

Non sono rari i **tornado** anche in Italia, con intensità uguale o superiore alla categoria 2 della scala EF (Enhanced Fujita).

Sono stati analizzati in dettaglio, mediante simulazioni numeriche ad alta risoluzione spazio-temporale, 3 casi studio di supercelle che hanno generato eventi tornadici sull'Italia sud-orientale, tra la Calabria e la Puglia, verificatisi negli anni **2018 (20 e 25 Novembre)** e **2014 (12 Novembre)**.

Le simulazioni sono state condotte con il modello **WRF (Weather Research and Forecasting)** con un 1 km di passo di griglia e con output ogni 10 minuti. Sono stati condotti test di sensitività per studiare il ruolo delle condizioni iniziali e di altre forzanti, tra le quali la **SST (Sea Surface Temperature)** nella genesi e lo sviluppo delle supercelle tornadiche.

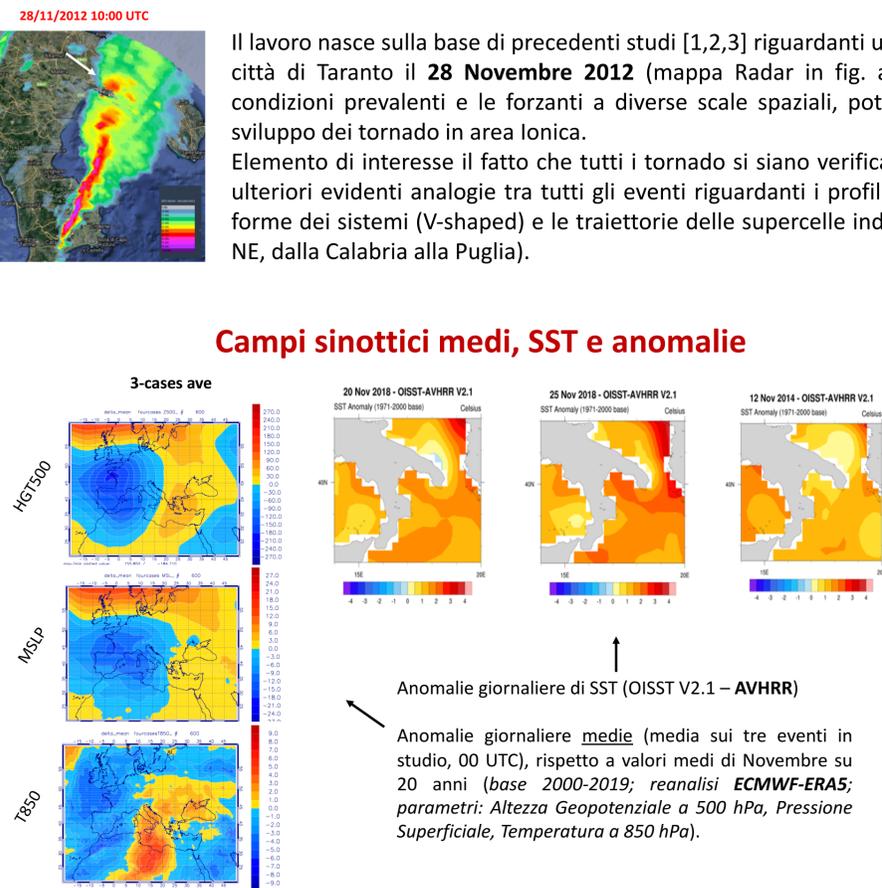
I risultati mostrano la capacità del modello di identificare le strutture mesocicloniche associate ai tornado e di simulare le caratteristiche convettive dell'ambiente circostante.

Contesto di studio: il "caso Novembre"

Il lavoro nasce sulla base di precedenti studi [1,2,3] riguardanti un tornado che ha interessato la città di Taranto il **28 Novembre 2012** (mappa Radar in fig. a sx). Sono state analizzate le condizioni prevalenti e le forzanti a diverse scale spaziali, potenzialmente responsabili dello sviluppo dei tornado in area Ionica.

Elemento di interesse il fatto che tutti i tornado si siano verificati nel mese di **Novembre**, con ulteriori evidenti analogie tra tutti gli eventi riguardanti i profili di vento (analisi odografici), le forme dei sistemi (V-shaped) e le traiettorie delle supercelle individuate (tutte in direzione SO-NE, dalla Calabria alla Puglia).

Campi sinottici medi, SST e anomalie

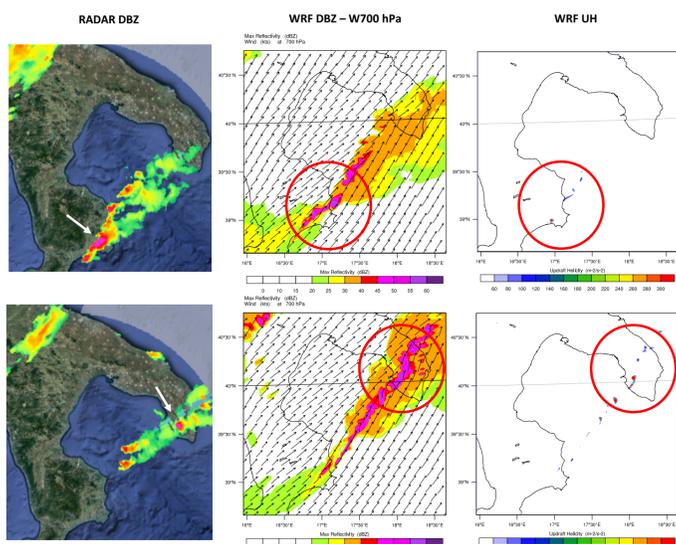


CONDIZIONI COMUNI AGLI EVENTI

- Cut-off in quota (più profondo rispetto alla media) sulla Manica. Richiamo di correnti in quota da SO
- Bacino del Mediterraneo interessato da anomalia negativa di Pressione Superficiale. Richiamo di correnti da S in superficie; conferme di wind-shear direzionale.
- Anomalia positiva di temperatura a 850 hPa e richiamo di masse d'aria calda dal Nord Africa; anomalia di SST sempre positiva nell'area in studio (tra 1 e 2 °C).

Confronto RADAR / WRF e individuazione supercelle

Focus 20/11/2018

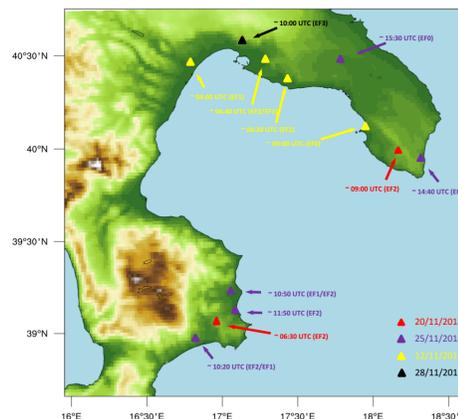


Nella figura è mostrata la **riflettività massima** misurata da radar (Dip. Protezione Civile) e simulata dal modello WRF (1km), alle 06:30 e 09:00 UTC rispettivamente, in corrispondenza dei due tornado (il primo in Calabria il secondo in Puglia; aree cerchiare in rosso) verificatisi il 20/11/2018; oltre alla riflettività è riportato anche il **vento a 700 hPa** e per le stesse ore, sulla a destra, il campo di **Updraft Helicity (UH)**.

WRF è in grado di riprodurre correttamente la struttura e il percorso delle celle convettive, per il quale moto risulta determinante il ruolo del vento a 700 hPa.

UH, utile per identificare circolazioni mesocicloniche e possibile presenza di supercelle, mostra valori puntuali > 600 m²s⁻² simulati proprio in corrispondenza delle aree interessate dai tornado.

Area in studio e segnalazioni Tornado



Sulla mappa sono riportate le posizioni e gli orari dei tornado in studio nei giorni **20/11/2018**, **25/11/2018** e **12/11/2014**; per completezza è riportato anche l'evento del **28/11/2012**.

Gli eventi sono stati inizialmente individuati grazie ai report ESWD (European Severe Weather Database), e successivamente verificati mediante le mappe di riflettività **RADAR** rese disponibili dal Dipartimento di Protezione Civile nazionale.

Il dominio mostrato in figura rappresenta la griglia **WRF** ad 1km di risoluzione spaziale usata per le simulazioni numeriche.

Simulazioni WRF: test di sensitività e parametri di instabilità

Le simulazioni con **WRF** sono state eseguite con 3 griglie innestate, con risoluzione spaziale massima di **1km**. Sono stati preliminarmente effettuati diversi test per verificare il ruolo delle condizioni iniziali e al contorno (**NCEP-GFS vs NCEP-FNL vs ECMWF an/fc**), del tempo di avvio dei run (quindi del **lead-time**) e di alcuni schemi di parametrizzazione (**PBL, SW/LW radiation**). Raggiunta un configurazione ottimale ("**CTL**"), sono stati simulati gli eventi ed eseguiti test per valutare il ruolo della temperatura superficiale del mare, aumentando e diminuendo di 1K il valore iniziale della SST sull'intero dominio (test "**SST+1**" e "**SST-1**").

Dagli output WRF sono stati ricavati i valori di diversi campi, parametri e indici di instabilità utilizzati per lo studio di eventi estremi. Tra di essi, quelli legati a:

- Shear del vento (low/deep-level **Wind Shear**; low/mid-level **Storm Relative Helicity**)
- Stabilità (**CAPE** - Convective Available Potential Energy)
- e vari indici di instabilità:
- Combinati (**EHI** - Energy Helicity Index, **WMAXSHEAR**, **SCP** - Supercell Composite Parameter, **STP** - Significant Tornado Parameter)
- Termodinamici (**K-index**)
- Campi diagnostici (**Updraft Helicity**) [4]

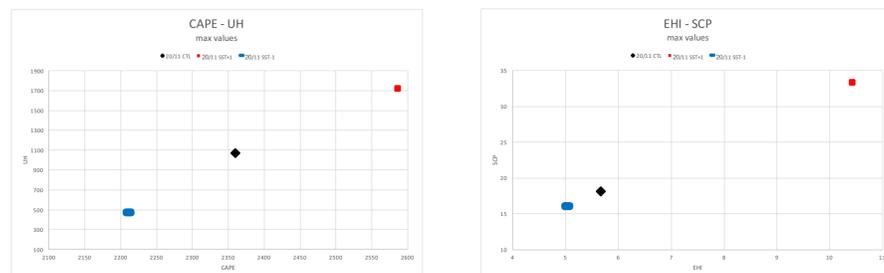
Sono riassunti nella tabella sottostante i valori **massimi puntuali** di alcuni parametri/indici di instabilità (i massimi sono calcolati considerando **tutti** gli eventi e **tutti** i tre test condotti, sull'intero dominio spaziale, e considerando l'intervallo temporale "origine-fine" di ciascun tornado)

Parametri / Indici	Valori MAX puntuali simulati	Soglie tipiche / Note
Updraft Helicity	fino a 1700 m ² s ⁻²	50/100 m ² s ⁻² - favorito sviluppo di mesocicloni/tornado
CAPE	fino a 2600 J Kg ⁻¹	2000-2500 J Kg ⁻¹ - favorito sviluppo di supercelle
Storm Relative Helicity 3km	fino a 1450 m ² s ⁻²	300-400 m ² s ⁻² - favorito updraft rotazionale e sviluppo di supercelle
Wind Shear 6km/1km	fino a 46/35 ms ⁻¹	25-30/10 m s ⁻¹ - favorito sviluppo di supercelle
SCP/STP	fino a 33/5	6/1 - favorito sviluppo di tornado
EHI	fino a 10	1-2 - favorito sviluppo di mesocicloni/tornado
K	fino a 44 K	30-40 K - favorita convezione profonda e sviluppo di temporali violenti

I valori di tali parametri/indici in Europa sono mediamente più bassi rispetto ad eventi simili negli USA. Tuttavia, i valori massimi simulati globalmente in questo studio sono molto elevati e certamente indicativi di condizioni favorevoli allo sviluppo di convezione profonda e di instabilità, a loro volta responsabili della possibile formazione di mesocicloni e tornado.

Mediamente, i run **SST+1** presentano valori massimi puntuali più elevati rispetto agli altri test.

Nelle figure successive sono mostrati, a titolo di esempio, gli scatter-plot relativi al caso del **20/11/2018** in cui sono riportati i valori massimi simulati di **CAPE**, **Updraft Helicity (UH)**, **EHI** e **SCP**, per tutti i tre test condotti ("**CTL**", "**SST+1**", "**SST-1**"):



Per tale evento è evidente come il test **SST+1** simuli valori massimi puntuali decisamente più elevati rispetto agli altri test, indicando condizioni più favorevoli (CAPE, EHI, SCP) e supercelle più intense (UH). **La SST** si conferma come un elemento chiave per lo sviluppo di instabilità e di intensi moti ascensionali nella bassa troposfera, in associazione agli scambi superficiali in termini di flussi di calore tra la superficie marina e i primi strati atmosferici.