



**ARPAV, Teolo (PD), 4 Dicembre 2013:**

**Studio di eventi di precipitazione intensa associati  
a differenti caratteristiche del flusso incidente  
all'orografia alpina, mediante un modello numerico  
ad alta risoluzione**

Corso di Laurea Magistrale in Fisica - Tesi di laurea di: **Ambrogio Volonté**

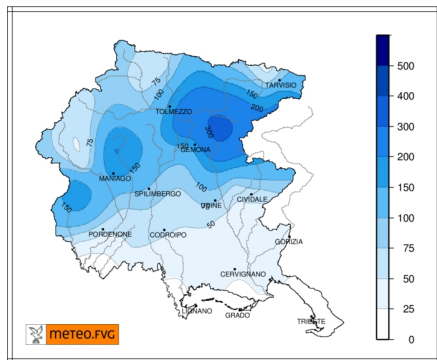
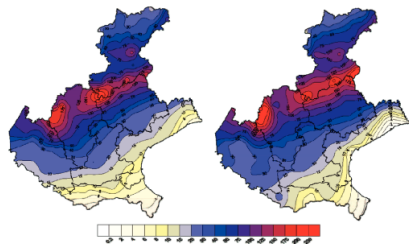
Relatore: Prof. Maurizio Maugeri  
Correlatore esterno: Dott. Silvio Davolio

# Osserviamo precipitazioni intense ricorrenti sul NE Italia

# Osserviamo precipitazioni intense ricorrenti sul NE Italia

## 1) Piogge intense e prolungate sui rilievi

REGIONE DEL VENETO



# Osserviamo precipitazioni intense ricorrenti sul NE Italia

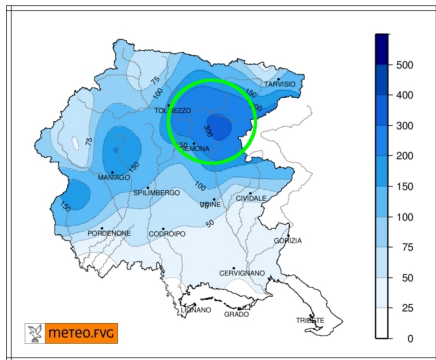
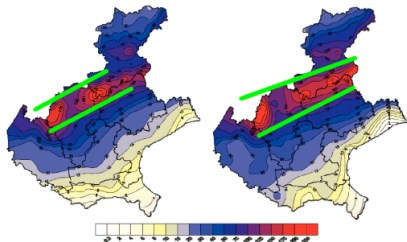
## 1) Piogge intense e prolungate sui rilievi

Accumuli di precipitazione giornaliera  $> 200-300$  mm durante gli eventi

REGIONE DEL VENETO



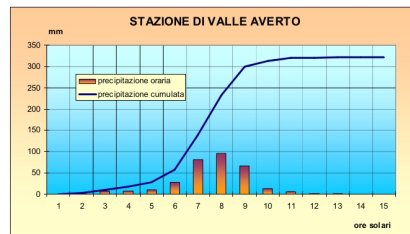
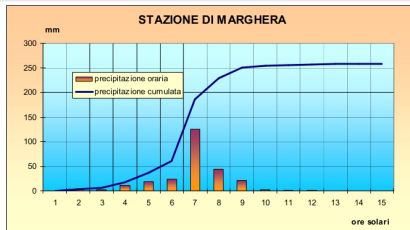
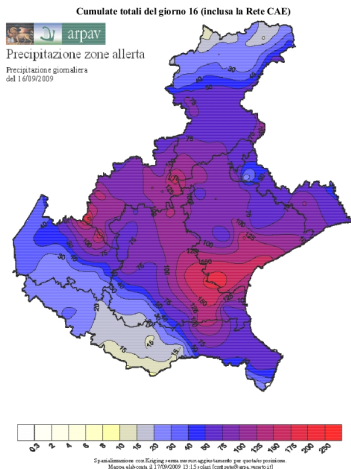
arpav  
Agenzia Regionale per la Prevenzione  
e Protezione Ambientale del Veneto





# Osserviamo precipitazioni intense ricorrenti sul NE Italia

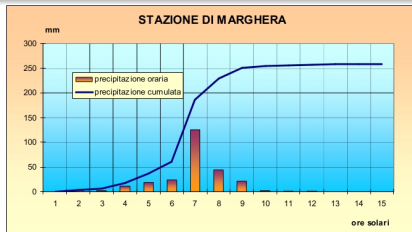
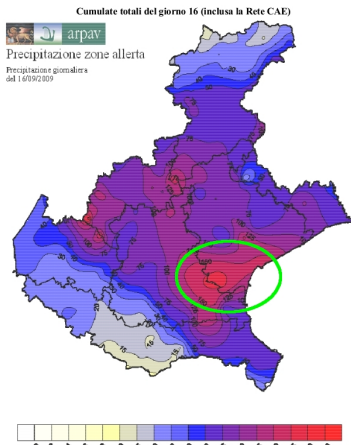
## 2) Sistemi convettivi stazionari sulle pianure e coste



# Osserviamo precipitazioni intense ricorrenti sul NE Italia

## 2) Sistemi convettivi stazionari sulle pianure e coste

Accumuli di  $\approx 200-300$  mm in poche ore

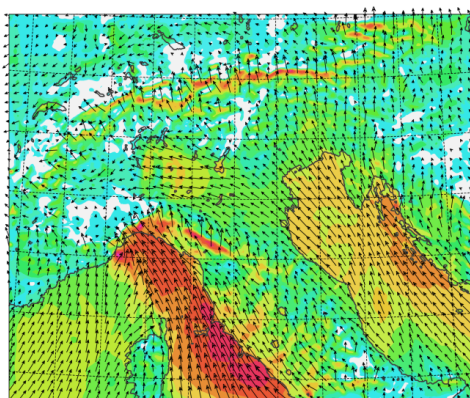


# Situazione del vento nei bassi strati

1) Piogge intense e prolungate sui rilievi: lo Scirocco raggiunge le Alpi e si solleva

WIND AT 10 M

INITIAL DATE 30/10/2010 2100 UTC  
FORECAST HH MM +21 00 VALID AT 31/10/2010 1800 UTC  
INTERVAL 2.00

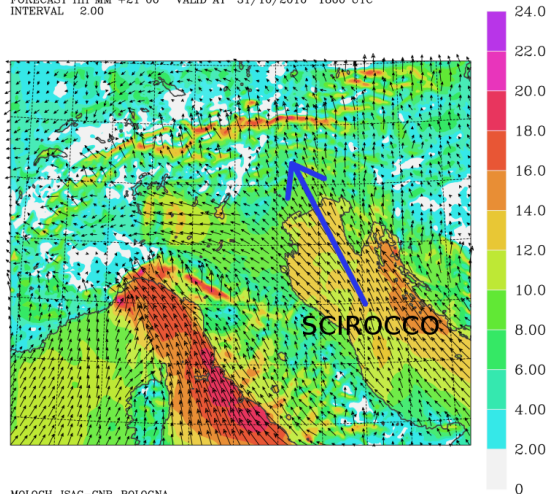


# Situazione del vento nei bassi strati

1) Piogge intense e prolungate sui rilievi: lo Scirocco raggiunge le Alpi e si solleva

WIND AT 10 M

INITIAL DATE 30/10/2010 2100 UTC  
FORECAST HH MM +21 00 VALID AT 31/10/2010 1800 UTC  
INTERVAL 2.00



# Situazione del vento nei bassi strati

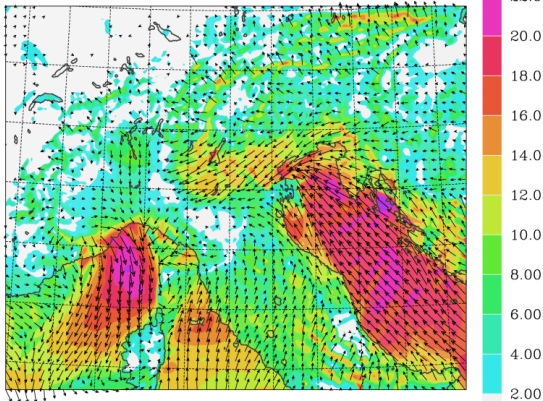
2) Sistemi convettivi stazionari sulle pianure e coste: il flusso è bloccato dalla catena alpina, viene deviato e si forma il vento di barriera

WIND AT 10 M

INITIAL DATE 31/10/2012 0600 UTC

FORECAST HH MM +16 00 VALID AT 31/10/2012 2200 UTC

INTERVAL 2.00



# Situazione del vento nei bassi strati

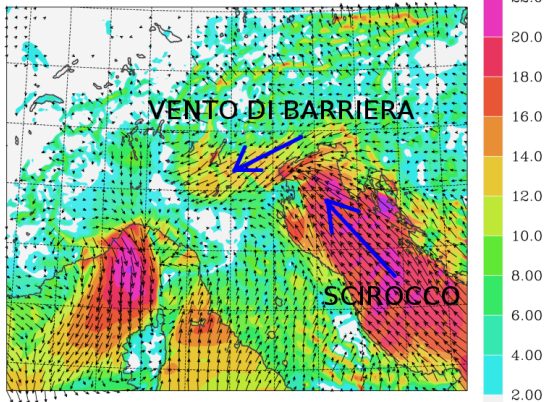
2) Sistemi convettivi stazionari sulle pianure e coste: il flusso è bloccato dalla catena alpina, viene deviato e si forma il vento di barriera

WIND AT 10 M

INITIAL DATE 31/10/2012 0600 UTC

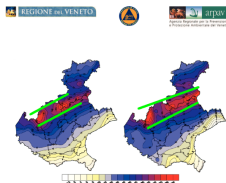
FORECAST HH MM +16 00 VALID AT 31/10/2012 2200 UTC

INTERVAL 2.00

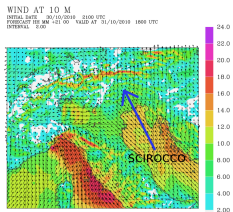


# Diversi comportamenti del flusso all'interazione con il rilievo alpino

## 1) Piogge intense e prolungate sui rilievi

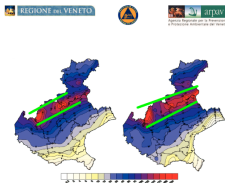


## Lo Scirocco raggiunge le Alpi e si solleva

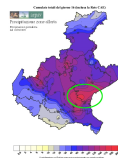


# Diversi comportamenti del flusso all'interazione con il rilievo alpino

1) Piogge intense e prolungate sui rilievi

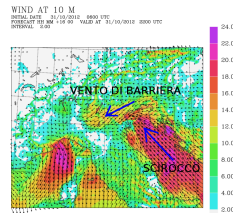
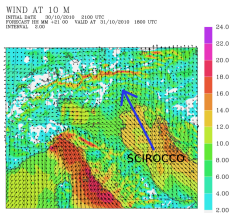


2) Sistemi convettivi stazionari sulle pianure e coste



Lo Scirocco raggiunge le Alpi e si solleva

Flusso bloccato con vento di barriera





Confrontiamo queste osservazioni con le ricerche sull'interazione tra flussi e orografia

## Confrontiamo queste osservazioni con le ricerche sull'interazione tra flussi e orografia

I fenomeni osservati sembrano riconducibili a due regimi di flusso

## Confrontiamo queste osservazioni con le ricerche sull'interazione tra flussi e orografia

I fenomeni osservati sembrano riconducibili a due regimi di flusso

### Flow Over

- Il flusso si solleva oltre l'ostacolo

## Confrontiamo queste osservazioni con le ricerche sull'interazione tra flussi e orografia

I fenomeni osservati sembrano riconducibili a due regimi di flusso

### Flow Over

- Il flusso si solleva oltre l'ostacolo

### Flow Around

- Il flusso viene bloccato dal rilievo

# Confrontiamo queste osservazioni con le ricerche sull'interazione tra flussi e orografia

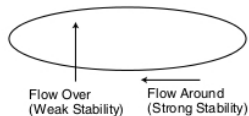
I fenomeni osservati sembrano riconducibili a due regimi di flusso

## Flow Over

- Il flusso si solleva oltre l'ostacolo

## Flow Around

- Il flusso viene bloccato dal rilievo



da Rotunno and Houze (2007)

Regimi molto conosciuti nell'ambito dell'analisi di flussi stabilmente stratificati

# Simulazioni idealizzate: flussi stabilmente stratificati

## Simulazioni idealizzate: flussi stabilmente stratificati

La transizione tra questi due regimi dipende dal numero di Froude, rapporto tra l'energia cinetica del flusso incidente e l'energia potenziale necessaria per superare l'ostacolo

## Simulazioni idealizzate: flussi stabilmente stratificati

La transizione tra questi due regimi dipende dal numero di Froude, rapporto tra l'energia cinetica del flusso incidente e l'energia potenziale necessaria per superare l'ostacolo

$$Fr = U/(N \cdot h)$$



## Simulazioni idealizzate: flussi stabilmente stratificati

La transizione tra questi due regimi dipende dal numero di Froude, rapporto tra l'energia cinetica del flusso incidente e l'energia potenziale necessaria per superare l'ostacolo

$$Fr = U/(N \cdot h) \quad N^2 = \frac{g}{\theta_v} \frac{\partial \theta_v}{\partial z}$$

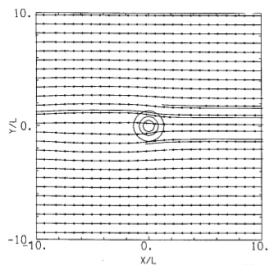
## Simulazioni idealizzate: flussi stabilmente stratificati

La transizione tra questi due regimi dipende dal numero di Froude, rapporto tra l'energia cinetica del flusso incidente e l'energia potenziale necessaria per superare l'ostacolo

$$Fr = U/(N \cdot h) \quad N^2 = \frac{g}{\theta_v} \frac{\partial \theta_v}{\partial z}$$

$Fr > 1 \rightarrow$  Flow Over

$Fr = 2.2$



da Smolarkiewicz and Rotunno (1989)

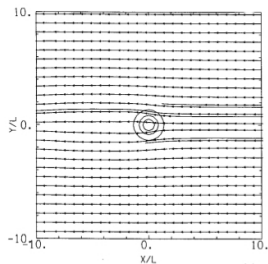
## Simulazioni idealizzate: flussi stabilmente stratificati

La transizione tra questi due regimi dipende dal numero di Froude, rapporto tra l'energia cinetica del flusso incidente e l'energia potenziale necessaria per superare l'ostacolo

$$Fr = U/(N \cdot h) \quad N^2 = \frac{g}{\theta_v} \frac{\partial \theta_v}{\partial z}$$

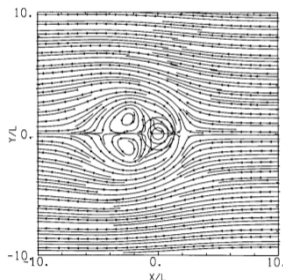
$Fr > 1 \rightarrow$  Flow Over

$Fr = 2.2$



$Fr < 1 \rightarrow$  Flow Around

$Fr = 0.22$



da Smolarkiewicz and Rotunno (1989)

# Simulazioni idealizzate: flussi condizionatamente instabili

# Simulazioni idealizzate: flussi condizionatamente instabili

I diversi lavori presenti in letteratura indicano che:

- non si può usare solo il  $Fr$  per descrivere la transizione tra i regimi

# Simulazioni idealizzate: flussi condizionatamente instabili

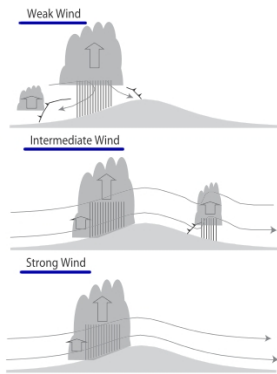
I diversi lavori presenti in letteratura indicano che:

- non si può usare solo il  $Fr$  per descrivere la transizione tra i regimi
- a causa dei complicati processi legati alla convezione, bisogna considerare anche altri parametri

# Simulazioni idealizzate: flussi condizionatamente instabili

I diversi lavori presenti in letteratura indicano che:

- non si può usare solo il  $Fr$  per descrivere la transizione tra i regimi
- a causa dei complicati processi legati alla convezione, bisogna considerare anche altri parametri



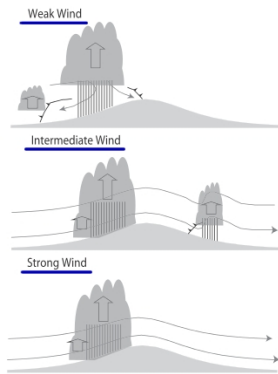
- effetti della velocità del vento ( $\tau_a/\tau_c$ )

da Miglietta and Rotunno  
(2009)

# Simulazioni idealizzate: flussi condizionatamente instabili

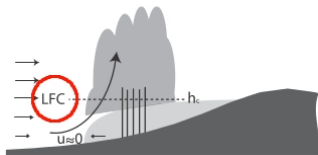
I diversi lavori presenti in letteratura indicano che:

- non si può usare solo il  $Fr$  per descrivere la transizione tra i regimi
- a causa dei complicati processi legati alla convezione, bisogna considerare anche altri parametri



da Miglietta and Rotunno  
(2009)

- effetti della velocità del vento ( $\tau_a/\tau_c$ )
- stabilità nei bassi strati e quota di innesco della convezione (LFC)



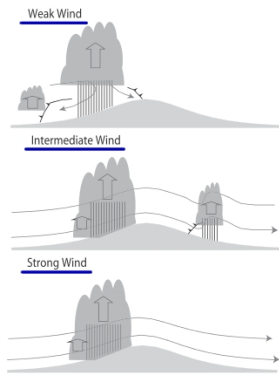
da Miglietta and Rotunno (2010)



# Simulazioni idealizzate: flussi condizionatamente instabili

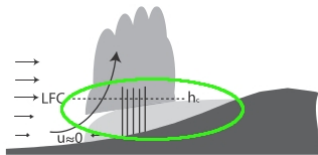
I diversi lavori presenti in letteratura indicano che:

- non si può usare solo il  $Fr$  per descrivere la transizione tra i regimi
- a causa dei complicati processi legati alla convezione, bisogna considerare anche altri parametri



da Miglietta and Rotunno  
(2009)

- effetti della velocità del vento ( $\tau_a/\tau_c$ )
- stabilità nei bassi strati e quota di innesco della convezione (LFC)
- dinamica dello strato freddo generato dal sistema convettivo

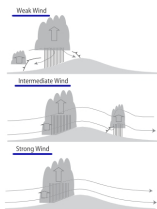


da Miglietta and Rotunno (2010)

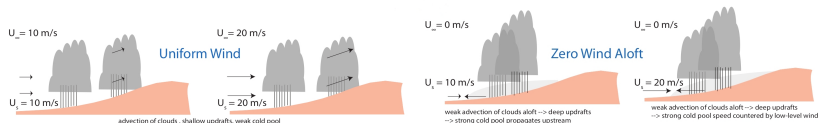
# Simulazioni idealizzate: flussi condizionatamente instabili

I diversi lavori presenti in letteratura indicano che:

- non si può usare solo il  $Fr$  per descrivere la transizione tra i regimi
- a causa dei complicati processi legati alla convezione, bisogna considerare anche altri parametri



- effetti della velocità del vento ( $\tau_a/\tau_c$ )
- stabilità nei bassi strati e quota di innesco della convezione (LFC)
- dinamica dello strato freddo generato dal sistema convettivo
- profilo del vento con la quota



da Miglietta and Rotunno (2013)

# Simulazioni di casi reali

# Simulazioni di casi reali

Piemonte '94 - MAP - Gard '02 - ... - HyMeX

# Simulazioni di casi reali

Piemonte '94 - MAP - Gard '02 - ... - HyMeX

Con set up più o meno vicini al reale evento simulato si sono potuti confrontare i risultati teorici verificando che:

# Simulazioni di casi reali

Piemonte '94 - MAP - Gard '02 - ... - HyMeX

Con set up più o meno vicini al reale evento simulato si sono potuti confrontare i risultati teorici verificando che:

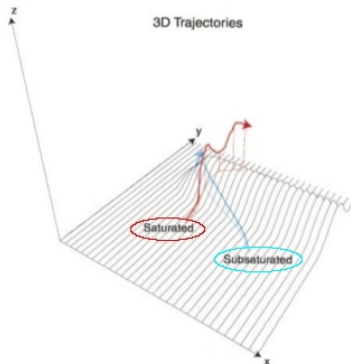
- il numero di Fr aiuta a discriminare i comportamenti del flusso incidente ai rilievi

# Simulazioni di casi reali

Piemonte '94 - MAP - Gard '02 - ... - HyMeX

Con set up più o meno vicini al reale evento simulato si sono potuti confrontare i risultati teorici verificando che:

- il numero di Fr aiuta a discriminare i comportamenti del flusso incidente ai rilievi
- la condensazione porta verso il Flow Over



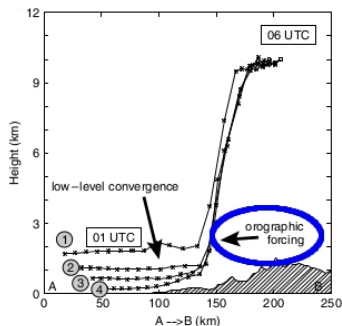
da Rotunno and Ferretti (2001)

# Simulazioni di casi reali

Piemonte '94 - MAP - Gard '02 - ... - HyMeX

Con set up più o meno vicini al reale evento simulato si sono potuti confrontare i risultati teorici verificando che:

- il numero di Fr aiuta a discriminare i comportamenti del flusso incidente ai rilievi
- la condensazione porta verso il Flow Over
- il sollevamento orografico ha un ruolo decisivo nel generare le precipitazioni



da Nussier et al. (2008)

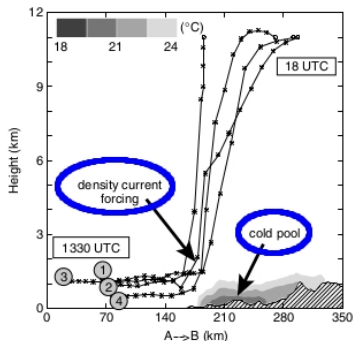


# Simulazioni di casi reali

Piemonte '94 - MAP - Gard '02 - ... - HyMeX

Con set up più o meno vicini al reale evento simulato si sono potuti confrontare i risultati teorici verificando che:

- il numero di Fr aiuta a discriminare i comportamenti del flusso incidente ai rilievi
- la condensazione porta verso il Flow Over
- il sollevamento orografico ha un ruolo decisivo nel generare le precipitazioni
- lo strato freddo può agire come “rilievo efficace”



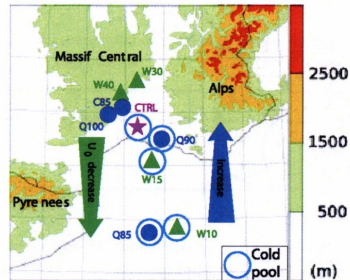
da Nussier et al. (2008)

# Simulazioni di casi reali

Piemonte '94 - MAP - Gard '02 - ... - HyMeX

Con set up più o meno vicini al reale evento simulato si sono potuti confrontare i risultati teorici verificando che:

- il numero di Fr aiuta a discriminare i comportamenti del flusso incidente ai rilievi
- la condensazione porta verso il Flow Over
- il sollevamento orografico ha un ruolo decisivo nel generare le precipitazioni
- lo strato freddo può agire come “rilievo efficace”
- la localizzazione delle precipitazioni intense dipende da molte caratteristiche del flusso incidente



da Bresson et al. (2012)

# Obiettivi della tesi

La caratterizzazione dell'interazione tra flussi e orografia è un ambito di ricerca in costante sviluppo con molti problemi ancora aperti

# Obiettivi della tesi

La caratterizzazione dell'interazione tra flussi e orografia è un ambito di ricerca in costante sviluppo con molti problemi ancora aperti

In questa tesi cerchiamo di:

- descrivere i meccanismi fisici che causano i diversi comportamenti negli eventi presi in considerazione

# Obiettivi della tesi

La caratterizzazione dell'interazione tra flussi e orografia è un ambito di ricerca in costante sviluppo con molti problemi ancora aperti

In questa tesi cerchiamo di:

- descrivere i meccanismi fisici che causano i diversi comportamenti negli eventi presi in considerazione
- individuare parametri sintetici in grado di descrivere e distinguere i vari tipi di evento

# Obiettivi della tesi

La caratterizzazione dell'interazione tra flussi e orografia è un ambito di ricerca in costante sviluppo con molti problemi ancora aperti

In questa tesi cerchiamo di:

- descrivere i meccanismi fisici che causano i diversi comportamenti negli eventi presi in considerazione
- individuare parametri sintetici in grado di descrivere e distinguere i vari tipi di evento
- fornire un contributo alla caratterizzazione dell'interazione tra flussi e orografia

# Obiettivi della tesi

La caratterizzazione dell'interazione tra flussi e orografia è un ambito di ricerca in costante sviluppo con molti problemi ancora aperti

In questa tesi cerchiamo di:

- descrivere i meccanismi fisici che causano i diversi comportamenti negli eventi presi in considerazione
- individuare parametri sintetici in grado di descrivere e distinguere i vari tipi di evento
- fornire un contributo alla caratterizzazione dell'interazione tra flussi e orografia

Analizziamo in profondità alcuni di questi eventi recenti, attraverso simulazioni numeriche effettuate con la catena di modelli meteorologici ad alta risoluzione Bolam-Moloch, sviluppata all'ISAC-CNR di Bologna

# L'uso di modelli numerici meteorologici



# L'uso di modelli numerici meteorologici

Prevedono lo stato futuro dell'atmosfera:

- noti i campi iniziali e al contorno

# L'uso di modelli numerici meteorologici

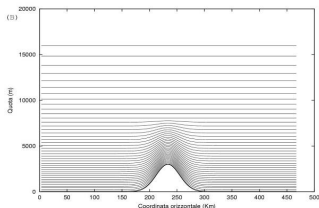
Prevedono lo stato futuro dell'atmosfera:

- noti i campi iniziali e al contorno
- risolvendo numericamente le equazioni che descrivono i processi fisici e dinamici dell'atmosfera

# L'uso di modelli numerici meteorologici

Prevedono lo stato futuro dell'atmosfera:

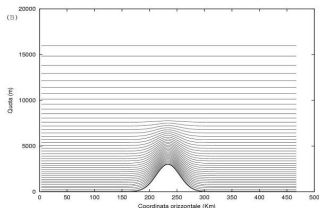
- noti i campi iniziali e al contorno
- risolvendo numericamente le equazioni che descrivono i processi fisici e dinamici dell'atmosfera
- usando variabili rappresentate su griglia orizzontale e livelli verticali



# L'uso di modelli numerici meteorologici

Prevedono lo stato futuro dell'atmosfera:

- noti i campi iniziali e al contorno
- risolvendo numericamente le equazioni che descrivono i processi fisici e dinamici dell'atmosfera
- usando variabili rappresentate su griglia orizzontale e livelli verticali

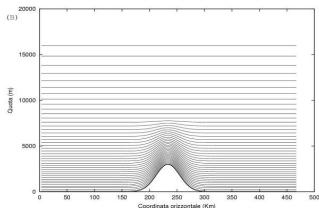


Usiamo Bolam e Moloch: i modelli LAM sviluppati all'ISAC-CNR

# L'uso di modelli numerici meteorologici

Prevedono lo stato futuro dell'atmosfera:

- noti i campi iniziali e al contorno
- risolvendo numericamente le equazioni che descrivono i processi fisici e dinamici dell'atmosfera
- usando variabili rappresentate su griglia orizzontale e livelli verticali



Usiamo Bolam e Moloch: i modelli LAM sviluppati all'ISAC-CNR

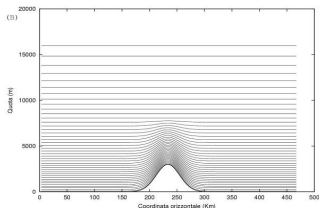
## Bolam

- risoluzione orizzontale  $\approx 11$  km
- modello idrostatico, convezione parametrizzata

# L'uso di modelli numerici meteorologici

Prevedono lo stato futuro dell'atmosfera:

- noti i campi iniziali e al contorno
- risolvendo numericamente le equazioni che descrivono i processi fisici e dinamici dell'atmosfera
- usando variabili rappresentate su griglia orizzontale e livelli verticali



Usiamo Bolam e Moloch: i modelli LAM sviluppati all'ISAC-CNR

## Bolam

- risoluzione orizzontale  $\approx 11$  km
- modello idrostatico, convezione parametrizzata

## Moloch

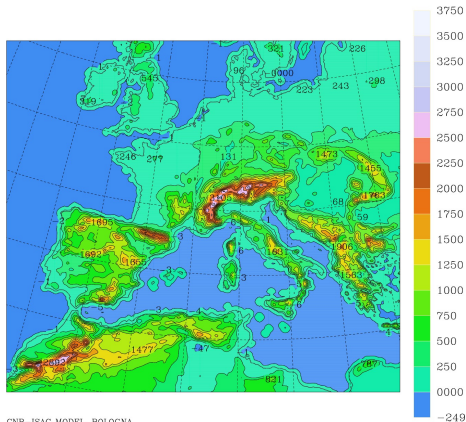
- risoluzione orizzontale  $\approx 2.3$  km
- modello non idrostatico, convezione risolta esplicitamente

# Nesting: utilizzo di modelli in cascata

# Nesting: utilizzo di modelli in cascata

- Bolam utilizza le analisi ECMWF come dati iniziali e al contorno

## MODEL OROGRAPHY

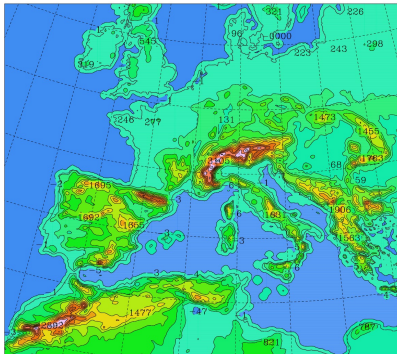




# Nesting: utilizzo di modelli in cascata

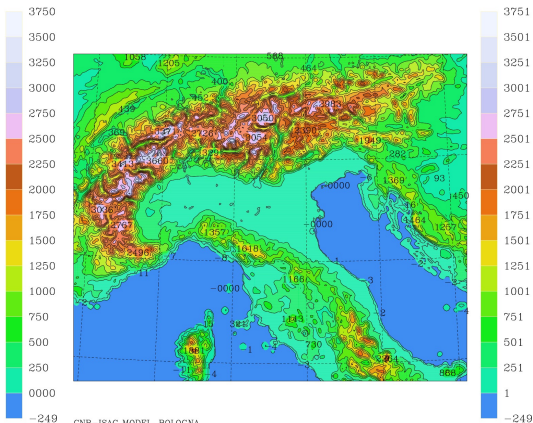
- Bolam utilizza le analisi ECMWF come dati iniziali e al contorno
- Moloch utilizza gli output di Bolam come dati iniziali e al contorno

MODEL OROGRAPHY



CNR-ISAC MODEL, BOLOGNA

MODEL OROGRAPHY



CNR-ISAC MODEL, BOLOGNA

Simuliamo 6 eventi recenti, 3 per ogni tipo di comportamento

# Simuliamo 6 eventi recenti, 3 per ogni tipo di comportamento

## Eventi con precipitazioni intense sui rilievi

- Vicenza 2010
- HyMeX-IOP 19
- Piancavallo 2012

## Simuliamo 6 eventi recenti, 3 per ogni tipo di comportamento

### Eventi con precipitazioni intense sui rilievi

- Vicenza 2010
- HyMeX-IOP 19
- Piancavallo 2012

### Eventi con convezione stazionaria sulla pianura

- Marghera 2007
- Mira 2009
- HyMeX-IOP 18

## Simuliamo 6 eventi recenti, 3 per ogni tipo di comportamento

### Eventi con precipitazioni intense sui rilievi

- Vicenza 2010
- HyMeX-IOP 19
- Piancavallo 2012

### Eventi con convezione stazionaria sulla pianura

- Marghera 2007
- Mira 2009
- HyMeX-IOP 18

- Simulazioni permettono di ricostruire e analizzare la dinamica e l'evoluzione dell'evento nel dettaglio

# Simuliamo 6 eventi recenti, 3 per ogni tipo di comportamento

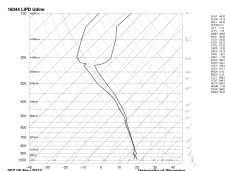
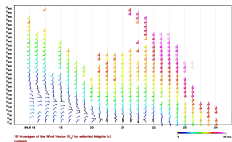
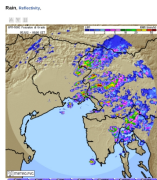
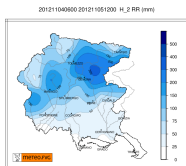
## Eventi con precipitazioni intense sui rilievi

- Vicenza 2010
- HyMeX-IOP 19
- Piancavallo 2012

## Eventi con convezione stazionaria sulla pianura

- Marghera 2007
- Mira 2009
- HyMeX-IOP 18

- Simulazioni permettono di ricostruire e analizzare la dinamica e l'evoluzione dell'evento nel dettaglio
- E' necessario verificarne l'accordo con i dati misurati (database HyMeX e varie agenzie regionali)



# Eventi con precipitazioni intense sui rilievi: Vicenza 2010

# Eventi con precipitazioni intense sui rilievi: Vicenza 2010

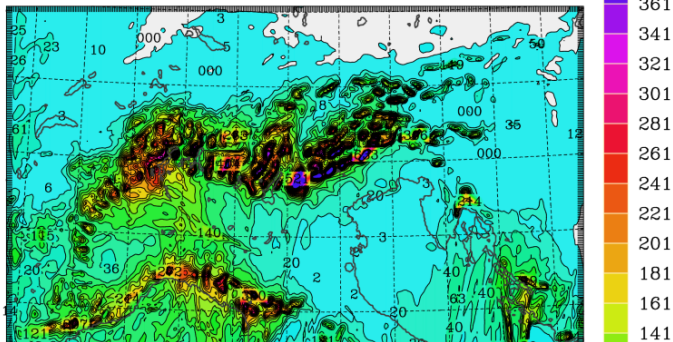
Evento "classico": precipitazioni particolarmente abbondanti e durature sull'arco alpino

ACC. TOT. PREC. (MM) IN 63 H 0 M

INITIAL DATE 30/10/2010 2100 UTC

FORECAST HOUR +63 00 VALID AT 02/11/2010 1200 UTC

INTERVAL 20.0





# Vicenza 2010

Situazione a scala sinottica

---

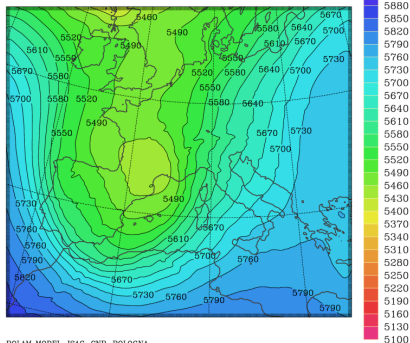
# Vicenza 2010

## Situazione a scala sinottica

- Saccatura in quota molto ampia e profonda, estesa lungo i meridiani

### GPH AT 500 HPA

INITIAL DATE 30/10/2010 1800 UTC  
FORECAST HH MM +24 00 VALID AT 31/10/2010 1800 UTC  
INTERVAL 30.0



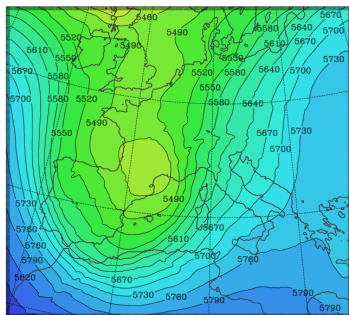
# Vicenza 2010

## Situazione a scala sinottica

- Saccatura in quota molto ampia e profonda, estesa lungo i meridiani
- Depressione al suolo quasi stazionaria ad W delle Alpi

### GPH AT 500 HPA

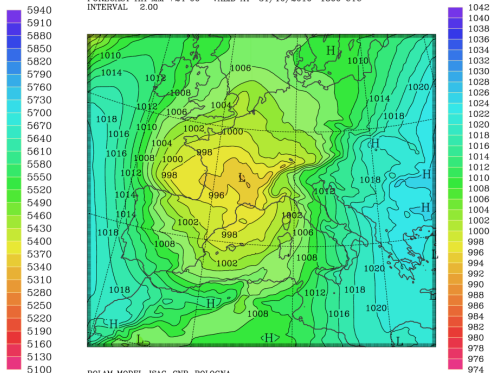
INITIAL DATE 30/10/2010 1800 UTC  
 FORECAST HH MM +24 00 VALID AT 31/10/2010 1800 UTC  
 INTERVAL 30.0



BOLAM MODEL, ISAC - CNR, BOLOGNA

### M.S.L. PRESSURE

INITIAL DATE 30/10/2010 1800 UTC  
 FORECAST HH MM +24 00 VALID AT 31/10/2010 1800 UTC  
 INTERVAL 2.00



BOLAM MODEL, ISAC - CNR, BOLOGNA

# Vicenza 2010

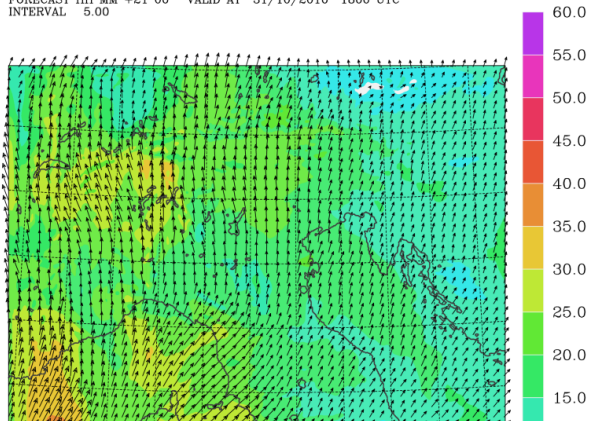
Correnti meridionali in quota stazionarie per molte ore, dirette verso lo sbarramento alpino

## WIND AT 500 HPA

INITIAL DATE 30/10/2010 2100 UTC

FORECAST HH MM +21 00 VALID AT 31/10/2010 1800 UTC

INTERVAL 5.00



# Vicenza 2010

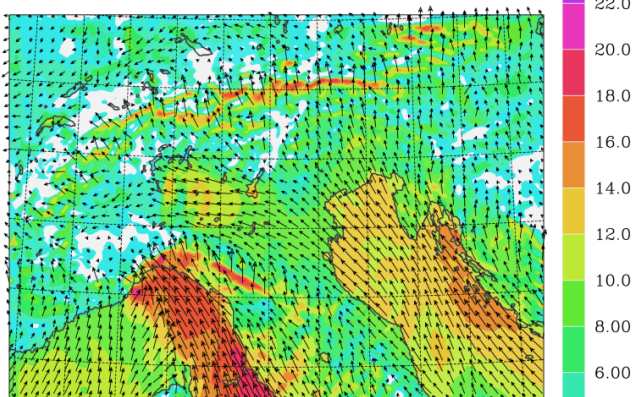
## Al suolo Scirocco e condizioni di Flow Over

### WIND AT 10 M

INITIAL DATE 30/10/2010 2100 UTC

FORECAST HH MM +21 00 VALID AT 31/10/2010 1800 UTC

INTERVAL 2.00



# Eventi con precipitazioni intense sui rilievi: HyMeX-IOP19

# Eventi con precipitazioni intense sui rilievi: HyMeX-IOP19

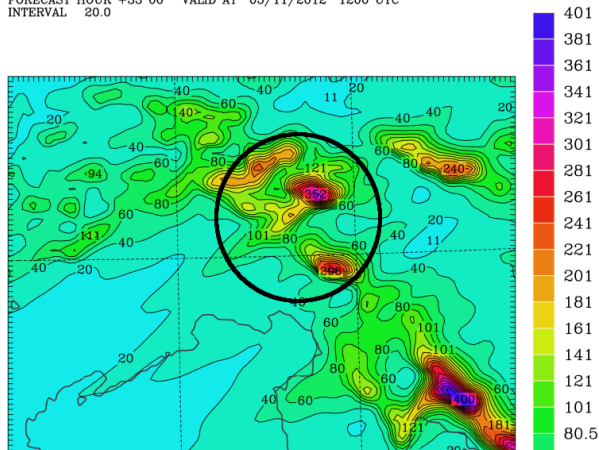
## Precipitazioni intense sulle Prealpi Giulie

ACC. TOT. PREC. (MM) IN 33 H 0 M

INITIAL DATE 04/11/2012 0300 UTC

FORECAST HOUR +33 00 VALID AT 05/11/2012 1200 UTC

INTERVAL 20.0



# HyMeX-IOP19

Situazione a scala sinottica

---



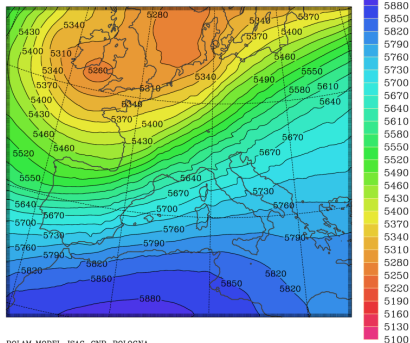
# HyMeX-IOP19

## Situazione a scala sinottica

- Saccatura in quota molto allungata sui paralleli

### GPH AT 500 HPA

INITIAL DATE 04/11/2012 0000 UTC  
FORECAST HH MM +21 00 VALID AT 04/11/2012 2100 UTC  
INTERVAL 30.0



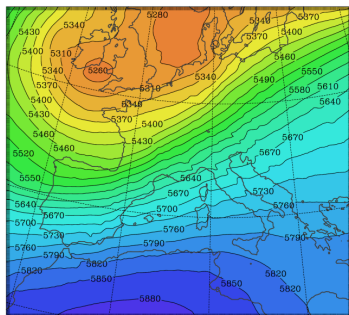
# HyMeX-IOP19

## Situazione a scala sinottica

- Saccatura in quota molto allungata sui paralleli
- Transito della struttura depressionaria sulla regione alpina

### GPH AT 500 HPA

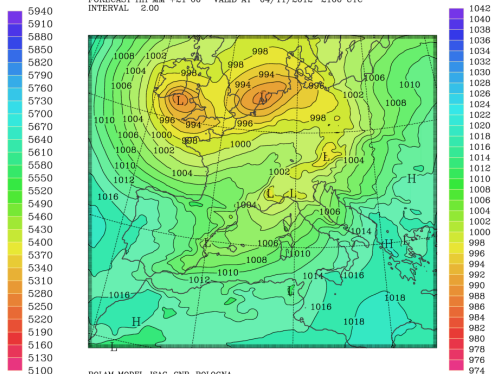
INITIAL DATE 04/11/2012 0000 UTC  
 FORECAST HH MM +21 00 VALID AT 04/11/2012 2100 UTC  
 INTERVAL 30.0



BOLAM MODEL, ISAC-CNR, BOLOGNA

### M.S.L. PRESSURE

INITIAL DATE 04/11/2012 0000 UTC  
 FORECAST HH MM +21 00 VALID AT 04/11/2012 2100 UTC  
 INTERVAL 2.00



BOLAM MODEL, ISAC-CNR, BOLOGNA

# HyMeX-IOP19

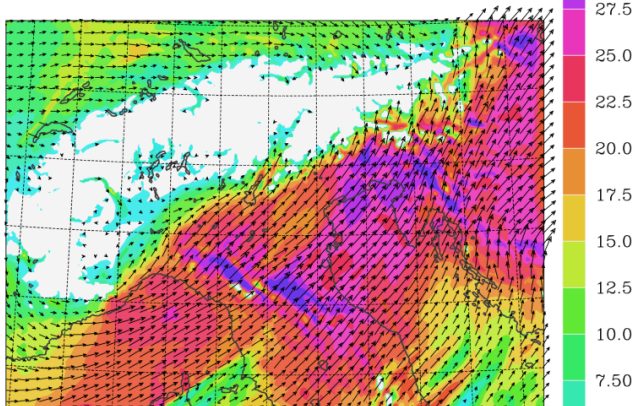
In quota componente zonale del vento molto pronunciata

## WIND AT 850 HPA

INITIAL DATE 04/11/2012 0300 UTC

FORECAST HH MM +21 00 VALID AT 05/11/2012 0000 UTC

INTERVAL 2.50



# HyMeX-IOP19

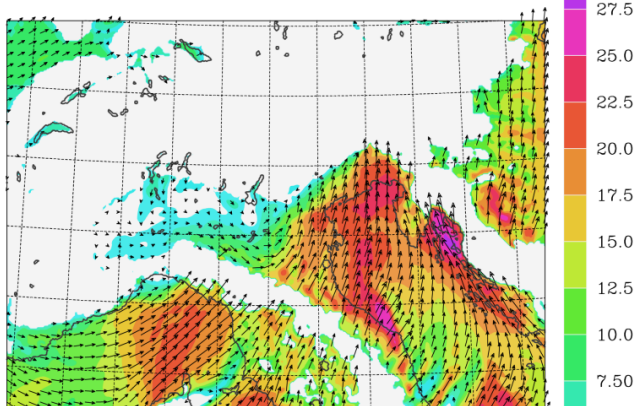
Nei bassi strati correnti da S e Flow Over

## WIND AT 950 HPA

INITIAL DATE 04/11/2012 0300 UTC

FORECAST HH MM +21 00 VALID AT 05/11/2012 0000 UTC

INTERVAL 2.50

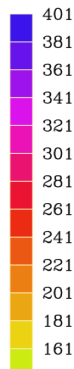
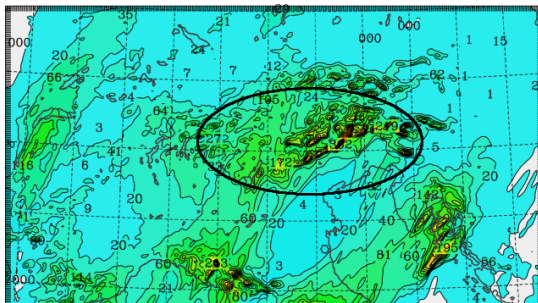


# Eventi con precipitazioni intense sui rilievi: Piancavallo 2012

# Eventi con precipitazioni intense sui rilievi: Piancavallo 2012

Evento simile a Vicenza 2010, più breve

ACC. TOT. PREC. (MM) IN 45 H 0 M  
INITIAL DATE 10/11/2012 1500 UTC  
FORECAST HOUR +45 00 VALID AT 12/11/2012 1200 UTC  
INTERVAL 20.0



# Piancavallo 2012

Situazione a scala sinottica

---

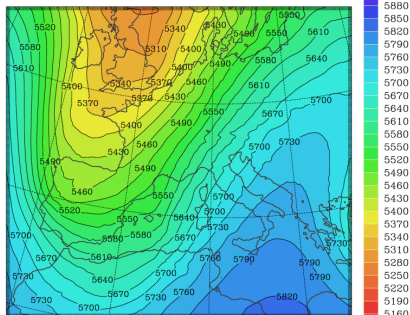
# Piancavallo 2012

## Situazione a scala sinottica

- Saccatura in quota orientata lungo i meridiani

### GPH AT 500 HPA

INITIAL DATE 10/11/2012 1200 UTC  
FORECAST HH MM +12 00 VALID AT 11/11/2012 0000 UTC  
INTERVAL 30.0





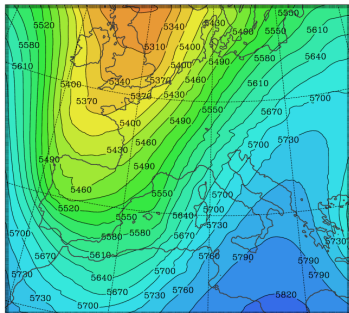
# Piancavallo 2012

## Situazione a scala sinottica

- Saccatura in quota orientata lungo i meridiani
- Depressioni al suolo in area mediterranea

### GPH AT 500 HPA

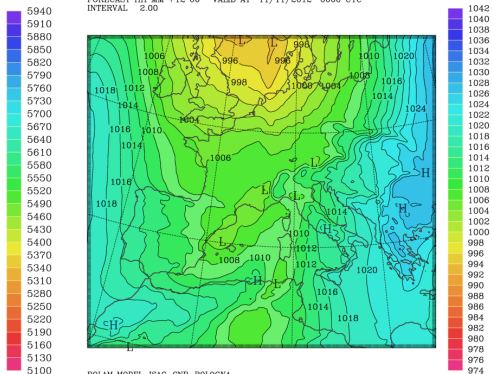
INITIAL DATE 10/11/2012 1200 UTC  
 FORECAST HH MM +12 00 VALID AT 11/11/2012 0000 UTC  
 INTERVAL 30.0



BOLAM MODEL, ISAC-CNR, BOLOGNA

### M.S.L. PRESSURE

INITIAL DATE 10/11/2012 1200 UTC  
 FORECAST HH MM +12 00 VALID AT 11/11/2012 0000 UTC  
 INTERVAL 2.00



BOLAM MODEL, ISAC-CNR, BOLOGNA

# Piancavallo 2012

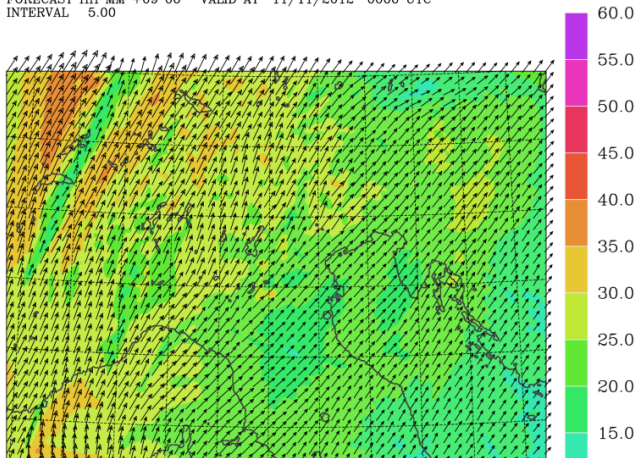
Correnti in quota da SW verso l'arco alpino

## WIND AT 500 HPA

INITIAL DATE 10/11/2012 1500 UTC

FORECAST HH MM +09 00 VALID AT 11/11/2012 0000 UTC

INTERVAL 5.00



# Piancavallo 2012

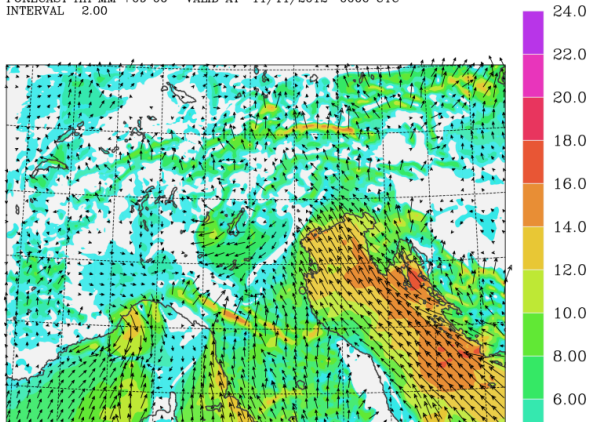
Al suolo il vento di barriera iniziale viene eroso gradualmente dallo Scirocco, fino a condizioni di Flow Over

WIND AT 10 M

INITIAL DATE 10/11/2012 1500 UTC

FORECAST HH MM +09 00 VALID AT 11/11/2012 0000 UTC

INTERVAL 2.00



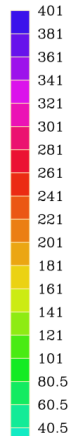
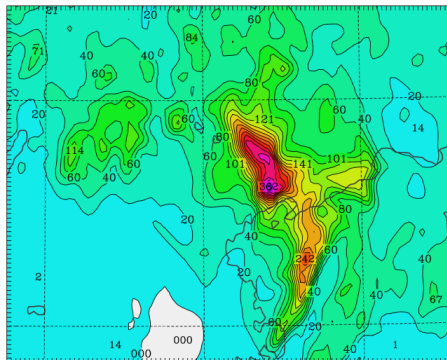
# Eventi con convezione stazionaria al piano: Marghera 2007

# Eventi con convezione stazionaria al piano: Marghera 2007

Alluvione a Marghera, evento simile ai casi presenti in letteratura  
Sistema convettivo molto intenso e stazionario upstream al rilievo

ACC. TOT. PREC. (MM) IN 30 H 0 M

INITIAL DATE 25/09/2007 1800 UTC  
FORECAST HOUR +30 00 VALID AT 27/09/2007 0000 UTC  
INTERVAL 20.0



# Marghera 2007

Situazione a scala sinottica

---

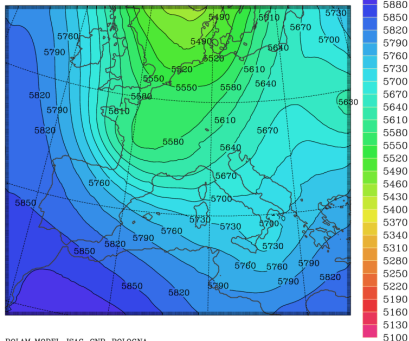
# Marghera 2007

## Situazione a scala sinottica

- In quota saccatura dal N-Europa e calo dei geopotenziali sulla regione alpina

### GPH AT 500 HPA

INITIAL DATE 25/09/2007 1200 UTC  
FORECAST HH MM +12 00 VALID AT 26/09/2007 0000 UTC  
INTERVAL 30.0



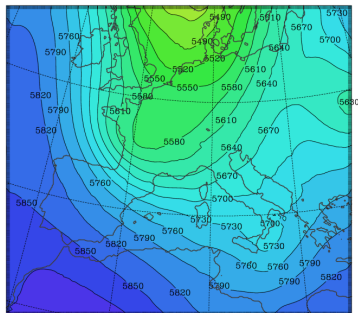
# Marghera 2007

## Situazione a scala sinottica

- In quota saccatura dal N-Europa e calo dei geopotenziali sulla regione alpina
- Formazione di minimi al suolo su Golfo di Genova e Golfo di Taranto

### GPH AT 500 HPA

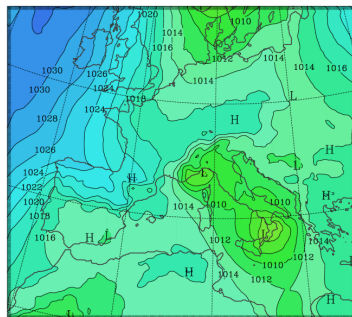
INITIAL DATE 25/09/2007 1200 UTC  
 FORECAST HH MM +12 00 VALID AT 26/09/2007 0000 UTC  
 INTERVAL 30.0



BOLAM MODEL, ISAC-CNR, BOLOGNA

### M.S.L. PRESSURE

INITIAL DATE 25/09/2007 1200 UTC  
 FORECAST HH MM +12 00 VALID AT 26/09/2007 0000 UTC  
 INTERVAL 2.00



BOLAM MODEL, ISAC-CNR, BOLOGNA



# Marghera 2007

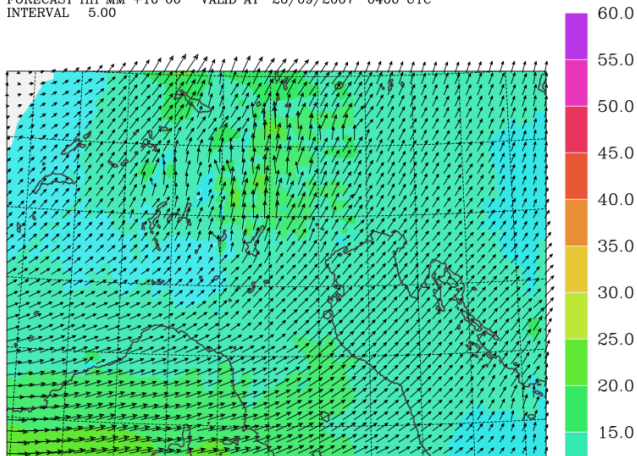
Venti deboli in quota, incidenti sul rilievo alpino

## WIND AT 500 HPA

INITIAL DATE 25/09/2007 1800 UTC

FORECAST HH MM +10 00 VALID AT 26/09/2007 0400 UTC

INTERVAL 5.00



# Marghera 2007

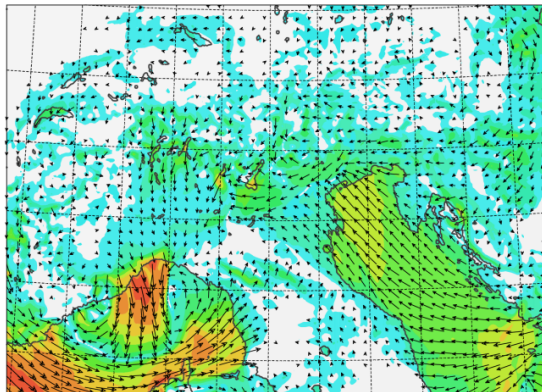
Al suolo netta convergenza tra Scirocco e vento di barriera

## WIND AT 10 M

INITIAL DATE 25/09/2007 1800 UTC

FORECAST HH MM +10 00 VALID AT 26/09/2007 0400 UTC

INTERVAL 2.00



24.0

22.0

20.0

18.0

16.0

14.0

12.0

10.0

8.00

6.00

# Eventi con convezione stazionaria al piano: HyMeX-IOP18

# Eventi con convezione stazionaria al piano: HyMeX-IOP18

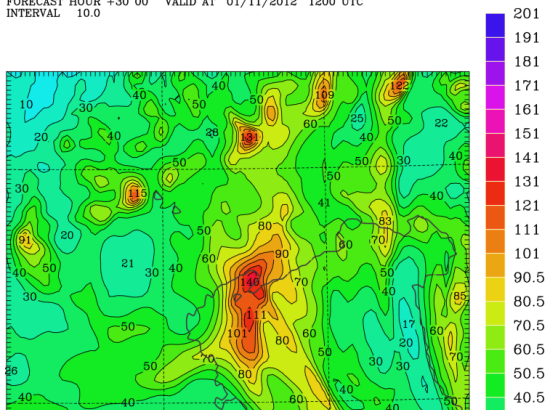
Accumuli massimi tra il delta del Po e Venezia

ACC. TOT. PREC. (MM) IN 24 H 0 M

INITIAL DATE 31/10/2012 0600 UTC

FORECAST HOUR +30 00 VALID AT 01/11/2012 1200 UTC

INTERVAL 10.0



# HyMeX-IOP18

Situazione a scala sinottica

---

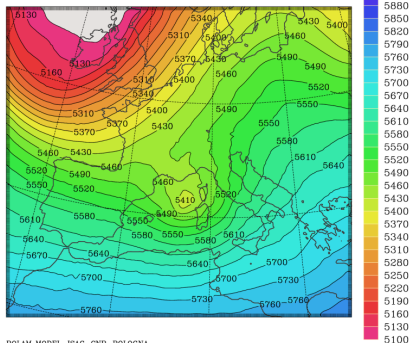
# HyMeX-IOP18

## Situazione a scala sinottica

- Minimo di geopotenziale in movimento dalle Baleari verso E

### GPH AT 500 HPA

INITIAL DATE 31/10/2012 0000 UTC  
FORECAST HH MM +18 00 VALID AT 31/10/2012 1800 UTC  
INTERVAL 30.0



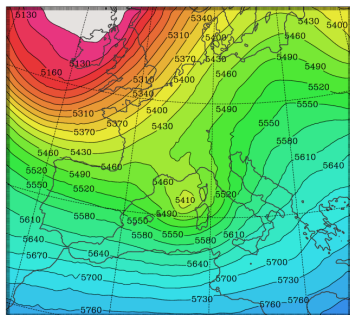
# HyMeX-IOP18

## Situazione a scala sinottica

- Minimo di geopotenziale in movimento dalle Baleari verso E
- Profonda depressione al suolo tra Golfo del Leone e Mar Ligure

### GPH AT 500 HPA

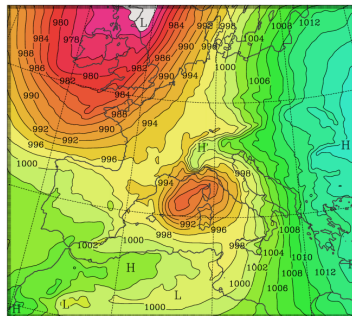
INITIAL DATE 31/10/2012 0000 UTC  
 FORECAST HH MM +18 00 VALID AT 31/10/2012 1800 UTC  
 INTERVAL 30.0



BOLAM MODEL, ISAC-CNR, BOLOGNA

### M.S.L. PRESSURE

INITIAL DATE 31/10/2012 0000 UTC  
 FORECAST HH MM +18 00 VALID AT 31/10/2012 1800 UTC  
 INTERVAL 2.00



BOLAM MODEL, ISAC-CNR, BOLOGNA

# HyMeX-IOP18

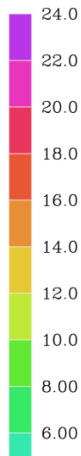
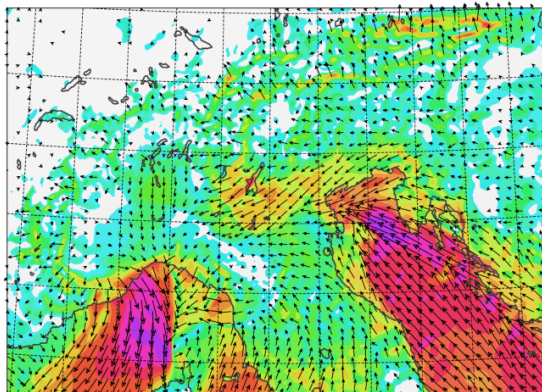
Nella fase intensa notevole rinforzo dei venti, anche del vento di barriera

## WIND AT 10 M

INITIAL DATE 31/10/2012 0600 UTC

FORECAST HH MM +15 00 VALID AT 31/10/2012 2100 UTC

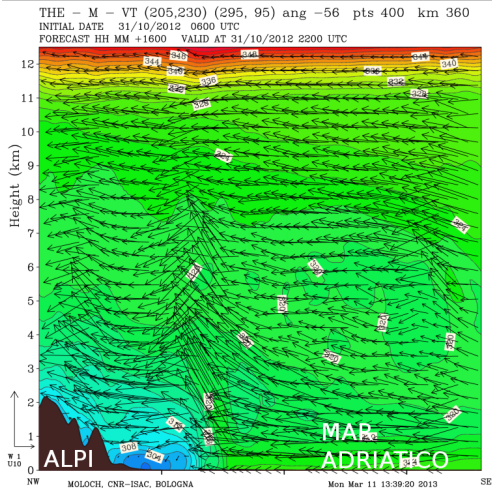
INTERVAL 2.00





# HyMeX-IOP18

Celle convettive originate sull'Adriatico vengono avvertate sulla zona di convergenza e lì si rinforzano stazionando per qualche ora



# HyMeX-IOP18

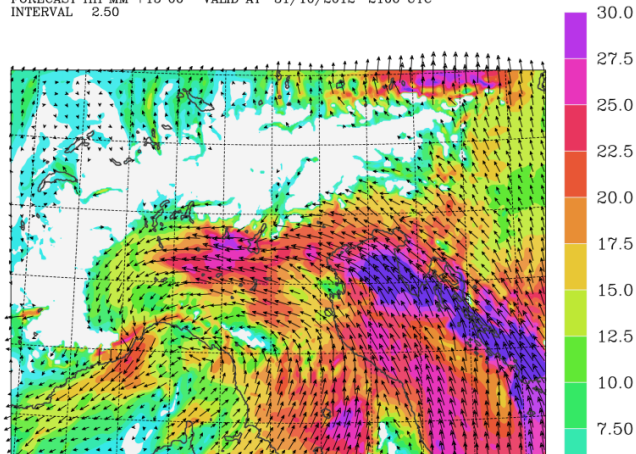
Situazione complicata a causa della direzione delle correnti a quote medie

## WIND AT 850 HPA

INITIAL DATE 31/10/2012 0600 UTC

FORECAST HH MM +15 00 VALID AT 31/10/2012 2100 UTC

INTERVAL 2.50



# Eventi con convezione stazionaria al piano: Mira 2009

# Eventi con convezione stazionaria al piano: Mira 2009

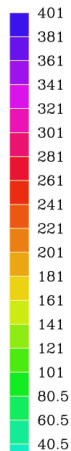
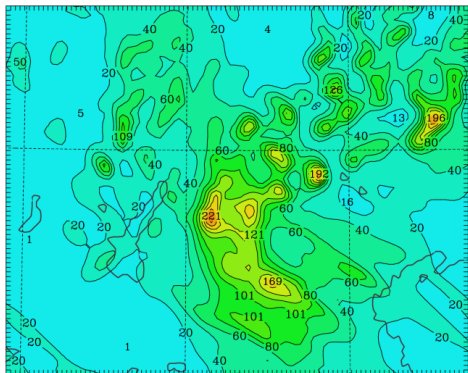
Accumuli dati da diverse celle convettive tra la costa e l'entroterra veneto

ACC. TOT. PREC. (MM) IN 36 H 0 M

INITIAL DATE 16/09/2009 0000 UTC

FORECAST HOUR +36 00 VALID AT 17/09/2009 1200 UTC

INTERVAL 20.0



# Mira 2009

Situazione a scala sinottica

---

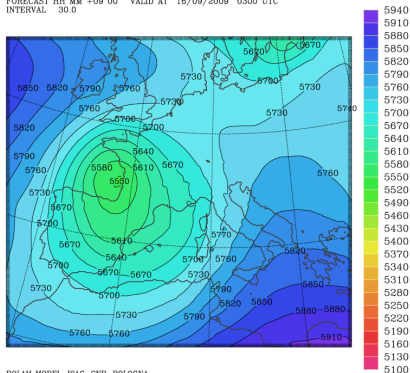
# Mira 2009

## Situazione a scala sinottica

- Vasto sistema ciclonico sull'Europa Occidentale

### GPH AT 500 HPA

INITIAL DATE 15/09/2009 1800 UTC  
FORECAST HH MM +09 00 VALID AT 16/09/2009 0300 UTC  
INTERVAL 30.0



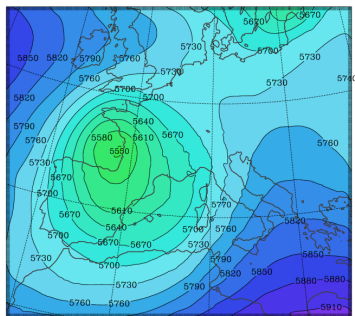
# Mira 2009

## Situazione a scala sinottica

- Vasto sistema ciclonico sull'Europa Occidentale
- Formazione di un minimo di pressione al suolo sul Mar Ligure

### GPH AT 500 HPA

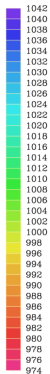
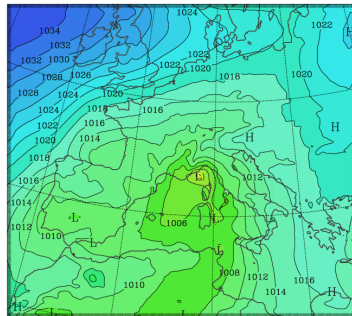
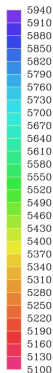
INITIAL DATE 15/09/2009 1800 UTC  
 FORECAST HH MM +09 00 VALID AT 16/09/2009 0300 UTC  
 INTERVAL 30.0



BOLAM MODEL, ISAC-CNR, BOLOGNA

### M.S.L. PRESSURE

INITIAL DATE 15/09/2009 1800 UTC  
 FORECAST HH MM +09 00 VALID AT 16/09/2009 0300 UTC  
 INTERVAL 2.00



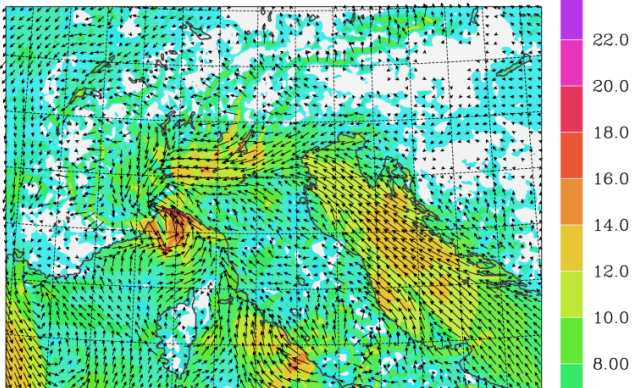
BOLAM MODEL, ISAC-CNR, BOLOGNA

# Mira 2009

Variazione della direzione del vento al suolo piuttosto graduale

## WIND AT 10 M

INITIAL DATE 16/09/2009 0000 UTC  
FORECAST HH MM +07 00 VALID AT 16/09/2009 0700 UTC  
INTERVAL 2.00





# Mira 2009

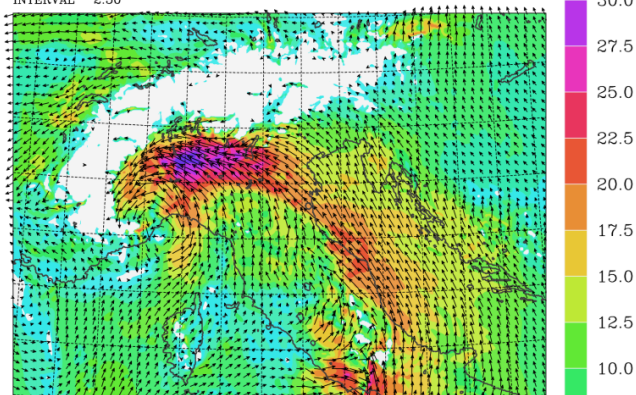
Anche in questo caso non si può trascurare l'effetto del vento alle quote superiori

## WIND AT 850 HPA

INITIAL DATE 16/09/2009 0000 UTC

FORECAST HH MM +07 00 VALID AT 16/09/2009 0700 UTC

INTERVAL 2.50

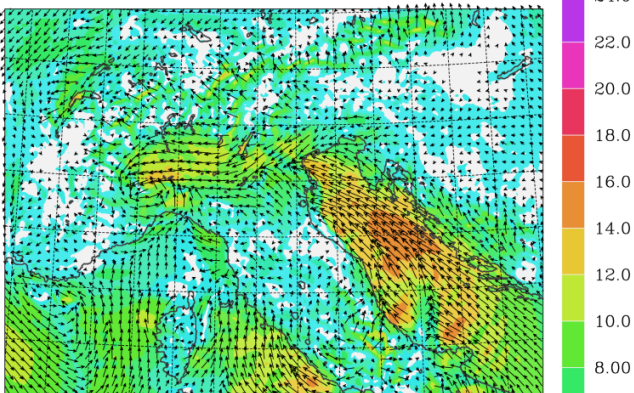


# Mira 2009

E' difficile individuare una sola zona di convergenza

## WIND AT 10 M

INITIAL DATE 16/09/2009 0000 UTC  
FORECAST HH MM +10 00 VALID AT 16/09/2009 1000 UTC  
INTERVAL 2.00

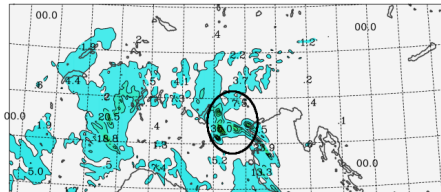


# Mira 2009

E' comunque evidente una fase con precipitazioni quasi stazionarie nel Basso Veneto

ACC. TOT. PREC. (MM) IN 1 H 0 M

INITIAL DATE 16/09/2009 0000 UTC  
FORECAST HH MM +10 00 VALID AT 16/09/2009 1000 UTC  
INTERVAL 5.00

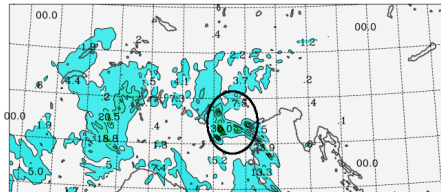


# Mira 2009

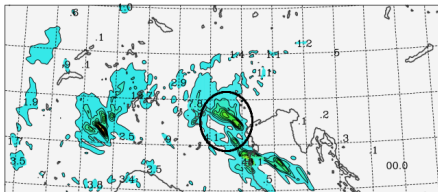
E' comunque evidente una fase con precipitazioni quasi stazionarie nel Basso Veneto

ACC. TOT. PREC. (MM) IN 1 H 0 M

INITIAL DATE 16/09/2009 0000 UTC  
FORECAST HH MM +10 00 VALID AT 16/09/2009 1000 UTC  
INTERVAL 5.00



FORECAST HH MM +12 00 VALID AT 16/09/2009 1200 UTC  
INTERVAL 5.00



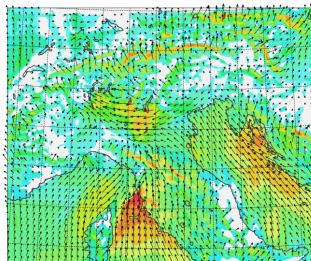
# Evoluzione degli eventi: Vicenza 2010 e Marghera 2007

## Fase iniziale

### Vicenza 2010

WIND AT 10 M

INITIAL DATE 30/10/2010 2100 UTC  
 FORECAST HH MM +06 00 VALID AT 31/10/2010 0300 UTC  
 INTERVAL 2.00

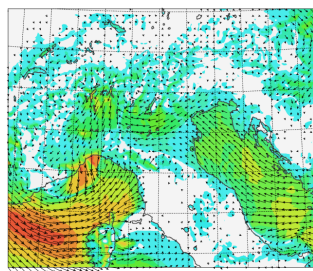


MOLOCH, ISAC-CNR, BOLOGNA

### Marghera 2007

WIND AT 10 M

INITIAL DATE 25/09/2007 1800 UTC  
 FORECAST HH MM +06 00 VALID AT 26/09/2007 0000 UTC  
 INTERVAL 2.00



MOLOCH, ISAC-CNR, BOLOGNA

# Evoluzione degli eventi: Vicenza 2010 e Marghera 2007

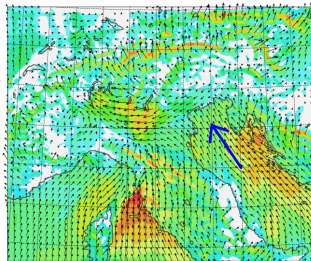
## Fase iniziale

- Scirocco dal Mar Adriatico porta aria umida e mite verso le Alpi

### Vicenza 2010

WIND AT 10 M

INITIAL DATE 30/10/2010 2100 UTC  
 FORECAST HH MM +06 00 VALID AT 31/10/2010 0300 UTC  
 INTERVAL 2.00

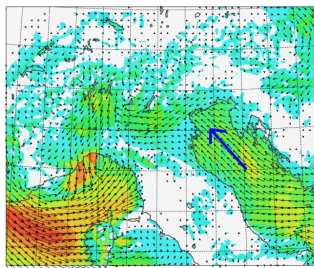


MOLOCH, ISAC-CNR, BOLOGNA

### Marghera 2007

WIND AT 10 M

INITIAL DATE 25/09/2007 1800 UTC  
 FORECAST HH MM +06 00 VALID AT 26/09/2007 0000 UTC  
 INTERVAL 2.00



MOLOCH, ISAC-CNR, BOLOGNA

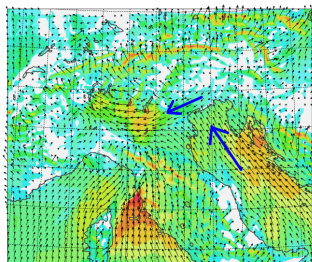
# Evoluzione degli eventi: Vicenza 2010 e Marghera 2007

## Fase iniziale

- Scirocco dal Mar Adriatico porta aria umida e mite verso le Alpi
- bloccato dalla catena alpina, viene deviato e si forma il vento di barriera

### Vicenza 2010

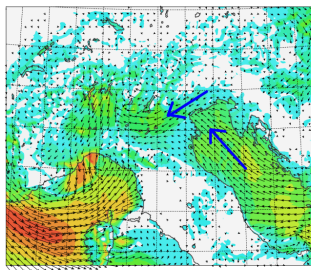
WIND AT 10 M  
 INITIAL DATE 30/10/2010 2100 UTC  
 FORECAST HH MM +06 00 VALID AT 31/10/2010 0300 UTC  
 INTERVAL 2.00



MOLOCH, ISAC-CNR, BOLOGNA

### Marghera 2007

WIND AT 10 M  
 INITIAL DATE 25/09/2007 1800 UTC  
 FORECAST HH MM +06 00 VALID AT 26/09/2007 0000 UTC  
 INTERVAL 2.00



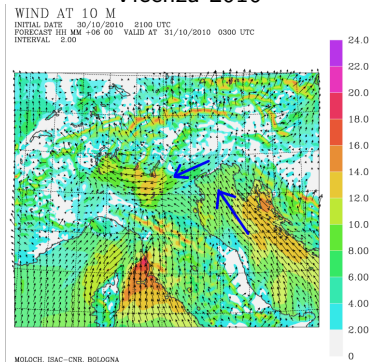
MOLOCH, ISAC-CNR, BOLOGNA

# Evoluzione degli eventi: Vicenza 2010 e Marghera 2007

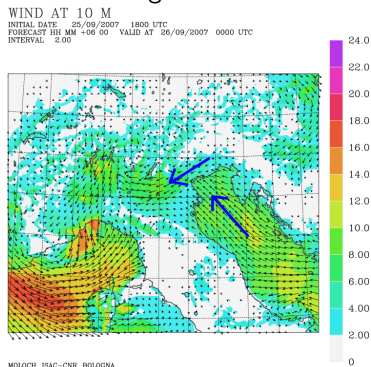
## Fase iniziale

- Scirocco dal Mar Adriatico porta aria umida e mite verso le Alpi
- bloccato dalla catena alpina, viene deviato e si forma il vento di barriera

### Vicenza 2010



### Marghera 2007



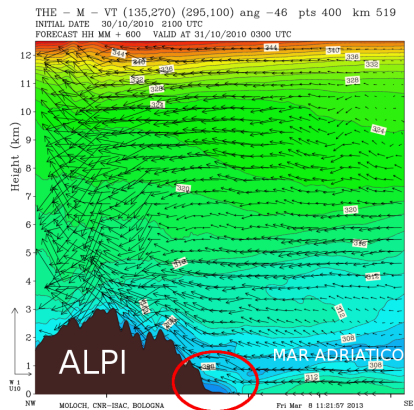
quando il flusso incidente si intensifica i due comportamenti si differenziano



# Evoluzione eventi con precipitazioni intense sui rilievi: Vicenza 2010

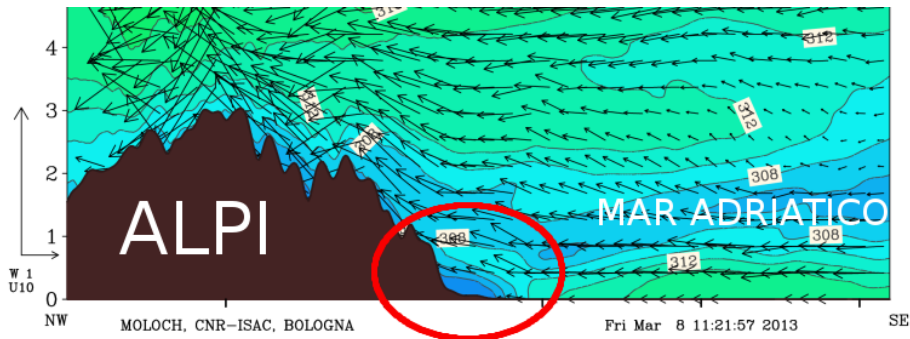
# Evoluzione eventi con precipitazioni intense sui rilievi: Vicenza 2010

- Il sollevamento del flusso dall'Adriatico sulla zona di convergenza con il vento di barriera non produce effetti



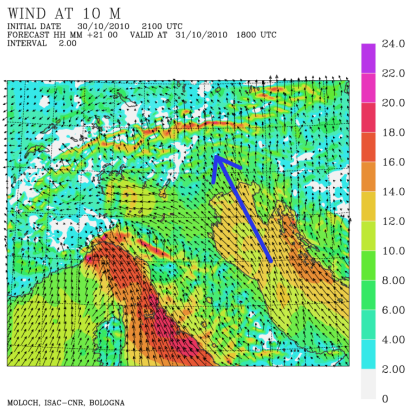
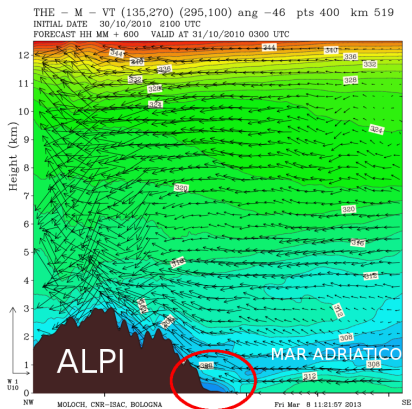
# Evoluzione eventi con precipitazioni intense sui rilievi: Vicenza 2010

- Il sollevamento del flusso incidente dall'Adriatico sulla zona di convergenza con il vento di barriera non produce effetti



# Evoluzione eventi con precipitazioni intense sui rilievi: Vicenza 2010

- Il sollevamento del flusso incidente dall'Adriatico sulla zona di convergenza con il vento di barriera non produce effetti
- Lo Scirocco tende gradualmente a raggiungere i rilievi e sostituisce il vento di barriera

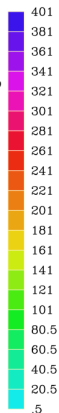
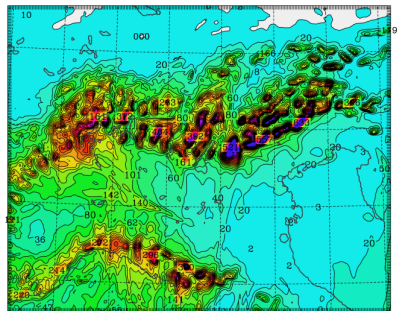


# Evoluzione eventi con precipitazioni intense sui rilievi: Vicenza 2010

- Si registrano quindi precipitazioni intense e prolungate sui rilievi

ACC. TOT. PREC. (MM) IN 63 H 0 M

INITIAL DATE 30/10/2010 2100 UTC  
FORECAST HOUR +63 00 VALID AT 02/11/2010 1200 UTC  
INTERVAL 20.0

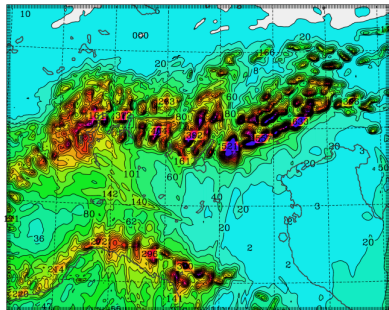


# Evoluzione eventi con precipitazioni intense sui rilievi: Vicenza 2010

- Si registrano quindi precipitazioni intense e prolungate sui rilievi
- Il sollevamento del flusso è orografico, si nota convezione “embedded”

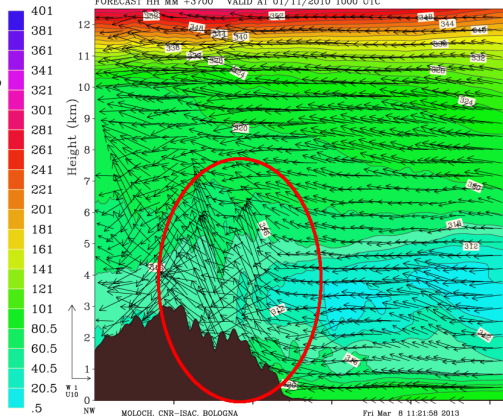
ACC. TOT. PREC. (MM) IN 63 H 0 M

INITIAL DATE 30/10/2010 2100 UTC  
FORECAST HOUR +63 00 VALID AT 02/11/2010 1200 UTC  
INTERVAL 20.0



MOLOCH, ISAC-CNR, BOLOGNA

THE - M - VT (135,270) (295,100) ang -46 pts 400 km 519  
INITIAL DATE 30/10/2010 2100 UTC  
FORECAST HH MM +3700 VALID AT 01/11/2010 1000 UTC



MOLOCH, CNR-ISAC, BOLOGNA

Fri Mar 8 11:21:58 2013

58

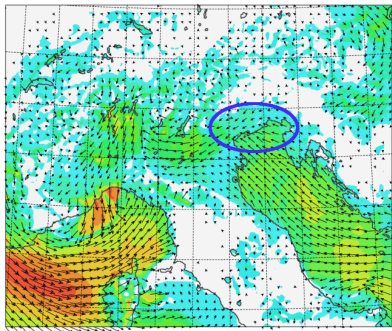
# Evoluzione eventi con convezione sulla pianura: Marghera 2007

# Evoluzione eventi con convezione sulla pianura: Marghera 2007

Il sollevamento iniziale dello Scirocco sul vento di barriera è in grado di attivare moti convettivi

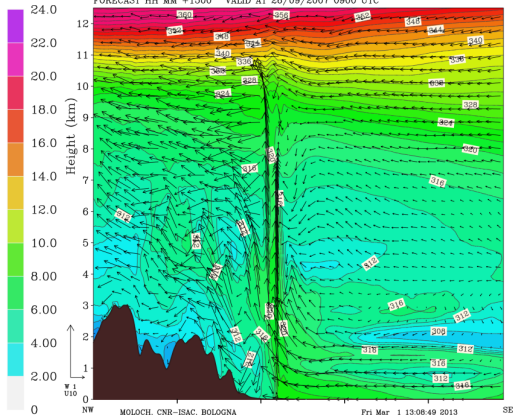
## WIND AT 10 M

INITIAL DATE 25/09/2007 1800 UTC  
 FORECAST HH MM +06 00 VALID AT 26/09/2007 0000 UTC  
 INTERVAL 2.00



MOLOCH, ISAC-CNR, BOLOGNA

THE - M - VT (175,270) (315,100) ang -50 pts 400 km 489  
 INITIAL DATE 25/09/2007 1800 UTC  
 FORECAST HH MM +1500 VALID AT 26/09/2007 0900 UTC



MOLOCH, CNR-ISAC, BOLOGNA

Pri Mar 1 13:08:49 2013

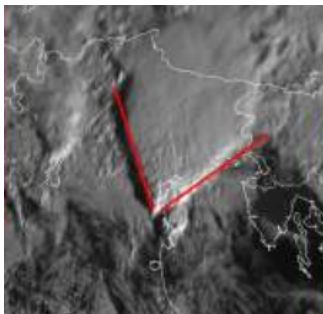
SE



# Evoluzione eventi con convezione sulla pianura: Marghera 2007

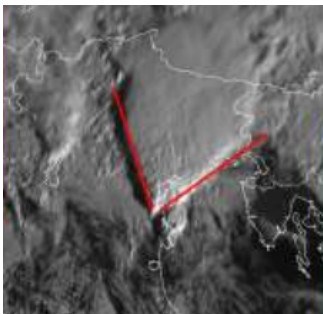
# Evoluzione eventi con convezione sulla pianura: Marghera 2007

- Il vento di barriera persiste per l'intera durata dell'evento e determina la localizzazione dell'intensa convezione

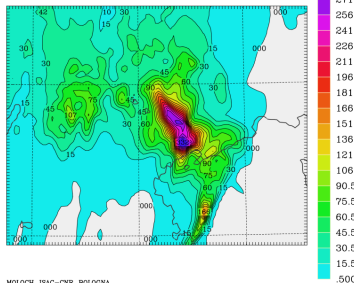


# Evoluzione eventi con convezione sulla pianura: Marghera 2007

- Il vento di barriera persiste per l'intera durata dell'evento e determina la localizzazione dell'intensa convezione
- La convezione stazionaria sulla zona di convergenza tra Scirocco e vento di barriera causa precipitazioni molto abbondanti in poche ore sulle pianure costiere



ACC. TOT. PREC. (MM) IN 12 H 0 M  
 INITIAL DATE 25/09/2007 1800 UTC  
 FORECAST HOUR +18 00 VALID AT 26/09/2007 1200 UTC  
 INTERVAL 15.0



# Risultati

# Risultati

Attraverso le simulazioni abbiamo visto che i due tipi di evento sono legati a comportamenti decisamente diversi nell'interazione con l'orografia

# Risultati

Attraverso le simulazioni abbiamo visto che i due tipi di evento sono legati a comportamenti decisamente diversi nell'interazione con l'orografia

Proviamo a identificare alcune caratteristiche termodinamiche del flusso incidente responsabili di questi comportamenti o comunque che segnalino l'appartenenza a una delle due categorie

# Risultati

Attraverso le simulazioni abbiamo visto che i due tipi di evento sono legati a comportamenti decisamente diversi nell'interazione con l'orografia

Proviamo a identificare alcune caratteristiche termodinamiche del flusso incidente responsabili di questi comportamenti o comunque che segnalino l'appartenenza a una delle due categorie

Illustriamo i parametri chiave più significativi tra quelli analizzati, per quanto riguarda:

- l'innescò della convezione
- la caratterizzazione dinamica del flusso

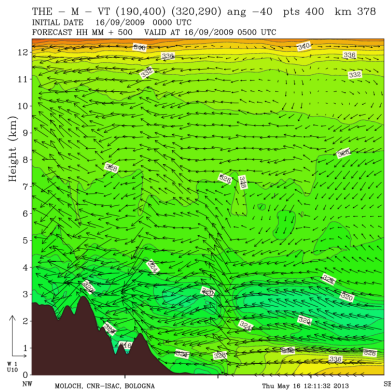
# Fase di innesco della convezione: $h_b/LFC$



# Fase di innesco della convezione: $h_b/LFC$

$h_b/LFC$  confronta :

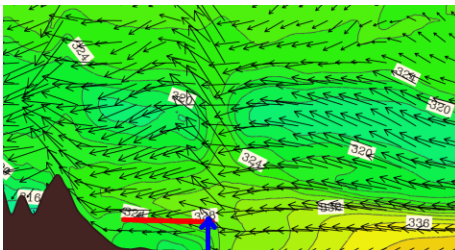
- estensione verticale dello strato con vento di barriera



# Fase di innesco della convezione: $h_b/LFC$

$h_b/LFC$  confronta :

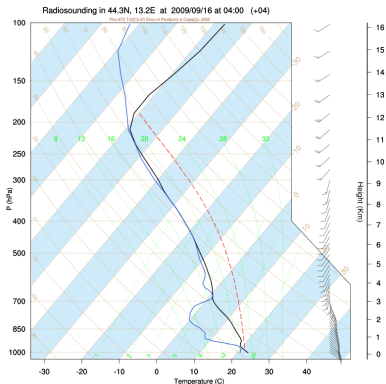
- estensione verticale dello strato con vento di barriera



# Fase di innesco della convezione: $h_b/LFC$

$h_b/LFC$  confronta :

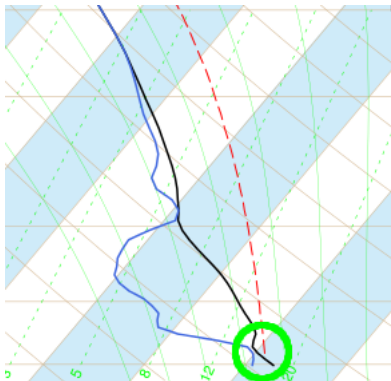
- estensione verticale dello strato con vento di barriera
- quota del livello di convezione libera del flusso incidente



# Fase di innesco della convezione: $h_b/LFC$

$h_b/LFC$  confronta :

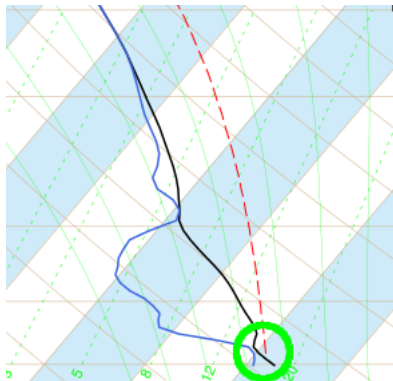
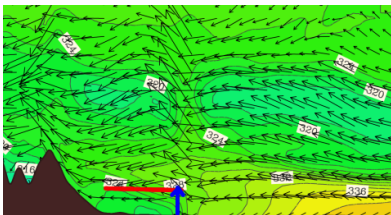
- estensione verticale dello strato con vento di barriera
- quota del livello di convezione libera del flusso incidente



# Fase di innesco della convezione: $h_b/LFC$

$h_b/LFC$  confronta :

- estensione verticale dello strato con vento di barriera
- quota del livello di convezione libera del flusso incidente

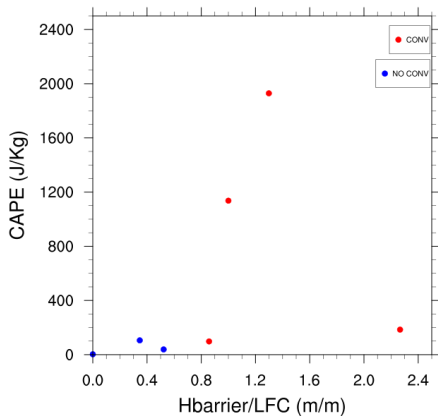


## Fase di innesco della convezione: $h_b/LFC$

Possiamo verificare se la convergenza del flusso incidente con lo strato di aria più densa relativo al vento di barriera è in grado di innescare la convezione

## Fase di innesco della convezione: $h_b/LFC$

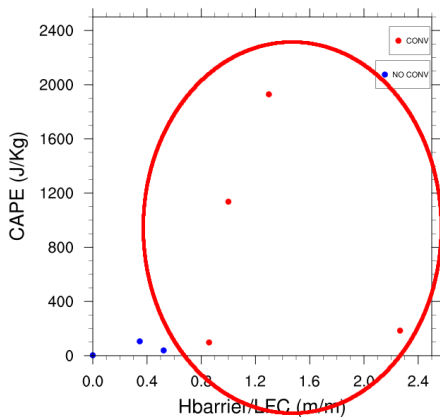
Possiamo verificare se la convergenza del flusso incidente con lo strato di aria più densa relativo al vento di barriera è in grado di innescare la convezione



Consideriamo la fase iniziale degli eventi e troviamo:

## Fase di innesco della convezione: $h_b/LFC$

Possiamo verificare se la convergenza del flusso incidente con lo strato di aria più densa relativo al vento di barriera è in grado di innescare la convezione



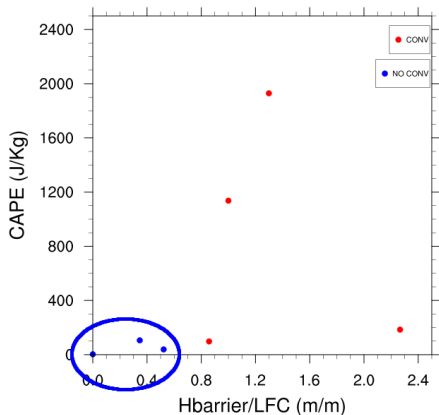
Consideriamo la fase iniziale degli eventi e troviamo:

- valori maggiori o uguali a 1 per gli eventi in cui si innesca la convezione



## Fase di innesco della convezione: $h_b/LFC$

Possiamo verificare se la convergenza del flusso incidente con lo strato di aria più densa relativo al vento di barriera è in grado di innescare la convezione

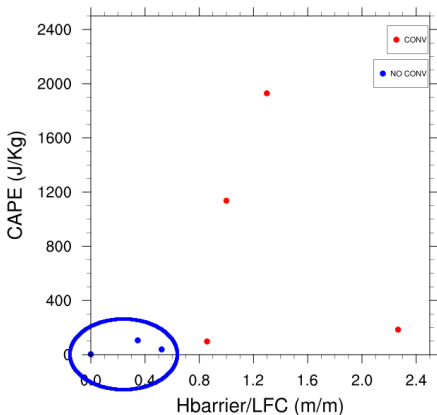


Consideriamo la fase iniziale degli eventi e troviamo:

- valori maggiori o uguali a 1 per gli eventi in cui si innesca la convezione
- valori minori di 0.5 per gli eventi in cui questo sollevamento non è sufficiente ad attivare moti convettivi

## Fase di innesco della convezione: $h_b/LFC$

Possiamo verificare se la convergenza del flusso incidente con lo strato di aria più densa relativo al vento di barriera è in grado di innescare la convezione

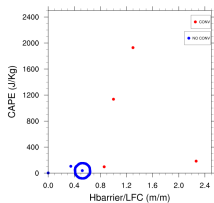


Consideriamo la fase iniziale degli eventi e troviamo:

- valori maggiori o uguali a 1 per gli eventi in cui si innesca la convezione
- valori minori di 0.5 per gli eventi in cui questo sollevamento non è sufficiente ad attivare moti convettivi

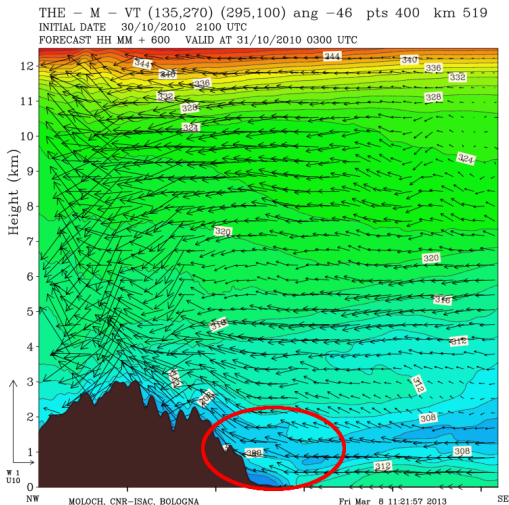
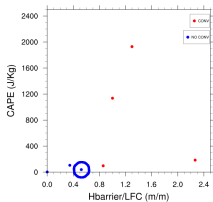
La convezione si attiva se il sollevamento è tale da raggiungere la quota del LFC

$h_b/LFC \lesssim 0.5$  (Casi con precipitazioni intense sui rilievi)



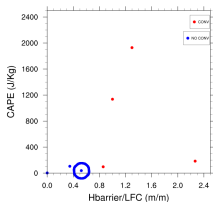
# $h_b/LFC \lesssim 0.5$ (Casi con precipitazioni intense sui rilievi)

Il sollevamento del flusso incidente sullo strato con vento di barriera non è sufficiente ad attivare la convezione

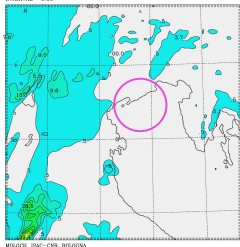


# $h_b/LFC \lesssim 0.5$ (Casi con precipitazioni intense sui rilievi)

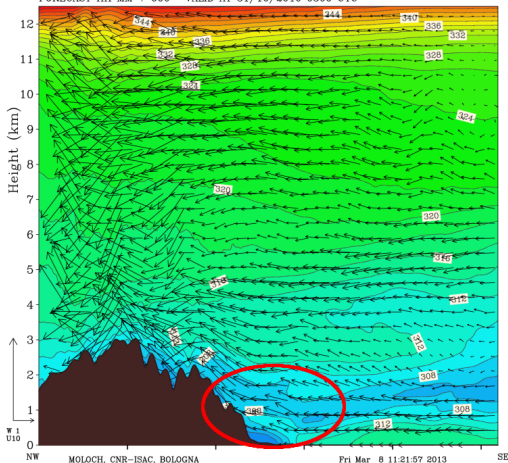
Il sollevamento del flusso incidente sullo strato con vento di barriera non è sufficiente ad attivare la convezione



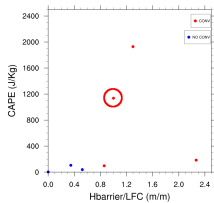
ACC. TOT. PREC. (MM) IN 1 H 0 M  
INITIAL DATE 30/10/2010 2100 UTC  
FORECAST HH MM +07 00 VALID AT 31/10/2010 0400 UTC  
INTERVAL 5.00



THE - M - VT (135,270) (295,100) ang -46 pts 400 km 519  
INITIAL DATE 30/10/2010 2100 UTC  
FORECAST HH MM + 600 VALID AT 31/10/2010 0300 UTC

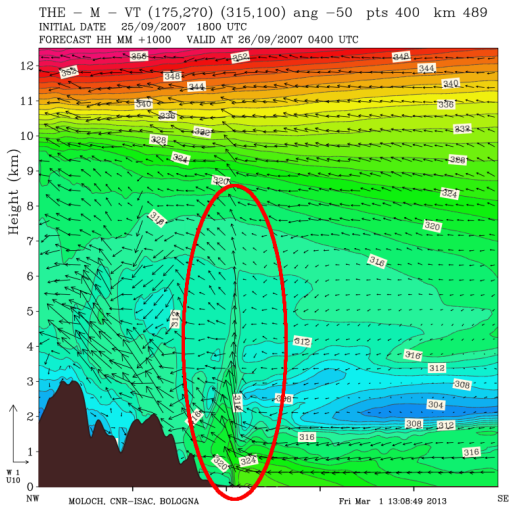
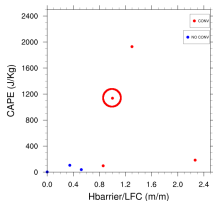


$h_b/LFC \gtrsim 1$  (Casi con convezione sulla pianura)



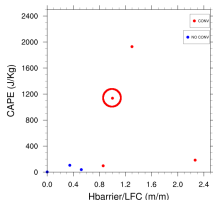
# $h_b/LFC \gtrsim 1$ (Casi con convezione sulla pianura)

Il sollevamento del flusso incidente sullo strato con vento di barriera è sufficiente ad attivare la convezione

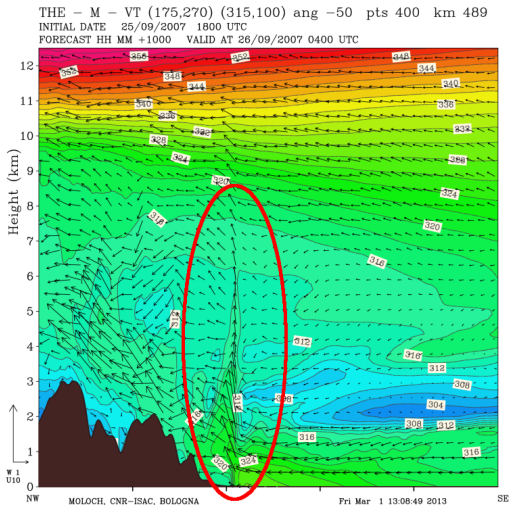
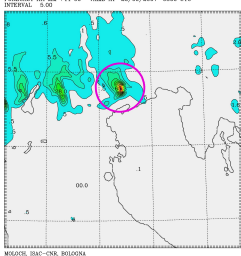


# $h_b/LFC \gtrsim 1$ (Casi con convezione sulla pianura)

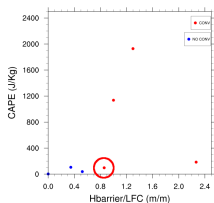
Il sollevamento del flusso incidente sullo strato con vento di barriera è sufficiente ad attivare la convezione



ACC. TOT. PREC. (MM) IN 1 H 0 M  
 INITIAL DATE: 25/09/2007 1800 UTC  
 FORECAST HH MM +11 00 VALID AT 26/09/2007 0500 UTC  
 INTERVAL: 5:00

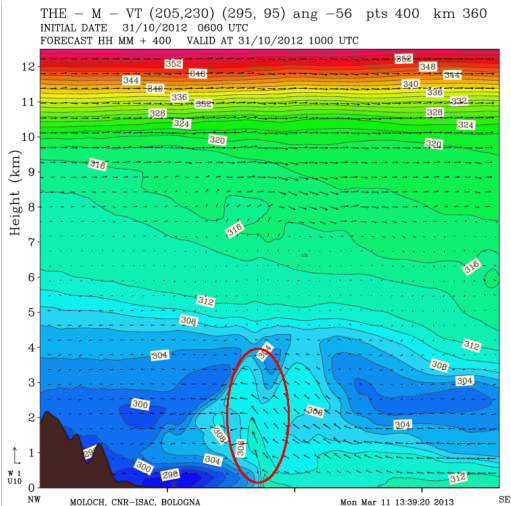
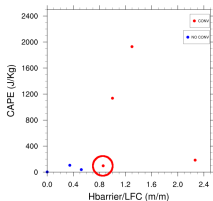




$h_b/LFC \gtrsim 1$  (Casi con convezione sulla pianura)

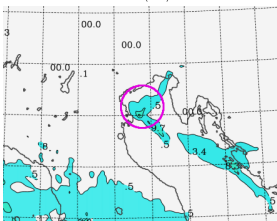
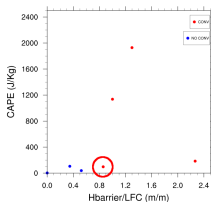
# $h_b/LFC \gtrsim 1$ (Casi con convezione sulla pianura)

Il sollevamento del flusso incidente sullo strato con vento di barriera è sufficiente ad attivare la convezione

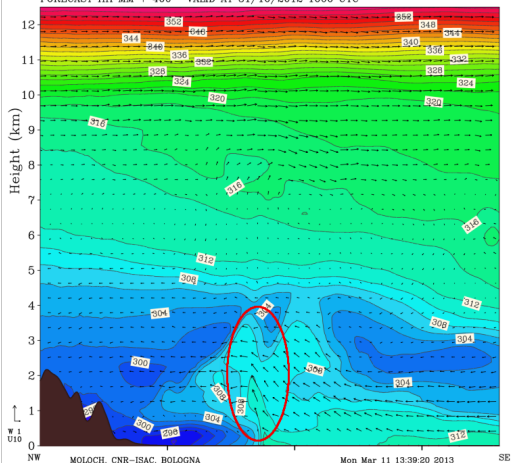


# $h_b/LFC \gtrsim 1$ (Casi con convezione sulla pianura)

Il sollevamento del flusso incidente sullo strato con vento di barriera è sufficiente ad attivare la convezione



THE - M - VT (205,230) (295, 95) ang -56 pts 400 km 360  
 INITIAL DATE 31/10/2012 0600 UTC  
 FORECAST HH MM + 400 VALID AT 31/10/2012 1000 UTC



# Innesco della convezione sui rilievi: $h_m/LFC$

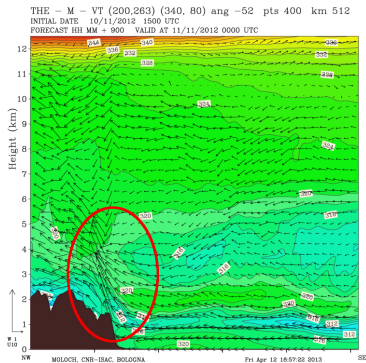
## Innesco della convezione sui rilievi: $h_m/LFC$

Negli eventi con precipitazioni prolungate sui rilievi si notano istanti con:

# Innesco della convezione sui rilievi: $h_m/LFC$

Negli eventi con precipitazioni prolungate sui rilievi si notano istanti con:

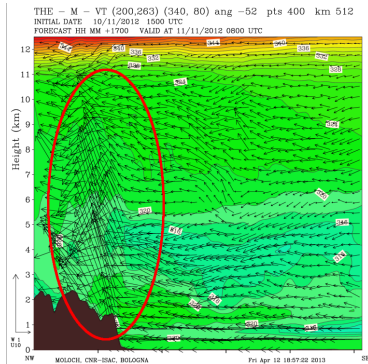
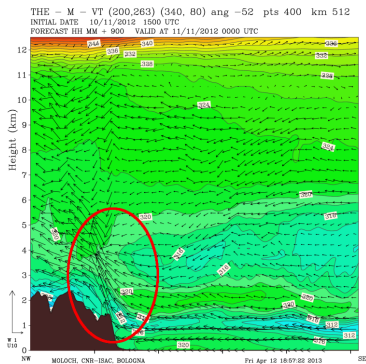
- convezione superficiale



# Innesco della convezione sui rilievi: $h_m/LFC$

Negli eventi con precipitazioni prolungate sui rilievi si notano istanti con:

- convezione superficiale
- convezione profonda

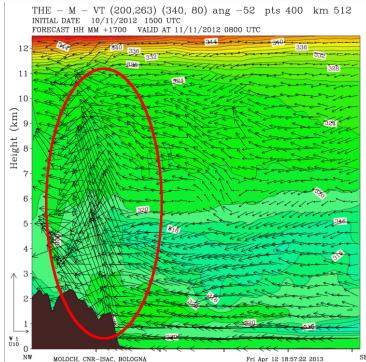
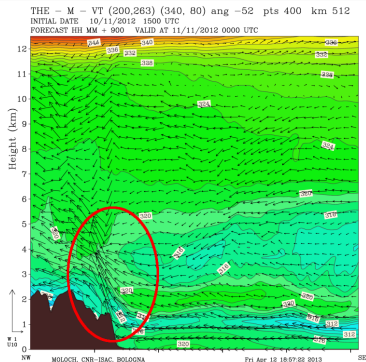


# Innesco della convezione sui rilievi: $h_m/LFC$

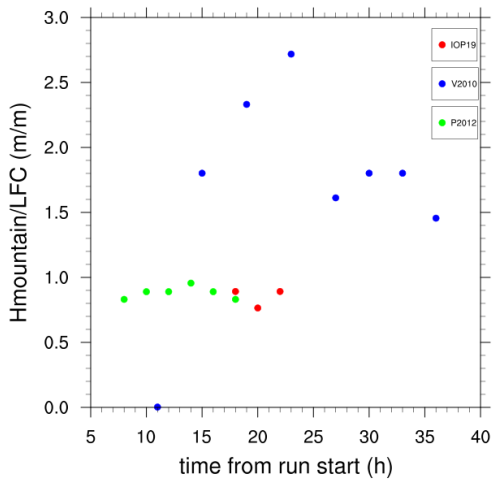
Negli eventi con precipitazioni prolungate sui rilievi si notano istanti con:

- convezione superficiale
- convezione profonda

Confrontiamo la quota del livello di convezione libera con l'altezza del rilievo alpino per analizzare la convezione innescata dal sollevamento orografico

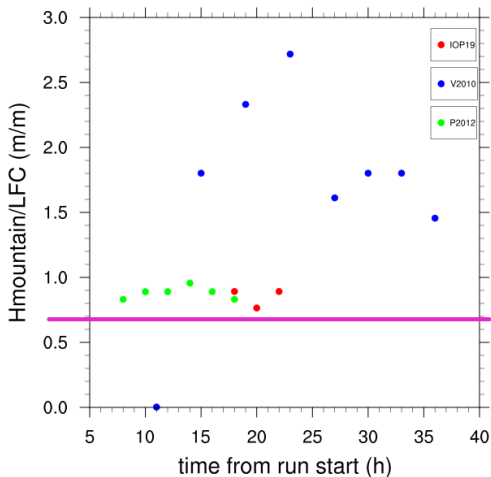




Innesco della convezione sui rilievi:  $h_m/LFC$ 

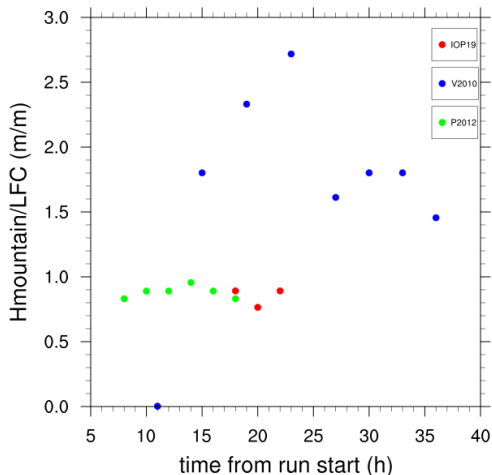
# Innesco della convezione sui rilievi: $h_m/LFC$

- Valori in accordo con la possibilità di convezione sull'orografia ( $h_m/LFC \gtrsim 1$ )



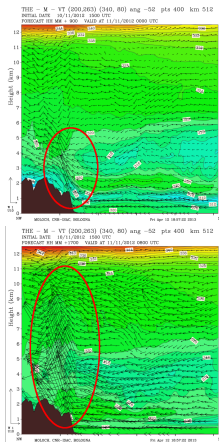
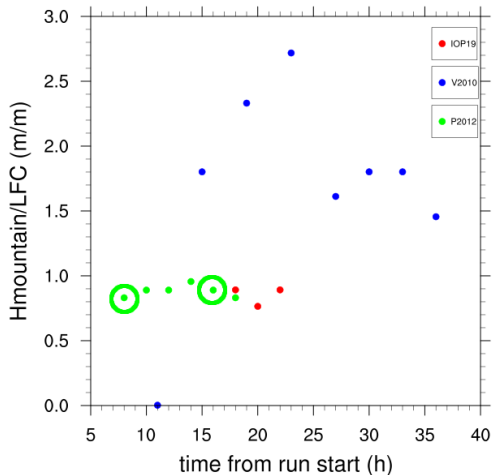
# Innesco della convezione sui rilievi: $h_m/LFC$

- Valori in accordo con la possibilità di convezione sull'orografia ( $h_m/LFC \gtrsim 1$ )
- $h_m/LFC$  indica l'attivazione della convezione, non ne descrive l'intensità



# Innesco della convezione sui rilievi: $h_m/LFC$

- Valori in accordo con la possibilità di convezione sull'orografia ( $h_m/LFC \gtrsim 1$ )
- $h_m/LFC$  indica l'attivazione della convezione, non ne descrive l'intensità



Questi parametri evidenziano le diverse cause di innesco della convezione

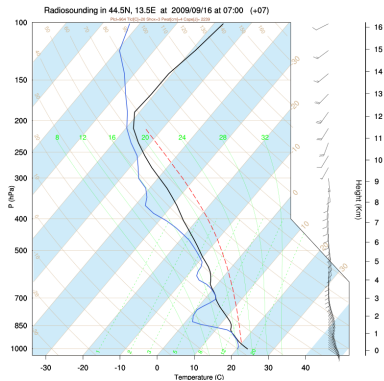
# Questi parametri evidenziano le diverse cause di innesco della convezione

I valori sono chiaramente dipendenti dalla quota del LFC

# Questi parametri evidenziano le diverse cause di innesco della convezione

I valori sono chiaramente dipendenti dalla quota del LFC

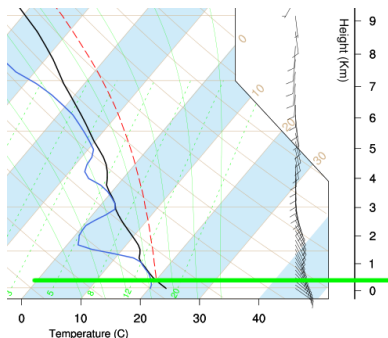
- molto basso per gli eventi con convezione stazionaria sulla pianura



# Questi parametri evidenziano le diverse cause di innesco della convezione

I valori sono chiaramente dipendenti dalla quota del LFC

- molto basso per gli eventi con convezione stazionaria sulla pianura

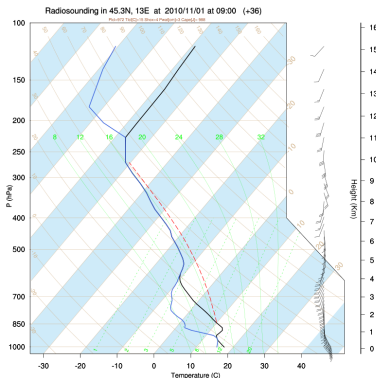




# Questi parametri evidenziano le diverse cause di innesco della convezione

I valori sono chiaramente dipendenti dalla quota del LFC

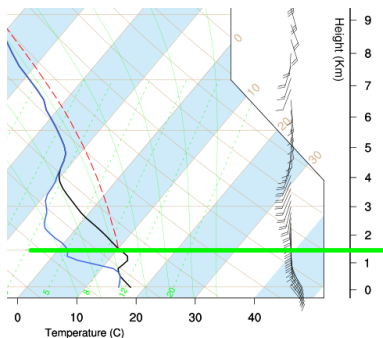
- sempre sopra i 1000 m negli eventi con precipitazioni intense sui rilievi



# Questi parametri evidenziano le diverse cause di innesco della convezione

I valori sono chiaramente dipendenti dalla quota del LFC

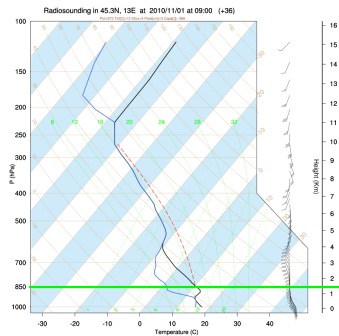
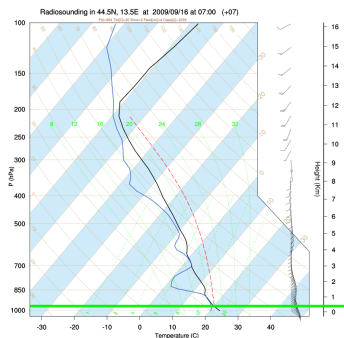
- sempre sopra i 1000 m negli eventi con precipitazioni intense sui rilievi



# Questi parametri evidenziano le diverse cause di innesco della convezione

I valori sono chiaramente dipendenti dalla quota del LFC

- molto basso per gli eventi con convezione stazionaria sulla pianura
- sempre sopra i 1000 m negli eventi con precipitazioni intense sui rilievi



Differenza decisiva per l'innesco della convezione e l'evoluzione successiva!

il differente comportamento del flusso incidente all'interazione con il vento di barriera può essere evidenziato anche da TLIFT

il differente comportamento del flusso incidente all'interazione con il vento di barriera può essere evidenziato anche da TLIFT

Quest'indice (Davolio et al. (2009)) dà informazioni sulla stabilità di particelle che vengono forzate a spostarsi di qualche centinaio di metri verso l'alto

## il differente comportamento del flusso incidente all'interazione con il vento di barriera può essere evidenziato anche da TLIFT

Quest'indice (Davolio et al. (2009)) dà informazioni sulla stabilità di particelle che vengono forzate a spostarsi di qualche centinaio di metri verso l'alto

- Solleviamo adiabaticamente le particelle di un certo livello per  $\sim 500$  m

## il differente comportamento del flusso incidente all'interazione con il vento di barriera può essere evidenziato anche da TLIFT

Quest'indice (Davolio et al. (2009)) dà informazioni sulla stabilità di particelle che vengono forzate a spostarsi di qualche centinaio di metri verso l'alto

- Solleviamo adiabaticamente le particelle di un certo livello per  $\sim 500$  m
- Sottraiamo alla temperatura finale quella dell'ambiente alla quota di arrivo (valori positivi indicano instabilità)

## il differente comportamento del flusso incidente all'interazione con il vento di barriera può essere evidenziato anche da TLIFT

Quest'indice (Davolio et al. (2009)) dà informazioni sulla stabilità di particelle che vengono forzate a spostarsi di qualche centinaio di metri verso l'alto

- Solleviamo adiabaticamente le particelle di un certo livello per  $\sim 500$  m
- Sottraiamo alla temperatura finale quella dell'ambiente alla quota di arrivo (valori positivi indicano instabilità)
- Facendolo per ogni livello possiamo costruire un profilo

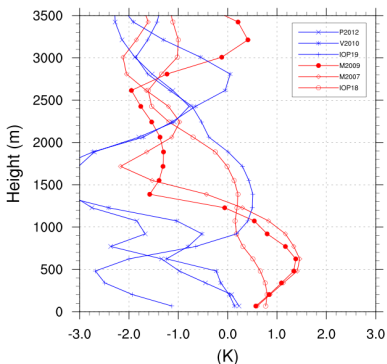


## il differente comportamento del flusso incidente all'interazione con il vento di barriera può essere evidenziato anche da TLIFT

Quest'indice (Davolio et al. (2009)) dà informazioni sulla stabilità di particelle che vengono forzate a spostarsi di qualche centinaio di metri verso l'alto

- Solleviamo adiabaticamente le particelle di un certo livello per  $\sim 500$  m
- Sottraiamo alla temperatura finale quella dell'ambiente alla quota di arrivo (valori positivi indicano instabilità)
- Facendolo per ogni livello possiamo costruire un profilo

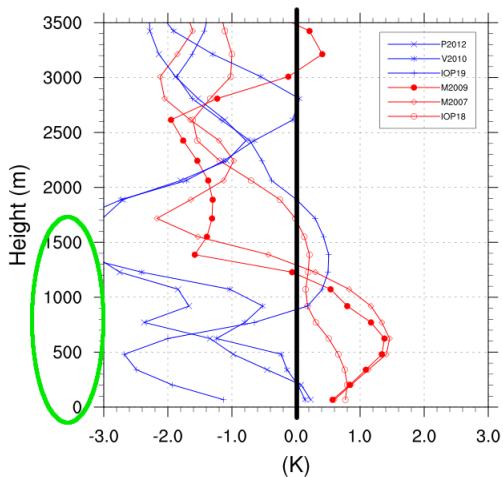
Tv Parcel - Tv Environment (vertical displacement 500m)



# Tlift - Casi con convezione sulla pianura

Valori positivi nei primi 1000-1500 m, massimi attorno a 500 m

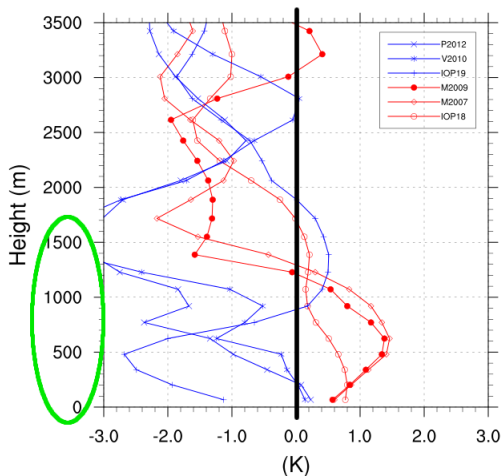
Tv Parcel - Tv Environment (vertical displacement 500m)



# Tlift - Casi con precipitazioni sui rilievi

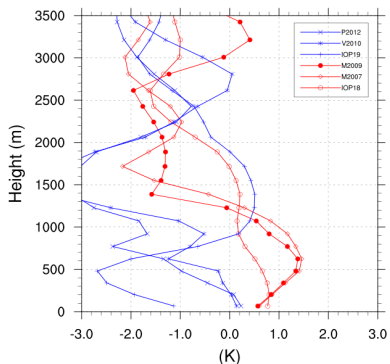
Nei primi 1500 m valori negativi o vicini allo zero

Tv Parcel - Tv Environment (vertical displacement 500m)



## Tlift

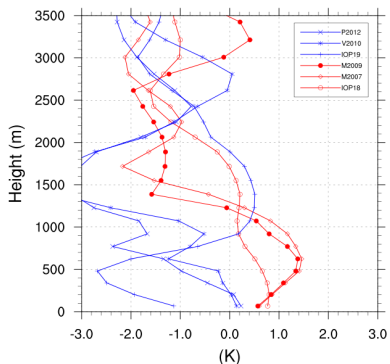
Tv Parcel - Tv Environment (vertical displacement 500m)



Nei casi con convezione sulla pianura:  
le particelle più instabili sono proprio  
quelle che si sollevano sullo strato con  
vento di barriera, attivando la convezione

## Tlift

Tv Parcel - Tv Environment (vertical displacement 500m)



Nei casi con convezione sulla pianura:

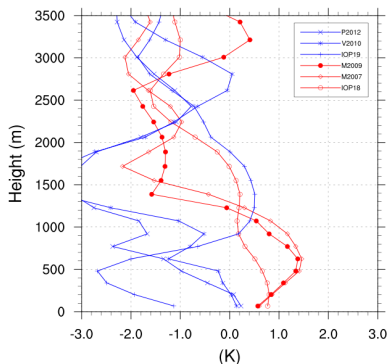
le particelle più instabili sono proprio quelle che si sollevano sullo strato con vento di barriera, attivando la convezione

Nei casi con precipitazioni sui rilievi:

quelle stesse particelle sono stabili e non si innesca la convezione

# Tlift

Tv Parcel - Tv Environment (vertical displacement 500m)



Nei casi con convezione sulla pianura:

le particelle più instabili sono proprio quelle che si sollevano sullo strato con vento di barriera, attivando la convezione

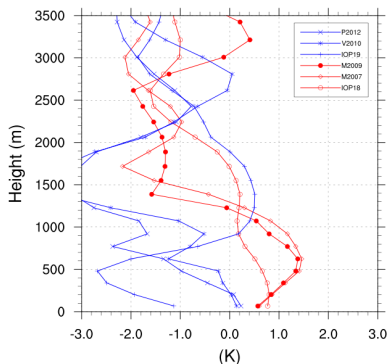
Nei casi con precipitazioni sui rilievi:

quelle stesse particelle sono stabili e non si innesca la convezione

- TLIFT è sicuramente un'indice utile per discriminare i due tipi di evento

## Tlift

Tv Parcel - Tv Environment (vertical displacement 500m)



Nei casi con convezione sulla pianura:

le particelle più instabili sono proprio quelle che si sollevano sullo strato con vento di barriera, attivando la convezione

Nei casi con precipitazioni sui rilievi:

quelle stesse particelle sono stabili e non si innesca la convezione

- TLIFT è sicuramente un'indice utile per discriminare i due tipi di evento
- I valori appartengono a due regimi ben distinguibili, soprattutto guardando i primi 1500 m

$$\text{Froude Number } Fr = \frac{U}{N * h}$$



$$\text{Froude Number } Fr = \frac{U}{N \cdot h}$$

Possiamo usarlo per valutare la tendenza del flusso a superare l'ostacolo dato dal rilievo alpino, anche se i nostri casi sono decisamente tridimensionali, difficili da ricondurre ai numerosi esperimenti idealizzati presenti in letteratura

$$\text{Froude Number } Fr = \frac{U}{N \cdot h}$$

Possiamo usarlo per valutare la tendenza del flusso a superare l'ostacolo dato dal rilievo alpino, anche se i nostri casi sono decisamente tridimensionali, difficili da ricondurre ai numerosi esperimenti idealizzati presenti in letteratura

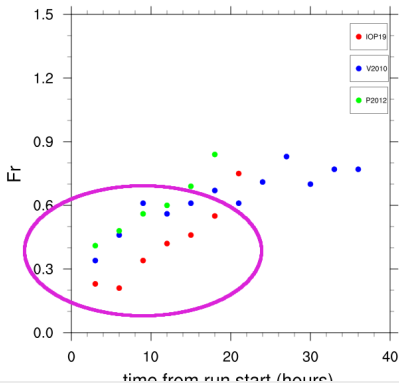
Calcoliamo il  $Fr$  mediando  $U$  e  $N$  su un'area dell'Alto Adriatico e sui primi 3000 m di quota (consideriamo lo strato che interagisce con l'ostacolo alpino)

$$\text{Froude Number } Fr = \frac{U}{N * h}$$

Possiamo usarlo per valutare la tendenza del flusso a superare l'ostacolo dato dal rilievo alpino, anche se i nostri casi sono decisamente tridimensionali, difficili da ricondurre ai numerosi esperimenti idealizzati presenti in letteratura

Calcoliamo il  $Fr$  mediando  $U$  e  $N$  su un'area dell'Alto Adriatico e sui primi 3000 m di quota (consideriamo lo strato che interagisce con l'ostacolo alpino)

Froude Number (layer = 3000 m)



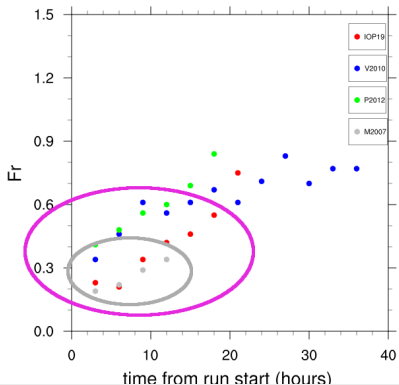
- Eventi con precipitazioni sui rilievi: troviamo valori moderatamente bassi, difficilmente confrontabili con le previsioni teoriche

$$\text{Froude Number } Fr = \frac{U}{N * h}$$

Possiamo usarlo per valutare la tendenza del flusso a superare l'ostacolo dato dal rilievo alpino, anche se i nostri casi sono decisamente tridimensionali, difficili da ricondurre ai numerosi esperimenti idealizzati presenti in letteratura

Calcoliamo il  $Fr$  mediando  $U$  e  $N$  su un'area dell'Alto Adriatico e sui primi 3000 m di quota (consideriamo lo strato che interagisce con l'ostacolo alpino)

Froude Number (layer = 3000 m)



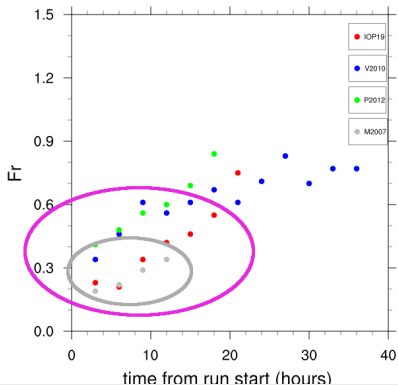
- Eventi con precipitazioni sui rilievi: troviamo valori moderatamente bassi, difficilmente confrontabili con le previsioni teoriche
- Aggiungiamo Marghera 2007: la differenza tra i due tipi di evento non è evidente

$$\text{Froude Number } Fr = \frac{U}{N * h}$$

Possiamo usarlo per valutare la tendenza del flusso a superare l'ostacolo dato dal rilievo alpino, anche se i nostri casi sono decisamente tridimensionali, difficili da ricondurre ai numerosi esperimenti idealizzati presenti in letteratura

Calcoliamo il  $Fr$  mediando  $U$  e  $N$  su un'area dell'Alto Adriatico e sui primi 3000 m di quota (consideriamo lo strato che interagisce con l'ostacolo alpino)

Froude Number (layer = 3000 m)



- Eventi con precipitazioni sui rilievi: troviamo valori moderatamente bassi, difficilmente confrontabili con le previsioni teoriche
- Aggiungiamo Marghera 2007: la differenza tra i due tipi di evento non è evidente
- $Fr$  non riesce ad evidenziare chiaramente la transizione tra i due tipi di interazione

# Froude Number

Consideriamo invece solo i primi 800 m di quota, dove si ha vento più intenso e un afflusso di aria meno stabile

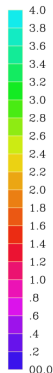
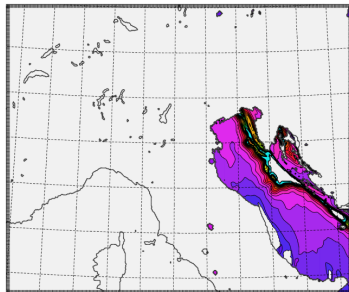
# Froude Number

Consideriamo invece solo i primi 800 m di quota, dove si ha vento più intenso e un afflusso di aria meno stabile

- Nell'Adriatico orientale è presente frequentemente una fascia con  $Fr$  più alto, con valori mediamente molto maggiori di 1

## FROUDE NUMBER

INITIAL DATE 10/11/2012 1500 UTC  
FORECAST HH MM +08 00 VALID AT 10/11/2012 2300 UTC  
INTERVAL 0.200



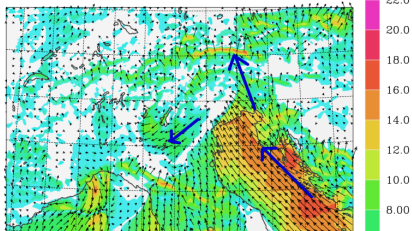
# Froude Number

Consideriamo invece solo i primi 800 m di quota, dove si ha vento più intenso e un afflusso di aria meno stabile

- In effetti il vento di barriera viene eroso prima ad Est

WIND AT 10 M

INITIAL DATE 10/11/2012 1500 UTC  
FORECAST HH MM +10 00 VALID AT 11/11/2012 0100 UTC  
INTERVAL 2.00





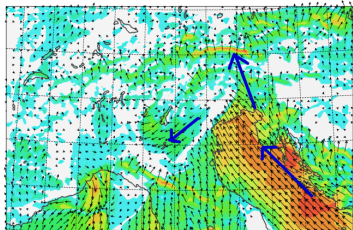
# Froude Number

Consideriamo invece solo i primi 800 m di quota, dove si ha vento più intenso e un afflusso di aria meno stabile

- In effetti il vento di barriera viene eroso prima ad Est

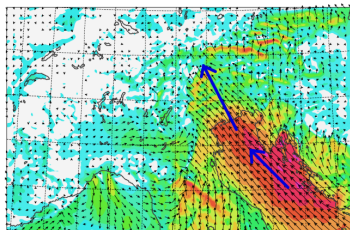
## WIND AT 10 M

INITIAL DATE 10/11/2012 1500 UTC  
FORECAST HH MM +10 00 VALID AT 11/11/2012 0100 UTC  
INTERVAL 2.00



## WIND AT 10 M

INITIAL DATE 10/11/2012 1500 UTC  
FORECAST HH MM +18 00 VALID AT 11/11/2012 0900 UTC  
INTERVAL 2.00



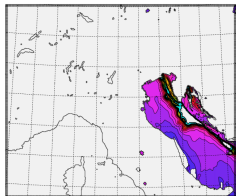
# Froude Number

Consideriamo invece solo i primi 800 m di quota, dove si ha vento più intenso e un afflusso di aria meno stabile

- Nell'Adriatico orientale è presente frequentemente una fascia con  $Fr$  più alto, con valori mediamente molto maggiori di 1
- In effetti il vento di barriera viene eroso prima ad Est
- $Fr$  in questo caso sembra essere legato, almeno localmente, alla capacità del flusso incidente di sollevarsi oltre il rilievo alpino

## FROUDE NUMBER

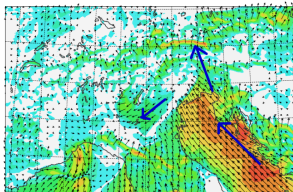
INITIAL DATE 10/11/2012 1500 UTC  
FORECAST HH MM +08 00 VALID AT 10/11/2012 2300 UTC  
INTERVAL 0.250



MOGICH, IRAC-CNR, BOLOGNA

## WIND AT 10 M

INITIAL DATE 10/11/2012 1500 UTC  
FORECAST HH MM +10 00 VALID AT 11/11/2012 0100 UTC  
INTERVAL 2.00



# Conclusioni e prospettive

# Conclusioni e prospettive

## Conclusioni

- notevole complessità degli eventi reali

# Conclusioni e prospettive

## Conclusioni

- notevole complessità degli eventi reali
- differenze tra i flussi che portano ai due tipi di comportamenti

# Conclusioni e prospettive

## Conclusioni

- notevole complessità degli eventi reali
- differenze tra i flussi che portano ai due tipi di comportamenti
- parametri chiave per l'innesco della convezione ( $h/LFC$ , TLIFT)

# Conclusioni e prospettive

## Conclusioni

- notevole complessità degli eventi reali
- differenze tra i flussi che portano ai due tipi di comportamenti
- parametri chiave per l'innesco della convezione ( $h/LFC$ , TLIFT)
- parametri chiave per quanto riguarda le proprietà dinamiche del flusso ( $Fr$ )

# Conclusioni e prospettive

## Conclusioni

- notevole complessità degli eventi reali
- differenze tra i flussi che portano ai due tipi di comportamenti
- parametri chiave per l'innesco della convezione ( $h/LFC$ , TLIFT)
- parametri chiave per quanto riguarda le proprietà dinamiche del flusso ( $Fr$ )

## Prospettive



# Conclusioni e prospettive

## Conclusioni

- notevole complessità degli eventi reali
- differenze tra i flussi che portano ai due tipi di comportamenti
- parametri chiave per l'innesco della convezione ( $h/LFC$ , TLIFT)
- parametri chiave per quanto riguarda le proprietà dinamiche del flusso ( $Fr$ )

## Prospettive

- simulazioni dedicate con esperimenti di sensitivity (1 per ogni tipo)

# Conclusioni e prospettive

## Conclusioni

- notevole complessità degli eventi reali
- differenze tra i flussi che portano ai due tipi di comportamenti
- parametri chiave per l'innesco della convezione ( $h/LFC$ , TLIFT)
- parametri chiave per quanto riguarda le proprietà dinamiche del flusso ( $Fr$ )

## Prospettive

- simulazioni dedicate con esperimenti di sensitivity (1 per ogni tipo)
- ruolo del flusso di vapore

# Conclusioni e prospettive

## Conclusioni

- notevole complessità degli eventi reali
- differenze tra i flussi che portano ai due tipi di comportamenti
- parametri chiave per l'innesco della convezione ( $h/LFC$ , TLIFT)
- parametri chiave per quanto riguarda le proprietà dinamiche del flusso ( $Fr$ )

## Prospettive

- simulazioni dedicate con esperimenti di sensitivity (1 per ogni tipo)
- ruolo del flusso di vapore
- moist Froude Number con condensazione

# Conclusioni e prospettive

## Conclusioni

- notevole complessità degli eventi reali
- differenze tra i flussi che portano ai due tipi di comportamenti
- parametri chiave per l'innesco della convezione ( $h/LFC$ , TLIFT)
- parametri chiave per quanto riguarda le proprietà dinamiche del flusso ( $Fr$ )

## Prospettive

- simulazioni dedicate con esperimenti di sensitivity (1 per ogni tipo)
- ruolo del flusso di vapore
- moist Froude Number con condensazione
- studi dettagliati sul vento di barriera (a livello dinamico e termico)

# Conclusioni e prospettive

## Conclusioni

- notevole complessità degli eventi reali
- differenze tra i flussi che portano ai due tipi di comportamenti
- parametri chiave per l'innesco della convezione ( $h/LFC$ , TLIFT)
- parametri chiave per quanto riguarda le proprietà dinamiche del flusso ( $Fr$ )

## Prospettive

- simulazioni dedicate con esperimenti di sensitivity (1 per ogni tipo)
- ruolo del flusso di vapore
- moist Froude Number con condensazione
- studi dettagliati sul vento di barriera (a livello dinamico e termico)

I risultati ottenuti forniscono un contributo originale nell'ambito delle analisi atte a caratterizzare in maniera sempre migliore l'interazione tra flussi e orografia. Molti di questi spunti potranno inoltre essere approfonditi da lavori sviluppati all'interno del programma HyMeX