

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TRENTO

Facoltà di Ingegneria

Laurea Triennale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

Corso di Fondamenti di Meteorologia e Climatologia



Esercitazione con ZyGrib e Panoply

Docenti:

Dino Zardi
Lorenzo Giovannini

Studenti:

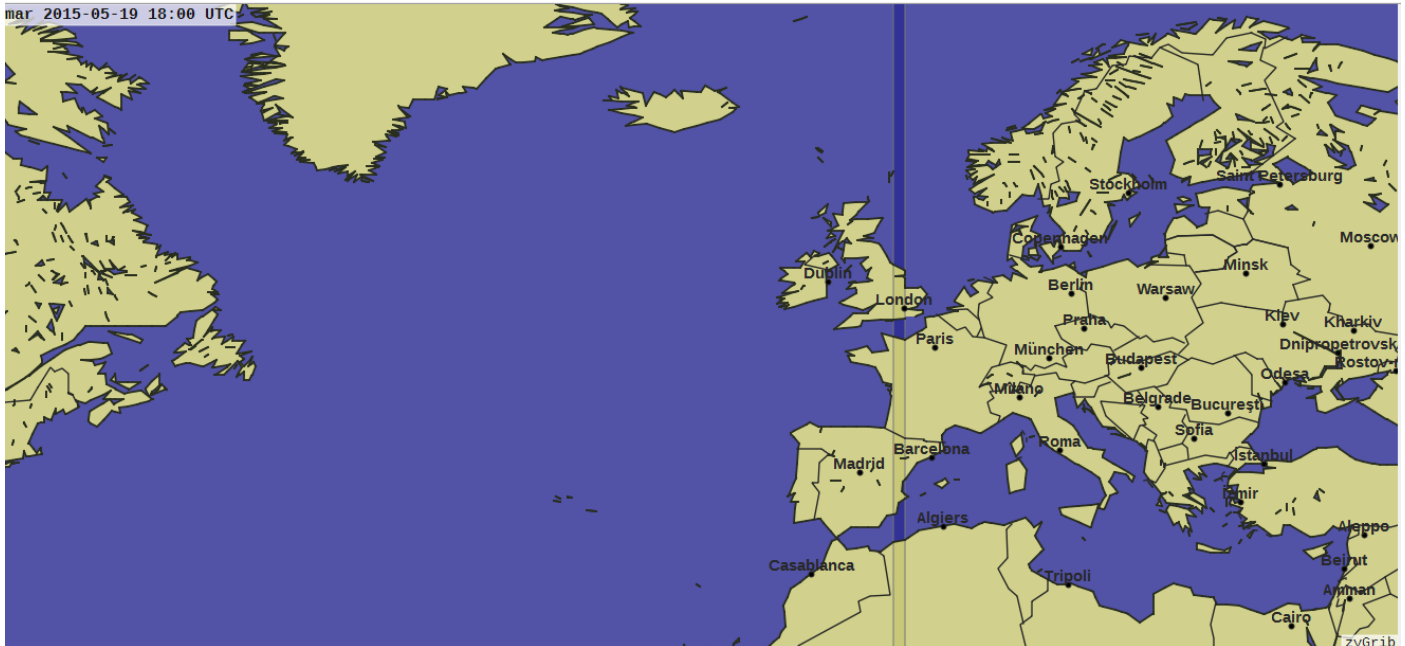
Federico Iagher [136353]
Simone Buttura [166042]

Anno accademico 2015/2016

<u>1.0-ZyGrib</u>	pag.3
1.1- Introduzione	pag.3
1.2- Situazione barica	pag.4
1.3- Individuazione dei fronti	pag.5
1.4- Corrente a getto o jet stream	pag.9
1.5- Possibili aree convettive e punti d'interesse	pag.11
<u>2.0- Panoply</u>	pag.19
2.1- Temperature previste di 3 h in 3 h	pag.19
2.2- Precipitazioni previste di 3 h in 3 h e nell'intera giornata	pag.20
2.3- Radiazione solare prevista dalle 06 alle h 18	pag.22
2.4- Vettori vento	pag.23
<u>3.0- Effetti del fronte freddo sull'Italia settentrionale</u>	pag.25
3.1- Immagini e frame del radar	pag.25
<u>4.0- Previsioni probabilistiche</u>	pag.34
4.1.1- Shear 0-6 km e 0-1 km	pag.34
4.1.2- Esempio di supercella	pag.34
4.2- SREH 0-3 km e 0-1 km	pag.36
4.3- Indici temporaleschi del 19/05/2015	pag.37
<u>5.0- Bibliografia</u>	pag.40

1-ZyGrib

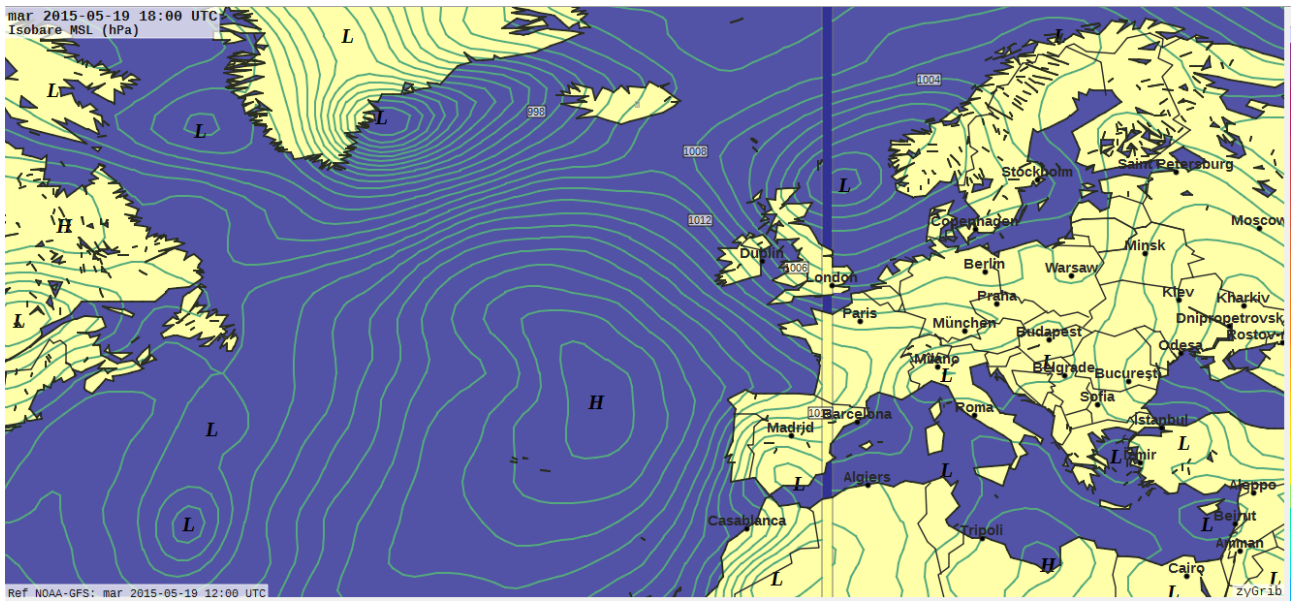
1.1-Introduzione



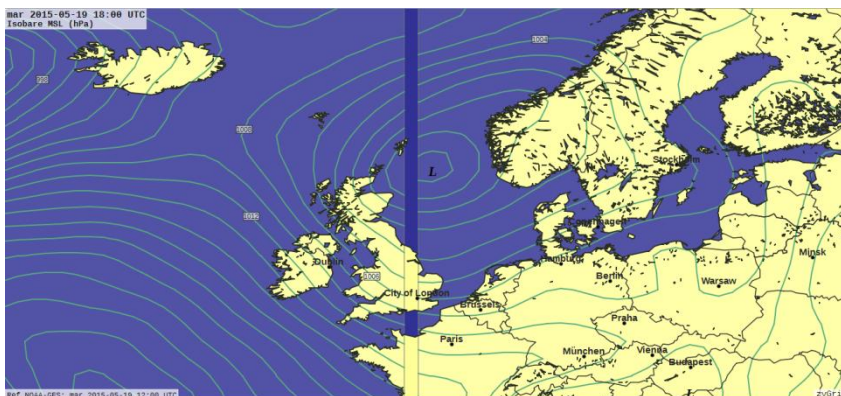
La zona da noi esaminata prende in considerazione l'Europa e la zona dell'oceano nord Atlantico, un dominio quindi definito a scala sinottica. Il giorno preso in esame è il 19 maggio 2015 alle ore 18 UTC, ore 20 italiane. Ci troviamo quindi agli sgoccioli della primavera meteorologica, periodo dell'anno che solitamente presenta una certa variabilità nelle dinamiche delle masse d'aria, determinando sia i primi periodi piuttosto miti (soprattutto sulle zone affacciate sul mediterraneo), ma anche veloci e significative incursioni d'aria più fresca di origine atlantica o in caso più rari di origine artica marittima.

Per quanto riguarda la penisola italiana il nord Italia viene interessato da un fronte freddo mosso da una depressione incentrata tra il Regno unito e la Scandinavia (il vero e proprio fronte freddo entrerà dopo le 24 Z del 19-05-15). Il sud Italia invece risente ancora di una goccia fredda isolatasi precedentemente per cut-off dal flusso atlantico principale che tenderà a muoversi verso est (goccia che si è isolata successivamente al giorno 14-05-16 quando un afflusso d'aria di origine atlantica aveva portato maltempo sul nord Italia).

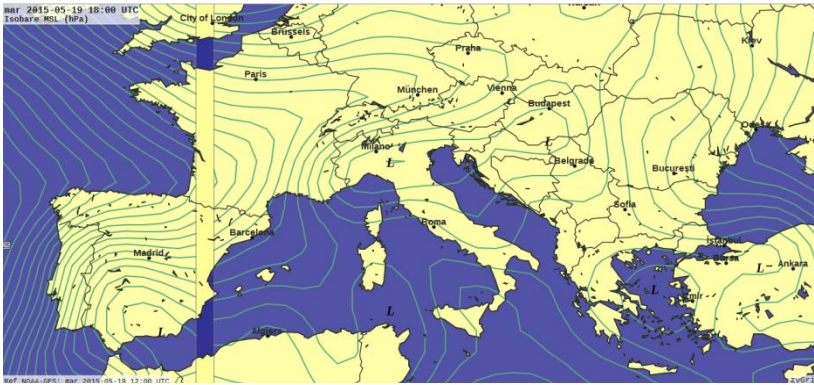
1.2- Situazione barica



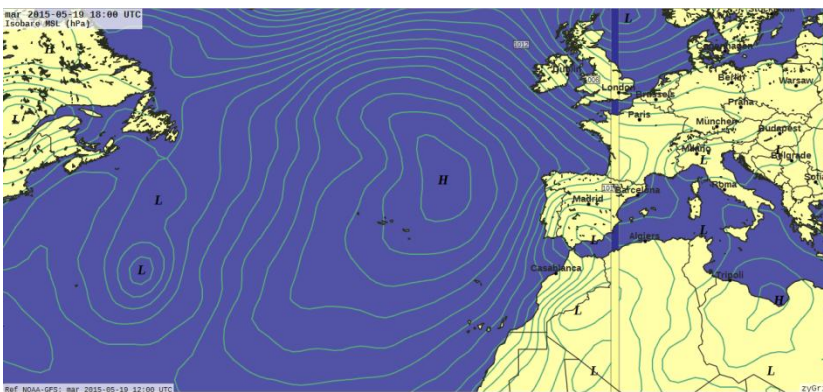
Nella mappa sovrastante vengono riportate le isobare al livello del suolo. E' ben visibile come l'anticiclone delle Azzorre domini sulla maggior parte dell'oceano Atlantico, influenzando le zone più occidentali dell'Europa e portando quindi tempo stabile su Portogallo e parte della Spagna. Sulla fascia settentrionale del nostro dominio scorrono invece una serie di perturbazioni molto profonde con moto ovest est, come avviene quasi sempre alle nostre latitudini. Il minimo depressionario presente tra Regno unito e Scandinavia va ad influenzare invece la maggior parte delle condizioni atmosferiche dell'Europa centro settentrionale portando quindi diffuso maltempo. Da notare anche come un piccolo minimo di bassa pressione vada a formarsi a ridosso della catena alpina sul nord Italia dovuto all'afflusso d'aria da NW che è costretto ad aggirare le Alpi.



Bassa pressione da 995 hPa centrata tra Norvegia e Regno Unito



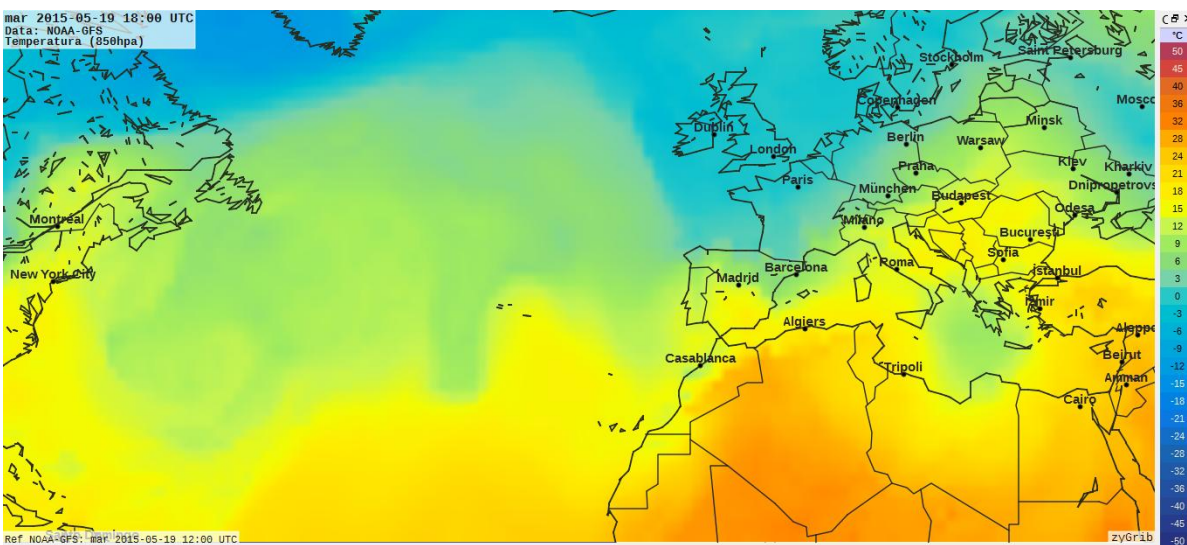
Bassa pressione da 1010 hPa centrata sul nord Italia, tra Grecia e Turchia la goccia fredda isolatasi per cut-off



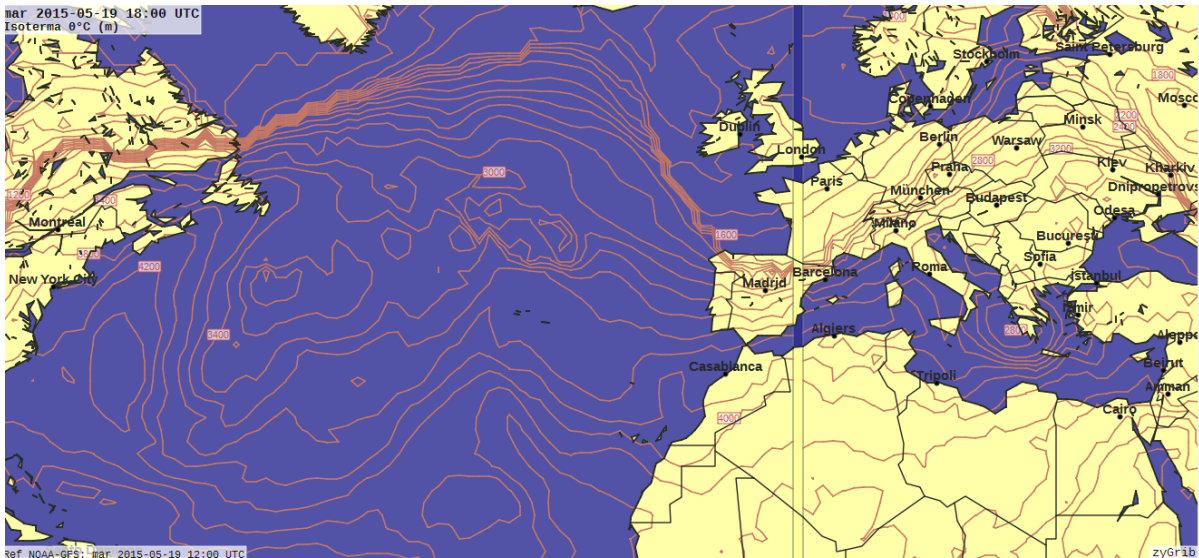
Alta pressione delle Azzorre da 1030 hPa

1.3-Individuazione dei fronti

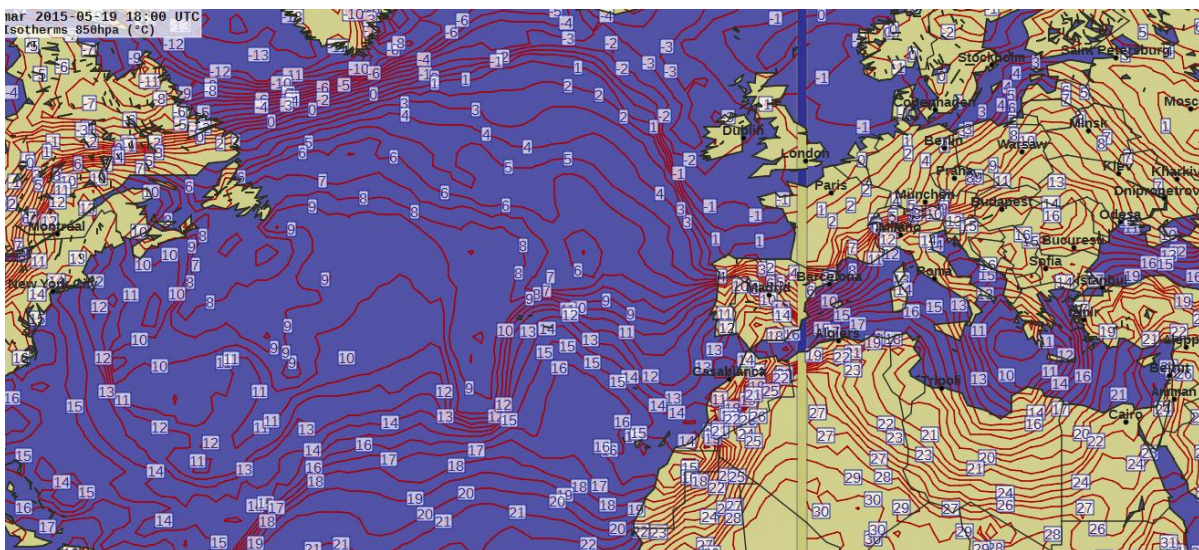
L'individuazione dei fronti viene operata tramite l'utilizzo delle cartine con le temperature a 850 hPa, l'altezza dello zero termico e le isoterme a 850 hPa. Successivamente vengono consultate le cartine con la copertura nuvolosa e con le precipitazioni per avere un ulteriore riscontro.



Temperature a 850 hPa (circa 1500 metri)



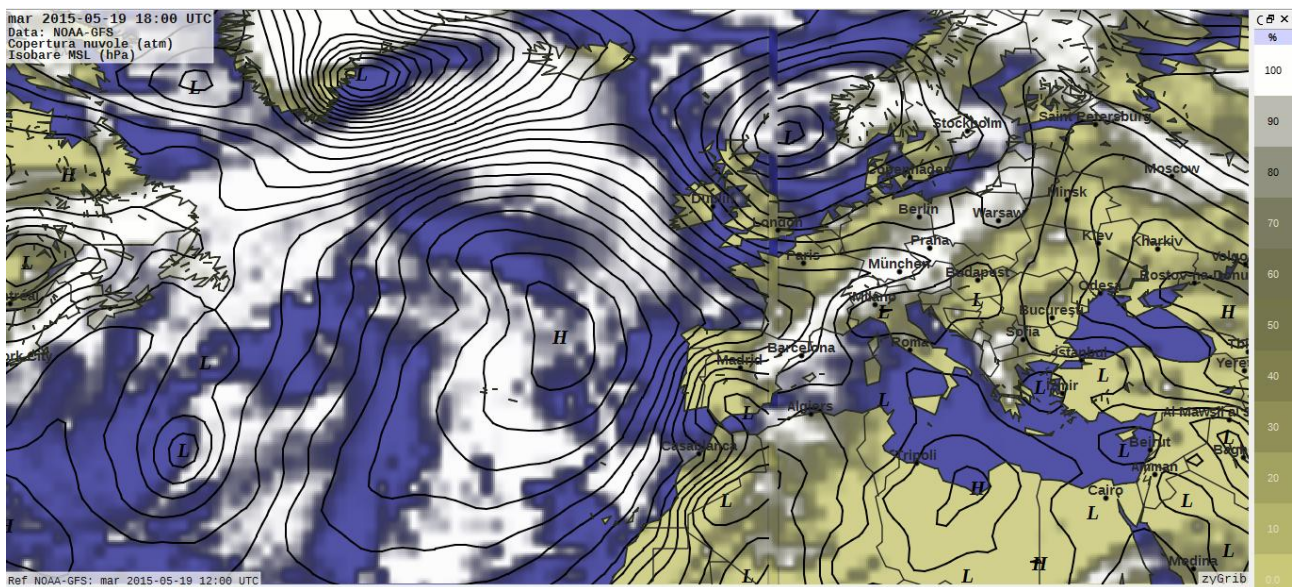
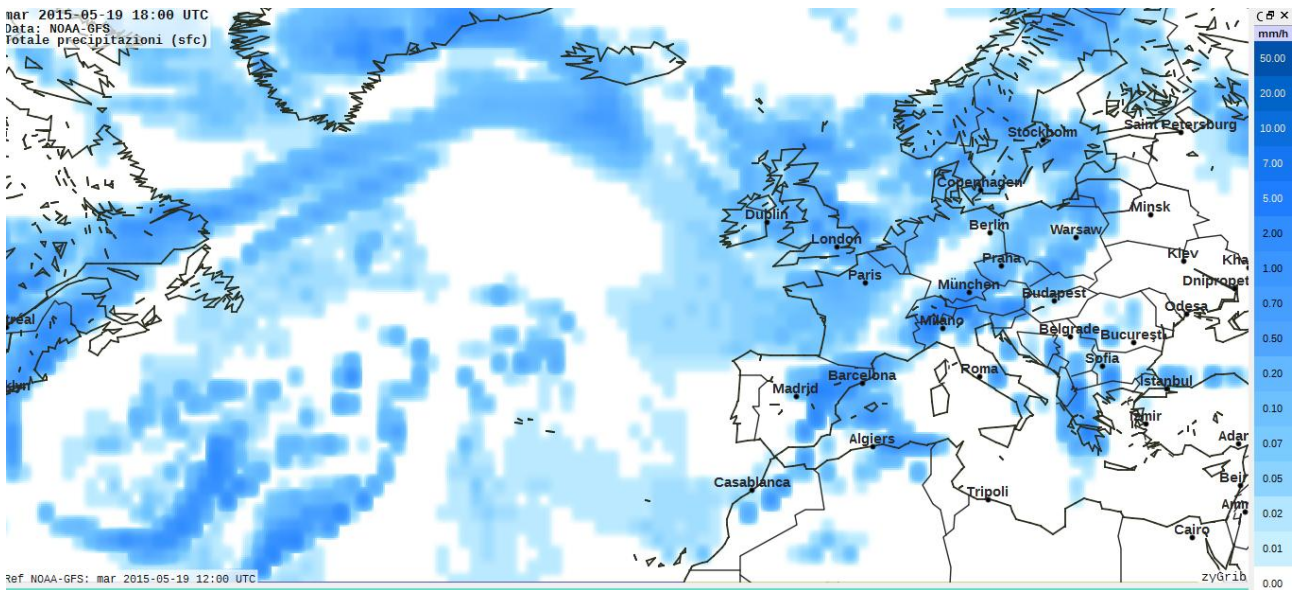
Altezza zero termico in metri



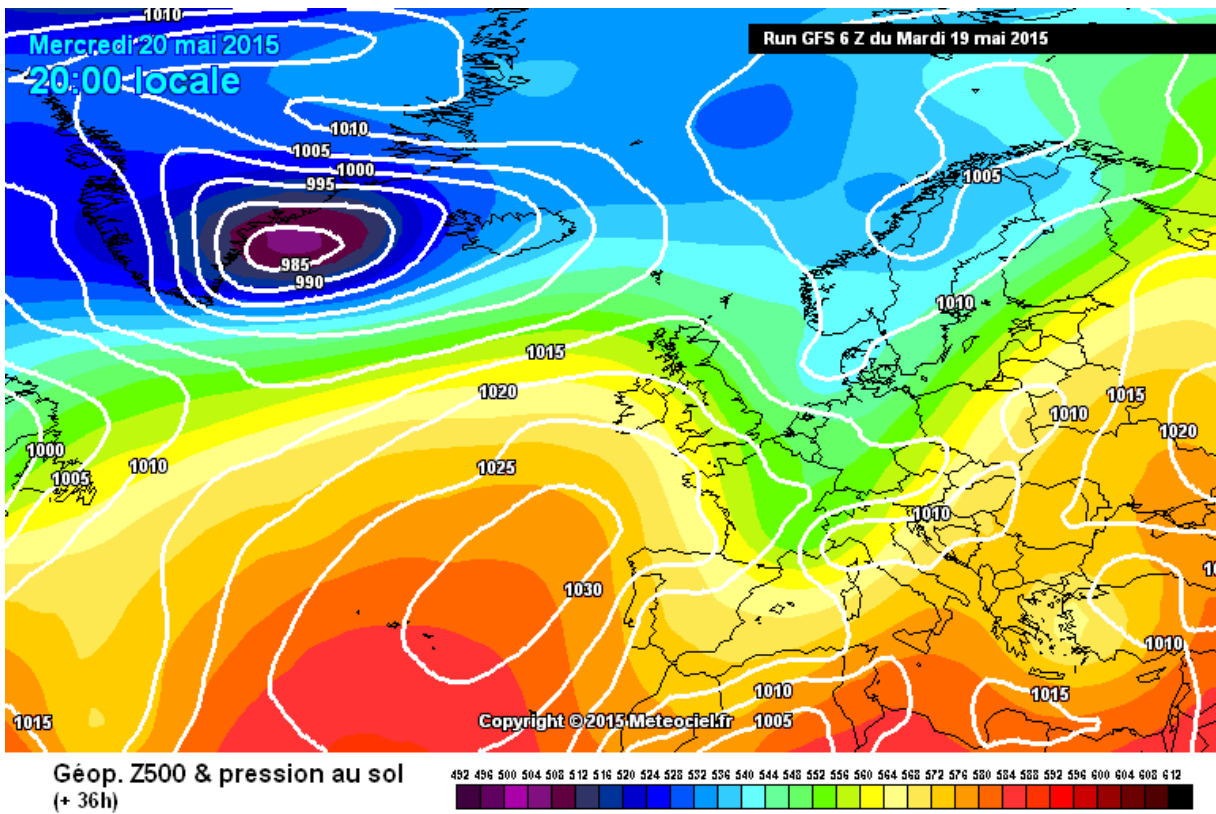
Temperatura a 850 hPa in °C

Come si può notare sono presenti due fronti ben definiti sul nord Atlantico spinti dalla depressione presente sulla Groenlandia. Il primo, un fronte caldo e quindi più lento si trova tra l'Islanda, al limite del nostro dominio, e l'Irlanda. Il secondo, un fronte freddo si estende dall'Islanda al Labrador. Entrambi non risentendo di nessun ostacolo orografico e rimangono quindi ben definiti. Il primo fa avanzare una massa d'aria calda su una più fredda che verrà scalfita molto più lentamente dal momento che è più pesante dell'aria calda. Avranno così luogo precipitazioni omogenee ma distribuite in un tempo maggiore. Il secondo fa avanzare aria più fredda che farà sollevare molto più facilmente l'aria mite preesistente poiché più calda e quindi più leggera. Si avranno così precipitazioni più intense ma di breve durata.

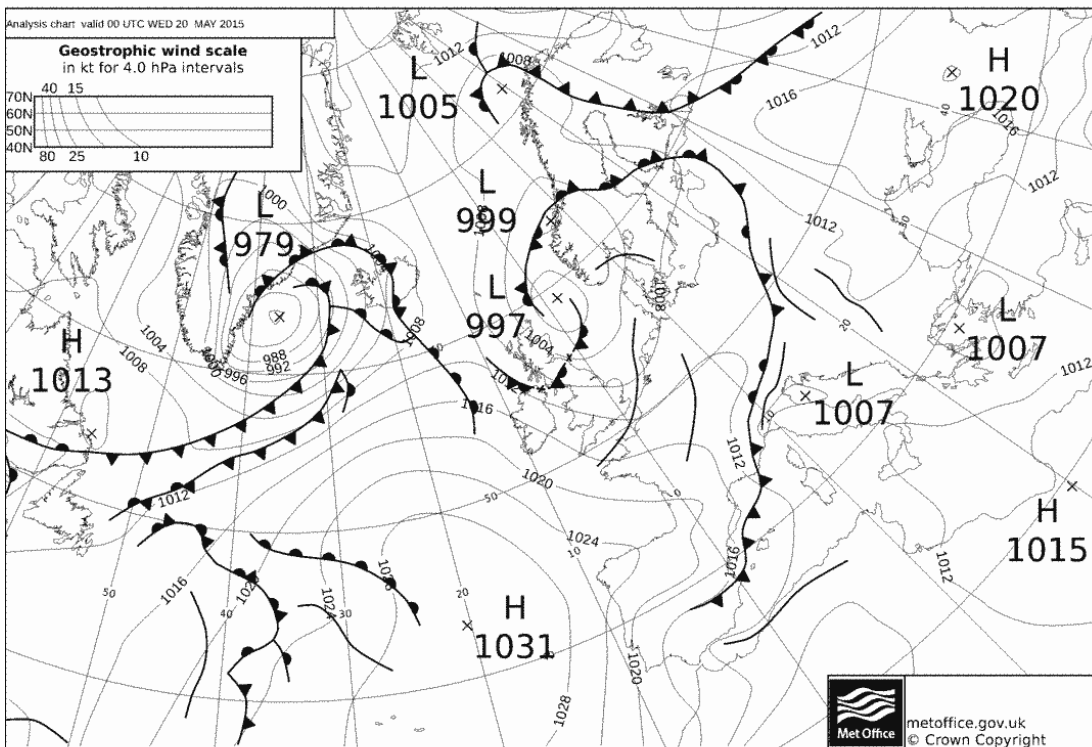
Anche la bassa pressione presente sul mar del Nord muove dei fronti che però sono di immediata individuazione per la presenza della barriera delle Alpi. Sicuramente c'è un fronte più freddo che va ad appoggiarsi sul versante nord delle Alpi, il fronte caldo potrebbe estendersi sulle zone dell'est Europa ma le cartine della copertura nuvolosa e delle precipitazioni non sembrerebbero dar molto credito a tale teoria.



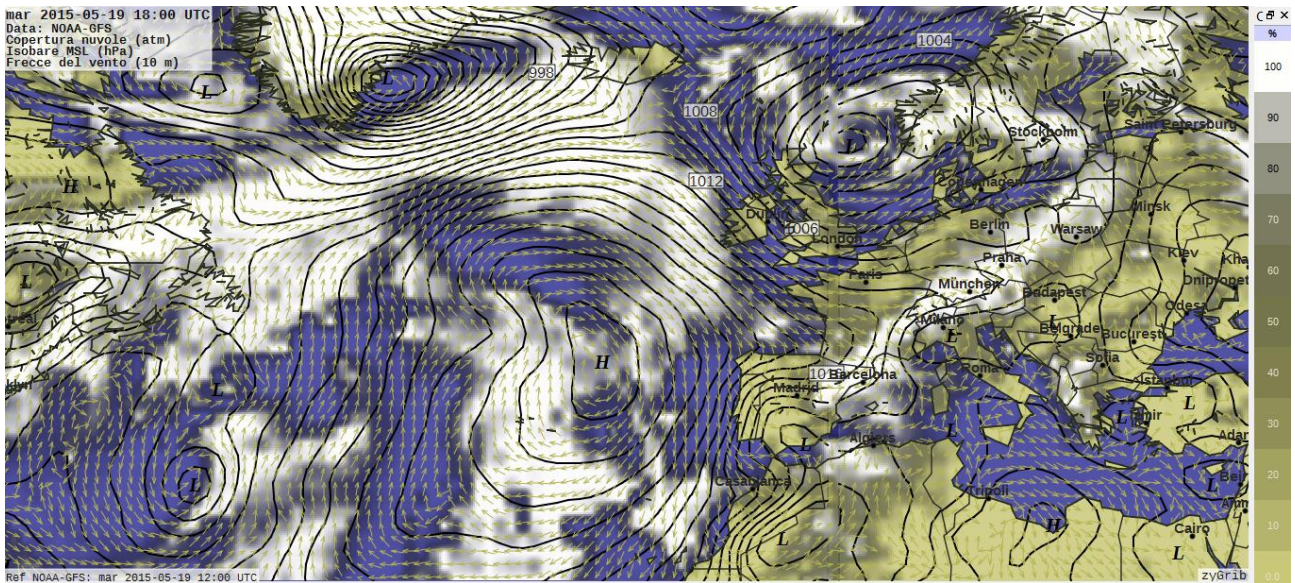
Come si può notare la depressione presa in considerazione crea una banda nuvolosa continua che si estende dai paesi Baltici fino alla Spagna. La posizione un po' anomala della nuvolosità che non si attacca direttamente alla destra della bassa pressione fa presupporre che il fronte potrebbe essere un fronte freddo in parte occluso che non spinto più direttamente dalla bassa pressione continui per inerzia il proprio percorso. Se così fosse la depressione dovrebbe andare a morire poco dopo e verificando sugli archivi del modello previsionale GFS si può vedere che ciò effettivamente avviene già il giorno successivo.



Ce ne da conferma anche il metoffice osservando la carta di previsione più vicina alla nostra situazione.



Di seguito la cartina delle isobare, della copertura nuvolosa e della direzione del vento



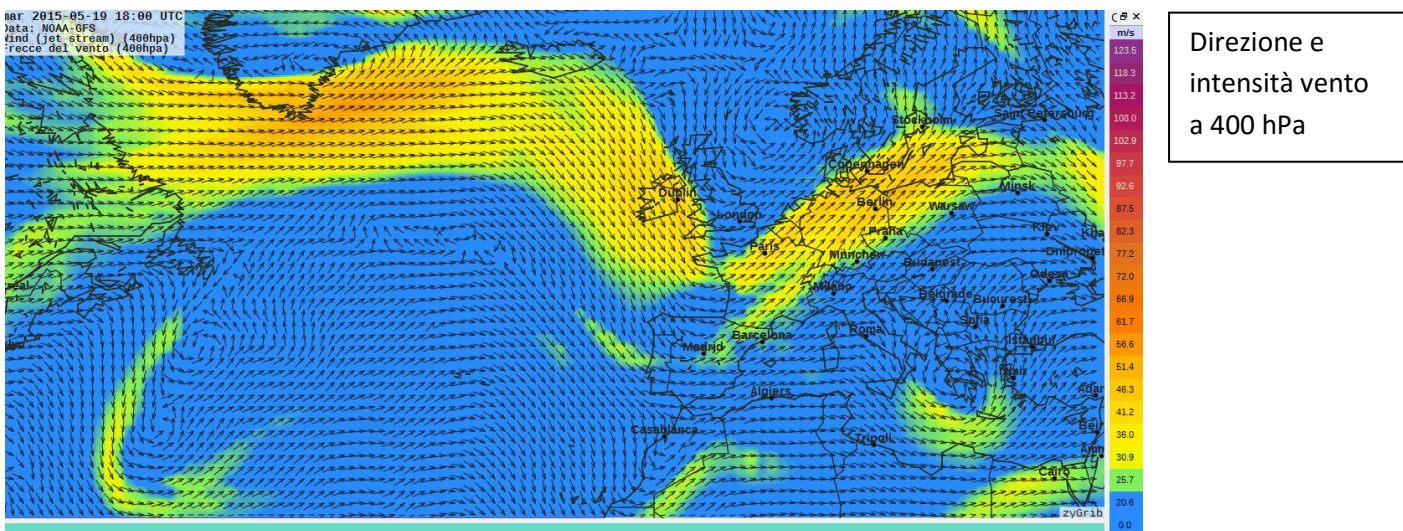
1.4-Corrente a getto o jet stream

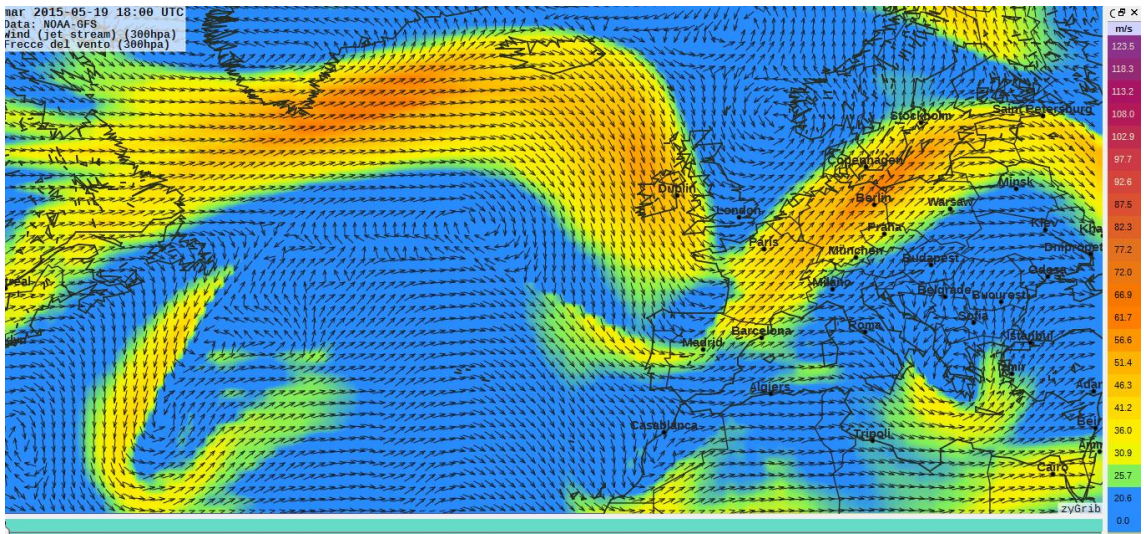
Il jet stream o corrente a getto è un flusso d'aria molto intenso che si va a posizionare appena sotto la tropopausa, a circa 11km dal suolo. La sua origine è legata al forte gradiente di temperatura tra le differenti celle, quindi tra due masse d'aria differenti, una più fredda dell'altra. Si genera di conseguenza un gradiente di pressione che sposta l'aria verso le zone più fredde deviandole verso destra lungo questo percorso.

Può raggiungere velocità molto elevate, in media tra i 55 e 120 km/h, che vengono spesso sfruttate in aeronautica per diminuire i tempi di percorrenza.

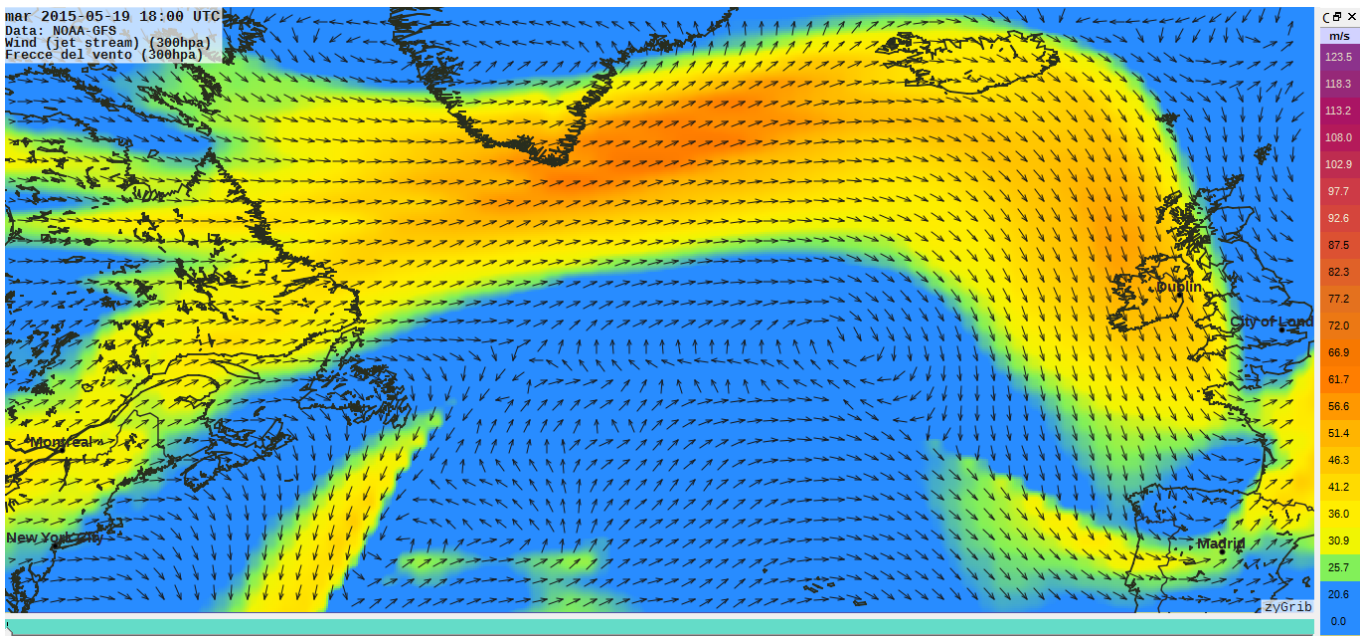
Ad esso sono correlate la creazione e la scomparsa dei fronti; infatti nelle saccature essa diminuisce la propria intensità, qui l'aria che esce è molta più di quella che entra andando a pescare aria dal suolo, facendone diminuire la pressione alla superficie ed instaurando una ciclonica convergenza d'aria al suolo.

Si possono facilmente individuare con l'ausilio del software ZyGrib, selezionando il valore di jet-stream a 300 o 400 hPa.





Direzione e intensità vento a 300 hPa



Zoom a 300 hPa

1.5- Possibili aree convettive

Con il programma zyGrib possiamo studiare i valori, in un determinato punto sulla superficie, di grandezze per noi rilevanti, tramite pseudo-radiosondaggi. Si parla di pseudo-radiosondaggi in quanto il monogramma di Herlofson non è il risultato di veri e propri radiosondaggi, ma sono creati a partire dai dati in uscita del modello meteorologico preso in esame.

Possiamo quindi ricavare il valore del parametro CAPE (Convective Available Potential Energy). Cioè l'energia potenziale che un pacchetto d'aria ha quando viene sollevato fino al suo livello di convezione libera e diventa così più caldo rispetto alla temperatura dell'aria che lo circonda, sperimentando un galleggiamento verso l'alto.

Generalmente elevati valori di CAPE comportano temporali più forti con una maggior probabilità di forti piogge, in minor modo serve anche per la previsione della grandine di grande dimensioni mentre è poco indicativo per la possibilità di formazione di tornado.

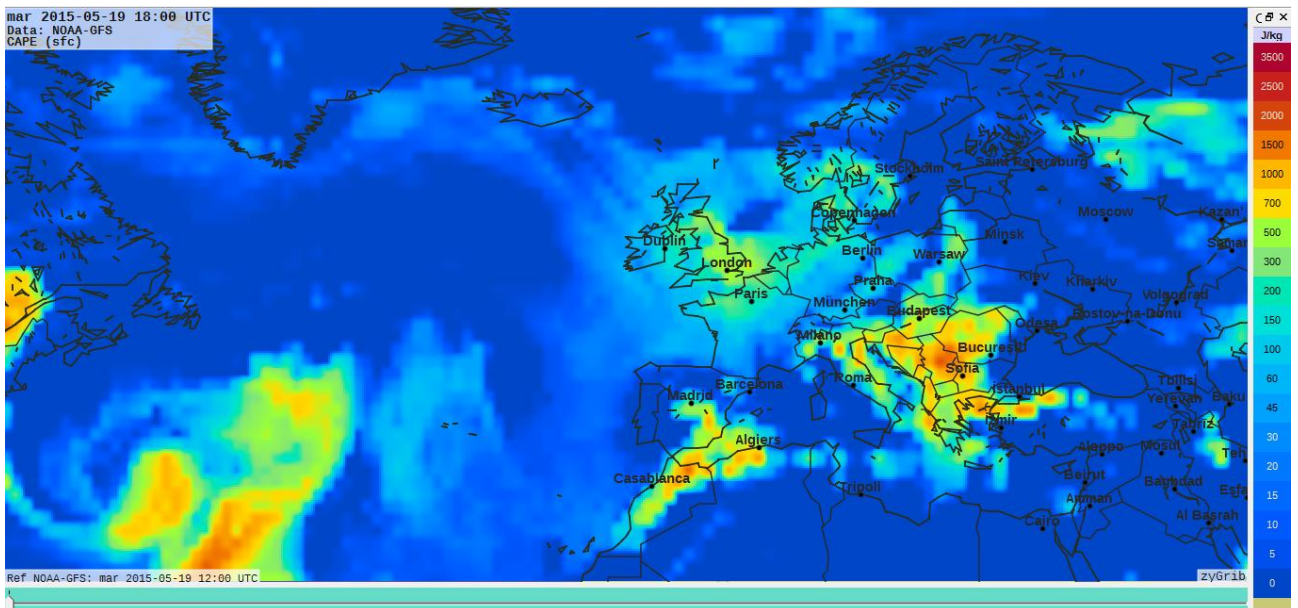
Assieme al CAPE è legato il CIN (Convective INhibition) che fornisce il valore di quanta energia deve essere spesa affinché la massa d'aria salga nonostante il gradiente verticale sia sfavorevole.

$$\text{CAPE} = \int_{\text{LFC}}^{\text{EL}} g \left(\frac{T_{v,\text{part}} - T_{v,\text{amb}}}{T_{v,\text{amb}}} \right) dz$$

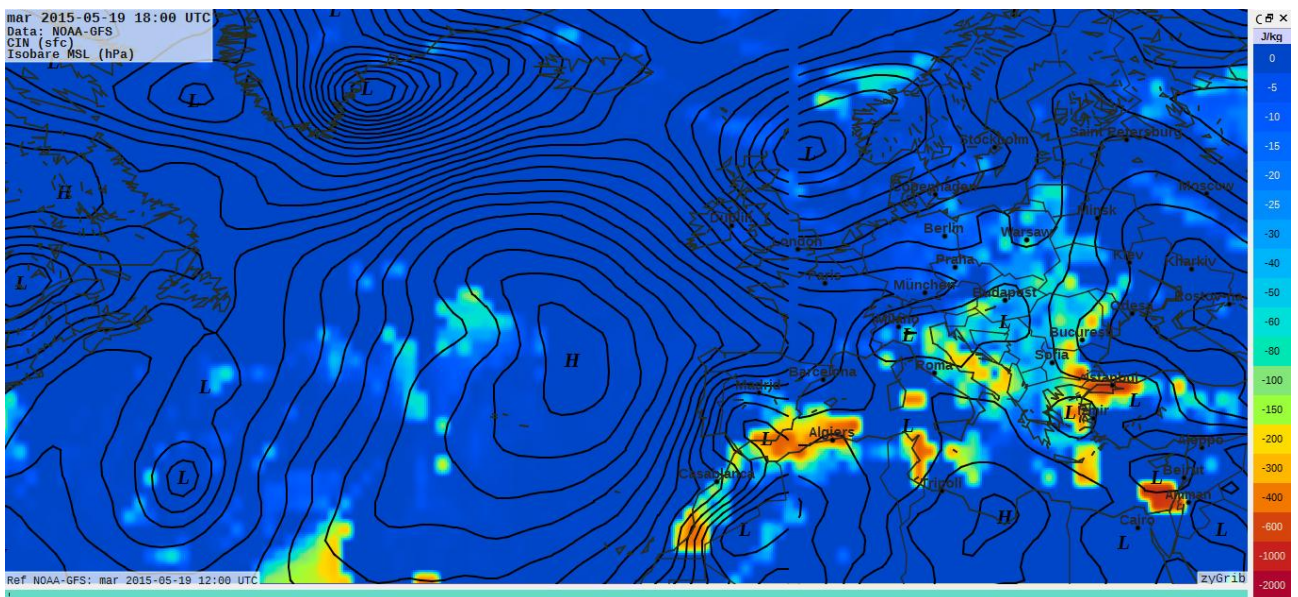
$$\text{CIN} = \int_{z_{\text{ground}}}^{\text{LFC}} g \left(\frac{T_{v,\text{part}} - T_{v,\text{amb}}}{T_{v,\text{amb}}} \right) dz$$

- LFC livello di convezione libera
- EL equilibrium level
- $T_{v,\text{part}}$ temperatura virtuale della particella
- $T_{v,\text{amb}}$ temperatura virtuale dell'ambiente
- Z_{ground} è la superficie.

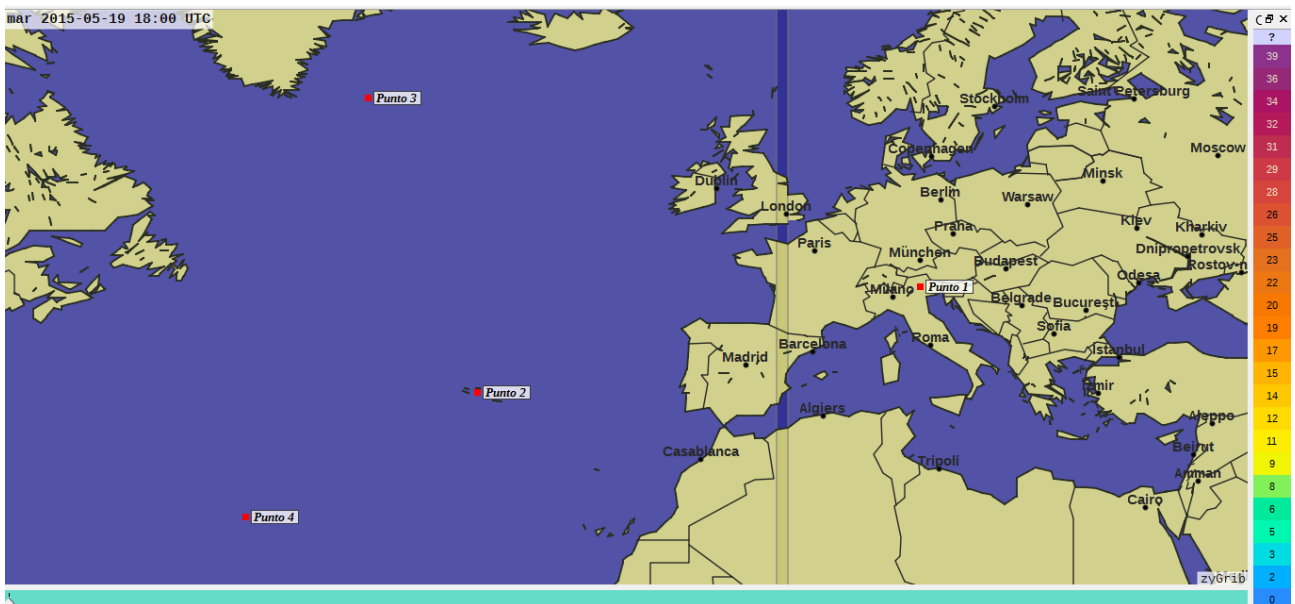
Il CAPE sull'area d'indagine



Il CIN





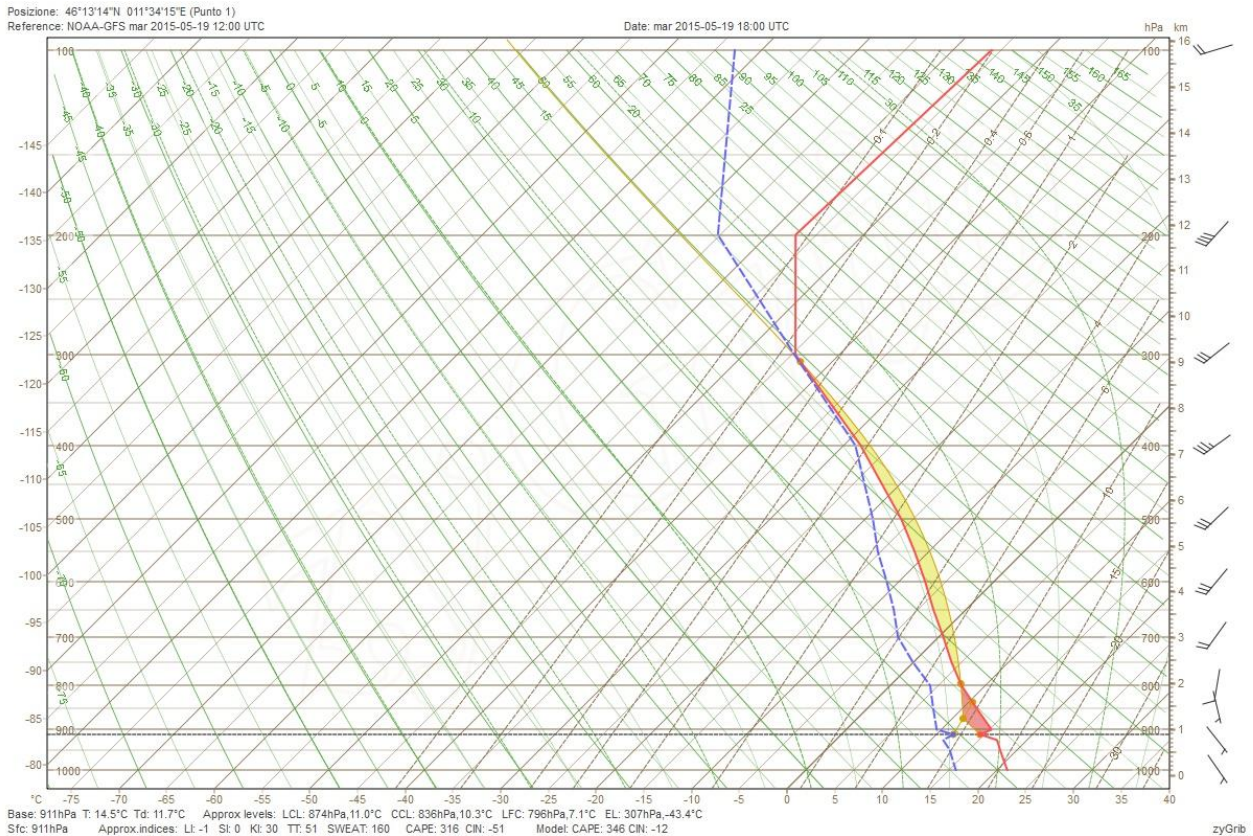
Sono stati scelti quattro punti di interesse :



Punto 1: situato in prossimità della città di Trento, qui abbiamo il valore maggiore di CAPE, rappresentato dall'area gialla, compresa tra la linea rossa dell'adiabatica saturata e quella della temperatura. Questa superficie é racchiusa dal LFC inferiormente e superiormente dal EL. Da evidenziare anche l'importante valore di CIN, l'area rossa, il quale è l'indice contrario al CAPE ed inibisce quindi i moti verticali.

Posizione: **Punto 1** : 46°13'14"N 011°34'15"E
 Data di riferimento: NOAA-GFS: mar 2015-05-19 12:00 UTC

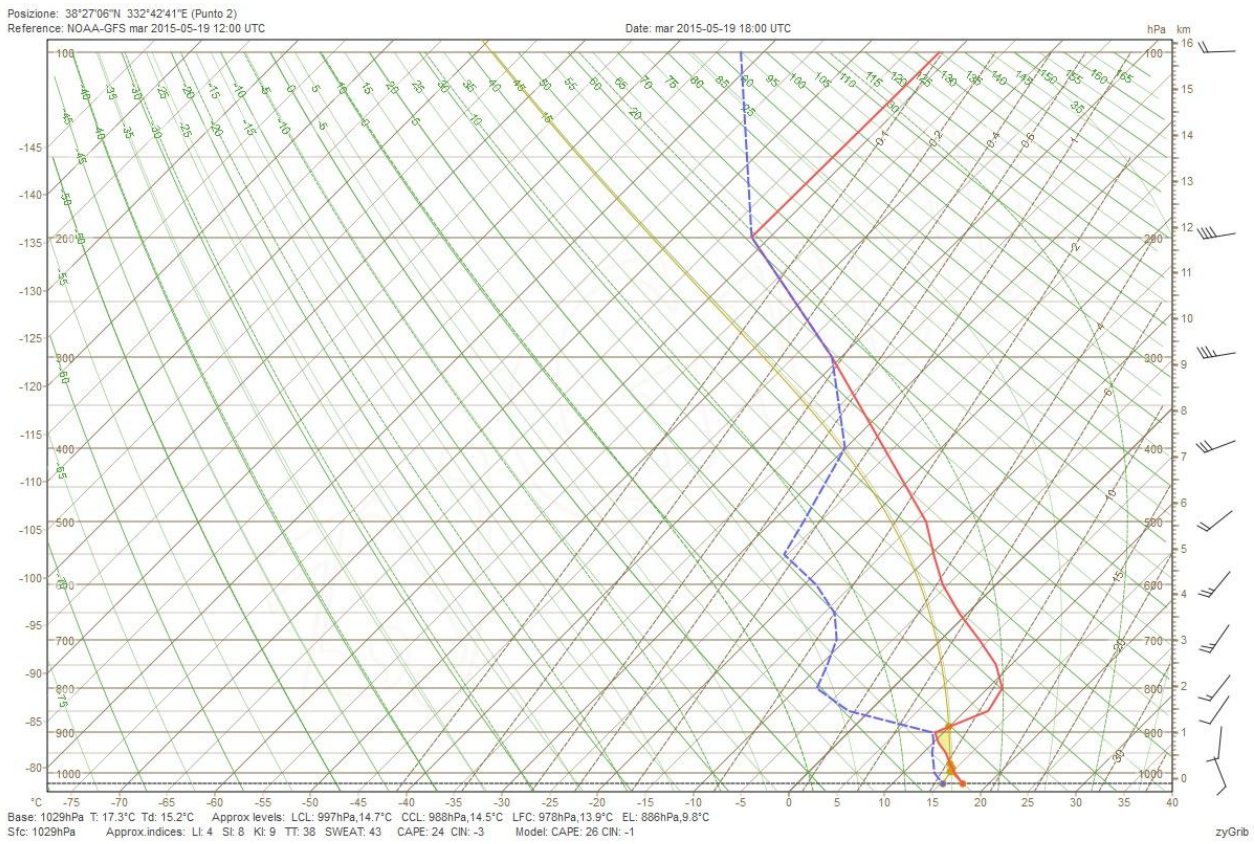
mar 2015-05-19	
Sun	↑ 03:36 UTC ↓ 18:43 UTC
Moon	↑ 04:51 UTC ↓ 19:58 UTC 1%
	18:00 UTC
Vento (10 m)	 145 ° 1.3 m/s 1 Bf
Wind gust	2.0 m/s
Copertura nuvolosa	76 %
Precipitazioni	0.69 mm/h
Temperatura (850hpa)	11.3°C
Temperatura (2 m)	14.5°C
Diff. temp.-pt. di rugiada (2 m)	2.8°C
Isoterma 0°C	3080 m
Pressione (MSL)	1007.3 hPa
CAPE (livello del suolo)	346 J/kg
CIN (surface)	-12 J/kg
SkewT-LogP	



Punto 2: posizionato appositamente sopra alle Azzorre per osservarne l'omonimo anticiclone. I dati che ne risultano non fanno altro che sostenere la consapevolezza di tempo stabile associato ad un anticiclone; infatti riscontriamo alti valori di pressione, un'altezza dello zero termico piuttosto elevata, la presenza di una zona di inversione termica appena sopra al LFC che inibisce i moti verticali e la presenza nei medi strati di uno strato d'aria piuttosto secca che funge anch'esso da tappo per i possibili moti convettivi. Singolare la copertura nuvolosa intensa, si può notare anche dal grafico SkewT-logP che sia presente una zona in alta troposfera dove la temperatura di rugiada e la temperatura dell'aria coincidano, probabilmente la copertura nuvolosa proviene da qualche vecchio fronte che ha continuato per inerzia il suo tragitto, presumibilmente spinto dal minimo di bassa pressione presente a SW rispetto alle Azzorre.



Posizione: **Punto 2** : 38°27'06"N 332°42'41"E
 Data di riferimento: NOAA-GFS: mar 2015-05-19 12:00 UTC

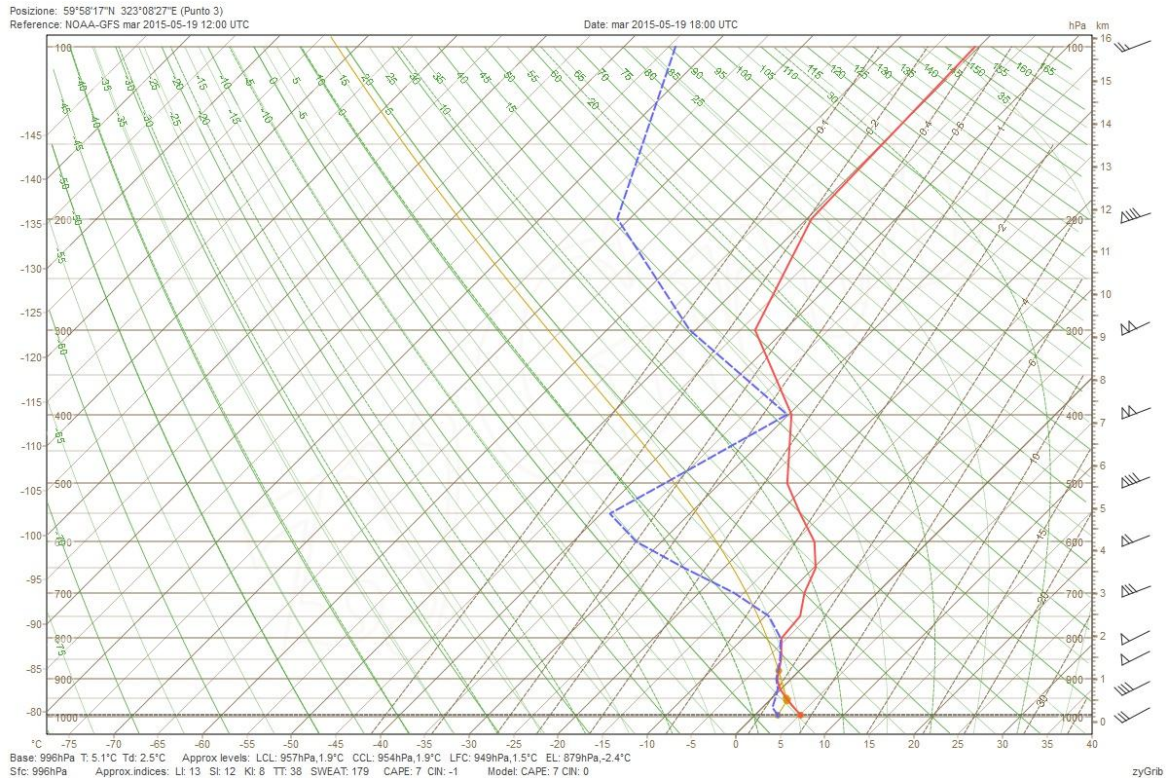
mar 2015-05-19	
Sun Moon	↑ 06:34 UTC ↓ 20:55 UTC ↑ 07:04 UTC ↓ 21:23 UTC 1%
	18:00 UTC
Vento (10 m)	152 ° 4.5 m/s 3 Bf
Wind gust	5.8 m/s
Copertura nuvolosa	100 %
Precipitazioni	0.01 mm/h
Temperatura (850hpa)	12.3°C
Temperatura (2 m)	17.3°C
Diff. temp.-pt. di rugiada (2 m)	2.1°C
Isoterma 0°C	3683 m
Pressione (MSL)	1028.4 hPa
CAPE (livello del suolo)	26 J/kg
CIN (surface)	-1 J/kg
SkewT-LogP	



Punto 3: in corrispondenza della Groenlandia, sul punto insiste un fronte freddo come si evince anche dai dati di temperatura a 850 hPa e dal valore dell'isoterma 0°C posizionata a 574 m. Siamo in corrispondenza di una bassa pressione: quindi zona ciclonica.

Da riportare anche un intenso valore della velocità del vento confermata anche dalla disposizione molto ravvicinata delle isobare. Significativo in questo caso anche il diagramma SkewT-logP che ci riporta una quasi perfetta sovrapposizione tra le linee della temperatura di rugiada e del radiosondaggio, che indicano saturazione e conseguente probabile condensazione quindi nubi su tutto il profilo verticale della troposfera.

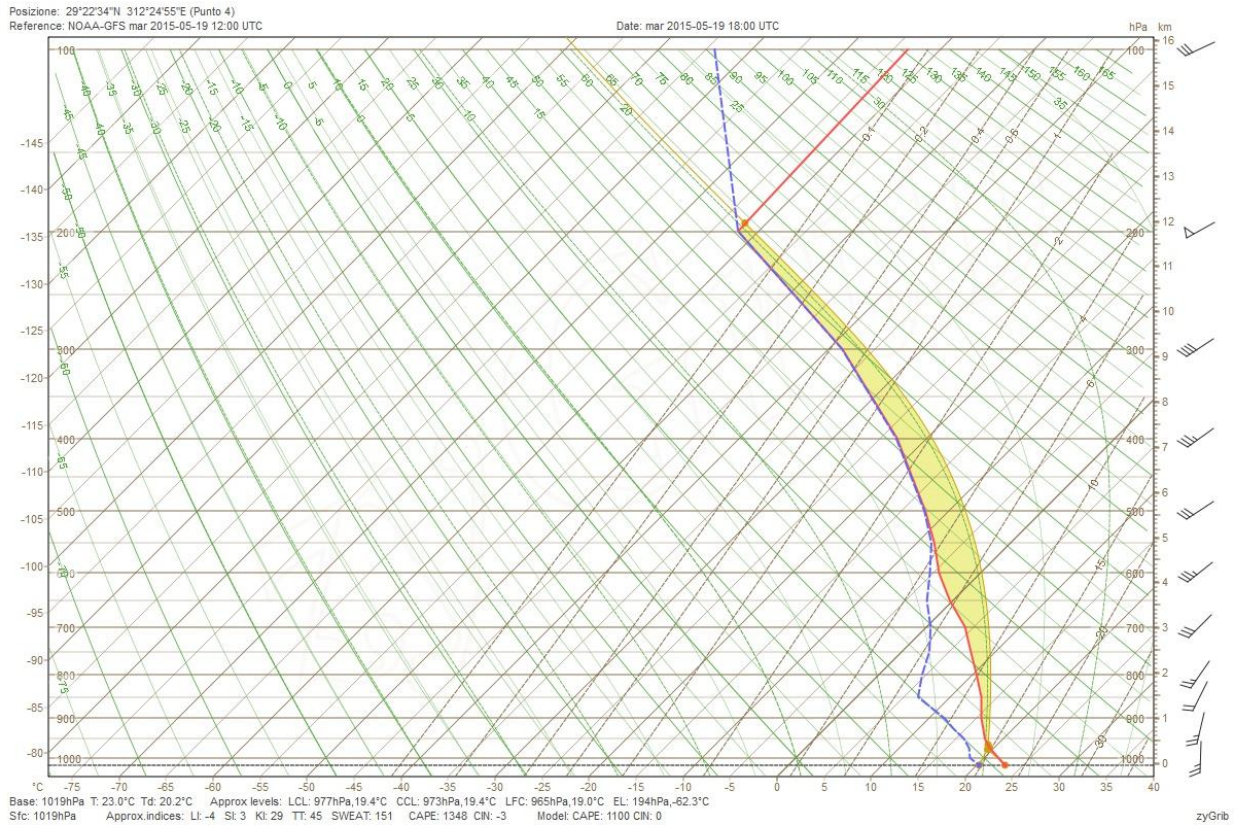
Posizione: Punto 3 : 59°58'17"N 323°08'27"E	
Data di riferimento: NOAA-GFS: mar 2015-05-19 12:00 UTC	
	mar 2015-05-19
Sun Moon	↑ 05:43 UTC ↓ 23:04 UTC ↑ 06:36 UTC ↓ 23:18 UTC 1%
	18:00 UTC
Vento (10 m)	 242 ° 15.5 m/s 7 Bf
Wind gust	19.8 m/s
Copertura nuvolosa	100 %
Precipitazioni	0.11 mm/h
Temperatura (850hpa)	-3.4°C
Temperatura (2 m)	5.1°C
Diff. temp.-pt. di rugiada (2 m)	2.6°C
Isoterma 0°C	565 m
Pressione (MSL)	996.0 hPa
CAPE (livello del suolo)	7 J/kg
CIN (surface)	0 J/kg
SkewT-LogP	



Punto 4: posizionato su di una zona di blanda bassa pressione ad est delle coste Americane in prossimità delle Bermuda; probabilmente situato su di un fronte freddo. Abbiamo alto valore del parametro di CAPE.

Posizione: **Punto 4** : 29°22'34"N 312°24'55"E
 Data di riferimento: NOAA-GFS: mar 2015-05-19 12:00 UTC

mar 2015-05-19	
Sun	↑ 08:15 UTC ↓ 21:56 UTC
Moon	↑ 08:43 UTC ↓ 22:30 UTC 1%
18:00 UTC	
Vento (10 m)	 180 ° 9.2 m/s 5 Bf
Wind gust	11.7 m/s
Copertura nuvolosa	98 %
Precipitazioni	1.41 mm/h
Temperatura (850hpa)	13.2°C
Temperatura (2 m)	23.0°C
Diff. temp.-pt. di rugiada (2 m)	2.8°C
Isoterma 0°C	3719 m
Pressione (MSL)	1019.0 hPa
CAPE (livello del suolo)	1100 J/kg
CIN (surface)	0 J/kg
SkewT-LogP	



Inoltre abbiamo considerato velocità e direzione del vento, copertura nuvolosa, precipitazioni, temperature a 850 hPa, temperatura 2 metri, altitudine isoterma 0°C, pressione (MSL), CAPE (livello del suolo), CIN (surface).

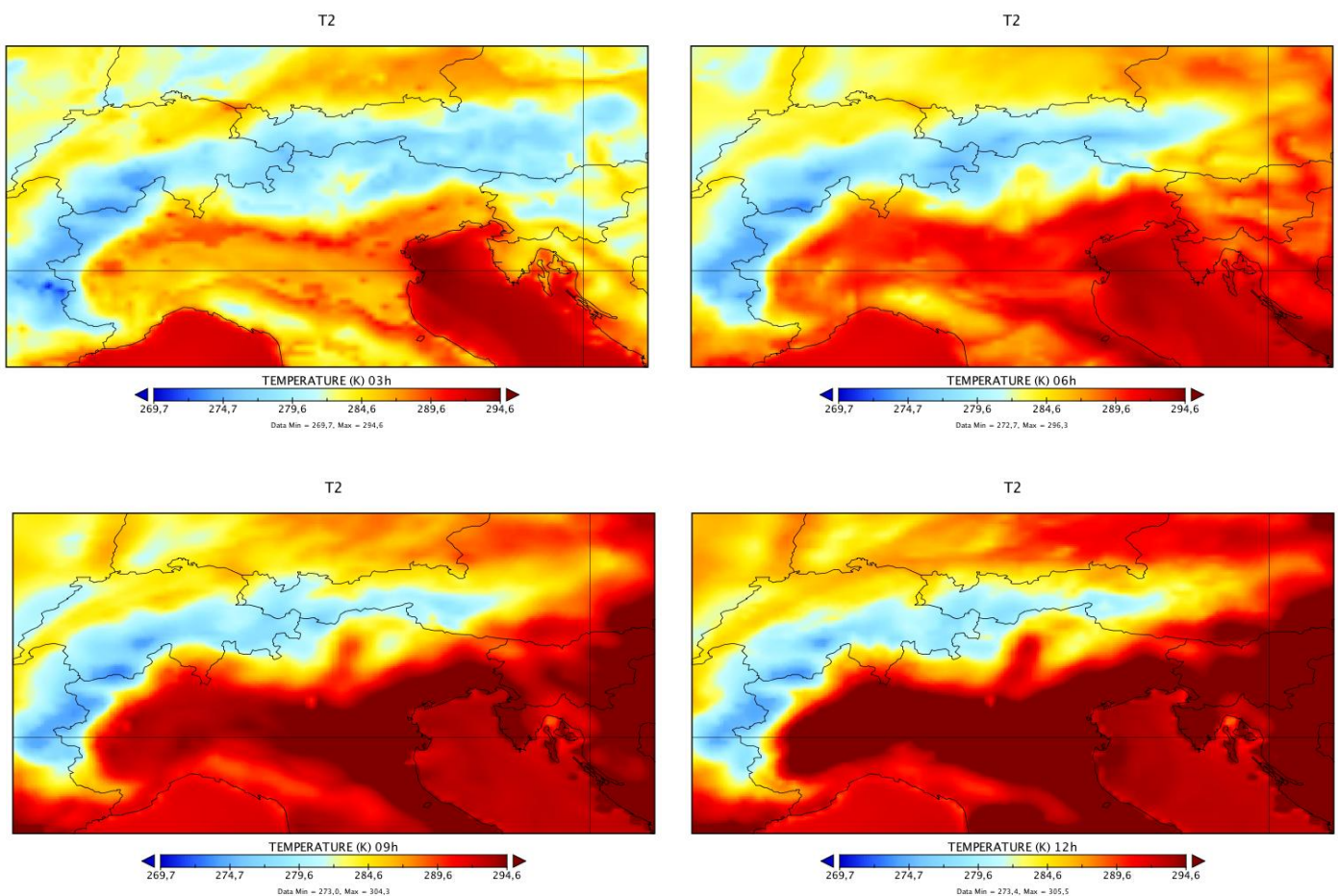
2.0- ANALISI A SCALA LOCALE: PANOPLY

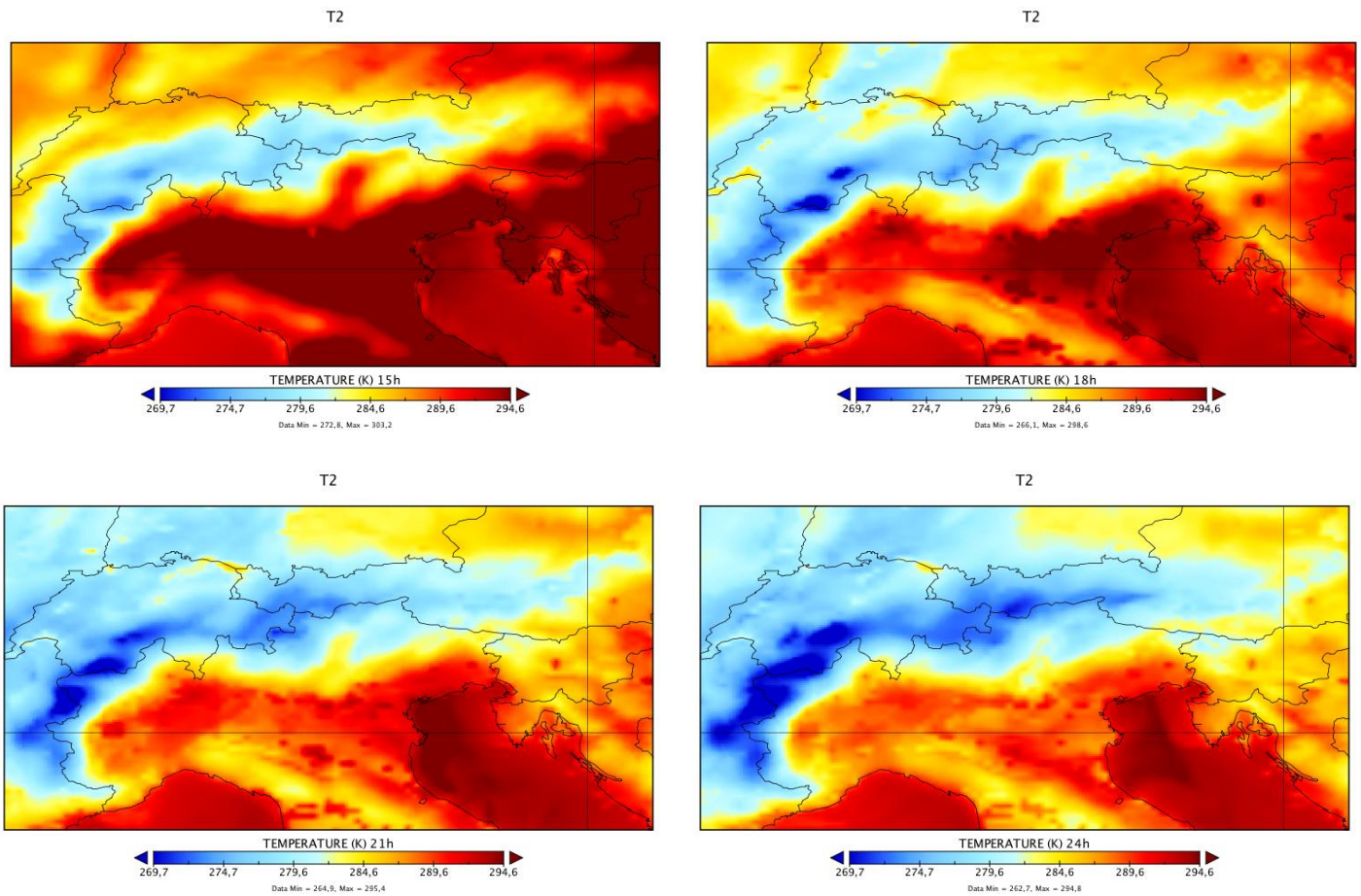
Panoply è un software sviluppato negli Stati Uniti dalla N.A.S.A., il quale visualizza gli output del principale modello meteorologico americano: GFS (Global Forecast System) che seguendo la filosofia “free” tipica americana, mette a disposizione ad appassionati e professionisti tutti i dati elaborati dal modello meteorologico.

Il programma, di immediato utilizzo, da la possibilità di variare numerosi parametri tra i quali i più importanti: temperatura(T2), direzione e intensità del vento(U10,V10), precipitazioni (RAINNC), altitudine (HGT) e radiazione (SWDOWN).

Per ogni giornata inoltre abbiamo la facoltà di selezionare più istanti ad intervalli di tre ore ed inoltre di interpolare più file per combinare diversi parametri. Per gli accumuli pluviometrici di 3ore in 3 ore è stato appositamente non utilizzato il tasto “always fix to data” per permettere un confronto migliore tra le diverse ore, tenendo fissa la scala di confronto. Per quanto riguarda invece le precipitazioni su 24 h e sugli altri dati, è stato selezionato in modo da ottenere una visione generale del dato e per apprezzarne meglio la diversa distribuzione.

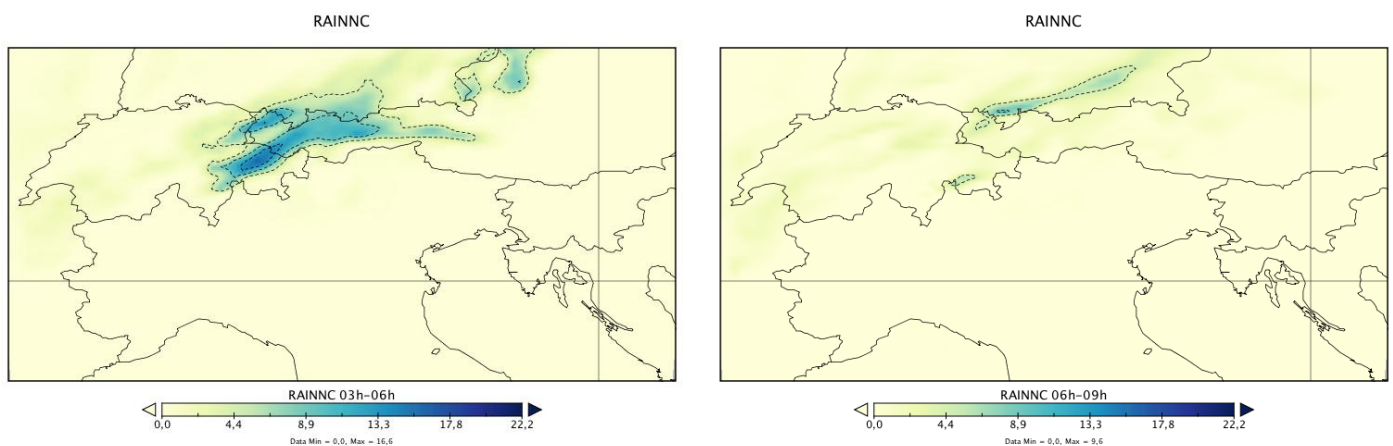
2.1- Temperature previste di 3 ore in 3 ore



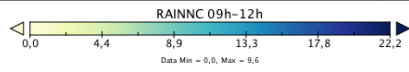
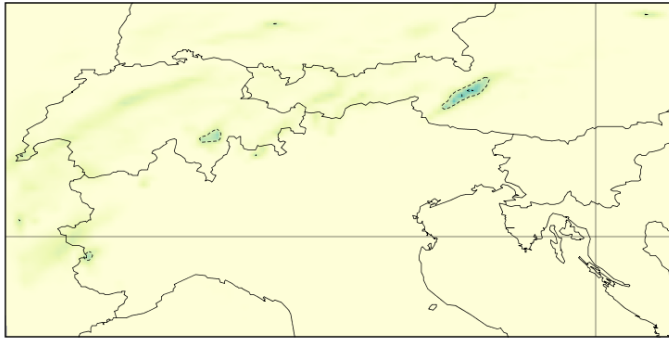


La serie di carte evidenziano in tarda serata l'arrivo del occluso a carattere freddo da Nord-Ovest con il relativo raffreddamento al suolo.

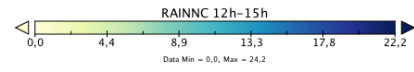
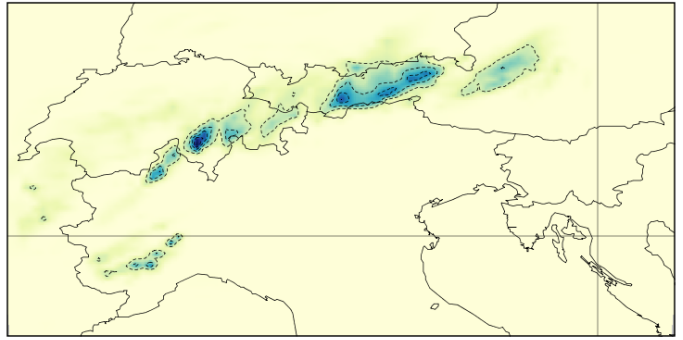
2.2- Precipitazioni cumulate ad intervalli di 3 ore e nell'intera giornata [mm]



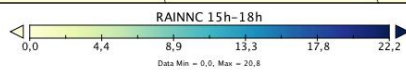
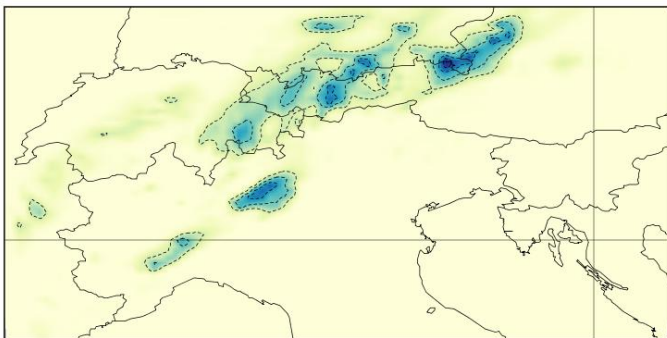
RAINNC



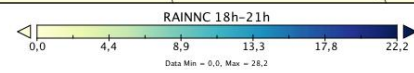
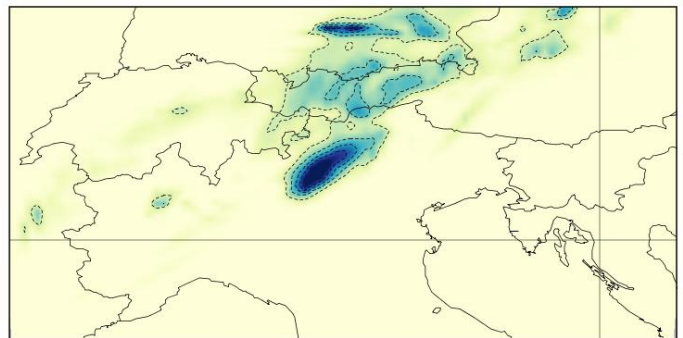
RAINNC



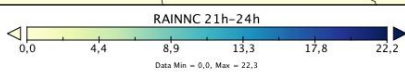
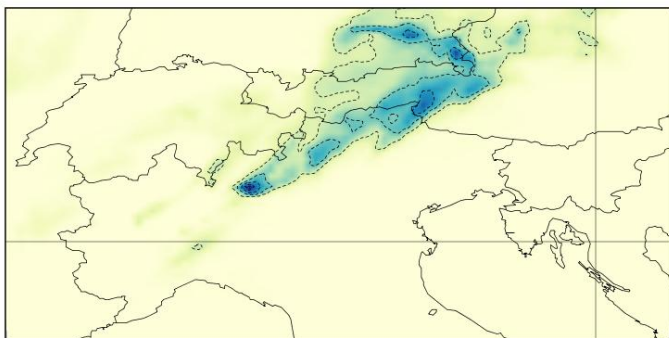
RAINNC



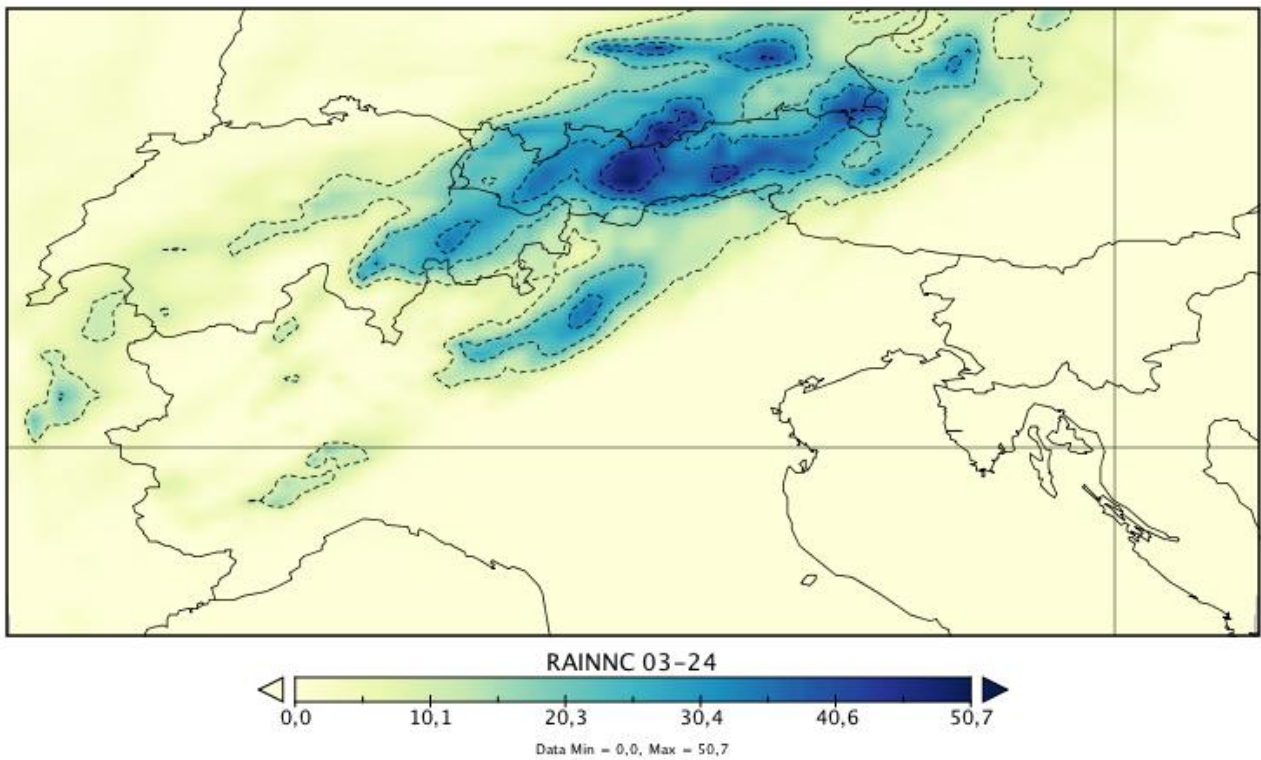
RAINNC



RAINNC

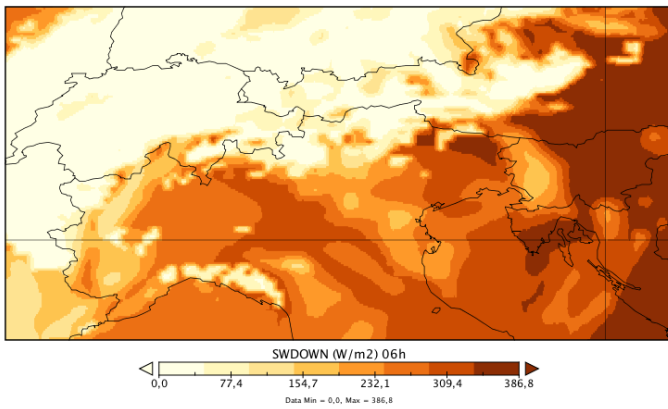


RAINNC

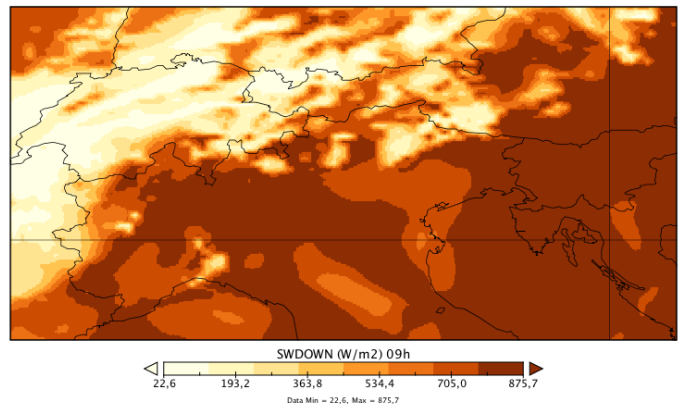


2.3- Radiazione solare dalle ore 06 alle ore 18 [W/m²]

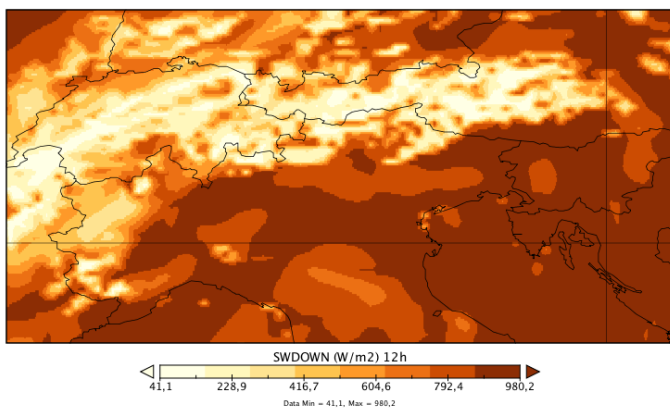
SWDOWN



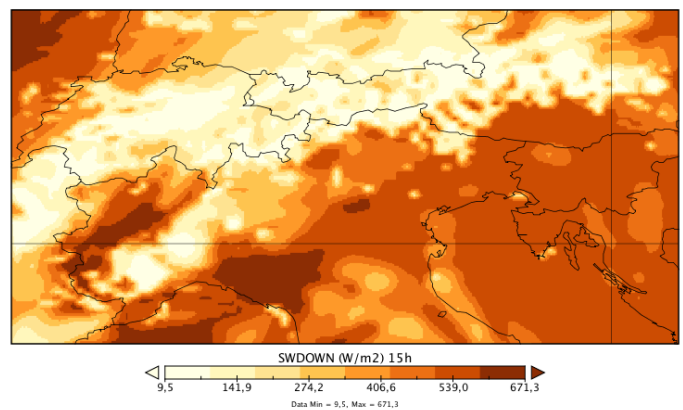
SWDOWN



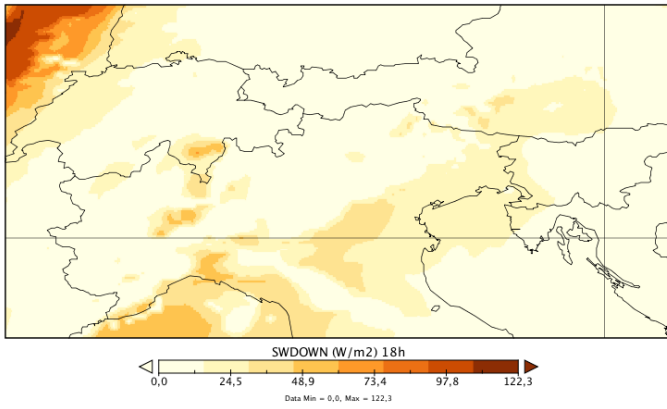
SWDOWN



SWDOWN



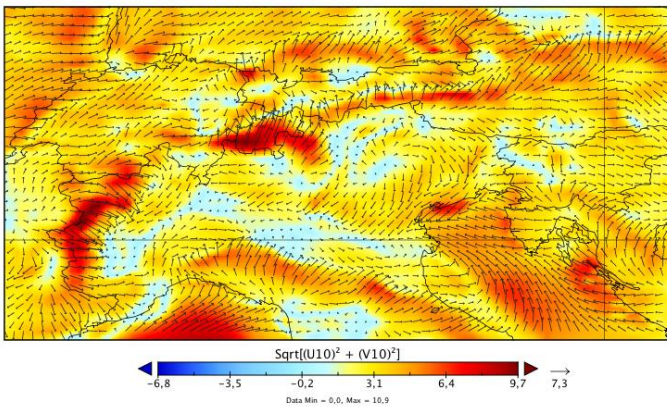
SWDOWN



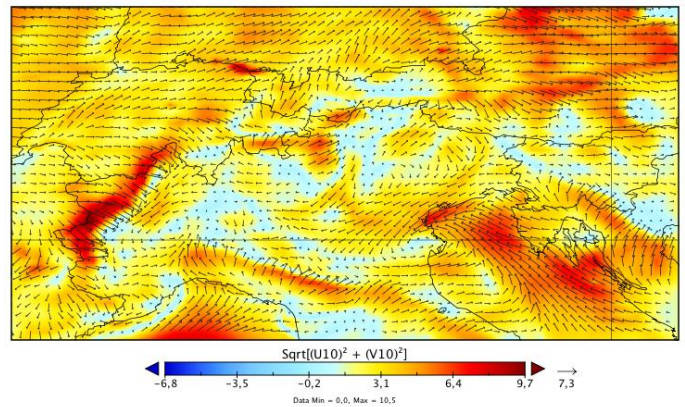
2.4- Vettori vento

Risultato dell'interpolazione dei dati di direzione e intensità del vento di direzione nord assieme a quelli di direzione est.

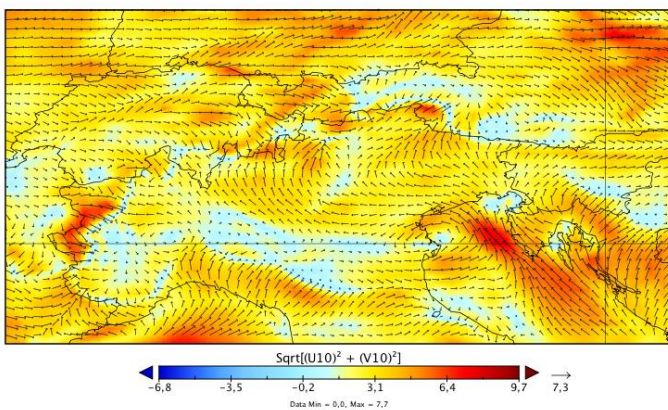
U10



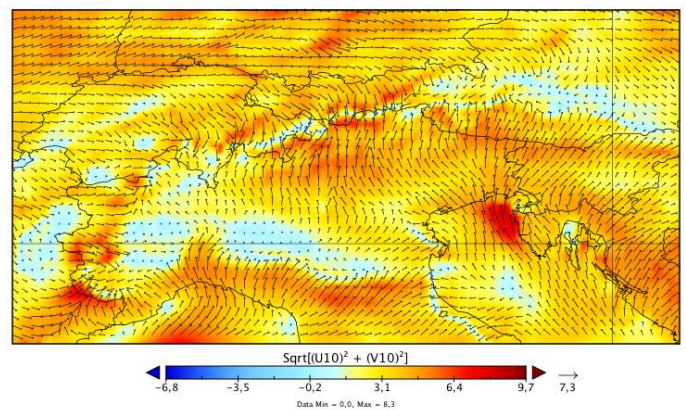
U10



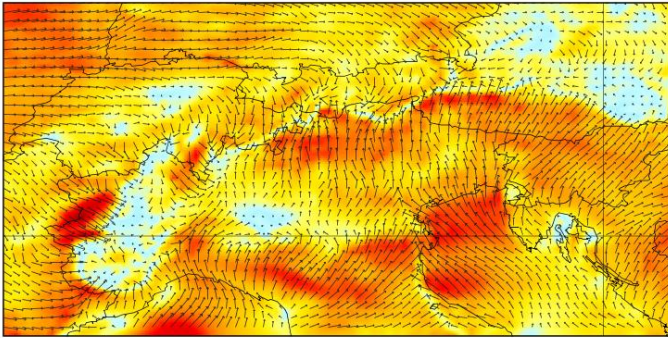
U10



U10

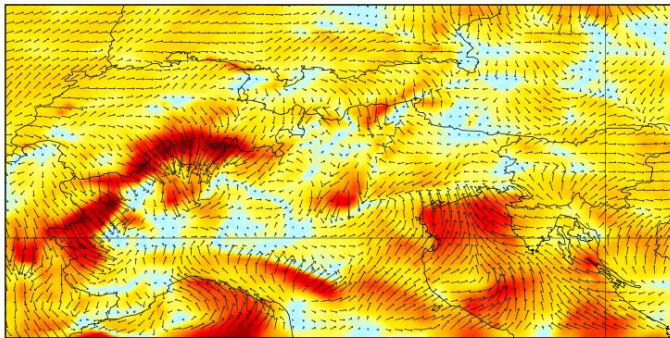


U10

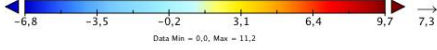


$\text{Sqrt}[(U10)^2 + (V10)^2]$

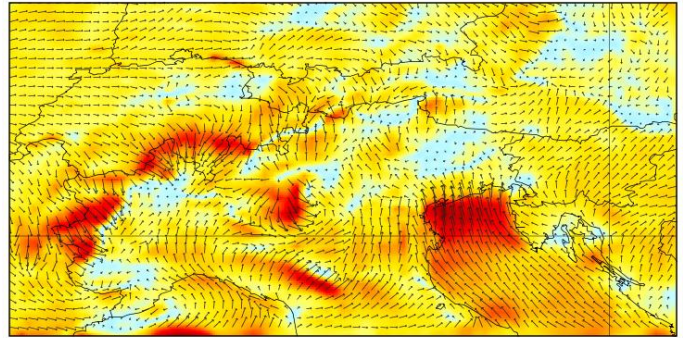
U10



$\text{Sqrt}[(U10)^2 + (V10)^2]$

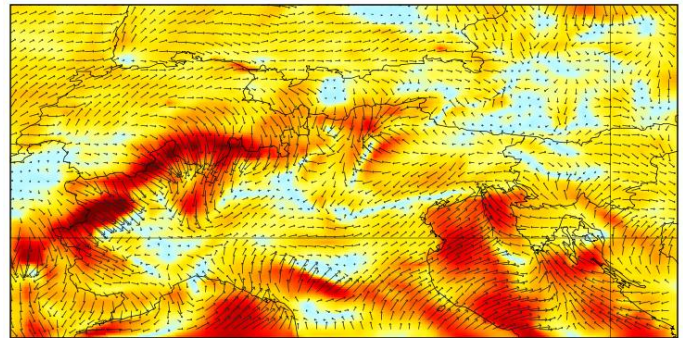


U10

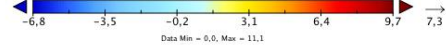


$\text{Sqrt}[(U10)^2 + (V10)^2]$

U10



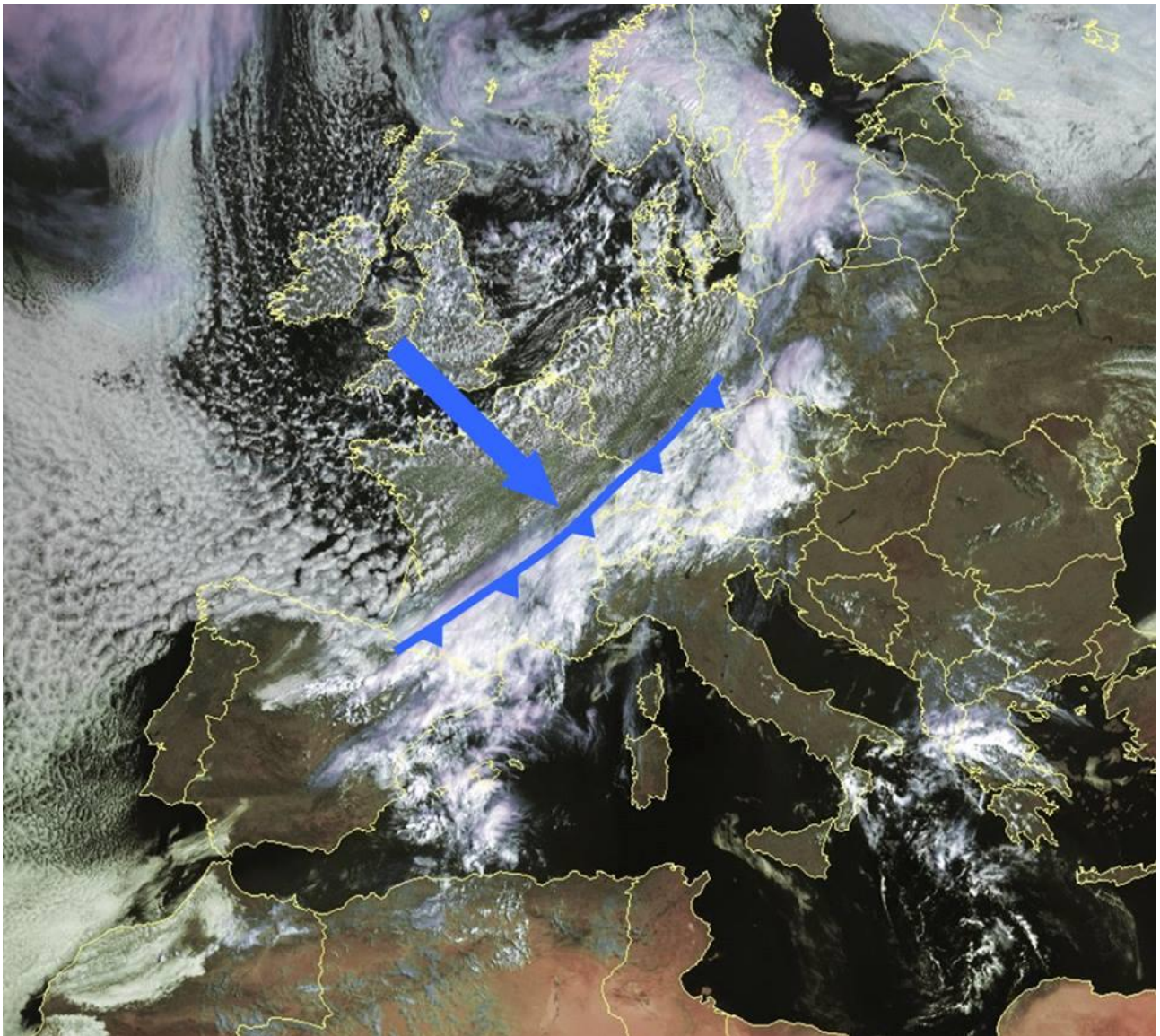
$\text{Sqrt}[(U10)^2 + (V10)^2]$



3.0- Quel giorno sull'Italia settentrionale...

La fase prefrontale che condiziona le ore precedenti all'entrata vera e propria del fronte freddo è caratterizzata da temporali anche di forte intensità che prima colpiscono le alte pianure e le Alpi del nord ovest (nel tardo pomeriggio), successivamente, in serata, le pedemontane e le zone alpine del nord est. In seguito spostandosi verso est andrà a coinvolgere i paesi dell'Europa orientale.

3.1- Immagini e frame del radar

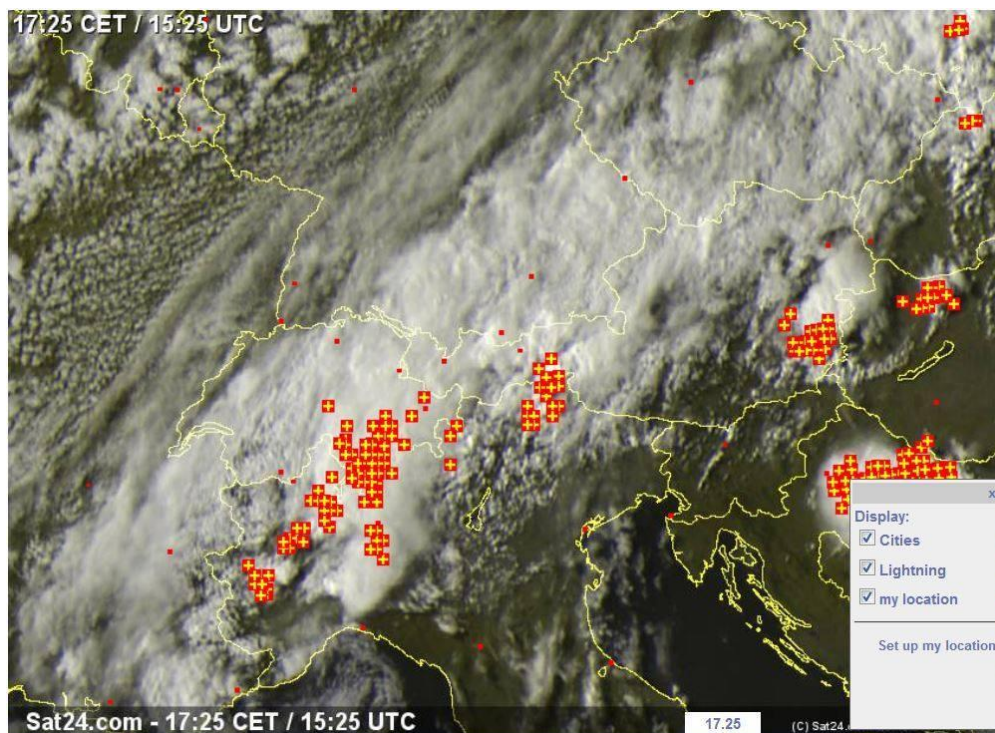


Il fronte freddo visto dal Sat24 nel pomeriggio del 19 maggio 2015.

Il radar della protezione civile inizia a registrare una serie di temporali a partire da metà pomeriggio al nord ovest. Qui sotto il frame delle ore 17.10.

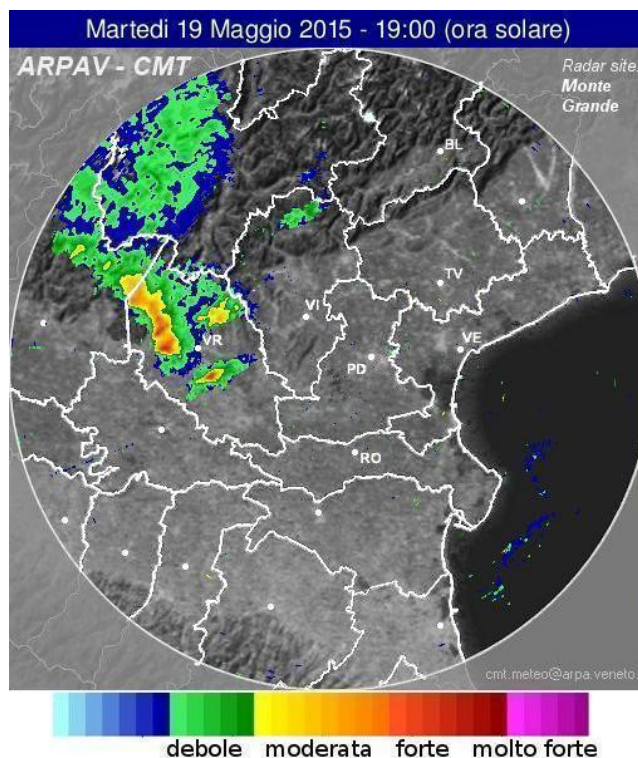
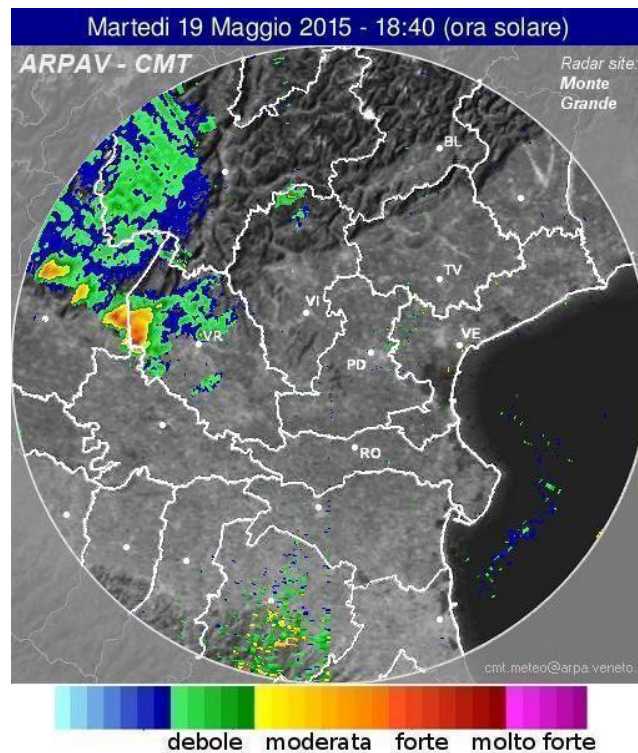


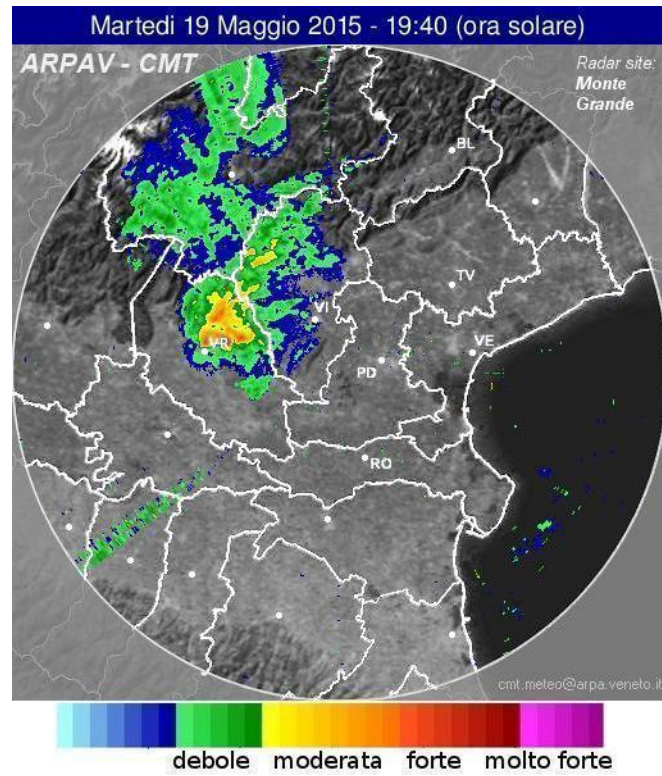
Qui invece il Sat24 alle ore 17.25 con nuvolosità e fulminazioni: da notare la ventilazione in quota da SW.



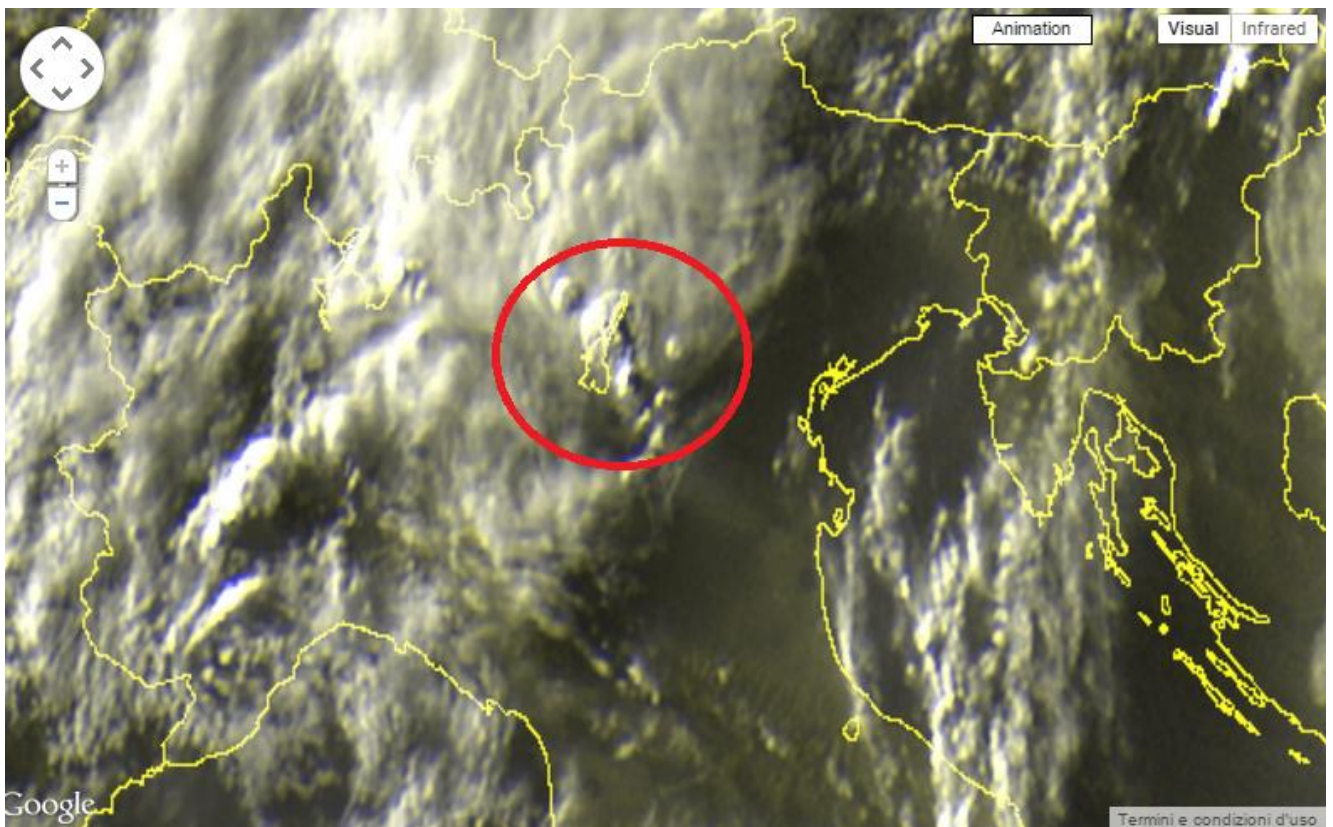
Particolare attenzione va posta al veronese dove un sistema temporalesco proveniente dalla Lombardia prende forza sul Garda e va a creare una supercella (temporale con presenza di un piccolo minimo di bassa pressione all'interno della cella) molto violenta che causerà anche dei danni nella pedemontana veronese. La città verrà coinvolta solo parzialmente dal nucleo principale.

Di seguito i frame del radar A.R.P.A.V.





Dal satellite ben visibili gli overshooting top delle celle temporalesche.



Il temporale immortalato dalle webcam, il grosso passa a nord di Verona.

Webcam puntata verso nord:



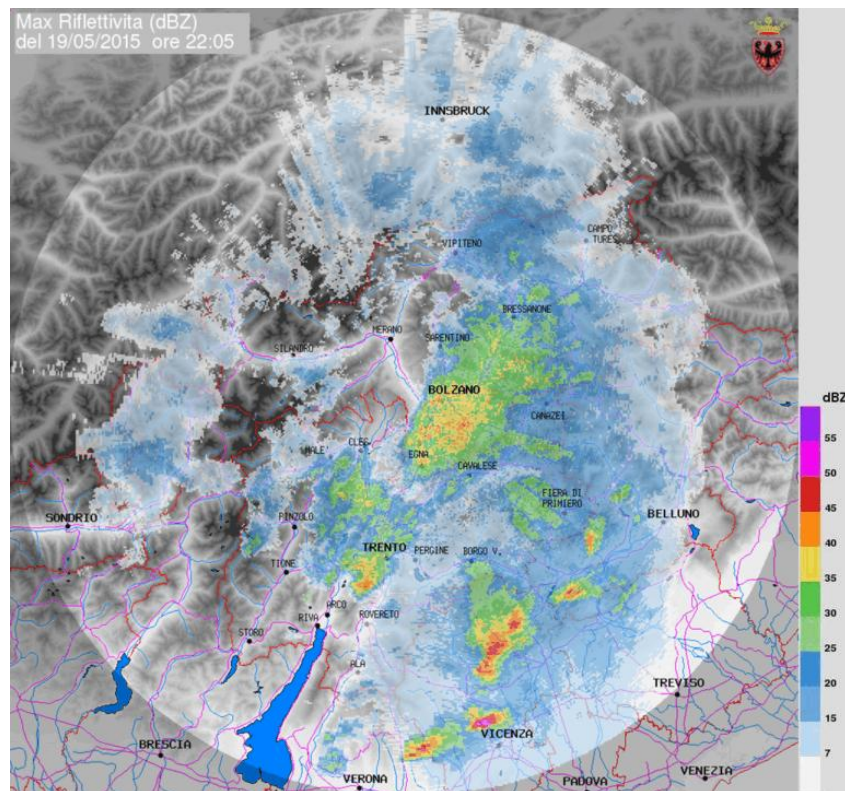
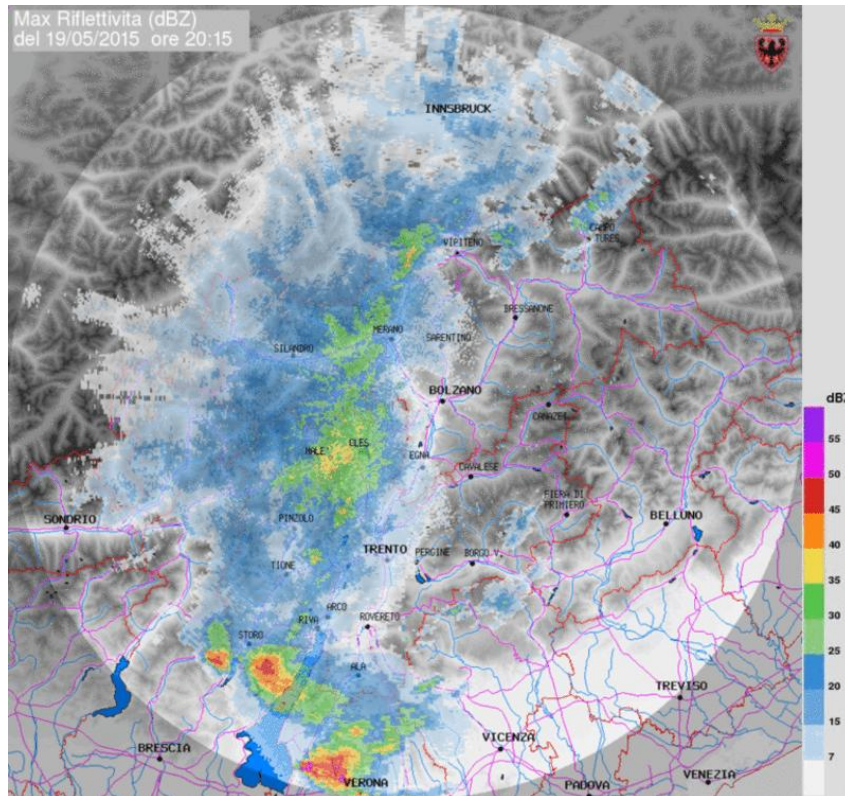
Webcam puntata verso sud:

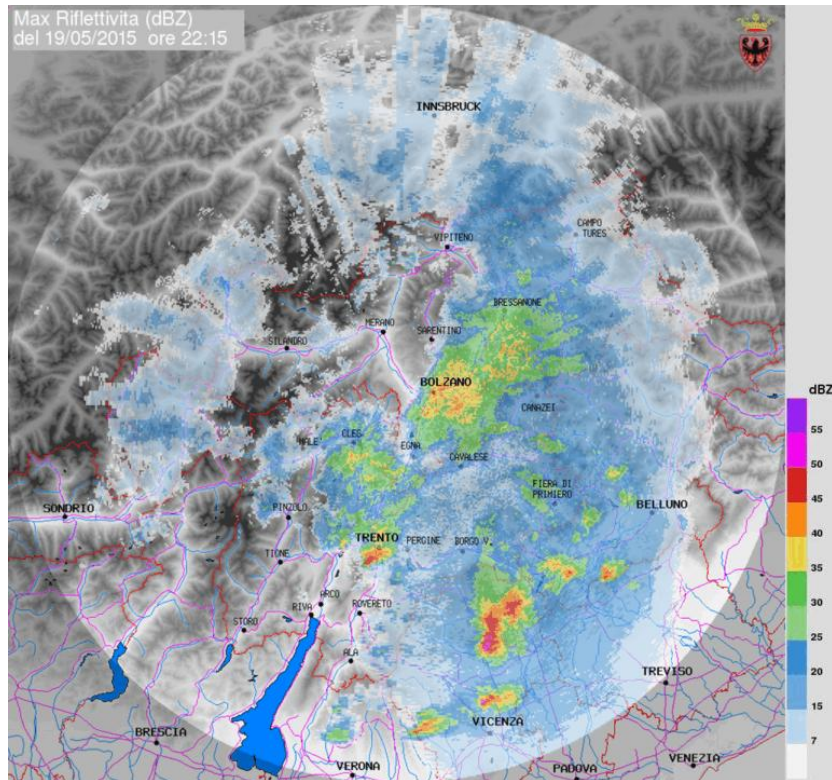


Sulle colline appena sopra Verona parecchi gli allagamenti e non da meno sono i danni causati dalla grandine che arriva fino a 3-4 cm di diametro.



Il trentino invece viene coinvolto poco dopo con temporali di minor intensità ma che fanno registrare buoni accumuli pluviometrici. Tra le zone più colpite c'è proprio Trento che viene interessata da un nucleo temporalesco nato sul monte Bondone.



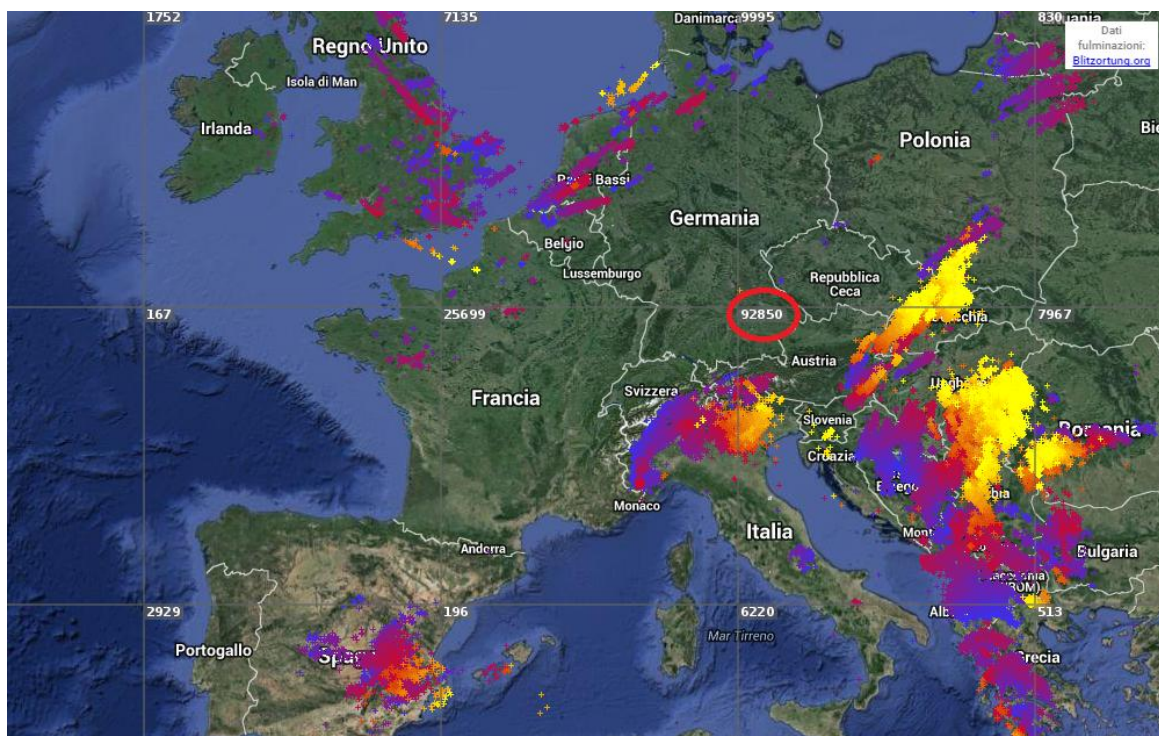


Località (quota)	Dati disponibili fino al (ora solare)	Minima di oggi (°C)	Massima di ieri (°C)	Pioggia totale ultime 24h (mm)	Grafici ultimi 3 gg
Arco (Bruttogosto) (85 m)	19/05 h.21:45	15,5	25,9	20,4	
Cavalese (958 m)	19/05 h.21:45	9	22,4	4,6	
Cembra (652 m)	19/05 h.21:45	12,4	23,4	12,6	
Cles (Maso Maiano) (655 m)	19/05 h.21:45	12,1	25,4	7,2	
Lavarone (Chiesa) (1155 m)	19/05 h.21:45	9,4	20,2	1,6	
Male' (720 m)	19/05 h.21:45	11,1	23,3	7,8	
Mezzolombardo (Maso delle Part) (204 m)	19/05 h.21:45	13,4	26,7	8,2	
Moena (Diga Pezze') (1205 m)	19/05 h.21:45	7,4	22	5,8	
Pergine Valsugana (458 m)	19/05 h.21:45	12,2	26,3	2,6	
Pinzolo (760 m)	19/05 h.21:45	11,6	23,4	16,2	
Rovereto (203 m)		-	-	-	-
San Lorenzo In Banale (Pergoletti) (685 m)	19/05 h.21:45	12,1	22,9	9,6	
San Martino di Castrozza (1470 m)	19/05 h.21:45	5,6	16,4	6,6	
Santa Massenza (Centrale) (252 m)	19/05 h.21:45	12,9	24,1	15,4	
Telve (410 m)	19/05 h.21:45	13,2	26,1	5,8	
Tione (533 m)	19/05 h.21:45	12,4	24,1	18,8	
Trento (Laste) (312 m)	19/05 h.21:45	14,4	27,3	26,4	
Trento (Roncafort) (194 m)	19/05 h.21:45	15,5	26	13,4	

La mattina seguente entra il vero e proprio fronte freddo che riporta la neve a quote medie sul Trentino Alto Adige. Di seguito la webcam al passo del Brennero (1370 m.s.l.m.)



Il fronte freddo poi avanza verso est coinvolgendo i paesi dell'Europa orientale, di seguito le fulminazioni dalle ore 12 alle 24 del 19 maggio 2015. Nel quadrato dove è compreso il nord est italiano e i paesi a est dell'Italia vengono registrati quasi 93 000 fulmini!



4.0- Previsioni probabilistiche

Che i fenomeni temporaleschi non possano essere previsti con certezza in un determinato luogo e in un preciso istante è pressochè un dato di fatto ma è anche vero che attraverso lo studio di certi indici temporaleschi è possibile delimitare le aree su cui è probabile la convezione ed è anche possibile capire quali siano i fenomeni violenti che potrebbero verificarsi.

Nel nostro caso oltre al CAPE, di cui abbiamo già parlato precedentemente, prendiamo in considerazione altri 4 indici che sono tra quelli più importanti nella previsione dei temporali: lo shear 0-6 km, lo shear 0-1 km, lo SREH 0-1 km e lo SREH 0-3 km.

4.1.1- Shear 0-6 km e shear 0-1 km

Questi indici sono solitamente espressi in m/s (qualche volta li si trovano in nodi) ed indicano la lunghezza del vettore differenza dei venti a 6 km e 1 km sopra il livello del suolo con il vento a 10 m. Vengono anche abbreviati come DLS il primo (Deep Layer Shear) e LLS il secondo (Low Level Shear). I livelli scelti provengono da quelli inclusi negli studi americani, e la loro relazione con il maltempo è ben documentata.

Lo **shear 0-6 km** con valori che arrivano fino a 10 m/s (da debole a moderato) è spesso sufficiente a sostenere la riqualificazione di nuove cellule accanto alle vecchie celle, e sostenere sistemi multicellulari. Con valori maggiori di shear il downdraft (ramo discendente del temporale) tenderà a interferire meno con l'updraft (ramo ascendente) così che le celle possano vivere più a lungo. Su valori di 15 m/s i temporali possono avere deboli caratteristiche supercellulari e sono in grado di produrre grandine di medie dimensioni.

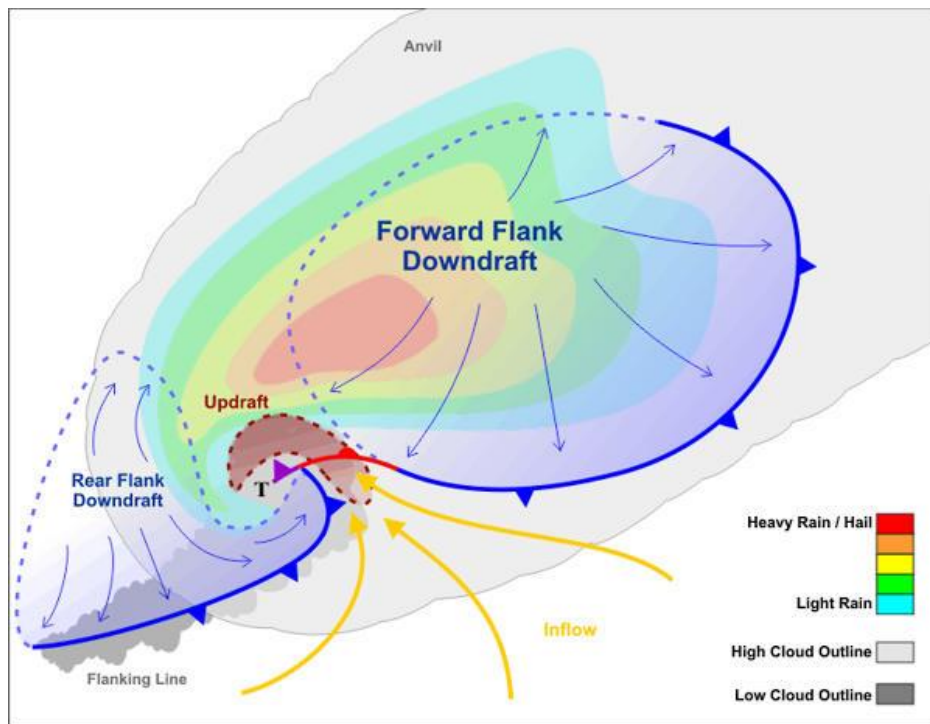
Il valore di 20 m/s viene preso come valore soglia per la formazione di supercelle, il che significa che la tempesta è in grado di sviluppare e sostenere una corrente ascensionale rotante. Le supercelle sono in grado di produrre grandine di grandi dimensioni (> 2 cm), violenti correnti discendenti e tornado.

Lo **shear 0-1 km** su valori di 10-15 m/s è favorevole alla formazione di tornado, in quanto rappresenta la vorticità orizzontale che può essere inclinato in verticale dalle correnti ascensionali forti. Inoltre per la previsione delle trombe d'aria bisogna tener conto anche di CAPE, CIN, LCL e SREH 0-1 km. Gli indici compositi non possono sostituire un'analisi dettagliata per la previsione dei tornado.

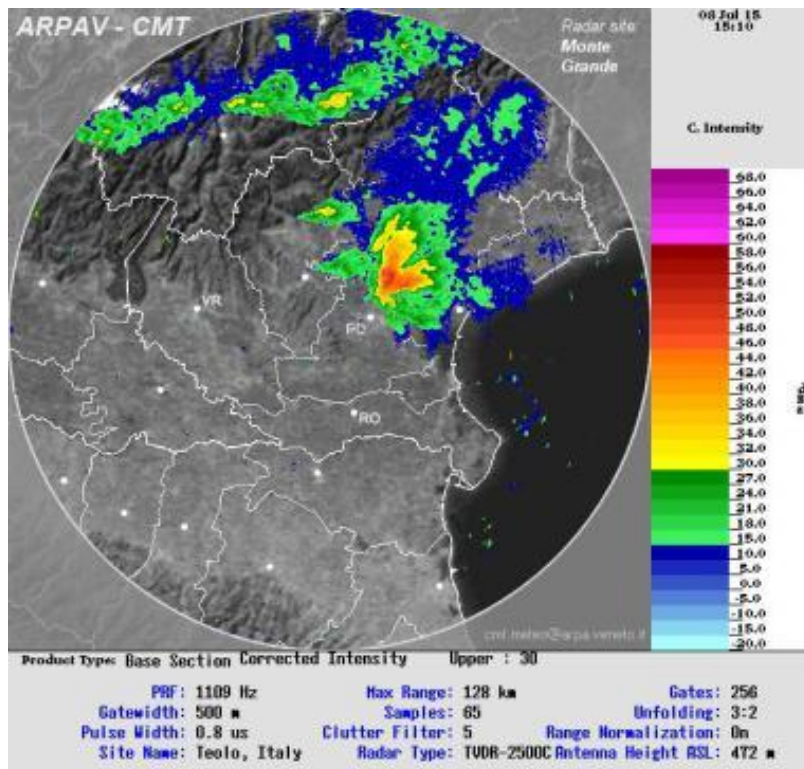
4.1.2- Le supercelle

Le supercelle sono tra i temporali più violenti che si possano formare. Come detto poco fa la particolarità sta nei moti ascendenti rotanti che vanno a creare un meso-minimo all'interno della cella stessa, potenzialmente potrebbero dar vita a tornado, ma nella maggior parte dei casi in Italia ciò non avviene. Nell'istante in cui avviene la formazione del piccolo minimo di bassa pressione la cella tenderà a traslare verso sud est e dal radar si potrà notare un uncino (più o

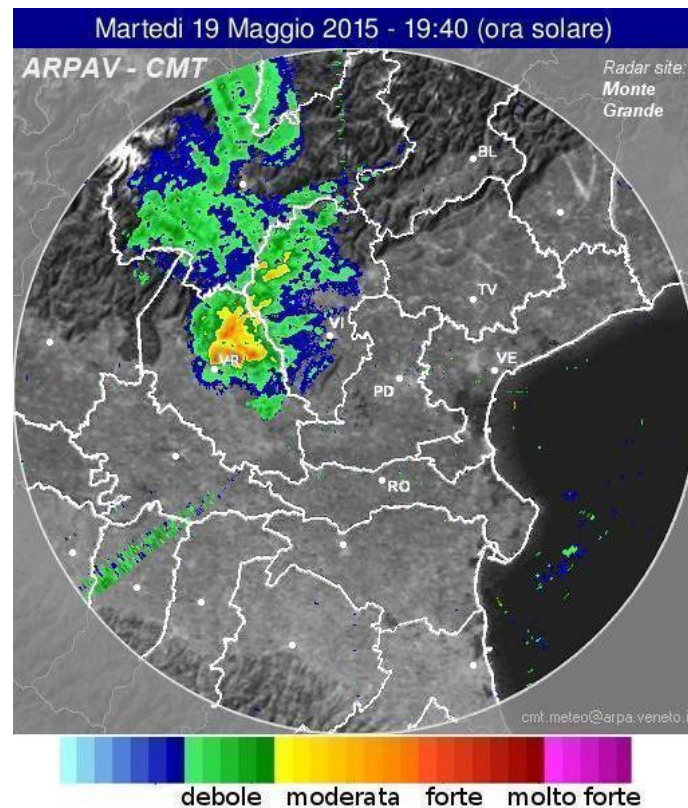
meno visibile) che andrà a formarsi a destra della cella (a destra nel nostro emisfero dove le depressioni ruotano in senso antiorario).



Frame radar della supercella tornadica di Dolo (VE) 08/07/2015



Nel nostro caso capiamo che è una supercella per due motivi: il primo è legato al frame radar dove sembra esserci una tendenza della cella a fare il classico uncino.



Il secondo invece è legato alla visione della rotazione da parte di una webcam posizionata nel centro di Verona con visuale verso nord-ovest. Dal secondo 35 del time lapse è possibile vedere la rotazione della cella attorno al meso-minimo di bassa pressione.

<https://www.youtube.com/watch?v=7Y75cSXYmsM>

4.2- SREH 0-3 e 0-1 km

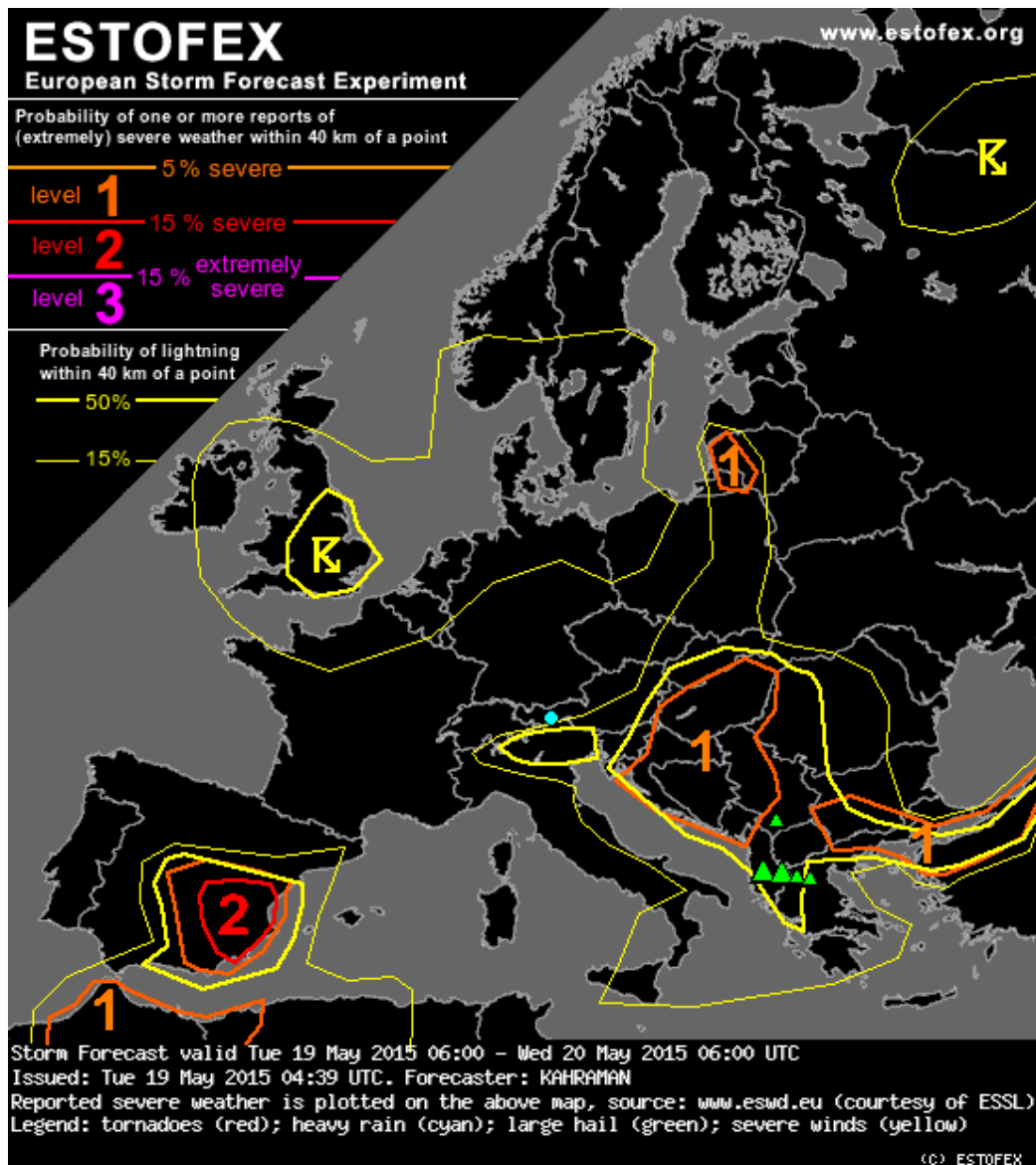
Lo Storm Relative Helicity indica quanto una particella d'aria viene sollevata tramite moto elicoidale nell'updraft del temporale.

Lo **SREH 0-3 km** va ad influire la grandezza dei chicchi di grandine. Valori di $300 \text{ m}^2/\text{s}^2$ possono dar vita a grandine di 2-3 cm di diametro, valori $>$ di $500 \text{ m}^2/\text{s}^2$ possono creare grandine con diametro $>$ di 5 cm

Lo **SREH 0-1 km** viene indicato come uno tra i parametri tornadici. Questo assieme allo shear 0-1 km, il CAPE, l'LCL e il CIN serve per vedere se c'è una qualche probabilità che possano formarsi dei tornadi. In questo caso già valori di 200, $300 \text{ m}^2/\text{s}^2$ sono piuttosto significativi.

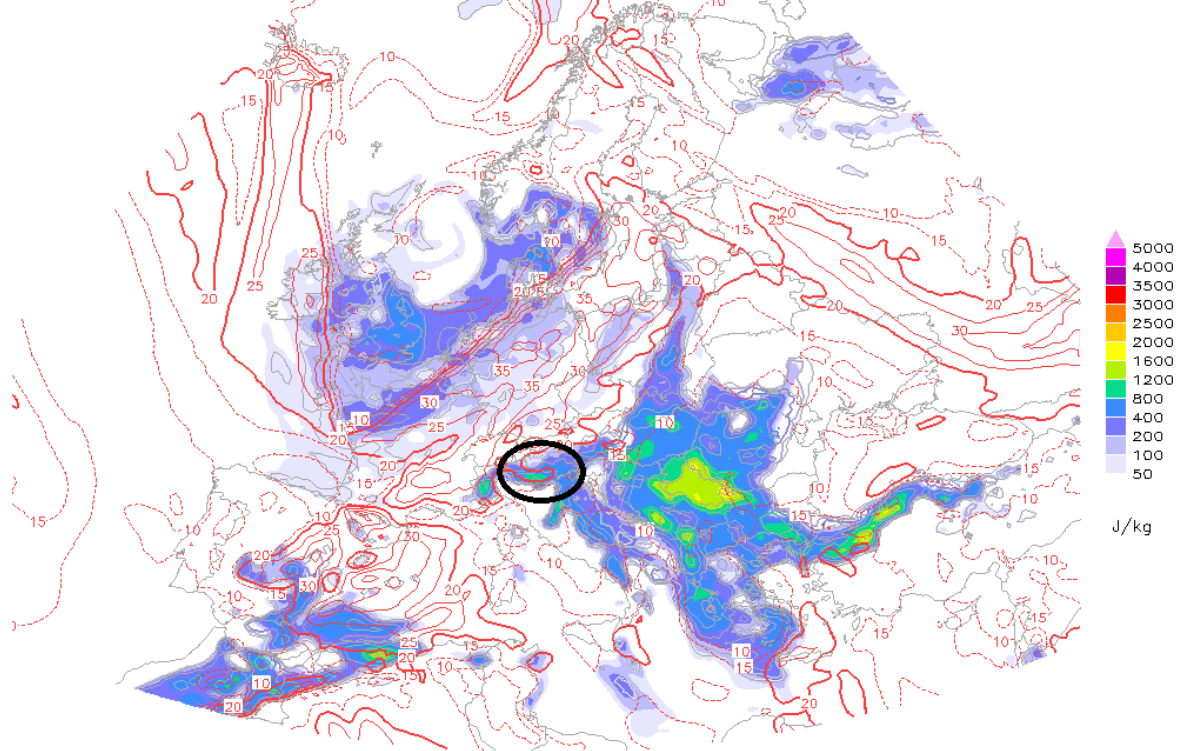
4.3- Indici temporaleschi del 19/05/2015

Nonostante il gruppo previsionale a livello europeo ESTOFEX non avesse indicato particolari pericolosità per il nord Italia, gli indici temporaleschi davano qualche probabilità di supercelle sulle zone prealpine e possibilità di grandine di medie dimensioni.



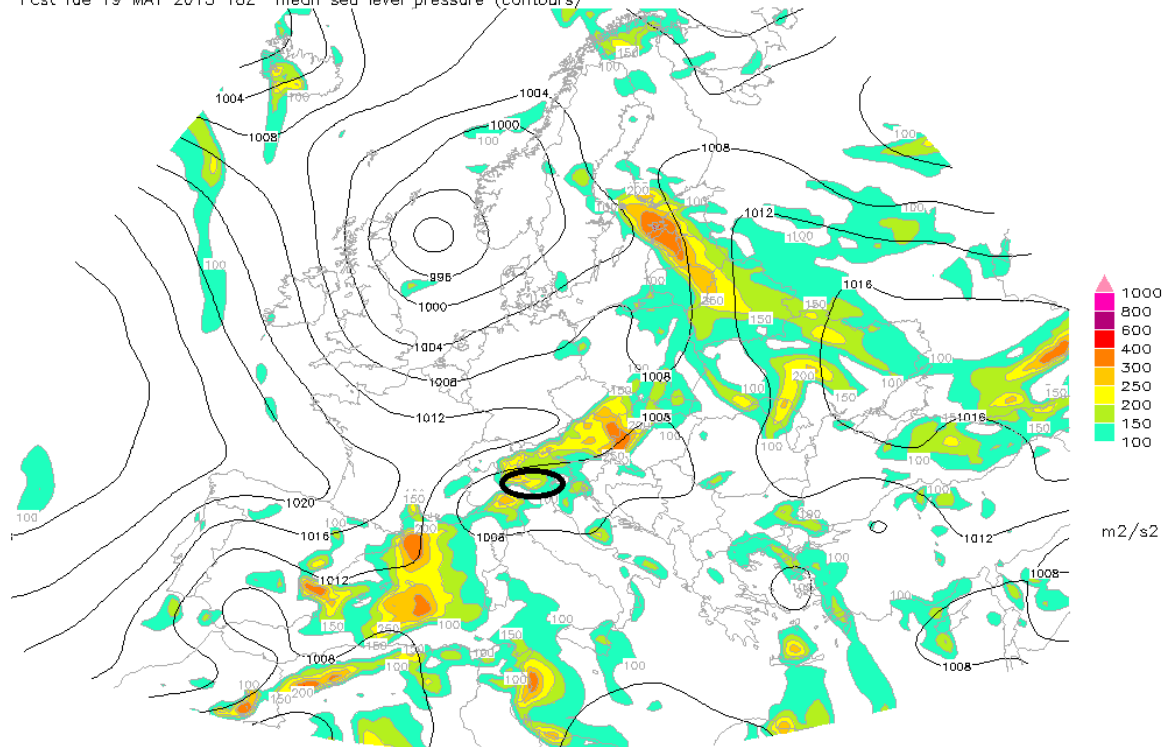
Lo shear 0-6 km (linee rosse) + CAPE previsto per le 18 z (ore 20 italiane): sulle prealpi veronesi abbiamo valori di 20 m/s di DLS e valori di 1600 J/kg di CAPE (zona cerchiata in nero).

Init Mon 18 MAY 2015 18Z NCEP GFS 0-6 km bulk shear (m/s) (red contours)
 Fcst Tue 19 MAY 2015 18Z 0-30 hPa AGL MLCAPE (shaded) / most-unstable CAPE (contours)



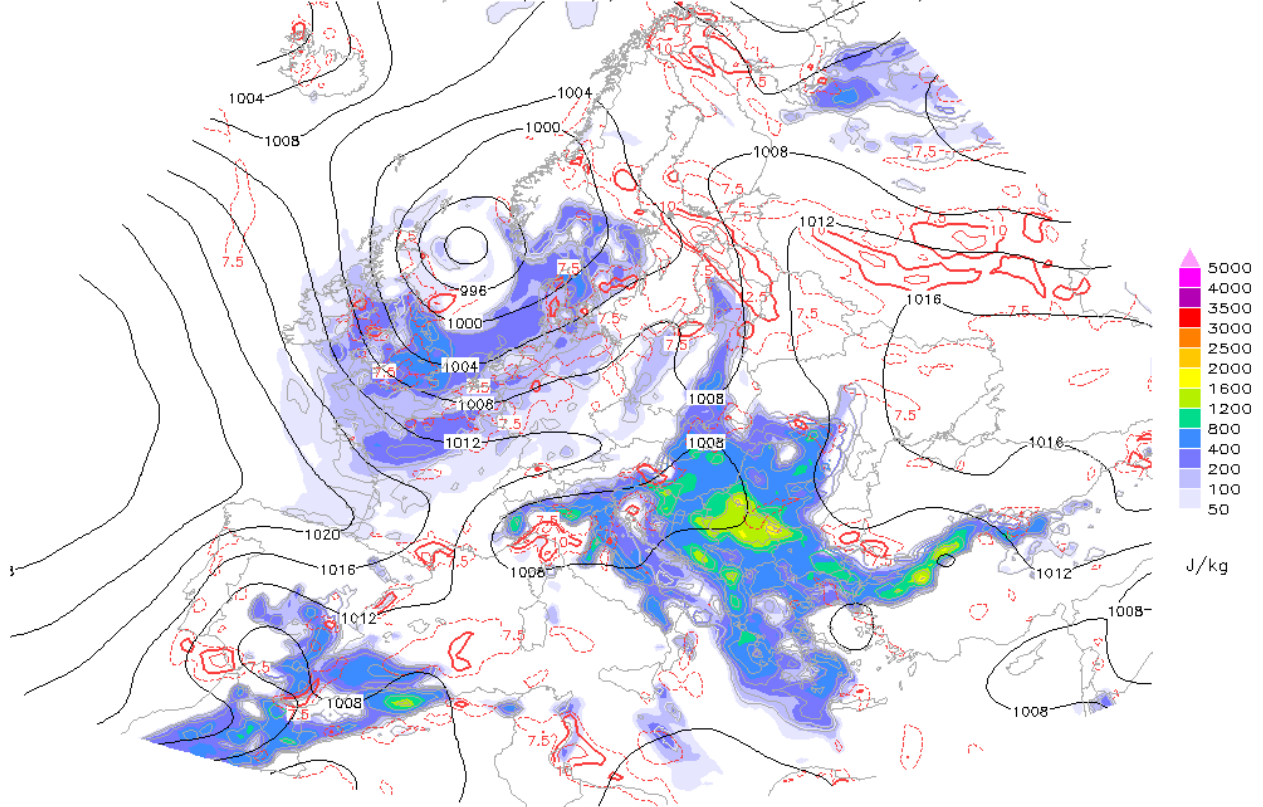
Lo SREH 0-3 km aveva valori moderati (valori compresi tra 150 e 300 m²/s²).

Init Mon 18 MAY 2015 18Z NCEP GFS 0-3 km storm-relative helicity using Bunkers Storm motion (shaded)
 Fcst Tue 19 MAY 2015 18Z mean sea level pressure (contours)

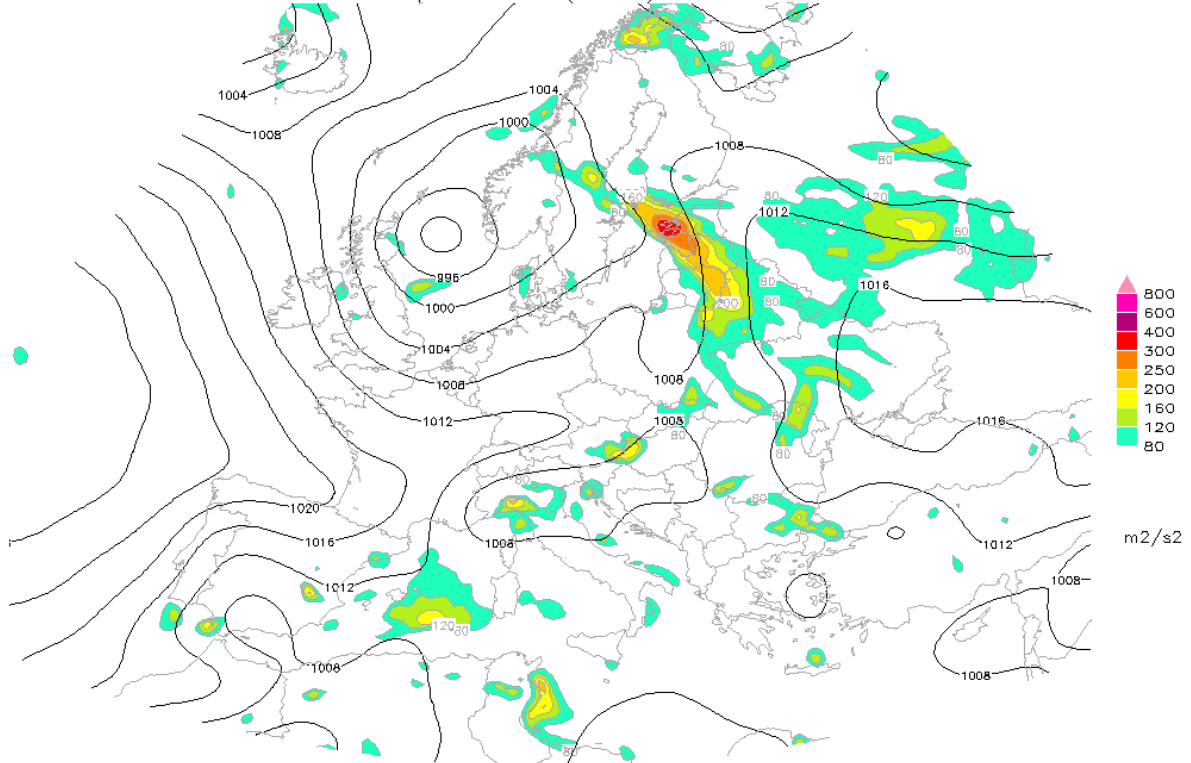


Mentre i valori di shear 0-1 km e di SREH 0-1 erano molto deboli e per questo era poco probabile la formazione dei tornado.

Init Mon 18 MAY 2015 18Z NCEP GFS 0-1 km bulk shear (m/s) (red contours)
 Fcst Tue 19 MAY 2015 18Z 0-30 hPa AGL MLCAPE (shaded) / most-unstable CAPE (contours)



Init Mon 18 MAY 2015 18Z NCEP GFS 0-1 km storm-relative helicity using Bunkers Storm motion (shaded)
 Fcst Tue 19 MAY 2015 18Z Mean sea level pressure in hPa (contours)



In conclusione si può affermare che, sulle prealpi del Veneto occidentale e della Lombardia orientale, c'erano delle probabilità che potessero formarsi celle temporalesche piuttosto violente a carattere supercellulare e con possibilità di grandine di medie/grosse dimensioni al loro interno.

5.0- Bibliografia

-Archivio Meteociel:

http://www.meteociel.fr/modeles/gfse_cartes.php?jour=19&mois=5&annee=2015&heure=6&archive=1&mode=0&ech=6&runpara=0&carte=0

-Archivio Metoffice:

<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/tkfaxbraar.htm>

-Immagini e radar sul veronese:

<https://www.facebook.com/veronameteo/?fref=ts>

<https://www.facebook.com/MeteoVerona/?fref=ts>

-Indici temporaleschi:

<http://pretemp.altervista.org/alterpages/files/ConvectiveWeatherMapsVANDERVELDE.pdf>

http://www.estofex.org/files/tuschy_thesis.pdf

-Supercelle:

<http://pretemp.altervista.org/alterpages/files/tornadodidattica1.pdf>

-Archivio carte ESTOFEX:

http://www.estofex.org/modelmaps/browse_gfs.php?time=0&type=precip&dtg=2015051818