratteggiate rosse.

avviene nei primi cinque giorni successivi all'inizio dell'intrusione di acqua atlantica, tuttavia, questi eventi cambiano profondamente le condizioni di temperatura e salinità del fiordo per il resto della stagione invernale. Lo studio ha anche evidenziato che le condizioni del campo di vento sulla piattaforma adiacente al fiordo non possono spiegare da sole il verificarsi di tali eventi.

# Validazione iniziale di un agile modello accoppiato atmosfera-oceano di circolazione generale

(Initial Validation of an Agile Coupled Atmosphere-Ocean General Circulation Model)



Dott. Carlo Grancini

Alma Mater Studiorum - Università degli studi di Bologna

Laurea Magistrale in Fisica del Sistema Terra

Relatore: Prof. Paolo Ruggieri

Co-Relatori: Dr. Salvatore Pascale; Dr. Fred Kucharski; Dr. M. Adnan Abid

Anno accademico 2020-2021

## Abstract

SN and ERA5 1979-2021 seasonal mean mslp [hPa]  
DJF

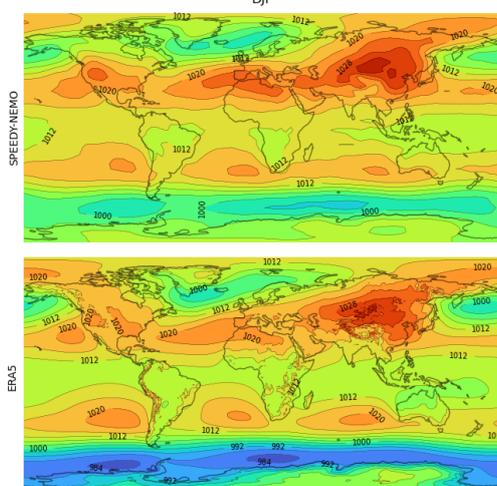


Figura 1 confronto mslp SPEEDY-NEMO - ERA5 nella stagione invernale. Il modello atmosferico SPEEDY ha una risoluzione di 96x48. I dati ERA5 di 1440x720.

I modelli matematici basati su principi di fisica, chimica e biologia sono uno degli strumenti principali per comprendere la variabilità delle interazioni climatiche e la sensibilità alle forzanti. I risultati del modello devono essere validati per garantire che siano coerenti con il clima effettivo/osservato.

Il lavoro è consistito nella convalida iniziale di un nuovo modello climatico accoppiato di complessità intermedia basato su una serie di modelli esistenti di atmosfera, oceano e ghiaccio marino. Il modello SPEEDY, sviluppato e reso disponibile dall'International Center for Theoretical Physics (ICTP), è stato ampiamente utilizzato nella comunità climatica nella sua sola versione atmosferica. Ad ora è disponibile una letteratura limitata per la versione in cui SPEEDY è accoppiato al modello oceanico NEMO. La versione accoppiata oceano-atmosfera è chiamata SPEEDY-NEMO. In questo studio, l'attenzione si concentra sull'adattamento e sulla convalida di SPEEDY-NEMO.

Dopo uno spin-up di circa mille anni con forzanti corrispondenti al periodo attuale per raggiungere un clima stazionario, il clima simulato

è stato confrontato con osservazioni e rianalisi del recente passato.

La convalida iniziale ha mostrato che è possibile eseguire facilmente simulazioni stabili che coprono migliaia di anni. Il modello richiede risorse h/w limitate e quindi, se necessario, è possibile generare campioni di dimensioni significative.

I risultati mostrano che il modello riproduce le principali caratteristiche del clima medio terrestre e della sua variabilità,

nonostante l'uso di una griglia a risoluzione ridotta (96x48 per il modello atmosferico), parametrizzazioni semplici e una gamma limitata di processi fisici. Le figure mostrano il confronto tra la mslp e le precipitazioni stimate dal modello e i dati ricavati dalle rianalisi ERA5

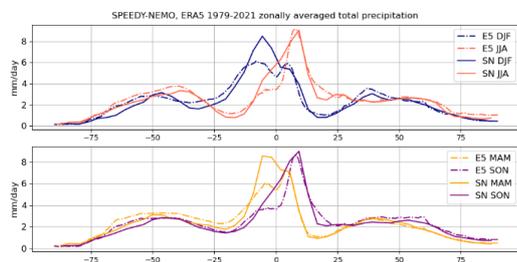


Figura 2 Confronto medie zonali stagionali delle precipitazioni totali stimate dal modello con i dati delle rianalisi ERA5 (tratteggiati).

Le variabili generate dal modello oceanico non sono state valutate. I dati delle temperature superficiali del mare (SST) simulati dal modello, tuttavia, mostrano un chiaro segnale di El Niño e anche il ghiaccio marino artico mostra che il comportamento del modello oceanico è vicino alle osservazioni.

La valutazione preliminare mostra che il modello è uno strumento promettente per gli studi sul clima. Tuttavia, per comprendere il suo pieno potenziale, la convalida deve essere estesa con un'analisi delle variabili oceaniche e simulazioni mirate con condizioni modificate per valutare il comportamento del modello in condizioni diverse.

## Il Southern Annular Mode: interazione aria-mare e sua rappresentazione nei modelli climatici di ultima generazione

(The Southern Annular Mode: air-sea interaction and its representation in the last generation climate models)



Dott.ssa Benedetta Sestito

Alma Mater Studiorum - Università degli studi di Bologna

Laurea Magistrale in Fisica del Sistema Terra

Relatore: Prof. Paolo Ruggieri

Co-Relatori: Dott.ssa Virna L. Meccia

Anno accademico 2020-2021

### Abstract

Il Southern Annular Mode (SAM) è il modo di variabilità dominante dell'Emisfero Australe extratropicale. Può essere definito come la prima funzione ortogonale empirica (EOF) del campo di geopotenziale a 500 hPa ed è caratterizzato da un pattern di anomalie del campo di pressione al livello del mare di polarità opposta sull'Antartide e alle medie latitudini. La fase positiva della SAM corrisponde ad anomalie negative di pressione sull'Antartide e positive alle medie latitudini, i segni sono inversi per la fase negativa. Variazioni nella SAM influiscono profondamente sulle altre variabili climatiche, come i venti occidentali circumpolari, la temperatura del mare e dell'aria alla superficie, circolazione oceanica e atmosferica, precipitazioni e concentrazione di ghiaccio marino. I meccanismi dietro a questo modo di variabilità sono un argomento di crescente interesse per via del trend positivo che la SAM ha mostrato negli ultimi decenni, ricondotto a cause antropogeniche quali l'aumento di concentrazioni di gas serra e la riduzione di ozono stratosferico. Comprendere in che misura le variazioni nella SAM, predetta sempre più verso la sua fase positiva, influenzeranno il clima nel futuro richiede una solida comprensione degli impatti che la SAM ha sul clima presente. A questo scopo, è

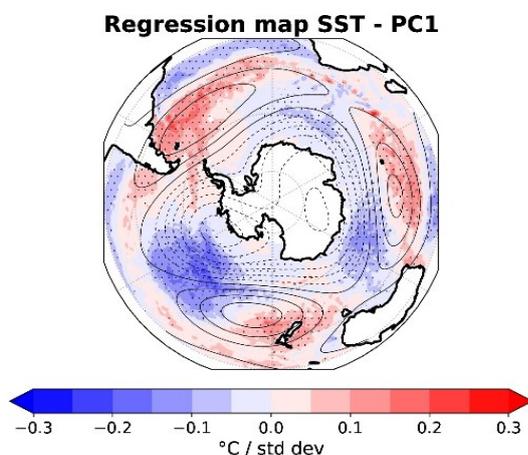


Figura 1 Mappa di regressione del campo di temperatura superficiale del mare (SST) sull'indice SAM basata su medie mensili di dati di rianalisi ERA5 nel periodo 1979-2014. Sovrapposte alle anomalie di SST si trovano le isolinee di anomalie di geopotenziale a 500 hPa, che identificano il segnale SAM. In figura è rappresentata una fase SAM positiva. Le aree punteggiate indicano zone in cui il livello di significatività della regressione è al 95%.

essenziale identificare i modelli climatici capaci di rappresentare lo stato corrente della SAM con grande accuratezza, condizione necessaria affinché essi siano affidabili per le proiezioni future. Partendo da questo contesto, la tesi si pone l'obiettivo di indagare la relazione tra la SAM e la temperatura superficiale del mare (SST) basandosi sulla rianalisi ERA5 e di valutare l'accuratezza della sua rappresentazione da parte dei modelli che partecipano alla sesta fase del Coupled Model Intercomparison Project (CMIP6). Nella prima parte del lavoro, è analizzata la rianalisi ERA5 per identificare la fenomenologia della SAM e i processi fisici che conducono al pattern delle anomalie di SST in risposta alla SAM. Si effettua un'analisi di regressione per comprendere la relazione fisica tra variabili predittive e di destinazione, in questo modo si riconosce il ruolo centrale dei flussi di calore turbolenti alla superficie. Inoltre, si studiano le correlazioni ritardate per caratterizzare la risposta della SST nel tempo. La seconda parte del lavoro consiste nell'identificare le caratteristiche che i modelli climatici allo stato dell'arte riescono a riprodurre con realismo e quelle che sono invece più difficili da rappresentare adeguatamente. Risultato della tesi è una diagnosi dell'affidabilità dei modelli CMIP6 nella

caratterizzazione della relazione tra SAM e SST allo stato presente. Questa caratterizzazione può essere di supporto alla scelta di quali modelli usare per le proiezioni future. Dai risultati di questa tesi possiamo ottenere approfondimenti sui processi fisici che guidano la variabilità SAM-SST e acquisire uno strumento per una identificazione iniziale di modelli CMIP6 efficaci o meno, secondo il metodo di valutazione qui proposto, progettato precisamente per valutare selezionate caratteristiche della SAM e la risposta della SST.



Era una domenica, lo scorso 8 maggio, una di quelle domeniche che difficilmente riesci a dimenticare. Gira una voce, veloce, cupa, tremante di una notizia a cui stenti a credere ... una di quelle che ti tolgono il fiato, ti anebbian la vista e speri, fino all'ultimo, che non sia vera. Frank, il nostro caro Direttore, il nostro amico Frank ci ha lasciati... senza nessun preavviso, ci ha lasciati nello sgomento, nell'incredulità, generando un grande vuoto, una grande assenza difficile da colmare.

La sua voce profonda, paziente, elegante risuona ancora nelle nostre orecchie. I suoi modi sempre gentili, i suoi discorsi che divenivano quasi narrazioni in grado di rendere leggeri gli argomenti impegnativi che trattava sono ancora vivi nei nostri pensieri. La sua risata, squillante, travolgente è divenuta silenziosa, si è spenta all'improvviso.

La sua perdita ci ha stordito, sarà difficile metabolizzarla ... ma una cosa è certa: siamo fieri di averlo avuto come nostro Direttore. Il suo garbo, la sua curiosità, la sua cultura, l'intelligenza e la passione che lo contraddistinguevano resterà per sempre nei nostri ricordi e in quello che facciamo perché ha lasciato qualcosa di suo in tutti noi.

Grazie Frank

(CETEMPS per AISAM)

## QUATTRO CHIACCHIERE CON...

### Intervista a Barbara Casati

In questo numero della Newsletter abbiamo chiesto a Barbara Casati, ricercatrice italiana attualmente in Canada presso il Servizio Meteorologico Canadese / Meteorological Research Division di Environment and Climate Change, di raccontarci la sua esperienza e il suo percorso.



**Buongiorno Barbara, raccontaci chi sei, da dove vieni e come sei arrivato a fare questo mestiere.**

Carissimi lettori della AISAM newsletter,

sono Barbara Casati, lavoro come ricercatrice in metodi di verifica al Servizio Meteorologico Canadese / Meteorological Research Division di Environment and Climate Change Canada. Oltre che lavorare a tempo pieno per ECCC, lavoro a tempo pieno anche per il WMO, dove sono chair del Joint Working Group in Forecast Verification Reserch (JWGFVR), e membro dello Steering Committee del Polar Prediction Project. Una realtà lavorativa (e non solo) decisamente internazionale, tante collaborazioni e progetti interessantissimi, tanto lavoro ma anche tante soddisfazioni!

Mi fa un immenso piacere condividere la mia esperienza di vita all'estero, come ricercatrice e come persona, in questa rivista dedicata alla ricerca meteo in Italia! Un'Italia che è evoluta tanto, da quando son partita, in una realtà Europea che ora ha il ruolo leader nella ricerca: chissà, se il mio cammino fosse iniziato qualche anno dopo, magari non sarei in Canada, e magari avrei alcuni di voi lettori come colleghi ... e invece il mio cammino mi ha portata lontana. Ma nessun rimpianto (magari giusto un po' di nostalgia di tanto in tanto): in fondo sempre, quando si sceglie un cammino, automaticamente si rinuncia ad altre realtà.

Ma sto divagando, ripartiamo dalla domanda iniziale:

**Chi sono? da dove vengo? dove vado? ... ci sarà posto? :o) ... c'è posto, c'è posto ...**

Ho sempre avuto un forte interesse nella meteo, motivato anche da tutte le attività outdoor che ho sempre praticato sin da giovane, dalla vela all'arrampicata (su roccia e su ghiaccio) e l'alpinismo in generale. Questo interesse si è consolidato durante gli anni universitari, per cui una volta laureata (in matematica, all'università degli studi di Milano), ho cercato un lavoro in campo meteo. Senza alcun esito: allora l'aeronautica militare era riservata agli uomini, e il consiglio unanime ricevuto dagli innumerevoli centri meteo regionali che avevo contattato era stato di partecipare ai corsi offerti dall'ECMWF. Feci dunque domanda, e cominciai a studiarci l'Holton (durante le ore di pendolarismo in treno, mentre andavo a lavorare: ero programmatrice SAP). Mi resi presto conto di dover aggiungere nel mio curriculum di studi un link tra la matematica pura (la mia tesi era sulle algebre di Clifford e la K-teoria) e la meteo. Trovai un programma di Master in matematica applicata, "Mathematical modelling and scientific computing" all'università di Oxford, che sembrava fatto apposta, e feci domanda anche lì. Diciamo che le domande non hanno sempre le risposte che uno vuole, comunque una bella giornata dell'aprile 1999 mi licenziai, comprai un biglietto aereo di sola andata e partii per l'Inghilterra: un salto nel vuoto!



Ma perché vi racconto tutti questi dettagli? Perché alle volte bisogna osare, e fare il passo!



Avere uno scopo aiuta a indirizzare le proprie energie, e dimostrare motivazione porta ad avere supporto da altri. E fu proprio in UK che trovai tante persone, chiave nella mia formazione professionale (da Roberto Buizza a David Stephenson), che mi capirono e aiutarono (e a cui sono totalmente grata). Feci dunque i training dell'ECMWF e fui accettata al Master, che completai l'anno dopo facendo tutti i corsi di indirizzo clima e meteo. Il master ad Oxford aprì la porta al dottorato a Reading, durante il quale conobbi i (futuri) leader e membri fondatori del JWGFVR. E fu uno di loro che mi propose il post-doc ad Environment Canada; così nel 2004, dopo aver terminato i miei studi in UK, partii per il Quebec: un nuovo continente da scoprire, nuovi challenges da affrontare (incluso il francese, che non parlavo ... )



Scritto così, il cammino sembra lineare, ma in realtà è stato uno zig-zag. In alcune situazioni ho avuto aiuti e fortuna, mentre in altre ho dovuto adattarmi, trovando altro e cogliendo le occasioni che mi capitarono. Ad esempio, dopo il mio post-doc non fui subito assunta ad Environment Canada (con mio grande dispiacere), ed ero già pronta a re-impaccare le mie valigette e rimpatriare. Fu un ex-collega di ECCC, Louis Lefavre, che mi propose un progetto sugli estremi climatici, in un centro di ricerca provinciale (sovvenzionato dal governo del Quebec). Tentar non nuoce, mi son detta: è stata una esperienza lavorativa bellissima, vicino alle università ma anche a clienti che usano le proiezioni climatiche (ad esempio per la pianificazione urbana), che mi ha arricchito ulteriormente non solo in conoscenze scientifiche, ma anche il mio francese è decollato, e in generale mi sono avvicinata tantissimo alla cultura Quebecoise. Sette anni e tre bambini più tardi, sono tornata ad Environment Canada, nella verifica per la meteo, ma con una visione di insieme ben più completa che se fossi rimasta ad ECCC tutto il tempo...



#### **Hai avuto difficoltà ad integrarti, a studiare e lavorare in due lingue diverse?**

Studiare all'estero, inclusa la barriera della lingua, implica un forte impegno personale: ma non è indispensabile essere dei geni, per riuscire, è la perseveranza l'elemento chiave (questo anche in Italia). La lingua, soprattutto all'inizio, è una barriera. Durante il primo semestre del mio master ad Oxford riuscivo a seguire solo le lezioni in cui il professore scriveva alla lavagna. Dopo le lezioni, al pub, tra il rumore e la birra, era ancora peggio ... tra studenti era più facile capirsi tra i non madre-lingua inglesi (forse perché parlavamo tutti un po' più lentamente). Comunque dopo qualche mese la barriera linguistica si appiana. Per me il grande salto è stato l'anno dopo, a Reading, perché allora ero sempre e solo con inglesi: e devo dire che sono stati tutti carinissimi, sia professori che studenti, perché con gentilezza e perseveranza (e anche qualche battuta, che ti fa ridere e ricordare meglio

l'errore) mi hanno aiutata a migliorarmi. E con la lingua mi hanno anche reso partecipe della cultura tradizionale inglese: dalla partita di croquet, al cream-tea, ai costal-path lungo le falesie delle coste inglesi. Dicono che gli inglesi sono chiusi, ma in realtà io -una volta rotto il ghiaccio- sono stata totalmente accolta, ho dei ricordi bellissimi della mia vita in Inghilterra, e ho tra i miei migliori amici molti dei miei compagni di dottorato, inglesi.



Quando sono emigrata in Quebec, ho riiniziato da zero, e con il francese. Da un lato è forse più semplice, visto che il francese è più simile all'italiano. Dall'altra, ad Environment Canada ero in un ambiente lavorativo bilingue, per cui il mio francese non migliorava. Quando poi sono andata a lavorare ad Ouranos, con colleghi strettamente francofoni, allora sono diventata veramente trilingue ... E ancora una volta, con la totale immersione nell'ambiente Quebecois, mi sono avvicinata anche al loro modo di pensare, molto più simile a quello Europeo che agli "Americani", sia per i valori (la protezione dell'ambiente, la sanità pubblica, la gratuità degli studi, ...) che per il modo di vita (i Quebecois amano "la fine cuisine" e passare la domenica mattina al caffè, il dettaglio artistico e le scale ricciolute di Montreal, bevono per la compagnia e non per ubriacarsi, hanno forti tradizioni familiari come "la cabane a sucre").

Torniamo alla lingua: parlare tre lingue è una ricchezza, ma ti rende alle volte un po' confuso ... infatti, alle volte non penso di essere trilingue, ma "analfabeta in tre lingue", nel senso che le parlo tutte e tre, ma non bene. Quando ero in Inghilterra, immersa al 100% dall'inglese, avevo perso molto l'italiano (avevo pure un accento terribile). Trasferendomi a Montreal, che invece è caratterizzato da multilinguismo, mi ha automaticamente riportato verso la lingua madre. Parlare in diverse lingue è stancante, e passare da una all'altra è ginnastica mentale

(che a quanto pare fa bene, anche dal lato medico). Vedo comunque le difficoltà che hanno adesso i miei bambini, che stanno imparando a leggere e scrivere in tutte e tre: è un passaporto per la vita, vero, ma acquisirlo e mantenerlo richiede costante impegno.

### **Hai studiato e lavorato in due Paesi diversi: hai notato delle differenze di approccio?**

In Inghilterra ho vissuto un'esperienza da studente, e ho trovato una grande differenza sia nello stile di vita universitaria (più ludica e più libertaria di quella italiana) che nella mentalità (più entusiasta e aperta a diverse proposte). Rispetto quest'ultima, ho trovato tanto supporto da parte dei professori verso gli studenti, e incoraggiamento: l'università in Inghilterra è una vera rampa di lancio, ne esci che ti senti invincibile e vuoi cambiare il mondo! (Questo è bello: se non lo pensi quando hai 20 anni, quando lo pensi?)



In Environment Canada una cosa che ammiro molto in tutti i miei colleghi è il senso di responsabilità che li motiva al lavoro. qui in Canada, le previsioni del tempo sono un elemento chiave della vita di tutti i giorni: si sceglie come spostarsi (e come vestirsi) dipendentemente dal tempo, si pianifica diversamente la giornata o la settimana. Quando c'è la tempesta di neve, per esempio, la città di Montreal rimarrebbe paralizzata se non ci fosse "l'operation deneigement", in cui centinaia di mezzi (gatti e spalaneve di tutte le taglie, e camion per portare via la neve) vengono mobilitati per sgomberare la neve. Quest'operazione è basata sulla previsione (perché prende tempo mobilitare tutte queste persone), e se fosse sbagliata avrebbe un impatto economico rilevante. Non è raro, quindi, nei periodi chiave (come quando ci sono le grandi implementazioni) lavorare nei weekend o fuori orari. C'è anche tanto orgoglio al Servizio Meteorologico Canadese, per i risultati ottenuti, che sono comunque



paragonabili a quelli di altri centri con più risorse. C'è una forte motivazione di equipe nel voler fare bene!

### **In che cosa consiste il tuo lavoro? Come si svolge una tua giornata tipo?**

Il mio lavoro ad Environment Canada consiste nel sviluppare nuovi metodi per verificare il modello di previsione canadese. In pratica il lavoro è di mantenere e migliorare i codici già esistenti, oltre che svilupparne dei nuovi. È un lavoro molto collaborativo, perché essenzialmente tutti i diversi gruppi devono eventualmente verificare: si imparano quindi un sacco di cose (il Servizio Meteorologico Canadese è piccolo, relativamente ad altri centri meteo nazionali, per cui si finisce per interagire e conoscere tutti). È un lavoro anche altamente creativo, e mi permette di curiosare e investigare i comportamenti dei vari modelli ... La gestione dei dati (di tutti i tipi, dalle radiosonde alla copertura del ghiaccio marino) è l'aspetto tecnico forse più complesso.



Il WMO aggiunge un'altra dimensione al mio lavoro, proiettando la mia ricerca a livello internazionale. Il WMO mi ha dato occasione di incontrare persone meravigliose, come Beth Ebert e Barb Brown, che sono diventate modelli di riferimento nella mia vita; il WMO mi continua a dare l'opportunità di avere un ampio forum di discussione, con

esperti da diversi istituti nel mondo, e partecipare a progetti internazionali e collaborazioni leader nella ricerca mondiale (è molto stimolante, anche se cercare di stare dietro a tutto può alle volte essere un po' scoraggiante). La parte più impegnativa (ma anche una delle più belle) è forse l'organizzazione di conferenze ... spesso il WMO è il lavoro che devo fare "fuori orario", perché i collaboratori internazionali coprono praticamente tutti i 24 fusi orari ...



La giornata tipo in ufficio è abbastanza standard: c'è qualche riunione (ora tutto in linea), qualche ora dedicata ai codici o agli articoli, ogni tanto (d'inverno) la pausa pranzo in sci-di-fondo ... la giornata lavorativa è un pochino meno lunga di quella italiana, verso le 16:30 si rientra a casa. Nonostante l'ufficio sia fuori porta, si rientra (di solito in gruppo) in bicicletta (per me sono 20 km). D'inverno la giornata lavorativa si accorcia ulteriormente: spesso bisogna spalare per poter liberare la macchina e uscire dal posteggio, e quando c'è la pioggia congelante bisogna scrostare il ghiaccio da tutti i finestrini (e dalle portiere, o non si riesce ad entrare in macchina). Quando ci sono le grandi tempeste di neve si lavora da casa finché non hanno liberato le strade ...

### **Qualche volta ti capitano situazioni difficili da gestire?**

Tutti i giorni, mi connetto al lavoro e mi chiedo "che progetto priorizzo oggi?"

Uno dei miei più grandi problemi (ma probabilmente il problema di tutti noi, al giorno d'oggi) è il sovraccarico di informazioni, stimoli, progetti, lavoro ... (quasi) tutti interessanti e da dedicarci passione e tempo, ma la giornata ha comunque un limite di 24 ore! Spesso si finisce per seguire i progetti in cui si hanno i collaboratori più persistenti nel mandarti e-mails e organizzare meetings, ma così si finisce per lavorare sulle priorità degli altri, accantonando alle volte i nostri progetti di ricerca (gli unici in cui abbiamo controllo totale sulle date di scadenza). Non che io abbia trovato la soluzione al problema, ma alle volte aiuta isolarsi per almeno tre pomeriggi alla settimana, dedicarsi al proprio articolo o codice, e non

guardare / rispondere alle e-mail in continuazione (in questo caso: rimanda a domani quel che puoi fare oggi)! È vero, alle volte si mancano le scadenze: alle volte basta spostare le scadenze (soprattutto quelle imposte da noi stessi)!

### Due impegni lavorativi in contemporanea, e la famiglia?



Il Quebec (e il Canada in generale), rispetto gli Stati Uniti o l'Inghilterra, è stata una scelta consapevole da questo punto di vista. C'è estrema attenzione, soprattutto in istituzioni governative sia a livello nazionale che regionale (che nel caso del Canada sono 'province') a dare spazio e rispettare l'equilibrio lavoro-famiglia. I dipendenti che



hanno bambini piccoli, o situazioni famigliari particolari (esempio se si prende a carico una persona anziana con bisogni particolari) possono avere orari flessibili; il congedo di gravidanza in Quebec sono 50 settimane (18 settimane per la madre, e 32 da condividere come si

vuole tra i due genitori), e la madre può stare a casa fino a due anni senza perdere il proprio posto di lavoro; in pandemia durante la chiusura delle scuole abbiamo potuto accedere a dei congedi di tipo speciale ... In generale in Quebec la società è concepita per aiutare le giovani famiglie, con aiuti finanziari per ogni bambino, scuole con orari che collimano con la giornata lavorativa, campi vacanze per l'estate. Certo, chi ha figli ha meno 'tempo libero' di chi non ne ha, ma in generale la vita è gestibile, anche senza il supporto dei nonni ...

### Puoi raccontarci qualcosa di personale sulla vita all'estero?

Partire all'estero, secondo me, è un'esperienza che tutti dovrebbero fare almeno una volta nella vita. Innanzitutto è catartico, ci si libera di un sacco di cose inutili che si accumulano in una vita (e di cui, in fondo in fondo, non avevamo bisogno). In secondo luogo, è una occasione anche per ri-definirsi e per confrontarsi con sé stessi. Infatti, vivere in un contesto culturale diverso, mi ha fatto rendere conto di quali aspetti della mia personalità fossero miei propri, e quali fossero i valori in cui credo, e quali aspetti del mio carattere fossero invece solo dettati dalle circostanze e il contesto. Essenzialmente, in un contesto diverso, svestito della propria cultura, scopri te stesso. Partire e uscire dalla propria zona di conforto è ovviamente anche un'occasione per lanciarsi in qualcosa di nuovo e arricchirsi come essere umano.

Vivendo e lavorando all'estero ho forse perso un po' d'Italia, questo è vero. Ma dall'altro lato ho guadagnato il mondo, mi sento una cittadina del mondo. Mi spiego: alle volte mi sento un po' estraniata da certe realtà italiane ... ma mi sento comunque "a casa" quando rientro nelle mie Dolomiti. E non solo: mi sento "a casa" anche nel Lake District o sulle verdi colline del Berkshire; mi sento "a casa" arrampicandomi sulle Flat Irons di Boulder; mi sento "a casa" sgranocchiandomi una bagel au sesame nel Mile End ... mi sento "a casa" in un sacco di posti!



Mi manca qualcosa? Ovvio che sì! Innanzitutto gli amici e la famiglia, e poi ... l'architettura: la bellezza dell'Italia, quando ci si è abituati non ci si fa caso, ma è veramente un museo a cielo aperto (la lontananza mi ha portato a realizzare ed apprezzare di più quello che prima era scontato). E poi la genialità e il senso di spirito italiano. Non mi manca invece la burocrazia (infatti, prima di ripartire, di solito mi faccio un giro in posta, e subito ho voglia di rientrare in Canada... ).



E come vivo qua? Vivo in una realtà internazionale non solo per i colleghi, ma ho carissimi amici in diversi continenti, che mi hanno esposto a diverse culture e tanti modi di vivere e di pensare. Vivo anche in una città multiculturale (il 60% della popolazione di Montreal è straniera), con tanti stimoli e in cui praticamente tutti parlano almeno tre lingue! Vero, alle volte è un po' una torre di Babele, troppo caotico: ma allora ci si può rifugiare nel grande 'Outdoor' del Canada, e ritrovare la pace perdendosi tra laghi e boschi, scivolando silenziosamente con una canoa nella nebbiolina mattutina.

Lasciatemi terminare con il grande Outdoor (che è anche come è iniziata la mia avventura)! Nonostante mi manchino immensamente le Alpi, devo dire che la natura in Canada è spettacolare: le coste di granito rosa della Nuova Scozia, i ghiacciai delle Rocciose, le acque cristalline del Lago Superiore, i boschi infiniti costellati da laghi, i colori accessi degli alberi in autunno. E gli animali: negli anni passati ho visto almeno una decina di volte orsi, foche e balene nella Gaspésie; a Jasper ho fatto il bagno in un lago con una ventina di cerbiatti (avevano caldo, poverini); ho visto un lupo artico, con i piccoli che sbucavano dai

cespugli dell'isolotto che aveva scelto per il suo branco; e adoro lo starnazzare degli stormi di canadian geese, quando ritornano in primavera riempiendo il cielo azzurro di formazioni a V. La neve e il freddo sono anche meravigliosi: d'inverno i bambini vanno in slitta, costruiscono igloo, e scivoli di neve; si può andare a pattinare "sul" lago, e per fare arrampicata su ghiaccio non hai bisogno di alzarti alle 4 del mattino, perché la cascata non si scioglie verso mezzogiorno! Amo molto organizzare con amici dei weekend in rifugi perduti tra i boschi e accessibili solo con gli sci. E quando pensi di aver esplorato tutto, ti rendi conto che le strade coprono solo il 10% del Canada, poi c'è il Grande Nord ...



*A cura di  
Chiara Marsigli e Cristian Lussana*



## I NOSTRI SOCI COLLETTIVI

### ASSOCIAZIONI



Estremi Meteo4



Meteonetwork  
meteonetwork

Meteotrentinoaltoadige  
mtaa

SMA-A  
SMAA  
Società Meteorologica  
Alpino-Adriatica

### PRIVATI

CODIPRA  
CONDIFESA TRENTO  
CODIPRA  
CONSORZIO DIFESA PRODUTTORI AGRICOLI

Eurelettronica ICAS



Fondazione CIMA



Fondazione OMD  
FONDAZIONE OMD

Fondazione Museo Civico di  
Rovereto



HIMET



Lombard & Marozzini  
LOMBARD & MAROZZINI

Meteo Expert



RADARMETEO srl  
Radarmeteo  
Servizi meteorologici professionali



### ENTI PUBBLICI

ARPAE  
arpae  
agenzia prevenzione ambiente energia emilia-romagna

ARPAL  
ARPAL

ARPA-Piemonte,  
Dipartimento Rischi  
Naturali e Ambientali  
Arpa  
PIEMONTE  
Agenzia Regionale  
per la Protezione Ambientale

CETEMPS  
CETEMPS

CIRIAF-CRC UniPG  
CRC  
centro ricerca sul clima

Consorzio LaMMA  
CONSORZIO  
LaMMA

CISFA



UNITN  
UNIVERSITÀ  
DI TRENTO

A LORO LA PAROLA...

### *Tutti x il clima, il clima x tutti!*



**Tutti  
x il clima,  
il clima x  
tutti!**

**Percorsi multisensoriali inclusivi  
verso un futuro più sostenibile**

Esperienze e giochi all'aria aperta,  
completamente gratuiti,  
per bambini e ragazzi dai 3 ai 17 anni.

Prenota subito su  
**tuttixilclima.it**

Progetto realizzato con il contributo del  
Dipartimento  
per le politiche della famiglia  
Presidenza del Consiglio dei ministri

FONDAZIONE OMD  
ADM Associazione Didattica Museale  
ANS Associazione Nazionale Subvedenti OdV

Sono iniziati **sabato 14 maggio** gli appuntamenti completamente **gratuiti**, rivolti a **famiglie, bambini e ragazzi dai 3 ai 17 anni** e **accessibili anche a persone con disabilità visiva**, proposti dal progetto "Tutti x il clima, il clima x tutti!"

Un calendario ricco di attività, **differenziate per fasce d'età**, che iniziano a maggio e terminano a settembre, obiettivo delle quali è la sensibilizzazione sui temi del **cambiamento climatico** e della **sostenibilità ambientale**, ma anche il

**divertimento** all'aria aperta e il recupero di una **socialità partecipata e inclusiva**, messa a dura prova negli ultimi due anni.

Alcuni appuntamenti di "Tutti x il clima, il clima x tutti!" sono riservati ai soli bambini e ragazzi, altri sono aperti anche agli adulti; **la partecipazione è sempre gratuita** con **prenotazione obbligatoria sul sito [tuttixilclima.it](http://tuttixilclima.it)** dove sono disponibili tutte le informazioni sulle attività e il progetto insieme al **calendario completo** degli eventi.

Il progetto è realizzato da Fondazione OMD – Osservatorio Meteorologico Milano Duomo in collaborazione con ANS – Associazione Nazionale Subvedenti OdV e ADM – Associazione Didattica Museale, con il contributo del Dipartimento per le politiche della famiglia della Presidenza del Consiglio dei ministri.



### Il nuovo sistema di elaborazione e visualizzazione dei dati radarmeteorologici realizzato per ARPAV

Con l'aumento di eventi meteorologici severi, è sempre più rilevante l'adozione di sistemi di supporto decisionale in grado di integrare l'informazione meteorologica

segnale (Jacobi et al. 2016) e riprodurre dati mancanti. I dati dei singoli radar vengono poi combinati su un'unica griglia regolare tramite interpolazione, tenendo conto

della distanza del dato dal radar stesso (Barnes et al. 1964). A partire dal mosaico vengono generati una serie di prodotti secondari di riflettività radar (es. CAPPI, VMI ed LBM), intensità precipitativa (SRI) e cumulata (SRT), quest'ultima derivante da un'integrazione tra il dato radar e i dati dalle stazioni meteorologiche. Questi prodotti sono utilizzati come informazione di partenza per le previsioni di nowcasting, basate su un metodo advettivo e regressivo (Pulkkinen et al. 2020), e la classificazione delle idrometeorie, ottenuta integrando le informazioni fornite da rianalisi e modello.

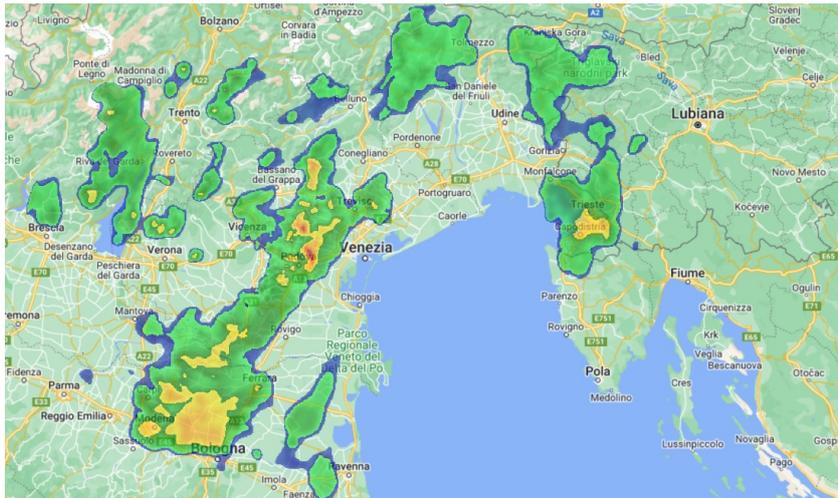


Figura 1: Esempio di VMI ottenuta dalla mosaicatura dei dati dei radar di Teolo e Concordia Sagittaria

disponibile sul territorio semplificando le attività di monitoraggio e previsione. L'Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV), a seguito degli eventi associati alla tempesta Vaia, ha deciso di dotarsi di un sistema personalizzato di elaborazione avanzata dei dati radarmeteorologici opportunamente integrati con ulteriori informazioni meteorologiche. I dati forniti da ARPAV vengono rielaborati da Radarmeteo allo scopo di generare prodotti sia standard che innovativi, esposti su una piattaforma dedicata (MeteoCast®) in dotazione al personale ARPAV. Attualmente vengono utilizzati i dati dei radar in banda C di Teolo e Concordia Sagittaria, ma si prevede l'integrazione di due radar in banda X prossimamente operativi in Veneto.

I volumi di riflettività dei singoli radar vengono elaborati, seguendo tecniche consolidate in letteratura, allo scopo di eliminare il rumore residuo dovuto ad echi non meteorologici (Gabella et al. 2002), correggere l'attenuazione del

I dati di velocità radiale dei singoli radar vengono elaborati, dopo un processo di dealiasing, allo scopo di individuare strutture di rotazione, convergenza e divergenza (Wang et al. 2020) e per ricostruire il campo tridimensionale di vento tramite tecniche di 3DVAR.

I dati originali e i prodotti derivati vengono esposti nella piattaforma webGIS MeteoCast®. Questo applicativo,

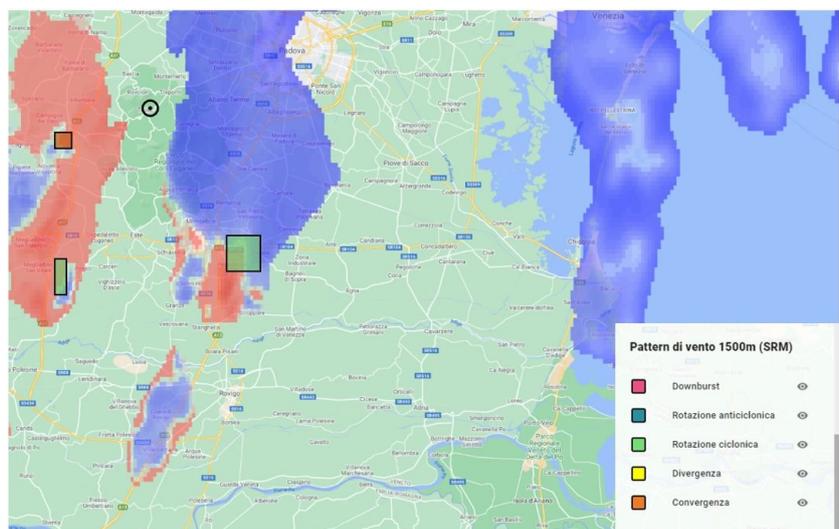


Figura 2: Esempio di individuazione di zone di rotazione e convergenza sovrapposte ai dati di velocità radiale registrati dal radar di Teolo.

basato su GeoServer, permette di consultare interattivamente i dati su cartografia, anche sotto forma di animazione. La visualizzazione è inoltre agevolata dalla possibilità di sovrapporre due o più tipologie di dato e di generare tabelle e grafici di andamenti.

La piattaforma supporta quindi l'operatività dei tecnici di ARPAV valorizzando e rendendo facilmente accessibili i dati dei radar e dalle stazioni meteorologiche del Veneto e delle regioni limitrofe.

#### **Bibliografia**

Gabella, M., & Notarpietro, R. (2002, November). Ground clutter characterization and elimination in mountainous terrain. In Proceedings of ERAD (Vol. 305, No. 311).

Jacobi, S., & Heistermann, M. (2016). Benchmarking attenuation correction procedures for six years of single-polarized C-band weather radar observations in South-West Germany. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7(6), 1785-1799.

Barnes S., 1964: A Technique for Maximizing Details in Numerical Weather Map Analysis. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 3(4), 396-409.

Pulkkinen, S., Chandrasekar, V., von Lerber, A., & Harri, A. M. (2020). Nowcasting of Convective Rainfall Using Volumetric Radar Observations. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*.

Wang, P., Gu, K., Hou, J., & Dou, B. (2020). An Automatic Recognition Method for Airflow Field Structures of Convective Systems Based on Single Doppler Radar Data. *Atmosphere*, 11(2), 142.

*Autore:*



**Valentina Gregori**

*(Weather Software Developer Radarmeteo)*



**FLASH NEWS**



Cresce l’offerta informativa della testata giornalistica di Meteo Expert: IconaClima. Segnaliamo le ultimissime video interviste realizzate con la partecipazione di esperti nazionali ed internazionali. Di particolare rilevanza, la video intervista realizzata con Gonéri Le Cozannet, ricercatore scientifico ed esperto di cambiamenti climatici per l’Ufficio di ricerca geologica e mineraria francese BRGM, nonché co-autore del rapporto IPCC sugli Impatti, l’Adattamento e le Vulnerabilità connessi alla crisi climatica pubblicato il 28 febbraio scorso e che andrà a contribuire al Sesto Rapporto (AR6) del Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico. Abbiamo intervistato in merito al tema dell’inquinamento acustico l’esperta dell’Agenzia Europea dell’Ambiente Eulalia Peris e, in occasione della giornata mondiale dell’acqua, Marirosa Iannelli, presidente del Water Grabbing Observatory.

<https://www.iconaclima.it/video/>

**I cambiamenti della circolazione atmosferica estiva all’origine delle più estreme ondate di calore**

**Cosa hanno in comune l’ondata di caldo in Europa del 2003, quella in Russia del 2010 e le alluvioni in Pakistan nello stesso periodo?**

Il riscaldamento globale indotto dall’incremento dei gas a effetto serra e l’associato cambiamento climatico stanno determinando un aumento della temperatura media del pianeta che, come sappiamo, ha recentemente superato il grado centigrado rispetto all’epoca pre-industriale. Sappiamo anche che questo riscaldamento medio, apparentemente modesto, nasconde significative differenze tra le diverse aree del globo: gli oceani si riscaldano più lentamente rispetto alle terre emerse, mentre la temperatura dell’Artico cresce ad un ritmo da due a quattro volte più veloce rispetto alla media globale.

Il fenomeno del forte riscaldamento nella regione artica, noto come Arctic Amplification, è oggi compreso piuttosto bene e ne abbiamo sintetizzato le principali cause in questo articolo (<https://www.iconaclima.it/approfondimenti/sistema-climatico-i-meccanismi-di-retroazione/>) di approfondimento.

In un pianeta mediamente più caldo è del tutto ragionevole aspettarsi una crescita delle temperature estreme, infatti una causa di questo aspetto del cambiamento climatico è semplice ed è stata individuata da molto tempo. Se ipotizziamo (figura 1) una distribuzione “gaussiana” (una curva a campana) della temperatura è sufficiente spostare tale curva verso temperature medie più elevate per accorgersi di quanto si ingrandisca la coda della distribuzione (in arancio e rosso nella figura) che rappresenta i valori più alti a discapito delle temperature più basse che divengono meno frequenti e meno probabili. Alla prova dei fatti, e ciò vale soprattutto per le nostre latitudini (per la cosiddetta fascia extra-tropicale), questa descrizione non è tuttavia sufficiente per spiegare le inusuali e intense ondate di calore (e in generale, come vedremo a breve, di eventi estremi) che sono state osservate negli ultimi venti anni. Detto altrimenti, *il solo aumento della temperatura media globale non basta per giustificare gli eventi estremi (ondate di caldo e alluvioni) che hanno caratterizzato i primi decenni di questo secolo, a cominciare dalla terribile ondata di calore del 2003 in Europa. Un ruolo significativo*

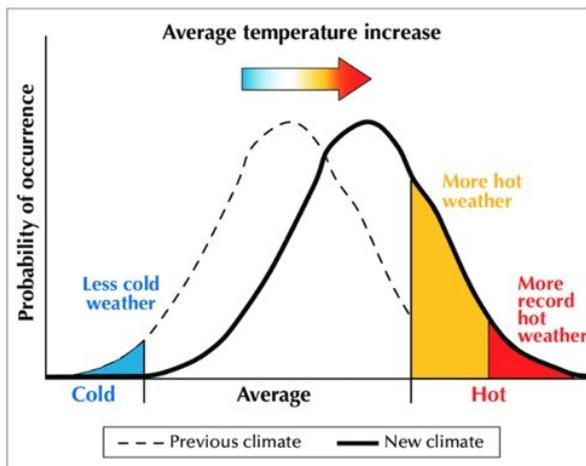


Figura 1: Distribuzione delle temperature in due climi con temperatura media diversa

nell'amplificazione di un'ondata di calore può essere cercato nella risposta dei suoli: un episodio del genere, infatti, di solito è accompagnato da una lunga serie di giornate soleggiate senza precipitazioni che conducono a forte evaporazione e a siccità. La temperatura di un suolo asciutto aumenta di più rispetto a quella di un suolo umido perché gran parte dell'energia solare assorbita si trasforma in calore sensibile anziché essere spesa per l'evaporazione, generando un feedback positivo su scale piuttosto ampie. Anche tenendo conto di questo effetto,

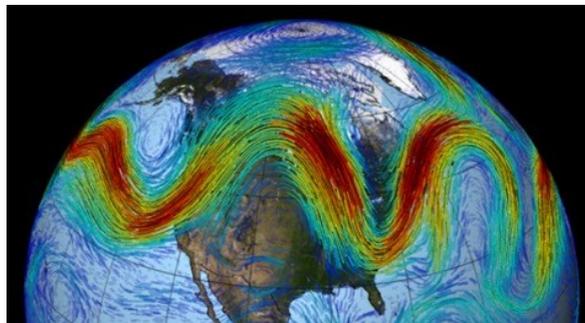
comunque, *per dare conto del tempo estremo che le medie latitudini hanno sperimentato negli ultimi decenni occorre cercare altre cause, più complesse, da individuare necessariamente nella circolazione globale dell'atmosfera.*

### ***I cambiamenti della circolazione estiva in un pianeta più caldo***

Di recente diversi studi scientifici hanno evidenziato che *durante l'estate le condizioni meteorologiche alle medie*

#### ***Le onde di Rossby o onde planetarie***

Le più ampie ondulazioni del flusso atmosferico su grande scala, dette per questo *onde planetarie*, sono chiamate anche *onde di Rossby*, dal nome del meteorologo svedese che le descrisse. Esse sono sempre presenti e possono essere innescate dalla crescita dell'instabilità baroclina (all'origine dei sistemi perturbati delle medie latitudini), dall'interazione del flusso con le catene montuose o dalla divergenza del flusso nell'alta troposfera scaldatasi diabaticamente (per il rilascio di grandi quantità di calore latente di condensazione).



Onde di Rossby sul Nord America rese riconoscibili dalle ondulazioni della corrente a getto. Da <https://physicsworld.com/a/extreme-rainfall-events-can-be-correlated-over-thousands-of-kilometres-study-reveals/>

La dinamica di queste onde è legata alla rotazione terrestre e dunque all'accelerazione di Coriolis (<https://www.iconacliama.it/scienza/accelerazione-di-coriolis-forza-misteriosa-che-plasma-la-dinamica-dell-atmosfera/>). Se il flusso zonale, diretto da ovest verso est, viene costretto per qualche causa a deviare in senso meridiano la conservazione della vorticità planetaria, funzione della latitudine, innesca un'oscillazione di Rossby. Sotto opportune ipotesi e semplificazioni non è difficile dimostrare che la velocità di fase  $c$  con cui si propagano queste ondulazioni è data da:

$$c = U - \frac{\beta}{(k^2 + l^2)}$$

In questa relazione  $U$  è la velocità media del flusso zonale,  $\beta$  il parametro di Rossby,  $k$  e  $l$  rappresentano rispettivamente il numero d'onda zonale e meridiano. La relazione mostra che la velocità di propagazione è direttamente proporzionale alla velocità del vento medio zonale e che le onde più lunghe (con  $k$  più piccolo) si propagano più velocemente di quelle corte, che possono risultare stazionarie o perfino muoversi verso est se il secondo termine è maggiore di  $U$ . Una distinzione importante, anche ai fini della discussione che segue, viene fatta tra le *onde di Rossby forzate* (possono essere forzate dall'orografia o da grandi blocchi di aria calda) e le *onde libere*, dette "free travelling waves", che sarebbero presenti anche se la superficie del pianeta fosse liscia e omogenea. Le onde planetarie ed in particolare i *Rossby wave trains*, hanno un ruolo di primo piano nelle cosiddette teleconnessioni (ne avevamo parlato in questo articolo (<https://www.iconacliama.it/italia/clima/come-sara-linverno-fatti-e-misfatti-a-proposito-di-previsioni-stagionali/>)), il nome dato al meccanismo che permette all'atmosfera di "trasmettere" un'anomalia della circolazione globale da una regione del pianeta (ad esempio la fascia tropicale dell'Oceano Pacifico) ad un'altra molto distante (come le aree extratropicali). È noto tuttavia che la circolazione estiva presenta condizioni meno favorevoli alle teleconnessioni rispetto alla circolazione invernale.

latitudini (particolarmente nell'Eurasia) sono diventate più persistenti: la maggiore persistenza delle strutture circolatorie è un requisito che può essere cruciale per spiegare molti degli eventi estremi (in particolare le ondate di calore) che sono stati osservati. Quando una vasta area anticiclonica staziona sopra la stessa regione per molti giorni o addirittura per alcune settimane il sole, poco ostacolato dalla scarsa nuvolosità, riscalda a lungo le stesse zone le quali diventano anche progressivamente più secche, riscaldandosi ancora di più. Di solito (si veda la figura 2) ad un'ondulazione anticiclonica stazionaria (H) corrisponde un'ondulazione di tipo ciclonico (L) altrettanto persistente, per cui tipicamente mentre in una regione si hanno giornate soleggiate e temperature altissime, in quella accanto le condizioni climatiche sono opposte, con tempo molto perturbato e fresco. Uno degli esempi più noti di questo tipo di configurazione si è



Figura 2: rappresentazione del legame tra il tempo estremo e le ampie ondulazioni del flusso atmosferico. Il video, in inglese, da cui proviene questo frame (indirizzo: <https://phys.org/news/2017-03-weather-extremes-humans-giant-airstreams.html>) illustra in modo intuitivo il concetto della QRA (Quasi Resonant Amplification)

verificato nell'estate del 2010, ricordata per una interminabile ondata di caldo in Russia e per le alluvioni devastanti nel Pakistan.

La domanda che nasce inevitabilmente è: quanto abbiamo appena descritto, la maggiore persistenza delle strutture circolatorie estive, è frutto del caso (o meglio: della grande variabilità interna dell'atmosfera, che può manifestarsi anche su lunghe scale temporali) o si tratta invece dell'ennesimo frutto velenoso del riscaldamento globale? Gli scienziati che studiano l'atmosfera naturalmente hanno provato a rispondere alla questione, assai complicata, e hanno prodotto moltissima ricerca. Inizialmente l'attenzione è stata rivolta soprattutto alla stagione invernale, ma la circolazione nella stagione fredda (ci riferiamo ovviamente al nostro emisfero) è intrinsecamente molto diversa da quella estiva. Durante l'estate, solo per citare la differenza forse più macroscopica, è assente il vortice polare stratosferico che può esercitare un'importante influenza sull'andamento dell'inverno alle medie latitudini tramite l'interazione con il flusso troposferico. In estate, inoltre, la corrente a getto subtropicale è più debole e può formarsi un secondo getto (*double jet*) alle alte latitudini, associato al forte gradiente termico tra l'Oceano Artico e la vicina terraferma.

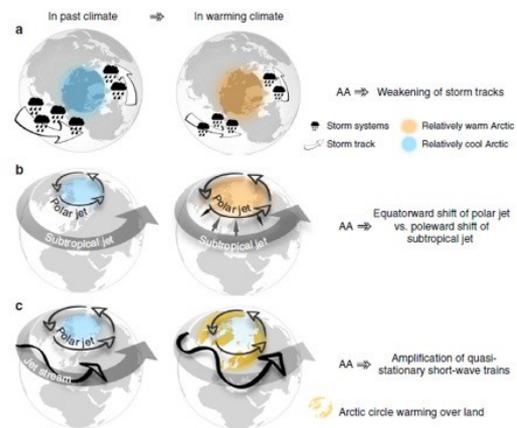


Figura 3: rappresentazione schematica dei tre meccanismi dinamici individuati nella circolazione estiva. (fonte: <https://www.nature.com/articles/s41467-018-05256-8>). La spiegazione si trova nel testo.

Un articolo (<https://www.nature.com/articles/s41467-018-05256-8>) pubblicato nel 2018 su Nature Communications ha riassunto i tre principali cambiamenti dinamici nella circolazione estiva che potrebbero essere in atto e accentuarsi in futuro, con particolare attenzione all'Amplificazione Artica e alla conseguente diminuzione della differenza di temperatura tra il nord ed il sud del nostro emisfero. Essi sono (figura 3): l'*indebolimento del flusso perturbato* ("weakening of storm tracks" in figura 3), lo *spostamento verso nord del getto subtropicale* ("poleward shift of subtropical jet" in figura 3) e l'*amplificazione dei treni di onde corte quasi stazionarie* ("Amplification of quasi-stationary short-wave trains" in figura 3), un meccanismo che nella letteratura scientifica è noto anche come QRA (Quasi Resonant Amplification). L'indebolimento del flusso perturbato e della velocità dei venti occidentali sono una conseguenza naturale, diciamo così, della diminuzione del gradiente termico polo-equatore e sono confermati dalle osservazioni. Un ingrediente fondamentale della nascita di quelle che familiarmente chiamiamo "perturbazioni" è infatti l'instabilità baroclina, legata al gradiente termico nord-sud. Il tema dello spostamento di latitudine delle correnti a getto (in particolare di quella subtropicale) è estremamente complesso e coinvolge anche la troposfera tropicale. La premessa è che accanto all'Amplificazione Artica, che riguarda la bassa troposfera, si osserva anche una sorta di *amplificazione tropicale* nell'alta troposfera tropicale (che si sta riscaldando di più rispetto a quella polare per effetto del calore latente rilasciato nei moti convettivi), che genera effetti opposti rispetto alla prima. I ricercatori scrivono espressamente di un "tiro alla fune" (tug of war) tra i due meccanismi, laddove l'Amplificazione Artica "spinge" il getto verso sud, mentre quella tropicale lavora in senso contrario. Il risultato, in estrema sintesi, sembra essere che per ora gli spostamenti osservati sono ancora modesti, ma che alla lunga, con il progredire del riscaldamento globale, l'effetto dominante potrà essere

quello associato ai cambiamenti nella troposfera tropicale. Il terzo meccanismo proposto, *l'amplificazione delle onde corte quasi-stazionarie*, ha destato molto interesse in tempi recenti perché la teoria su cui si basa è relativamente nuova. Questa dinamica, che si è attivata in occasione di molti degli eventi estremi osservati nel ventunesimo secolo, riguarda le onde planetarie (si veda il box di approfondimento) e in particolare l'interazione (risonanza) tra le onde libere (free travelling) e le onde forzate, in presenza di una guida d'onda (waveguide) che impedisce all'energia delle onde libere quasi stazionarie di dissiparsi come avviene normalmente. In questa condizione le onde libere quasi stazionarie con un numero d'onda compreso tra 6 e 8 (vale a dire che si contano 6-8 oscillazioni complete lungo un anello di latitudine) entrano in risonanza con le onde forzate della stessa lunghezza e la loro ampiezza aumenta fortemente. Il ruolo del riscaldamento globale e della conseguente Amplificazione Artica sembra essere quello di creare una configurazione atmosferica di base più favorevole a questo fenomeno, anche attraverso la presenza del "double jet" polare a cui si è fatto cenno.

#### ***In sintesi, e per concludere***

La narrativa legata al riscaldamento globale e al correlato cambiamento climatico fa grande uso di espressioni come "limitare il riscaldamento a +2°, limitarlo a +1.5°, 3° in più entro fine secolo..." e così via. Questi numeri relativamente piccoli potrebbero dare al grande pubblico una falsa impressione tranquillizzante, per i motivi che abbiamo appena cercato di spiegare. Gran parte della popolazione mondiale vive sui continenti e in aree dove il riscaldamento viaggia a ritmi almeno doppi rispetto a quello medio di un pianeta ricoperto per il 70% di oceani. Negli ultimi decenni, inoltre, il sospetto che alle medie latitudini gli eventi estremi (soprattutto le ondate di caldo e la siccità) stiano crescendo ad un ritmo ancora superiore si è trasformato praticamente in certezza. *Il rischio che corriamo interferendo in modo irresponsabile in un*

*meccanismo delicato e complesso come il sistema climatico è di attivare risposte non lineari (come l'amplificazione delle onde planetarie e altri pericolosi feedback positivi) che possono concretamente mettere a repentaglio la nostra sopravvivenza incidendo non solo sulla qualità della vita, ma anche sulla sicurezza alimentare e di conseguenza sugli equilibri politici ed economici globali.*

#### ***Fonti e approfondimenti consigliati***

<https://www.iconacliama.it/approfondimenti/artico-ghiaccio-marino-circolazione-atmosferica/>

<https://www.iconacliama.it/approfondimenti/sistema-climatico-i-meccanismi-di-retroazione/>

Coumuo et al. 2014, Quasi-resonant circulation regimes and hemispheric synchronization of extreme weather in boreal summer. PNAS ([www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1412797111](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1412797111))

Coumou et al. 2018, The influence of Arctic amplification on mid-latitude summer circulation. Nature Communications. <https://www.nature.com/articles/s41467-018-05256-8>

Di Capua, G., Sparrow, S., Kornhuber, K. et al. Drivers behind the summer 2010 wave train leading to Russian heatwave and Pakistan flooding. npj Clim Atmos Sci 4, 55 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41612-021-00211-9>

Du et al. 2020, Extreme Precipitation on Consecutive Days Occurs More Often in a Warming Climate. BAMS (<https://doi.org/10.1175/BAMS-D-21-0140.1>)

Mann, M. E. et al. Influence of Anthropogenic Climate Change on Planetary Wave Resonance and Extreme Weather Events. Sci. Rep. 7, 45242; doi: 10.1038/srep45242 (2017).

Zappa et al 2015, The dependence of wintertime Mediterranean precipitation on the atmospheric circulation response to climate change Environ. Res. Lett. 10 104012. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/10/104012>

Autore:

*Lorenzo Danieli*

*meteorologo Meteo Expert e autore per IconaClima*

---



***Caro Socio, se sei interessato a partecipare al comitato di redazione della Newsletter, o se vuoi segnalare notizie o avvenimenti di interesse da pubblicare, scrivici a [newsletter@aisam.eu](mailto:newsletter@aisam.eu).***

***L'uscita della prossima Newsletter è prevista per settembre 2022.***

