



ANALISI METEOROLOGICA ED IDROLOGICA

◆PREMESSA

Nelle giornate tra Venerdì 13 Ottobre e Domenica 15 Ottobre 2000 intense precipitazioni hanno interessato la gran parte della Regione Piemonte, apportando allagamenti, frane, smottamenti ed ingenti danni alle infrastrutture.

L'area di maggior intensità dell'evento comprende i settori occidentali e settentrionali dall'alto Po al Ticino.

In particolare i bacini più colpiti sono stati:

- Toce (in particolare gli affluenti di destra nella media Valle Ossola Diveria, Bogna, Ovesca ed il fondovalle);
- Sesia;
- Dora Baltea in particolare gli affluenti di destra della Dora Baltea nell'area dal Gran Paradiso in territorio della Valle d'Aosta dalla Val di Rhêmes a Champorcher;
- Orco;
- Stura di Lanzo;
- Dora Riparia (in particolare la media e bassa Valle Chisone);
- Pellice;
- Alto Po.

Su tali aree si è registrata una precipitazione media areale dell'ordine di 400 mm in 60 ore con punte diffuse nelle zone sopra citate di oltre 600 mm.

Con minore intensità (arealmente dell'ordine di 150 - 160 mm), l'evento ha interessato i bacini meridionali dell'Alto Tanaro e della Bormida.



◆ 1.1 INTRODUZIONE

Le intense precipitazioni che hanno interessato il Piemonte occidentale e settentrionale tra Venerdì 13 e Lunedì 16 Ottobre 2000 con valori di assoluta eccezionalità (precipitazioni medie areali dell'ordine di 400 mm in 60 ore, con punte diffuse superiori ai 600 mm), rappresentano il risultato della manifestazione sulla nostra regione delle situazioni meteorologiche più tipicamente sfavorevoli in una tragica combinazione negativa: il presentarsi di una configurazione della circolazione atmosferica a grande scala tipica di precipitazioni diffuse, intense e persistenti, il forte apporto di umidità nell'atmosfera legato alle condizioni tipiche stagionali, le correnti meridionali nei bassi strati che hanno determinato il carattere piovoso della precipitazioni sino alle quote più elevate, la presenza di strutture convettive isolate, il sollevamento orografico che distribuisce ed intensifica le piogge sui settori alpini e prealpini.

La possibilità di prevedere la formazione di tali condizioni in anticipo, nella loro generalità, ed in corso di evento nell'evoluzione a scala locale alle scadenze più ravvicinate, ha permesso di fornire un pre-allertamento delle strutture di prevenzione e Protezione Civile, nonché la successiva informazione necessaria alla gestione dell'evento coordinando in funzione della progressione del fenomeno gli interventi più adeguati. Nei capitoli successivi si riporta l'analisi meteorologica, pluviometrica ed idrologica dell'evento, sulla base dei dati acquisiti ed elaborati dal Settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio, si evidenziano le caratteristiche di peculiarità e d'eccezionalità, sulla base dei confronti con gli eventi del passato, e si descrive, l'attività operativa di previsione e monitoraggio (anche comparativamente) svolta presso la Sala Situazione Rischi Naturali.

Inoltre sono esposti i processi e gli effetti causati dall'evento entro il territorio colpito. I fenomeni più ricorrenti e distruttivi sono legati alle dinamiche fluviali e torrentizie che hanno provocato ingenti danni alla viabilità, agli edifici e ai terreni agricoli. In alcuni casi, le acque defluite hanno interessato totalmente la sezione compresa tra i fianchi vallivi, ad esempio lungo il Torrente Orco, a monte dell'abitato di Cuorgnè. Molti degli attraversamenti che uniscono le sponde sono stati completamente abbattuti dalla violenza della piena.

In genere quasi tutti i corsi d'acqua hanno interessato spazi e sezioni che, per cause antropiche o naturali, erano stati limitati o ristretti, riconfermando in più punti gli effetti provocati dai recenti eventi alluvionali del Settembre 1993 e del Novembre 1994.

I fenomeni franosi a carico della coltre superficiale sono stati a scarsa diffusione areale e, comunque, poco numerosi; tale elemento deve essere messo in relazione con le intensità orarie delle precipitazioni, che non hanno superato, in generale, le soglie necessarie per l'innesco.

Per contro, le precipitazioni cumulate hanno causato la mobilitazione di alcuni movimenti franosi più profondi (ad esempio il versante sinistro della Valle Anzasca in prossimità dell'abitato di Ceppo Morelli) determinando situazioni di rischio per la pubblica incolumità.

◆ 1.2 ANALISI METEOROLOGICA

Daniele Gandini (*), Massimo Muraro (**), Giovanni Paesano (*), Renata Pelosini (*)
(*) CSI – Piemonte
(**) Collaboratore esterno CSI-Piemonte

Si riporta nel seguito l'analisi della situazione meteorologica che ha determinato le precipitazioni intense del periodo 13-16 Ottobre 2000.

Per comprendere in modo esauriente la dinamica dell'evento ed i fattori che hanno determinato l'intensità dei fenomeni, occorre analizzare la configurazione meteorologica a partire da alcuni giorni antecedenti l'evento, ed in particolare da Mercoledì 11 Ottobre 2000.

Mercoledì 11 Ottobre

L'evento ha origine da una profonda circolazione ciclonica centrata sulle Isole Britanniche con minimo al suolo di 964 hPa alle ore

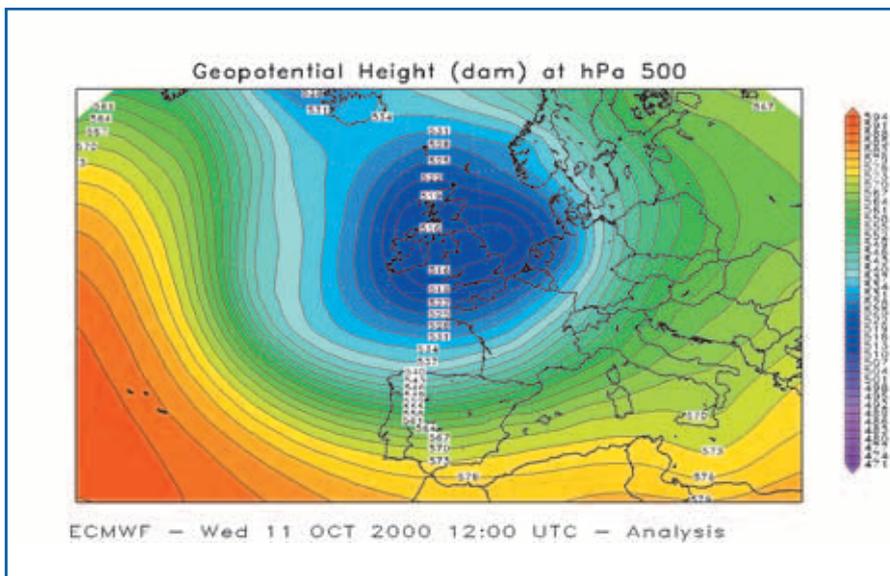


Figura 1.1 ◆
Altezza di geopotenziale a 500 hPa,
11 Ottobre 2000 ore 12 UTC.

12 UTC di Mercoledì 11. La struttura depressionaria, presente a tutte le quote, risulta molto estesa in latitudine ed arriva ad interessare direttamente anche il nordovest italiano con correnti sudoccidentali di aria umida ed instabile (**Figura 1.1** ◆).

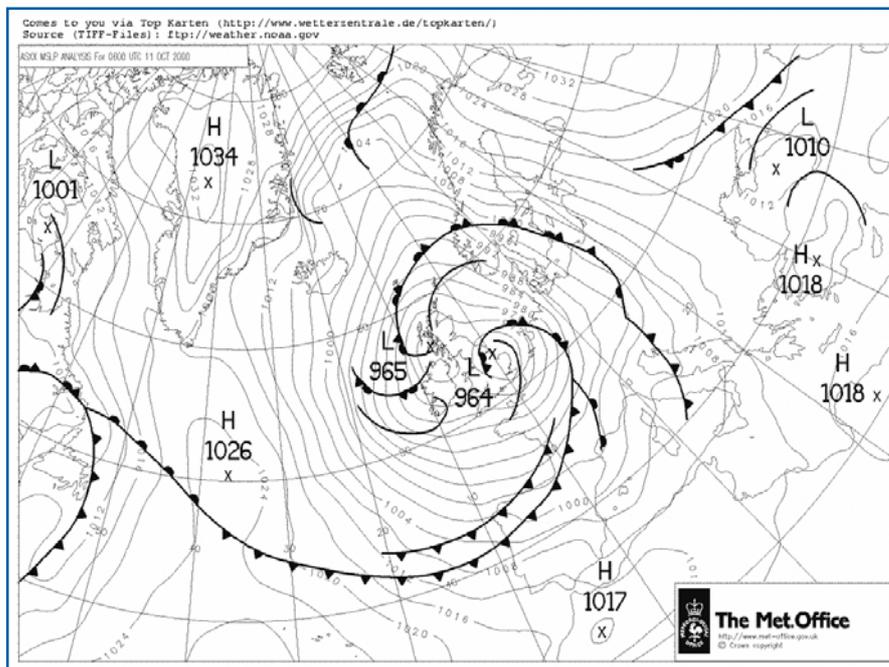
Nel corso della giornata di Mercoledì, il sistema frontale associato alla depressione si approssima all'arco alpino italiano apportando nuvolosità diffusa su tutta la regione con precipitazioni sulle zone montane e pedemontane e rovesci temporaleschi sui rilievi di confine con la Liguria (**Figura 1.2** ◆)

Giovedì 12 Ottobre

Giovedì 12, la circolazione ciclonica si mantiene sulle Isole Britanniche; le forti correnti fredde settentrionali presenti sul bordo occidentale della depressione spirano dal Nord Atlantico verso la Penisola Iberica (**Figura 1.3** ◆). Questa discesa delle cor-

Figura 1.2 ◆

Analisi dei fronti e della pressione al suolo elaborata dal Meteorological Office di Bracknell (UK).

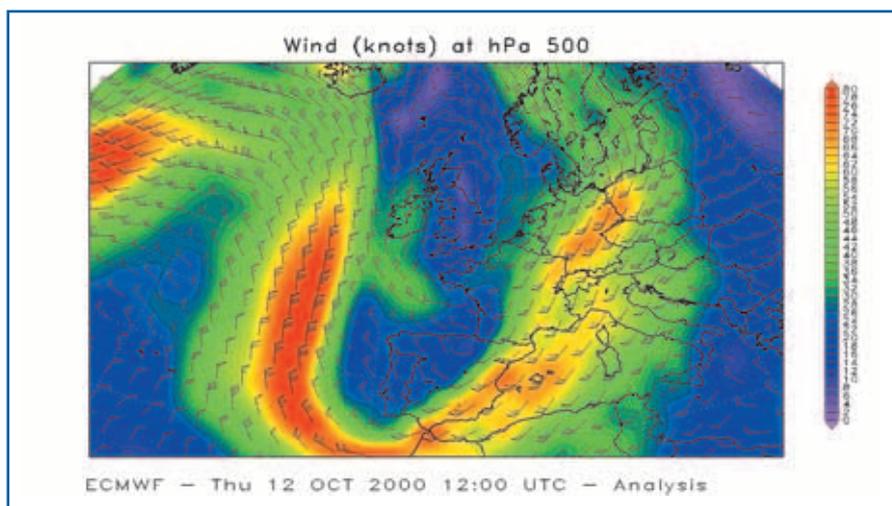


renti a getto a basse latitudini induce la formazione di un'area di bassa pressione al suolo in corrispondenza del ramo ascendente dell'ondulazione del getto.

La discesa di aria fredda determina un marcato calo dei valori di pressione su Spagna, Portogallo e bacino occidentale del Mediterraneo.

Figura 1.3 ◆

Vento a 500 hPa, 12 Ottobre 2000
ore 12 UTC.



Sulle regioni nordoccidentali italiane il flusso tende a disporsi da sud-sudovest aumentando l'apporto di umidità sull'intera colonna di atmosfera, come confermato dai radiosondaggi termodinamici, mentre sull'Europa orientale si sviluppa un promontorio che, agendo da blocco all'evoluzione verso est della depressione, contribuisce ad intensificare il flusso sull'Italia nordoccidentale forzandolo a ruotare progressivamente da sudest. La presenza del promontorio determina una persistenza della struttura depressionaria sull'Europa occidentale ed una stazionarietà del sistema frontale (**Figura 1.4** ◆)

Sulla nostra regione il cielo si presenta molto nuvoloso o coperto; le pre-

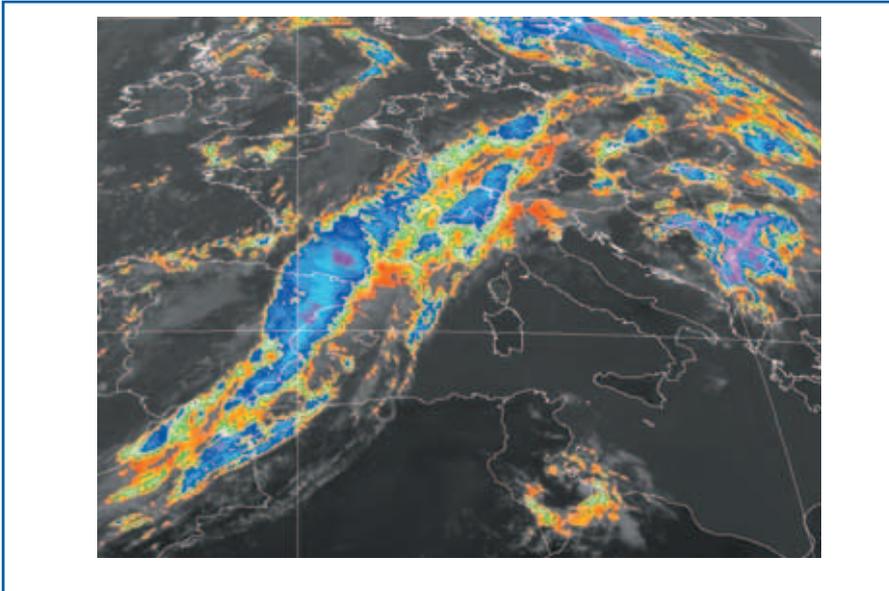


Figura 1.4 ♦
Immagine Meteosat all'infrarosso alle ore 12:30 UTC del 12 Ottobre 2000

precipitazioni, inizialmente sui rilievi, si estendono nel pomeriggio alle zone pianeggianti, con valori arealmente deboli o al più moderati. Nella seconda metà della giornata si verificano rovesci di forte intensità sui rilievi al confine con la Liguria innescati dal sollevamento orografico delle masse d'aria e favoriti dalla convergenza nei bassi strati (**Figura 1.5** ♦).

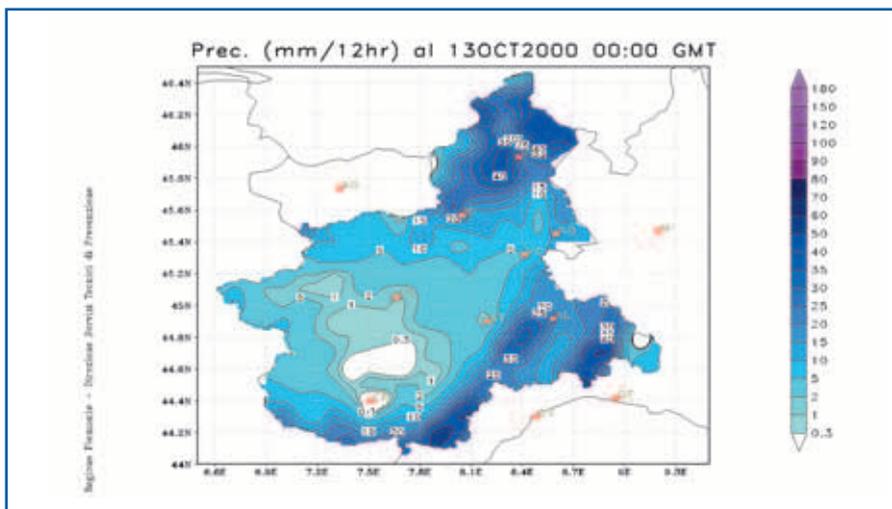


Figura 1.5 ♦
Precipitazione cumulata in 12 ore dalle 12 UTC del 12 Ottobre alle 00 UTC del 13 Ottobre 2000.

Venerdì 13 Ottobre

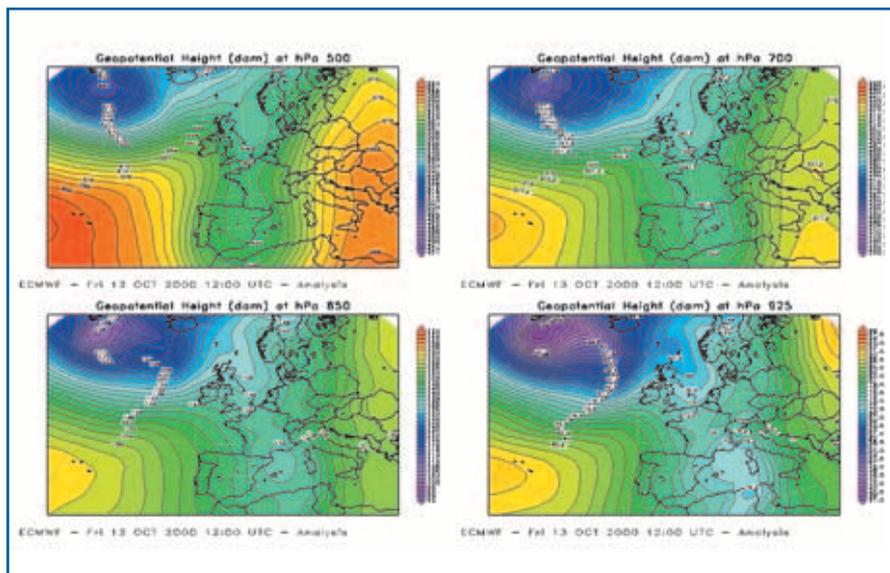
L'anticiclone sull'Europa orientale si espande ulteriormente verso Nord mentre permane la saccatura sulla Penisola Iberica: questo determina un forte gradiente orizzontale dei valori di altezza di geopotenziale in direzione est-ovest sull'Italia nordoccidentale, che viene interessata da forti correnti calde ed umide meridionali.

E' importante sottolineare il carattere marcatamente baroclinico della struttura depressionaria e la sua notevole estensione verticale fino alla tropopausa (**Figura 1.6** ♦).

La baroclinicità del sistema determina uno shear del vento: ai livelli 500 e 700 hPa il flusso proviene dall'Africa settentrionale mentre nei bassi strati prevale la componente orientale con fenomeni di convergenza in

Figura 1.6 ◆

Altezza di geopotenziale a 500, 700, 850 e 925 hPa alle ore 12 UTC del 13 Ottobre 2000.

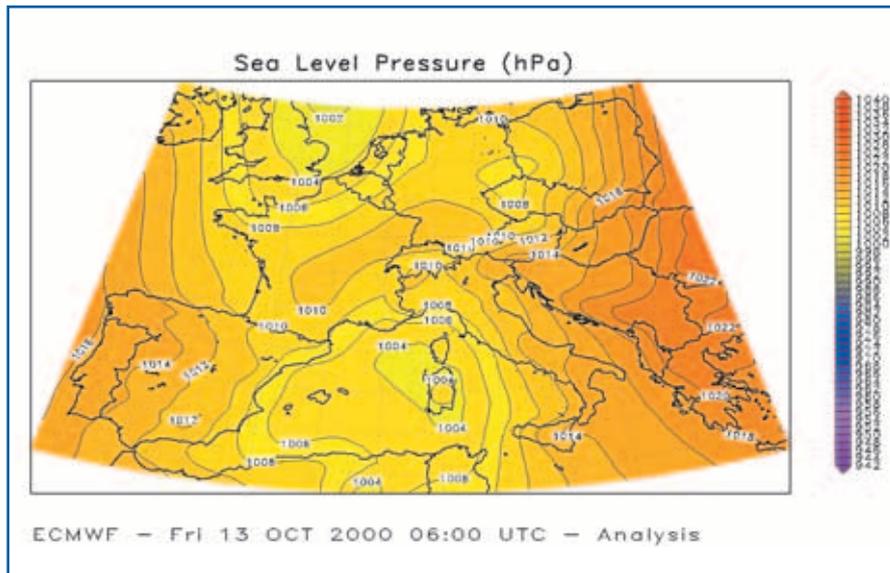


tutto il bacino padano occidentale, più marcati nella seconda parte della giornata.

L'analisi della pressione al livello del mare mostra la presenza, per tutta la giornata, di un minimo che, sebbene non particolarmente profondo con un moderato gradiente barico, si estende a tutto il Mediterraneo occidentale. Una struttura al suolo così ampia, su un bacino marino ancora relativamente caldo (la temperatura superficiale del mare misu-

Figura 1.7 ◆

Pressione al livello del mare, ore 6 UTC del 13 Ottobre 2000.



rata varia dai 19 °C del Mar Ligure ai 23-24 °C nelle zone al largo delle coste nordafricane), contribuisce in modo determinante all'umidificazione dell'atmosfera, portando grandi quantitativi di vapore acqueo fin negli strati più alti (Figura 1.7 ◆).

La direzione meridionale del flusso si mantiene costante per tutto il giorno; il sistema frontale arretra leggermente verso ovest in maniera sufficiente da riportare il territorio piemontese nella sfera d'influenza del settore caldo (Figura 1.8 ◆). Si verifica un rialzo dello zero termico da 2900 a 3400 metri sul Piemonte settentrionale ed una precipitazione mista a sabbia.

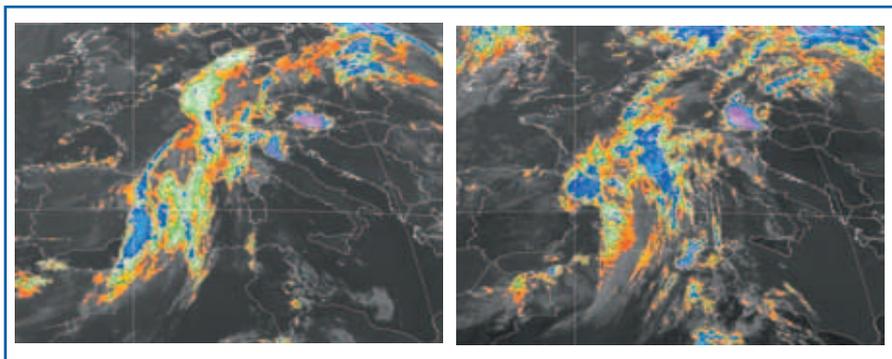


Figura 1.8 ♦
Immagine Meteosat all'infrarosso alle ore 01:00 e 12:30 UTC del 13 Ottobre 2000.

Il radiosondaggio di Milano Linate delle ore 00 UTC mostra un'atmosfera molto umida: i valori dell'umidità relativa sono superiori al 75% fino a 8000 metri ed si rileva un intenso flusso da sudovest a tutte le quote con una rotazione da est negli strati prossimi al suolo (**Figura 1.9** ♦).

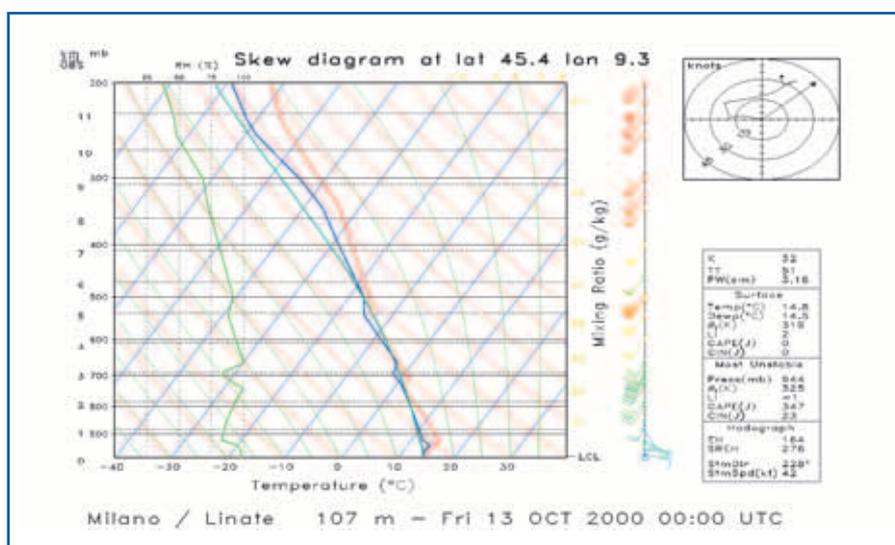


Figura 1.9 ♦
Radiosondaggio registrato a Milano Linate il 13 Ottobre 2000 ore 00 UTC.

Le precipitazioni si intensificano sul settore settentrionale a causa del contributo del sollevamento orografico del flusso meridionale perpendicolare alla catena alpina; si individuano due massimi lateralmente alla Val d'Ossola nella precipitazione cumulata su 12 ore dalle 00 alle 12

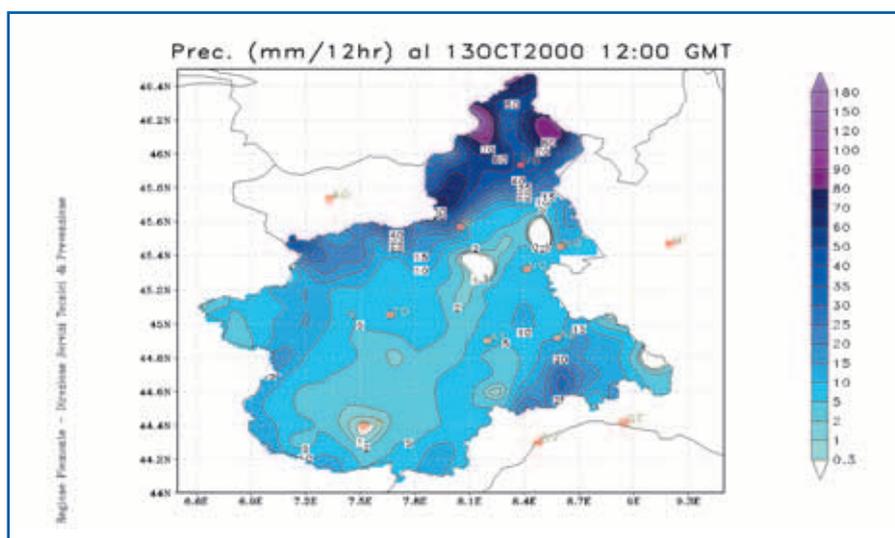


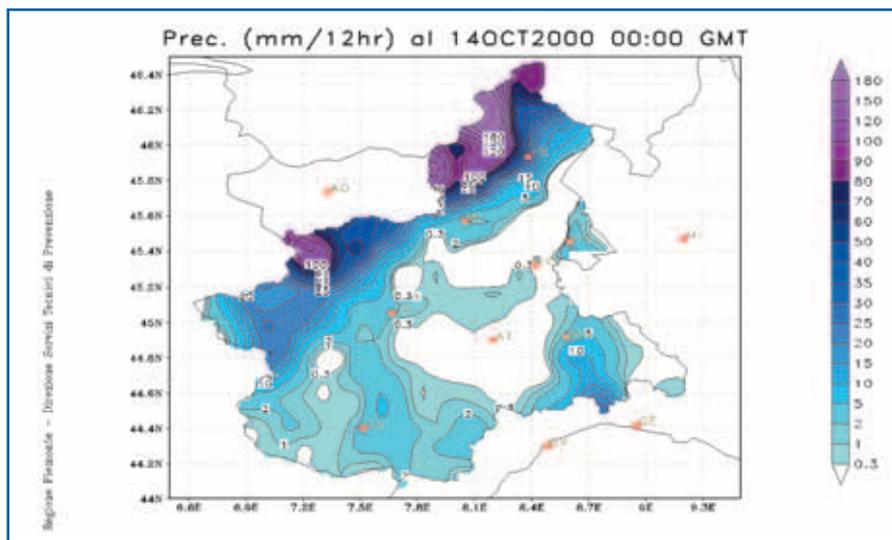
Figura 1.10 ♦
Precipitazione cumulata in 12 ore dalle 00 alle 12 UTC del 13 Ottobre 2000.

Figura 1.11 ◆

Precipitazione cumulata in 12 ore dalle
12 UTC del 13 Ottobre 2000 alle 00 UTC
del 14 Ottobre 2000.

UTC (Figura 1.10 ◆).

Nelle ore successive la precipitazione aumenta sul versante occidentale della Val d'Ossola e sulle Valli Orco e Stura di Lanzo in quanto le cor-



renti tendono a disporsi da sudest a livelli sempre più alti: i radiosondaggi di Milano Linate del 13 Ottobre ore 12 UTC e del 14 Ottobre ore 00 UTC mostrano che lo strato con un forte flusso da sudest gradualmente si innalza fino a 850 e poi a 700 hPa (Figura 1.11 ◆).

Figura 1.12 ◆

Altezza di geopotenziale a 500, 700, 850
e 925 hPa alle 12 UTC del 14 Ottobre.

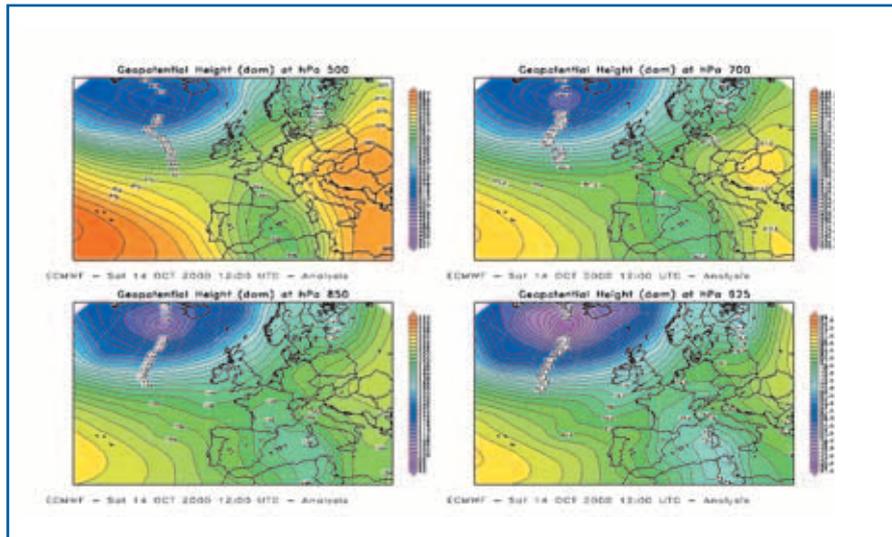
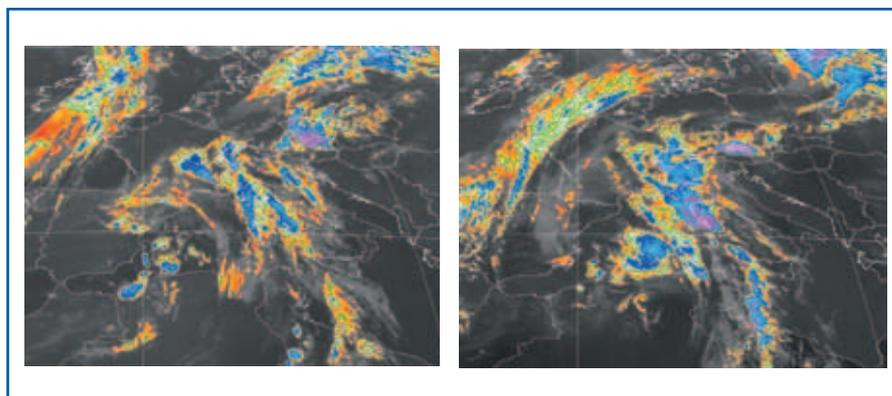


Figura 1.13 ◆

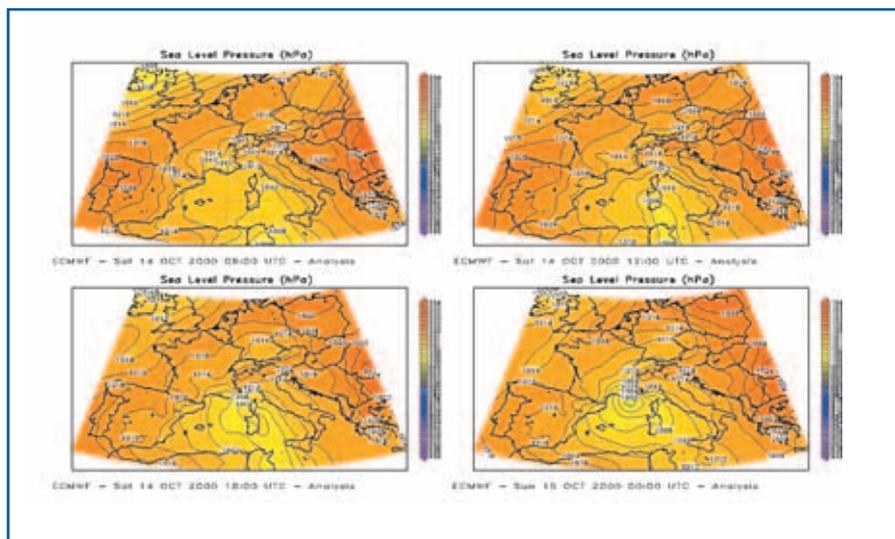
Immagine Meteosat all'infrarosso alle ore
01:00 e 12:30 UTC del 14 Ottobre 2000.



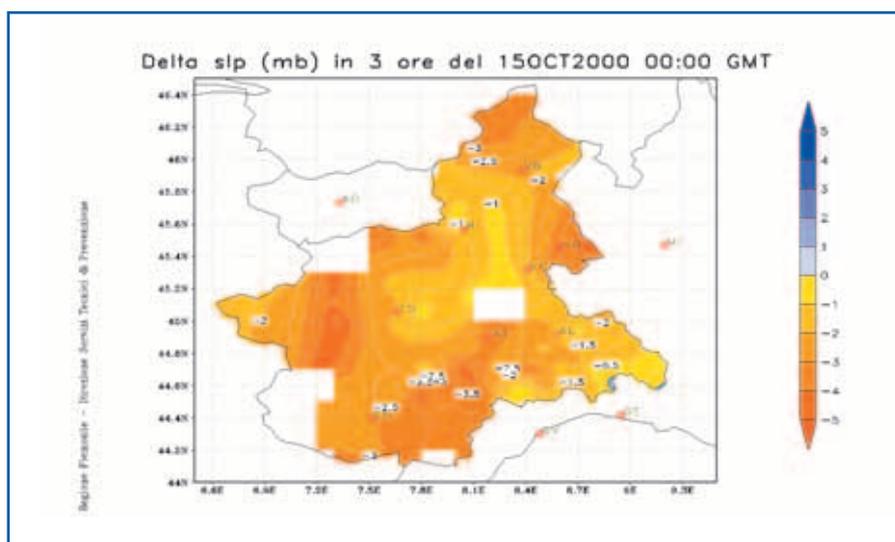
Sabato 14 Ottobre

Dalla saccatura si isola una circolazione depressionaria chiusa presente a tutte le quote che permane per tutta la giornata sul Mediterraneo occidentale. La struttura è ancora baroclina e il sistema frontale si mantiene pressoché stazionario (**Figura 1.12** ♦ e **Figura 1.13** ♦)

Il minimo al suolo evidenziato il giorno precedente si colma ma, a causa di una forte avezione di vorticità ciclonica associata al cut-



off in quota, un nuovo minimo si forma sulla Tunisia e tende a portarsi verso nord nel corso della giornata. Nel transito sul Mediterraneo verso il Golfo del Leone il minimo si approfondisce grazie all'apporto del



calore latente che favorisce i fenomeni convettivi. Nella notte tra Sabato e Domenica il minimo si posiziona al largo delle coste mediterranee francesi (dove si registra una diminuzione di pressione di 10 hPa in 12 ore) raggiungendo il suo valore più basso, 1002 hPa (**Figura 1.14** ♦).

I valori di pressione registrati dai barometri della rete della Regione Piemonte indicano un calo barico su tutto il territorio, in particolare nelle ultime 3 ore della giornata (**Figura 1.15** ♦).

Figura 1.14 ♦

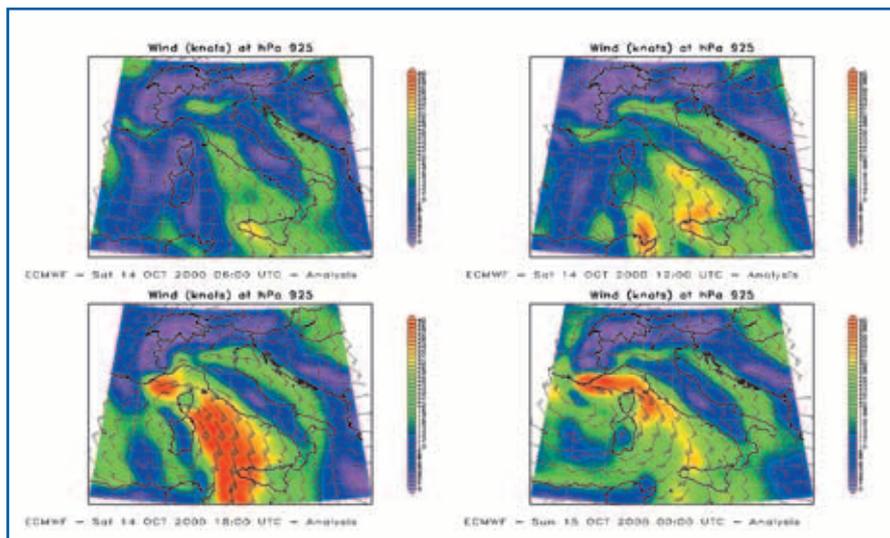
Evoluzione dell'andamento della pressione al livello del mare ogni 6 ore, dalle 6 UTC del 14 Ottobre alle 00 UTC del 15 Ottobre.

Figura 1.15 ♦

Variatione della pressione registrata dalla stazione tra le 21 UTC del 14 Ottobre e le 00 UTC del 15 Ottobre.

Figura 1.16 ◆

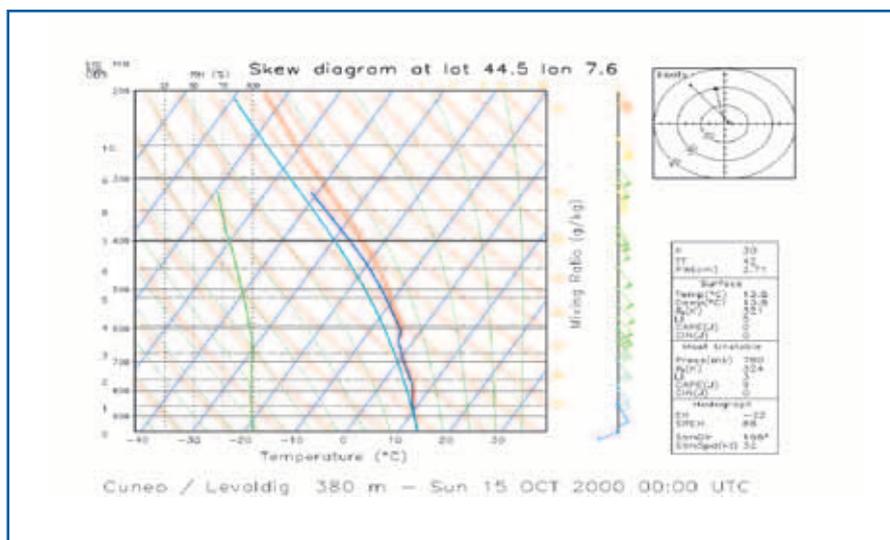
Evoluzione dell'andamento del vento a 925 hPa ogni 6 ore, dalle 6 UTC del 14 Ottobre alle 00 UTC del 15 Ottobre.



La posizione del minimo determina un forte gradiente barico tra Val Padana occidentale e Costa Azzurra. Di conseguenza l'Italia nordoccidentale è interessata da forti correnti orientali nei bassi strati, che convogliano umidità anche dal Mare Adriatico verso il Piemonte

Figura 1.17 ◆

Radiosondaggio registrato a Cuneo Levaldigi il 15 Ottobre alle 00 UTC.



(Figura 1.16 ◆). Il radiosondaggio di Cuneo Levaldigi delle ore 00 UTC del 15 Ottobre mostra uno strato compreso tra il suolo ed i 3500 metri di quota avente valori dell'umidità relativa prossimi alla saturazione (100%) e maggiori del 75% da 3500 metri a 8000 metri (Figura 1.17 ◆). Le precipitazioni sono diffuse su tutta la regione; le zone dove si verificano le maggiori intensità rimangono i versanti orientali della Val d'Ossola e le valli Sesia, Orco e Stura di Lanzo. Dalla Figura 1.18 ◆, nella quale sono rappresentate le precipitazioni cumulate nelle prime 12 ore della giornata si osserva un incremento nella zona dei bacini di Dora Riparia e Pellice, coerente con l'aumento della componente da est del flusso. Questo è evidente soprattutto nella seconda metà della giornata quando le precipitazioni si intensificano su tutto il settore occidentale interessando anche l'alta valle del Po. Una temporanea attenuazione invece si registra sul settore settentrionale (Figura 1.19 ◆).

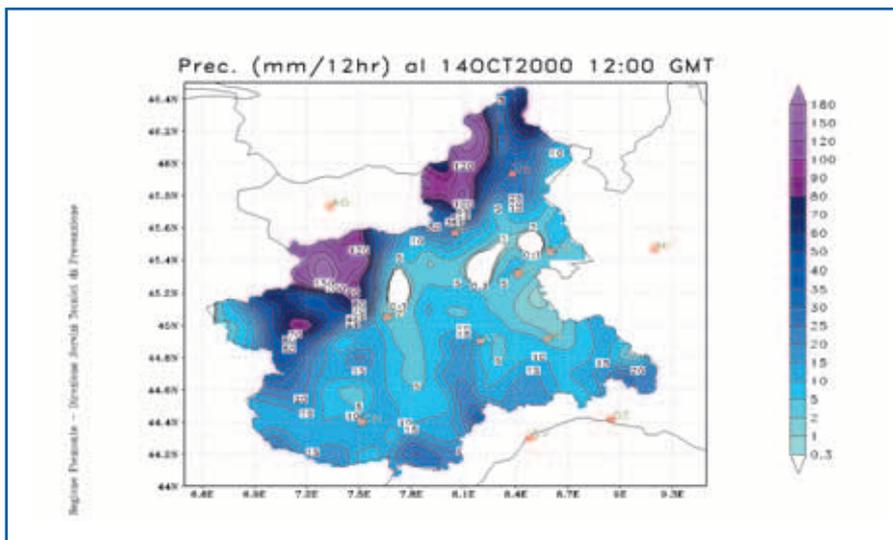


Figura 1.18 ◆
Precipitazione cumulata in 12 ore tra le 00 e le 12 UTC del 15 Ottobre.

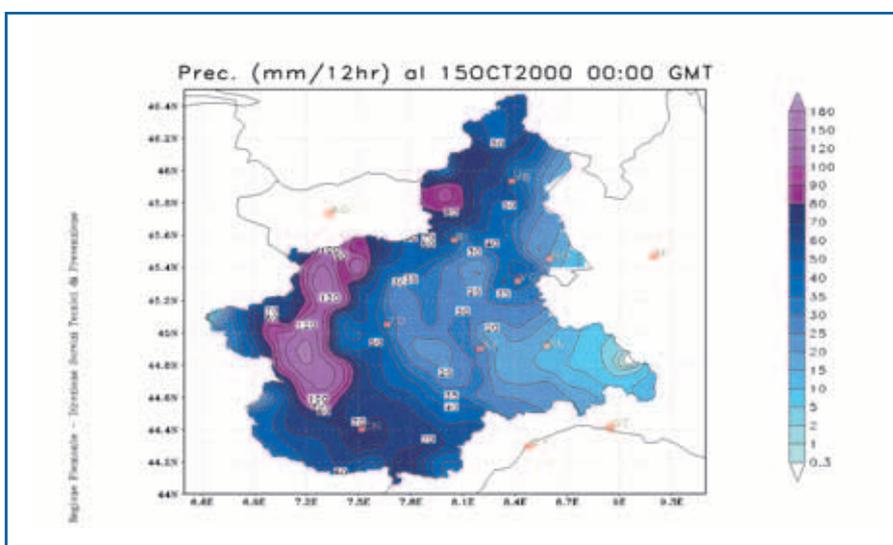
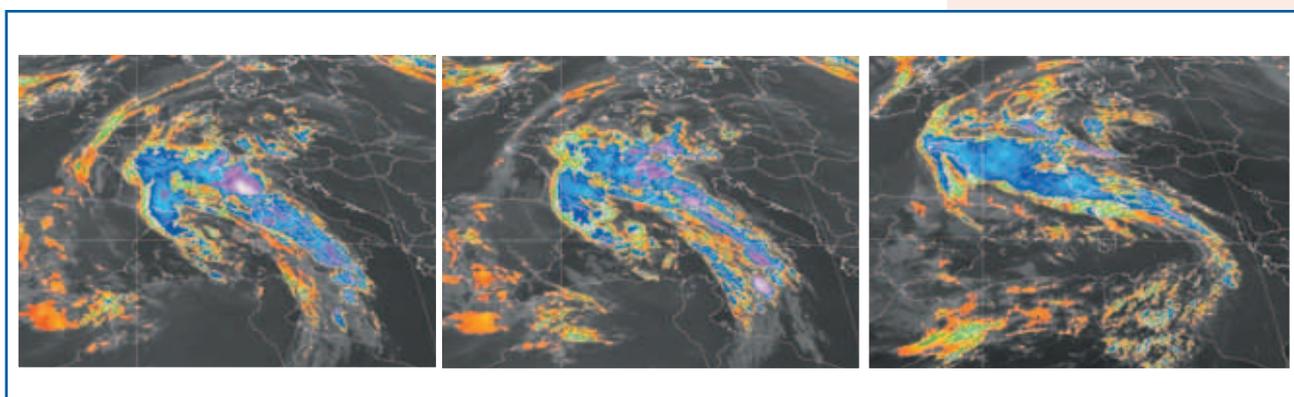


Figura 1.19 ◆
Precipitazione cumulata in 12 ore tra le 12 UTC del 15 Ottobre e le 00 UTC del 16 Ottobre.

Domenica 15 Ottobre

La circolazione depressionaria chiusa si porta gradualmente verso nord con centro in prossimità dei Pirenei a tutte le quote (**Figura 1.20** ◆)
Il sistema assume una struttura pressoché barotropica ma si approfonda

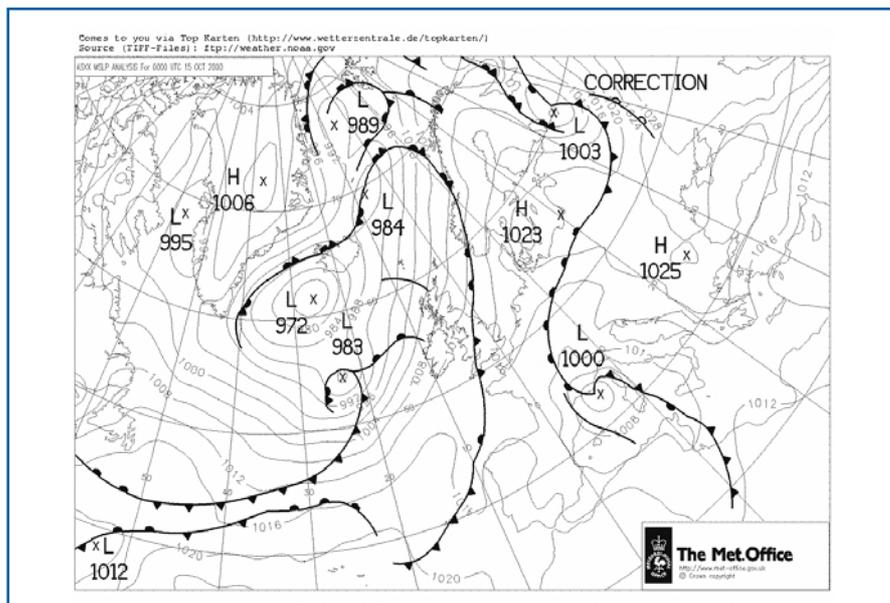
Figura 1.20 ◆
Immagine meteosat all'infrarosso del 15 Ottobre 2000.



disce nuovamente durante il passaggio sul Mediterraneo. Lo spostamento verso nord della depressione consente alla parte fredda del sistema frontale di interessare l'Italia nordoccidentale, a partire dal set-

Figura 1.21 ◆

Analisi dei fronti e della pressione al livello del mare alle ore 00 UTC del 15 Ottobre elaborata dal Meteorological Office di Bracknell (UK)



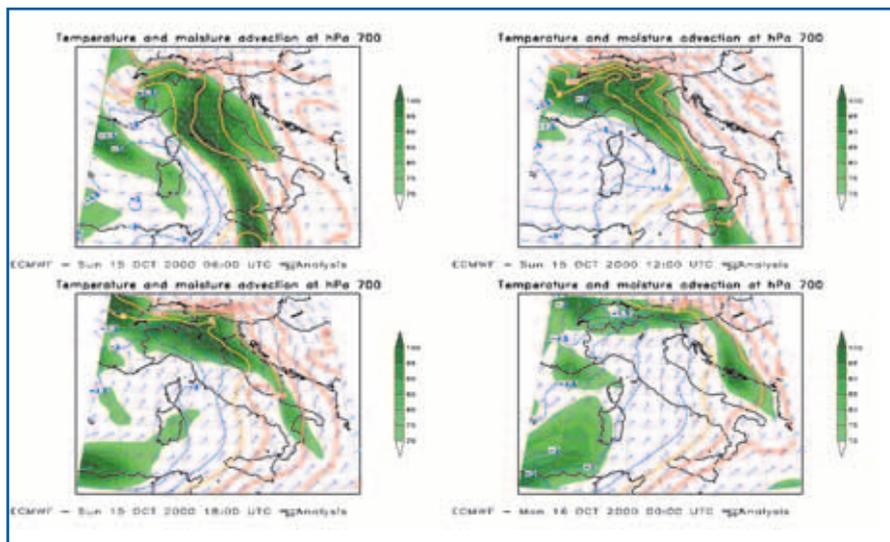
tore meridionale (Figura 1.21 ◆).

In particolare sul Piemonte si ha una diminuzione di temperatura, a 700 hPa di 3/4 °C in 18 ore, tra le 00 e le 18 UTC (Figura 1.22 ◆).

L'afflusso di aria fredda determina una repentina sovrassaturazione dell'umidità preesistente e destabilizza ulteriormente l'atmosfera

Figura 1.22 ◆

Evoluzione di temperatura, umidità relativa e vento ogni 6 ore, dalle 6 UTC del 15 Ottobre alle 00 UTC del 16 Ottobre.



con l'innesco di fenomeni temporaleschi anche sulle zone di pianura (Figura 1.23 ◆).

Il profilo termodinamico di Cuneo Levaldigi del 16 Ottobre alle ore 00 UTC presenta caratteristiche post-temporalesche di debole instabilità; in particolare si osserva una decisa diminuzione dei valori dell'umidità relativa in tutta l'atmosfera (Figura 1.24 ◆).

Da questo radiosondaggio e da quello di Milano Linate effettuato nello stesso istante, si può osservare come si sia verificata, in corrispondenza dell'avvezione fredda, un calo della quota della tropopausa di circa 3000 metri in 12 ore.

Le precipitazioni risultano sempre intense, con i valori massimi distribuiti in modo più irregolare sui versanti prealpini nordoccidentali. Nella prima metà della giornata forti precipitazioni si sono

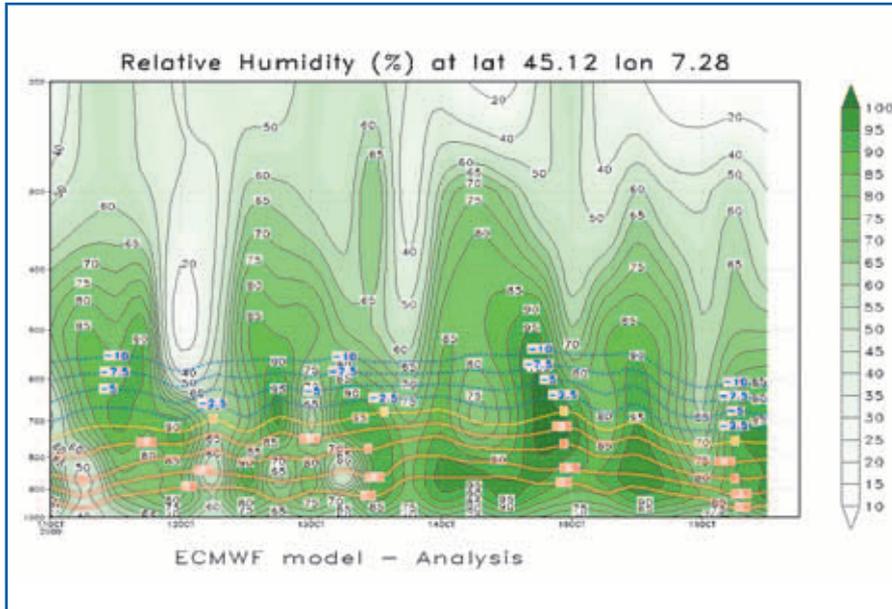


Figura 1.23 ♦
Andamento dell'umidità relativa nel punto di coordinate 45.12° in latitudine e 7.28° in longitudine, tra l'11 ed il 16 Ottobre.

registrate anche sui rilievi del basso Piemonte, dove l'effetto del fronte freddo si è manifestato prima (Figura 1.25 ♦, Figura 1.26 ♦).

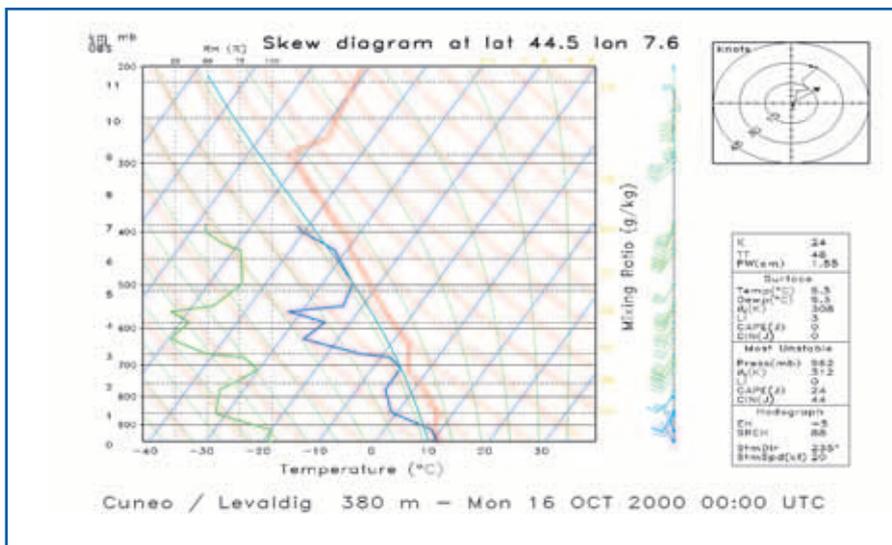


Figura 1.24 ♦
Radiosondaggio registrato a Cuneo Levaldigi il 16 Ottobre alle ore 00 UTC.

Lunedì 16 Ottobre

Dopo il transito del fronte freddo nella giornata precedente, si ha una temporanea attenuazione dei fenomeni convettivi nella notte tra Domenica e Lunedì quando tutte le stazioni barometriche della rete regionale registrano un aumento di pressione.

La circolazione depressionaria prosegue il suo moto verso nord e gradualmente si colma strutturandosi come una saccatura con asse sulla Francia.

Le correnti in quota si dispongono da sudovest, mentre permangono da sudest negli strati bassi (Figura 1.27 ♦)

Questo comporta un nuovo afflusso di umidità verso il Piemonte, confermato dal radiosondaggio di Cuneo Levaldigi del 16 Ottobre alle 12 UTC che mostra un'atmosfera umida dal suolo fino a 5000 metri circa; dallo stesso profilo termodinamico si può notare di nuovo la presenza di una più elevata instabilità potenziale (Figura 1.28 ♦)

Figura 1.25 ◆

Precipitazione cumulata in 12 ore dalle
00 alle 12 UTC del 15 Ottobre.

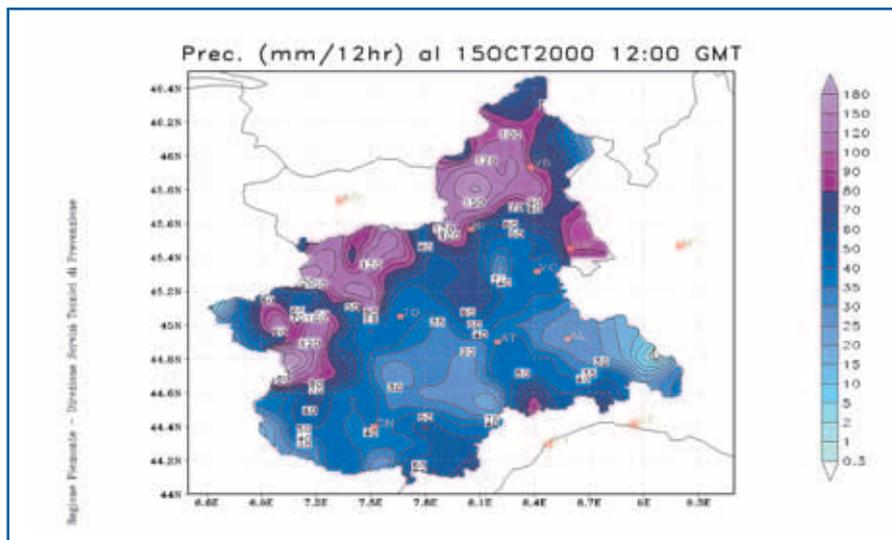
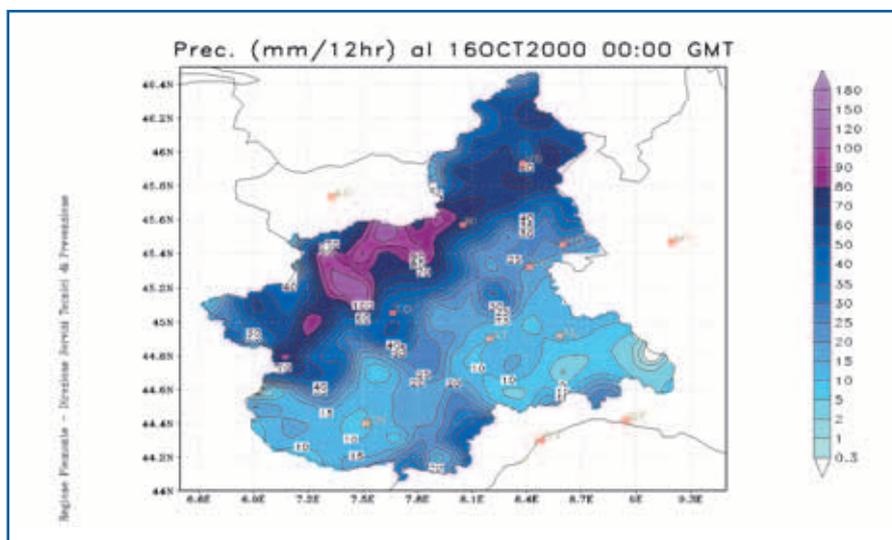


Figura 1.26 ◆

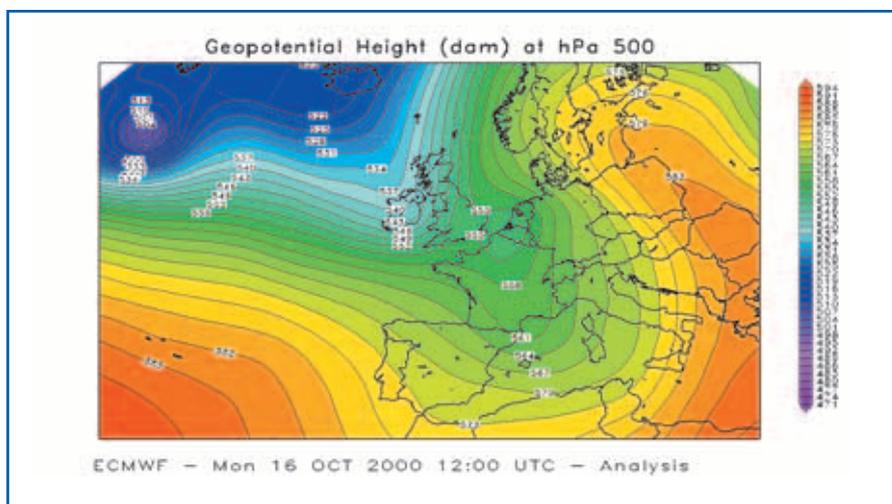
Precipitazione cumulata in 12 ore dalle
12 UTC del 15 Ottobre alle 00 UTC del
16 Ottobre.



Il flusso di umidità alimenta nuovamente le precipitazioni, che risultano più intense sulle zone montane e pedemontane settentrionali a causa dell'interazione con l'orografia (Figura 1.29 ◆). Dal pomeriggio si ha una decisa e definitiva attenuazione delle precipitazioni.

Figura 1.27 ◆

Altezza di geopotenziale a 500 hPa alle
12 Utc del 16 Ottobre.



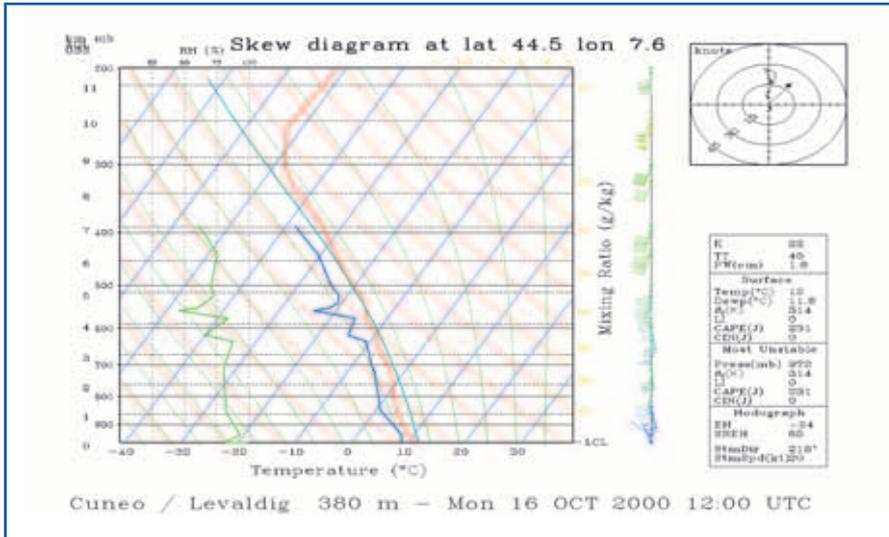


Figura 1.28 ♦
Radiosondaggio registrato a Cuneo
Levaldigi il 16 Ottobre alle ore 12 UTC.

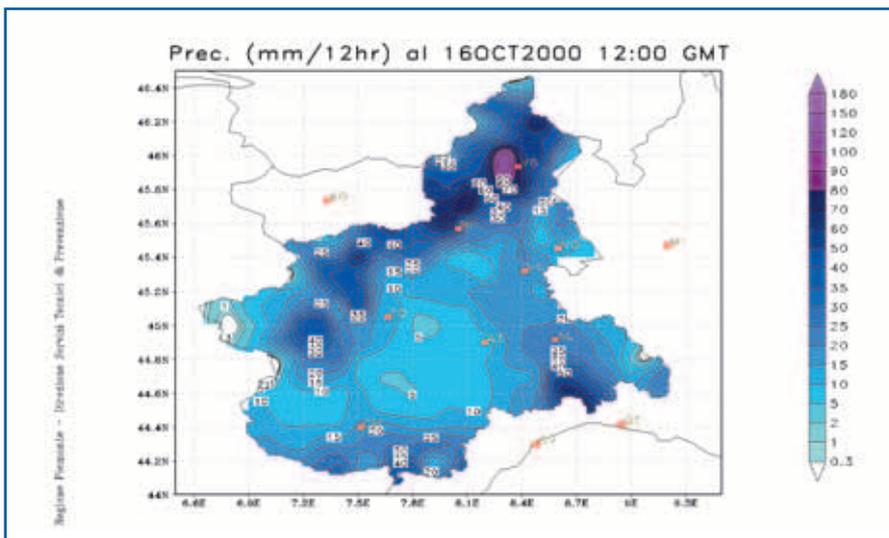


Figura 1.29 ♦
Precipitazione cumulata in 12 ore dalle
00 alle 12 UTC del 16 Ottobre.

Dalla nottata si indebolisce la circolazione a tutti i livelli ed il giorno seguente, in seguito all'espansione dell'anticiclone delle Azzorre verso il Mediterraneo, l'asse della saccatura si sposta verso Est e le correnti si dispongono da ovest-nordovest sulla nostra regione.

1.2.1 CONSIDERAZIONI GENERALI SULL'EVENTO

In questo evento, che è durato, per quanto riguarda la maggiore intensità delle precipitazioni, circa 84 ore (da Venerdì 13 alla mattina di Lunedì 16 Ottobre), la situazione sinottica ha esercitato un ruolo preponderante, con la presenza di una profonda e vasta circolazione depressionaria con marcate caratteristiche barocline sull'Europa occidentale, un anticiclone di blocco sull'Europa orientale, che ha determinato una persistenza della depressione, e forti flussi di aria umida dai quadranti meridionali.

Sebbene le precipitazioni abbiano avuto un andamento abbastanza continuo tra Venerdì e Domenica, i fattori che ne hanno determinato lo sviluppo e l'intensità sono stati differenti nei tre giorni. Venerdì e Sabato l'effetto di sollevamento orografico delle corren-

ti umide si è rivelato determinante; in particolare Venerdì il flusso di aria umida si presentava intenso da sud, mentre Sabato lo sviluppo di un minimo depressionario sul Golfo del Leone ha determinato un calo di pressione sul Piemonte e aumentato la componente da est del flusso negli strati medio-bassi. Domenica invece si è avuto l'effetto destabilizzante dato dall'afflusso di aria fredda. L'instabilità convettiva classica non è stata il fenomeno principale di innesco delle forti precipitazioni; invece, come si è verificato anche in altri eventi intensi sul Piemonte, la forzante dinamica ha avuto un ruolo determinante. A mesoscala hanno avuto un peso lo sviluppo di minimi barici locali sul Mediterraneo in prossimità dell'Italia nordoccidentale e la convergenza nei bassi strati delle masse di aria umida sulla catena alpina occidentale. L'esame della direzione dei flussi nei livelli bassi ha permesso di individuare, nei vari istanti, le zone in cui l'interazione tra il flusso e l'orografia era maggiore, con conseguente intensificazione delle precipitazioni.