

PREVISIONI STAGIONALI OPERATIVE

Enrico Solazzo⁽¹⁾

(1) A2A S.p.A. Mail:enrico.solazzo@a2a.it

ABSTRACT

Le previsioni stagionali (seasonal forecast) permettono di ricavare informazioni sulle condizioni generali dell'atmosfera e su alcuni parametri principali, come la temperatura e le precipitazioni, su un orizzonte stagionale [1]. Le previsioni stagionali sono spesso presentate come 'probabilità terziili', ovvero si riferiscono alla probabilità che per un determinato trimestre possano verificarsi condizioni sopra la media, normali o al di sotto della media climatologica di riferimento[2]. Sulla scala temporale dell'orizzonte di previsione, le previsioni stagionali si collocano dopo le previsioni mensili e quelle sub-seasonal, prima delle previsioni annuali, decadal e le proiezioni climatiche di lungo periodo. La finestra temporale coperta dalle previsioni stagionali, riveste particolare rilevanza nell'ottica della pianificazione e della programmazione in molti settori strategici, come quello dell'energia e dell'agricoltura. Le previsioni stagionali possono aiutare a rispondere a domande quali: "ci sarà abbastanza pioggia per sostenere i raccolti in questa stagione?" oppure, "ci saranno sufficienti scorte idriche nei bacini montani tali da permettere un'efficiente programmazione della produzione idroelettrica?" Le previsioni stagionali possono fornire un utile strumento in termini di adattamento per la mitigazione del rischio degli estremi climatici. Infatti, le caratteristiche di una stagione variano naturalmente da un anno all'altro. Ad esempio, un inverno mite e piovoso in un anno potrebbe essere seguito da un inverno freddo e secco l'anno successivo. Questo è noto come "variabilità climatica". La variabilità climatica e, in particolare, gli "estremi climatici" come ondate di

calore, siccità e inondazioni, possono rappresentare una sfida rilevante, in particolare nelle aree più vulnerabili del mondo. In molti luoghi, questi estremi stanno già diventando più frequenti e intensi a causa del cambiamento climatico [3]

Index Terms— Previsioni stagionali, pianificazione, programmazione, mitigazione rischio, estremi climatici, variabilità climatica

1. INTRODUZIONE

Le previsioni stagionali sono una predizione di lungo periodo (tipicamente a 3 o 6 mesi) delle anomalie di alcuni dei principali parametri meteorologici. Le previsioni vengono elaborate con diversi mesi di anticipo rispetto alla stagione di riferimento e vengono aggiornate mensilmente. Una previsione stagionale può, ad esempio, fornire informazioni sulla temperatura media dell'inverno o sulle precipitazioni attese nella stagione estiva. Le previsioni stagionali non forniscono informazioni sulla variazione giornaliera dei parametri meteorologici (a differenza delle previsioni di breve-medio periodo), poiché non è possibile prevedere con accuratezza l'evoluzione del tempo oltre sette-dieci giorni [4]. Questo è dovuto al fatto che l'atmosfera è un sistema dinamico a comportamento "caotico". Come dimostrato per la prima volta negli anni '60 dallo scienziato Edward Lorenz, famoso per il suo lavoro sulla teoria del caos e sull'effetto farfalla. La conoscenza approssimata delle condizioni iniziali non produce una previsione approssimata dopo un tempo finito, ma una previsione sbagliata; piccoli errori

iniziali si amplificano e ci sono limiti di predicibilità non superabili.

Poiché l'atmosfera è caotica, su scale temporali stagionali, non solo è impossibile prevedere con precisione le condizioni meteorologiche giorno per giorno all'interno di una stagione, ma non è nemmeno possibile fornire dettagli su singoli punti di interesse. Ecco perché le previsioni stagionali forniscono una predizione per un'ampia area spaziale - tipicamente un'area che copre le dimensioni di un paese o di diversi paesi.

Inoltre, le previsioni stagionali vengono espresse utilizzando le probabilità. Tipicamente, la probabilità di come possa essere la prossima stagione rispetto alle condizioni medie o "normali" per quella stagione. Ad esempio, l'output di una previsione stagionale fornirà le probabilità che possa verificarsi una stagione più piovosa o meno piovosa della media.

Per fornire previsioni di lungo periodo è necessario considerare i fattori che influenzano il sistema climatico e quali di questi influenzano la variabilità climatica.

Il clima di una località è in gran parte controllato da fattori fissi, come la latitudine. Ad esempio, i luoghi vicini all'equatore sperimentano tipicamente un clima tropicale caldo, mentre i luoghi vicini ai poli sperimentano un clima polare molto più freddo, principalmente a causa della quantità di radiazione solare ricevuta in superficie durante l'anno. Altri fattori fissi che influenzano le condizioni climatiche includono la presenza di montagne o oceani. Nelle previsioni stagionali, sono i fattori variabili quelli di interesse, poiché sono quelli che possono causare variabilità in una stagione da un anno all'altro. Questi fattori sono comunemente definiti "driver climatici".

I driver climatici sono gli elementi variabili del sistema climatico, la cui variazione è più lenta rispetto ai processi atmosferici che controllano il tempo giorno per giorno.

Un driver climatico particolarmente importante è l'oceano.

L'oceano si riscalda e si raffredda molto più lentamente rispetto all'atmosfera, rendendo possibile prevedere alcuni aspetti del comportamento dell'oceano diversi mesi prima.

L'anomalia della temperatura superficiale dell'oceano, a sua volta, influenzerà l'atmosfera al di sopra di essa. Questo può avere effetto sulla circolazione a larga scala dei modelli stagionali. Altri driver climatici includono le variazioni del ghiaccio marino ai poli, la copertura nevosa sulla terra e le condizioni di umidità del suolo. Questi driver climatici, in particolare l'oceano, sono alla base delle previsioni stagionali.

Utilizzando la conoscenza su come i driver influenzano la circolazione all'interno dei modelli meteorologici, è possibile fare previsioni diversi mesi nel futuro.

Conoscendo quali drivers controllano la variabilità stagionale è possibile determinare a quale orizzonte di previsione è possibile spingersi per prevedere i loro impatti.

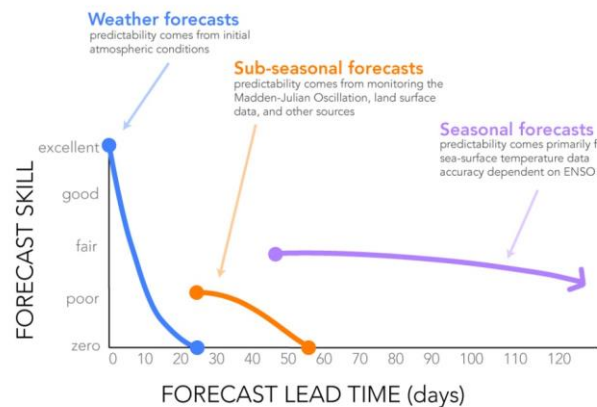


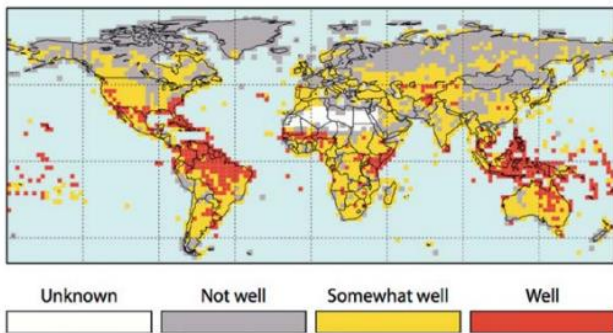
Figure 1. Skill di una previsione in funzione della distanza temporale. L'accuratezza previsionale decresce perché diminuisce la predicibilità. In parte a causa della teoria del caos (effetto farfalla) nel clima, in parte per l'incapacità di modellare perfettamente il sistema stesso.

Le previsioni stagionali hanno maggior probabilità di successo nelle aree dove esiste una forte connessione con driver climatici prevedibili. In alcuni luoghi, i driver climatici hanno molto meno effetto e in questi luoghi c'è una minore prevedibilità, il che significa che le previsioni stagionali non saranno così accurate.

La mappa successiva (Figura 2) mostra in quali aree hanno maggiore successo le previsioni stagionali. Come è possibile osservare, le previsioni stagionali hanno mediamente maggiore probabilità di successo nelle zone equatoriali,

grazie all'impatto preponderante dell'oceano sull'atmosfera.

How well can we predict seasonal climate?



Source: International Research Institute for Climate and Society

Figure 2. Attendibilità delle previsioni stagionali in funzione delle diverse aree del globo. Come si osserva, nelle zone equatoriali risulta maggiore la probabilità di successo delle previsioni stagionali, in quanto direttamente influenzate da driver climatici maggiormente predicibili

2. PRODUZIONE E METODOLOGIE

L'approccio più comune per produrre previsioni stagionali è l'utilizzo dei modelli dinamici che richiedono supercalcolatori. I modelli dinamici rappresentano i processi fisici all'interno del sistema climatico che guidano la variabilità stagionale. I modelli di seasonal forecast lavorano in maniera simile ai modelli meteorologici e alle proiezioni climatiche, utilizzando le equazioni della fisica dell'atmosfera e dell'oceano per simulare i processi del sistema climatico. Per fare questo viene discretizzato il dominio dell'intero globo in celle 3-D che includendo la profondità dell'oceano e la sommità dell'atmosfera. I modelli risolvono numericamente le leggi matematiche che descrivono i processi fisici per prevedere l'evoluzione dell'atmosfera e dell'oceano su ciascuno dei volumi di discretizzazione e come ciascun processo all'interno di ogni volume interagisca con quelli in prossimità. Prima di ogni corsa modellistica il modello necessita delle condizioni iniziali, che rappresentano l'osservazione del sistema climatico. Questo avviene attraverso l'utilizzo di dati osservativi proveniente da tutto il globo i dati disponibili dalle costellazioni di satelliti ed

altre fonti di inizializzazione. Il vantaggio dei modelli fisici è il fatto di poter simulare i processi e le interazioni che avvengono tra le varie componenti del sistema climatico. Lo svantaggio è dettato dai tempi di calcolo e dalle esigenze computazionali. Sono 13 i centri di calcolo designati dalla WMO per la produzione di previsioni stagionali (Figura 3). I modelli più avanzati sono noti come "coupled Earth-system models", ovvero modelli che modellizzano i processi che avvengono in atmosfera ed in oceano e le interazioni tra di esse per l'intero globo.

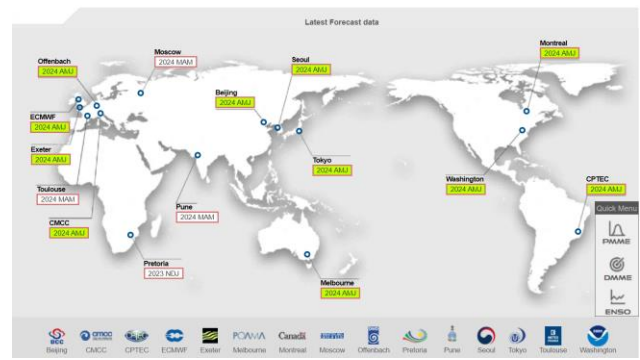


Figure 3. Centri di calcolo nel mondo che forniscono previsioni stagionali

Dalla risoluzione spaziale, ossia la dimensione del grigliato 3-D di discretizzazione, dipende l'accuratezza con la quale può essere rappresentato in determinato fenomeno. Per tenere conto dell'incertezza associata alla previsione, viene utilizzata la tecnica dell'ensemble forecasting. La simulazione modellistica viene eseguito più volte, ma con piccole variazioni applicate al sistema per rappresentare le incertezze nelle condizioni iniziali e nei modelli. Questo porta a una serie di diverse previsioni individuali che formano l'"ensemble di previsione", con ogni previsione nota come "membro dell'ensemble". In questo modo è possibile ottenere una distribuzione dei futuri scenari attesi associando a ciascuno di essi una probabilità di accadimento.

Forecast Temperature by Ensemble - example

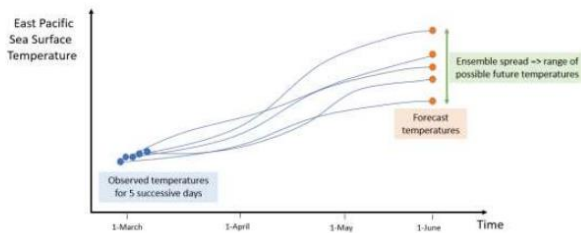


Figure 4. Esempio di previsione delle temperature per l'Oceano Pacifico Orientale utilizzando un ensemble con 5 membri. Ciascun membro dell'ensemble ha condizioni iniziali leggermente diverse, prese qui come le condizioni misurate nei cinque giorni successivi. Man mano che la simulazione del modello procede nel tempo, la dispersione dell'ensemble aumenta, fornendo una gamma di temperature future possibili per il periodo di previsione.

I centri di previsione globale utilizzano approcci diversi per configurare i loro ensemble, ma tutti mirano a rappresentare le incertezze nel processo di previsione. Ad esempio, il modello del Met Office, GloSea-5, utilizza un approccio "lagged". Per il modello GloSea-5 vengono eseguite due previsioni ogni giorno, utilizzando le condizioni iniziali di quel giorno. I cambiamenti nell'atmosfera e nell'oceano di giorno in giorno forniscono un'altra fonte di incertezza nelle condizioni iniziali. Per la previsione stagionale del 1° aprile, ad esempio, si uniscono insieme le ultime 3 settimane di previsioni, ottenendo un ensemble di 42 membri, dove ogni previsione è considerata ugualmente probabile durante il periodo di previsione. Successivamente, si valuta come la previsione si discosta dalla media stagionale di riferimento. Per fare ciò, si confronta la previsione con la climatologia del modello. Quest'ultima potrà differire leggermente dalla climatologia osservata.

Per il modello GloSea-5 del Met Office, la climatologia modellistica di riferimento prende in considerazione il periodo 1993-2016. La climatologia del modello si basa su previsioni passate note come 'hindcasts' o 're-forecasts'. Allo stesso modo viene prodotto un ensemble di hindcasts. Gli hindcast sono utili per confrontare le osservazioni del clima reale e vedere quanto bene il modello cattura la variabilità climatica di anno in anno.

Met Office "Hindcasts" or "Re-Forecasts" example

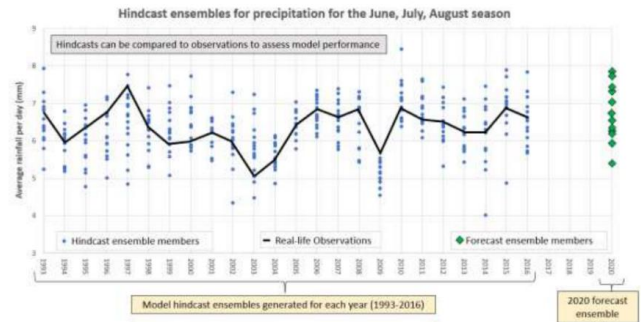


Figure 4. Esempio di confronto tra la climatologia del modello (ensemble hindcast) e l'ensemble forecast con le osservazioni. Fonte: Met-Office

Oltre all'approccio deterministico è possibile utilizzare anche un approccio statistico per le previsioni stagionali. I metodi statistici utilizzano le osservazioni passate per determinare le relazioni tra le condizioni meteorologiche e i driver climatici, come i modelli globali delle temperature superficiali del mare. Conoscendo le attuali temperature superficiali del mare e utilizzando la relazione identificata, è quindi possibile produrre una previsione stagionale basata su tale driver. Uno dei principali vantaggi nell'utilizzare metodi statistici è che, a differenza dei metodi dinamici, sono relativamente veloci da calcolare e non richiedono troppa potenza di calcolo. Il principale svantaggio è che utilizzano solo relazioni statistiche e quindi non beneficiano delle conoscenze dei molti processi fisici all'interno del sistema climatico. Inoltre, richiedono registrazioni lunghe di osservazioni passate e assumono che le relazioni osservate nel passato funzioneranno anche in futuro, il che potrebbe non essere vero considerando gli effetti del cambiamento climatico.

3. ANALISI E ACCURATEZZA

L'accuratezza della previsione può variare nel tempo e nello spazio e ci sono diversi metodi per definire e misurare l'accuratezza. Idealmente, tutti i metodi richiedono set di dati su periodi lunghi, tipicamente 20-30 anni. Un metodo comune per valutare l'accuratezza della previsione è il diagramma 'relative operating characteristic', o 'ROC', che confronta il numero di successi

previsti con il numero di falsi allarmi per un particolare evento.

Ad esempio, si supponga che vengano prodotti avvisi se la probabilità di precipitazioni inferiori alla media (ad esempio la probabilità di trovarsi nella categoria del terzile più secco del normale) è del 40% o più. Se viene emesso un avviso e poi si verificano piogge scarse, è un successo; altrimenti è un "falso allarme". Guardando molti casi, è possibile calcolare un tasso di successo e di falsi allarmi per le dichiarazioni di avviso per misurare le prestazioni della previsione.

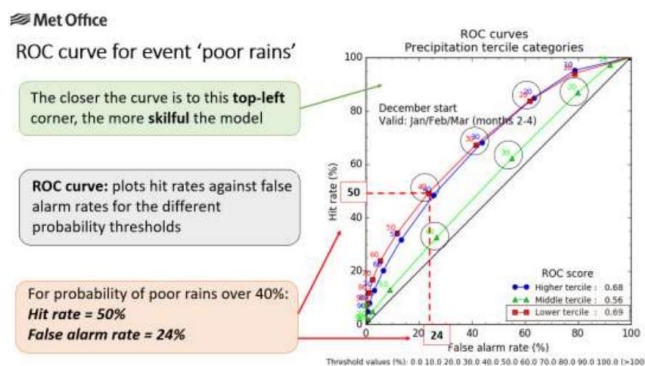


Figure 5. Diagramma ROC, che confronta il numero di successi previsti con il numero di falsi allarmi per un particolare evento.

Nell'esempio in figura 5, quando la probabilità di piogge scarse, o il terzile inferiore rappresentato dalla linea rossa, è del 40%, il tasso di successo è del 50% e il tasso di falsi allarmi è del 24%. Questo può essere ripetuto per altri soglie di probabilità, formando una curva. Per una previsione accurata, i tassi di successo devono superare i tassi di "falsi allarmi", quindi quando la curva è più vicina all'angolo in alto a sinistra, ciò indica un modello di previsione accurato. L'area totale sotto la curva è una statistica riassuntiva delle prestazioni complessive, chiamata punteggio ROC. In questo esempio, il punteggio ROC è 0.69.

Analogamente, i punteggi ROC possono essere rappresentati come mappe calcolando i punteggi in ogni punto della griglia. L'accuratezza può variare notevolmente a seconda della stagione e della posizione geografica.

L'immagine successiva (Figura 6) mostra i punteggi ROC per il sistema GloSea-5 per la

categoria di precipitazioni superiori alla media durante il periodo giugno-agosto. In generale, si può osservare che per questa stagione il modello funziona meglio in aree tropicali, come il Sud-est asiatico.

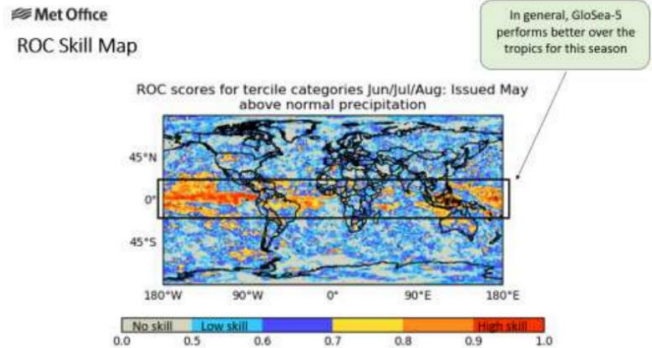


Figure 6. ROC Skill Map per il periodo JJA per il terzile più alto riferito all'anomalia di precipitazioni. In generale, il Modello del Met-Office ha skills previsionali maggiori per l'area equatoriale per quanto riguarda le previsioni dell'anomalia delle precipitazioni

3. CASO STUDIO: PREVISIONI STAGIONALI PER IL TRIMESTRE FMA

In questo capitolo, si propone una previsione stagionale riferita al trimestre Febbraio-Aprile (FMA) 2024 a scala Europea, utilizzando la modellistica resa disponibile a gennaio 2024. I dati e i prodotti utilizzati per la previsione sono stati cortesemente rese disponibili dal World Climate Service. Le reanalisi provengono dai dataset NOAA e COPERNICUS.

OSSERVAZIONE. Un pattern di circolazione persistente negli ultimi mesi (dicembre, gennaio e prima parte di febbraio) ha prodotto condizioni meteorologiche contrastanti tra l'estremo Nord Europa (Norvegia e Finlandia), dove sono state osservate anomalie termiche fortemente negative (-6/-8°C rispetto alla media 1991-2020) e il Sud Europa, dove sono state osservate forti anomalie termiche positive (Figura 7 a,b).

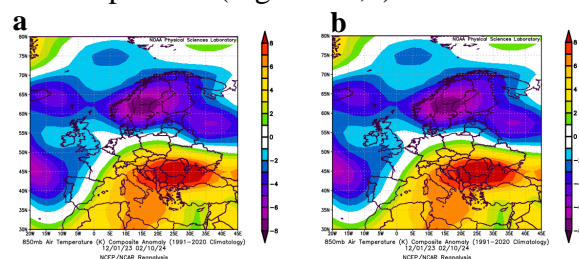


Figure 7. Anomalia del geopotenziale a 500 hPa (a) e temperatura a 850 hPa (b) per DJF

L'avvio della stagione invernale, particolarmente fredda in Fennoscandia, è in contrasto con la tipica influenza di El Niño e la fase positiva di IOD [5] In consistenza con El Niño [6], un attivo flusso Atlantico (jet stream) ha prevalso alle medie latitudini (tra 48°N e 55°N), favorendo condizioni piovose sull'Europa Nord-Occidentale e Centrale (Centro-Nord Francia, Germania, Polonia, Sud UK) come osservabile dalle reanalisi elaborate con i dati NOAA in figura 8b. Anomalie positive della SSTs nell'Atlantico sub tropicale (figura 8a) hanno contribuito a mitigare il rischio di fasi fredde sull'Ovest e Sud Europa.

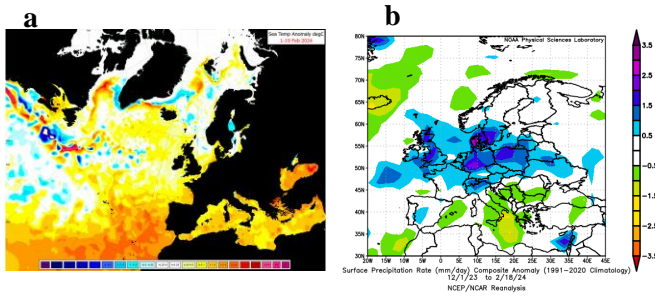


Figure 8. Anomalia della SSTs dal 1 al 19 febbraio 2024 (a) e anomalie delle precipitazioni tra dicembre 2023 e febbraio 2024 (b)

PREVISIONE. Dalla proiezione del modello ECMWF seasonal forecast si può osservare un robusto blocco anticiclonico sul Nord Atlantico per febbraio, sebbene sia altresì presente un asse di alta pressione sul Sud-Ovest Europa. Le proiezioni di febbraio rimangono marcatamente fredde sul nord-est Europa.

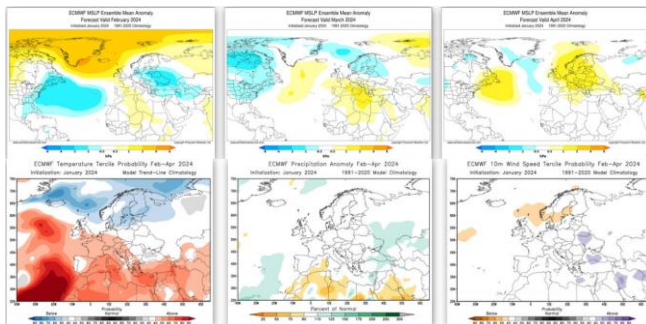


Figure 9. In alto: anomalia della pressione media (hPa) d'ensemble per febbraio, marzo e aprile 2024. In basso: probabilità terzili della temperatura, precipitazioni e velocità del vento per il trimestre FMA

L'outlook rimane più zonale per marzo e suggerisce pressione più alta sull'Europa in aprile con anomalie termiche sopra media sull'Europa sud-occidentale. Condizioni relativamente fredde persistono fino a maggio nelle regioni Baltiche, probabilmente esaltate da estesa copertura nevosa.

Il modello CFSv2 propone per febbraio e marzo condizioni cicloniche sul Sud dell'Islanda, che innescano correnti sud-occidentali e condizioni molto miti per l'Europa. Anomalie negative persistenti sono attese nelle regioni Baltiche, presumibilmente per effetto di innevamento esteso. Un segnale più uniformemente caldo è evidente per aprile con condizioni di bassa pressione sul Nord Europa.

Entrambi i modelli suggeriscono condizioni di ventilazione sotto la media per la parte settentrionale dell'Europa e, in entrambi i casi, questo è guidato principalmente dal segnale di blocco di febbraio. Entrambi i modelli suggeriscono anche precipitazioni in linea alla media o sopra media nell'area del Mar Nero e il modello CFSv2 anche sul Nord-Ovest Europa.

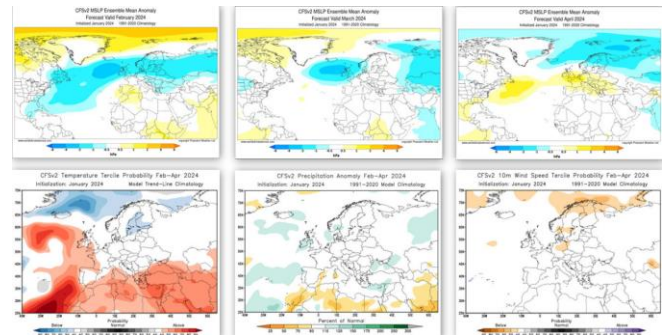


Figure 10. Anomalie della pressione media d'ensemble per febbraio, marzo e aprile 2024 previste dal modello CFSv2. In basso: probabilità terzili per i parametri temperatura, precipitazione e intensità del vento a 10 m per il trimestre FMA

I restanti modelli evidenziano un forte consenso per un blocco anticiclonico tra Islanda e Artico in febbraio con il modello UKMO, Meteo-France e JMA che amplificano particolarmente il segnale. La maggior parte dei modelli rilassano il segnale di blocco per marzo, sebbene JMA e ECCC (CanSIPS) evidenzino un pattern simile tra febbraio e marzo. In accordo, i modelli suggeriscono condizioni più fredde sul Baltico e condizioni

relativamente miti sul SE Europa a febbraio, seguite da una tendenza al riscaldamento sull'Europa che varia in funzione del grado di persistenza del blocco anticiclonico alle alte latitudini. Il modello NMME E il **multi-model di Copernicus** evidenziano similarità. Entrambi indicano condizioni più fredde in area scandinava, condizioni più miti sul Mediterraneo e una cintura W-E con condizioni di maggiore piovosità sul Centro Europa e l'area del Mar Rosso

I modelli suggeriscono un aumento della probabilità di condizioni di ventilazione sotto media su gran parte del Nord e Nord-Ovest Europa, in particolare per febbraio. C'è, inoltre, un segnale di ventilazione sopra media sul Sud-est Europa e l'area del Mar Rosso, sebbene meno supportata dal multi-model.

ANALOGIE. El Niño Modoki Index è aumentato a +0.4 in dicembre, un valore vicino alla mediana per i valori di El Niño. Di conseguenza, il corrente episodio di El Niño non è non è più chiaramente classificato come è concentrato nel Pacifico orientale, ma è piuttosto un evento misto Modoki/Pacifico orientale.

Le analogie basate sui due scenari opposti per El Niño in DJF evidenziano differenze significative in FMA: in condizioni di Est Pacific El Niño (figura 11b) è favorevole per un pattern mite zonale, mentre condizioni di El Niño Modoki producono un pattern con un inizio primavera freddo sul Nord Europa (figura 11a) e con precipitazioni sopra media sul Sud-Est Europa.

Tuttavia, un debole VPS e debole ventilazione sul Nord Europa sono favoriti in entrambi i casi, riflettendo la propensione generale per un blocco tardo invernale dovuto ad El Niño.

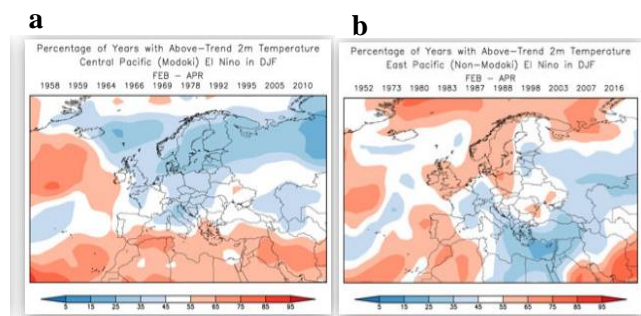


Figure 11. Probabilità di avere anomalie positive della temperatura a 2m nel caso di Non-Modoki el Niño e Modoki El Niño per gli analoghi anni di riferimento

La fase fortemente negativa di QBO è un robusto predittore di freddo nell'Ovest Europa in tardo inverno ed Est Europa in inizio primavera. Ventilazione e precipitazioni sotto media sono prevalenti per gran parte del Centro ed Est Europa

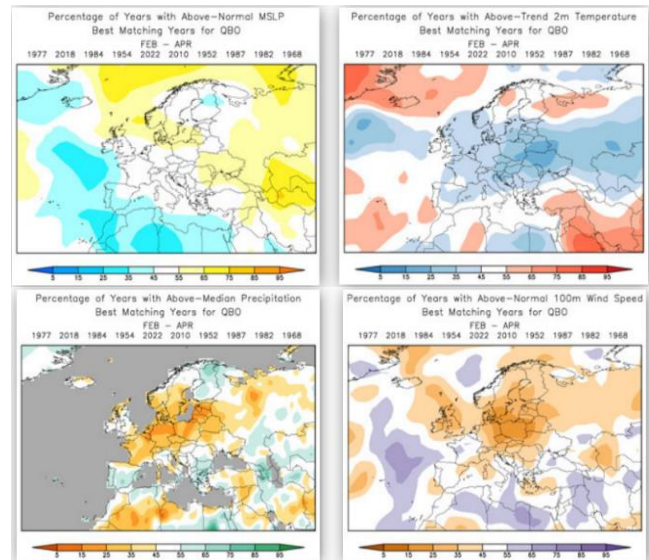


Figure 12. Probabilità di avere anomalie positive della pressione, della temperatura a 2m, delle precipitazioni e della ventilazione per gli anni analoghi per i valori assunti dalla QBO

Tutti i modelli dinamici prevedono una rapida dissipazione di El Niño e una transizione verso condizioni di La Niña verso l'inizio dell'estate (Figura 13 a). Mentre per i modelli dinamici le skills previsionali di ENSO sono tipicamente basse oltre aprile, la consistenza delle traiettorie dei modelli porta verso questo tipo di scenario. Il best match degli anni analoghi (2007 e 1995) suggerisce una transizione verso La Niña che, tuttavia, si svolge lentamente ed emerge in agosto.

L'indice IOD ha iniziato ad indebolirsi, ma il valore osservato a dicembre è stato un record per il clima moderno. I modelli dinamici anticipano un rapido collasso dei valori estremamente positivi di IOD entro febbraio (figura 13b), probabilmente contribuendo ulteriormente alla rapida transizione da El Niño a-La Niña.

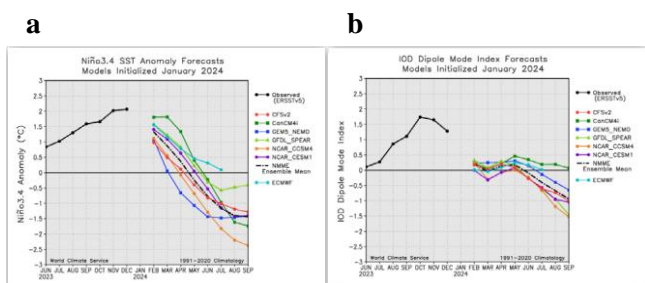


Figure 13. Osservazione di Niño 3.4 SST Anomaly (a) e IOD (b) e previsioni dei rispettivi andamenti nei mesi successivi

OUTLOOK PREVISIONALE

- Freddo nella parte nord-orientale e, più diffusamente, sulla parte orientale nella prima parte della primavera
- Mite nella parte sud-occidentale dell'Europa e sul Mediterraneo Centro-Occidentale
- Venti nel complesso deboli in Scandinavia
- Precipitazioni sopra media e ventilazione più attiva nel Sud-est Europa e Mar Nero.

La maggior parte dei modelli dinamici e i predittori basati sulle analogie suggeriscono un pattern di blocco per febbraio alle alte latitudini con maggior rischio di irruzioni fredde e venti deboli sul Nord Europa; condizioni relativamente piovose e miti sul Sud Europa. Deboli flussi zonali sono attesi persistere anche all'inizio della stagione primaverile e cold outbreaks sono possibili sulla parte orientale dell'Europa. Tuttavia, temperature eccezionalmente miti della SSTs in Atlantico verso il Sud-Ovest Europa potrebbero facilitare episodi di rimonte anticicloniche sub-tropicali e condizioni molto miti sul Sud-Ovest Europa.

I principali fattori di rischio sono i seguenti:

- 1) Se El Niño decresce più lentamente rispetto alle attese, diventa più probabile assistere ad anomalie negative della pressione sul Nord Europa, con conseguenti condizioni più miti sulla parte orientale dell'Europa e condizioni piovose maggiormente diffuse.
- 2) Se il VPS riaccelera bruscamente, il pattern di blocco sul Nord Europa potrebbe collassare determinando condizioni maggiormente miti,

piovose e ventose con un regime più zonale sul Nord Europa.

5. CONCLUSIONI

Le previsioni stagionali ricoprono una finestra temporale di importanza strategica per alcuni settori quali l'energia, il turismo, e l'agricoltura e permettono di mitigare il rischio degli estremi climatici. La possibilità di poter effettuare previsioni stagionali risiede nella predicibilità dei driver climatici che impattano sulla variabilità climatica stessa. Le previsioni stagionali non forniscono dettagli sulla variabilità meteorologica giornaliera, ma forniscono un segnale, il più delle volte espresso in termini probabilistici sulle anomalie dei principali parametri meteorologici. Al fine di diffondere una corretta informazione per le autorità è necessario conoscere quali informazioni possono essere dedotte dai modelli stagionali e in quali aree del globo tali informazioni hanno maggiore probabilità di verificarsi in futuro.

Sono diversi i Paesi che forniscono previsioni stagionali basati su modelli dinamici, modelli statistici o talvolta combinando i diversi approcci. Essendo una scienza ancora da esplorare ci sono margini di miglioramento favoriti da una maggior forza computazionale a cui si uniranno nuove conoscenze sulle dinamiche dei processi e delle teleconnessioni che guidano le previsioni stagionali.

5. ACKNOWLEDGMENTS

I prodotti analizzati sono stati elaborati dal World Climate Service (<https://www.worldclimateservice.com/>). Le reanalisi sono state riprodotte utilizzando i tool messi a disposizione dalla NOAA (<https://psl.noaa.gov/data/composites/day/>)

11. REFERENCES

- [1] Seasonal forecasts: from science to services, MetOffice
- [2] A practical guide to seasonal forecasts”, BRACED.
- [3] Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate, IPCC, Chapter 11
- [4] The use of satellite observations in numerical weather prediction
- [5] The seasonal teleconnections of the Indian Ocean Dipole to the North Atlantic region Tim Hempel et al.,European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, Reading, UK
- [6] Impact of ENSO on European Climate”, Adam A.Scaife, MetOffice
- [7] European Centre for Medium-Range Weather Forecasting (ECMWF)
- [8] World Meteorologica Organization (WMO)
- [9] Predictability of European winter 2019/20: Indian Ocean dipole impacts on the NAO
- [10] The seasonal teleconnections of the Indian Ocean Dipole to the North Atlantic region Tim Hempel et al.”,European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, Reading, UK
- [11] World Climate Service
- [12] NOAA
- [13] Met-Office.
- [14] Copernicus:
<https://cds.climate.copernicus.eu/#!/home>
- [15] IRI Data Portal: <https://iri.columbia.edu/>
- [16] WMO Regional Climate Outlook Forums (RCOFs)