

## IL TORNADO SUL RAVENNATE DEL 22 LUGLIO 2023

Un evento temporalesco estremamente severo ha colpito il territorio del ravennate settentrionale al confine con la provincia di Ferrara durante pomeriggio del 22 luglio 2023 all'incirca tra le ore 15 e 15,30 locali, balzando agli onori della cronaca per la straordinaria intensità in relazione agli effetti provocati sulla fascia di territorio colpita.

Oltre a violente grandinate, con chicchi di diametro talora superiore ai 7/8 cm di diametro, che hanno coinvolto vaste aree del comparto ferrarese, un temporale a supercella di lunga percorrenza è stato all'origine dell'innesco di un violento tornado a multi vortice, peraltro di notevoli dimensioni e classificabile di grado IF 2-3 (scala International Fujita), che ha raggiunto la fase di massima intensità (IF3) tra le località ravennati di Voltana, Alfonsine e Savarna.

Inoltre, il vortice è risultato completamente avvolto da precipitazioni di pioggia e grandine (rain wrapped tornado) rendendosi praticamente invisibile per tutta la sua durata. Tuttavia, la verifica dei danni provocati non lascia alcun dubbio sul suo passaggio, peraltro in concomitanza a raffiche anche lineari alla periferia della circolazione tornadica (twisting downburst).

Sono stati causati ingenti danni materiali (abitazioni, capannoni agricoli e industriali, alberature e coltivazioni) e si sono contati quattordici feriti, fortunatamente non gravi.

La durata, l'estensione e la severità del tornado non trovano alcun precedente nella storia meteorologica della zona, pur essendosi verificati in passato tornado di debole intensità (es. 19 ottobre 1998 in località Alfonsine, grado stimato F0).

### ***Analisi meteorologica dell'evento***

Il sistema temporalesco a supercella responsabile dell'evento si è innescato in tarda mattinata sul milanese meridionale per poi percorrere da WNW a ESE il tratto di Pianura Padana fino al ravennate, attraversando prima cremonese, mantovano, modenese e ferrarese, ma raggiungendo la sua massima intensità proprio nella zona di bassa pianura compresa tra il ferrarese meridionale e il ravennate settentrionale prima di terminare la propria corsa sulla costa ravennate.

Il sistema, evolvendo lungo la Pianura Padana, ha trovato davanti al proprio percorso condizioni assai favorevoli per rinforzarsi ciclicamente fino a toccare il culmine nella fase tornadica.

Occorre premettere un aspetto importante, rappresentato dal fatto che nei giorni precedenti l'evento, sull'Italia e quindi anche in Emilia-Romagna, si era manifestata una prolungata e intensa avvezione di aria estremamente calda e umida di origine nord-africana con temperature massime record in molte aree del centro-sud della Penisola. Tale massa d'aria ha favorito l'accumulo di elevate quantità di umidità assoluta (fino a 17 g/m<sup>3</sup> il giorno 22 in base ai dati del radiosondaggio di S.P. Capofiume) entro l'altezza di circa 3000 m di quota, all'origine di un significativo tasso di energia potenziale disponibile per la convezione.

Al di là delle forzanti su scala sinottica, ma soprattutto alla mesoscala, che hanno condotto all'innesco di convezione profonda, occorre precisare che anche la radiazione solare, grazie a una mattinata e un primo pomeriggio soleggiati, ha contribuito ad incrementare sensibilmente l'energia potenziale disponibile per la convezione già dalla tarda mattinata.

In ogni caso, sul territorio interessato dal tornado, sono venuti a concorrere diversi fattori su varia scala in grado di determinare l'innesco di intensi sistemi temporaleschi di tipo supercellulare (una seconda supercella, sebbene non tornadica, si è innescata sull'Emilia occidentale fino a coinvolgere il bolognese), le cui principali sono di seguito elencate:

1) Presenza di un forte wind shear verticale in velocità (speed) nel campo del vento tra bassa e medio-alta troposfera (sensibile rinforzo dei venti da WSW tra i piani isobarici di 700 e 200 hPa con transito di un getto di 115 nodi tra i livelli isobarici di 250 e 200 hPa). Ciò in corrispondenza di una

saccatura nel campo di geopotenziale, in transito tra il centro Europa e il Nord Italia, con annessa avvezione fredda (valori fino a  $-14^{\circ}\text{C}$  sul livello isobarico di 500 hPa).

2) Intrusione di aria secca stratosferica nei piani troposferici superiori con significativo incremento dei valori di IPV (isentropic potential vorticity), specie a Nord dell'asse del Po, evenienza assai frequente in seno all'evoluzione di saccature troposferiche di tipo baroclino.

3) Avvezione di aria alquanto secca da SW in medio-alta troposfera al di sopra di masse d'aria molto umida nei bassi strati (ambiente incline a generare molto spesso intensa attività temporalesca).

4) La presenza di un fronte freddo addossato all'arco alpino, legato alla saccatura in quota in passaggio tra Europa centrale e Nord Italia, che ha favorito lo sviluppo di attività temporalesca dapprima sui rilievi ed in seguito anche sulla Pianura Padana grazie all'afflusso di aria fredda che in quota ha superato le Alpi sovrapponendosi alla massa d'aria estremamente calda e umida presente, ma anche alle infiltrazioni fredde (cold pool e outflow boundary) nei bassi livelli legate ai temporali sviluppatisi in tarda mattinata.

5) Attivazione del cosiddetto "punto triplo" (vedasi approfondimento in seguito) nei bassi livelli troposferici tra un flusso caldo e umido orientale in ingresso dal mare Adriatico (che presentava temperature superficiali notevolmente superiori alla norma); una corrente calda e secca in discesa dal comparto appenninico (dry-line), e un flusso più freddo e umido da Nord-Nord-Ovest sia di tipo sinottico, legato al transito verso levante di relativo minimo barico al suolo chiuso sulla Pianura Padana centro-orientale, sia alla mesoscala per gli outflow di convezione precedentemente innescatisi sul Veneto e sulla Lombardia orientale.

In tal modo si è osservato un deciso incremento dei valori di wind shear direzionale positivo tra bassa e media troposfera (rotazione da ENE a WSW dal suolo ai 1500 m circa di quota), verificabile anche dagli elevati valori di elicità 0-1, 0-3 e 0-6 km e dal valore dello SWEAT index (oltre 350).

A tal proposito, occorre specificare che in letteratura si considerano valori di SWEAT superiori a 300 per tempeste severe e superiori a 400 per tempeste tornadiche. Tuttavia, la casistica italiana evidenzia come si abbiano sovente fenomeni vorticosi con SWEAT index assai più basso, in parte dovuto al fatto che diversi eventi non sono mesociclonici (non legati a temporali a supercella).

Nonostante la presenza di indici di instabilità sicuramente significativi, la forzante dinamica è risultata sicuramente più importante.

### **Situazione in alta e media troposfera, scala sinottica**

Nella giornata in esame si è manifestato, alle quote troposferiche superiori, il transito da Ovest a Est di una veloce saccatura atlantica nel campo del geopotenziale compreso tra i piani isobarici di 300 e 200 hPa (tra 8 e 10 km circa di quota). Nonostante il settore più attivo della suddetta saccatura si sia mantenuto a Nord dell'arco alpino, i massimi di gradiente termico orizzontale si sono verificati sul Nord Italia a causa della concomitante presenza di un robusto promontorio anticiclonico di origine sub-tropicale ancora attivo sul centro-sud della Penisola associato ad un'importante circolazione di aria molto calda. Ciò ha favorito i picchi maggiori di intensità del vento proprio sul Nord Italia con una notevole accelerazione di un flusso orientato da WSW corrispondente al passaggio della corrente a getto (jet streak nello specifico), con valori di velocità del vento intorno ai 60 m/s (circa 215 km/h). L'accelerazione dei venti è risultata alquanto repentina grazie al rapido movimento verso levante dell'asse di saccatura, inoltre la medesima corrente a getto ha determinato il transito sulla verticale di un'area di forte diffluenza, la quale ha predisposto l'atmosfera al verificarsi di forti moti verticali ascendenti, in particolare lungo una pronunciata divergenza del livello superiore verificatosi sulla regione di uscita del getto, transitata in zona nelle prime ore del pomeriggio del 22 luglio (composito di Fig. 1). Le regioni di massima divergenza/diffluenza in medio-alta troposfera sono spesso corrispondenti, qualora sussistano

condizioni di elevata instabilità anche ai livelli inferiori, a situazioni favorevoli allo sviluppo di supercelle tornadiche (Markowski, Richardson, 2010).

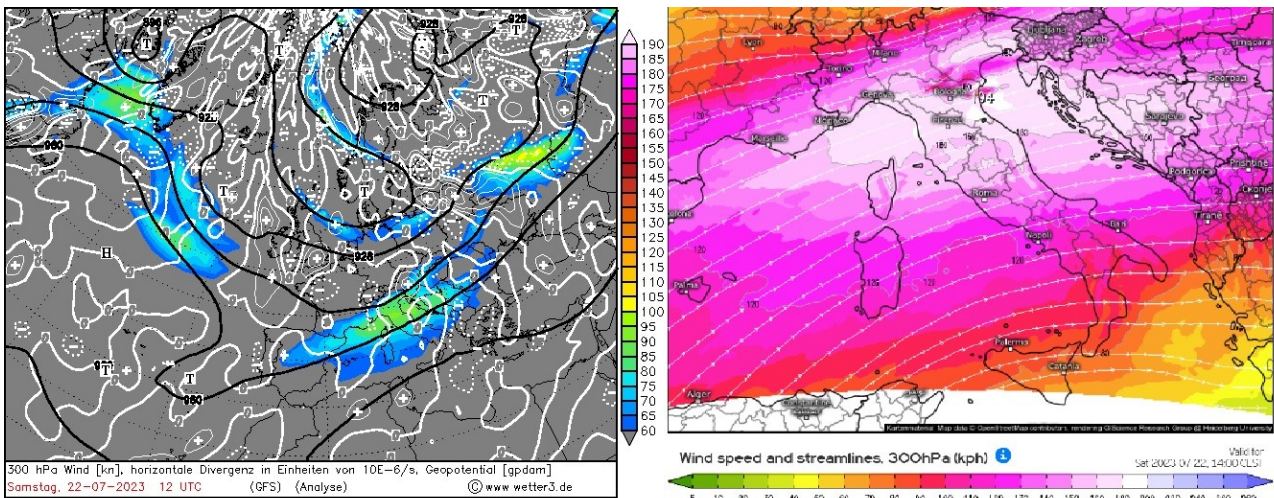


Fig.1: Analisi campi di divergenza a 300 hPa (sn) e di velocità del vento (ds) del 22/07/2023 ore 12 UTC. Fonte: analisi GFS (sn) e nowcast 4 km Swiss model (ds).

La situazione relativa al piano isobarico di 500 hPa (circa 5500 m di quota), sempre nelle prime ore del pomeriggio, mostra il transito di una veloce saccatura nel campo del geopotenziale. Essa non appare particolarmente profonda, tuttavia porta il proprio asse in corrispondenza del Nord Italia inducendo un lieve calo del geopotenziale e l'avvento da Ovest di una massa d'aria più fredda (-14°C circa), unitamente al disporsi da WSW di flussi assai intensi, in corrispondenza del passaggio del jet streak ai livelli superiori, con avezione da occidente di una vasta area caratterizzata da elevati valori di vorticità positiva lungo un asse che coinvolge il Sud della Francia, in Nord Italia e i Balcani settentrionali, e che contribuisce a rendere particolarmente instabile il profilo verticale, stante la presenza di aria molto calda ed umida nei bassi strati come si vedrà in seguito. Una sintesi della situazione sul livello di 500 hPa è mostrata nel composito di figura 2.

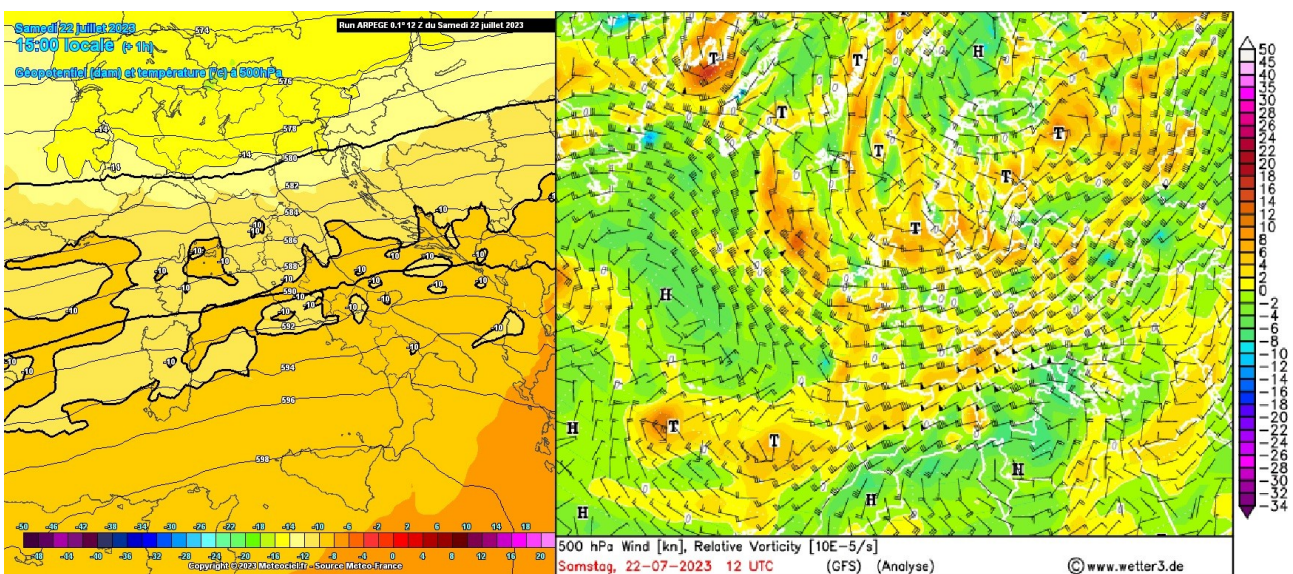


Fig. 2: Analisi campi di geopotenziale e temperatura (sn) e di vorticità relativa (ds) a 500 hPa del 22/07/2023 ore 12 UTC. Fonte: analisi ARPEGE model (sn) e analisi GFS model (sn)

Nel composito di figura 3 appare evidente il calo dell'altezza di geopotenziale e delle temperatura, in seno al flusso da WSW sul piano isobarico di 500 hPa, verificatosi tra le ore 00 e 12 UTC del 22

luglio, fattori che hanno incrementato l'instabilità termodinamica della massa d'aria presente in Pianura Padana.

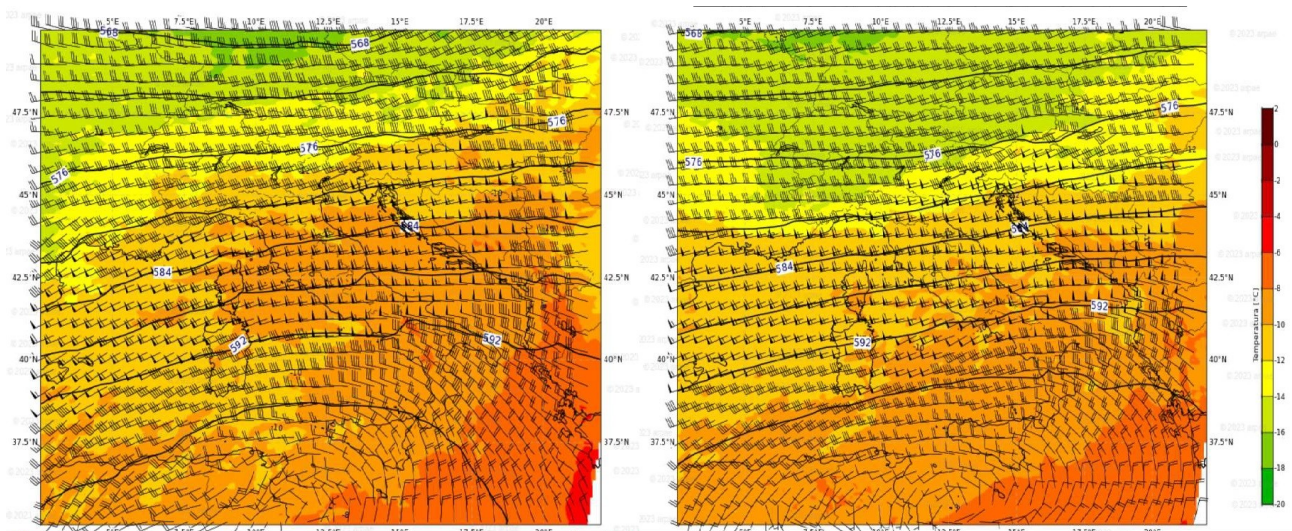


Fig. 3: Altezza di geopotenziale, temperatura e vento al livello di 500 hPa, a sinistra ore 00 UTC e a destra ore 12 UTC del 22/07/2023. Fonte: analisi ECMWF plot cortesia di ARPAE

### Situazione in bassa troposfera e alla mesoscala

Nei bassi strati troposferici si va ad instaurare un profilo termo-igrometrico e del vento altamente favorevole all'incremento dei valori di elicità e del wind shear positivo, particolarmente in senso direzionale. In primo luogo, sull'Emilia-Romagna è presente un flusso di correnti assai calde da SW sul piano isobarico di 850 hPa (circa 1500 m di quota) con temperature sull'ordine dei 20°C.

In particolare, si manifesta un'intensificazione del flusso da SW sulla fascia appenninica e pedecollinare, associata a un getto di basso livello (LLJ): tale flusso, specie se collegato ad aria molto calda, sovente riveste un importante ruolo nella genesi e nello sviluppo di sistemi temporaleschi violenti. Tuttavia, all'incirca sul livello isobarico di 850 hPa tra le ore 0 e le 12 UTC si verifica un calo termico tra Emilia orientale e Romagna, ben a valle della catena appenninica, per l'attenuazione del debole fohn appenninico (shallow) precedentemente più intenso (nella mattinata), e ciò rivestirà un ruolo importante nell'intensificazione del sistema temporalesco.

In figura 4 tale indebolimento, e arretramento delle aree interessate, è del tutto evidente.

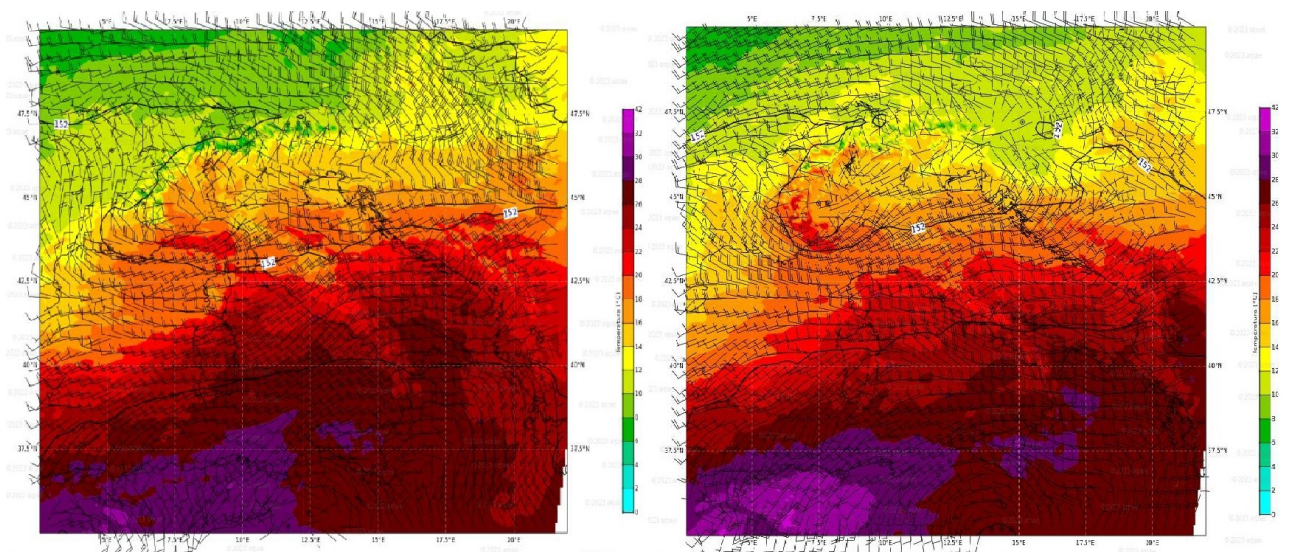


Fig. 4: Altezza di geopotenziale, temperatura e vento al livello di 850 hPa, a sinistra ore 00 UTC e a destra ore 12 UTC del 22/07/2023. Fonte: analisi ECMWF plot cortesia di ARPAE

Per quanto concerne la situazione al suolo, si parte dall'analisi sinottica delle ore 12 UTC del 22 luglio, riportata in figura 5:

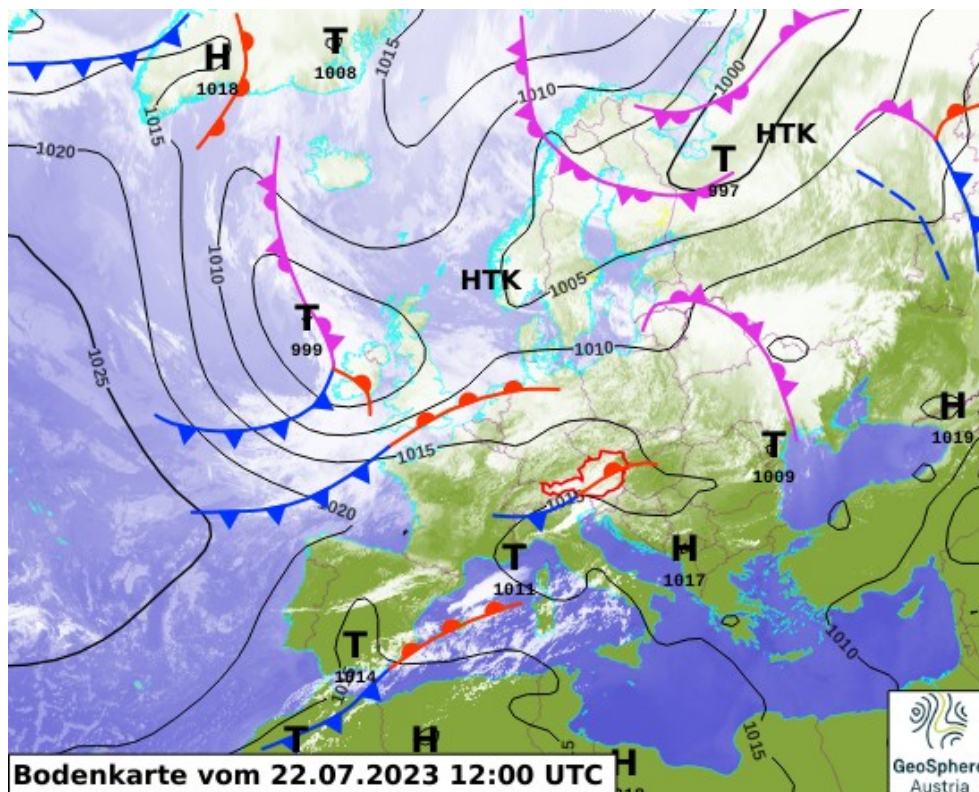


Fig. 5: Analisi sinottica ore 12 UTC del 22/07/2023. Fonte: ZAMG Geosphere

In essa si nota la presenza di un relativo minimo depressionario chiuso tra il Golfo del Leone e quello di Genova, il quale si inserisce in una relativa saccatura in rientro dall'Europa orientale collocata a sud di un cuneo anticiclonico esteso dall'oceano Atlantico all'arco alpino. Ciò comporta l'addossamento di aria moderatamente fredda sul settore alpino centro-orientale, mentre il relativo minimo barico (lettera T in figura) richiama aria decisamente più calda e umida dai quadranti sud-orientali che risale il Mare Adriatico. La massa d'aria relativamente fredda in prossimità delle Alpi è delimitata da un fronte freddo che evolve lentamente verso Est, mentre la disposizione delle suddette figure bariche causa un aumento del gradiente di pressione meridiano facilitando l'insorgenza di deboli flussi settentrionali o nord-orientali attraverso l'Alto Adriatico e la Pianura Padana (a Nord del corso del Po). Il relativo minimo barico al suolo è indicato con la lettera B e staziona in prossimità del Golfo del Leone estendendo una saccatura in direzione della Toscana e dell'Emilia-Romagna, all'interno della quale si manifesta la chiusura di un secondo minimo barico, in questo caso alla mesoscala, come evidenziato in figura 6.

La situazione barica al suolo delle ore 13 UTC sulla regione Emilia-Romagna, deriva da un modello numerico del tipo "nowcast". Questo tipo di modello ad area limitata (4 km di risoluzione) viene ricalcolato ogni ora per migliorare la prognosi a breve termine. A questo scopo, sono inclusi dati di misurazione in situ e i dati in telemisura (sat e radar) per migliorare i campi di inizializzazione del modello i quali riflettono lo stato meteorologico iniziale e la cui simulazione a 0 ore può essere considerata assai vicina ad un'analisi vera e propria. Nello specifico, nelle primissime ore del pomeriggio si nota la chiusura un minimo barico alla mesoscala tra l'Emilia centrale e la Romagna il quale favorisce la confluenza tra correnti calde e secche appenniniche da SW, marittime caldo-umide in ingresso da Est, e relativamente più fredde in discesa da Nord.

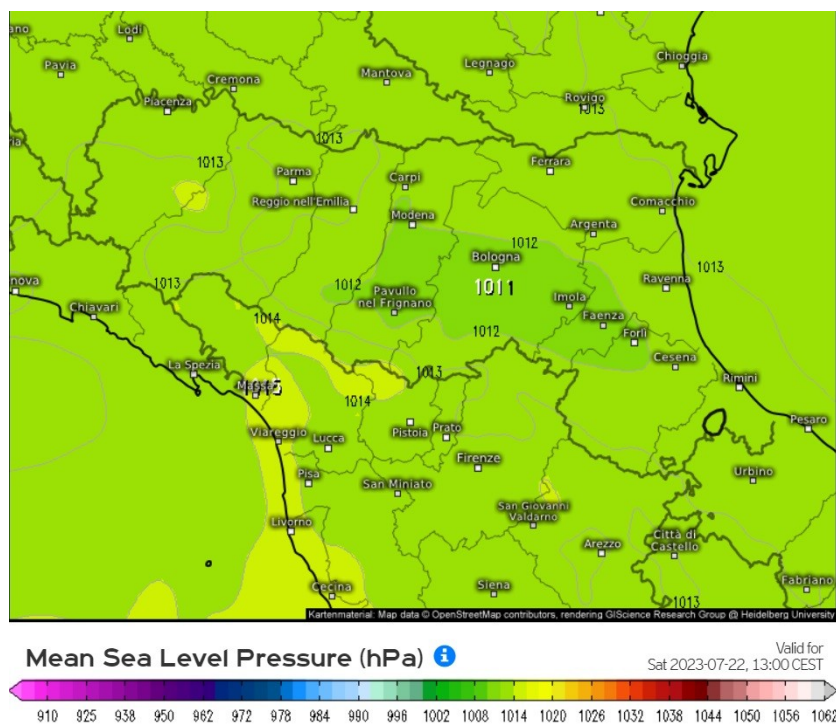


Fig. 6: Pressione al suolo ore 13 UTC del 22/07/2023. Fonte: EU Swiss HD nowcast Meteologix

La confluenza tra le suddette masse d'aria è resa ancora poi evidente dall'analisi del vento a 10 m alle ore 14 locali mostrata in figura 7.

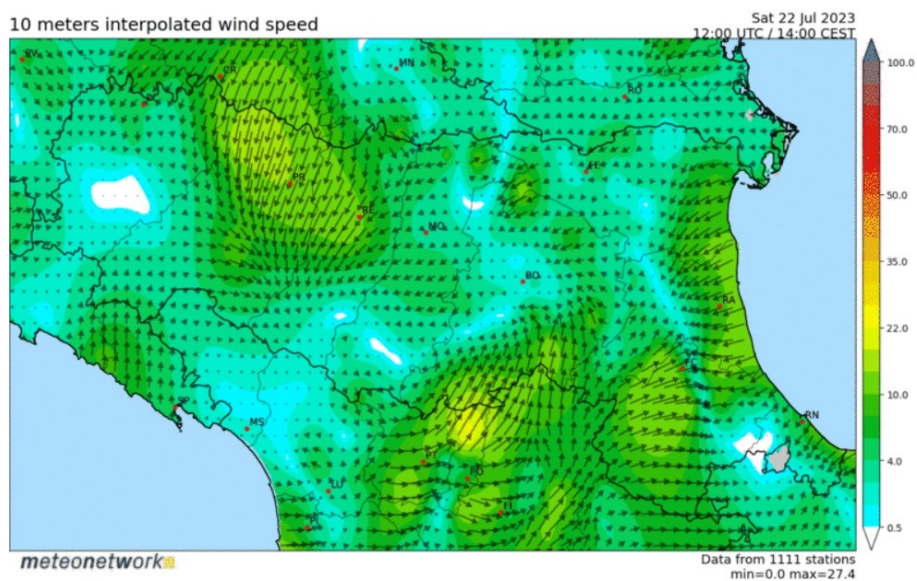


Fig. 7: Analisi campo del vento a 10 m ore 12 UTC del 22/07/2023. Fonte: Rete osservativa Meteonetwork

In essa si notano distintamente, tramite i vettori di vento al suolo, i tre diversi flussi in confluenza sulla Romagna nord-occidentale, i quali convergono lungo un boundary orientato da NW a SE coincidente con ottima approssimazione alla regione ove si è avuto l'evento supercellulare che poi ha generato il tornado. Adottando lo stesso modello preso a riferimento per la figura 13, che ha simulato quasi alla perfezione la successione di eventi nelle 2 ore successive, il processo di confluenza risulta ancora meglio definito, come si può appurare in figura 8:

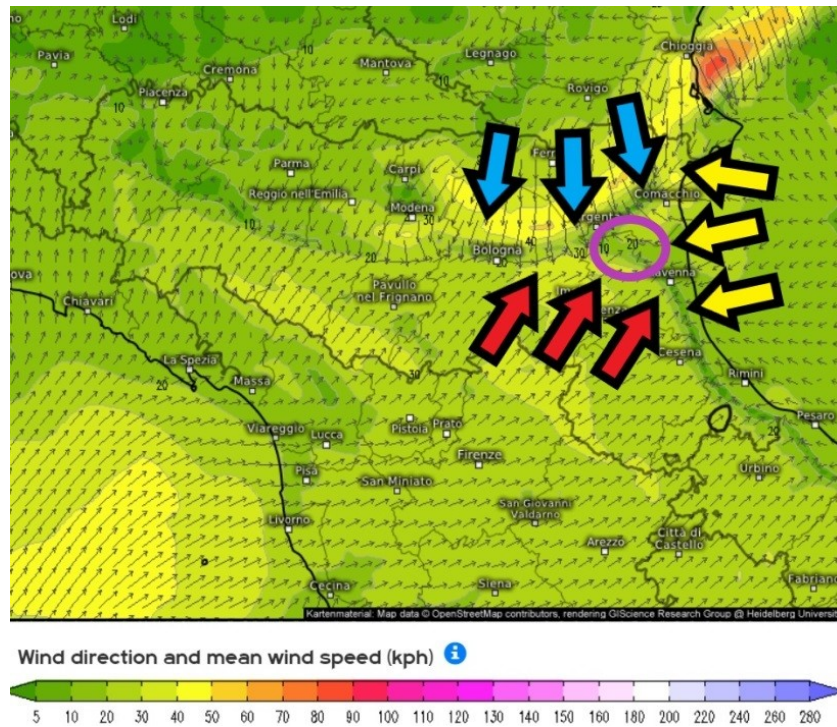


Fig. 8: Analisi vento a 10 m ore 13 UTC del 22/07/2023. Fonte: EU Swiss HD nowcast Meteologix

In questo caso si rileva ancora meglio la zona di confluenza tra le tre masse d'aria nei bassi strati: le frecce rosse indicano il flusso caldo e secco di caduta dai rilievi appenninici (dry-line); quelle gialle la corrente caldo umida marittima in rientro da Est dall'Adriatico, e quelle blu il flusso freddo in discesa da Nord, in parte legato all'evoluzione sinottica e in parte alla precedente convezione attivatasi a Nord del Po (outflow). Il cerchio viola indica l'area nella quale le tre masse d'aria vanno a confluire, che corrisponde alla fascia di territorio compresa tra il ferrarese meridionale e il ravennate settentrionale laddove il mesociclone collegato alla supercella andrà a intensificarsi. Sarà proprio in questa zona che si innescherà il tornado mesociclonico.

La confluenza tra masse d'aria aventi caratteristiche termo-igrometriche molto diverse è resa ancora più evidente dall'analisi dei campi di convergenza di umidità, riferita alla stessa ora, proposta in figura 9. Essa (moisture convergence) rappresenta un termine di conservazione del vapore acqueo, ed esprime una misura del grado di convergenza dell'aria umida in una data area, tenendo conto dell'effetto dei venti convergenti e dell'avvezione di umidità. Le aree di persistente convergenza dell'umidità sono regioni favorite per lo sviluppo dei temporali, se altri fattori (ad esempio, instabilità) sono favorevoli.

Un'analisi su scala mostra che la convergenza di umidità è direttamente proporzionale al campo di convergenza di massa orizzontale, consentendole di essere altamente efficace nell'evidenziare i confini della mesoscala tra diverse masse d'aria vicino alla superficie terrestre, i quali possono essere risolti dai dati di superficie e da un'appropriata spaziatura della griglia dei modelli numerici. Tuttavia, l'efficacia dei confini (boundary) nel generare convezione umida profonda è influenzata da molti fattori, tra cui la profondità della circolazione verticale lungo il confine, la presenza di energia potenziale convettiva disponibile (CAPE) e di inibizione convettiva (CIN) vicino al confine. Inoltre, i getti troposferici inferiori e superiori, la frontogenesi e altre forzanti possono produrre una convergenza di massa orizzontale sopra la superficie, fornendo la portanza necessaria per portare le particelle elevate al loro livello di libera convezione senza connessione allo strato limite.

Le tre diverse correnti in confluenza accumulano notevoli quantità di umidità (fasce blu) lungo tre confini principali: un primo sull'Emilia tra flussi caldi e secchi da SW e freschi e umidi da NNE (primo ramo della dry-line), un secondo sulla Romagna orientale tra correnti calde-secche da SW e

caldo-umide da Est (secondo ramo della dry line), e infine un terzo sul ferrarese orientale tra la corrente caldo umida da Est e quella fredda e relativamente meno umida da Nord.

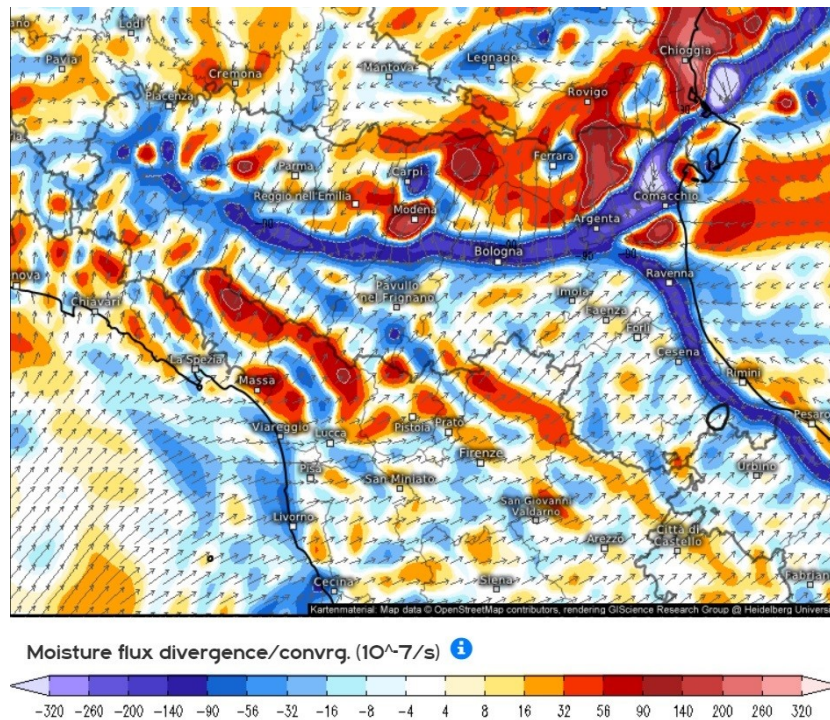


Fig. 9: Analisi moisture divergence/convergence ore 13 UTC del 22/07/2023. Fonte: EU Swiss HD nowcast Meteologix

I tre confini prima individuati si collegano nel cosiddetto “punto triplo” (figura 10) in corrispondenza del ravennate settentrionale laddove è massima la confluenza tra le tre masse d’aria prima individuate, in particolare nell’areale tra Argenta (FE), Voltana (RA) e Alfonsine (RA). La strutturazione di un “punto triplo” in bassa troposfera risponde perfettamente al modello concettuale favorevole all’innesco di supercelle tornadiche sul Nord Italia (De Martin et al, 2023; Bagagnoli et al, 2021), il quale prevede una forzante sinottica così riassumibile:

1. Intenso flusso da Sud-Ovest o da Ovest-Sud-Ovest in quota con transito di una corrente a getto
2. Aria fredda e secca da Nord-Ovest sui livelli medio bassi
3. Minimo di pressione chiuso in Pianura Padana
4. Aumento dell’umidità specifica (già alta)

E una forzante alla mesoscala così sintetizzata:

- 1) Lingua di aria calda e molto umida in entrata dall’Adriatico con altri valori di Theta-E
- 2) Corrente calda e secca da Sud-Ovest in downstream (dry-line) in Emilia-Romagna
- 3) Aria fredda e umida tra Nord-Ovest e Nord-Est prodotta da convezione alpina o prealpina (e relativi outflow boundary, ovvero confini di aria fredda) o da venti freddi che aggirano le Alpi.

Il punto triplo che si origina tra aria secca appenninica, aria umida adriatica e aria fredda dalle Alpi è spesso associato ai temporali a supercella tornadici.

Nel caso del 22 luglio 2023 le condizioni su scala sinottica e alla mesoscala sono state pienamente soddisfatte, con particolare riferimento alla formazione del punto triplo.

Generalmente il punto triplo si struttura più a Nord e più a Ovest rispetto alla posizione assunta il 22 luglio, prova ne sia che le aree regionali a maggiore rischio tornado, mesociclonici e non, sono quelle emiliane centro-orientali situate in prossimità del Po, con particolare riferimento al ferrarese. Ma, nel caso del 22 luglio, i blandi gradienti barici presenti nei bassi strati hanno attenuato l’intensità della corrente appenninica (dry-line) facendola restare più arretrata, e contemporaneamente contenuto la risalita verso Ovest o Nord-Ovest della lingua caldo-umida



adriatica. Per tale ragione il punto triplo si è organizzato più a Sud e più a Est rispetto al classico modello concettuale.

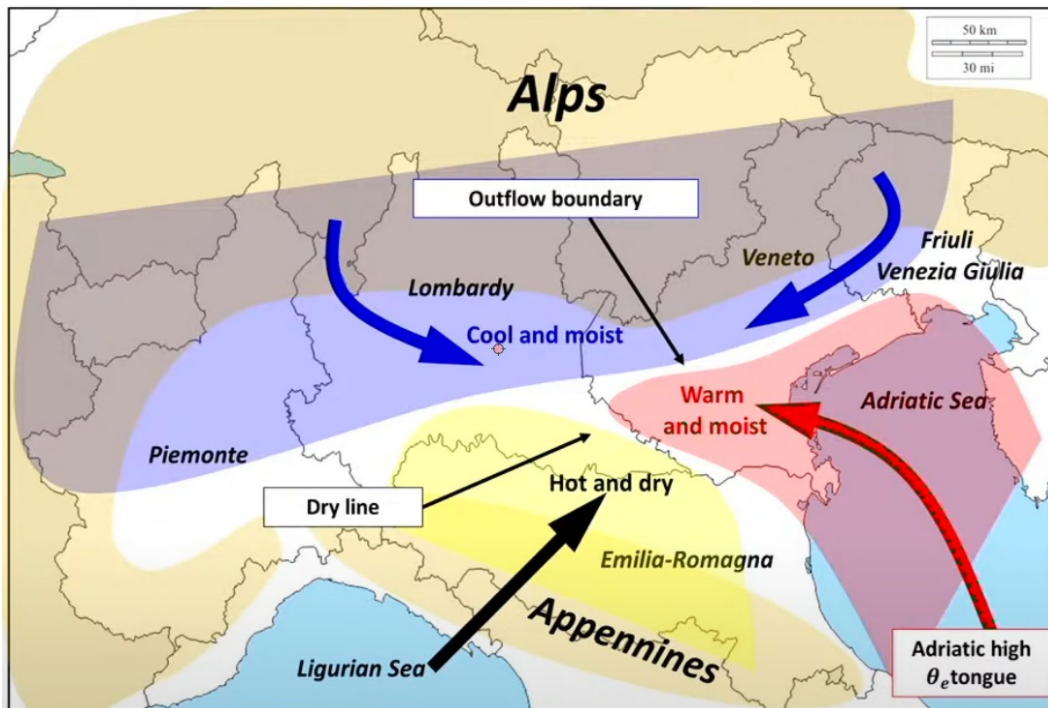


Fig. 10: Modello concettuale di circolazione per supercelle tornadiche sul Nord Italia (De Martin et al, 2023)

La netta delimitazione tra le masse d'aria più secche e quelle più umide, operata nei bassi strati dalla dry line appenninica, è ben riscontrabile nell'analisi regionale dei campi di umidità relativa al suolo, in questo caso provenienti da una rete osservativa, riferita alle ore 13 UTC, di figura 11.

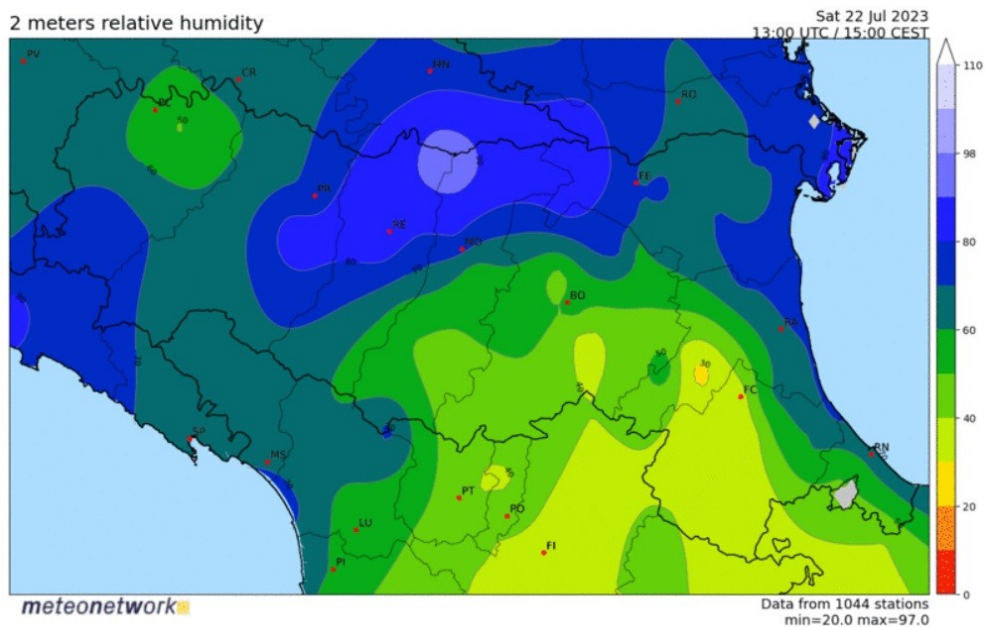


Fig. 11: Analisi campi di umidità relativa al suolo ore 13 UTC del 22/07/2023. Fonte: Rete osservativa Meteonetwork

Nella mappa si nota molto bene la posizione della dry-line appenninica, delimitata da valori di umidità relativa alquanto bassi ad Ovest, con interessamento del comparto appenninico e pedecollinare fino alle pianure limitrofe (valori tra il 20 e il 30% nel faentino), e assai più elevati

sull'Emilia settentrionale, Nord ravennate e sulla costa romagnola (tra il 60 e l'80% con massimi oltre il 90% laddove erano in atto precipitazioni legate all'evoluzione del sistema temporalesco).

### Analisi del radiosondaggio

Il radiosondaggio di San Pietro Capofiume (BO) delle ore 12 UTC di sabato 22 luglio (figura 12), quindi molto indicativo grazie alla prossimità dell'evento, sostanzialmente conferma quanto appurato tramite modelli numerici ad area limitata, mostrando un ambiente caratterizzato da elevata instabilità termodinamica con SB e MU CAPE di 2545 J/Kg e un Lifted Index di -8,8 °C.

Il CAPE HGZ, vale a dire quello compreso tra le isoterme di -10 e -30°C che racchiudono lo strato ove è massima l'efficienza di accrescimento dei chicchi di grandine, è di 1038 J/Kg, pari al 41% del CAPE totale. Generalmente valori di HGZ CAPE superiori al 35% del CAPE complessivo favoriscono la genesi di grandinate di grosse dimensioni, come occorre anche nel caso del 22 luglio. L'analisi del profilo verticale del vento e della temperatura equivalente potenziale evidenzia anche la sensibile predisposizione dell'atmosfera allo sviluppo di intensi moti discendenti correlati alla probabilità di violente raffiche di vento (downburst), ipotesi rafforzata anche da un valore di WMSI (Wet Microburst Severity Index) di ben 80 quando valori dell'indice da 80 e oltre sono ben correlati a raffiche discendenti (downburst) superiori a 90 Km/h (Pryor, Ellrod, 2003). Infatti, prescindendo dall'innesco del severo tornado, la supercella ha prodotto anche violente raffiche discendenti, con danni anche materiali, su una fascia di territorio alquanto estesa comprendente i comuni di Conselice, Lugo, Fusignano e Bagnacavallo, tutti nel ravennate.

L'indice di SWEAT (Severe Weather Threat) di 378,4 indica sia elevata probabilità di eventi tornadici sia una significativa probabilità di intense correnti discendenti. In quota è presente uno strato con basse temperature di rugiada tra i piani isobarici di 500 e di 400 hPa, mentre intorno al livello dei 700 hPa si nota una zona di aria particolarmente secca, entrambi fattori associati ad un'alta probabilità di rapide accelerazioni delle correnti discendenti in seno alle nubi temporalesche.

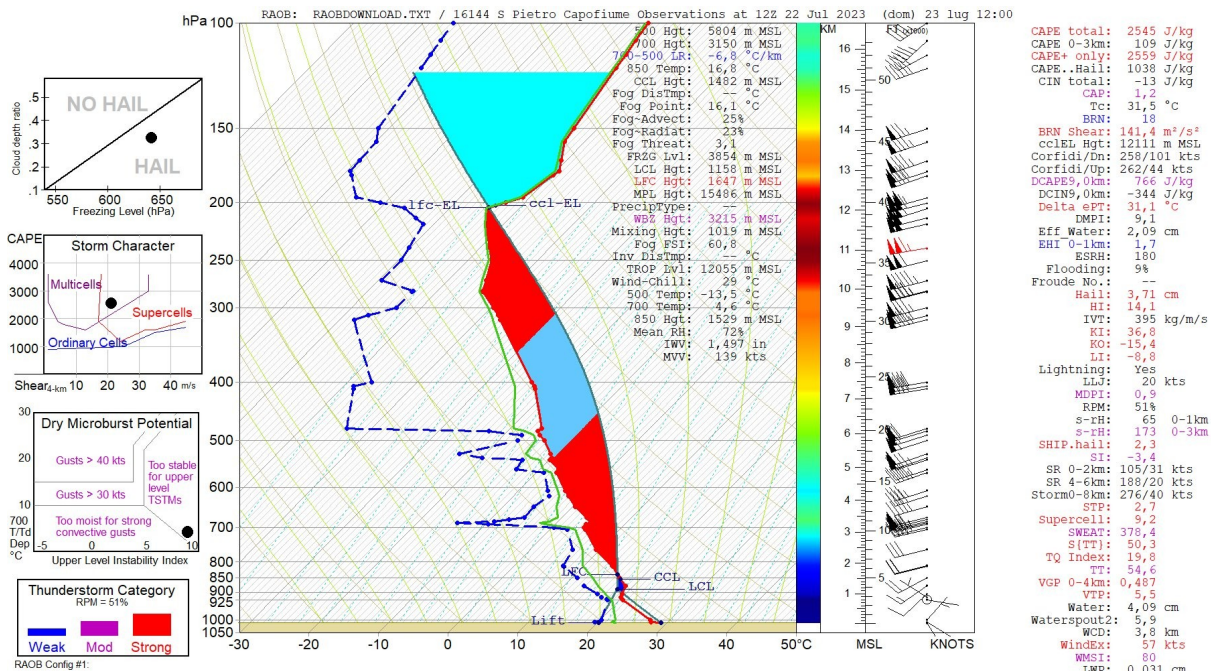


Fig. 12: Radiosondaggio S. P. Capofiume (BO) ore 12 UTC del 22/07/2023. Fonte: ARPAE elaborazione RAOB

Il radiosondaggio mostra, inoltre, un profilo verticale alquanto umido fino al livello isobarico di 700 hPa, caratteristica comune agli ambienti favorevoli allo sviluppo di supercelle di tipo HP (High Precipitation), con valori di acqua precipitabile (PWAT) di 41 mm che risultano assai elevati e che sono compatibili con la formazione di chicchi di grandine di grosse dimensioni (>30 mm con CAPE

>2000 J/Kg). Il livello di equilibrio (Equilibrium Level, LFC-EL) è stimato in 12.055 metri, quota oltre la quale i processi convettivi tendono ad arrestarsi per l'esaurimento della spinta di galleggiamento. EL in genere corrisponde all'altezza alla quale si forma l'incudine e a volte può coincidere con la tropopausa la quale è stimata al livello isobarico di 204 hPa (12.055 m).

L'area in azzurro chiaro nella figura 12 sopra il livello LFC-EL rappresenta la quota raggiungibile dalla sommità del cumulonembo grazie alla spinta inerziale della corrente ascensionale (Maximum Parcel Level, MPL): in genere corrisponde all'altezza alla quale si arresta la sommità dell'overshooting top, in questo caso fino a superare i 15 km di altezza entrando così nella bassa stratosfera. Il livello di LFC (livello di libera convezione) risulta rintracciabile al livello isobarico di 847 hPa (circa 1600 m) ponendosi nel range di elevata instabilità potenziale ma anche in quello favorevole a supercelle tornadiche (<2000 m), mentre l'LCL (livello di condensazione forzata), che rappresenta il livello della base delle nubi nel caso di sollevamento forzato, si rileva intorno ai 1100 m. Per l'LCL i valori favorevoli ad eventi tornadici sono di norma collocati sotto gli 800 m, anche se occorre tenere presente che il punto di lancio del radiosondaggio è situato più all'interno rispetto alla zona colpita e probabilmente meno interessato da flusso umido orientale marittimo, con un profilo presumibilmente meno umido nei bassi strati ed entro lo strato limite.

Al di là dei parametri d'instabilità, sono quelli di wind shear o composti instabilità-shear, che rivelano un ambiente particolarmente favorevole allo sviluppo di supercelle tornadiche.

Lo shear BRN (Bulk Richardson Number) è simile allo DLS shear 0-6 km, tranne per il fatto che il primo è dato dal quadrato della differenza del vettore di massa tra il vento medio 0-500 m e il vento medio a 0-6 Km. Valori di 35-40  $m^2/s^2$  o superiori sono associati alle supercelle, mentre valori nel range 80-100  $m^2/s^2$  sono indicativi per supercelle a lunga percorrenza (*Weisman, Klemp, 1982*). Nel radiosondaggio del 22 luglio tale indice arriva a 141,  $m^2/s^2$ , ben oltre la soglia minima di supercelle "long lived" come puntualmente occorso.

Passando allo SREH 0-3 km, già considerato in sede di nowcast analisi, il radiosondaggio evidenzia un valore di 179  $m^2/s^2$  collocato ben all'interno della soglia di 150-200  $m^2/s^2$  che in letteratura (SPC) è ritenuto favorevole a supercelle tornadiche, anche se non esiste un limite ben definito tra supercelle tornadiche e non. Occorre però ribadire che la località dove viene effettuato il lancio non coincide appieno con l'area in cui è stato raggiunto il punto triplo, laddove i valori sono molto probabilmente stati superiori e coerenti con quanto mostrato dal modello di nowcasting.

In merito agli indici composti wind-shear/instabilità, che ben si prestano a valutare il rischio di tempeste supercellulari o anche tornadiche, si considera dapprima l'SCP (Supercell Composite Parameter), che da radiosondaggio in base al MU CAPE mostra un valore di 10,8, ben all'interno della soglia di rischio per supercelle "right mover" tornadiche, ma senza tralasciare come in coincidenza del punto triplo sono stati indicati valori ancora superiori.

Per quanto concerne l'STP (Significant Tornado Parameter) il radiosondaggio mostra un valore di 2,7 che cade perfettamente nella forbice di valori tipici per rischio di tornado severi (1,9/4,3).

Un ulteriore contributo alla notevole predisposizione ad eventi tornadici di quel pomeriggio, proviene dalla valutazione dell'indice VGP (Vorticity Generation Parameter), il quale stima il tasso di ribaltamento (tilting) e allungamento (stretching) della vorticità orizzontale da parte di una corrente ascensionale in un temporale (*Rasmussen, Blanchard, 1998*) che spesso preludono alla tornadogenesi al suolo. Valori superiori a 0,2 suggeriscono una crescente possibilità di tempeste tornadiche. Nel caso in esame il valore raggiunto nello strato 0-4 Km è di 0,487, quindi ampiamente sopra la soglia di 0,2 per il potenziale rischio di tornado.

Sempre in merito agli indici composti, il parametro EHI (Energy Helicity Index) mostra un valore di 1,7 nello spessore 0-1 km, anche in questo caso entro la soglia di attenzione per eventi tornadici collocata tra 1,5 e 2, tuttavia vale la pena ribadire che molto probabilmente nella fascia di territorio colpita dall'evento esso è stato sensibilmente superiore.

## Analisi satellitare e radarmeteorologica

Il sistema temporalesco a supercella di lunga percorrenza si innesca in tarda mattinata sul milanese sud-orientale interessando nelle ore successive il cremonese e il mantovano e mantenendo una direzione di movimento da WNW a ESE. Alle ore 12.50 UTC si nota la presenza di due supercelle: una prima, più intensa, in azione sul ferrarese, e una seconda tra modenese e bolognese. Molto evidente l'eco a uncino della supercella più orientale che ha superato la linea del Po, investendo modenese orientale e ferrarese con violente precipitazioni di pioggia e grandine enorme che si avvolgono intorno al mesociclone. Assai severa anche la supercella più a Ovest sebbene con mesociclone meno strutturato, ma anch'essa associata a pesanti grandinate con violente raffiche di downburst (figura 13).

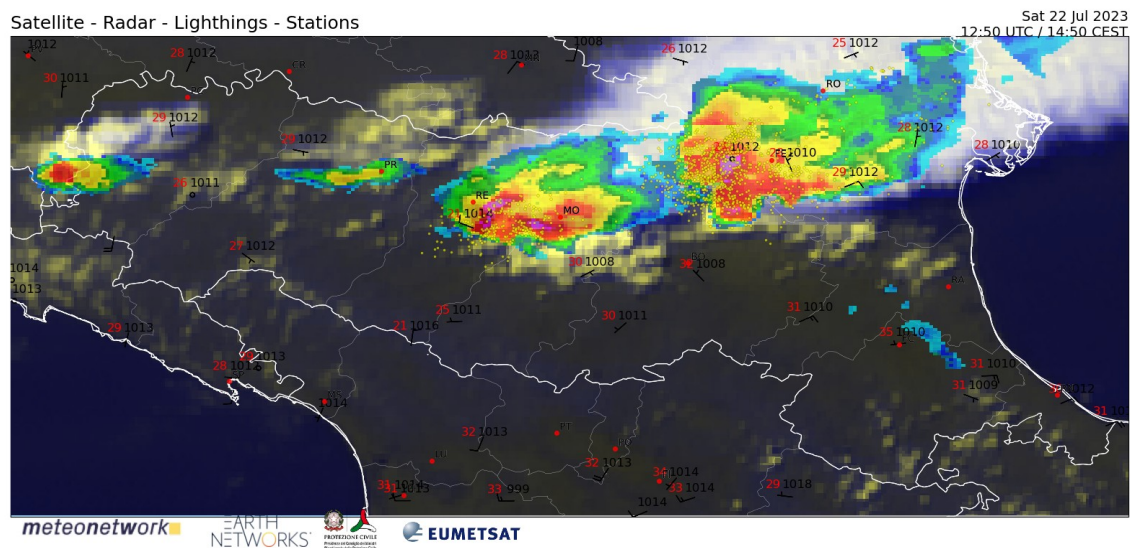


Fig. 13: Sovrapposizione immagini sat e radar ore 12.50 UTC del 22/07/2023. Fonte: Meteonetwork by Guido Cioni.

Alle ore 13.10 UTC la supercella principale è pienamente in azione sul ferrarese e abborda il confine settentrionale del ravennate. Il mesociclone è ancora più evidente con eco a uncino ben visibile e molto arcuato, sintomo di potenziale tornadogenesi, mentre proseguono intense grandinate di enormi dimensioni e forti downburst. La seconda supercella interessa il modenese e il bolognese causando danni da grandine di grosse dimensioni e venti lineari violenti (figura 14).

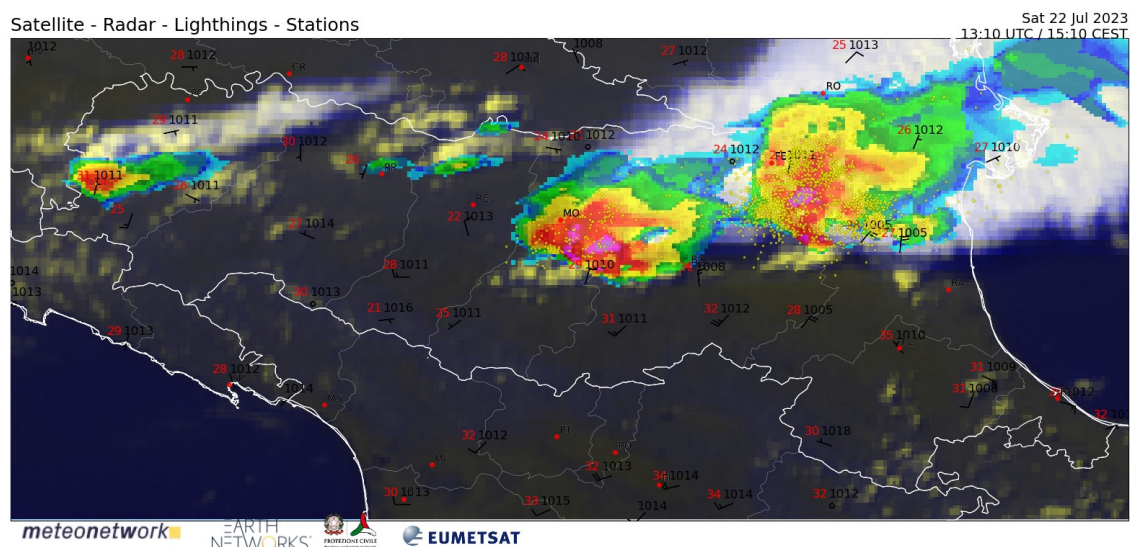


Fig. 14: Sovrapposizione immagini sat e radar ore 13.10 UTC del 22/07/2023. Fonte: Meteonetwork by Guido Cioni.

Nell'immagine satellitare nel campo dell'infrarosso, post-elaborata in falsi colori, appare evidente l'innesco di un esplosivo updraft che viene proiettato dal sistema non appena entrato nel Nord del ravennate, con il top della torre convettiva a temperatura di  $-70^{\circ}\text{C}$  (figura 15).

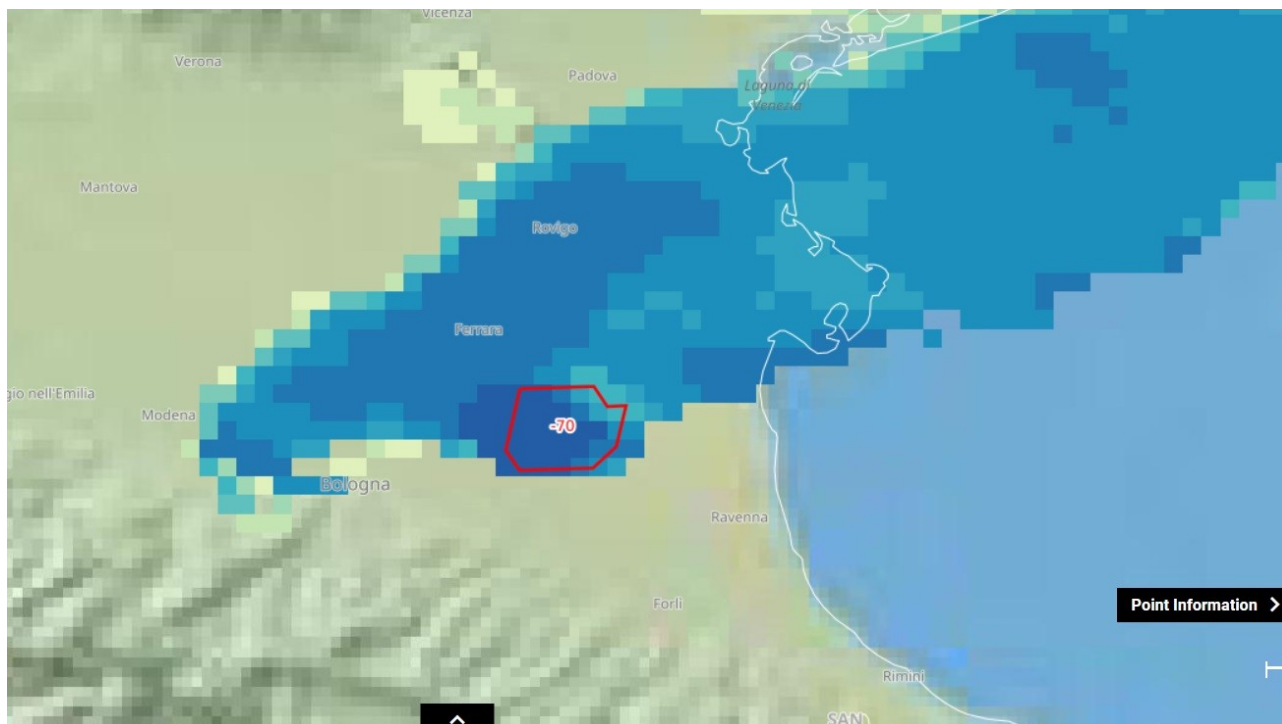


Fig. 15: Immagine sat, nell'infrarosso, a falsi colori ore 13.00 UTC del 22/07/2023. Fonte: EUMETSAT

In figura 16 è riportata la mappa di riflettività radar delle ore 13 UTC del 22/07/2023.

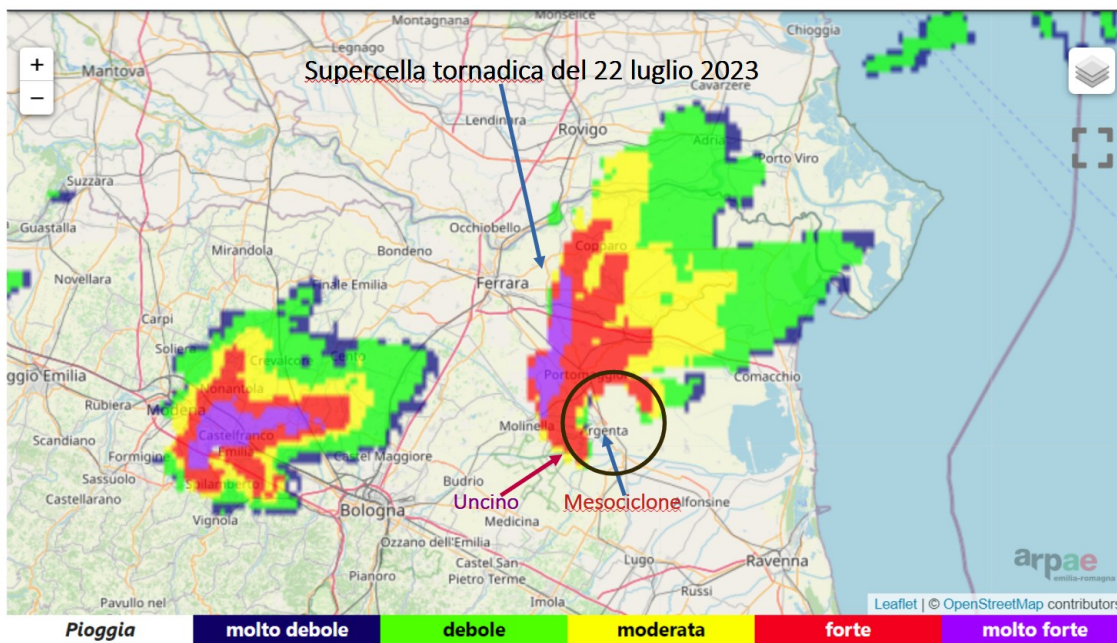


Fig. 16: Immagine radar S.P. Capofiume (BO) ore 13.00 UTC del 22/07/2023. Fonte: ARPAE

Si notano molto bene le due supercelle che a quell'ora imperversano in regione, con V-Notch ben definiti ed echi ad uncino altrettanto evidenti, in particolare quello della supercella in quel momento attiva sul ferrarese meridionale. Quest'ultima, mostra un mesociclone molto ben formato con le precipitazioni, di pioggia e grandine di grosse dimensioni, che vi si avvolgono disponendo i campi di riflettività in senso circolare. La struttura è tipica di supercelle nello stadio di

massima intensità e con elevato rischio di tornado. Infatti, la rotazione impressa ai campi di precipitazione appare molto maggiore rispetto alla supercella più occidentale. In questa fase il mesociclone è molto attivo al punto che i suoi effetti alla mesoscala si ripercuotono sui valori di pressione al suolo nelle zone interessate, come evidente dalla figura 17.

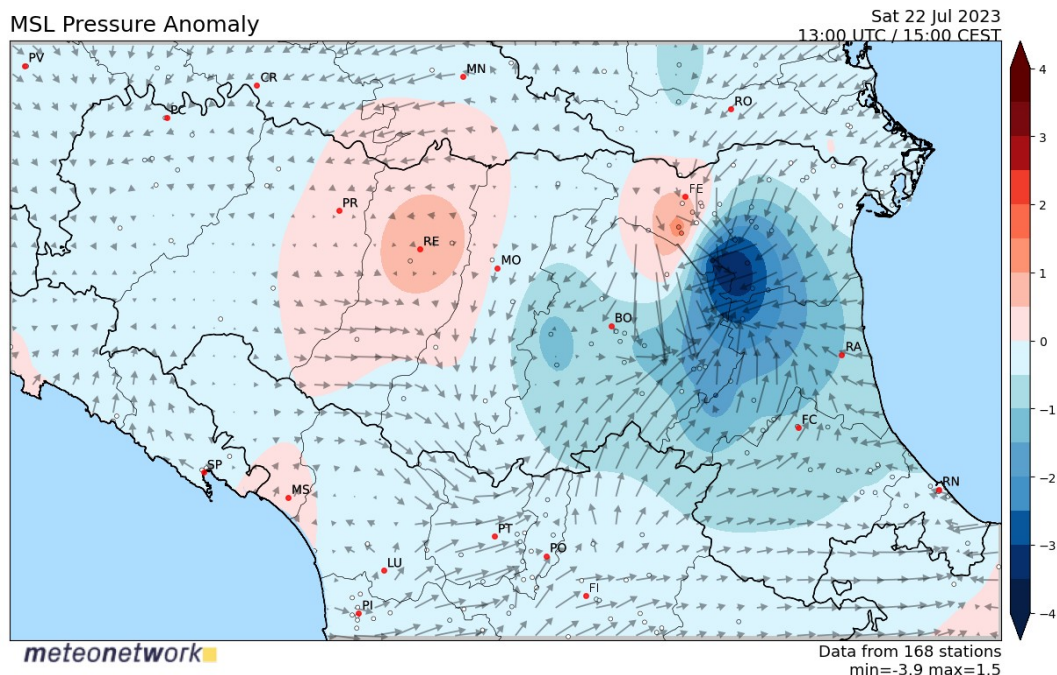


Fig. 17: Anomalia di pressione al suolo rispetto alle 12 ore precedenti e vettori del vento ore 13.00 UTC del 22/07/2023. Fonte: rete Meteonetwork elaborazione di Guido Cioni.

Nella mappa, integrata coi valori di 168 stazioni meteorologiche appartenenti a diverse reti osservative, è molto evidente la caduta di pressione atmosferica al suolo in corrispondenza dell'area interessata dal mesociclone e dovuta all'intensa corrente ascensionale in rotazione della supercella (colori dall'azzurro al blu). Inoltre, i venti al suolo mostrano direzioni convergenti verso il centro del mesociclone stesso con la classica rotazione ciclonica. Anche in questa elaborazione si rileva molto bene l'area caratterizzata dal punto triplo in cui confluiscono le diverse masse d'aria in azione contribuendo all'approfondimento del mesociclone innescatosi in precedenza. Sul ferrarese nord-occidentale si rileva invece pressione in rapido aumento per effetto del cold pool (lago di aria fredda), conseguenza delle precipitazioni già occorse, e per le fredde correnti discendenti (che vanno ad alimentare FFD e soprattutto RFD) legate alla supercella.

L'RFD (Rear Flank Downdraft) corrisponde al downdraft sul fianco posteriore della supercella, mentre l'FFD (Forward Flank Downdraft) rappresenta il downdraft sul fianco anteriore.

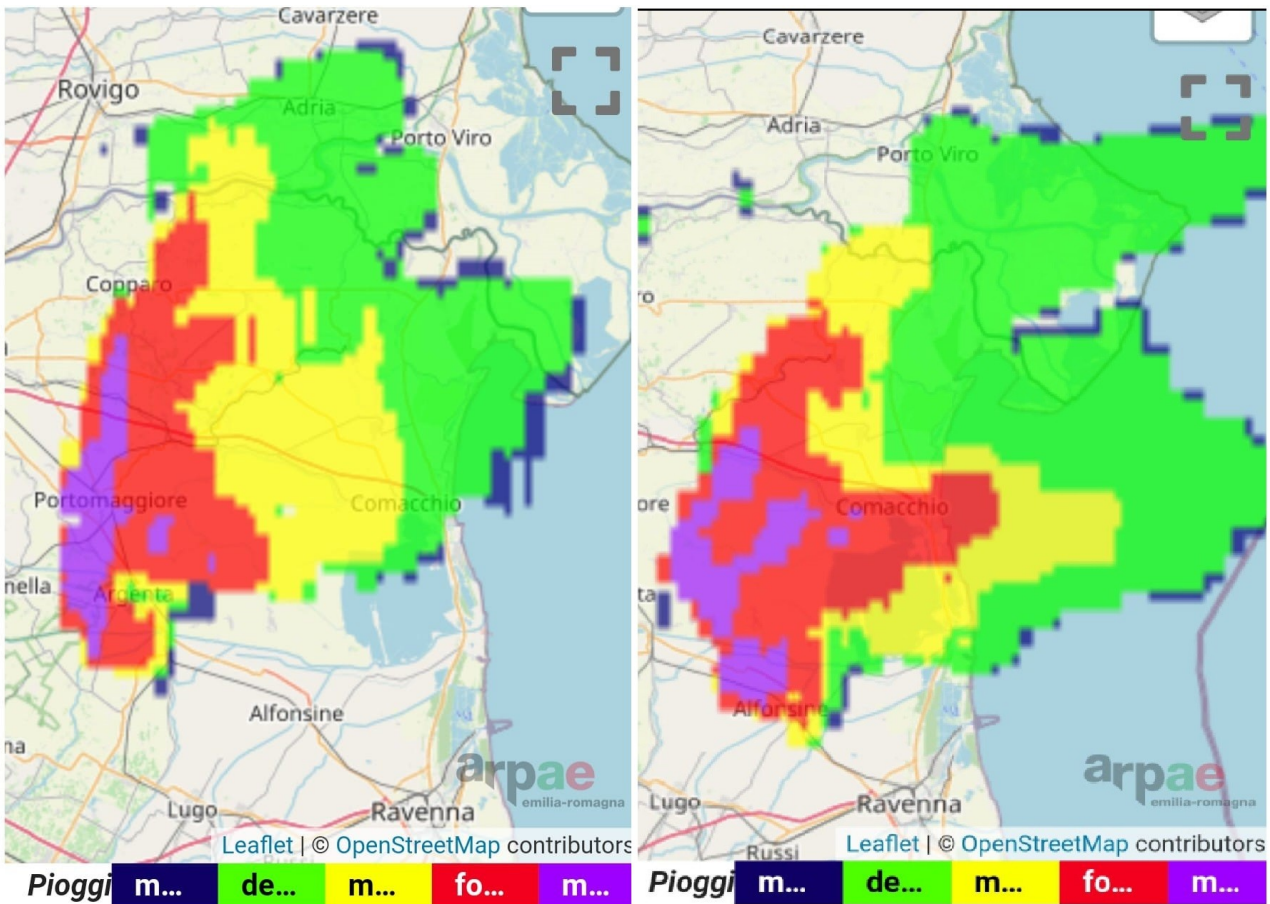
Le loro dinamiche sono spesso influenti sulla tornadogenesi, in particolare quelle dell'RFD.

Anche in riferimento alla supercella più a Ovest, è rintracciabile il calo della pressione atmosferica indotto dal proprio mesociclone (area azzurra tra modenese e bolognese) sebbene se in forma più attenuata, segnale di una struttura meno marcata.

Nel composito di figura 18 è riportata l'evoluzione della supercella tornadica nei 30 minuti successivi. Intorno alle 13.15 UTC la supercella entra in territorio ravennate innescando un tornado mesociclonico di tipo multi vortex (vortici multipli) e rain wrapped (occulto tra le precipitazioni) quindi poco o per nulla visibile se non per brevi fasi e in ogni caso con molta difficoltà.

Nel frame delle 13.15 UTC (a sinistra) si coglie perfettamente il TVS (Tornado Vortex Signature) sulla punta meridionale del sistema avente forma ad uncino molto pronunciata. Essa si sta colmando di precipitazioni di pioggia e grandine di grosse dimensioni che si avvolgono nel mesociclone trattandosi di una supercella HP (High Precipitation). Il TVS appare sul radar a diversi

chilometri dal suolo prima che un esso tocchi terra e ha una rotazione più piccola e più stretta del mesociclone generatore. Sebbene l'esistenza di un TVS non garantisca un tornado, aumenta fortemente la probabilità che esso si verifichi.



15:15 sabato 22 luglio 2023

15:30 sabato 22 luglio 2023

Fig. 18: Immagini radar S.P. Capofiume (BO) ore 13.15 e 13.30 UTC del 22/07/2023. Fonte: ARPAE

Le immagini radar considerate evidenziano l'evoluzione di un sistema supercellulare ad alte precipitazioni perfettamente aderente con il modello teorico di HP supercell di figura 19.

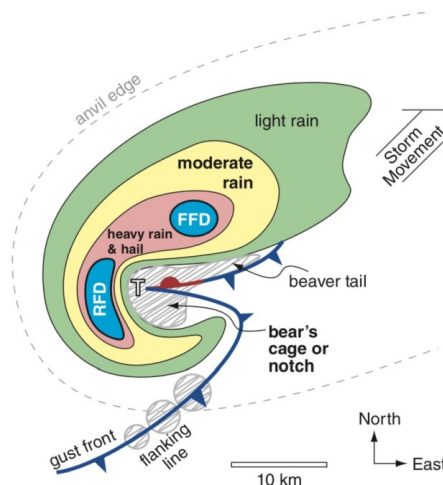


Fig. 19: Modello teorico di HP supercell vista dall'alto. Fonte: Stull, Practical Meteorology, 2017

## Il tornado: dati ed effetti sul territorio

Nel momento in cui la supercella principale si abbatte sul ravennate settentrionale innesca un severo tornado a vortici multipli (multivortex) e occultato dalle precipitazioni (rain wrapped).

L'imbuto o il cono del tornado sono in genere ben visibili, tuttavia, in alcuni casi il vortice, e rispettivo cono, vengono completamente avvolti dalle precipitazioni diventando quasi invisibili.

Purtroppo, è stato il caso del tornado ravennate del 22 luglio 2023. Si sottolinea come tornado e tromba d'aria sono sinonimi (una volta confermato il moto vorticoso).

Non si hanno immagini sufficientemente nitide del tornado (anche se i danni rilevati sono inequivocabili), ma un fermo immagine di un breve filmato girato con uno smartphone nella frazione di Fiumazzo, poco a Nord-Ovest di Alfonsine (RA), in direzione Nord-Nord-Est, lasciano intuire la presenza del vortice tra le precipitazioni e i detriti sollevati.

Il tornado si innesca indicativamente nei dintorni di Voltana (RA), o quantomeno si sono rilevati danni da tornado con sufficiente continuità dalla periferia Est di Voltana verso ESE, ma non si può escludere che il vortice abbia toccato il suolo, a tratti, anche più a Nord-Ovest laddove sono stati documentati danni materiali molto rilevanti e sospetti, anche se solo locali.

Peraltro, non si può escludere che si sia trattato di downburst o microburst particolarmente severi, i quali hanno interessato diverse aree al di fuori del percorso del vortice.

Grazie ad un certosino lavoro di indagine da parte dello staff di PRETEMP, con l'ausilio di rapporti di stormchasers in ricognizione sul posto, sorvolo di droni e immagini satellitari ad alta risoluzione (es. Sentinel), è stato ricostruito il percorso del tornado con una notevole accuratezza, il cui path che rispecchia fedelmente il corridoio con i danni più ingenti.

Esso è riportato in figura 20.

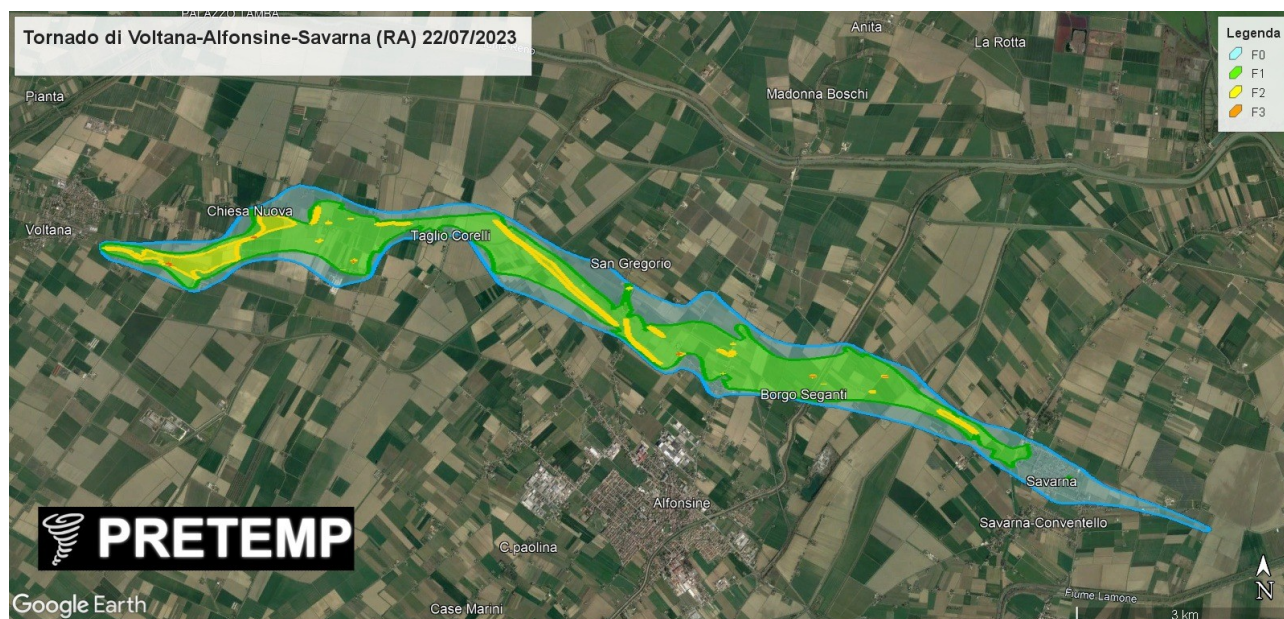


Fig. 20: Ricostruzione del percorso del tornado del 22/07/2023. Fonte: PRETEMP

<https://pretemp.altervista.org/index.html>

Nella mappa, il colore azzurro riguarda le zone in cui sono stati rilevati danni da F0 (vecchia scala Fujita); in verde quelle interessate da danni da F1, in giallo da F2 e in arancio da F3.

Il tornado a vortici multipli ha interessato il tratto di territorio ravennate che va da Voltana a Savarna passando per i sobborghi di Chiesa Nuova, Taglio Corelli, San Gregorio e Borgo Seganti, interessando i comprensori comunali di Lugo (Voltana e Chiesa Nuova); Alfonsine (Taglio Corelli, San Gregorio e Borgo Seganti), e Ravenna (Savarna).

Con buona approssimazione si è stimato un percorso di circa 17 Km con una traiettoria inizialmente Ovest-Est fino a Taglio Corelli, quindi con una deviazione verso ESE fino a Savarna ove



il tornado si è dapprima indebolito e poi dissolto, lasciando tuttavia ancora forti raffiche lineari (downburst) fino alla parte settentrionale della città di Ravenna e relativa area costiera.

Si tratta di una distanza significativa ma non particolarmente anomala o meno ancora record, essendo stati molti i tornado italiani ad aver percorso distanze superiori. Ciò che appare di maggiore rilievo è la stima della larghezza del vortice, individuata in 1,3 Km circa che ne farebbe uno dei più grossi tornado italiani dal 1900, tenendo tuttavia presente che molto a ritroso nel tempo le informazioni e documentazioni divengono più frammentarie e talora incerte, quindi è d'obbligo adottare il condizionale. Ma è molto probabile che si tratti di uno dei primi cinque tornado più estesi occorsi nella nostra Penisola dal 1900. Per contro, a livello di severità si tratta certamente del più grave tornado in Italia da quello di Dolo e Mira (VE) dell'8 luglio 2015.

Nell'immagine del percorso del tornado si nota, in base ai danni provocati, la probabile formazione di un secondo vortice all'altezza dell'abitato di San Gregorio, il quale assume per un breve tratto una direzione Nord-Sud prima di tornare a seguire il percorso da WNW a ESE.

Appare difficile stabilire a priori se il mesociclone abbia generato diversi vortici indipendenti in successione, ma si ritiene più probabile che il tornado fosse di tipo multi vortex (evenienza comune in tornado di grosse dimensioni) con i singoli sotto vortici in grado di arrecare i peggiori danni.

Come già accennato in precedenza, non ci sono immagini nitide o ben definite del tornado essendo stato appurato che si è trattato di un evento del tipo "rain wrapped", tuttavia alcuni filmati amatoriali girati a breve distanza rivelano la presenza del vortice, sebbene offuscate da precipitazioni e detriti che vi si avvolgevano. Uno di questi, effettuato nei pressi di Fiumazzo (non coinvolta dal tornado il quale è transitato a circa 2 Km verso Nord-Est) è mostrato, tramite un fermo immagine, in figura 21, con un raffronto rispetto a un evento simile occorso negli USA nel 2019 come esempio di tornado "rain wrapped".

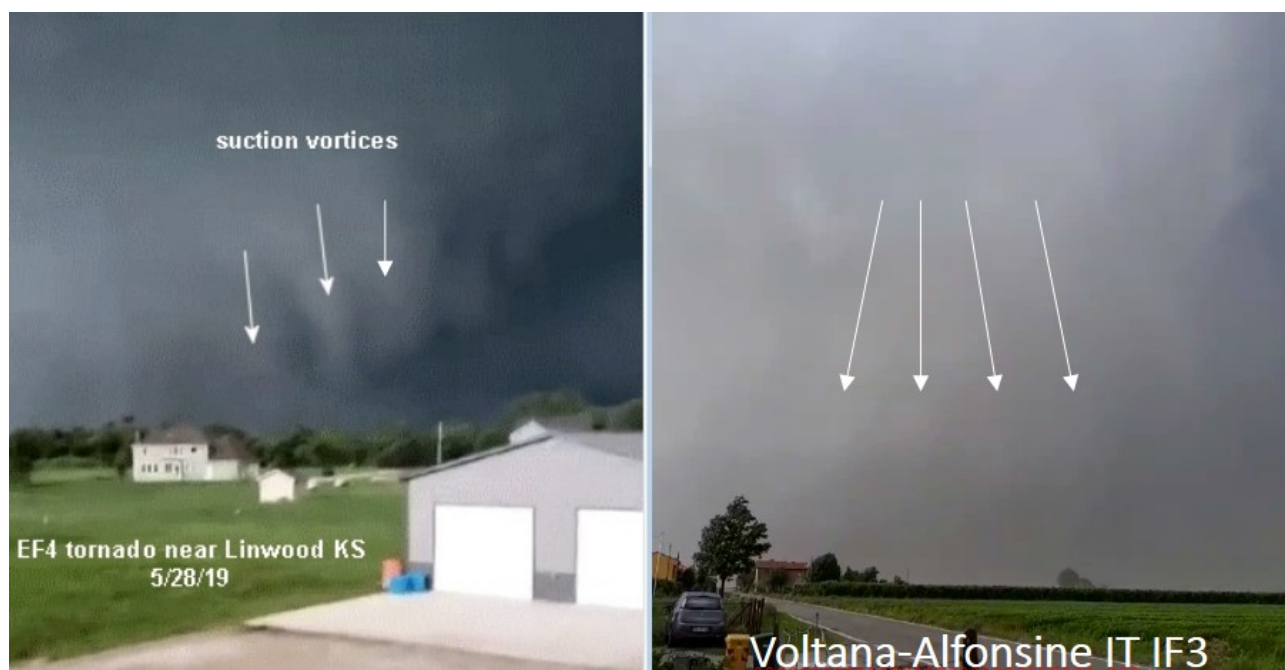


Fig. 21: Tornado di Linwood KS 28/05/2019 (sn) e di Voltana-Alfonsine-Savarna 22/07/2023. Fonte: Ion Davies Severe Weather Notes (sn) e Deborah Bezzi (ds).

I tornado con largo diametro hanno spesso all'interno "vortici di risucchio", cioè vortici secondari che ruotano intorno al tornado principale, e sono essi che provocano i danni più gravi. I vortici di risucchio sono frequenti anche nei tornado "rain wrapped" (nascosti da pioggia/grandine prodotti da supercelle HP come quella di Voltana-Alfonsine-Savarna) e si associano frequentemente ad altri ulteriori vortici nei tornado multi vortex, tutti questi aventi ciascuno un diverso diametro e un ciclo evolutivo piuttosto breve ma con un potenziale di danno molto significativo.

Nell'immagine composita, a sinistra è mostrato un tornado EF4 che il 28/05/2019 provocò gravi danni nella cittadina di Linwood (Kansas), tipicamente del tipo "rain wrapped", multi vortex e con ben definiti vortici di risucchio (suction vortices). Le frecce bianche indicano i vortici di risucchio del tornado che rimane ben nascosto dalle precipitazioni di pioggia e grandine in una supercella HP. A destra un fermo immagine del filmato girato presso Fiumazzo dove, a parte un maggiore offuscamento del vortice dovuto a precipitazioni, polvere e detriti in avvolgimento sul tornado, le analogie sono evidenti. Anche in questo caso le frecce bianche indicano i vortici di risucchio sebbene leggermente meno evidenti ma percepibili ad un occhio attento. In quel momento il tornado stava transitando tra le frazioni di Taglio Corelli e San Gregorio. Il passaggio del tornado è avvenuto in una fascia di territorio dove non sono presenti stazioni meteorologiche operative (che difficilmente avrebbero resistito), pertanto non sono disponibili osservazioni strumentali relative al transito del vortice. Tuttavia, sono stati considerati i dati di una stazione attiva ad Alfonsine (RA) la quale risulta quella più vicina alla zona interessata, appartenente alla rete osservativa di Emilia-Romagna Meteo e dotata di sensori sia di pressione atmosferica che di direzione e velocità del vento. Nonostante essa non si sia trovata sul percorso del tornado, ha fornito dati ugualmente interessanti che confermano l'evoluzione prospettata. La posizione geografica della stazione è evidenziata in figura 22.

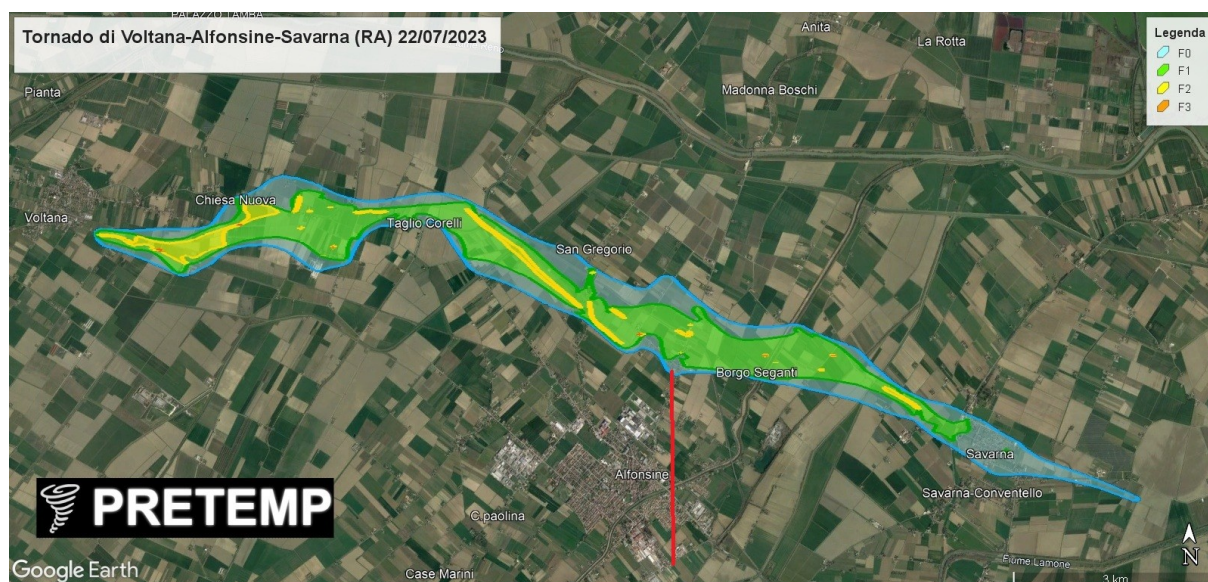


Fig. 22: Ricostruzione del percorso del tornado del 22/07/2023 e posizione della stazione meteo di Alfonsine (RA)

La linea rossa indica la distanza tra la traccia del tornado al suolo e la stazione meteorologica di Alfonsine (RA), valutabile in circa 2,7 Km in linea d'aria a Sud dell'area maggiormente colpita, e in corrispondenza della periferia Sud-Est del centro abitato di Alfonsine al confine con il comprensorio comunale di Bagnacavallo (RA).

Analizzando il campo di pressione atmosferica al suolo riferito al periodo nel quale è transitata la supercella, si riscontrano i valori riportati nel grafico di figura 23.

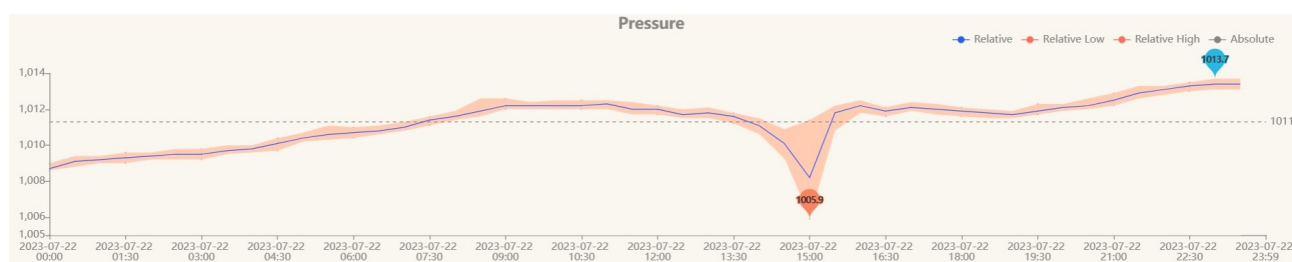


Fig. 23: Pressione al livello del mare in hPa del 22/07/2023 ad Alfonsine (RA). Fonte: rete osservativa E-R Meteo

Appare molto evidente il brusco calo della pressione durante il passaggio della supercella, con un valore di 1009,5 hPa delle ore 15,10 locali (13,10 UTC) che scende al picco minimo giornaliero di 1005,9 hPa alle ore 15,25 locali (13,25 UTC) quando transita il sistema temporalesco con relativo mesociclone, mostrando a un crollo barico di 3,6 hPa in 15 minuti corrispondente a un rateo di 14,4 hPa/h. Contemporaneamente si nota, nel barogramma, il classico “dente” o “imbuto” che di norma accompagna dapprima la caduta ed in seguito la pronta risalita della pressione atmosferica al passaggio di severi sistemi temporaleschi, con un valore che ritorna a 1009,5 hPa già alle 15,30 locali (13,30 UTC), quindi con un aumento di 3,6 hPa in 5 minuti (43,2 hPa/h) ancora più ripido rispetto alla precedente discesa. In questo caso è evidente l’effetto dell’RFD con brevi ma forti precipitazioni (anche di grandine) e violenti venti lineari associati alla massa d’aria più fredda e densa sul fianco Ovest e dietro il mesociclone in allontanamento verso ESE. Normalmente, qualora un tornado transiti in perfetta corrispondenza di una stazione meteorologica, si hanno le curve di caduta e di rialzo della pressione praticamente sovrapposte causa tempi rapidissimi di abbassamento e aumento causati direttamente dal vortice, e con cadute anche di 60-70 hPa in pochi istanti nei tornado severi. Naturalmente, non è questo il caso della stazione di Alfonsine tuttavia, il grafico è ugualmente rappresentativo del passaggio del mesociclone con il tornado associato che sfila a poco più di 2,5 Km in direzione Nord-Est. Altrettanto significativi sono i dati rilevati dal sensore di velocità del vento in Km/h, rappresentati in figura 24.

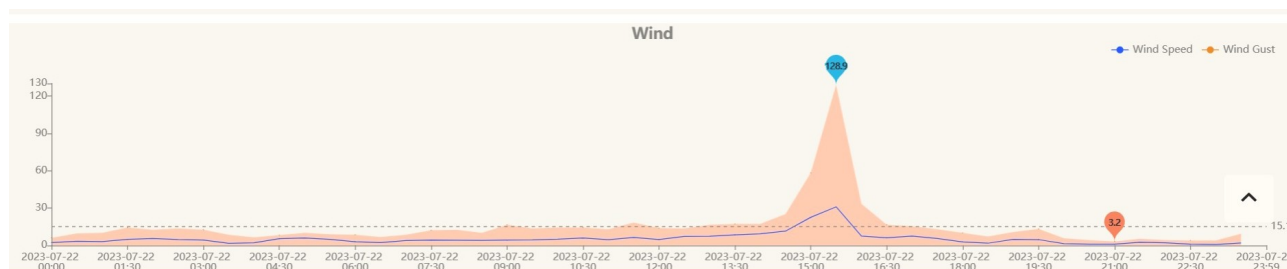


Fig. 24: Velocità del vento a 10 m in Km/h del 22/07/2023 ad Alfonsine (RA). Fonte: rete osservativa E-R Meteo

Il picco di intensità della raffica massima, con step di rilevazione di 5 minuti, è stato registrato nel lasso di tempo intercorso tra le ore 15,25 e 15,30 locali (13,25-13,30 UTC) con valore di ben 128,9 Km/h già in grado di causare danni materiali di una certa entità (grado 12 della Scala Beaufort, anche se andrebbero considerate le medie di almeno 10 minuti) del resto accertati sebbene non da tornado. Occorre tuttavia precisare che la stazione stessa ha subito una temporanea avaria al passaggio del violento temporale con relativo dell’RFD/downburst, interrompendo la trasmissione dei dati dalle 15,30 alle 15,55 locali, pertanto non è certo che i 128,9 Km/h rappresentino il picco massimo di raffica effettivo o reale raggiunto nel punto di osservazione. Ancora più indicativo è il rapporto testuale dei dati di velocità e soprattutto direzione del vento registrati dalla stazione e visualizzabili in figura 25.

Time	Wind			Pressure	
	Wind Speed (km/h)	Wind Gust (km/h)	Wind Direction (°)	Relative (hPa)	Absolute (hPa)
2023-07-22 15:20	30,9	58,3	Inflow 87 E	1006,1	1006,1
2023-07-22 15:25	21,4	52,9	Pre RFD 225 SW	1009,4	1009,4
2023-07-22 15:30	39,3	128,9	RFD 252 WSW	1011,5	1011,5
2023-07-22 15:55	22,7	37,8	14 NNE	1012,1	1012,1
2023-07-22 16:00	22,2	33,5	14 NNE	1012,4	1012,4

Fig. 25: Velocità e direzione del vento a 10 m del 22/07/2023 ad Alfonsine (RA). Fonte: rete osservativa E-R Meteo

Al di là dei dati di velocità già analizzati, molto eloquente è l'evoluzione della direzione del vento tra le ore 15,20 e le ore 16,00 locali, nella quale si nota una rotazione oraria della direzione nel tempo che è coerente con il passaggio di un mesociclone. Dapprima (15,20 locali) si hanno ancora venti orientali dovuti alla corrente calda e umida marittima che rappresenta in questo caso il flusso di alimentazione della supercella (inflow). Successivamente (15,25 locali) il vento si dispone rapidamente da SW mantenendosi quasi costante in velocità, e ciò coincide con l'avvicinarsi del tornado in azione più a Nord-Est che con la sua circolazione ciclonica richiama masse d'aria dalle aree circostanti. Quindi irrompe con violenza l'RFD (15,30 locali) con direzione che diviene da WSW e con il massimo di raffica istantanea di 128,9 Km/h mentre il tornado sfilava a circa 2,7 Km di distanza tra le direzioni Nord-Est ed Est. In seguito si ha l'interruzione della ricezione dei dati causa avaria provocata dagli effetti della supercella (compreso un black-out della corrente elettrica), ma è più che plausibile che la rotazione oraria del vento sia proseguita, nei minuti successivi, fino alle direzioni W, WNW e NW, coerentemente con il completamento del passaggio dell'RFD e suo esaurimento (vento ruotato definitivamente a NNE con intensità debole alle ore 15,55 locali).

In questo lasso di tempo non è da escludere che per tempi brevissimi le raffiche siano state, anche se di poco, ancora superiori al valore di picco subito prima registrato.

L'orientamento assunto dalla direzione del vento nel tempo è in questo caso tipico del passaggio di temporali a supercella, poiché qualora si fosse trattato di un normale evento di downburst legato ad altri tipi di temporale (QLCS, MCS), avremmo avuto un netto, diretto e più rapido salto di direzione dai quadranti meridionali o sud-orientali a quelli nord-occidentali o settentrionali, come di norma avviene nella sequenza che caratterizza il passaggio tra inflow e fronte delle raffiche e/o downburst. In ogni caso, le violente raffiche di vento registrate sono certamente attribuibili all'RFD della supercella e downburst umido annesso, aspetto confermato dalla mancanza di danni coerenti col passaggio di un vortice nonostante essi siano stati localmente di notevole rilievo, quantomeno sul centro abitato e nella periferia Sud della località ravennate.

In relazione ai danni provocati, sia dal tornado che dall'RFD e downburst associati alla supercella, sono state rese disponibili molte immagini grazie al pregevole lavoro di numerosi specialisti e chasers che hanno effettuato vari sopralluoghi nella zona colpita. Di essi si riporta solo una breve rassegna, essendo disponibili in diversi portali meteorologici regionali e nazionali.

Le prime due immagini sono particolarmente indicative dei gravi danni provocati dal tornado, e si riferiscono agli effetti delle raffiche di vento sui tralicci dell'alta tensione (figura 26).



*Fig. 26: Danni del tornado su un traliccio dell'alta tensione tra Voltana e Alfonsine. Fonte: Nicola Pirondini*

I danni arrecati ai tralicci dell'alta tensione sono particolarmente indicativi, poiché essi vengono dichiaratamente testati per resistere fino a raffiche di 250 Km/h per cui, essendo stati abbattuti ed in qualche caso anche contorti, si stima ragionevolmente che le massime raffiche provocate dal

tornado siano state superiori a tale soglia. In figura 27 sono mostrati i particolari di un'auto sbalzata, rovesciata e trasportata verso un fossato nella zona Nord di Alfonsine (RA).



*Fig. 27: Auto ribaltata in un fossato ad Alfonsine Nord (RA). Foto di Cristina Masi*

Nel composito di figura 28 si notano danni tipici del passaggio di un tornado, con alberi sfrondati e scortecciati a sinistra e abbattimenti incrociati a destra a causa della diversa direzione assunta dal vento durante il passaggio del vortice.



*Fig. 28: Alberi sfrondati e scortecciati (sn) e danni incrociati (ds) tra Voltana e Alfonsine. Fonte: pagina fb E-R Meteo*

In figura 29 sono mostrati altri danni tipici del passaggio di un tornado, sempre nella zona tra Voltana e Alfonsine.



*Fig. 29: Fabbricato demolito (sn) e danni incrociati (ds) tra Voltana e Alfonsine. Fonte: pagina fb E-R Meteo*

In questo caso abbiamo, a sinistra, un fabbricato gravemente danneggiato con alberi ancora una volta sfrondati e scortecciati sullo sfondo; mentre a destra si nota l'abbattimento incrociato di alcuni tutori morti (pali di sostegno) di un vigneto abbattuto. È evidente come essi siano allettati in direzioni diverse e talora opposte, peraltro anche con segni di torsione. Sono effetti che possono essere provocati solo dal transito di un tornado.

In figura 30 è raffigurata la facciata della Chiesa di San Giuseppe di Chiesanuova di Voltana (RA) danneggiata gravemente dalle raffiche di vento. Si stima che la massima severità del tornado si sia manifestata tra l'area immediatamente a Est-Sud-Est del centro Voltana (Chiesanuova; Via Bentivoglio) e la zona Nord di Alfonsine (Taglio Corelli; San Gregorio; Via Raspona e laterali; Borgo Seganti).



*Fig. 30: Chiesa di San Giuseppe di Chiesanuova (Voltana) gravemente lesionata. Fonte: SOS Ravenna sicurezza*

Anche nelle figure 31 e 32 sono evidenti danni molto gravi, sempre tra Voltana e Alfonsine (RA).



*Fig. 31: Fabbricati gravemente lesionati (sn) e infrastrutture agricole distrutte (ds). Fonte: Foto Zani Il Resto del Carlino*



Fig. 32: Capannoni e infrastrutture agricole devastate tra Voltana e Alfonsine.

Al di fuori del percorso del vortice del tornado sono stati segnalati danni più o meno gravi (anche materiali) provocati da violente raffiche di vento provenienti tra SW e NW assimilabili a forti downburst in seno al passaggio dell'RFD del mesociclone. Essi sono stati piuttosto irregolari, pulsanti, ed in qualche caso a debita distanza dal tornado e con un orientamento arcuato.

Ciò è imputabile al fenomeno del "twisting microburst", piuttosto frequente in tornado severi provocati da supercelle HP e con mesocicloni alquanto ampi. Infatti, nella regione esterna al tornado (outer region) la massa d'aria tende a confluire verso il tornado venendo richiamata e accelerando progressivamente mano a mano che si avvicina all'asse del cono a causa della pressione molto bassa al suo interno. Specie nelle supercelle con alte precipitazioni la corrente discendente (RFD e downburst con le precipitazioni) si somma all'accelerazione del vento verso il centro del tornado causando talora venti fortissimi anche se di breve durata (150 km/h e oltre).

Lo schema, semplificato, del fenomeno del twisting microburst, è mostrato in figura 33.

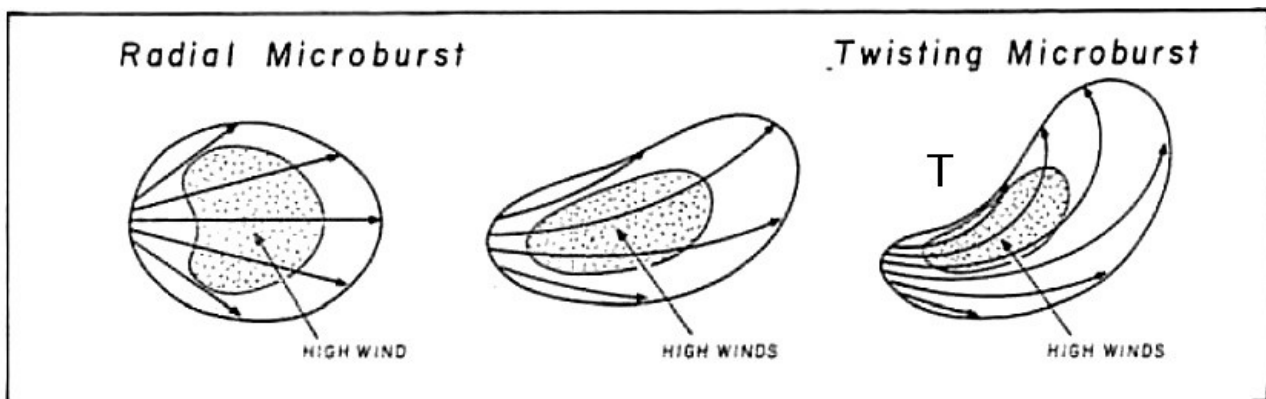


Fig. 33: Twisting microburst. Fonte: T.T. Fujita (*The Downburst, Microburst, Macroburst* 1985)

A differenza dei microburst o downburst radiali (a sinistra), tipici dei temporali multicellulari (QLCS, MCS), dove i danni da vento mostrano degli abbattimenti lineari leggermente divergenti, i twisting microburst o i twisting downburst provocano una disposizione degli abbattimenti modulata ad arco convergente verso il tornado (lettera T in figura), ed è quanto effettivamente rilevato non solo negli abitati di Voltana e Alfonsine, ma anche in luoghi distanti ulteriori 1/1,5 Km di linea d'aria dal percorso del tornado, con le direzioni dominanti di provenienza delle raffiche più dannose tra SW e NW. La stessa raffica di 128,9 Km/h registrata ad Alfonsine Sud, è assai probabile che sia stata causata da un twisting microburst in seno all'RFD in avanzamento.

### Classificazione

In merito alla classificazione del tornado, ancora non ne esiste una definitiva, in ogni caso l'ESWD (European Severe Weather Database), un ente molto autorevole per l'archiviazione e la validazione di episodi di tempo severo, così descrive l'evento in base alle segnalazioni giunte (in massima parte dal portale italiano STORM REPORT di PRETEMP che raccoglie e valida gli eventi):

Tornado del 22/08/2023 in zona Voltana-Alfonsine-Savarna (RA), ore 13,15 UTC (+/- 5 minuti).

Fenomeno avvenuto su: Terra.

Intensità e altre caratteristiche: F3.

La stima dell'intensità è basata su foto e/o video dei danni provocati, un'ispezione dei danni fatta da un esperto di fenomeni meteorologici locali e violenti.

La nube a forma d'imbuto non era osservabile.

Lunghezza del percorso: 16.7 km

Larghezza massima del percorso: 1300 m

Direzione del percorso: WNW-ESE

Impatti: Strade non percorribili o chiuse; linee elettriche danneggiate o distrutte; danni a tetti e camini; tetti distrutti; danni a finestre o "cappotti" isolanti; muri (parzialmente) crollati; costruzioni (quasi) completamente distrutte; auto ammaccate/bollate, vetri e parabrezza delle auto rotti, autocarri e/o rimorchi danneggiati; rami di grandi alberi rotti; alberi abbattuti o sradicati; frutteti e boschi danneggiati o distrutti; aziende agricole danneggiate.

Numero di persone ferite: 14.

Intenso tornado, case, cascine ed annessi almeno parzialmente crollati, tralicci in acciaio piegati alla base, auto e furgoni spostati, gravi danni a coltivazioni di vari tipi, alberi spezzati o sradicati, oggetti trasportati per centinaia di metri.

Pertanto, una prima classificazione cita il grado F3 (nella fase di massima intensità) della vecchia scala Fujita che consta di un massimo di 6 gradi (da F0 a F5), corrispondente a tornado severo, con raffiche massime stimabili in un range compreso tra 253 e 333 Km/h, come indicato in figura 34.

CLASSE	RAFFICA MASSIMA Km/h	Danni osservati
F <sub>0</sub>	65 - 117	Minori
F <sub>1</sub>	117 - 180	Deboli
F <sub>2</sub>	182 - 252	Elevati
F <sub>3</sub>	253 - 333	Severi
F <sub>4</sub>	334 - 419	Devastanti
F <sub>5</sub>	420 - 511	Incredibili
F <sub>6</sub>	Oltre 511	Inimmaginabili

Fig. 34: Scala di classificazione dei tornado in base ai danni provocati. Fonte: T. Fujita, 1971

La scala Fujita è ancora oggi adottata ma essenzialmente per poter eseguire raffronti con eventi di tornado del lontano passato, tuttavia è ritenuta oramai superata.

Infatti, è stata sostituita dalla scala "Fujita Avanzata" (Enhanced Fujita scale), utilizzata negli USA e in Canada. Le differenze principali fra la scala Fujita e la più recente "avanzata", riguardano la velocità stimata dei venti delle varie categorie e un miglior approfondimento degli effetti dei tornado su varie strutture. Essa è riportata nella tabella di figura 35.

SCALA E/EF	F raffica massima Km/h	EF raffica massima Km/h
0	65-117	105-137
1	117-180	138-177
2	182-252	178-217
3	253-333	218-266
4	334-419	267-322
5	420-511	>322

Fig. 35: Scala di classificazione F ed EF a confronto. Fonte: Storm Prediction Center NOAA



Tra le due si nota un range meno ampio nella scala avanzata, con un minimo (base di EF0) di 105 Km/h ed un massimo (EF5) superiore a 322 Km/h.

Tuttavia, anche la scala "Fujita Avanzata" è considerata ancora non sufficientemente idonea al contesto europeo, laddove la tipologia di costruzioni, su cui si basano i danni da valutare, è assai diversa da quelle prevalenti nelle grandi pianure del Nord America.

Ecco quindi la nuova scala International Fujita (IF) che è stata introdotta nel 2023 dall'European Severe Storms Laboratory (ESSL).

L'intento è stato quello di sviluppare una scala di classificazione meglio rispondente alle caratteristiche strutturali di edifici presenti in Europa. Si utilizzano gli stessi concetti della scala EF per il grado di danno, ma con il perfezionamento nelle stime dei venti attraverso la conservazione di una certa coerenza con le scale precedenti (un IF3 corrisponde grosso modo alle velocità del vento del vecchio grado F3). Sono state eliminate le stime del vento su tre livelli previste nella EF (expected/lower bound/upper bound) adottandone una centrale ma con delle tolleranze del  $\pm 20\%$ . Le velocità del vento comprendono le tre dimensioni (anche quella ascensionale) e non sono necessariamente riferite alla media dei 3 secondi. Infatti, è stato dimostrato che molti danni si verificano anche in una frazione di secondo comportando una sottostima delle velocità istantanee fino a oltre il 20%. Anche i danni da downburst possono rientrare in questa classificazione sebbene vi sia la possibilità di definire la natura tornadica o meno dell'evento con attente indagini sui danni. Nella metà inferiore della scala le stime possono godere di maggiore accuratezza consentendo di introdurre i "mezzi gradi" fino a IF 2.5, e mantenendo grosso modo inalterate le corrispondenze con la scala EF. La nuova scala IF Fujita è riportata in figura 36.

Class	speed m/s	error m/s	speed km/h	error km/h	Speed mph	error mph	speed knots	error knots
<b>IF0-</b>	20	$\pm 6$	72	$\pm 22$	45	$\pm 14$	39	$\pm 12$
<b>IF0</b>	25	$\pm 7$	90	$\pm 27$	56	$\pm 17$	48	$\pm 15$
<b>IF0+</b>	30	$\pm 9$	108	$\pm 32$	67	$\pm 20$	58	$\pm 18$
<b>IF1-</b>	36	$\pm 11$	128	$\pm 38$	70	$\pm 24$	69	$\pm 21$
<b>IF1</b>	41	$\pm 12$	149	$\pm 45$	92	$\pm 28$	80	$\pm 24$
<b>IF1+</b>	47	$\pm 14$	170	$\pm 51$	106	$\pm 32$	92	$\pm 28$
<b>IF2-</b>	54	$\pm 16$	193	$\pm 58$	120	$\pm 36$	104	$\pm 31$
<b>IF2</b>	60	$\pm 18$	217	$\pm 65$	135	$\pm 40$	117	$\pm 35$
<b>IF2+</b>	67	$\pm 20$	241	$\pm 72$	150	$\pm 45$	130	$\pm 39$
<b>IF3</b>	81	$\pm 24$	293	$\pm 88$	182	$\pm 55$	158	$\pm 47$
<b>IF4</b>	105	$\pm 31$	376	$\pm 113$	234	$\pm 70$	203	$\pm 61$
<b>IF5</b>	130	$\pm 39$	466	$\pm 140$	290	$\pm 87$	252	$\pm 76$

Fig. 36: Nuova scala IF di classificazione dei tornado. Fonte: ESSL 2023

Come si può notare, in questo tipo di scala è stato introdotto l'errore possibile nella stima della raffica massima, dovuto al fatto che essa viene ipotizzata in base al tipo di danno provocato e non misurata da apposita strumentazione. Il riquadro rosso delimita la stima del grado IF attribuito al tornado di Voltana-Alfonsine-Savarna dopo un'analisi degli effetti provocati dal vortice su fabbricati, vegetazione e infrastrutture di vario tipo. Il grado IF3 indica un tornado severo e ricade nella parte "bassa" della scala, cioè vicino a quelli di massima gravità. Pertanto, nella fase di massima intensità può avere prodotto raffiche massime fino a 293  $\pm$  88 Km/h, stima che è del

tutto coerente, ad esempio, con i danni arrecati ai tralicci dell'alta tensione, garantiti per resistere fino a raffiche di 250 Km/h.

Indubbiamente, si tratta del più grave tornado mai verificatosi nella storia della provincia almeno dal 1900, considerando che qualche episodio è riportato nei ricorsi storici (es. Alfonsine 19 ottobre 1998) ma con descrizioni dei danni compatibili con un grado non oltre 0-1 nella scala Fujita.

Nella tabella di figura 37 sono elencati i tornado di terra (sia mesociclonici che non) occorsi in provincia di Ravenna dal 1900, non considerando le trombe marine (decisamente numerose) che tuttavia hanno dinamiche molto diverse ed appartengono ad una categoria a parte.

Località	Data	Ora UTC	Stima Grado Scala F
Budrio di Cotignola (RA)	Non nota	Non nota	Non classificabile
Roncalceci (RA)	03/07/1979	11:00	1
Alfonsine (RA)	19/10/1998	14:15	0
Ravenna	25/07/2004	09:45	0

Fig. 37: Eventi di tornado di terra dal 1900 in provincia di Ravenna. Fonte: ESWD

I precedenti noti (archivio ESWD) sono solo quattro dal 1900, di cui uno alquanto incerto (Budrio di Cotignola), a conferma del fatto che il territorio ravennate è caratterizzato da una bassa densità di tornado di terra accertati (a differenza delle trombe marine), non risultando tra le province più colpite della regione (che sono modenese, bolognese e ferrarese) anche se un minimo rischio esiste, specie verso il confine con le province di Bologna e Ferrara. Il tornado di Budrio di Cotignola (RA) è riportato in alcuni documenti storici ma non è stato possibile risalire alla data esatta e alla severità dell'evento, mentre informazioni più complete riguardano l'F1 del 03/07/1979 occorso presso Roncalceci, piccola frazione di Ravenna ubicata a Sud-Ovest del capoluogo, che fino al 22 luglio 2023 rappresentava il tornado più intenso verificatosi in provincia dal 1900.

Non è stato possibile risalire alla natura di questo tornado, ovvero mesociclonica o non (landspout), in ogni caso i danni furono più concentrati rispetto all'evento del 2023, il che presuppone il passaggio di un vortice di dimensioni assai inferiori.

Ai due eventi di Alfonsine nell'ottobre 1998 e di Ravenna nel luglio 2004 è stato attribuito un grado FO (tornado debole) con danni materiali lievi o al più moderati.

Dunque, per la prima volta dal 1900 si è avuto un tornado di categoria F3 in provincia di Ravenna, e si tratta del più grave tornado in Italia da quello dell'8 luglio 2015 sul veneziano (Dolo e Mira, F4).

Il devastante evento temporalesco del 29/06/1986, accompagnato da disastrose grandinate e violente raffiche di vento (>100 Km/h) su buona parte della provincia, vivo nella memoria dei ravennati per i gravissimi danni, non generò però tornado, per cui non compare in questo elenco.

Molte testimonianze raccolte nelle aree devastate dal tornado del 22 luglio 2023 descrivono l'arrivo del vortice, sostanzialmente invisibile, come: *“l'avanzare di una veloce cortina bianca uniforme entro la quale si vedevano sollevare e volare oggetti di ogni tipo”*, oppure: *“dopo che il cielo si era molto oscurato con un continuo brontolio di tuoni e qualche grosso chicco di grandine, all'improvviso è giunta una grossa nube biancastra estesa fino al suolo, accompagnata immediatamente da venti di terribile potenza, detriti lanciati come proiettili, e pioggia nebulizzata”*.

Queste descrizioni sono abbastanza comuni in caso di tornado molto ampi e del tipo multi vortice, ma esse richiamano alla memoria un importante outbreak (sciame) di tornado avvenuto nel lontano 4 luglio 1965. I tornado non interessarono la provincia di Ravenna, ma l'Emilia tra il parmense e il ferrarese; in particolare quello sul parmense causò 3 vittime e 86 feriti.

Di quello parmense si hanno un paio di testimonianze del vortice molto simili a quelle raccolte nel 2023: *“vortice poco definito e poco o per nulla visibile, apparentemente tradito da oggetti di tutti i tipi visti volare, descritto come una trottola rossa o ancora come un'ampia colonna bianca apparsa*

*dopo che il cielo si era oscurato*". Queste descrizioni prive di avvistamenti della classica forma a cono o proboscide sono abbastanza in linea con altro materiale dell'epoca, quale la descrizione di un altro tornado nella stessa giornata, definito come *"una nebbia che avanza"*.

Potrebbero essere stati, anche in quella occasione, degli ampi vortici poco definiti, magari con sotto vortici o vortici multipli (che giustificherebbero l'osservazione della "colonna bianca" citata anche nel 2023) prodotti da supercelle ad alte precipitazioni. In tal senso le analogie con l'evento ravennate del 2023 sono notevoli.

**P. Randi**

*Consulente tecnico Agenzia Italia Meteo*

*Presidente AMPRO*

**R. Ghiselli**

*Tecnico Meteorologo Certificato*

*Emilia-Romagna Meteo*

## **Bibliografia:**

*ARPAE: Rapporto dell'evento meteorologico del 22 luglio 2023*

*AA.VV.: Temporali e Tornado; Alpha Test Editore, terza edizione, 2021.*

*BAGAGLINI, L, R INGROSSO e M M MIGLIETTA (2021). Synoptic patterns and mesoscale precursors of Italian tornadoes In: Atmospheric Research 253, p. 105503.*

*BUNKERS M. J., KLIMOWSKI B. A., ZEITLER J. W., THOMPSON R. L., AND WEISMAN M. L., 2000: Predicting supercell motion using a new hodograph technique. «Wea. Forecasting», 15, 61–79.*

*BUNKERS M. J., HJELMFELT M. R., AND SMITH P. L., 2006: An observational examination of long-lived supercells. Part I: Characteristics, evolution, and demise. «Wea. Forecasting», 21, 673–688.*

*COSTA, S, P MEZZASALMA, V LEVIZZANI, PP ALBERONI e S NANNI (2001). #Deep convection over Northern Italy: synoptic and thermodynamic analysis#. In: Atmospheric Research 56.1-4, pp. 73#88.*

*DAVIES-JONES R. P., 2015: A review of supercell and tornado dynamics. «Atmos. Res.», 158–159, 274–291.*

*DE MARTIN, F., DAVOLIO S., MIGLIETTA M.M., LEVIZZANI V. (2023) "A conceptual model for the development of tornadoes in the Po Valley", 11th ECSS, Bucharest (Romania)*

*DOSWELL C. A. III, AND BURGESS D. W., 1993: Tornadoes and tornadic storms: A review of conceptual models. The Tornado: Its Structure, Dynamics, Hazards, and Prediction. «Geophys. Monogr., Amer. Geophys. Union», 79, 161–172.*

*ESSL (2018). The International Fujita (IF) Scale: Tornado and Wind Damage Assessment Guide. url: <https://www.essl.org/cms/international-fujita-scale/>.*

FUJITA T. T., 1973: Proposed mechanism of tornado formation from rotating thunderstorm. « Amer. Meteor. Soc.», 8th Conference on Severe Local Storms, Boston, 191-196

FUJITA T. T., 1985: *The Downburst, Microburst, Macrobust*

HOUSER J., BLUESTEIN H. B., SEIMON A., SNYDER J., THIEM K., 2018: *Rapid-Scan Mobile Radar Observations of Tornadogenesis*. «AGU Fall Meeting. Washington, DC. American Geophysical Union».

INGROSSO R., LIONELLO P., MIGLIETTA M. M., SALVADORI G., 2020: *A Statistical Investigation of Mesoscale Precursors of Significant Tornadoes: The Italian Case Study*. «Atmosphere», 11(301)..

KLEMP J. B., ROTUNNO R., 1983: *A study of the tornadic region within a supercell thunderstorm*. «J. Atmos. Sci.», 40, 359–377.

MARKOWSKI P. M., RASMUSSEN E. N., STRAKA J. M., 1998: *The occurrence of tornadoes in supercells interacting with boundaries during VORTEX-95*. «Wea. Forecasting», 13, 852–859.

MARKOWSKI P. M., AND RICHARDSON Y. P., 2009: *Tornadogenesis: Our current understanding, forecasting considerations, and questions to guide future research*. «Atmos. Res.», 93, 3–10.

MARKOWSKI P. M., AND RICHARDSON Y. P., 2010: *Mesoscale Meteorology in Midlatitudes*. «John Wiley & Sons»

MIGLIETTA M. M., MATSANGOURAS I. T., 2018: *An updated “climatology” of tornadoes and waterspouts in Italy*. «International Journal of Climatology», 38, 3667-3683.

MIGLIETTA, M M J MAZON and R ROTUNNO 2017 *Numerical simulations of a tornadic supercell over the mediterranean* Wea Forecasting 32 3 1209 1226 <https://doi.org/10.1175/WAF-D-16-0223.1>

MOLLER A. R., DOSWELL III C. A., FOSTER M. P., AND WOODALL G. R., 1994: *The operational recognition of supercell thunderstorm environments and storm structures*. «Wea. Forecasting», 9, 327–347.

RAMSAY H. A., AND DOSWELL III C. A., 2004: *Exploring hodograph-based techniques to estimate the velocity of right-moving supercells*. «22nd Conf. on Severe Local Storms, Hyannis, MA, Amer. Meteor. Soc., CD-ROM, 11A.6».

STULL R., 2017: *Practical Meteorology: An Algebra-based Survey of Atmospheric Science*. «Univ. of British Columbia, 940 pp. Su licenza CC BY-NC-SA 4.0 (figura 11.81)

TRAPP R. J., STUMPF G. J., MANROSS K. L., 2005: *A reassessment of the percentage of tornadic mesocyclones*. «Wea. Forecasting», 20, 680–687.

ZANINI M. A., HOFER L., FALESCHINI F., PELLEGRINO C., 2017: *Building damage assessment after the Riviera del Brenta tornado, northeast Italy*. «Natural Hazards», 86(3), pp. 1247-1273

ZEITLER J. W., AND BUNKERS M. J., 2005: *Operational forecasting of supercell motion: Review and case studies using multiple datasets*. «Natl. Wea. Dig.», 29, 81–97.

**Sitografia:**

NOAA – Storm Prediction Center [www.spc.noaa.gov](http://www.spc.noaa.gov)

Center for Severe Weather Research [www.cswr.org](http://www.cswr.org)

European Severe Storms Laboratory (ESSL) [www.essl.org/cms/](http://www.essl.org/cms/)

European Severe Weather Database [www.eswd.eu](http://www.eswd.eu)

Sito sulle previsioni sperimentali probabilistiche dei temporali <https://pretemp.altervista.org>

Sito sullo storm chasing di ZenaStormChaser [www.zenastormchaser.it](http://www.zenastormchaser.it)

<https://pazziperilmeteo.fvg.it/outbreak-temporalesco-del-4-5-luglio-1965/>

Portale di prodotti di modellistica numerica: [www.meteologix.com](http://www.meteologix.com)

Portale di prodotti di modellistica numerica: [www.meteociel.fr](http://www.meteociel.fr)

Portale di prodotti di modellistica numerica: [www.ventusky.com](http://www.ventusky.com)

Portale di prodotti di modellistica numerica: [www.wetter3.de](http://www.wetter3.de)

Portale EUMETSAT: <https://www.eumetsat.int/>

Rete osservativa Meteonetwork: <https://meteonetwork.eu/it/mappe-realtime>

Rete osservativa Emilia-Romagna Meteo: <https://www.emiliaromagnameteo.com/temperatura-attuale.php>