

Analisi meteorologica del ciclone extratropicale Vaia del 26 - 30 ottobre 2018

Benassi Federica - Ventrucci Chiara
Luglio 2022

Sommario

Il ciclone Vaia si è sviluppato tra il 26 e il 30 ottobre 2018, con picchi di intensità sulle regioni settentrionali dell'Italia. L'evento è stato simulato con il modello Weather Research Forecast del National Center for Atmospheric Research, osservando l'evoluzione temporale dei campi delle principali variabili meteorologiche. I risultati ottenuti sono stati, poi, confrontati con la rianalisi ERA5 e i dati pluviometrici dell'ARPA Veneto, evidenziando l'abilità di WRF nel rappresentare eventi alla mesoscala, ma non riuscire a raggiungere alti livelli di accuratezza su scale più piccole.

1 Introduzione

Il ciclone Vaia è un evento meteorologico che si è sviluppato tra il 26 e il 30 ottobre 2018, investendo con intense precipitazioni una vasta regione dell'Italia settentrionale. Questo evento ha avuto una elevata ricaduta economica e paesaggistica sulle regioni colpite e, data la sua intensità, permette di vedere chiaramente le anomalie nei campi meteorologici, sia durante la formazione del ciclone sia nel suo sviluppo. Essendo un evento alla mesoscala, con una durata di 5 giorni e un'estensione orizzontale dell'ordine del migliaio di km, è adatto a essere studiato con il modello WRF del National Center for Atmospheric Research (NCAR). Per studiare l'evento sono stati utilizzati tre domini nidificati, come mostrato in Fig.1.

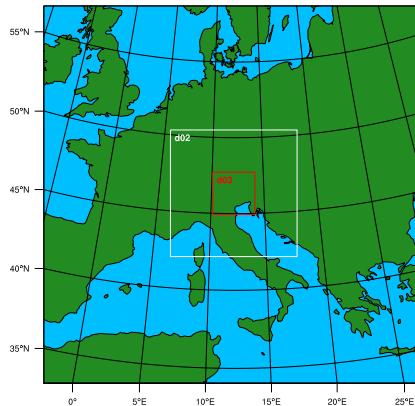


Figura 1: Struttura dei domini scelti

Le dimensioni delle celle elementari di ogni dominio sono in scala 1:3, partendo da 18 km. Il dominio intermedio ha, quindi, una risoluzione di 6 km, mentre quello più piccolo di 2 km. L'integrazione numerica è stata eseguita per 5 giorni, con intervalli di 6 ore, dalla mezzanotte del 26 ottobre alle ore 18:00 del 30 ottobre. Le griglie sono state inizializzate con i dati elaborati dal modello globale GFS. L'output del modello ha permesso di ottenere files di dati separati per tutti e tre i domini, a intervalli di un'ora.

2 Analisi a scala sinottica

L'analisi a scala sinottica permette di evidenziare alcune caratteristiche su grande scala dell'evento, in particolare la sua evoluzione temporale. Sono stati studiati, inizialmente, i campi di altezza di geopotenziale e a temperatura a 500 hPa, riportati in Fig.2, in particolare visualizzando le ore 18:00 UTC di ogni giorno preso in esame. Si può osservare la formazione di una saccatura nel campo di geopotenziale, sempre più pronunciata, che dall'Europa settentrionale si espande verso sud-ovest, accompagnata da aria fredda.

La saccatura si è approfondita gradualmente, scendendo di latitudine, fino a raggiungere un minimo di geopotenziale il 29 ottobre a sud dei Pirenei. In questa fase, la temperatura in corrispondenza del minimo al suo interno è aumentata, in seguito all'interazione con le correnti calde provenienti dal Mar Mediterraneo. Nella giornata del 29 ottobre, inoltre, si possono notare delle isoipse di geopotenziale molto ravvicinate sull'Italia, segnale di baroclinicità e grande intensità del vento.

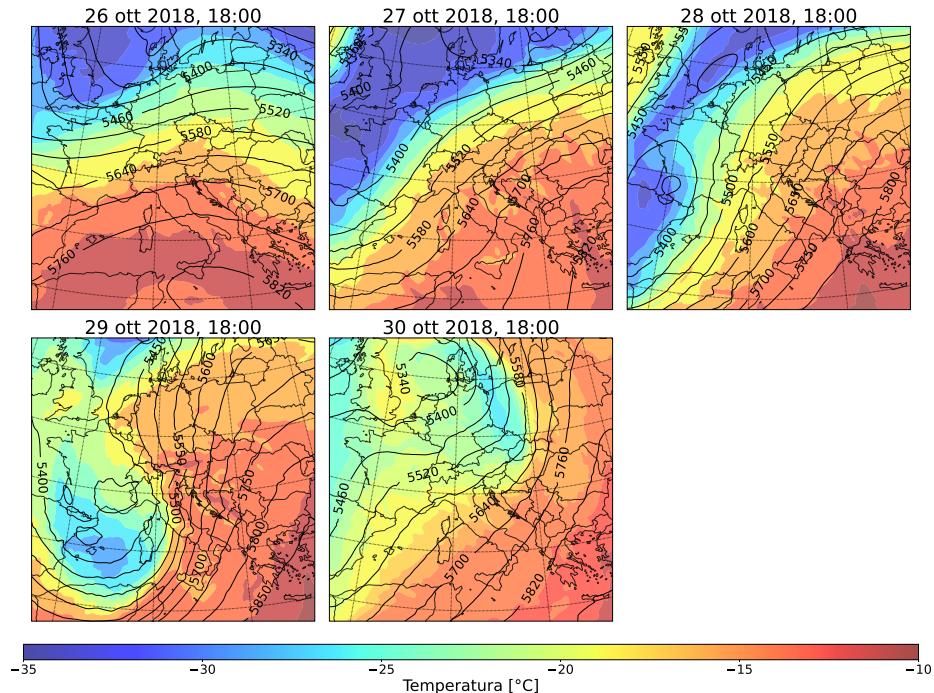


Figura 2: Evoluzione del campo di altezza di geopotenziale (contour) e temperatura (colori) a 500 hPa

Si può immaginare che il fronte freddo sia posizionato proprio in corrispondenza dell'intenso gradiente tra aria calda e aria fredda visibile lungo la penisola italiana nella giornata del 29 ottobre, come indicato in Fig.3. Nei giorni successivi, poi, l'energia del ciclone si è dissipata e il minimo di geopotenziale si è spostato verso nord, tra Danimarca e Paesi Bassi.

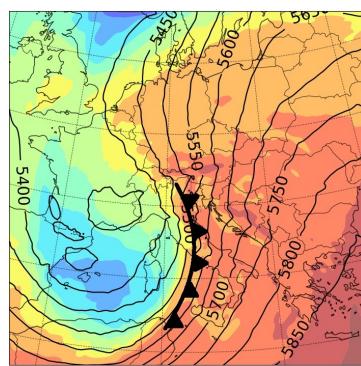


Figura 3: Posizione del fronte freddo il 29 ottobre 2018, ore 18:00 UTC

L'andamento della pressione a livello del mare, riportato in Fig. 4, riflette quanto detto per il geopotenziale.

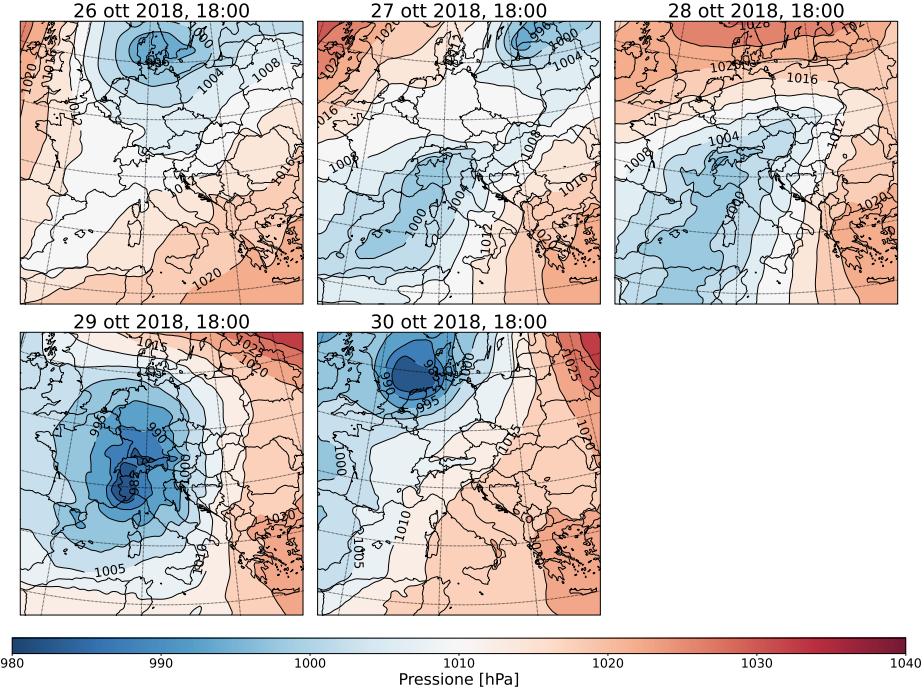


Figura 4: Evoluzione del campo di pressione a livello del mare

Inizialmente il minimo di pressione sul livello del mare è pari a 995 hPa ed è posizionato in prossimità della Danimarca. Sull'Europa centro-meridionale è, invece, presente una regione anticlonica, con massimo all'esterno del dominio qui selezionato e che stazionerà in questa posizione anche nei giorni seguenti. Il 27 ottobre il minimo di pressione si sposta, scendendo tra Francia e Corsica, ma mantenendo la stessa intensità. La bassa pressione si approfondisce tra il 28 e il 29 ottobre, raggiungendo un minimo di 980 hPa sul Piemonte ed estendendosi su una regione molto ampia.

Dato che il massimo sviluppo del ciclone è avvenuto il 29 ottobre, si è deciso di procedere con uno studio più approfondito delle variabili meteorologiche in questa giornata, in particolare analizzando l'output di WRF delle ore 18:00.

3 Analisi del 29 ottobre 2018

In Fig.5 è riportato il campo di vento a diverse quote, per studiare la struttura verticale del ciclone. In Fig.5a sono visibili i venti superficiali, in particolare libeccio da sud-ovest e scirocco da sud-est che soffiano sulle coste italiane. Il campo è convergente e si nota il moto generale in senso antiorario. Salendo in quota, si può notare che i venti aumentano la propria intensità, associati a una corrente meridionale da sud a nord ben definita e, in particolare, a 300 hPa, in Fig.5d, è presente un moto divergente. Osservando i moduli delle velocità, si può notare che la divergenza in quota è più intensa della convergenza al suolo, passando da un massimo di circa 60 m/s a 25 m/s. Questo è associato a un'intensificazione del ciclone, ovvero a un approfondimento del minimo di pressione, come osservato anche in Fig.4, in base all'equazione di tendenza della pressione.

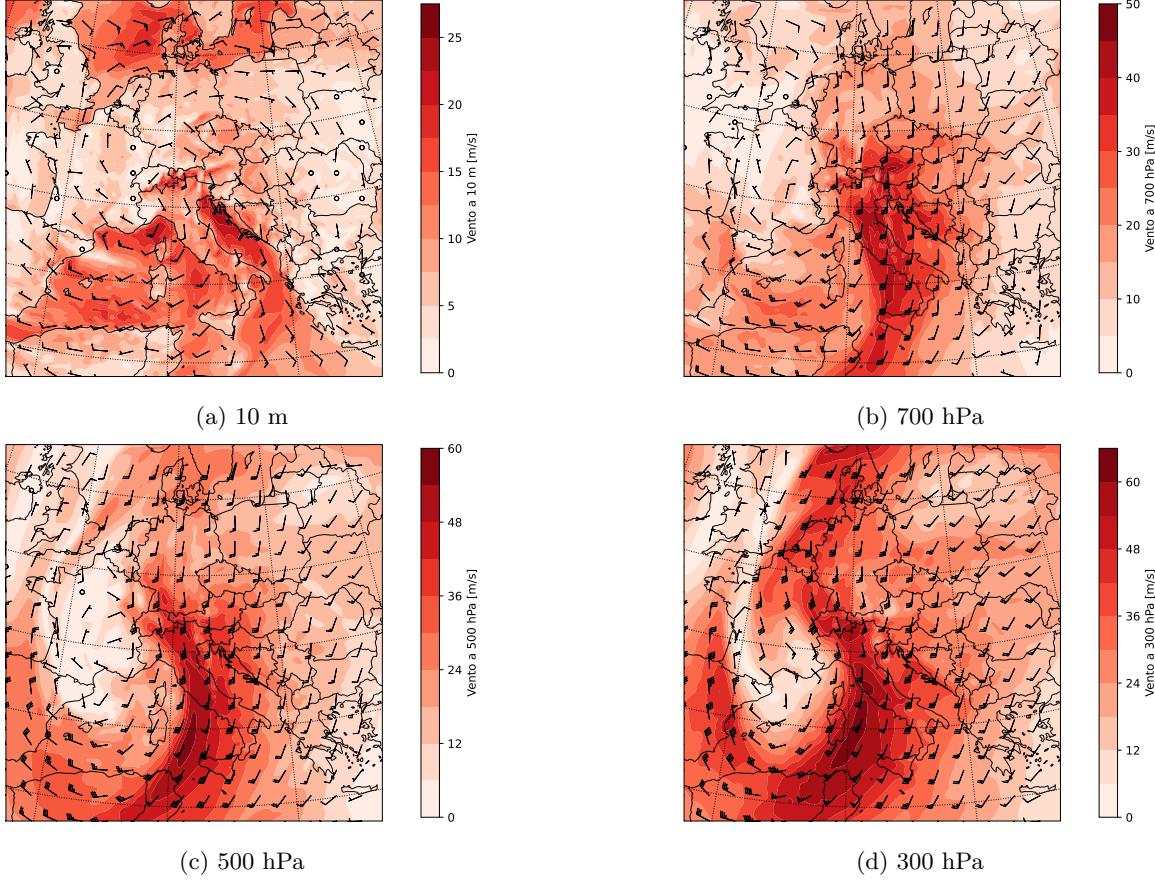


Figura 5: Intensità e direzione del vento a diverse quote. Dati relativi al 29 ottobre, ore 18:00 UTC.

Questa struttura del campo di vento interagisce poi con l'orografia: incidendo ortogonalmente alle catene montuose dell'Italia settentrionale, infatti, è favorito il sollevamento delle masse d'aria. Queste ultime, essendo caratterizzate da un alto contenuto di vapore acqueo, favoriscono lo sviluppo di precipitazioni. Come visibile, infatti, in Fig.6, la Precipitable Water, indicatore dell'umidità delle masse d'aria, assume valori più alti su tutta la regione adriatica e sull'Italia meridionale. Osservando la direzione del vento a 10 m dal suolo, si nota che il vapore acqueo è trasportato principalmente dai venti di scirocco. In questa giornata è stata registrata, infatti, la massima intensità delle piogge su Veneto e Friuli-Venezia Giulia.

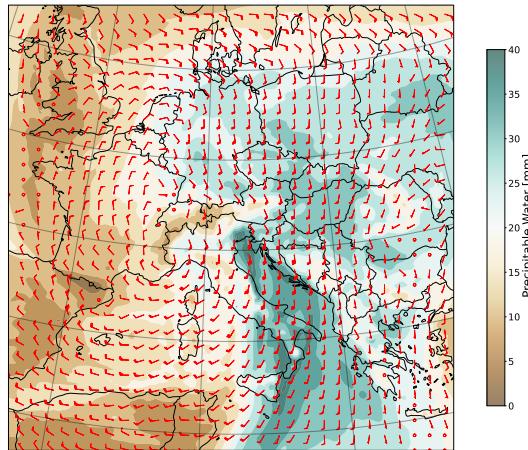


Figura 6: Campo di precipitable water (colori) e direzione del vento a 10 m (barbs). Dati relativi al 29 ottobre 2018, ore 18:00 UTC.

In Fig.7 sono riportati i campi di vorticità potenziale (PV) a 700 e 300 hPa. Generalmente i valori di PV sono molto bassi in troposfera e vicino alla superficie, ma si possono notare regioni abbastanza ampie in cui i valori di PV sono intorno a 2/3 pvu, associati proprio a un moto ciclonico. Vorticità positiva può essere collegata, inoltre, al moto di risalita delle masse d'aria per convezione, condizione tipica nei bracci di un ciclone e in prossimità delle Alpi per sollevamento orografico. Gli alti valori di PV osservati in Fig.7b, invece, sono associati a una forte avvezione da sud-ovest e possono essere attribuiti a un'intrusione di aria stratosferica in troposfera, provocata dal passaggio dell'intensa corrente in quota osservata in Fig.5d. La presenza di un'anomalia positiva su entrambi i livelli può aver portato a una mutua amplificazione, estesasi poi a tutta la colonna d'aria, incrementando l'intensità del ciclone nei bassi strati.

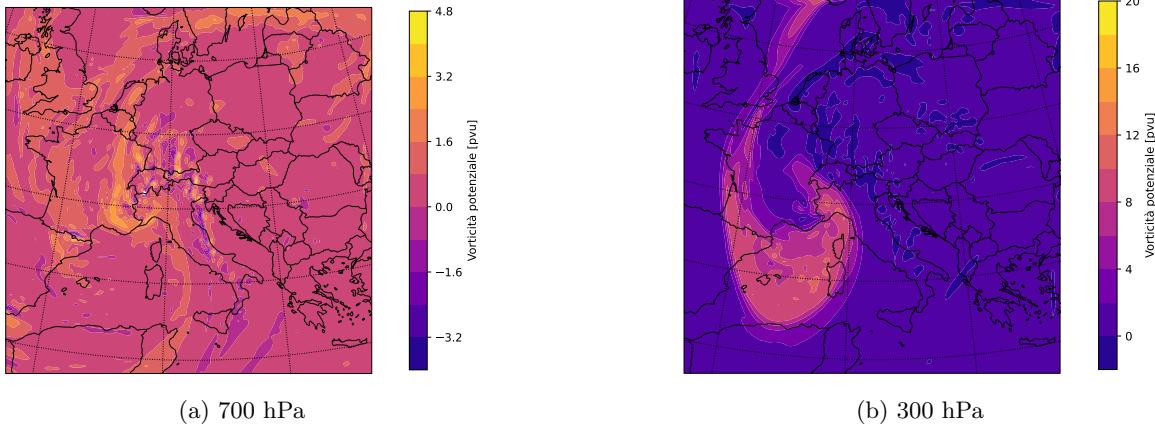


Figura 7: Vorticità potenziale a diverse quote. Dati relativi al 29 ottobre, ore 18:00 UTC.

In Fig.8 è riportato, invece, il massimo valore dell'indice CAPE raggiunto, considerando tutti i livelli verticali. Il CAPE rappresenta la quantità di energia disponibile per la convezione ed è strettamente correlato al rilascio di calore latente durante il sollevamento dell'aria a cominciare dal punto di saturazione. Nelle regioni in cui i valori superano i 1000 J/kg è molto probabile osservare un fenomeno temporalesco. In questo caso, si tratta del bacino adriatico e delle Alpi.

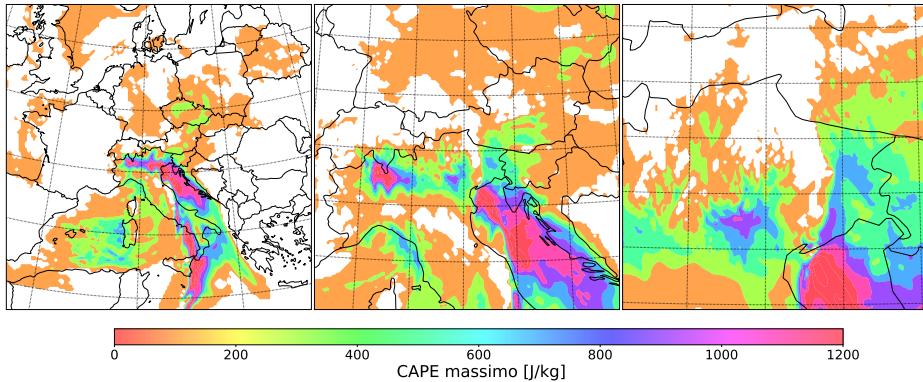


Figura 8: Massimo valore di CAPE, per ognuno dei tre domini. Dati relativi al 29 ottobre 2018, ore 18:00 UTC.

In Fig.9 sono riportati, inoltre, i valori massimi dell'indice CIN, ovvero il lavoro che l'ambiente dovrebbe fare per sollevare la massa d'aria fino al suo Lifting Condensation Level. Sul Nord Italia sono stati registrati valori piuttosto bassi, inferiori a 100 J/kg a eccezione di alcune aree, agevolando lo sviluppo eventi di precipitazione intensi dove, invece, i valori di CAPE erano sufficientemente elevati.

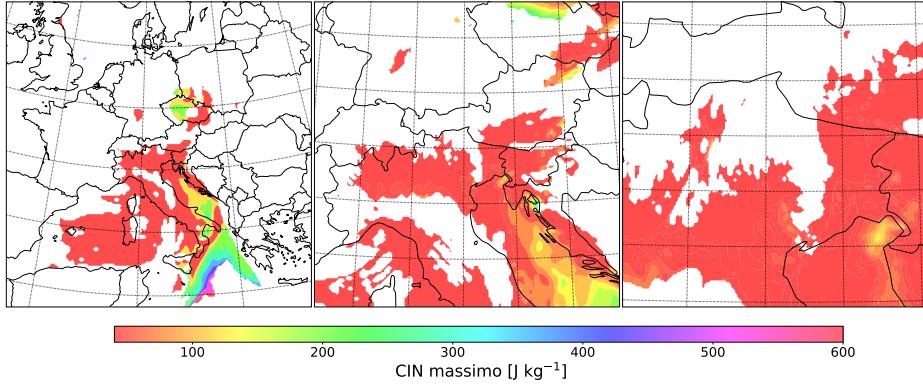


Figura 9: Massimo valore di CIN, per ognuno dei tre domini. Dati relativi al 29 ottobre 2018, ore 18:00 UTC.

La presenza di attività convettiva emerge anche dallo studio della velocità verticale, riportato in Fig.10. Velocità positive associate a un moto di risalita dell'aria sono, infatti, presenti a tutte le quote, sia più vicino alla superficie a 850 hPa sia al centro della troposfera a 500 hPa. Si nota, in particolare, una regione con elevate velocità, fino a 6 m/s, molto stretta e allungata. Proprio qui si può posizionare il fronte freddo, in linea con quanto osservato in Fig.3. Lo scontro tra aria fredda e aria calda porta, infatti, a un moto di risalita di quest'ultima, data la densità inferiore.

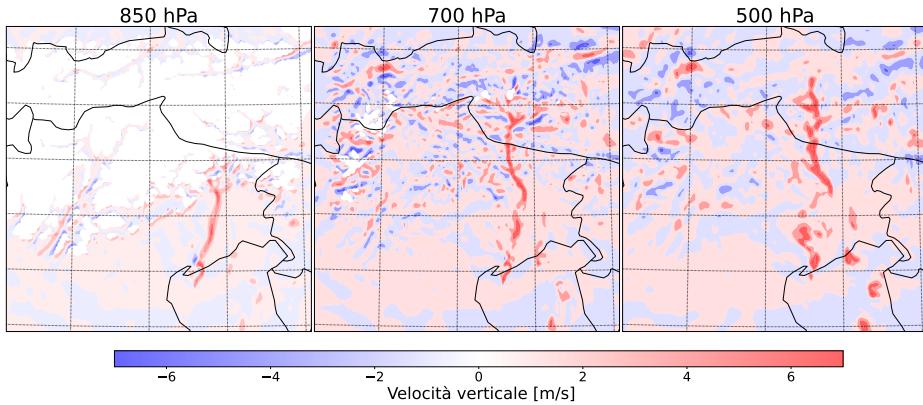


Figura 10: Campo di velocità verticale su più livelli atmosferici. Dati relativi al 29 ottobre 2018, ore 18:00 UTC.

Si può avere un'ulteriore conferma di ciò, osservando la sezione verticale di temperatura potenziale equivalente (TPE), nel tratto mostrato in Fig.11b. Vicino alla superficie, infatti, è presente verso est una massa d'aria con alta TPE, associabile a temperature e valori di umidità relativamente più alti rispetto a quelli delle masse d'aria più a ovest. Elementi identificativi del fronte sono un gradiente di temperatura molto intenso e aria più calda che si sposta verso ovest negli strati più alti.

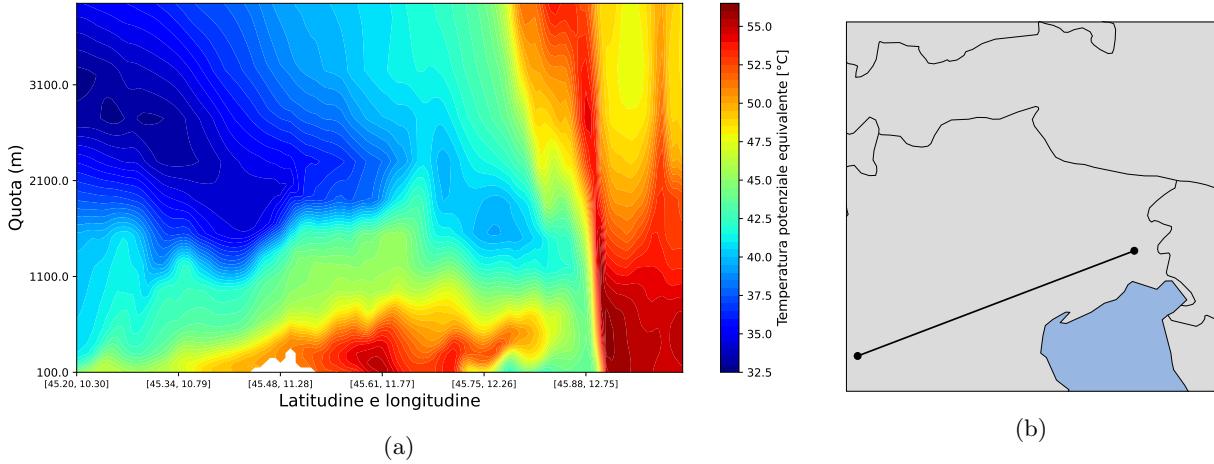


Figura 11: Sezione verticale di temperatura potenziale equivalente (a) per il tratto rappresentato in (b). Dati relativi al 29 ottobre 2018, ore 18:00 UTC.

4 Confronto con altri dati

Gli output ottenuti dalla simulazione sono stati confrontati con altri dati relativi allo stesso evento. In particolare, si è scelto di confrontare i risultati sul dominio a scala maggiore (d01) con i dati forniti dalla rianalisi ERA5 dell'European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. Questi ultimi, infatti, hanno una risoluzione di $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ su una griglia latitudine-longitudine, adatta a studiare i pattern su scala sinottica. Il dominio a scala più piccola (d03) è stato, invece, confrontato con i dati forniti dalle stazioni meteorologiche gestite dalla sezione ARPA del Veneto.

Come visibile dalla Fig.12, i campi di pressione sul livello del mare simulati da WRF sono quasi perfettamente sovrapponibili con quelli di ERA5, non soltanto nel pattern spaziale, ma anche nei valori numerici: il minimo raggiunto il 29 ottobre, ad esempio, è per entrambi intorno ai 980 hPa.

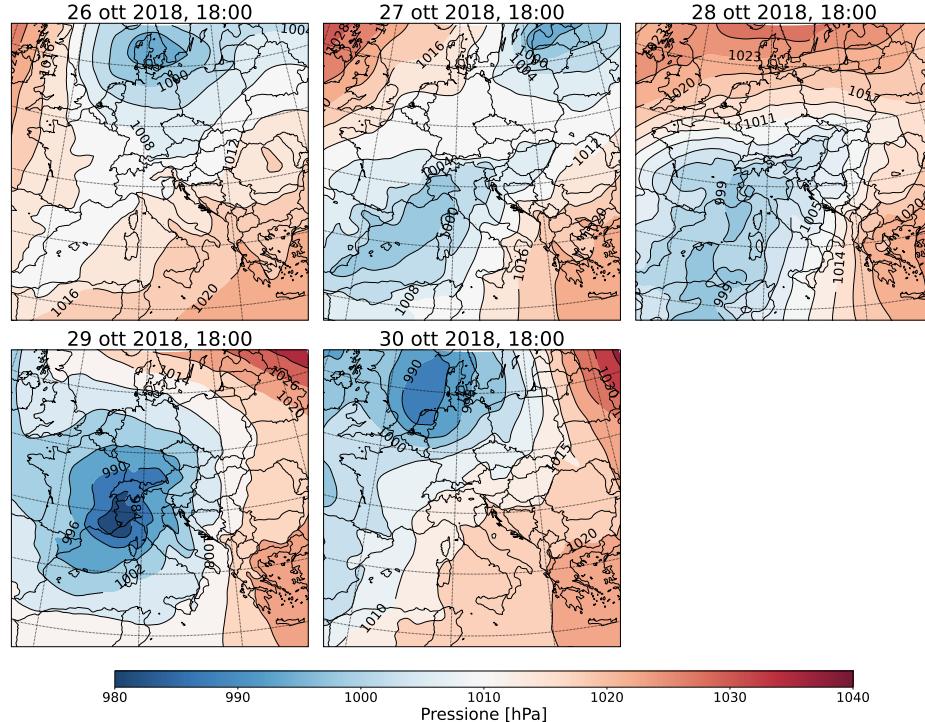


Figura 12: Evoluzione del campo di pressione al livello del mare alla rianalisi ERA5.

Spostandosi su scale più piccole, invece, si può confrontare la precipitazione simulata cumulata nel corso di tutto l'evento con quella osservata sperimentalmente. Per quest'ultima, i dati puntuali sono stati interpolati linearmente. Si può osservare che il pattern principale è stato ben ricostruito: muovendosi verso nord, le precipitazioni aumentano, passando da circa 100 a circa 300 mm, con alcuni massimi localizzati molto elevati, anche superiori ai 700 mm.

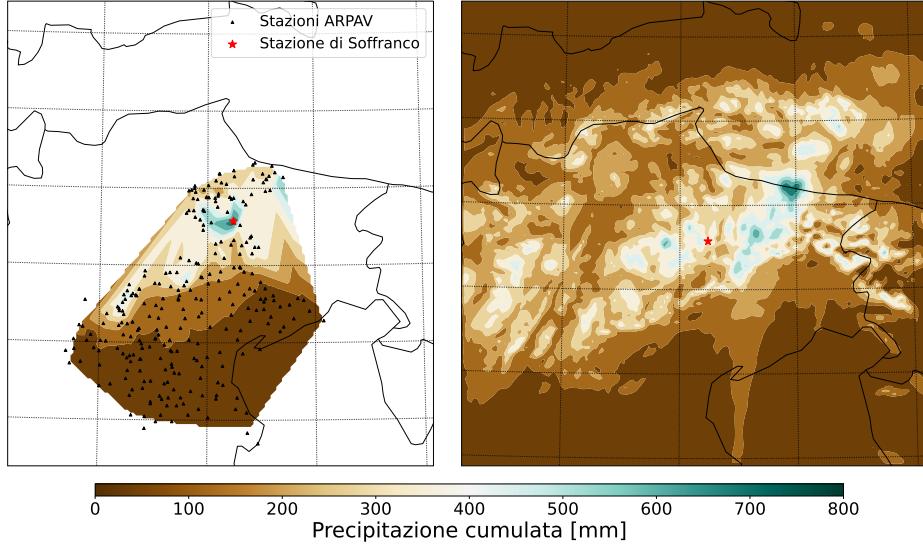


Figura 13: Precipitazione cumulata tra le ore 00:00 del 27 ottobre e 18:00 del 30 ottobre 2018. A sinistra: dati forniti dalle stazioni ARPAV Veneto, interpolati linearmente; a destra: dati ottenuti dall'output di WRF.

Il picco di precipitazione cumulativa osservata nei dati ARPAV corrisponde alla stazione di Soffrancio. Tuttavia, l'output di WRF mostra una sottostima importante di precipitazione per quella regione, come mostrato anche dalla serie temporale in Fig.14.

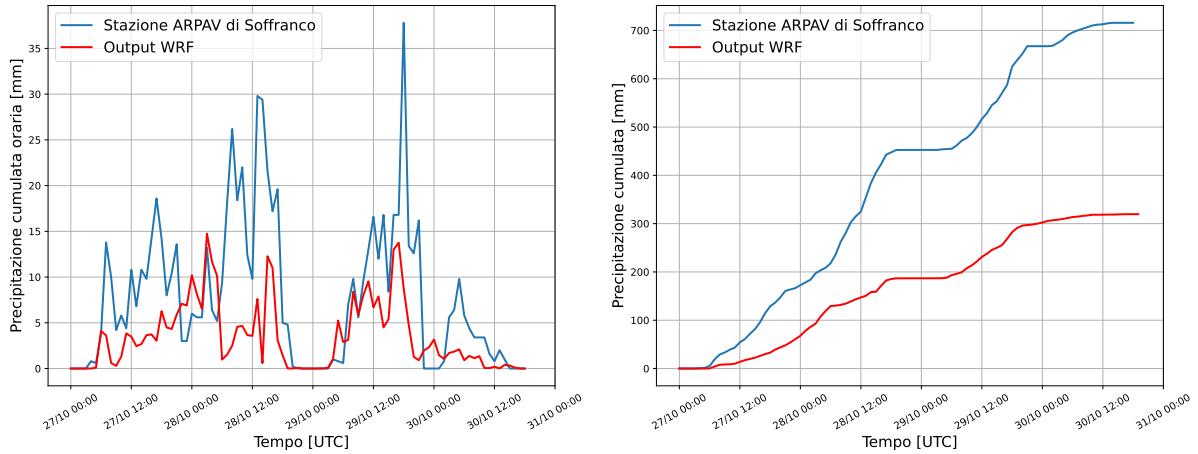


Figura 14: Serie temporali di precipitazione cumulata oraria (a sinistra) e cumulata (a destra), dalle misurazioni della stazione ARPAV di Soffrancio e simulate.

Il modello è stato in grado di simulare l'evoluzione temporale degli eventi precipitativi in maniera piuttosto coerente rispetto alle osservazioni: alcuni massimi di precipitazione cumulata oraria sono in buona corrispondenza, e anche la pausa della notte tra il 28 e il 29 ottobre è ben rappresentata. Tuttavia, le simulazioni sottostimano la quantità di precipitazione di oltre il 50% rispetto a quella registrata dagli strumenti meteorologici.

5 Conclusioni

Il ciclone Vaia mostra le caratteristiche tipiche di un evento alla mesoscala: saccatura nel campo di geopotenziale, centro di bassa pressione, moto convergente in senso antiorario in superficie e divergente in alta atmosfera, anomalie di vorticità positiva. I venti di scirocco hanno portato molta umidità sull'Adriatico e la particolare conformazione della regione in cui si è sviluppato il ciclone, ricca di orografia, ha dato avvio a un'intensa attività convettiva, evidenziata da alti valori dell'indice CAPE e di velocità verticale, accompagnati da bassi valori di CIN. Dall'analisi a scala sinottica è stato possibile posizionare il fronte freddo, e caratterizzare il moto delle masse d'aria calda e fredda attraverso una sezione verticale in una regione dell'Italia orientale. I campi ottenuti da WRF sono ben paragonabili ai dati della rianalisi ERA5; c'è più disaccordo rispetto ai rilevamenti della rete pluviometrica della regione Veneto. Questo dimostra l'efficacia del modello nella rappresentazione di eventi alla mesoscala, identificando correttamente l'evoluzione dei campi meteorologici. Non è adatto, invece, a rappresentare fenomeni locali, soprattutto considerando l'elevata difficoltà di modellizzazione della precipitazione.

Riferimenti bibliografici

- [1] Buscemi, F. *Analysis of a mesoscale cyclone in the Adriatic Sea*
Università di Bologna, 2021
- [2] Carpentari, S. *Il ciclone Vaia nell'area di Calliano e dell'alpe Cimbra*
Osservatorio Meteorologico di Calliano - Meteo Rossbach, 2019
- [3] Giovannini, L. et al. *Multi-model convection-resolving simulations of the October 2018 Vaia storm over Northeastern Italy*
Atmospheric Research Vol. 253, 2021
- [4] Sguazzin, G. *Il ciclone extratropicale "Vaia": analisi meteorologica di un evento estremo a elevato impatto ambientale*
Università di Udine, 2019