

Tornadogenesi e forzanti favorevoli all'intensificazione dei vortici

Fulvio Stel & Dario B. Giaiotti
fulvio.stel@arpa.fvg.it



European Severe Storms Laboratory (www.essl.org)



Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia (www.umfvg.org)

Vortice:

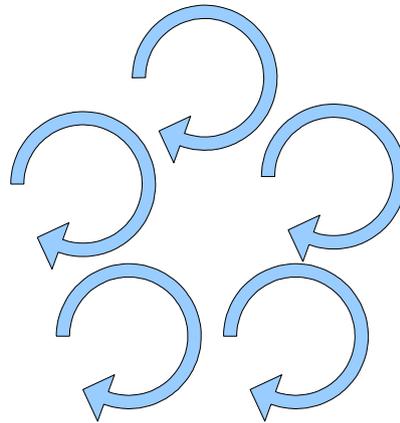
Porzione di fluido caratterizzata da un (intenso) movimento circolare (vorticità)

“Gradiente, Rotore, Divergenza” di E. Tonti e E. Nuzzo

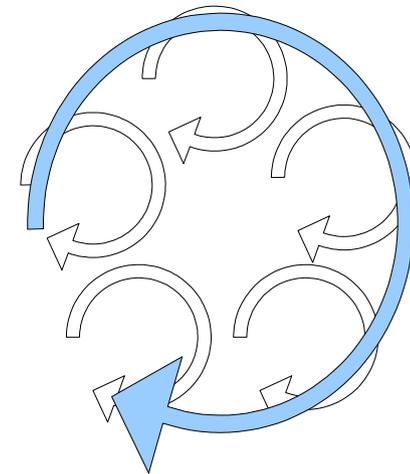
I vortici (volumi con vorticità) sono strutture molto comuni (non solo in atmosfera), poiché rappresentano un meccanismo estremamente efficace per dissipare ed accumulare energia



Movimento organizzato



Movimento disorganizzato



Movimento riorganizzato

Vortice:

Porzione di fluido caratterizzata da un (intenso) movimento circolare

“Gradiente, Rotore, Divergenza” di E. Tonti e E. Nuzzo

Anche se sono molto comuni, i processi che portano alla formazione dei vortici sono molto diversi tra di loro.



Vortice:

Porzione di fluido caratterizzata da un (intenso) movimento circolare

“Gradiente, Rotore, Divergenza” di E. Tonti e E. Nuzzo

Anche se sono molto comuni, i processi che portano alla formazione e intensificazione dei vortici non sono stati ancora (totalmente) compresi

“Quando sarò di fronte al Creatore, avrò due domande da farGli: perché la relatività generale e perché la turbolenza [una forma di vorticità - ndr]; spero che almeno per la relatività generale abbia una risposta plausibile”
W. Heisenberg



Tornado:

Vortice d'aria che si sviluppa tra la base di una cella convettiva profonda e il suolo (mare)

- 1) vortice d'aria verticale**
- 2) connessione alla cella convettiva profonda**
- 3) connessione al suolo (acqua)**



(1+2+3)
***Tromba d'aria
(tornado)***



(1+3)
***Vortice d'aria
connesso al suolo***



(2)
***Nube a imbuto connessa
ad una cella convettiva***



(3)
***Vortice d'aria non
connesso a cella conv.***

Tornado:

Sono il risultato dell'intensificazione di vorticità pre-esistente. La vorticità è molto diffusa, basta "solo" trovare il meccanismo per "metterla assieme".

$$\frac{d}{dt}(\zeta + f) = -(\zeta + f) \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \left(\frac{\partial w}{\partial y} \eta - \frac{\partial w}{\partial x} \chi \right) + \left(\frac{\partial \alpha}{\partial y} \frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\partial \alpha}{\partial x} \frac{\partial p}{\partial y} \right) + Fr$$



vortice

=



ballerina

+



motociclista

+



insalata

+



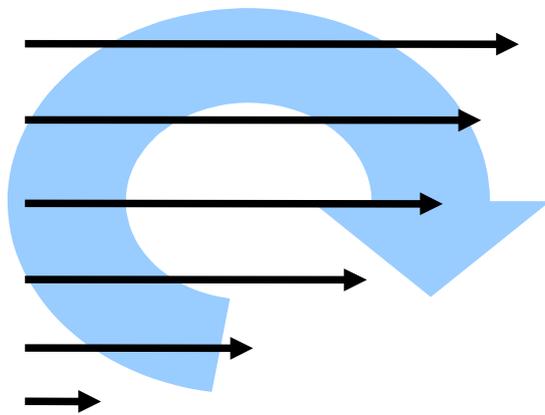
dissipazione

Tornado:

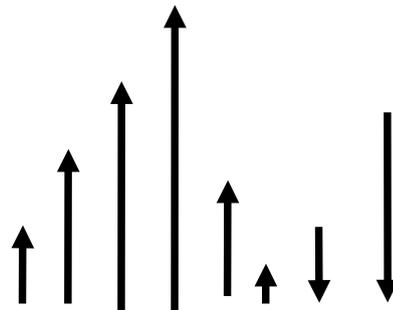
I meccanismi che portano alla formazione o intensificazione dei vortici sono solo tre

Il meccanismo del **motociclista** e della **ballerina** necessitano di **vortici pre-esistenti**
 Questi due meccanismi necessitano anche di **variazioni nelle velocità verticali**

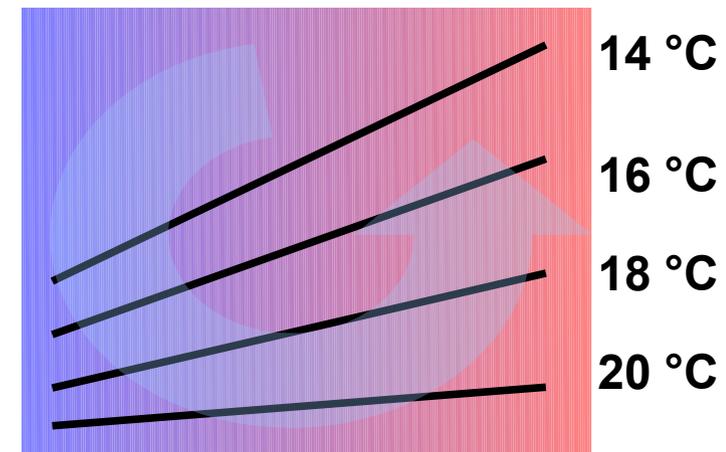
Il meccanismo dell'**insalata** necessita di **differenze nella densità** (temperatura)



**Vortici pre-esistenti
(anche orizzontali)**



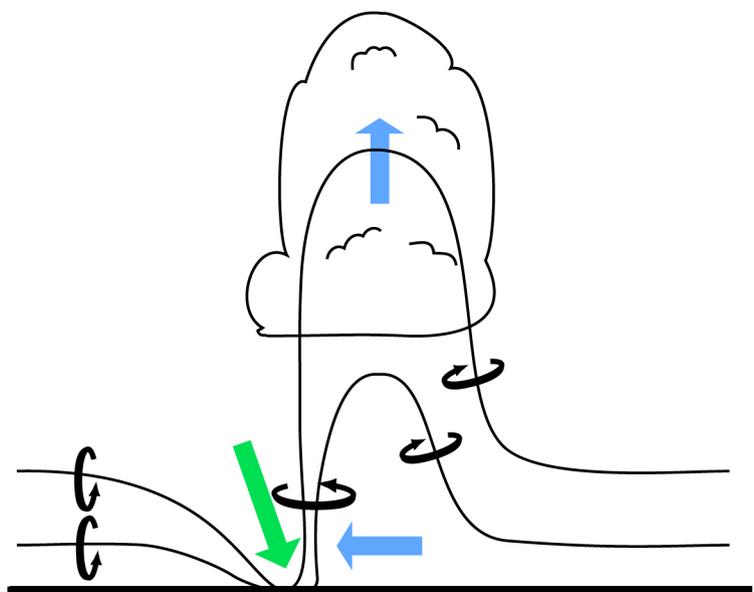
**Cambiamenti nelle
velocità verticali**



**Differenze nella
temperatura**

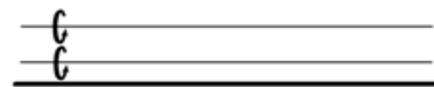
Tornado:

Nei mesocicloni i “tubi di vorticità” si intensifica per il meccanismo del motociclista e della ballerina (strizzati da corrente discendente)



Vortici pre-esistenti
(anche orizzontali)

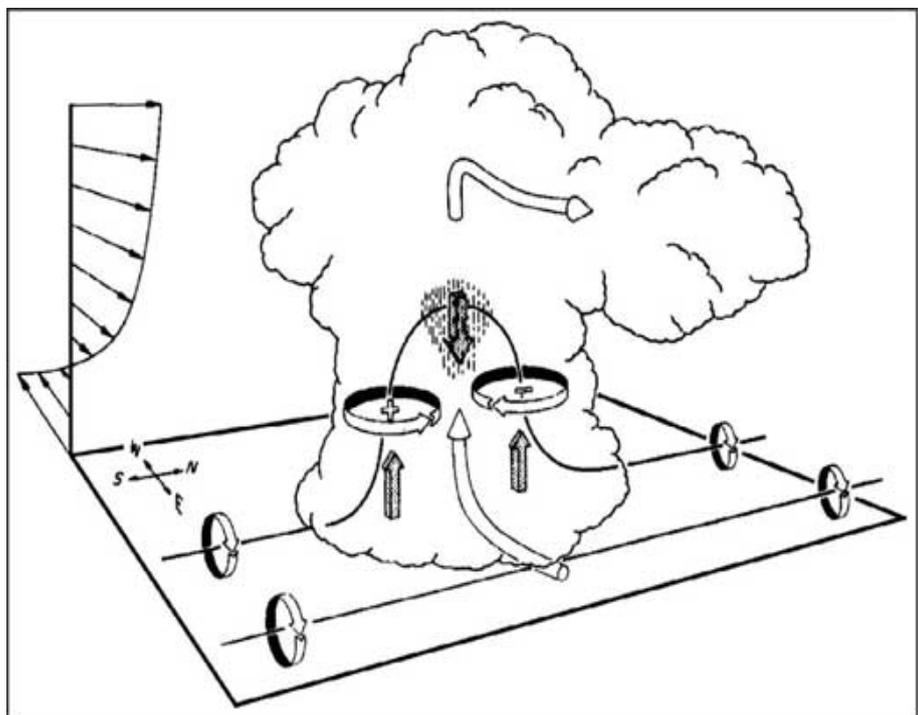
Cambiamenti nelle
velocità verticali



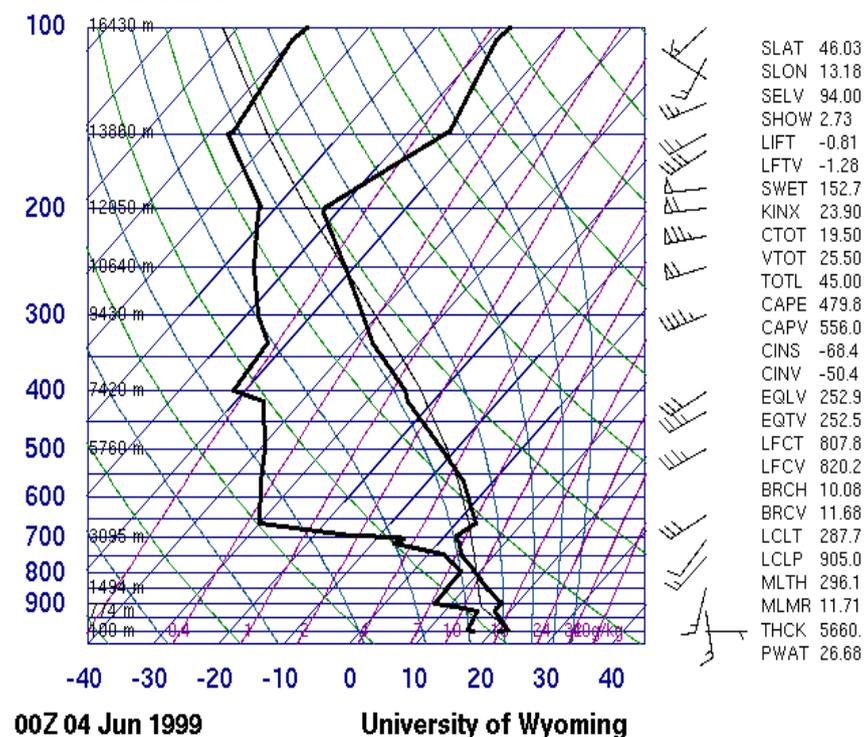
Cortesia Paul Markovski

Tornado:

Molto importante per la formazione dei tornado è lo shear del vento che crea vorticità orizzontale che poi può essere intensificata.



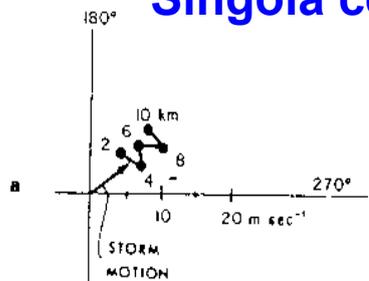
16044 LIPD Udine



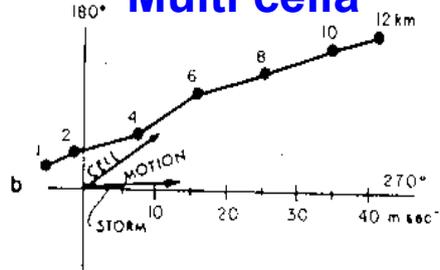
Shear:

Non tutti vanno bene: abbastanza shear per staccare corrente ascendente e discendente, ma non troppo da ridurre la sinergia tra le due (altrimenti si formano multicella)

Singola cella



Multi cella



Super cella

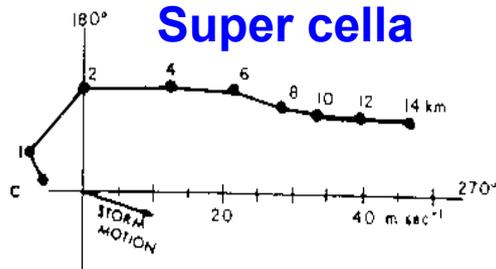
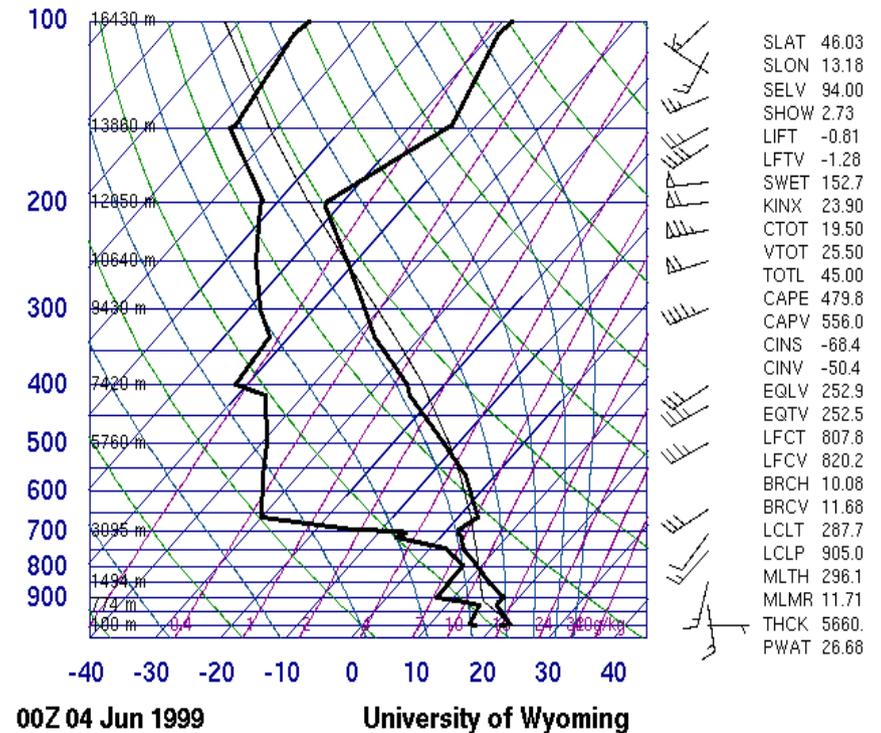


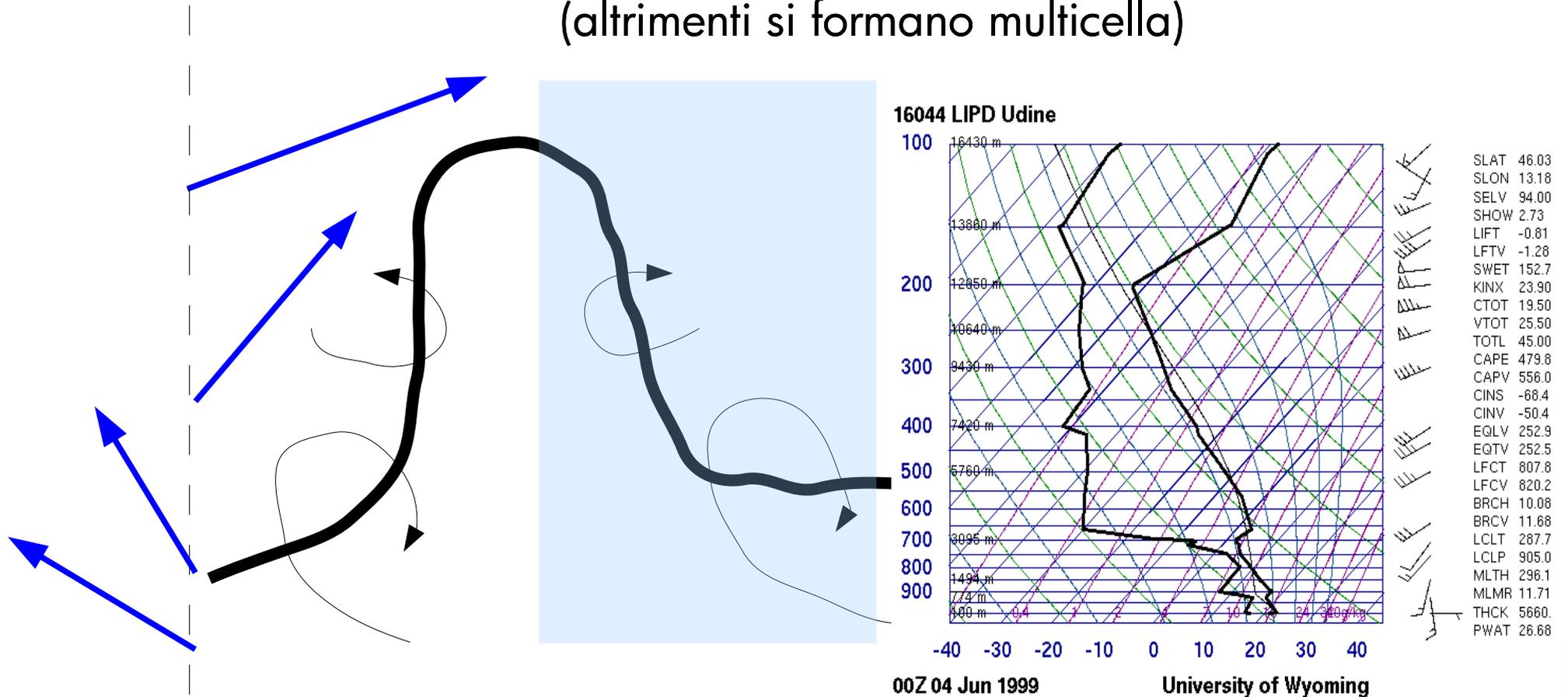
Figure 16 Typical wind hodographs for (a) single cell, (b) multicell, and (c) supercell storms observed during the Alberta Hail Studies project. (From Chisholm and Renick, 1972.)

16044 LIPD Udine



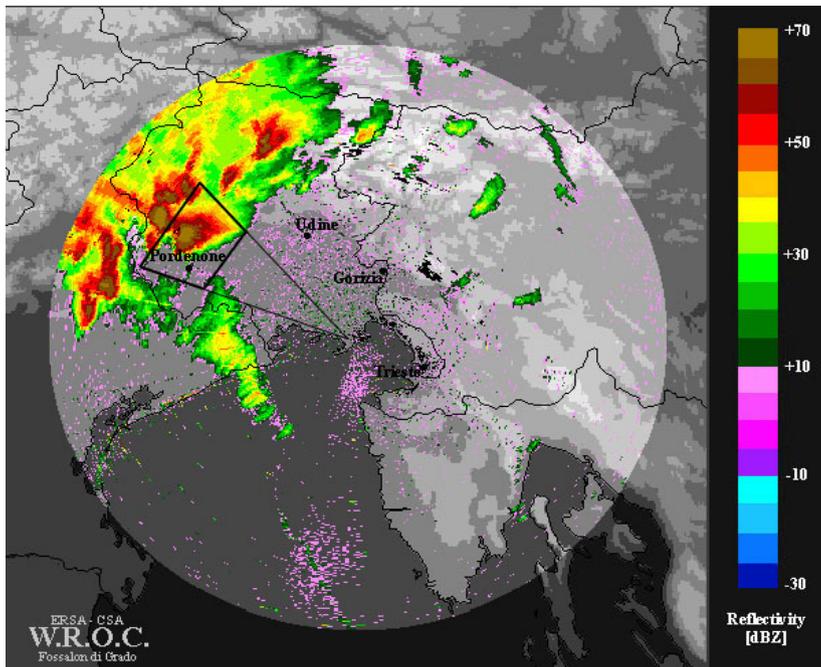
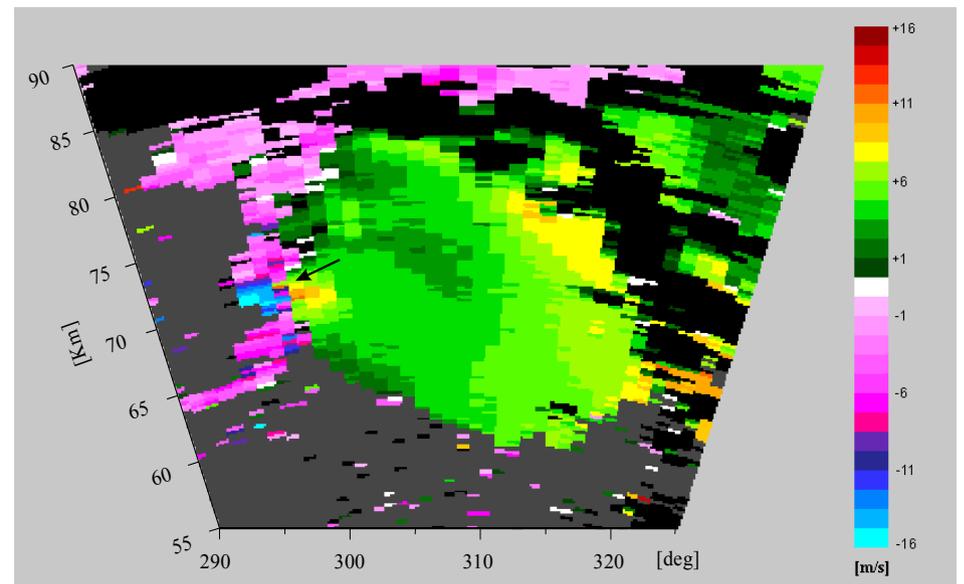
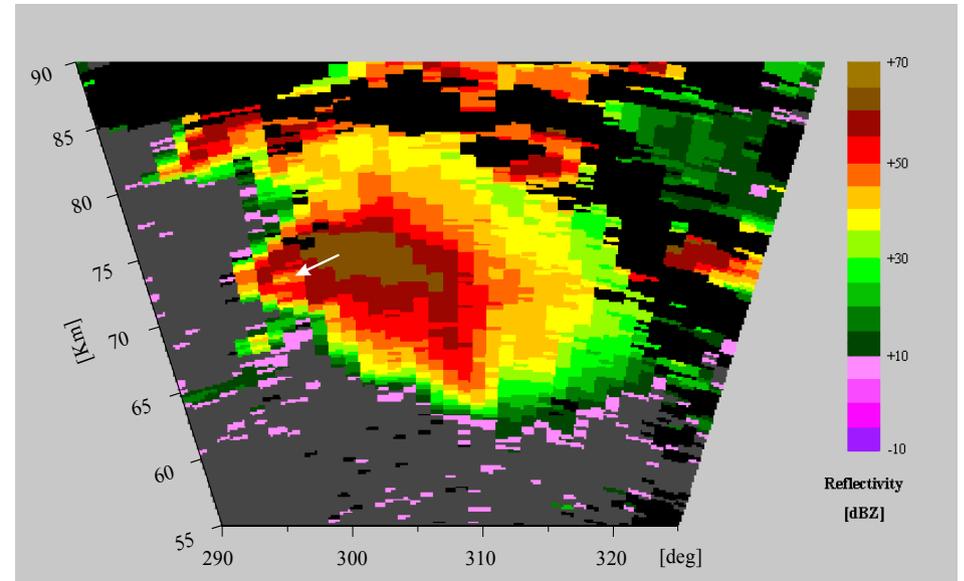
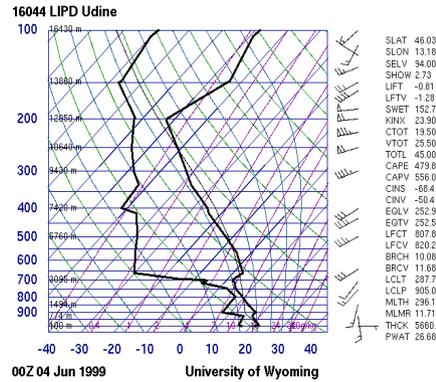
Shear:

Non tutti gli shear vanno bene: abbastanza per staccare corrente ascendente e discendente, ma non troppo da ridurre la sinergia tra le due (altrimenti si formano multicella)



Shear:

San Quirino (PN) 4 giugno 1999, 09:15 UTC



Tornado:

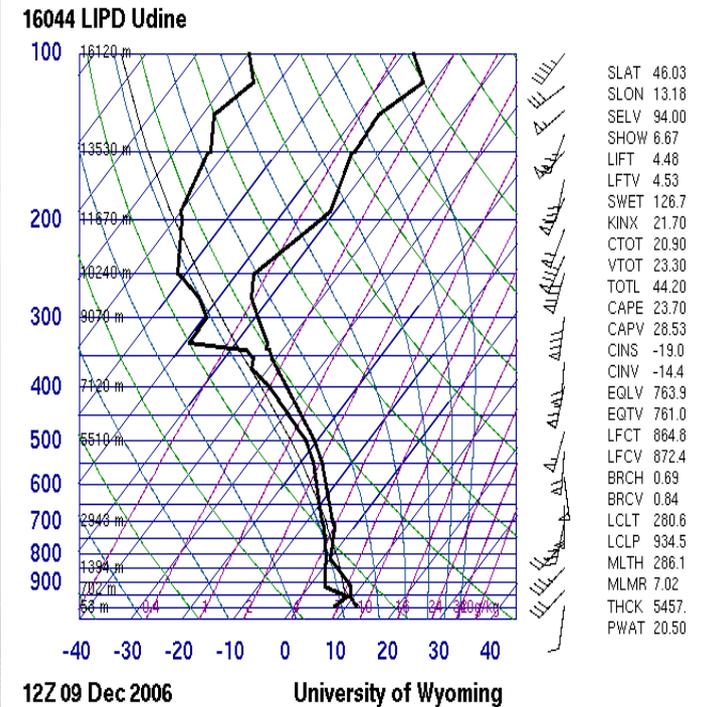
Non sempre questi fenomeni sono associati ai mesocicloni, quindi ai meccanismi prima descritti



Cortesia Dino Viezzoli (Lignano, 2002 settembre 17, ore 1530 UTC)

Tornado:

Non sempre questi fenomeni sono associati ai mesocicloni, quindi ai meccanismi prima descritti



Cortesia Raffaele Fantino (Cassacco, 2006 dicembre 09, ore 1130 UTC)

Shear e CAPE:

La situazione in Italia non è proprio simile alle altre parti del mondo. Molto shear ma poco CAPE

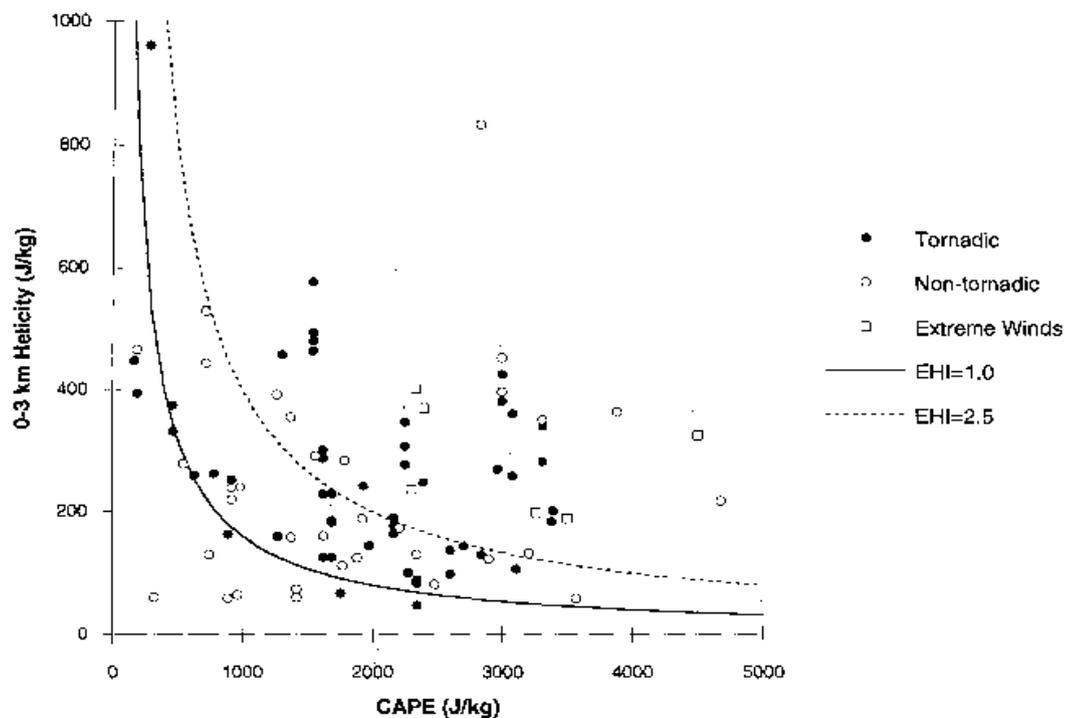
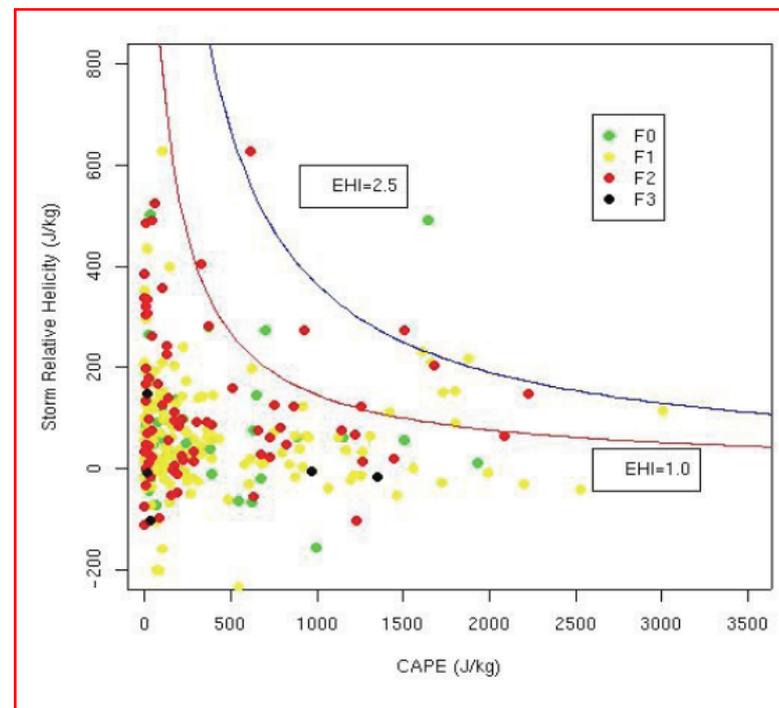


FIG. 5. CAPE and 0-3-km helicity values (both in $J\ kg^{-1}$) for proximity soundings. Energy-helicity index (EHI) isopleths of 1.0 and 2.5 are indicated by solid and dashed lines, respectively.



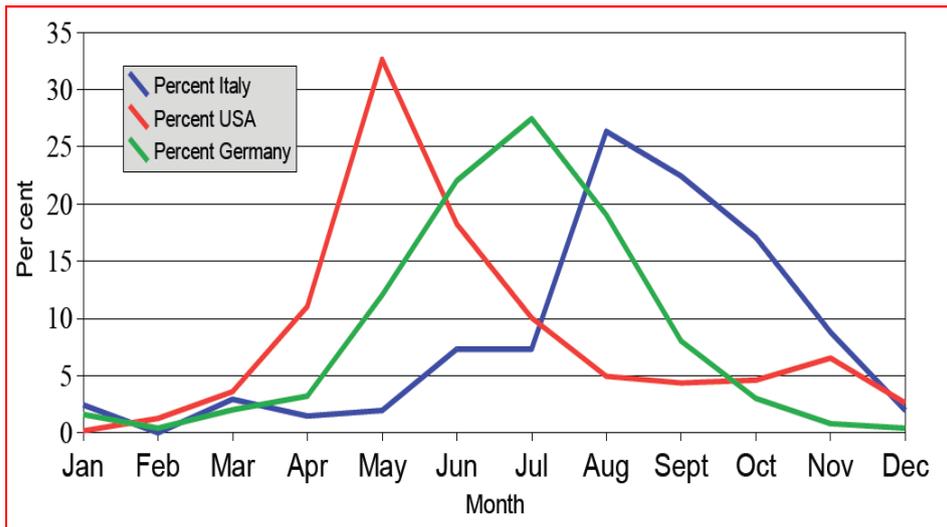
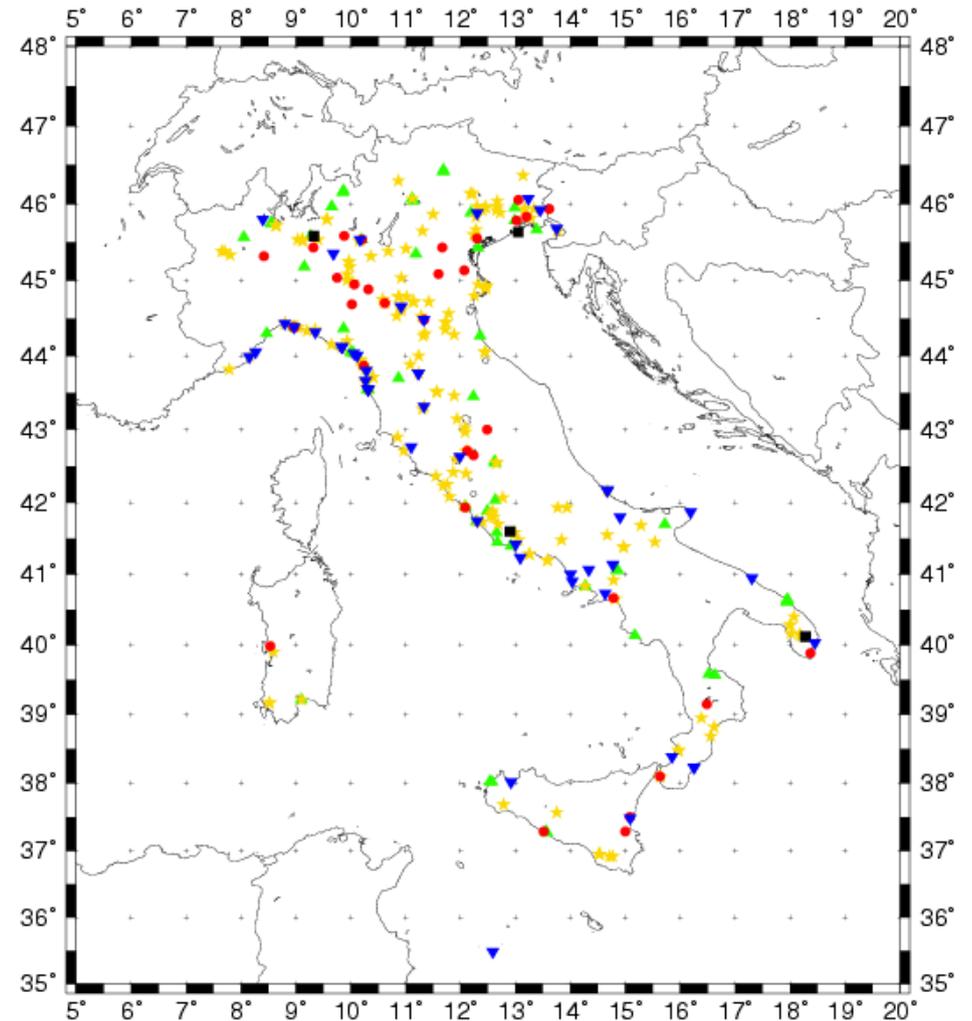
Cortesia Harold Brooks, 1994 Weather and Forecasting

Quale clima:

Quale cambiamento climatico?



Years 1991-2003



Conclusioni

La dinamica (e i meccanismi che la regolano) dei tornado sono abbastanza ben comprese, almeno nelle grandi linee

Nel nostro paese, probabilmente l'instabilità termodinamica non è così importante come negli altri paesi (USA e EU continentale), più simile a Grecia e Inghilterra

Ruolo importante dell'orografia e della geografia, che a mio avviso sono ancora poco studiate e che potrebbero riservare interessanti sorprese

Importanza del ruolo degli appassionati nel raccogliere e condividere informazioni (www.eswd.eu)

Bibliografia

Gradiente, rotore, divergenza. E. Tonti e E. Nuzzo. Pitagora Editrice Bologna

Il chicco di grandine. 1985. F. Prodi e A. Strolin Franzini. Guide Calderini. Bologna I

Severe Convective Storms. 2001. C. Doswell. American Meteorological Monographs. Boston USA

Temporali, tornado e storm chasing. 2006. AAVV. Alpha Test Edizioni. I