

L'Evento Tornadico del 19 Giugno 2010 a Fossò (Ve) Parte 1: Analisi Sinottica, Satellitare e Radar

a cura di

Pierluigi Randi, Andrea Chini (Thunderstorm Team Meteonetwork)

Abstract

Il lavoro qui presentato è nato grazie alla cooperazione dell'Associazione meteorologica Meteonetwork, in particolare del gruppo di studiosi e chasers del Thunderstorm Team, e la neonata realtà, nei gruppi di appassionati di meteorologia del nord est, Serenissimameteo. Nella prima parte del lavoro le analisi effettuate hanno lo scopo di studiare in maniera più approfondita le cause e le caratteristiche del fenomeno tornadico che si è sviluppato il 19 Giugno 2010 nella cittadina di Fossò in provincia di Venezia: in particolare si è cercato di trovare una spiegazione plausibilmente corretta, dal punto di vista delle dinamiche meteorologiche, alla genesi di questo evento estremo, nonostante le forzanti classiche per questo tipo di fenomeni (presenti in letteratura) non fossero presenti: come vedremo la spiegazione verrà ricercata nelle particolari caratteristiche orografiche del nostro territorio, che possono essere definite uniche al mondo.

1. Analisi sinottica

Per il presente lavoro vengono utilizzati gli output (di analisi e di previsione) di diversi modelli matematici, sia di tipo globale (AGCM) che ad area limitata (LAM); questi ultimi di maggiore ausilio nella valutazione ed analisi di forcing evolutivi a mesoscala (fondamentali nell'innesco dei sistemi temporaleschi) e comunque limitati al comparto territoriale inerente il nord Italia.

Nello specifico si farà riferimento ai GM GFS 0.5° (Global Forecast System del NCEP) e GME-DWD del Deutscher Wetterdienst (analisi al suolo), mentre per quanto concerne la modellistica ad area limitata si farà riferimento a BOLAM 6.5 km (Bologna Limited Area Model) sviluppato in collaborazione tra ISAC-CNR, Dipartimento di fisica dell'università di Genova (DIFI) e Centro Meteo-Idrologico della regione Liguria (ARPAL-CMIRL).

1.1 Situazione a macroscale

La situazione in media troposfera (piano isobarico di 500 hPa) relativa alle ore 12z del giorno 19 giugno 2010 sul comparto europeo è riportata nella figura seguente:

HGT at 12Z Sat 19jun2010

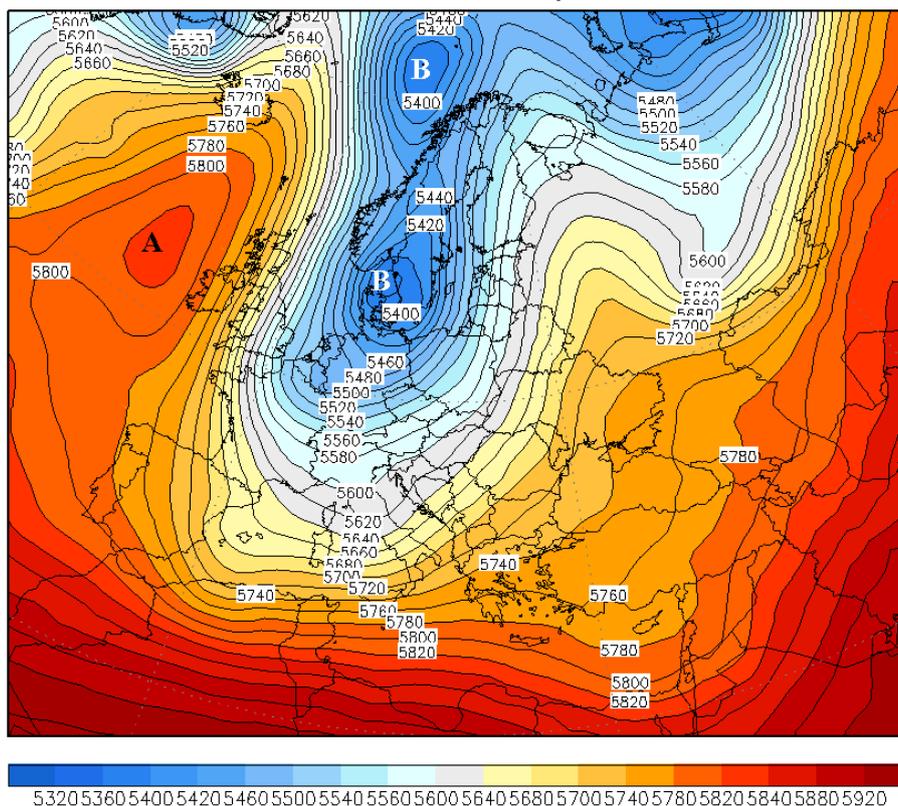


Figura 1: topografia di geopotenziale sul piano isobarico di 500 hPa. Analisi ore 12z del 19/06/2010. Fonte: GFS 0.5° NCEP

In essa si individua una classica configurazione di blocco meteorologico euroatlantico per evoluzione di onda lunga di grande ampiezza, con promontorio anticiclonico dinamico di origine subtropicale ad ovest e ben proteso ad assetto meridiano fino all'Islanda in grado di impegnare tutto il settore orientale atlantico. Ad ovest dell'Irlanda è chiuso un massimo secondario di geopotenziale. Nel contempo una vasta saccatura di estrazione artica si insinua profondamente da penisola scandinava a mittel Europa fino a conquistare il Mediterraneo centrale. Tale struttura vede la chiusura di due minimi di geopotenziale: un primo su Mare di Norvegia ed un secondo tra Svezia e Danimarca in evoluzione verso S. L'asse principale della saccatura nordeuropea è in questa fase passante per il centro-nord Italia, con disposizione di flussi sudoccidentali alquanto freddi a curvatura ciclonica su versante orientale della penisola; nordoccidentali e con curvatura assai più blanda, sebbene anch'essi freddi, sul versante occidentale.

La situazione è in genere classica di passaggi temporaleschi estivi alquanto organizzati, col transito sulle nostre regioni di correnti sudoccidentali perturbate e con significative avvezioni di vorticità positiva davanti all'asse di saccatura avanzante. Tuttavia alcuni elementi individuabili nel pattern circolatorio alle quote più elevate contribuiscono e prevedere una evoluzione della saccatura tale da esporre buona parte della penisola e per un periodo discretamente prolungato all'azione delle fredde correnti cicloniche sudoccidentali. Tutta la struttura è infatti sostenuta in alta troposfera dalla discesa di un significativo ramo del jet-stream polare sulla dorsale orientale del promontorio anticiclonico oceanico di blocco, che da NNE a SSW interessa Mare di Norvegia, Mare del Nord, isole britanniche e la Francia, e la cui disposizione si evince dalla figura seguente:

winds (knots) at 12Z Sat 19jun2010

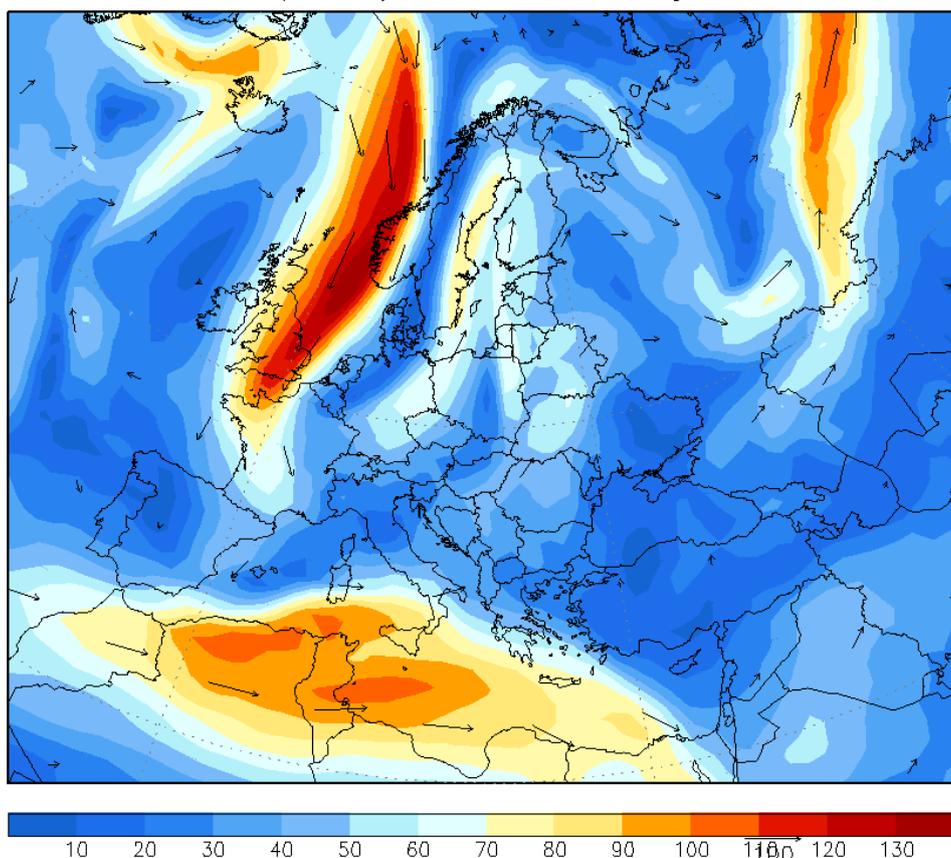


Figura 2: profilo in magnitudine (nodi) dei venti in Europa sul piano isobarico si 300 hPa. Analisi ore 12z del 19/06/2010.
Fonte. GFS 0.5° NCEP

La mappa sopra evidenzia il percorso del jet-stream polare e subtropicale sul piano isobarico di 300 hPa nel comparto europeo alle ore 12z del 19 Giugno. In essa spicca un sostenuto ramo polare che dalle latitudini artiche scende verso Mare di Norvegia, Mare del Nord, isole britanniche fino a raggiungere la Francia settentrionale (aree rosse). Sono peraltro individuabili alcuni core del getto (jet-streak, aree in rosso scuro) con valori di circa 130 nodi (approssimativamente 230 km/h); il principale dei quali si trova sul Mare del Nord. Il getto subtropicale scorre con traiettoria WNW-ESE tra nord Africa e basso Mediterraneo e non presenta particolari ondulazioni. Il fatto che i massimi di intensità del getto polare si trovino a sinistra della saccatura e dotati di moto NNE-SSW, induce a prevedere che la saccatura nordeuropea sia destinata ad approfondirsi ulteriormente evolvendo nel contempo verso SSW (*Holton*) con maggiore interessamento del Mediterraneo centroccidentale e con la probabile strutturazione di un nuovo asse in posizione più occidentale rispetto al precedente in via di risoluzione.

Quanto ipotizzato troverà effettiva conferma nel forcing evolutivo relativo alle 18-24 ore successive, allorquando si avrà, in medio-alta troposfera, la chiusura di un nuovo minimo di geopotenziale in prossimità del golfo ligure, in parte supportato anche da dinamiche legate all'effetto orografico alpino, quantomeno alle quote medie e basse. Come conseguenza di ciò il ramo di correnti sudoccidentali a spiccata curvatura ciclonica, conquista buona parte della penisola creando avvezioni di masse d'aria fredda ed instabile. Tale aspetto è rilevabile dal profilo termico sul piano isobarico di 500 hPa proposto in seguito:

TMP at 12Z Sat 19jun2010

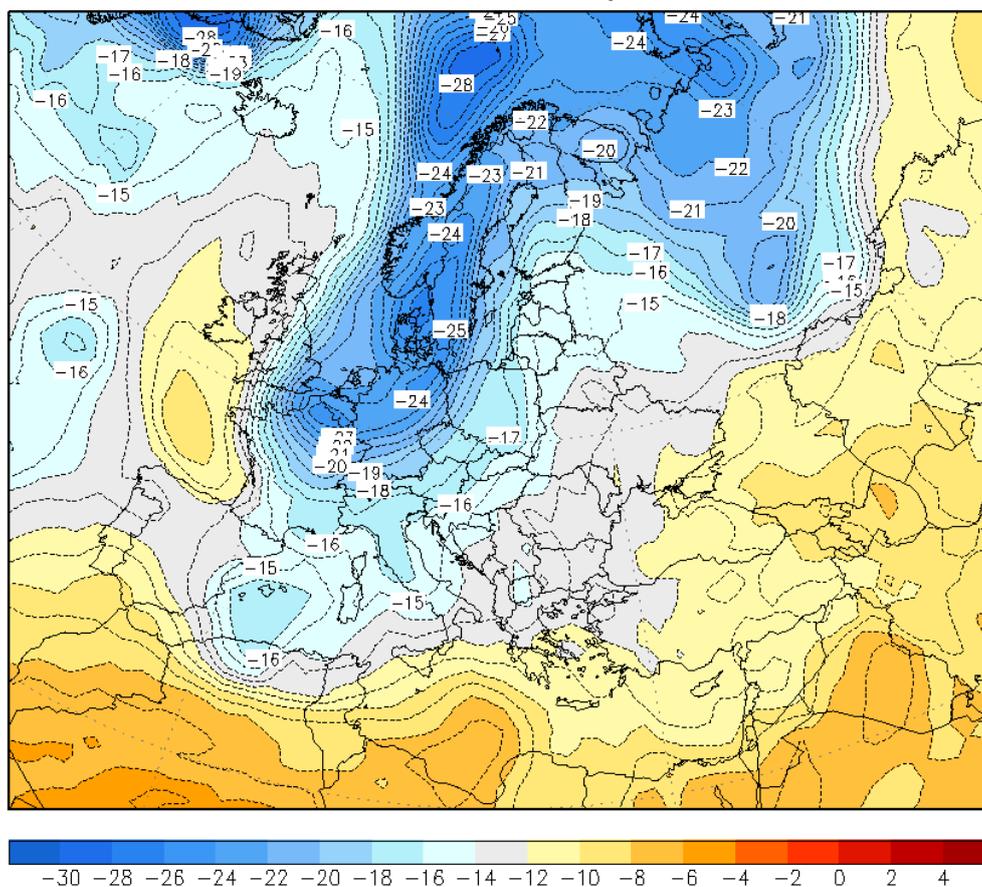


Figura 3: profilo termico in Europa sul piano isobarico di 500 hPa. Analisi ore 12z del 19/06/2010. Fonte. GFS 0.5° NCEP

La mappa riportata sopra evidenzia il campo termico sul piano isobarico di 500 hPa alle ore 12z del 19 giugno 2010. In essa si nota una intensa discesa di aria molto fredda dalle latitudini artiche europee verso SSW fino a conquistare il centro Europa e la Francia (minimo termico di -24°C sul NE francese) ed abbordando da N l'arco Alpino. In quella fase il nord Italia e la Toscana sono compresi entro l'isoterma -16°C , mentre l'isoterma -18°C affronta le Alpi; valori non particolarmente rilevanti ma ampiamente sufficienti a sostenere l'innesco di diffusa attività temporalesca.

Nelle ore successive il trend termico in media troposfera non presenterà tuttavia particolari variazioni (sulla nostra penisola) poiché l'irruzione fredda si concretizzerà essenzialmente ad ovest dell'arco alpino (solidalmente con il forcing dinamico previsto alle quote medioalte), invadendo le nostre regioni solo nella nottata successiva in associazione ad un sensibile rinforzo delle correnti sudoccidentali. Il gradiente termico particolarmente intenso tra isole britanniche e Mare del Nord rivela il percorso del jet-stream d'alta quota in avanzamento verso SSW.

La distribuzione del campo termico previsto sul piano isobarico di 850 hPa sul comparto europeo, evidenziata nella mappa successiva, mostra valori assai bassi per il periodo sull'Europa centro-settentrionale con l'isoterma 0°C che interessa il Mare del Nord, mentre valori di circa 6.0°C si addossano al versante estero delle Alpi. Tali valori individuano la colata di aria fredda proveniente dall'Europa settentrionale, con tendenza a trovare una via di sbocco verso il Mediterraneo centroccidentale attraverso la Valle del Rodano. Sulla nostra penisola i valori non sono particolarmente elevati ed in genere compresi tra 10 e 12°C al nord e regioni centrali tirreniche;

solo al sud e fino al medio versante adriatico si raggiungono i 14/18°C (con massimi tra Sicilia, Calabria e Puglia) a causa di flussi sudoccidentali che, su versante adriatico, inducono correnti di fohn appenninico. Tuttavia il gradiente termico orizzontale risulta alquanto vivace proprio sull'arco alpino, rivelando la presenza di un ben organizzato fronte freddo in fase di ondulazione per la genesi di minimi barici secondari sottovento alla catena alpina, come si vedrà nell'analisi al suolo.

Tale situazione è proposta nella mappa successiva:

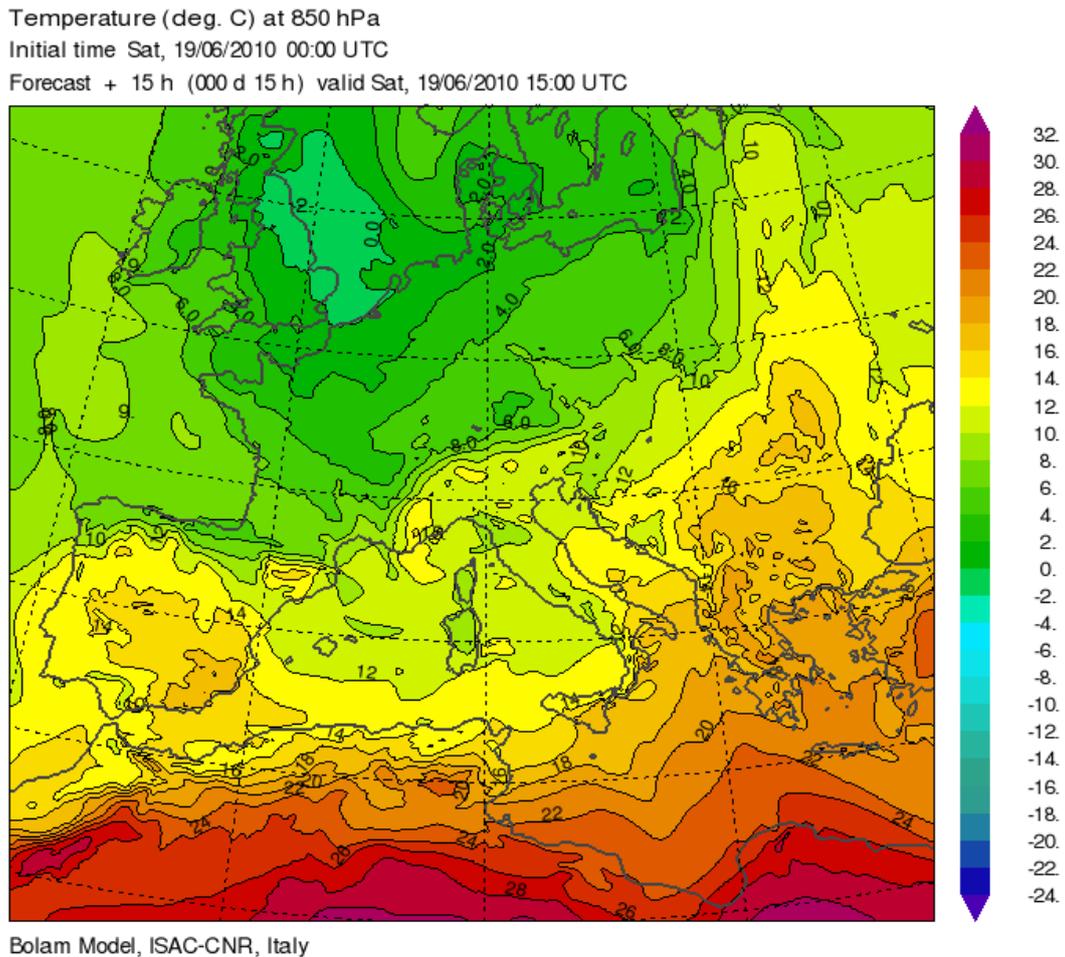


Figura 4: campo termico sul piano isobarico di 850 hPa in Europa ore 15z del 19 giugno 2010. Fonte: BOLAM model ISAC-CNR

La situazione al suolo conferma essenzialmente quanto evidenziato in precedenza, ed il forcing evolutivo è riportato nelle figure successive.

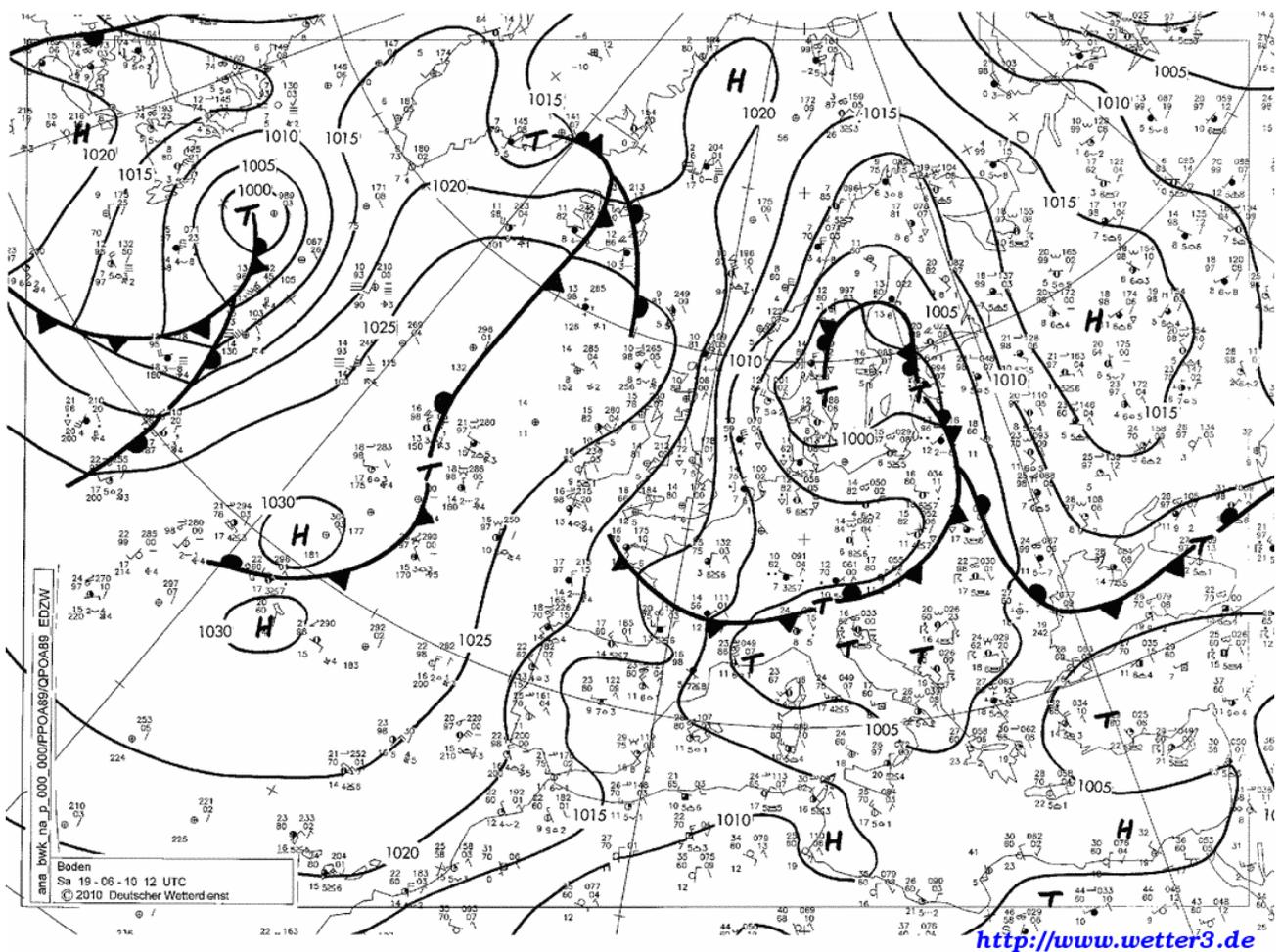


Figura 5: analisi sinottica al suolo ore 12z del 19/06/2010. Fonte: DWD analise archivio.

La situazione al suolo alle ore 12z del 19 giugno 2010, mostra la presenza di un vasto campo anticiclonico su oceano Atlantico con una coppia di massimi di 1030 hPa e promontorio proteso ad assetto meridiano fino a toccare Islanda e Mare di Norvegia, mentre un relativo cuneo si insinua a latitudini più basse su Mediterraneo meridionale.

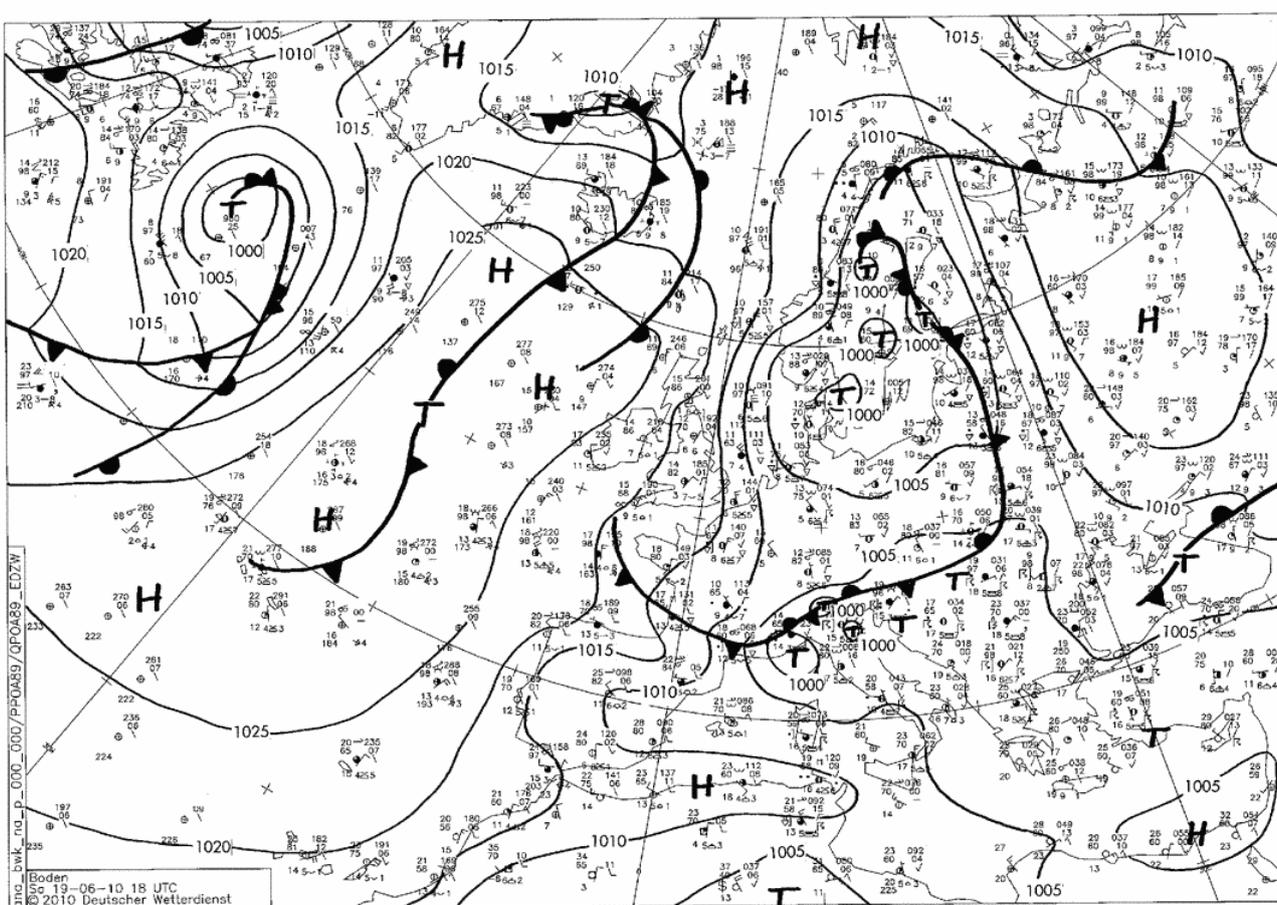
Ad est di tale promontorio è invece attiva una vasta depressione con minimo principale chiuso su Svezia che promuove un'ampia saccatura in direzione della middle Europa e Mediterraneo centrale, mentre un secondo massimo anticiclonico è rintracciabile su Europa nordorientale.

La struttura depressionaria è ben alimentata da un vivace afflusso di aria fredda che dalle latitudini artiche si incanalata su Mare di Norvegia, Mare del Nord e Francia affrontando l'arco alpino ed in parte già in ingresso su Mediterraneo occidentale attraverso la Valle del Rodano.

L'irruzione di aria fredda più consistente è comunque al seguito di un esteso sistema frontale, annesso alla depressione primaria, il cui ramo freddo si addossa da N alle Alpi con una ondulazione incipiente sul settore orientale.

Già in questa fase le interazioni del flusso settentrionale sinottico con i rilievi alpini generano la chiusura dei primi mesominimi barici davanti al fronte freddo, due dei quali sono in chiusura su golfo del Leone ed Adriatico settentrionale, ed il richiamo caldo da essi sostenuto è presumibile vada a rafforzare nelle ore successive l'ondulazione a carico del fronte freddo.

Quanto ipotizzabile diviene realtà 6 ore dopo, come ben dimostrato dalla carta sinottica al suolo seguente:



<http://www.wetter3.de>

Figura 6: analisi sinottica al suolo ore 18z del 19/06/2010. Fonte: DWD analise archivio

Sei ore dopo la chiusura di alcuni mesominimi sottovento alla catena alpina è realtà come proposto dall'analisi sinottica alle ore 18z. Il principale è attivo su golfo ligure con valore di 1000 hPa in fase di approfondimento, mentre un secondo si isola proprio sul triveneto, ed un terzo è rilevabile sull'Istria. L'azione dei suddetti minimi amplifica l'ondulazione sul fronte freddo alpino con brevi semionde calde che occludono il tratto frontale addossato al rilievo il quale diviene semistazionario, mentre il ramo freddo vero e proprio tende ad aprirsi rapidamente una strada attraverso la valle del Rodano, dirigendosi con traiettoria NNE-SSW sul Mediterraneo occidentale.

Le ondulazioni frontali di tipo alpino, indotte da ciclogenese sottovento ai rilievi, tendono a rallentare il forcing evolutivo del fronte stesso con maggiore persistenza dei fenomeni e talora una loro intensificazione (in estate verso forme convettive complesse), a causa del richiamo di aria caldo-umida dai quadranti meridionali e dal mare Adriatico (con componente sudorientale) operato dalle suddette figure bariche, la quale fornisce i necessari apporti di calore sensibile ed umidità specifica da conferire ai sistemi temporaleschi in eventuale innesco in condizioni atmosferiche già assai instabili.

1.2 Situazione a mesoscala

In merito alla situazione a mesoscala, la cui analisi è fondamentale nella ricerca di forzanti locali in grado di condizionare l'innesco e la successiva evoluzione di sistemi temporaleschi complessi, vengono presi in considerazione gli output del modello BOLAM 6.5 km (Bologna Limited Area Model) delle ore 00z del 19 giugno, anche in virtù del fatto che essi hanno dato ottimi risultati in seno alla situazione poi occorsa durante la giornata sulle regioni nordorientali italiane.

Inizialmente si fa riferimento alla situazione sul piano isobarico di 500 hPa, la quale è riportata di seguito:

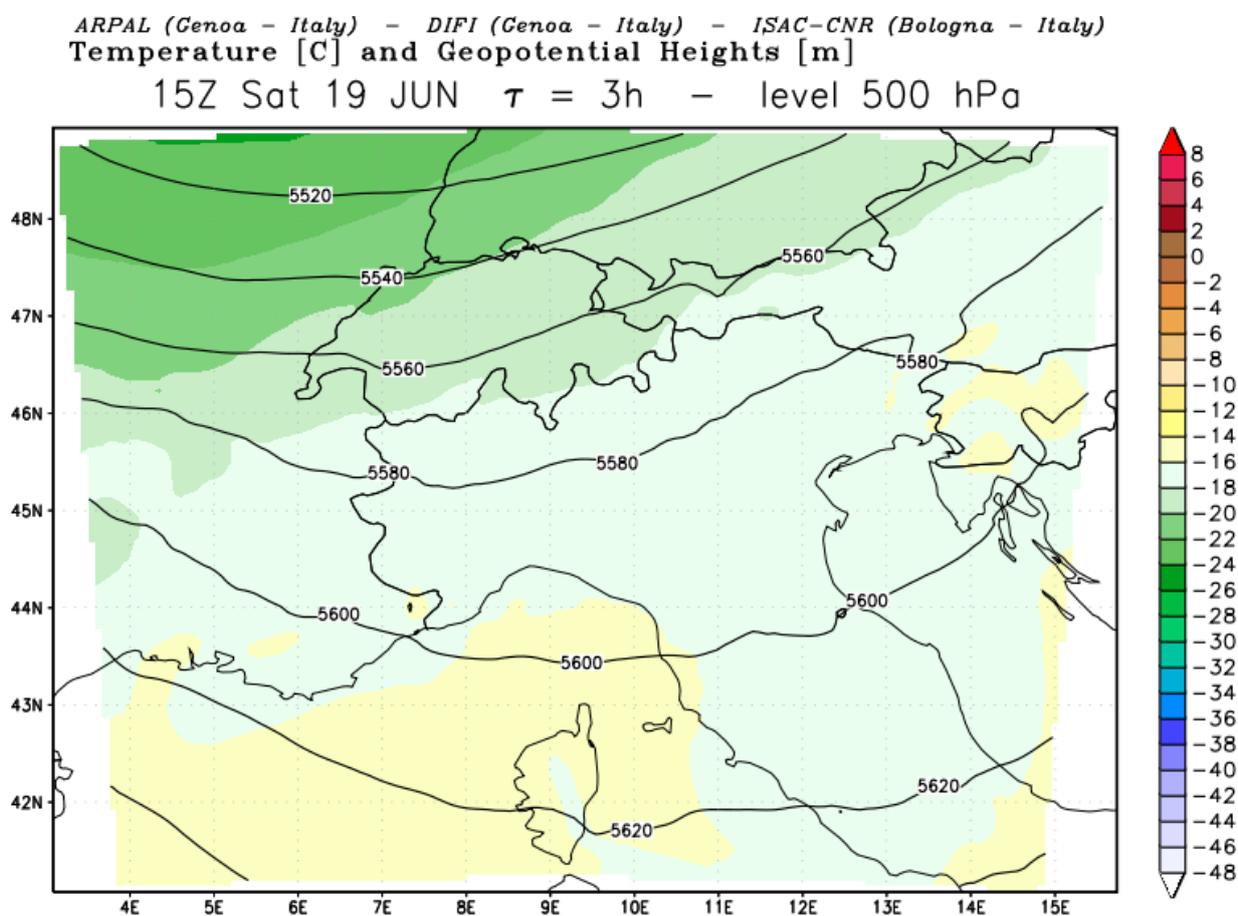


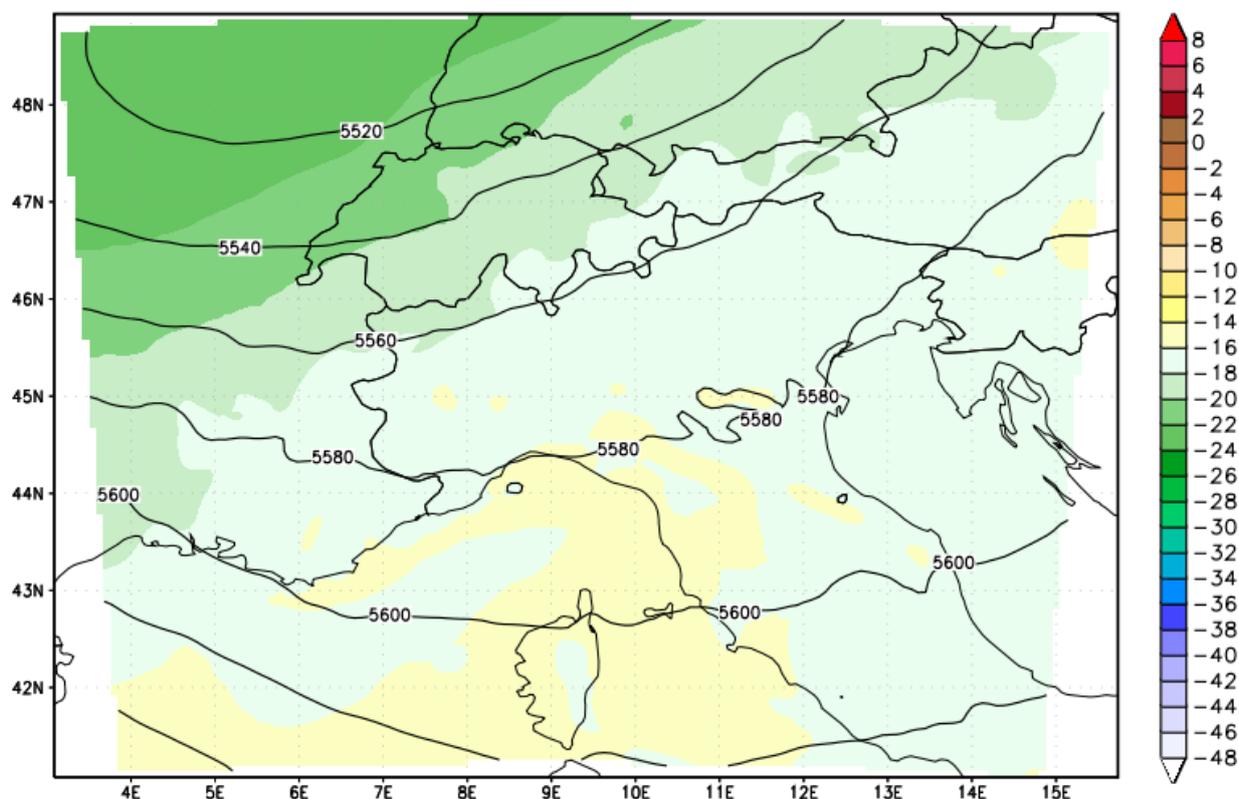
Figura 7: topografia di geopotenziale e temperature sul piano isobarico di 500 hPa, ore 15z 19/06/2010: Fonte: 6.5 km BOLAM Model

La situazione alle ore 15z (17,00 locali) del 19 giugno 2010 conferma sostanzialmente quanto visto a macroscala, con la presenza di un flusso di correnti sudoccidentali a moderata curvatura ciclonica che interessa tutte le regioni centrosettentrionali della penisola. Tale flusso, sebbene non particolarmente intenso, è riconducibile alla vasta e profonda saccatura nordeuropea in fase di affondo su centro Europa e Francia, con primo asse disposto su regioni nordoccidentali in evoluzione verso levante.

I valori termici annessi sono compresi tra -16°C e -18°C , mentre aria ben più fredda si annuncia a N dell'arco alpino con valori tra -22°C e -24°C con infittimento del gradiente.

Tre ore dopo la situazione è quella proposta nella mappa seguente:

ARPAL (Genoa - Italy) - DIFI (Genoa - Italy) - ISAC-CNR (Bologna - Italy)
 Temperature [C] and Geopotential Heights [m]
 18Z Sat 19 JUN $\tau = 6h$ - level 500 hPa



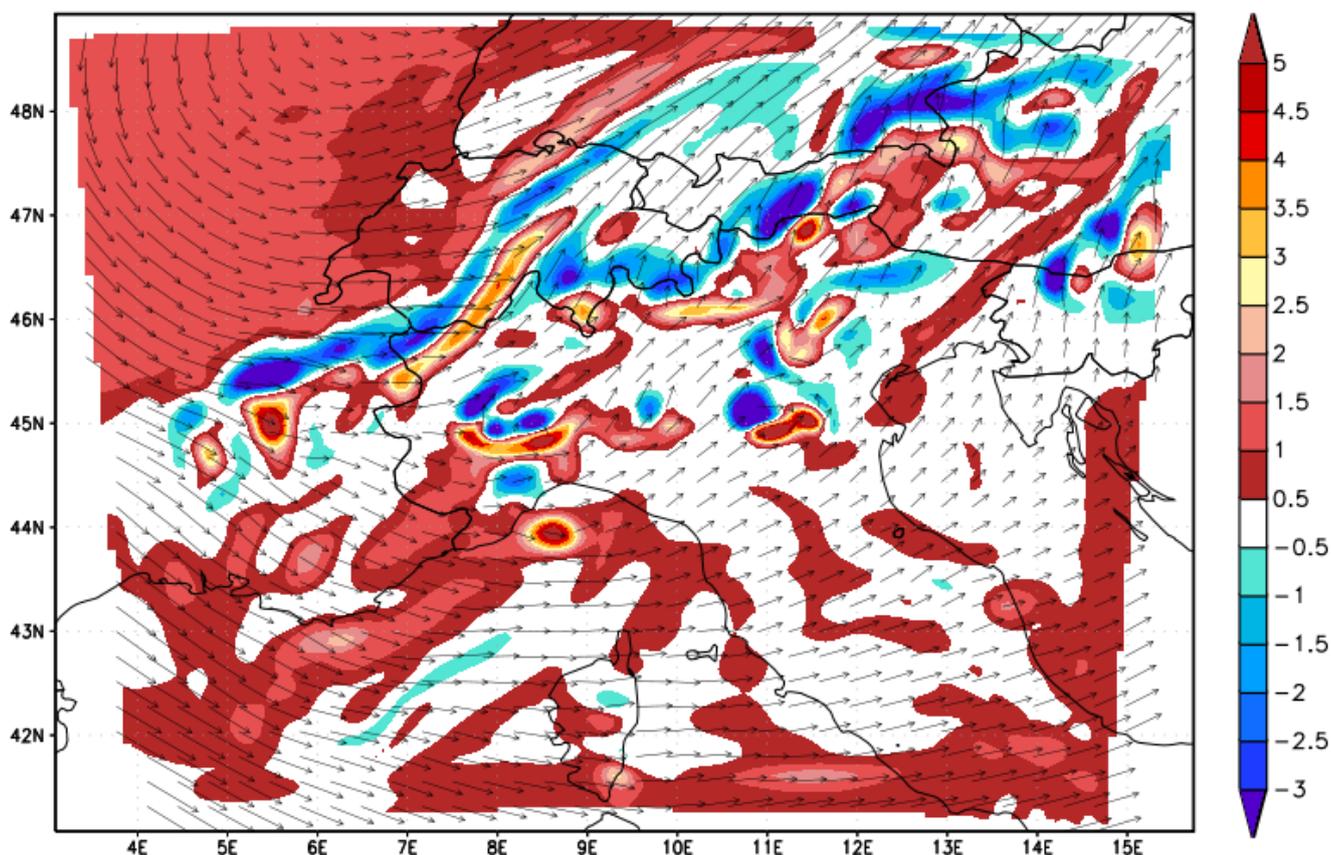
Model: **linux**
 Time 0: 12Z19JUN2010 Resolution: 0.0849°x0.0600°

Figura 8: topografia di geopotenziale e temperature sul piano isobarico di 500 hPa, ore 18z 19/06/2010: Fonte: 6.5 km BOLAM Model

L'asse di saccatura è nel frattempo evoluto di poco verso levante, ma si osserva comunque un discreto calo dei valori di geopotenziale; infatti l'isoipsa 5580 m si è portata dal comparto prealpino a tutto il nord ad eccezione dell'Emilia-Romagna, con relativa intensificazione del gradiente, mentre il campo termico è sostanzialmente rimasto invariato. Le anse che descrive tale isoipsa associate a campi termici lievemente superiori di limitata estensione rivelano la previsione di updraft convettivi sintomo di previste celle temporalesche (all'interno delle correnti ascensionali che costituiscono gli updraft delle celle convettive i valori termici sono più elevati rispetto a quelli presenti nell'ambiente circostante). Nel complesso la situazione in medioalta troposfera è da ritenersi foriera di moderata o solo a tratti forte instabilità; tuttavia i gradienti sia barici che termici non particolarmente elevati ed intensità di flusso non eccessivamente elevata non giustificano quanto avverrà effettivamente.

I campi di vorticità assoluta sul medesimo piano isobarico, evidenziano comunque un certo dinamismo, fattore che andrà crescendo tra le ore 12z e le 18z. Di seguito si propone tale grandezza relativamente alle ore 18z (20,00 locali):

ARPAL (Genoa - Italy) - DIFI (Genoa - Italy) - ISAC-CNR (Bologna - Italy)
 Absolute Vorticity [10^{-4} s^{-1}] and wind vectors [m s^{-1}]
 18Z Sat 19 JUN $\tau = 6\text{h}$ - level 500 hPa



Model: **linux**
 Time 0: 12Z19JUN2010 Resolution: 0.0849°x0.0600°

Figura 9: campi di vorticità assoluta e velocità del vento sul piano isobarico di 500 hPa, ore 18z 19/06/2010: Fonte: 6.5 km BOLAM Model

Dalla mappa proposta si evince come il flusso ciclonico sudoccidentale sia deciso ma non particolarmente intenso (valori inferiori a 20 m/s), tuttavia le correnti pilotano sul nord Italia diversi nuclei di vorticità assoluta con magnitudine talora discreta, specie su Piemonte e Triveneto, il che, associato all'incipiente irruzione fredda, può già far ipotizzare una escalation dei fenomeni, ma senza tuttavia toccare picchi estremi. Le risposte in merito agli intensi eventi poi osservati andranno comunque ricercate ai piani isobarici inferiori.

Una prima particolarità degna di nota è rintracciabile sul piano isobarico di 700 hPa ed è riportata in seguito.

ARPAL (Genoa - Italy) - DIFI (Genoa - Italy) - ISAC-CNR (Bologna - Italy)
Specific Humidity [g/kg] and Wind Vectors [m/s]
18Z Sat 19 JUN $\tau = 6h$ - level 700 hPa

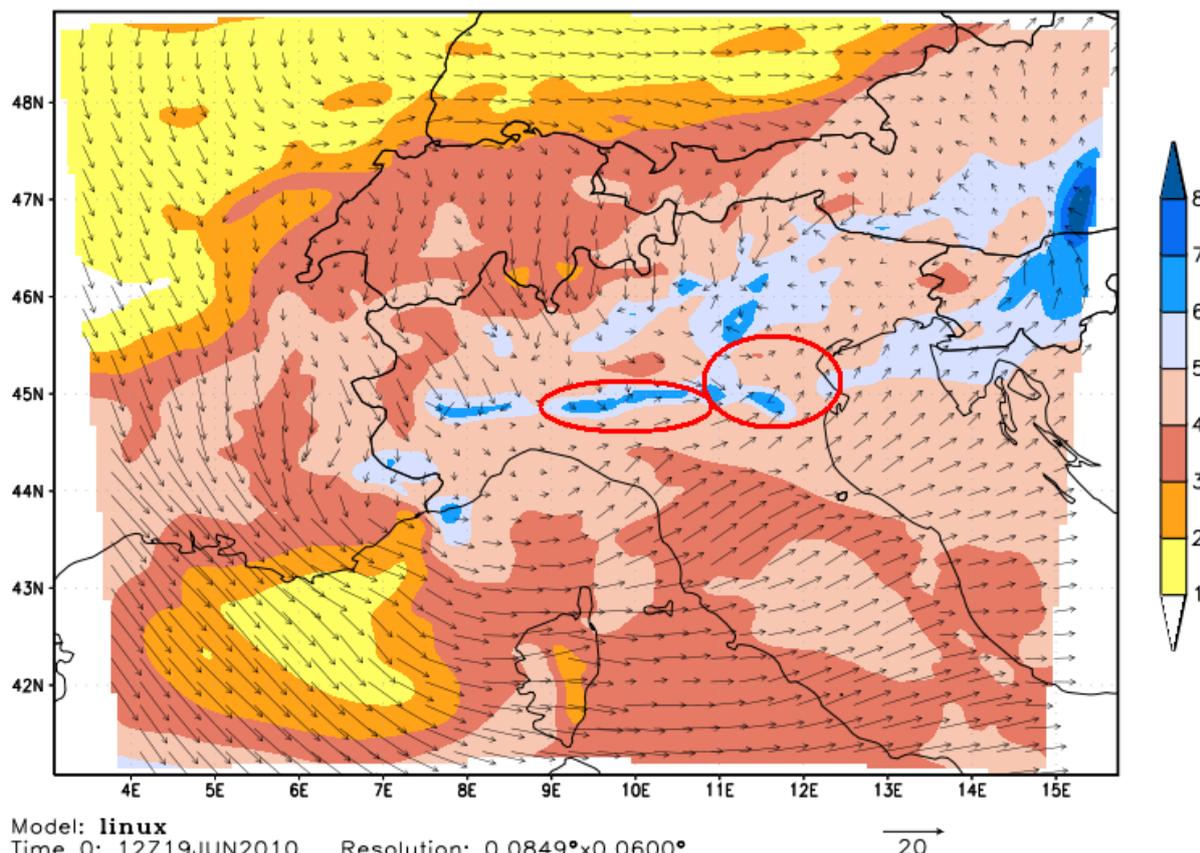


Figura 10: umidità specifica e venti sul piano isobarico di 700 hPa, ore 18z 19/06/2010: Fonte: 6.5 km BOLAM Model

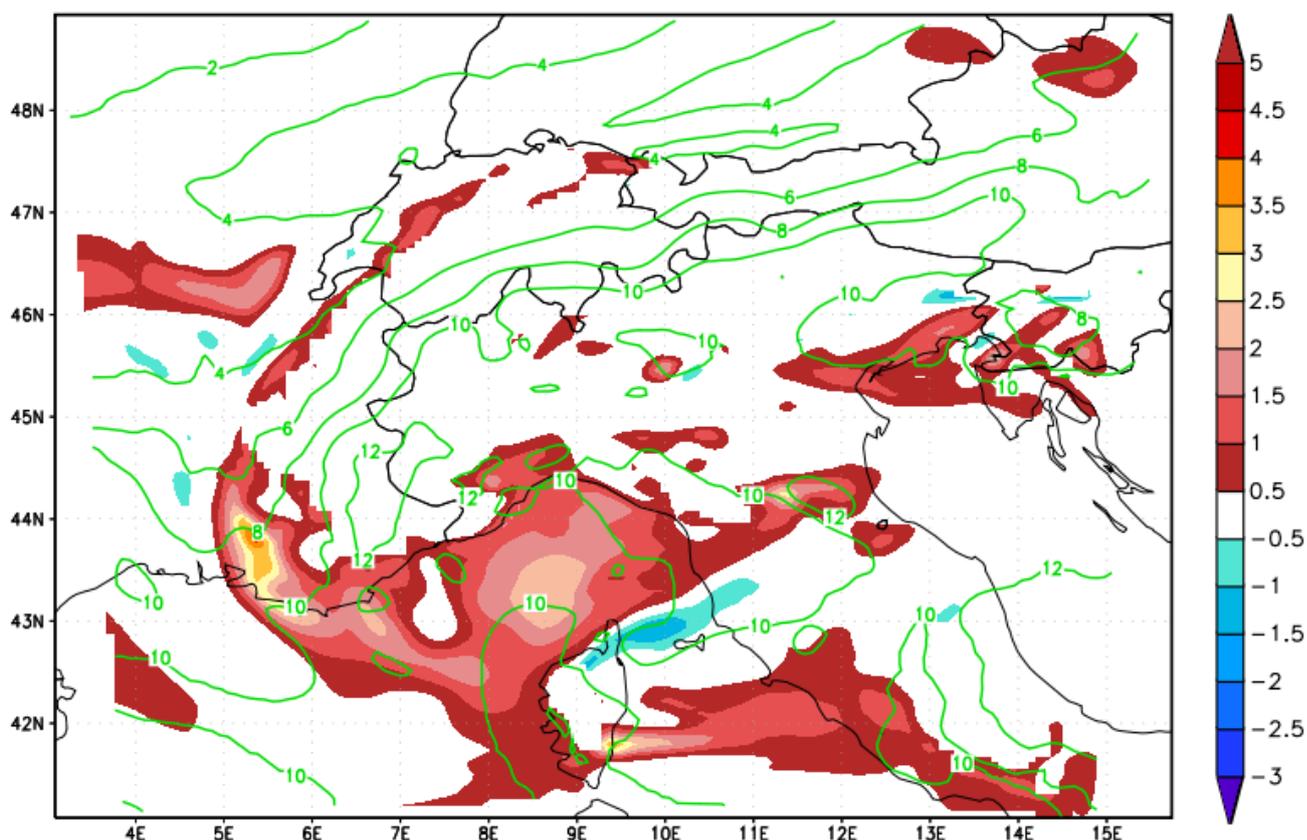
La mappa sopra mostra il profilo orizzontale igrometrico (riferito all'umidità specifica espressa in g/kg) e la distribuzione dei venti sul piano isobarico di 700 hPa alle ore 18z del 19/06/2010.

In essa si nota l'arrivo da NNW di aria alquanto secca che si addossa all'arco alpino, con una frazione che sfocia dalla valle del Rodano e penetra su mare di Corsica. Parte del flusso si orienta poi da SW affrontando la catena appenninica attraverso la Toscana ed acquisendo umidità specifica grazie ai moti ascensionali orografici attivi ai piani isobarici inferiori (stau).

Le correnti sudoccidentali entrano quindi in Emilia-Romagna e vanno a confluire all'altezza del corso del Po, con particolare riferimento a centro-est Lombardia e Veneto, con flussi orientati da NW penetrati attraverso le vallate alpine. In queste aree di confluenza (cerchio rosso) si manifesta un incremento di umidità a causa di probabili moti ascensionali indotti da tale forcing, e già su questo livello isobarico è plausibile la predisposizione a correnti convettive di un certo rilievo.

Ancora più interessante appare la situazione in bassa troposfera, laddove andranno a concretizzarsi alcuni forcing in grado di meglio giustificare i fenomeni poi osservati. Si prende in considerazione, in primo luogo, il piano isobarico di 850 hPa.

ARPAL (Genoa - Italy) - DIFI (Genoa - Italy) - ISAC-CNR (Bologna - Italy)
 Ertel Potential Vorticity [$\text{K kg}^{-1} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$] and Temperature [C]
 15Z Sat 19 JUN $\tau = 3\text{h}$ - level 850 hPa



Model: **linux**
 Time 0: 12Z19JUN2010 Resolution: 0.0849°x0.0600°

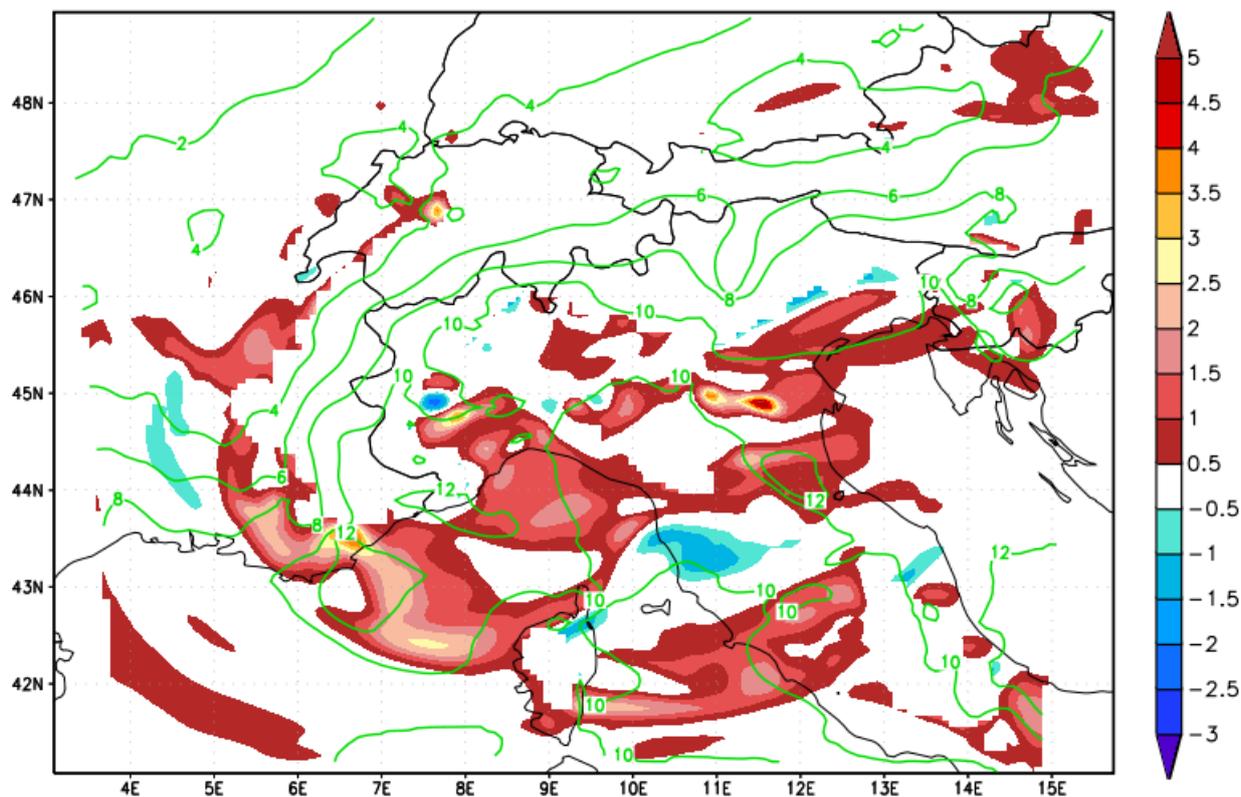
Figura 11: campi di vorticità potenziale e temperatura sul piano isobarico di 850 hPa, ore 15z 19/06/2010: Fonte: 6.5 km BOLAM Model

La prima mappa, riportata sopra, prende a riferimento la distribuzione prevista dei campi di vorticità potenziale e temperatura sul piano isobarico di 850 hPa: essa evidenzia come un nucleo alquanto vasto di vorticità potenziale (EPV) positiva su golfo ligure ed alto Tirreno tenda ad evolvere verso ENE obbedendo ad un flusso di correnti sudoccidentali attive anche a queste quote, e dirigendosi pertanto verso il nord Italia.

Senza addentrarci troppo nella spiegazione fisica e per esteso dell'EPV, possiamo molto sinteticamente descrivere come essa esprima sempre, in generale, il rapporto tra la vorticità assoluta, somma di quella relativa e quella planetaria, e l'effettivo spessore dei vortici (Holton, 1992); in genere elevati valori positivi di questa grandezza sono associabili a condizioni atmosferiche alquanto instabili.

Nelle tre ore successive tali nuclei di EPV sono previsti migrare effettivamente verso il NE della penisola, come evidenziato nella mappa successiva.

ARPAL (Genoa - Italy) - DIFI (Genoa - Italy) - ISAC-CNR (Bologna - Italy)
 Ertel Potential Vorticity [$\text{K kg}^{-1} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$] and Temperature [C]
 18Z Sat 19 JUN $\tau = 6\text{h}$ - level 850 hPa



Model: **linux**
 Time 0: 12Z19JUN2010 Resolution: 0.0849°x0.0600°

Figura 12: campi di vorticità potenziale e temperatura sul piano isobarico di 850 hPa, ore 18z 19/06/2010: Fonte: 6.5 km BOLAM Model

Infatti alle ore 18z si notano valori di EPV localmente superiori a $2.5 \text{ K} \cdot \text{m}^2 / \text{kg} \cdot \text{s}$ su basso Veneto, ed in genere tale grandezza tende ad incrementare i propri valori su quasi tutto il comparto nordorientale, mentre i valori termici non mutano sostanzialmente. La situazione diviene quindi maggiormente incline ad amplificare l'instabilità a bassa quota rispetto alle tre ore precedenti.

Un ulteriore elemento che suffraga tale ipotesi è rintracciabile dal profilo dei venti e della temperatura equivalente potenziale sul medesimo piano isobarico, come ben dimostrato dalla mappa seguente.

ARPAL (Genoa - Italy) - DIFI (Genoa - Italy) - ISAC-CNR (Bologna - Italy)
 Equivalent Potential Temperature [K] and wind vectors [m s⁻¹]
 18Z Sat 19 JUN $\tau = 6h$ - level 850 hPa

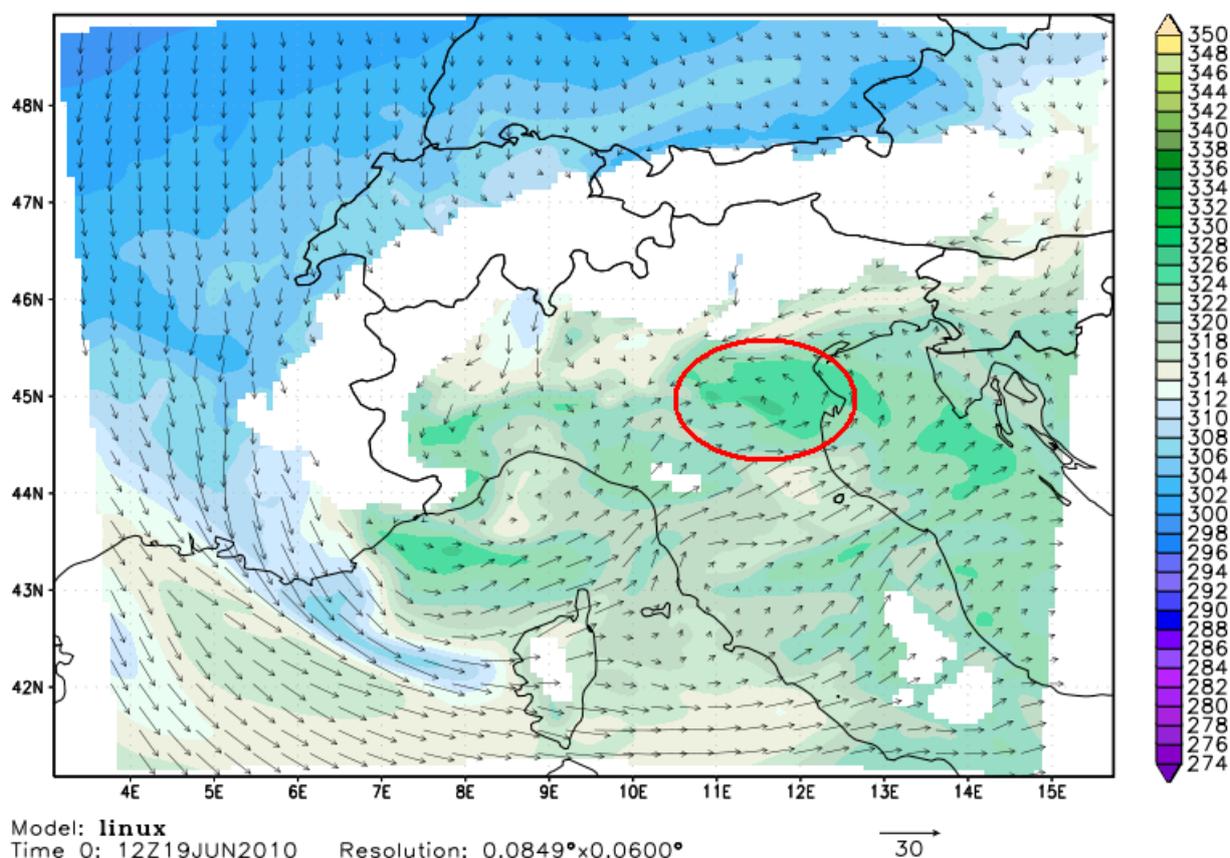


Figura 13: venti e temperatura potenziale equivalente sul piano isobarico di 850 hPa, ore 18z 19/06/2010: Fonte: 6.5 km BOLAM Model

La temperatura equivalente potenziale è definita come la temperatura equivalente portata adiabaticamente a 1000 hPa; quest'ultima è la temperatura che avrebbe la massa d'aria considerata se si facesse condensare tutto il vapore in essa contenuto e si utilizzasse il calore latente di condensazione per farla riscaldare. Infatti quando una molecola di acqua passa dallo stato gassoso allo stato liquido libera calore che viene ceduto all'aria circostante (calore latente di condensazione). La temperatura equivalente potenziale (espressa in °K) è indice della stabilità di una massa d'aria: in generale, a parità di temperatura, tanto più una massa d'aria possiede Theta-e elevata, tanto più il suo contenuto di umidità è elevato. Sebbene sia più utile nelle sezioni verticali per valutare la stabilità atmosferica, risulta comunque di buon ausilio anche per individuare le aree favorevoli alla formazione di temporali intensi o sistemi convettivi a mesoscala. Infatti, regioni con alti valori di Theta-e (dette "Theta-e ridge") sono caratterizzate da aria calda e umida, quindi leggera e potenzialmente instabile.

Alle ore 18z la situazione prevista relativamente a questa grandezza, mostra valori Theta-e alquanto elevati (o comunque i più elevati rispetto alle aree circostanti) su Veneto centrorientale (330°K circa), ad indicare una zona ad elevata instabilità potenziale nella quale può essere individuata quella maggiormente soggetta a fenomeni di un certo rilievo e probabilmente di tipo complesso. Il profilo orizzontale del vento alla medesima quota troposferica rivela come questo settore territoriale sia interessato da correnti sudorientali assai umide in ingresso dal mare Adriatico che giustificano maggiori valori di theta-e nelle suddette zone.

Nel contempo flussi sud-occidentali orografici (in discesa dalla catena appenninica, fohn) si portano, più secchi, fino alla foce del Po e dal Friuli tendono a propagarsi verso WSW correnti nordorientali più fresche e secche. L'area cerchiata in rosso delimita quindi una blanda circolazione ciclonica a mesoscala (da non confondere con i classici mesocicloni supercellulari che si innescano per tilting di vortici ad asse orizzontale in condizioni ambientali di directional e speed windshear positivo, avendo inoltre estensione inferiore) caratterizzata da theta-e più elevate nel settore settentrionale, laddove insistono correnti marittime assai umide.

Preciudendo da quanto osservato ai piani isobarici superiori, tale pattern circolatorio a mesoscala è sovente ricorrente durante l'innesco di fenomeni convettivi anche severi sull'area in questione, talora anche in condizioni non particolarmente rilevanti ai piani isobarici superiori.

Le considerazioni fatte sopra trovano sostanziali conferme nella situazione al suolo, la quale viene riportata di seguito:

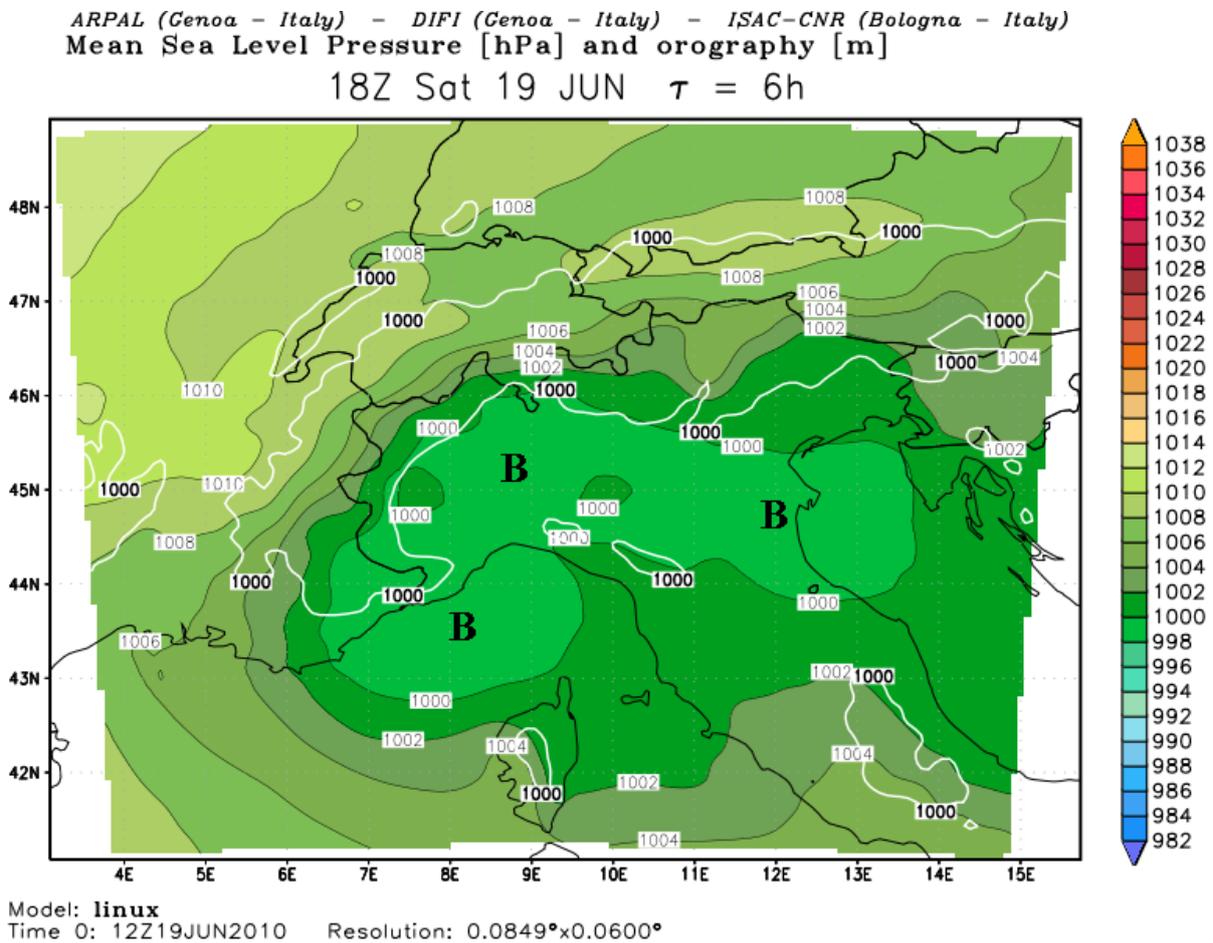


Figura 14: analisi barica al suolo prevista per le ore 18z del 19/06/2010. Fonte BOLAM 6.5 km Model

La situazione prevista al suolo per le ore 18z evidenzia la presenza sul nord Italia di una articolata circolazione ciclonica che consta di tre minimi: uno su golfo ligure ad innesco orografico; un secondo tra Piemonte e Lombardia con genesi della stessa natura, ed un terzo all'incirca centrato su delta del Po, la cui posizione è perfettamente compatibile con quanto visto prima ad 850 hPa,

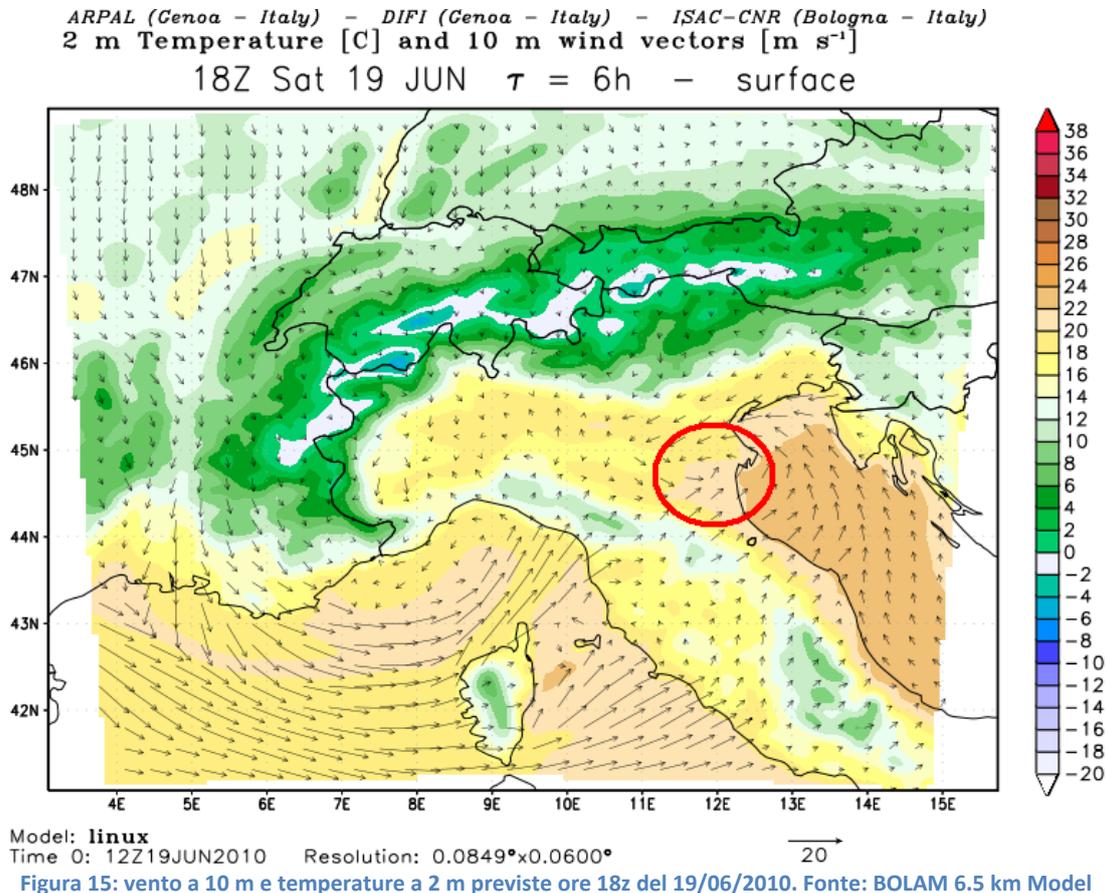
e la cui genesi chiama in causa anche altri fattori e per il quale la componente orografica è presente solo in parte.

La posizione di tale minimo è fondamentalmente determinata dai moti verticali che si sviluppano lungo una dry-line appenninica che avanza verso NE andando ad interferire con il flusso sudorientale caldo e molto umido in ingresso dal mare Adriatico e con correnti nordorientali più fresche e secche che si attivano su Friuli ed alto Veneto come conseguenza delle masse d'aria fredda addossate oltralpe che tentano di aggirare l'ostacolo orografico. Il movimento della struttura è presumibile sarà verso ENE in obbedienza alla disposizione delle correnti in media ed alta troposfera. Una volta innescati tali minimi tendono ad accentuare il richiamo delle rispettive correnti da SW, SE ed ENE, le quali convergono su aree relativamente ristrette dando luogo a moderata-forte vorticità ed elicità verticale nonché forte gradiente di temperatura potenziale equivalente nei bassi strati tra il settore sud del minimo (dove prevalgono flussi secchi da WSW disposti sulle dry-line) e quello nord (ove prevalgono flussi marittimi orientali o sudorientali caldi ed umidi).

Normalmente tali condizioni non si mantengono attive per lungo tempo (in genere la spinta delle dry-line appenniniche o dei flussi freddi nordorientali tende a prevalere), ma possono essere ugualmente sufficienti a favorire moti vorticosi anche di natura mesociclonica, sebbene di breve durata, nei bassi strati. In pratica anziché assistere alla conversione di vorticità ed elicità ad asse orizzontale, per elevato windshear positivo ambientale, in verticale tramite tilting dovuto agli updraft dei sistemi convettivi, si ha la presenza a mesoscala di tali grandezze già disposte sul piano verticale in bassa troposfera e con spessore in genere non eccedente i 2000 m; ciò in massima parte attribuibile alle particolari e non comuni caratteristiche orografiche di questo comparto territoriale. In tal senso non è infrequente la genesi, all'interno di queste particolari zone, di mesocicloni di basso livello con formazioni tornadiche qualora vi sia diffusa attività temporalesca; essi hanno di norma estensione assai limitata e modesta profondità verticale, e tendono generalmente a manifestarsi nel centro di queste depressioni a piccola scala, mostrando anche una durata limitata nel tempo.

L'eventualità sembra possa essere alquanto frequente durante significative irruzioni fredde in quota su vasta scala dai quadranti settentrionali o nordoccidentali, come occorso in questa circostanza.

La situazione prevista al suolo dei venti e della temperatura dell'aria porta ad ulteriori conferme:



Infatti si nota un moderato flusso di correnti di fohn appenninico che si porta da SW su Romagna e fino al delta del Po. Tale flusso delimita una dry-line appenninica in avanzamento associata a valori termici più elevati ed aria più secca rispetto alle altre zone del nord Italia. Più a nord si rileva invece un flusso orientale di origine marittima (in rientro dall'Adriatico dove sono attivi venti da SE) meno caldo ma più umido che scorre fino a penetrare nelle zone interne del Veneto laddove confluisce con correnti nordorientali in ingresso dal golfo di Trieste ed associate all'azione dell'aria fredda che circonda l'arco alpino. Tutto ciò descrive la presenza di un piccolo minimo depressionario (area cerchiata in rosso) evidenziato anche dalla corrispondente situazione barica al suolo: tale minimo a mesoscala evolve verso NE interessando anche il veneziano, dove si avranno fenomeni di notevole intensità.

Occorre tenere presente che le mappe da LAM utilizzate per questa breve analisi sono di previsione, e pertanto sono state scelte sovente quelle relative alle ore 18z (20,00 locali) sebbene i fenomeni si siano manifestati poco tempo prima; pertanto è possibile un lieve anticipo dei forcing fin qui illustrati; oppure è altrettanto probabile che essi si siano innescati nella fase iniziale della suddetta evoluzione, quindi ipoteticamente tra le 17,00 e le 20,00 locali.

In conclusione l'aspetto maggiormente caratterizzante l'evento è comunque l'occorrere di fenomeni vorticosi e forte attività temporalesca anche in assenza o con scarso setup troposferico di tipo classico, che prevede forte directional e speed windshear tra bassa, media ed alta troposfera, ed indici di stabilità di ben altra portata rispetto a quelli osservati.

Ma è da rimarcare come la particolare conformazione territoriale, segnatamente in riferimento all'orografia, abbia creato le condizioni ideali in bassa troposfera (tra il suolo ed il piano isobarico di 700 hPa) per l'incremento di vorticità ed elicità sul piano verticale fino alla genesi di mesominimi barici, all'intermo dei quali è ipotizzabile lo sviluppo di mesocicloni in corrispondenza a forti updraft in seno alle formazioni temporalesche determinate da forzanti a scala maggiore.

2 Analisi satellitare e radar-meteorologica

2.1 Analisi satellitare sul Veneto

Si è scelto di effettuare una piccola analisi satellitare (canale visibile) del settore Nord-orientale italiano: la prima immagine, delle 15:00 UTC, mostra la presenza di numerose celle temporalesche nel nord italia, in particolare si possono evidenziare sistemi organizzati nella zona tra mantovano e rodigino e nell'alto adriatico, mentre sistemi meno organizzati erano situati nel Veneto centro orientale e nel nord del Friuli.

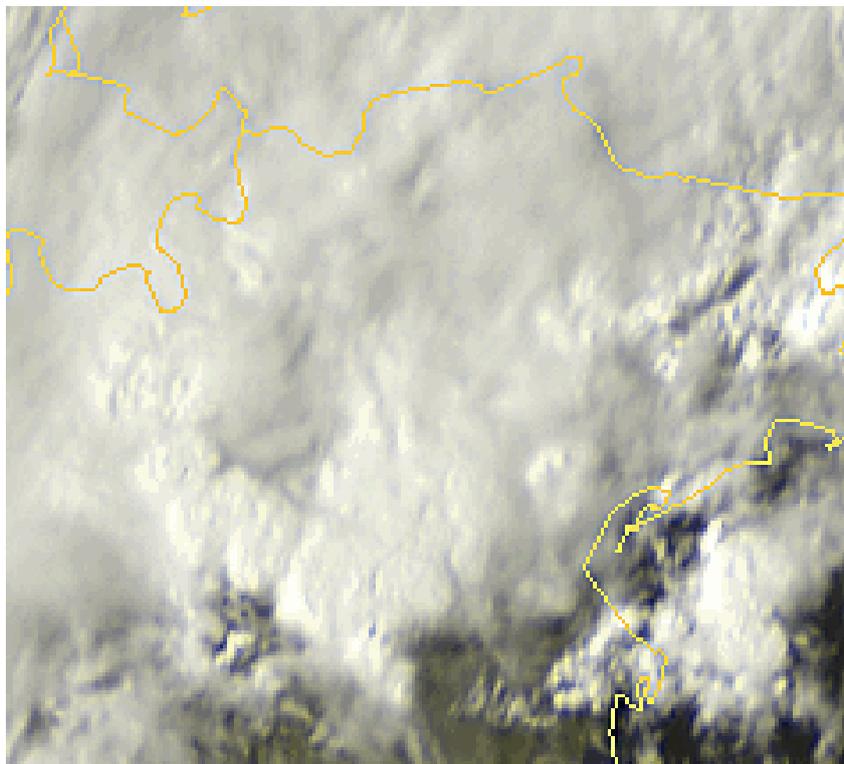


Figura 16: immagine satellitare (visibile) ore 15:00 UTC. Sat24.com

Nell'immagine successiva (15:15 UTC) si nota come il sistema nel Veneto centro-orientale (nella provincia di Venezia) tende a dirigersi verso E-NE, ed allo stesso tempo sembra che si stia sviluppando a sud dello stesso un'altra cella temporalesca (osservare la regione evidenziata nella foto), favorita molto probabilmente dall'outflow della cella preesistente.

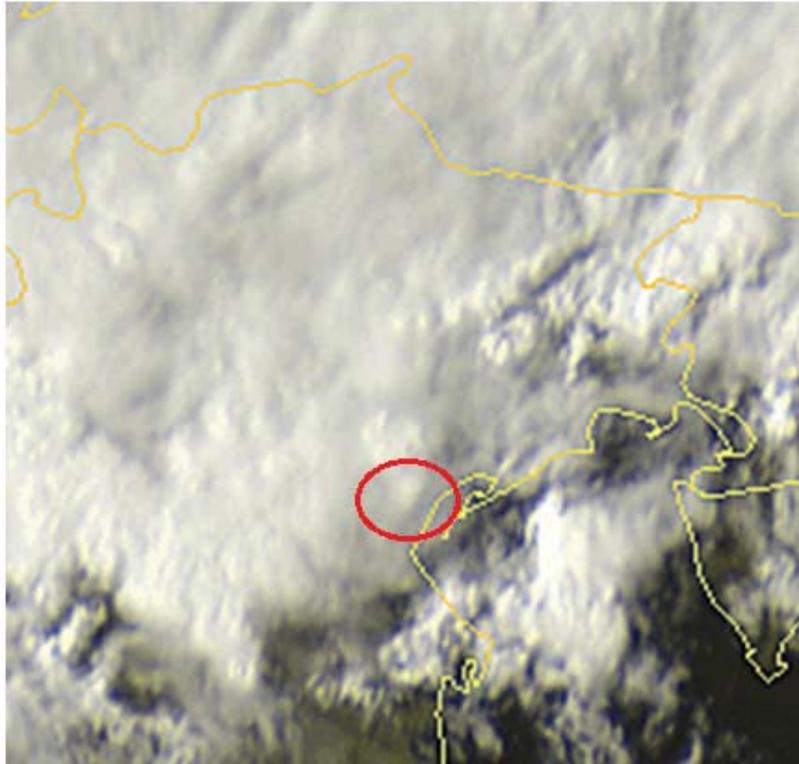


Figura 17: immagine satellitare (visibile) ore 15:15 UTC. Sat24.com

La nuova cella si sviluppa in modo esplosivo, e come si nota dall'immagine satellitare delle 15:30 UTC, presenta un updraft ben definito con annesso overshooting top nella parte sud-occidentale della stessa: questo significa che la cella ha avuto a disposizione un buon quantitativo di energia potenziale (CAPE) che ha permesso all'updraft di superare l'equilibrium level (che in quella giornata era situato sui 10 km), cioè lo strato di inversione termica situato nel limite superiore della troposfera (tropopausa); da evidenziare quindi come nei casi nei quali sia presente l'overshooting top, le celle presentino un updraft, nella fase di maturazione, molto intenso. Proprio in questi momenti, come vedremo nell'analisi radar, la cella presentava al suo interno circolazione mesociclonica.

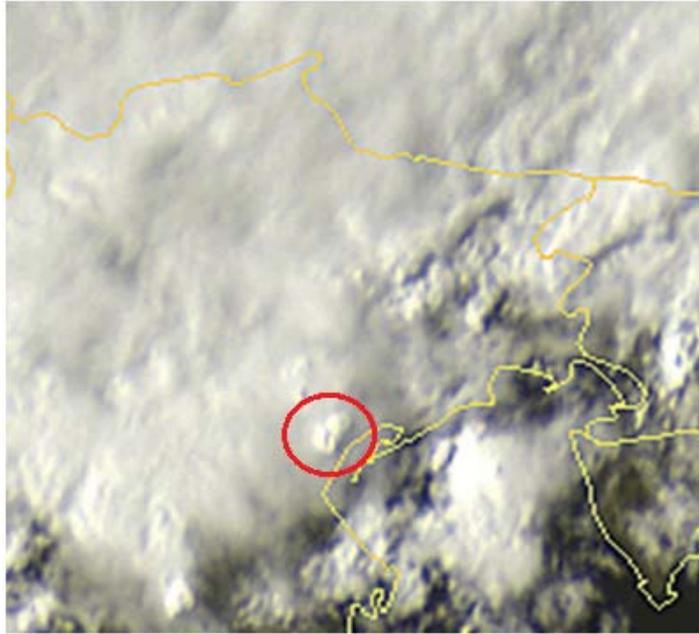


Figura 18: immagine satellitare (visibile) ore 15:30 UTC. Sat24.com

Nell'immagine delle 15:45 UTC si nota prima di tutto come l'overshooting top non sia più presente, mentre l'incudine della cella si sia sviluppata in estensione: questo fa capire che il sistema temporalesco sia ormai maturo e quindi l'updraft stia presumibilmente perdendo potenza a favore del downdraft.

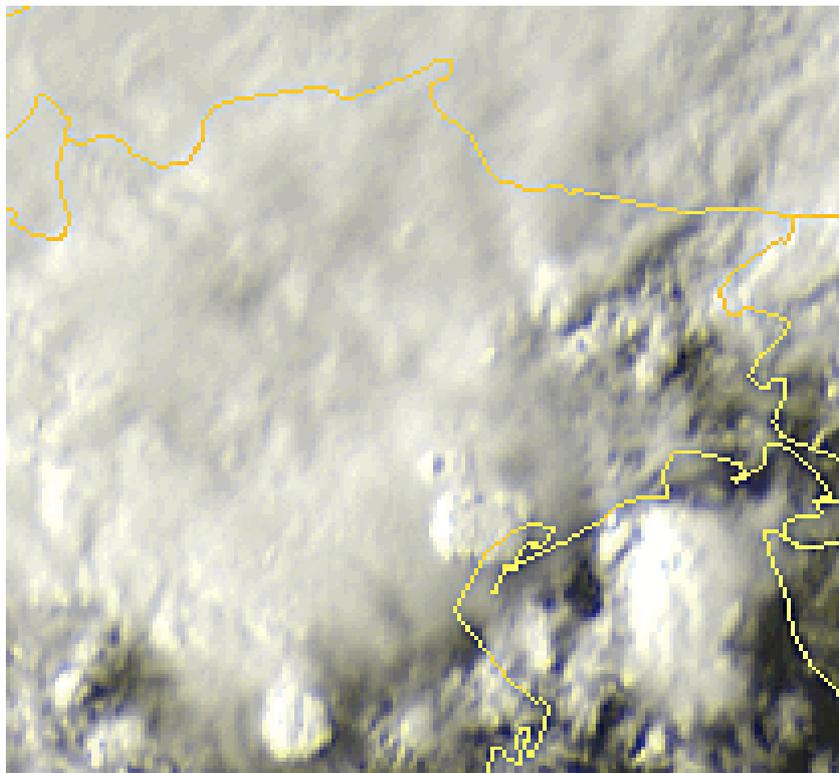


Figura 19: immagine satellitare (visibile) ore 15:45 UTC. Sat24.com

Nelle immagini satellitari successive (che non mostriamo) si nota come il sistema temporalesco decada brevemente nel suo moto di traslazione verso E-NE fino al suo completo dissolvimento. In conclusione a questa analisi si può evidenziare che la cella che ha colpito la provincia di Venezia abbia attraversato una fase di forte sviluppo (circa 10-20 minuti) seguita poi da un'altrettanto veloce fase di dissolvimento: dall'analisi satellitare però non si possono trarre conclusioni riguardo alla classificazione del sistema temporalesco, per la quale si rende necessario un'approfondito studio radar meteorologico.

2.2 Analisi radar-meteorologica della supercella di Fossò

Dal radar di Teolo 128km si osserva come il Veneto, intorno alle 14:30 UTC (figura) sia interessato da numerose celle temporalesche (più o meno intense) che non mostrano però alcuna caratteristica particolare. Dal radar inoltre si può notare come la "level guide" sia da W-SW verso E-NE, con velocità dei venti in quota tutto sommato deboli.

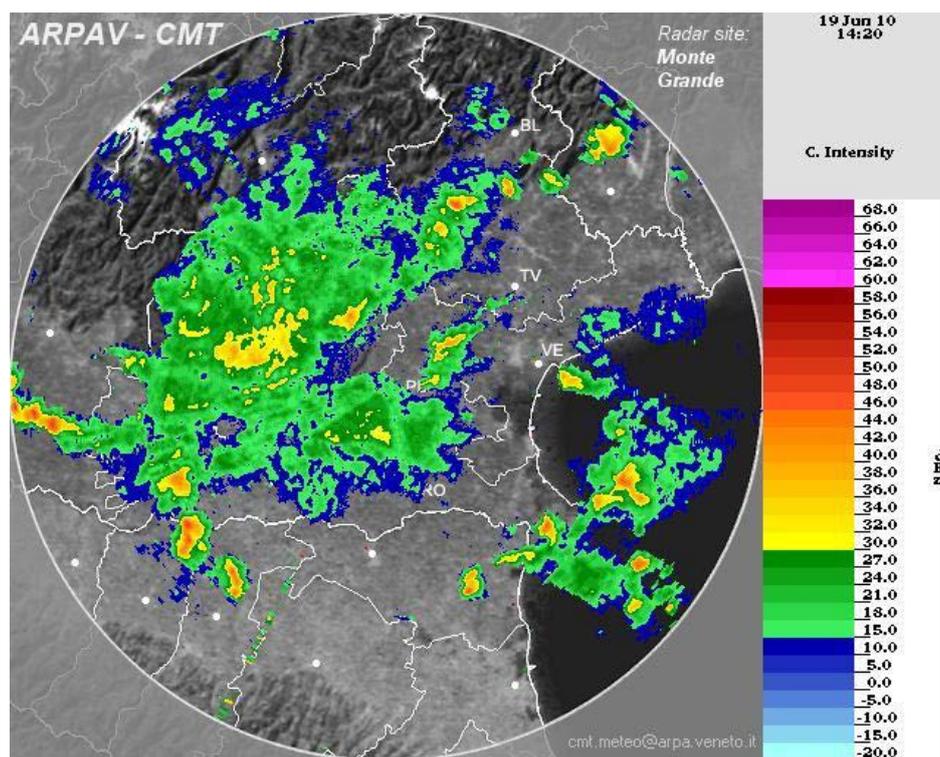


Figura 20: immagine radar delle 14:30 UTC radar di Teolo (Pd). ARPAV.

A partire dalle 15:00 UTC si nota l'isolamento di un sistema temporalesco, con valori di riflettività non molto elevati (circa 38-40 dBZ), il quale mostra una velocità di spostamento ridotta rispetto agli altri sistemi temporaleschi presenti. Anche quest'ultimo sistema inizialmente non presenta caratteristiche particolari, ma intorno alle 15:20 UTC mostra una struttura piuttosto interessante: dal particolare mostrato in questa immagine radar (figura) si evidenzia la presenza di debole V-notch (la cui direzione è in accordo con le correnti in quota), che indica la presenza di un corposo updraft, e di un eco ad uncino (hook echo) il quale evidenzia la presenza di un mesociclone (più o meno strutturato) all'interno della cella temporalesca.

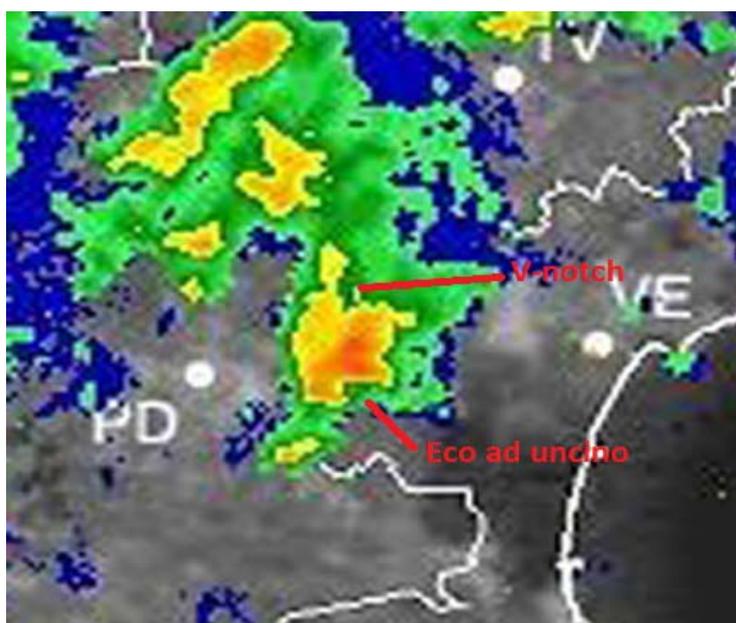


Figura 21: particolare immagine radar delle 17:20 UTC (ARPAV)

Nell'immagine delle 17:30 UTC la struttura (semistazionaria) presenta un eco ad uncino pronunciato con la classica conformazione da mesociclone in fase di occlusione. Come si può notare da questa immagine radar la zona con maggiori probabilità di formazione del tornado, che risiede nella punta dell'uncino, dove l'RFD raggiunge le correnti di inflow da SE, è situata proprio sopra la cittadina di Fossò (Ve).



Figura 22: particolare immagine radar delle 17:30 UTC. ARPAV

Da un'attenta osservazione delle immagini radar la cella ha quindi mostrato caratteristiche supercellulari per circa 10-15 minuti, ed in base alla conformazione ed ai venti in quota presenti, non si esclude si sia trattato di una "HP supercell".

Negli istanti successivi (a partire dalle 17:40 UTC) le immagini radar non hanno più mostrato strutture particolari: molto probabilmente, in accordo con l'analisi sinottica svolta all'inizio dell'articolo, non c'erano le condizioni per una strutturazione duratura del mesociclone e quindi della supercella analizzata; in breve tempo quindi, dopo la sua nascita, il mesociclone si è rapidamente occluso negando ulteriore alimentazione caldo-umida alla cella che si è quindi esaurita velocemente.

E' importante sottolineare come questa breve analisi sia piuttosto superficiale poiché non si dispone dei volumi radar che avrebbero permesso, grazie ad un'analisi completa delle PPI di riflettività e di velocità radiali (oltre che all'utilizzo di immagini con una maggiore risoluzione spaziale), di evidenziare la conformazione e la strutturazione alle varie quote del mesociclone, elementi che avrebbero quindi permesso di poter classificare in modo univoco il fenomeno che ha dato luogo al tornado di Fossò.

BIBLIOGRAFIA

- *Mesoscale Dynamics*, Yuh-Lang Lin, Cambridge University Press (2007).
- *Temporali e Tornado*, A. Griffa, P. Randi, A. Gobbi, G. Formentini, Alpha Test editore (2006).
- *An Introduction to Dynamic Meteorology*, J.R. Holton, Elsevier Academic Press (2004).

