

Monitoraggio di alcuni eventi di precipitazione intensa verificatisi in Sardegna mediante stima da immagini METEOSAT nell'infrarosso

Boi Paolo SAR Sardegna, Viale Porto Torres Sassari
Marino Marrocu CRS4, C.P. 09010 Uta (CA)

Sommario

La presente relazione riassume l'attività svolta dai ricercatori del SAR e del CRS4 nell'ambito di una collaborazione scientifica volta allo studio e all'applicazione di metodologie, per il monitoraggio e la previsione di eventi di precipitazione intensa e la conseguente diramazione di allerta tempestivi. In particolare vengono qui riassunti i risultati ottenuti applicando alcune tecniche di stima delle precipitazioni al suolo mediante immagini Meteosat nel canale dell'infrarosso a tre eventi di precipitazione particolarmente intensa verificatisi in Sardegna negli ultimi due anni. Il contenuto di questa relazione è stato oggetto di una presentazione mediante poster al meeting annuale dell' European Geophysical Society che si è tenuto a Nizza nel marzo del 2001.

Keywords: eventi estremi di precipitazione, telerilevamento, Regione Sardegna

1. Introduzione

A causa dell'orografia travagliata e della posizione al centro del Mar Mediterraneo che fa da spartiacque tra il Nord Africa con clima tropicale ed il continente Europeo con clima Atlantico, la Sardegna, come d'altronde buona parte dei paesi che si affacciano sul bacino del Mediterraneo, è sede frequente di fenomeni di precipitazione intensa che determinano disastri naturali di grave portata sia economica sia sociale. Si stima che il numero dei morti causati da alluvione nei paesi del bacino mediterraneo sia secondo solo al terremoto come causa di disastro naturale. Si capisce dunque quale sia l'importanza di poter prevedere con congruo anticipo ed in modo accurato, il verificarsi di questi eventi calamitosi, al fine di diramare allarmi tempestivi tali da limitare i danni alle cose, e contribuire a salvare numerose vite umane.

Il clima della Sardegna, definito sub-tropicale, è caratterizzato da una stagione fredda ed una calda con una durata molto ridotta delle due stagioni di transizione. Sebbene la maggior parte della precipitazione sia concentrata nella stagione fredda, gli eventi estremi di precipitazione intensa tendono a concentrarsi con maggior frequenza durante il periodo di transizione dalla stagione calda a quella fredda (seconda metà di ottobre prima metà di novembre). Questo fatto può essere messo in relazione con la differenza di capacità termica tra mare e terra che rende in questo periodo la temperatura della superficie del mare relativamente più alta rispetto all'aria sovrastante e genera quindi un flusso di calore latente in eccesso. Quando un flusso intenso di quest'aria umida incontra rilievi montuosi molto ripidi in prossimità della costa si verifica una situazione favorevole per lo sviluppo di forte instabilità convettiva che può determinare piogge a carattere torrenziale. Altri meccanismi come i cicloni di tipo tropicale che si sviluppano durante la stagione calda sono responsabili di precipitazione di notevole intensità ma poiché si sviluppano in prevalenza sul mare si ha una gran difficoltà nel registrare misure dirette dei loro effetti.

Le previsioni del campo di precipitazione su scala globale che si ottengono con gli attuali modelli numerici (modelli idrostatici) hanno un'accuratezza che seppure elevata non sempre è sufficiente per l'individuazione univoca di eventi estremi e la conseguente diffusione di allarmi tempestivi. Per migliorare la qualità di queste previsioni si possono seguire essenzialmente due approcci:

- Utilizzare un modello più dettagliato di previsione che descriva esplicitamente i processi convettivi responsabili del fenomeno di precipitazione intensa (modelli non idrostatici) accompagnato da una specifica procedura di assimilazione dati per le condizioni iniziali
- Effettuare molte simulazioni numeriche dello stesso evento con condizioni iniziali variare in modo opportuno così da ottenere una descrizione probabilistica della previsione

Entrambe le possibilità comportano l'utilizzo di notevoli risorse di calcolo e attualmente sono oggetto di studio approfondito (vedi anche BOLAMEPS) per una loro eventuale implementazione operativa.

Il monitoraggio, a posteriori o disponendo di una rete in telemisura, di tali eventi su terra ferma, per uno studio dettagliato volto ad una maggiore comprensione dei meccanismi fisici che ne hanno determinato la distribuzione spazio temporale nonché agli effetti di ruscellamento ed erosione prodotti dalle onde di piena che ne conseguono, è teoricamente possibile mediante elaborazione delle misure delle stazioni pluviometriche. Tuttavia in corrispondenza di eventi particolarmente intensi, come quelli del Novembre 1999 per esempio, si riscontra in genere un funzionamento non ottimale dei pluviometri per effetti di saturazione dello strumento od anche solo di guasto all'elettronica proprio a causa della precipitazione intensa. Accade quindi, in genere, che non si hanno stime attendibili delle quantità cumulate di precipitazione e della loro distribuzione spazio temporale su regioni estese. Inoltre poiché, come già detto, la forzante orografica gioca un ruolo fondamentale in tali eventi e la densità delle stazioni pluviometriche è insufficiente in corrispondenza dei rilievi montuosi la possibilità di monitoraggio su scala regionale e con risoluzione temporale almeno oraria riveste un interesse notevole sia per la comprensione fisica del fenomeno sia per scopi di protezione civile. Lo strumento candidato naturale, per il monitoraggio del campo di precipitazione, è il radar meteorologico, mediante il quale, se opportunamente tarato, si può ottenere una descrizione spazio-temporale dettagliata del fenomeno. In Sardegna non esiste ancora il radar meteo operativo e quindi l'unico mezzo in grado di soddisfare le esigenze suaccennate è il satellite. In particolare i metodi di stima della precipitazione al suolo mediante satelliti geostazionari offrono un accettabile compromesso tra elevate risoluzione spaziale (~6km) e copertura temporale (1/2 ora). Il fatto di avere accesso a tali scale, non risolte dai modelli idrostatici, consente al monitoraggio mediante tali immagini, se usato in congiunzione con le previsioni meteo dei venti in quota, di fornire previsioni a brevissima scadenza dell'evolvere di eventi di intensa convezione umida che sviluppandosi sul mare producono in tempi dell'ordine dell'ora i loro effetti devastanti sulle zone costiere. Sebbene tali tempi di previsione non siano di immediato utilizzo per la diramazione di allerta, tali tecniche offrono comunque un valido ausilio e sono di completamento e/o possono servire per verifiche incrociate con i prodotti operativi standard per le previsioni meteorologiche, alle informazioni ottenibili mediante radar meteo e alle misure delle reti pluviometriche.

In questo lavoro esporremo i risultati ottenuti applicando alcune tecniche per la stima delle precipitazioni al suolo mediante immagini METEOSAT nel canale infrarosso, al monitoraggio di tre eventi estremi di precipitazione intensa verificatisi in questi ultimi due anni in Sardegna.

Il lavoro è così organizzato: nel paragrafo 2 descriviamo le metodologie utilizzate, nel paragrafo 3 le situazioni sinottiche in corrispondenza degli eventi, nel paragrafo 4 i dati e nel paragrafo 5 analizzeremo i risultati ottenuti. Nel paragrafo 6 trarremo infine alcune conclusioni e daremo alcune indicazioni per ulteriori sviluppi del presente lavoro.

2. Tecniche di stima della precipitazione mediante immagini METEOSAT nel canale infrarosso

I modelli di stima utilizzati sono stati sviluppati per regimi tipicamente convettivi in zone tropicali atlantiche e continentali alle medie latitudini. L'applicazione di tali metodologie alle nostre latitudini è stato oggetto di studio dettagliato (vedi Marrocu et al. 1993) e si è verificato che gli errori sistematici che ne derivano sono troppo elevati per consentire studi di tipo climatologico.

Tuttavia l'applicazione ad eventi specifici di precipitazione intensa di tipo convettivo, come provato per esempio per l'evento del Novembre 1999 dalla grande attività elettrica rilevata nelle ore precedenti la massima intensità e soggettivamente dalle persone presenti sul luogo, dovrebbe/potrebbe dare risultati soddisfacenti.

Tutte le tecniche si applicano ad immagini che siano state precedentemente calibrate in modo da poter attribuire a ciascun pixel la temperatura di corpo nero equivalente.

2.1. Tecnica di ARKIN (ARKT)

Sebbene non utilizzato nel presente lavoro, per completezza e per fornire i relativi riferimenti bibliografici, descriveremo brevemente anche tale metodo. La tecnica è molto elementare ed è stata sviluppata nell'ambito dell' esperimento GATE (Global Atmospheric Tropical Experiment) da Arkin (vedi Arkin 1979) il quale verificò che il 75% della varianza della pioggia cumulata in un periodo di 6 ore era spiegata attribuendo all'area delimitata dall'isoterma $T=235K$ un rate di precipitazione costante ed uguale a 3 mm/h. Tale temperatura era equivalente a quelle latitudini e per quella stagione ad un'altezza stimata della sommità della nube di circa 10km. La temperatura che delimita l'area precipitante ed il rate di precipitazione attribuito rappresentano quindi i parametri del modello.

2.2. Tecnica di Negri Adler e Wetzel (NAWT)

La tecnica NAWT sviluppata da Negri et al. (1984) è una versione semplificata della tecnica originaria di Griffith et al. (1981) mediante la quale la precipitazione attribuita alla nube era ottenuta dallo studio dell'evoluzione temporale della stessa.

Per illustrare schematicamente l'algoritmo definiamo $T_{10\%}$ e $T_{50\%}$ come le temperature delle isoterme che racchiudono il rispettivamente il 10% ed il 50% dell'area interna più fredda delle nubi. Per nube si intende in questo caso l'area racchiusa dalla isoterma $T=253K$. Schematicamente il metodo si riassume attribuendo i seguenti rate di precipitazione al generico punto appartenente alla nube:

$T < T_{10\%}$	$p=9\text{mm/h}$
$T_{10\%} < T < T_{50\%}$	$p=1.8\text{mm/h}$
$T > T_{50\%}$	$p=0\text{ mm/h}$

Al fine di trovare il valore dei parametri che meglio riproducono i dati pluviometrici, abbiamo eseguito dei test con tre diversi valori della temperatura di soglia:

$$TS=243^{\circ}K, TS=253^{\circ}K, TS=263^{\circ}K$$

ed un'altra coppia di valori del rate orario di precipitazione:

$T < T_{10\%}$	$p=32\text{mm/h}$
$T_{10\%} < T < T_{50\%}$	$p=8\text{mm/h}$
$T > T_{50\%}$	$p=0\text{ mm/h}$

Nelle tabelle degli errori le due diverse parametrizzazioni sono indicate con NAW1 e NAW2.

Le nubi con area inferiore a 2000 km^2 si assume che siano non precipitanti.

Poiché i risultati della tecnica semplificata erano comparabile con quelli della tecnica originaria ed in quel momento la potenza e la disponibilità dei mezzi di calcolo era molto limitata i metodi basati sullo studio dell'evoluzione del corpo nuvoloso sono stati utilizzati sempre poco utilizzati. Questo campo di indagine potrebbe rappresentare un possibile sviluppo anche per il presente lavoro.

2.3. Tecnica Convective Stratiform (CST)

Tale tecnica è stata sviluppata da Adler et al (1988) con lo scopo specifico di stimare la precipitazione causata dal decadimento di sistemi convettivi e quindi da nubi con sommità molto elevata.

L'algoritmo può essere così schematizzato:

- All'interno della nube definita come in NAWT si localizzano i minimi con $T < 253K$
- In corrispondenza di tali minimi si valuta il gradiente medio di temperatura con i punti adiacenti.
- Se tale gradiente è superiore ad un certo valore di soglia si assume che la nube sia una cella convettiva precipitante. Tale test sul gradiente serve per eliminare dal computo della precipitazione i cirri di elevato spessore che sebbene abbiano una sommità molto elevata sono in genere non precipitanti.
- Se la nube è individuata come cella convettiva gli si attribuisce una precipitazione proporzionale al gradiente di temperatura precedentemente determinato mediante una certa relazione empirica
- Alla restante parte della nube considerata come convettiva e sino a $80 \times 80 \text{km}^2$ si attribuisce $p = 2 \text{mm/h}$

2.4. Tecnica AET (Operational Goes Infrared Rainfall Technique)

La tecnica auto-estimator (Vicente et al. 1988) si basa sull'evoluzione temporale della temperatura della sommità della nube per identificare l'area di precipitazione. Si considerano due immagini consecutive, se il pixel della seconda immagine è più freddo, allora il sistema convettivo è in fase di intensificazione ed il pixel nella prima immagine è associato a precipitazione. Se il pixel nella seconda immagine è più caldo allora il sistema convettivo è in fase di indebolimento e il moto verticale è cessato, non vi è precipitazione. Una legge empirica di potenza è ipotizzata tra la temperatura della sommità della nube ed il tasso orario di precipitazione in mm/h. Una versione più avanzata introduce un fattore di correzione, che tiene conto dell'umidità tra il suolo e 500hPa, per calcolare il tasso orario di precipitazione. L'umidità viene determinata utilizzando un modello ad area limitata.

3. Descrizione degli eventi.

3.1. 12-13 novembre 1999

Alle 00 del 12nov sui livelli medio alti il geopotenziale presenta un minimo chiuso sopra i Pirenei con vento da sud ovest sul Mediterraneo occidentale (Fig 4c). A 850mbar (Fig 4b) il minimo chiuso si estende a gran parte della Spagna e da luogo a venti da sud; la situazione barica al suolo (Fig 4a) è caratterizzata da un minimo vicino Gibilterra con flussi da sud est sulla Sardegna, che determinano un sollevamento forzato dall'orografia delle masse d'aria umida sulle coste orientali dell'isola (su queste coste i rilievi sono a ridosso del mare) e innesca localmente l'instabilità. Il vento termico associato alla rotazione dei venti tra il suolo e i livelli medio alti è causato da un forte gradiente di temperatura sul Mediterraneo (a 850mbar dell'ordine di 4 gradi per 100km, Fig 4b); su tutti i livelli (con predominanza a 850mbar) vi è forte avvezione calda. Sulle pianure del Campidano il sollevamento forzato che innesca il processo convettivo è causato, oltre che da convergenza al suolo, dall'avvezione di vorticità nei livelli medio alti e dalla avvezione calda, mentre sulle coste orientali interviene anche il contributo dell'orografia.

Alle 00 del giorno dopo 13 Novembre il minimo chiuso a 500mbar (Fig 5c) si è spostato a sud dei Pirenei, il geopotenziale a 850 mbar (Fig 5b) si è ulteriormente approfondito e il minimo al suolo (Fig 5a) si è esteso a tutta la Spagna. Permane la rotazione del vento tra il suolo e i livelli alti; infatti, sulla Sardegna, al suolo si hanno ancora venti da sud-est e a 250mbar da sud-ovest; presumibilmente il vento termico si è attenuato in concomitanza al lieve indebolimento dell'avvezione calda.

Le Figg 9a,b mostrano i cumulati giornalieri registrati dalle stazioni SAR rispettivamente per il giorno 12 e per il giorno 13.

Le Figg. 1a,b,c e 2a,b,c mostrano i cumulati in 1/2 ora registrati da alcune stazioni SAR e la temperatura calcolata dal canale IR del Meteosat sul pixel di quella stazione. La stazione di Decimomannu ha registrato una prima precipitazione intensa tra le 3 e le 5:30 del 12 Novembre e un secondo episodio tra le 18 del 12 e le 3 del 13, infine un terzo tra le 4 e le 5:30 del 13 Novembre. I dati della stazione sulla costa orientale mostrano ugualmente tre fenomeni intensi: il primo tra l'1:30 e le 8 del 12, il secondo tra le 19 del 12 e le 1:30 del 13 Novembre e il terzo tra le 8 e le 10 del 13 Novembre

3.2. 10 e 11 maggio 2000.

Le analisi delle 00 del 10 maggio mostrano un minimo chiuso nei livelli atmosferici medio alti centrato sulle coste del Portogallo. Il minimo si nota anche a 850hPa, anche se molto meno marcato, insieme a forte avvezione calda (Fig 6b). Alle 00 dell'11 maggio l'area di vorticità ciclonica a 500hPa e l'avvezione calda nei bassi livelli si intensificano sul Mediterraneo Occidentale, dando luogo a velocità verticale innescano processi convettivi locali (Fig 7a,b,c). Le immagini Meteosat mostrano infatti la formazione di celle convettive sul Mare di Sardegna, alcune delle quali vengono trasportate sulla terraferma. Una di queste raggiunge la Sardegna Nord-Occidentale nella mattinata dello stesso giorno, attraversandola da Sud-Ovest a Nord-Est. Il pluviometro della stazione di Sassari registra circa 50mm in 4 ore e intensità simili vengono registrate dalle stazioni di Sorso e Olmedo. Sul resto della Sardegna invece si registrano rate orari molto più bassi. Le Figg 9c,d mostrano i cumulati giornalieri registrati dalle stazioni SAR rispettivamente per i giorni 10 e 11. Le Figg. 3a,b mostrano i cumulati su 30min registrati dalle stazioni di Olmedo e Samassi il giorno 11.

3.3. 7 giugno 2000.

Le analisi delle 00 (non in figura) del 6 giugno mostrano un'onda depressionaria a 500hPa, con una saccatura che si stende tra il Mare del Nord e Gibilterra, che evolve il giorno dopo in minimo chiuso a 500hPa e a 850hPa centrato sulla Sardegna (Fig 8a,b,c). Alla formazione del minimo probabilmente concorre il flusso di aria fredda, nei bassi livelli atmosferici, convogliata da Nord verso il Mediterraneo per la presenza dell'alta pressione a Ovest del Portogallo. Al suolo si ha quindi un debole flusso da Nord di aria fredda che produce instabilità assorbendo calore dal suolo o dal mare, mentre ai livelli medio alti si ha una rotazione delle masse d'aria intorno al centro depressionario situato proprio sopra la Sardegna. Questa situazione post-frontale ha causato piogge convettive, di intensità inferiore rispetto al caso di maggio, su diverse località dell'isola. La Fig. 9e mostra i cumulati giornalieri delle stazioni SAR, mentre le Figg 3c,d mostrano i cumulati su 1/2 ora delle stazioni di Iglesias e Samassi.

4. I dati.

I dati da satelliti, forniti dall'Eumetsat, hanno una risoluzione temporale di 1/2 ora e una risoluzione spaziale, alle nostre latitudini, di circa 5Km*7Km. I metodi forniscono, su questa risoluzione spaziale, una stima di precipitazione cumulata su 30 minuti o su 3h. I dati

pluviometrici delle stazioni della rete pluviometrica del SAR, che rilevano cumulati ogni 10min, sono stati rielaborati per avere cumulati su 1/2 ora e su 3 ore.

5. Analisi dei risultati

I 48 cumulati ogni 1/2 per le 49 stazioni forniscono 2352 dati al giorno, mentre gli 8 cumulati su 3h forniscono 392 dati giornalieri, da confrontare con le corrispondenti stime da satellite. Dalla tabella di contingenza (vedi Tab. 1) sono stati calcolati i vari indici così definiti:

$FAR=C/(C+D)$ False Alarm Rate, è il rapporto tra i falsi eventi di pioggia stimata e il totale degli eventi di pioggia stimata.

$POD=D/(D+B)$ Probability of Detection, è il rapporto tra i casi di pioggia stimati correttamente e i casi di pioggia registrati dai pluviometri.

$HR=(A+D)/(A+B+C+D)$ Hit Rate, è il rapporto di casi stimati correttamente rispetto al totale.

$CSI=D/(D+B+C)$ Critical Success Index, da alcuni autori chiamato Threat Score, è il rapporto tra i casi di pioggia stimati correttamente e il totale di casi di pioggia stimati o misurati.

$BIAS=(D+C)/(D+B)$ è il rapporto tra il numero di casi di pioggia stimati e quelli registrati dai pluviometri.

Dal confronto tra i cumulati (su 30 min. o su 3h) misurati e stimati è stato calcolato l'rmse, il bias, il mae (errore assoluto medio)

5.1 Novembre 1999.

Le Figg. 10a,b,c mostrano i cumulati giornalieri di precipitazione del 12 Novembre stimati rispettivamente con AET, CST e NAW1, mentre le Figg 11a,b,c mostrano i corrispondenti cumulati per il giorno 13 Novembre.

Il confronto fra il BIAS dei tre metodi mostra (TAB. 2, TAB. 3, TAB 5), sia per il 12 che per il 13 Novembre, che i metodi AET e NAW sovrastimano il numero di eventi di pioggia mentre il CST li sottostima; il CST ha la più alta percentuale di casi corretti (HR), seguito a breve distanza dal metodo AET, ha la più bassa percentuale di falsi allarmi, ma ha anche il POD e il CSI più bassi. Il metodo AET ha il più alto valore del CSI, valori di HR e di POD superiori a 0.70, BIAS superiori a 1, ma più bassi del metodo NAW e valori di falsi allarmi intermedi tra quelli del CST e del NAW. Il metodo NAW, come accennato, è stato applicato con due differenti parametrizzazioni del rate orario, che non cambiano le tabelle di contingenza, ma modificano notevolmente i cumulati triorari stimati. Il metodo NAW ha i valori più alti di POD, ma anche le più alte percentuali di falsi allarmi, il più alto BIAS e il più basso HR.

Analizzando gli errori sui cumulati risulta che mediamente i tre metodi sovrastimano (TAB 4 e TAB 6). Il metodo CST è quello affetto da RMSE, BIAS e MAE più piccoli. Gli errori di NAW1 sono molto più piccoli di NAW2 e vicini a quelli di AET.

Le TAB. 7 e TAB. 8 mostrano gli indici e gli errori su cumulati in 30 minuti. Confrontandole con le tabelle precedenti si nota il notevole miglioramento degli indici quando si passa da test su cumulati in 30 min a test su cumulati in 3h.

Le TAB. 9 e TAB. 10 riassumono le analisi di sensibilità effettuate sul metodo NAW. Il parametro su cui è stata operata la variazione è la temperatura di soglia che definisce la nube di precipitazione. Aumentando la soglia di temperatura, aumenta anche l'area interessata a precipitazione, quindi il numero di eventi di pioggia stimati e il BIAS ricavato dalla tabella di contingenza. La soglia che produce le stime migliori, sia tenendo conto dei vari indici che degli errori sulla quantità di pioggia cumulata, è in questo specifico caso 243 °K. Da notare però che la soglia di 243 °K produce il più basso POD rispetto a 253°K e 263°K.

5.2 Maggio 2000.

Le performances dei tre metodi sono molto simili all'evento di novembre 1999 (TAB. 11 e TAB. 12). Viene confermata la tendenza a sovrastimare il numero di eventi di pioggia da parte del NAW e dell'AET, mentre il CST sottostima. Il CST ha il miglior valore di HR e i più bassi falsi allarmi, ma anche il POD peggiore. Il NAW ha il più alto valore del POD, ma i peggiori HR e CSI e i più alti falsi allarmi. Sono evidenti i risultati molto migliori ottenuti dai tre metodi il giorno 11 rispetto al giorno precedente, come dimostrano i più bassi FAR, i più alti POD e CSI, i BIAS più vicini a 1. I valori di HR, invece, per i metodi CST e AET sono lievemente peggiori il giorno 11. Il giorno 10, su 392 cumulati triorari totali calcolati, solo 28 danno pioggia; il giorno 11 invece, su 392 ben 110 sono di pioggia; se poi si va a guardare i cumulati registrati dalle singole stazioni risulta che sia i cumulati medi triorari, sia i cumulati giornalieri e triorari massimi sono più alti il giorno 11. Per ciò che riguarda gli errori sui cumulati triorari, CST e NAW1 danno la migliore stima, seguiti da AET.

5.3 Giugno 2000.

In questo caso i risultati prodotti dai tre metodi sono decisamente diversi da Novembre e Maggio (TAB. 13). Il metodo NAW ha i migliori HR, CSI, POD e un BIAS di circa 1 e un numero di falsi allarmi più basso rispetto ai casi di novembre 1999 e maggio 2000. Il metodo CST stavolta sovrastima il numero di eventi di precipitazione, mentre l'AET lo sottostima. Il metodo CST ha il più basso valore di CSI, HR e il più alto valore di FAR. Le performances di questo metodo in questo evento sono decisamente peggiori rispetto a novembre e maggio. Da un'analisi che qui non mostriamo, è emerso che il metodo non trova nuvole di precipitazione convettiva, ma solo precipitazione stratiforme, secondo il criterio della slope intorno ai minimi di temperatura. Il metodo AET ottiene valori di CSI e POD più bassi rispetto a Novembre e 11 maggio e sottostima notevolmente il numero di eventi di pioggia. La cosa si spiega osservando le immagini di temperatura equivalente di corpo nero (non mostrate qui) dove si vede che la sottostima è legata alle temperature relativamente alte del top delle nuvole rispetto a novembre e maggio, per cui la funzione che calcola il rate di precipitazione sottostima notevolmente il rate orario a queste temperature.

Passando agli errori si nota che le tecniche AET e NAW1 hanno i più bassi RMSE, BIAS e MAE. Questo di giugno è il solo caso di BIAS negativi. Le performances di CST e NAW2 sono circa equivalenti: hanno un BIAS simile, CST ha un più basso RMSE, NAW2 ha un più basso MAE.

6. Conclusioni

Lo scopo di questo lavoro era quello di testare tre tecniche di stima di precipitazione con dati dell'infrarosso del satellite geostazionario METEOSAT, per applicarle in diagnosi operativamente. I risultati ottenuti mediante ciascuna delle tecniche, studiando in dettaglio alcuni eventi di precipitazione intensa verificatisi tra il 1999 ed il 2000 in Sardegna possono essere così riassunti:

- **Tecnica AET.**

Il BIAS delle tavole di contingenza di Novembre 1999 e Maggio 2000 mostra che AET sovrastima l'area di precipitazione in casi di intensi fenomeni convettivi. Il BIAS inferiore a 1 di Giugno 2000 mostra che essa sottostima l'area di precipitazione in casi di sommità relativamente calda della nube, quando la curva che determina il rate di precipitazione non si adatta ai dati pluviometrici.

- **Tecnica CST**

Questa tecnica sottostima l'area di precipitazione per eventi convettivi intensi come si vede dal BIAS delle tavole di contingenza di Novembre e Maggio, ma sovrastima l'area di pioggia in casi di piogge deboli.

La curva che determina il rate orario sovrastima in casi di piogge intense, come mostrano i BIAS positivi sui cumulati triorari.

- **Tecnica NAW**

In questa tecnica l'area di precipitazione dipende sensibilmente dalla soglia di temperatura che definisce la nube di precipitazione, come abbiamo visto usando i tre diversi valori (243°K, 253°K, 263°K); ma anche con la soglia più bassa NAW sovrastima l'area di pioggia.

A dispetto dell'estrema semplicità di questa tecnica, NAW (con soglie 8mm/h e 2mm/h) mediamente dà errori sui cumulati triorari non più grandi delle altre due tecniche.

Un possibile sviluppo del presente lavoro, qualora si reperissero le necessarie risorse, potrebbe essere l'integrazione dei metodi di stima della precipitazione esistenti con metodi di tracking delle nubi, vedi Giachetti (2000), allo scopo di ottenere tecniche di stima più sofisticate e specifiche per le nostre latitudini.

Ringraziamenti:

Questo lavoro è stato svolto con il parziale contributo finanziario della Regione Sardegna.

Bibliografia:

- **Amorati, R., P.P. Alberoni, V. Levizzani and S. Nanni, 2000**, *IR-based satellite and radar rainfall estimates of convective storms over northern Italy.*, Met. Appl., 7, pag 1-18.
 - **Adler R.F. et al.**, “A satellite infrared technique to estimate tropical convective and stratiform rainfall”, Journal of Climate and Applied Meteorology, 23, 280-296 (1984)
 - **Adler, F.R. and A.J. Negri, 1988**: *A satellite infrared technique to estimate tropical convective and stratiform rainfall.* J. Appl. Meteor., 27, pag. 30-51
 - **Arkin, P.A., 1979**: *The relationship between fractional coverage of high cloud and rainfall accumulations during the GAGE over the B-scale array.* Mon. Wea. Rev., 107, pag 1382-1387.
 - **Benzi R. et al.**, “Characterization of temperature and precipitation fields over Sardinia with principal component analysis and singular spectrum analysis”, International Journal of Climatology, Vol 17, 1231-1262 (1997)
 - **Ficca G. et al.**, “BOELPS: a limited area probabilistic prediction system of small-scale severe rainfall events”, Atti del XXVI meeting EGS, Nizza Marzo 2001
 - **Giachetti A.**, “Matching techniques to compute image motion”, Image and Vision Computing, 18:3 245-258 (2000)
 - **Griffith, C. G., W.L. Woodley, P.G. Grube, D. W. Martin, J. Stout and D.N. Sikdar, 1978**: *Rain estimates from geosynchronous satellite imagery: Visible and infrared studies.* Mon. Wea. Rev., 106, pag.1153-1171.
 - **Marrocu M., A. Pompei, G. Dalu, G.L. Liberti, and A. Negri, 1993**, *Precipitation estimation over Sardinia from satellite data.*, Int. J. Remote Sensing 14, pag. 115-134.
 - **Negri, A. J., and R. F. Adler, 1981**: *Relationship of satellite-based thunderstorm intensity to radar-estimated rainfall.* J. Appl. Met., 20, pag. 288-300.
 - **Negri, A. J., and R. F. Adler, and P. J. Wetzel, 1984**, *Rain Estimation from satellite: An Examination of the Griffith-Woodley Technique.*, J. Clim. Appl. Meteor., **23, pag. 102-116.**
 - 1. **Pompei A., M. Marrocu, P. Boi and G. Dalu, 1995**, Validation of retrieval algorithms for the infrared remote sensing of precipitation with the Sardinia Rain Gauge Network Data. Il Nuovo Cimento, 18 C, pag. 483-496.
 - 1. **Vicente G. A., R.A. Scofield, and W. P. Menzel, 1998**, *The Operational GOES Infrared Rainfall Estimation Technique*, Bull. Amer. Met. Soc., 79, pag 1883-1898.
 - **Wilks, D. S., 1995**: *Statistical Methods in Atmospheric Sciences.* Academic Press.
-

		OSSERVATO	
		NON PIOGGIA	PIOGGIA
STIMATO	NON PIOGGIA	A	B
	PIOGGIA	C	D

$TOT = A+B+C+D$
 $FAR = C/(C+D)$
 $POD = D/(D+B)$
 $HR = (A+D)/(A+B+C+D)$
 $CSI = D/(D+C+B)$
 $BIAS = (D+C)/(D+B)$

TABELLA 1. Tabella di contingenza e indici per stime da satellite e misure da pluviometro.

A	B	C	D	TOT	METODO
202	30	81	79	392	AET
268	73	15	36	392	CST
93	10	190	98	392	NAW

TABELLA 2. Tabella di contingenza per il giorno 12 NOV 1999 per cumulati in 3 ore. I dati pluviometrici sono relativi a 49 stazioni.

FAR	POD	HR	CSI	BIAS	METODO
0.51	0.72	0.72	0.42	1.47	AET
0.29	0.33	0.78	0.29	0.47	CST
0.66	0.91	0.49	0.33	2.65	NAW

TABELLA 3. Indici statistici per il giorno 12 NOV 1999 per cumulati in 3h sulle 49 stazioni.

RMSE(mm/3h) BIAS(mm/3h) MAE(mm/3h)MEANMES MEANEST(mm/3h)

15.72	4.25	5.94	1.98	6.23	AET
9.88	0.84	3.08	1.98	2.83	CST
11.44	3.92	6.20	1.98	5.90	NAW1
35.32	21.63	22.72	1.98	23.61	NAW2

TABELLA 4. Errori sui cumulati triorari per il 12 NOV 1999.

A B C D TOT

150	35	75	132	392	AET
209	79	16	88	392	CST
129	25	96	142	392	NAW

FAR POD HR CSI BIAS

0.36	0.79	0.72	0.55	1.24	AET
0.15	0.53	0.76	0.48	0.62	CST
0.40	0.85	0.69	0.54	1.43	NAW

TAB 5. Tabella di contingenza e relativi indici del giorno 13 NOV 1999 per cumulati triorari.

RMSE(mm/3h) BIAS(mm/3h) MAE(mm/3h)MEANMES MEANEST(mm/3h)

13.31	4.59	6.75	3.20	7.79	AET
9.80	1.16	4.18	3.20	4.36	CST
11.86	4.21	6.96	3.20	7.41	NAW1
41.67	26.44	27.56	3.20	29.64	NAW2

TAB 6. Errori sui cumulati triorari per il giorno 13 NOV 1999.

A	B	C	D	TOT	
1756	154	335	107	2352	AET
2022	204	69	57	2352	CST
1301	93	790	168	2352	NAW

FAR	POD	HR	CSI	BIAS	
0.76	0.41	0.79	0.18	1.69	AET
0.55	0.22	0.88	0.17	0.48	CST
0.82	0.64	0.62	0.16	3.67	NAW

RMSE(mm/h) BIAS(mm/h) MAE(mm/h) MEANMES MEANEST

6.68	1.42	2.25	0.66	2.08	AET
5.52	0.28	1.18	0.66	0.94	CST
14.42	7.21	7.88	0.66	7.87	NAW2

TABELLA 7. Tavola di contingenza, indici ed errori per i cumulati su 30 minuti del giorno 12 Novembre 1999.

A	B	C	D	TOT	
1639	241	284	188	2352	AET
1819	272	104	157	2352	CST
1240	127	683	302	2352	NAW

FAR	POD	HR	CSI	BIAS	
0.60	0.44	0.78	0.26	1.10	AET
0.40	0.37	0.84	0.29	0.61	CST
0.69	0.70	0.66	0.27	2.30	NAW

RMSE(mm/h) BIAS(mm/h) MAE(mm/h) MEANMES MEANEST

7.75	1.53	2.85	1.07	2.60	AET
7.03	0.39	1.82	1.07	1.45	CST
15.31	7.58	8.47	1.07	8.65	NAW2

TABELLA 8. Tavola di contingenza, indici ed errori per i cumulati su 30 minuti del giorno 13 Novembre 1999.

A	B	C	D	TOT	
173	25	110	84	392	TS=243°K
93	10	190	99	392	TS=253°K
37	11	246	98	392	TS=263°K

FAR	POD	HR	CSI	BIAS	
0.57	0.77	0.66	0.38	1.78	TS=243°K
0.66	0.91	0.49	0.33	2.65	TS=253°K
0.72	0.90	0.34	0.28	3.16	TS=263°K

RMSE(mm/3h) BIAS(mm/3h) MAE(mm/3h)MEANMES MEANEST(mm/3h)

28.91	14.24	15.74	1.98	16.22	TS=243°K
35.32	21.63	22.72	1.98	23.61	TS=253°K
39.75	28.39	30.05	1.98	30.38	TS=263°K

TABELLA 9. Tavola di contingenza, indici ed errori per i cumulati su 3h calcolati col metodo NAW variando la soglia di temperatura TS che definisce la nube di precipitazione (giorno 12 Novembre 1999).

A	B	C	D	TOT	
135	26	90	141	392	TS=243°K
129	25	96	142	392	TS=253°K
104	22	121	145	392	TS=263°K

FAR	POD	HR	CSI	BIAS	
0.39	0.84	0.70	0.55	1.38	TS=243°K
0.40	0.85	0.69	0.54	1.43	TS=253°K
0.45	0.87	0.64	0.50	1.59	TS=263°K

RMSE(mm/3h) BIAS(mm/3h) MAE(mm/3h)MEANMES MEANEST(mm/3h)

38.09	22.74	24.02	3.20	25.94	TS=243°K
41.67	26.44	27.56	3.20	29.64	TS=253°K
46.77	31.11	32.72	3.20	34.31	TS=263°K

TABELLA 10. Tavola di contingenza, indici ed errori per i cumulati su 3h calcolati col metodo NAW variando la soglia di temperatura TS che definisce la nube di precipitazione (giorno 13 Novembre 1999).

A	B	C	D	TOT	
277.0	9.0	87.0	19.0	392.0	AET
346.0	21.0	18.0	7.0	392.0	CST
223.0	4.0	141.0	24.0	392.0	NAW

FAR	POD	HR	CSI	BIAS	
0.82	0.68	0.76	0.17	3.79	AET
0.72	0.25	0.90	0.15	0.89	CST
0.85	0.86	0.63	0.14	5.89	NAW

RMSE(mm/3h)	BIAS(mm/3h)	MAE(mm/3h)	MEANMES	MEANEST(mm/3h)	
5.00	1.97	2.02	0.09	2.05	AET
5.21	1.19	1.32	0.09	1.28	CST
4.03	2.06	2.08	0.09	2.15	NAW1
16.51	8.52	8.53	0.09	8.60	NAW2

TABELLA 11. Tavola di contingenza, indici ed errori per i cumulati su 3h del giorno 10 Maggio 2000.

A	B	C	D	TOT	
207.0	23.0	75.0	87.0	392.0	AET
249.0	35.0	33.0	75.0	392.0	CST
182.0	13.0	100.0	97.0	392.0	NAW

FAR	POD	HR	CSI	BIAS	
0.46	0.79	0.75	0.47	1.47	AET
0.31	0.68	0.83	0.52	0.98	CST
0.51	0.88	0.71	0.46	1.79	NAW

RMSE(mm/3h)	BIAS(mm/3h)	MAE(mm/3h)	MEANMES	MEANEST(mm/3h)	
16.91	7.70	7.85	0.95	8.65	AET
9.05	3.17	3.49	0.95	4.13	CST
6.88	3.45	3.89	0.95	4.41	NAW1
29.37	6.68	6.76	0.95	17.63	NAW2

TABELLA 12. Tavola di contingenza, indici ed errori per i cumulati su 3h del giorno 11 Maggio 2000.

A	B	C	D	TOT	
306.0	56.0	8.0	22.0	392.0	AET
140.0	31.0	174.0	47.0	392.0	CST
284.0	29.0	30.0	49.0	392.0	NAW

FAR	POD	HR	CSI	BIAS	
0.27	0.28	0.84	0.26	0.38	AET
0.79	0.60	0.48	0.19	2.83	CST
0.38	0.63	0.85	0.45	1.01	NAW

RMSE(mm/3h)	BIAS(mm/3h)	MAE(mm/3h)	MEANMES	MEANEST(mm/3h)	
1.72	-0.49	0.56	0.59	0.10	AET
5.84	3.53	4.12	0.59	4.12	CST
2.48	0.39	0.94	0.59	0.98	NAW1
10.37	3.33	3.64	0.59	3.92	NAW2

TABELLA 13. Tavola di contingenza, indici ed errori per i cumulati su 3h del giorno 7 Giugno 2000.

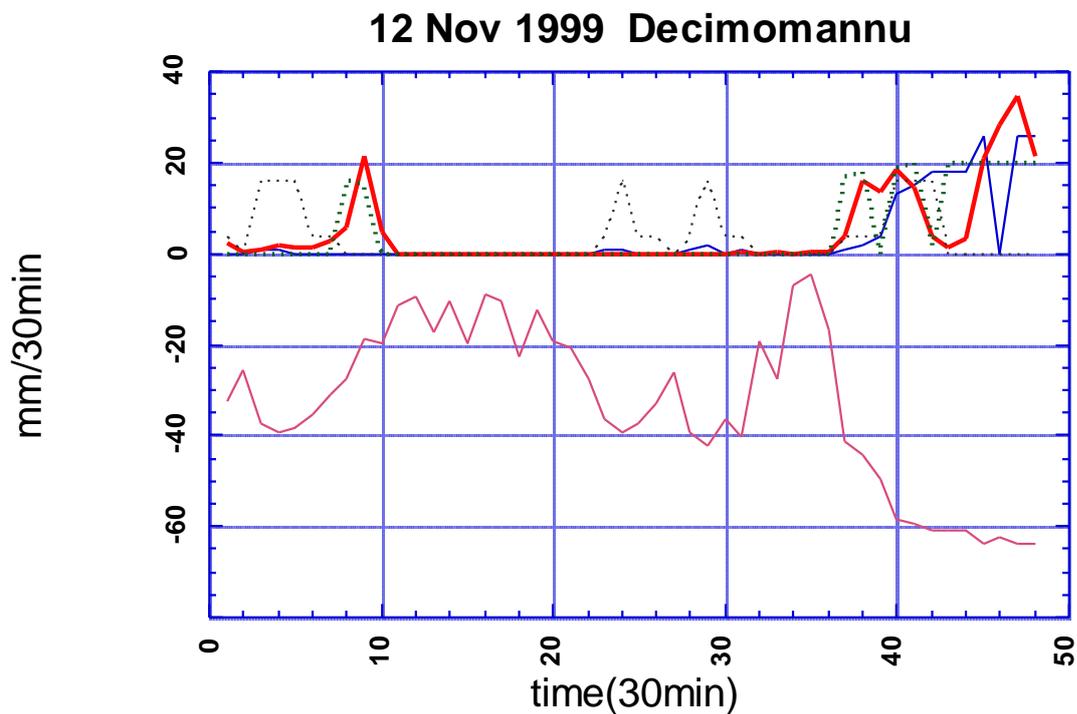
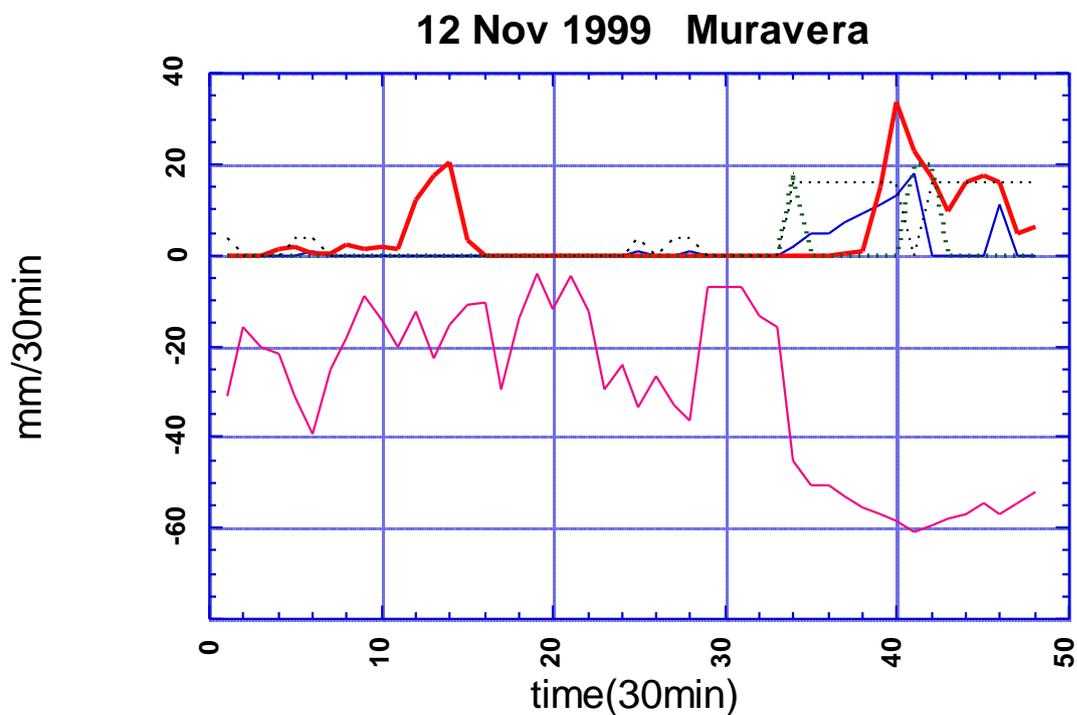


Fig1a. Cumulato su 30min.(mm/30min). Pluviometrico (linea grossa continua, rossa), CST (grossa tratteggiata, verde), NAW (tratteggiata, nera), AET (continua, blue),



temperatura IR(°C) del pixel (continua, fucsia).
 Fig1b. Cumulato su 30min.(mm/30min). Pluviometrico (linea grossa continua, rossa), CST (grossa tratteggiata, verde), NAW (tratteggiata, nera), AET (continua, blue), temperatura IR(°C) del pixel (continua, fucsia).

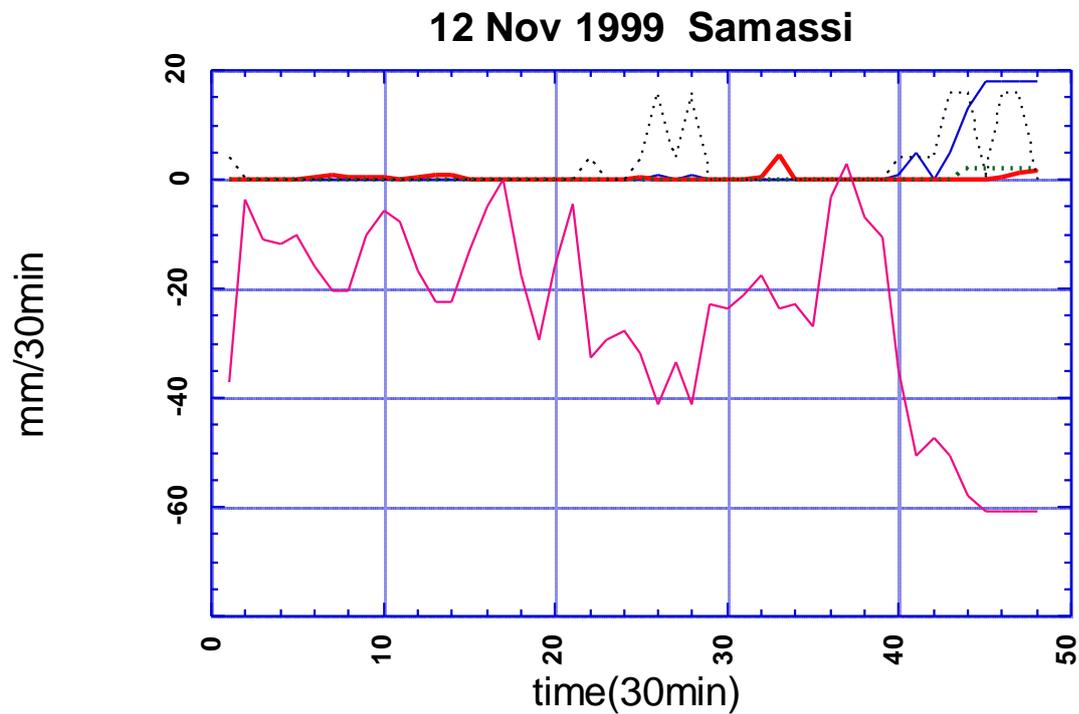


Fig 1c. Cumulato su 30min.(mm/30min). Pluviometrico (linea grossa continua, rossa), CST (grossa tratteggiata, verde), NAW (tratteggiata, nera), AET (continua,blue), temperatura IR(°C) del pixel (continua, fucsia).

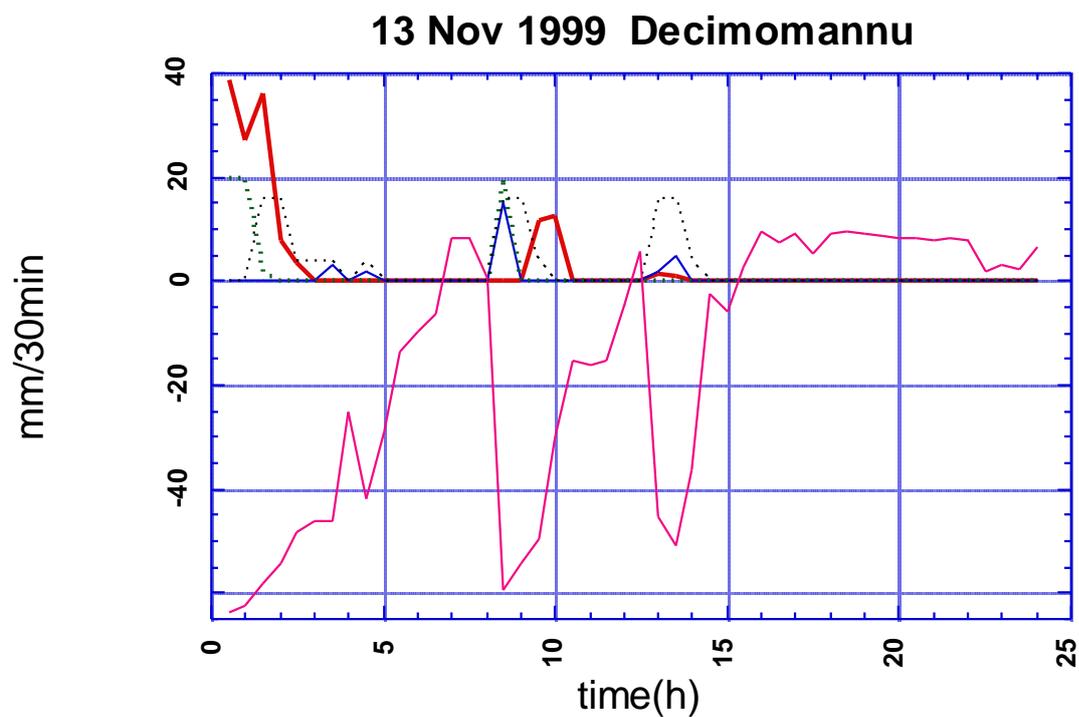
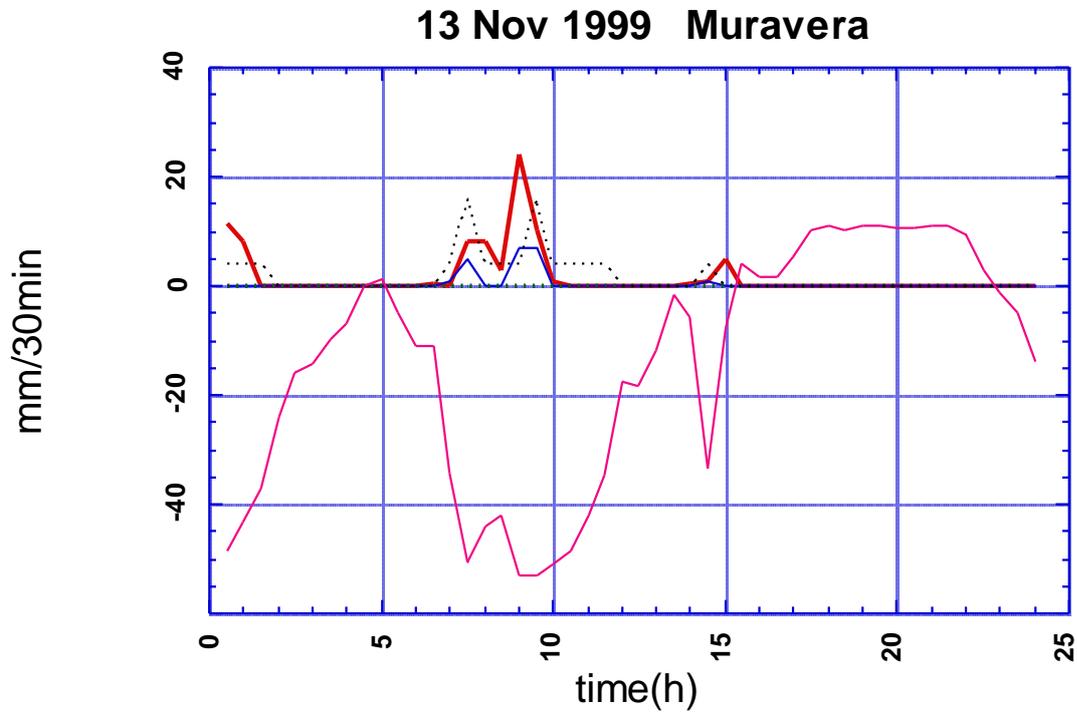


Fig2a. Cumulato su 30min(mm/30min). Pluviometrico (linea grossa continua, rossa), CST (grossa tratteggiata, verde), NAW (tratteggiata, nera), AET (continua, blue),



temperatura IR(°C) del pixel (continua, fucsia).

Fig2b. Cumulato su 30min(mm/30min). Pluviometrico (linea grossa continua, rossa), CST (grossa tratteggiata, verde), NAW (tratteggiata, nera), AET (continua, blue), temperatura IR(°C) del pixel (continua, fucsia).

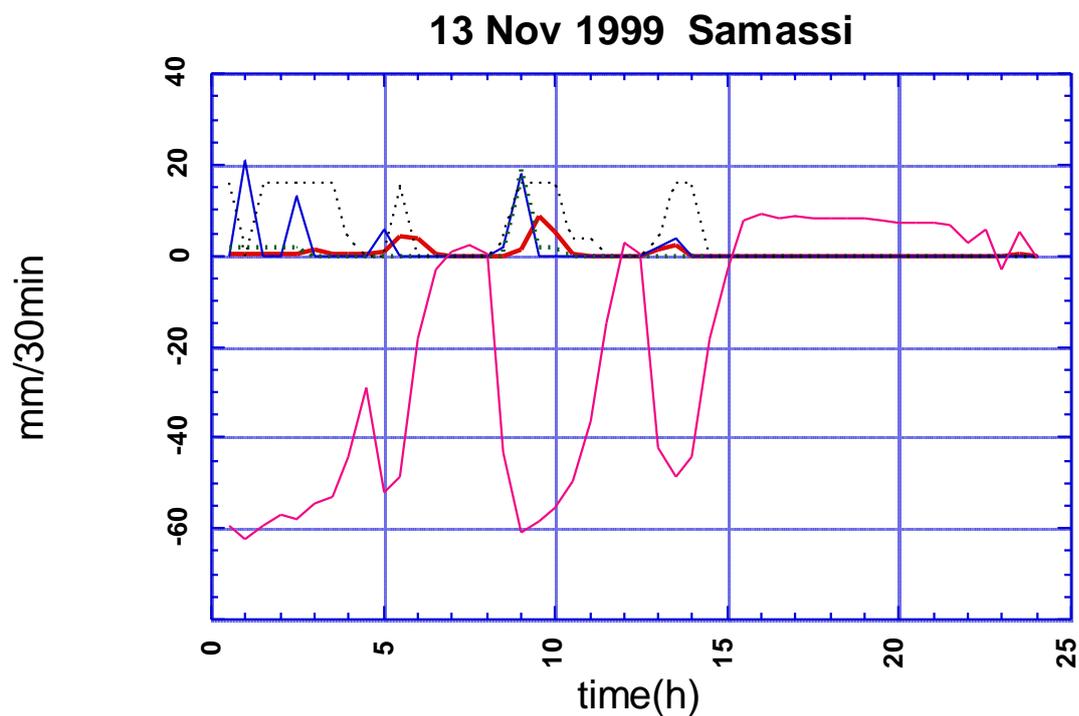


Fig2c. Cumulato su 30min.(mm/30min). Pluviometrico (linea grossa continua, rossa), CST (grossa tratteggiata, verde), NAW (tratteggiata, nera), AET (continua, blue), temperatura IR(°C) del pixel (continua, fucsia).

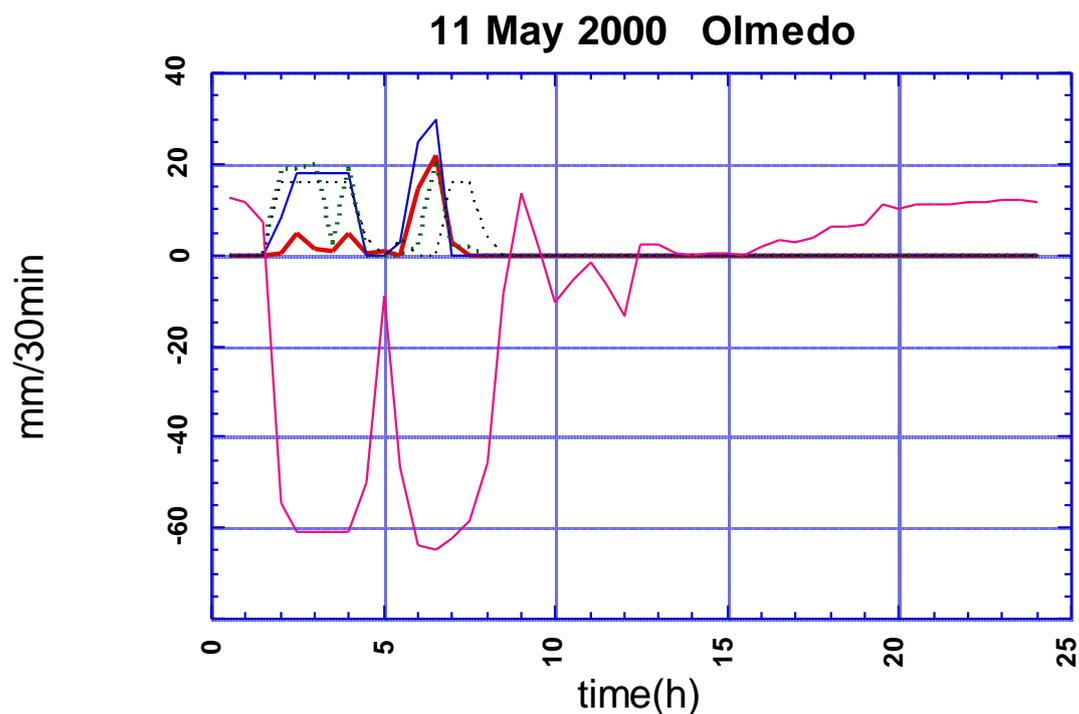


Fig 3a. Cumulato su 30min.(mm/30min). Pluviometrico (linea grossa continua, rossa), CST (grossa tratteggiata, verde), NAW (tratteggiata, nera), AET (continua, blue), temperatura IR(°C) del pixel (continua, fucsia).

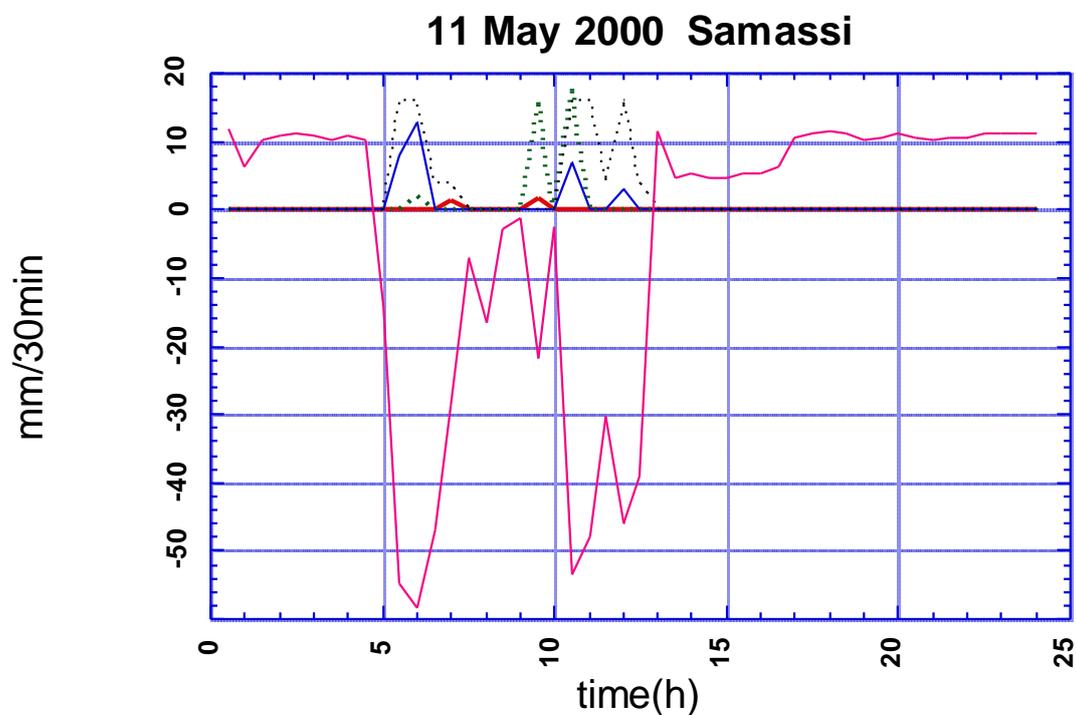


Fig3b. . Cumulato su 30min.(mm/30min). Pluviometrico (linea grossa continua, rossa), CST (grossa tratteggiata, verde), NAW (tratteggiata, nera), AET (continua, blue), temperatura IR(°C) del pixel (continua, fucsia).

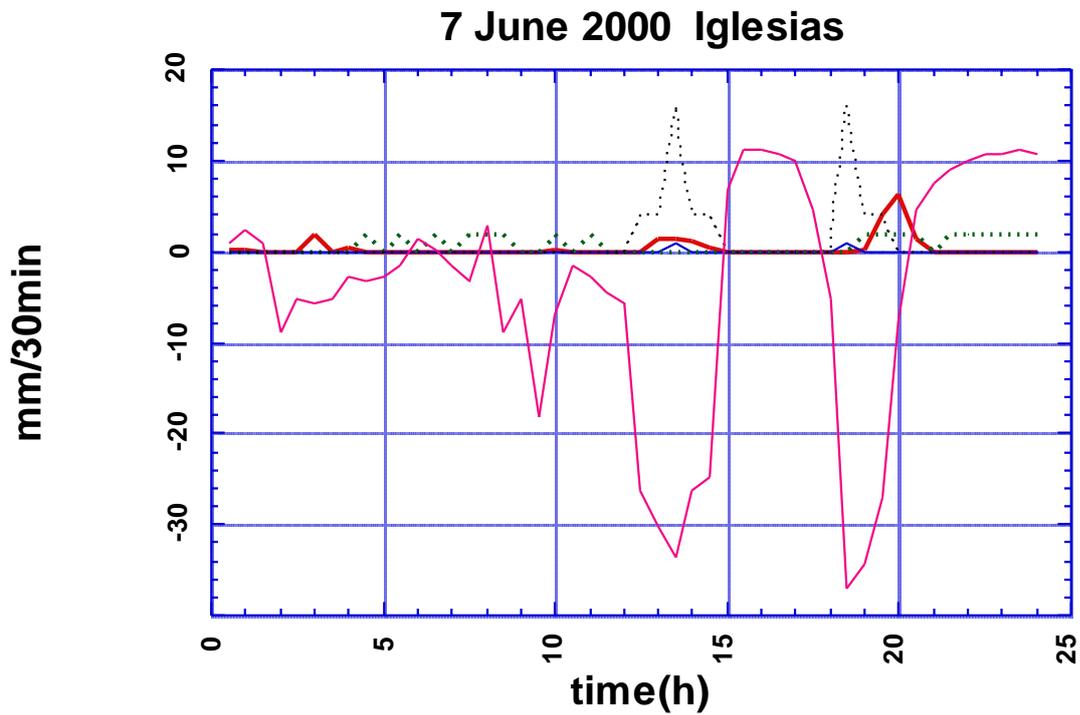


Fig3c. Cumulato su 30min (mm/30min). Pluviometrico (linea grossa continua, rossa), CST (grossa tratteggiata, verde), NAW (tratteggiata, nera), AET (continua, blue), temperatura IR(°C) del pixel (continua, fucsia).

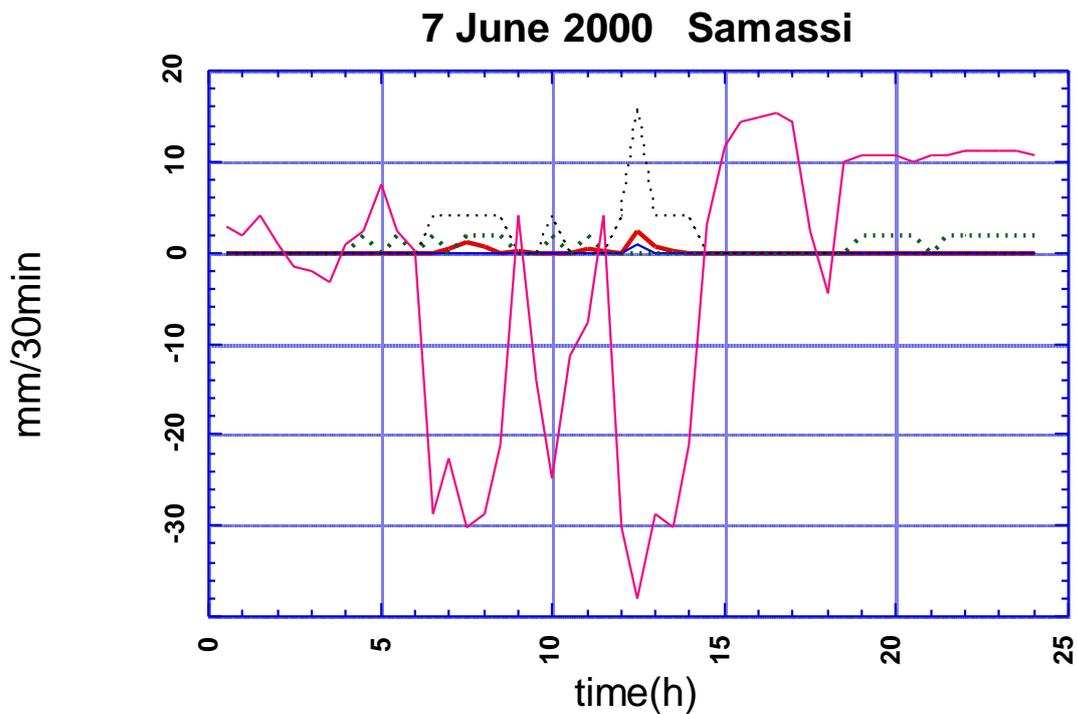
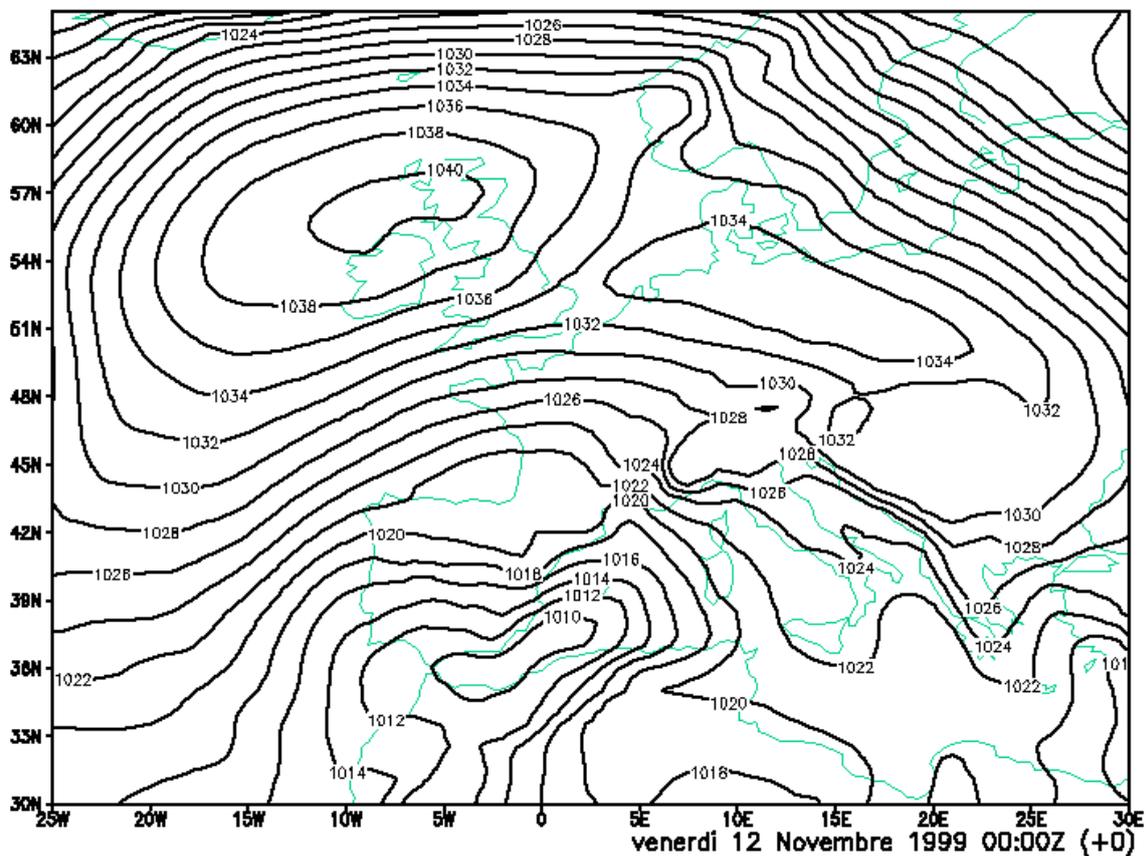


Fig3d. Cumulato su 30min(mm/30min). Pluviometrico (linea grossa continua, rossa), CST (grossa tratteggiata, verde), NAW (tratteggiata, nera), AET (continua, blue), temperatura IR(°C) del pixel (continua, fucsia).

Pressione al suolo



GrADS: OOLA/IGES

2001-02-01-10:30

FIG 4a: MSLP(hPa). 12 Novembre 1999. 00h GMT.

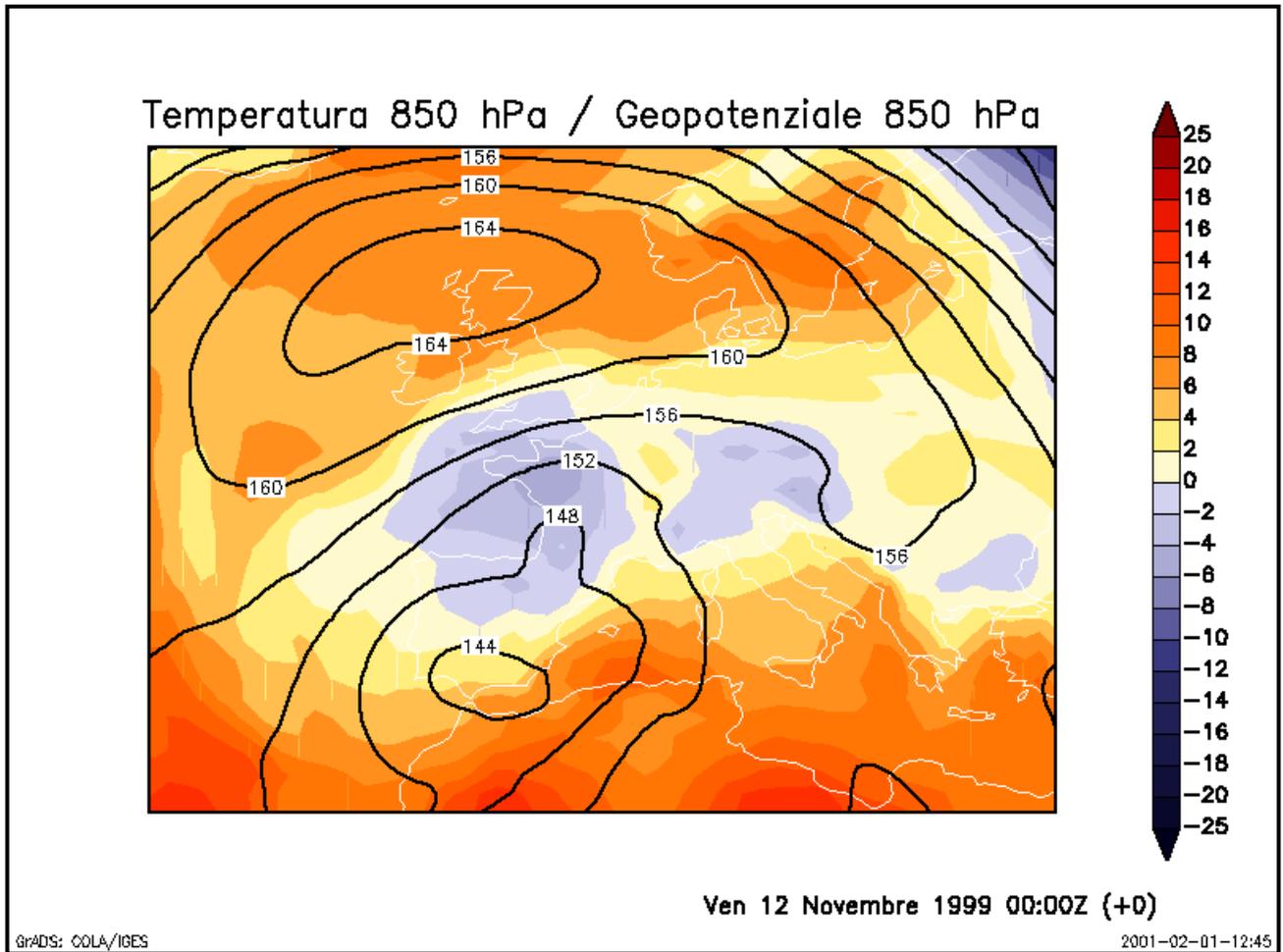
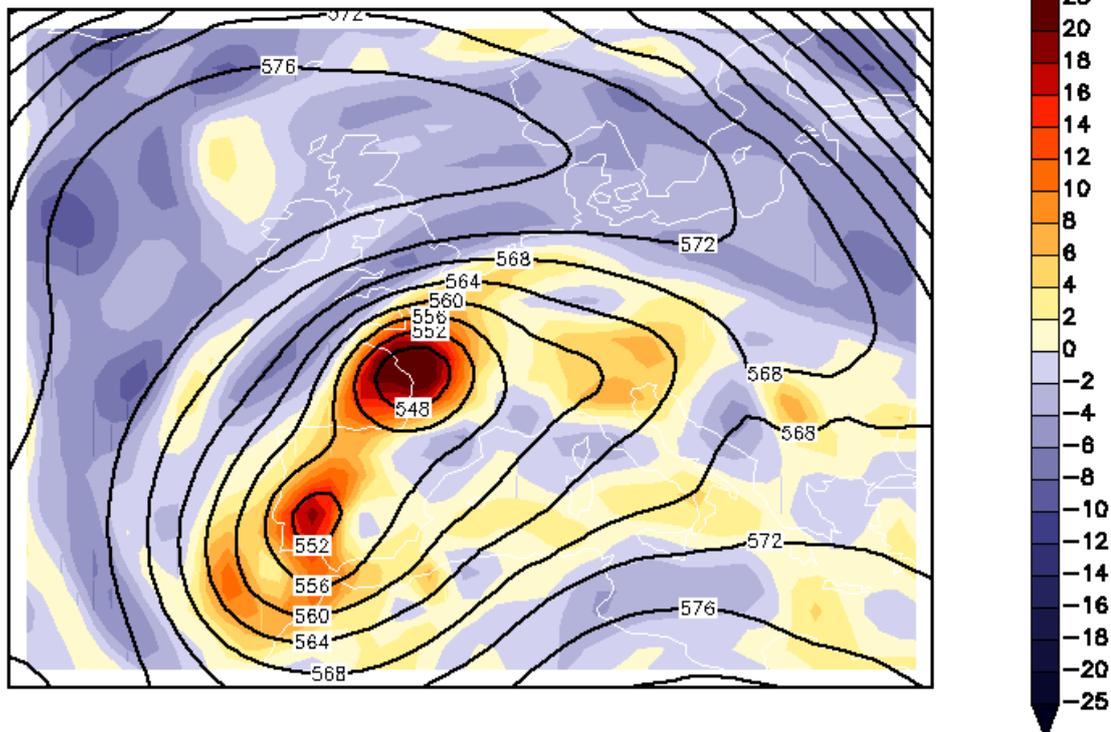


Fig. 4b. Altezza del geopotenziale a 850hPa e temperatura(°C).

Vorticità relativa 500 hPa / Geopotenziale 500 hPa



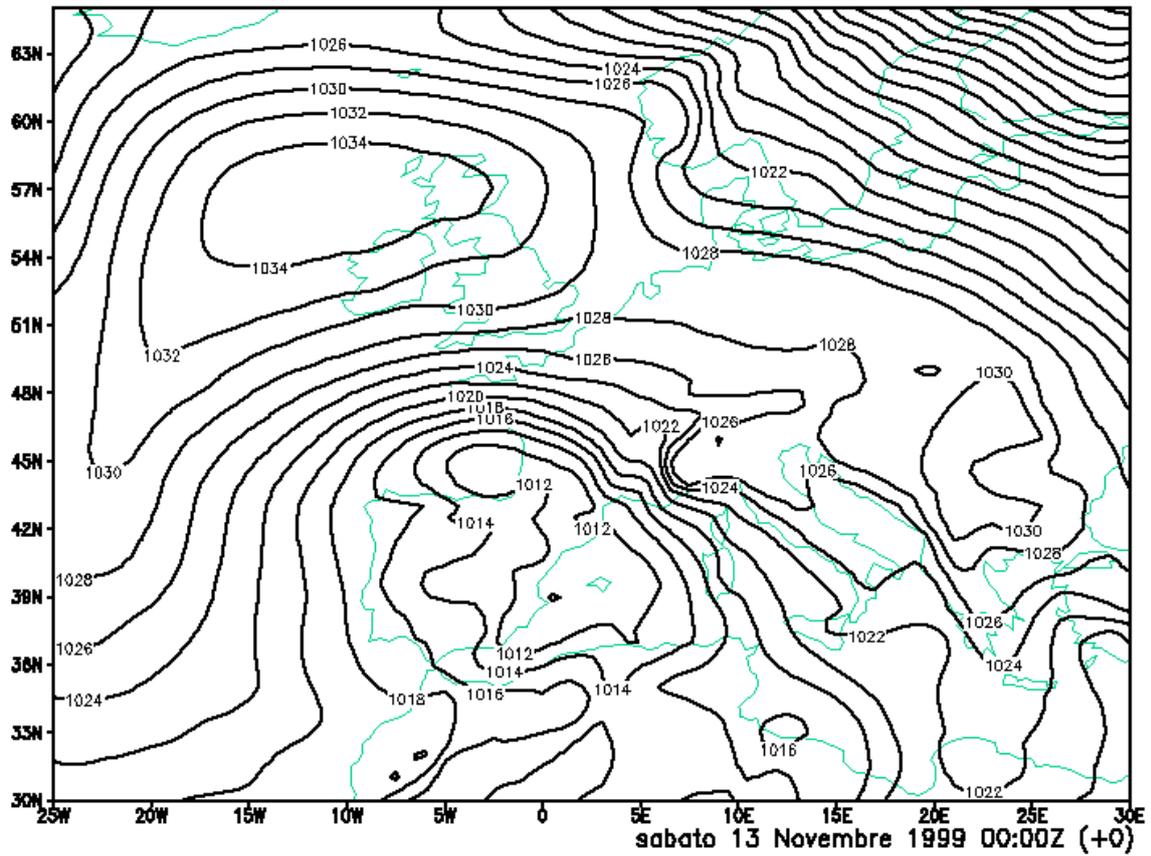
Venerdì 12 Novembre 1999 00:00Z (+0)

GrADS: COLA/IGES

2001-02-01-11:47

Fig 4c: Altezza del geopotenziale a 500 hPa (dam) e vorticità relativa(s-1). 12 Novembre 1999. 00hGMT

Pressione al suolo

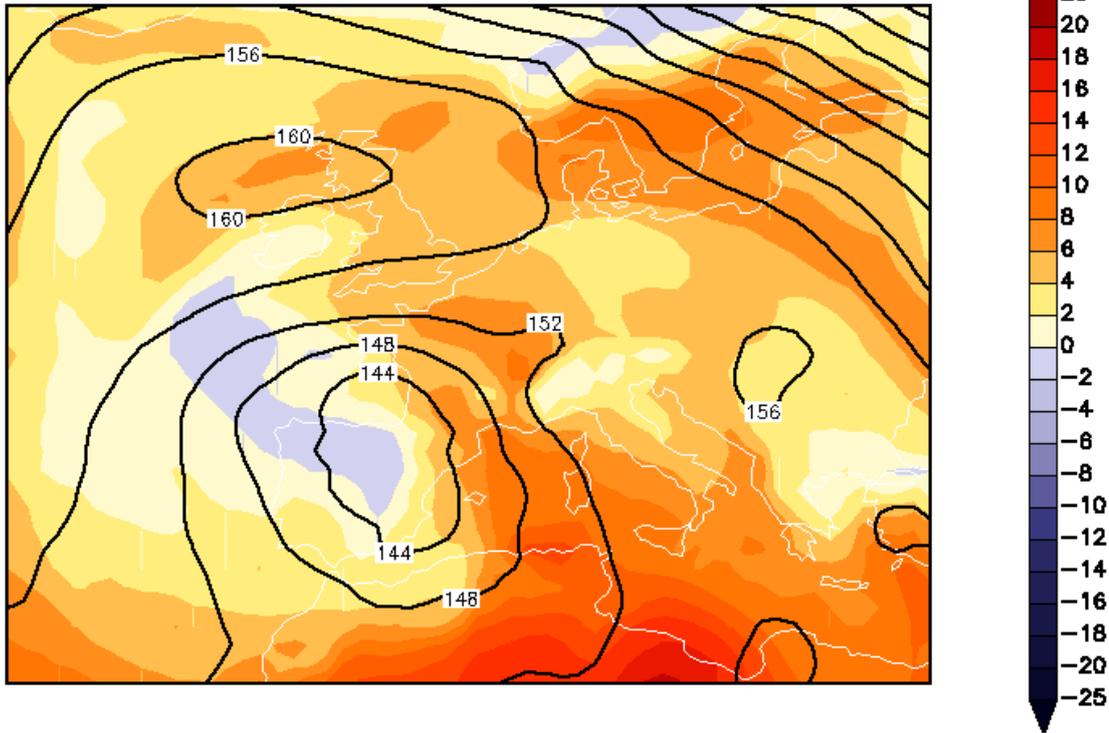


GrADS: COLA/IGES

2001-02-01-10:37

Fig 5a: MSLP(hPa). 13 Novembre 1999. 00hGMT.

Temperatura 850 hPa / Geopotenziale 850 hPa



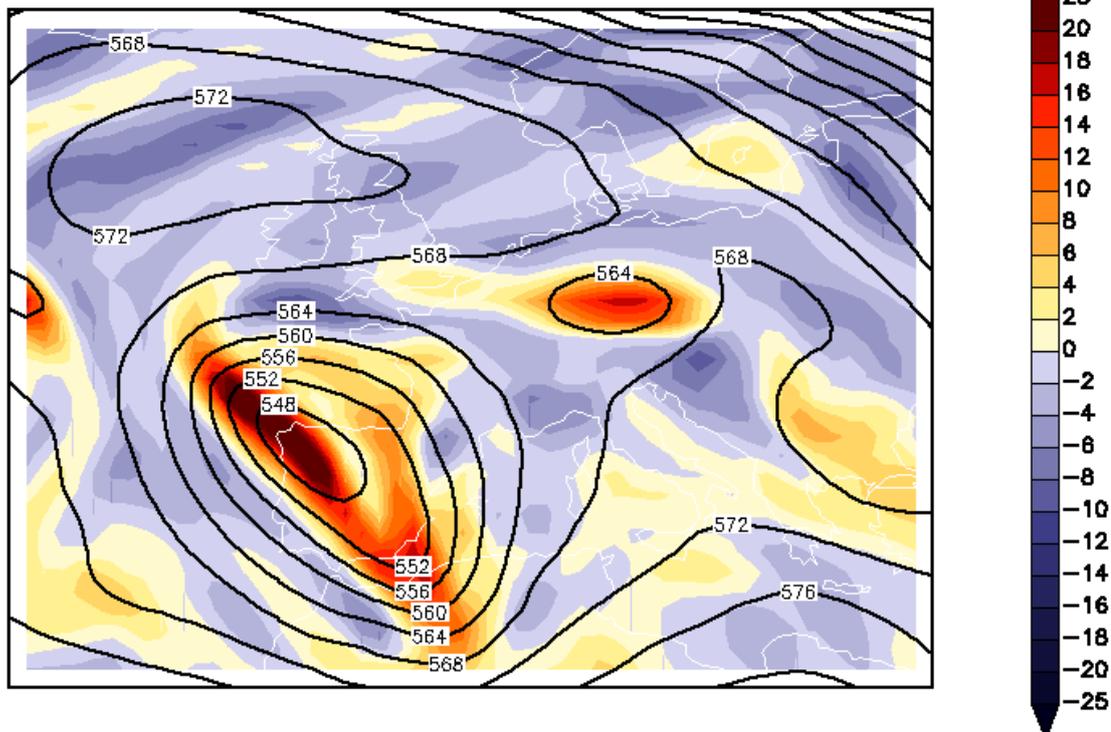
Sab 13 Novembre 1999 00:00Z (+0)

GrADS: COLA/IGES

2001-02-01-12:48

Fig. 5b: Altezza del geopotenziale a 850hPa (dam) e temperatura (°C). 13 Novembre 1999. 00hGMT.

Vorticita' relativa 500 hPa / Geopotenziale 500 hPa



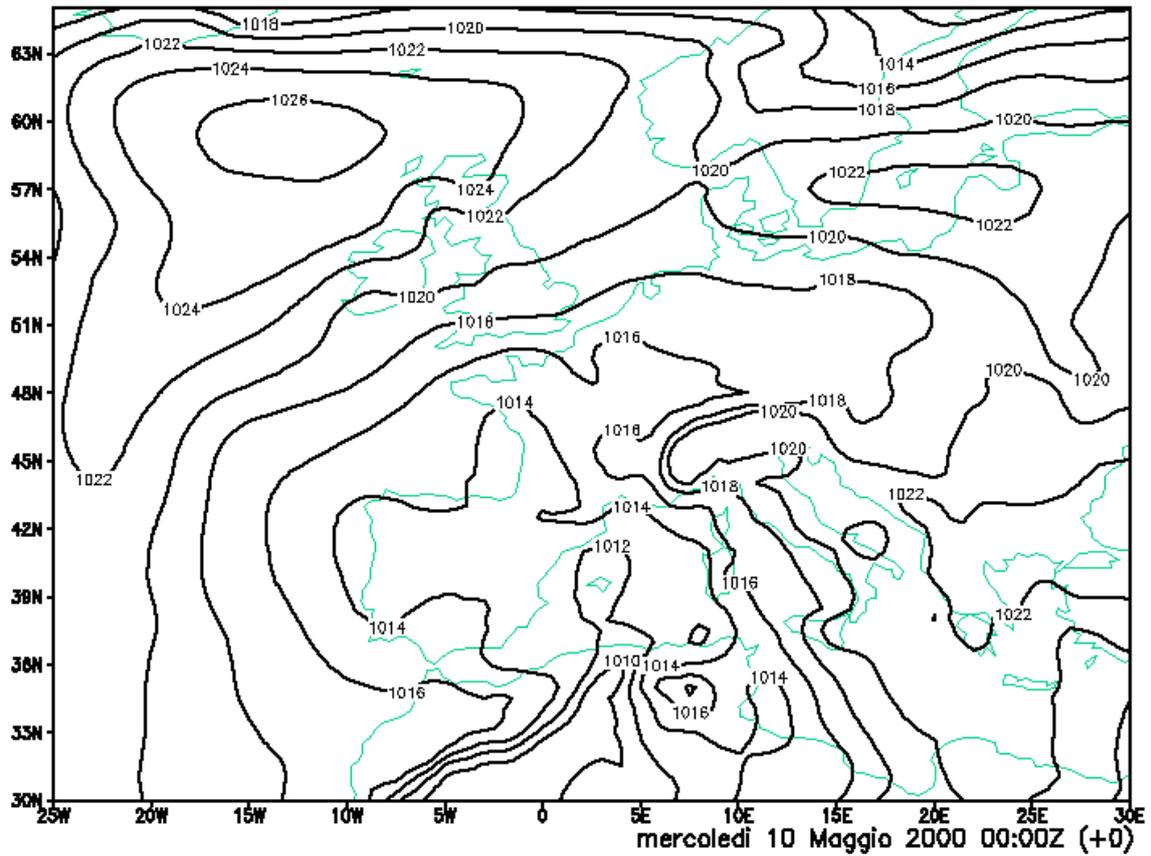
Sabato 13 Novembre 1999 00:00Z (+0)

GrADS: COLA/IGES

2001-02-01-11:52

Fig 5c: Altezza del geopotenziale a 500 hPa (dam) e vorticita' relativa (s-1). 13 Novembre 1999. 00hGMT.

Pressione al suolo

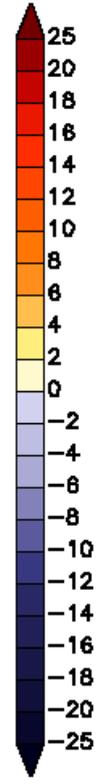
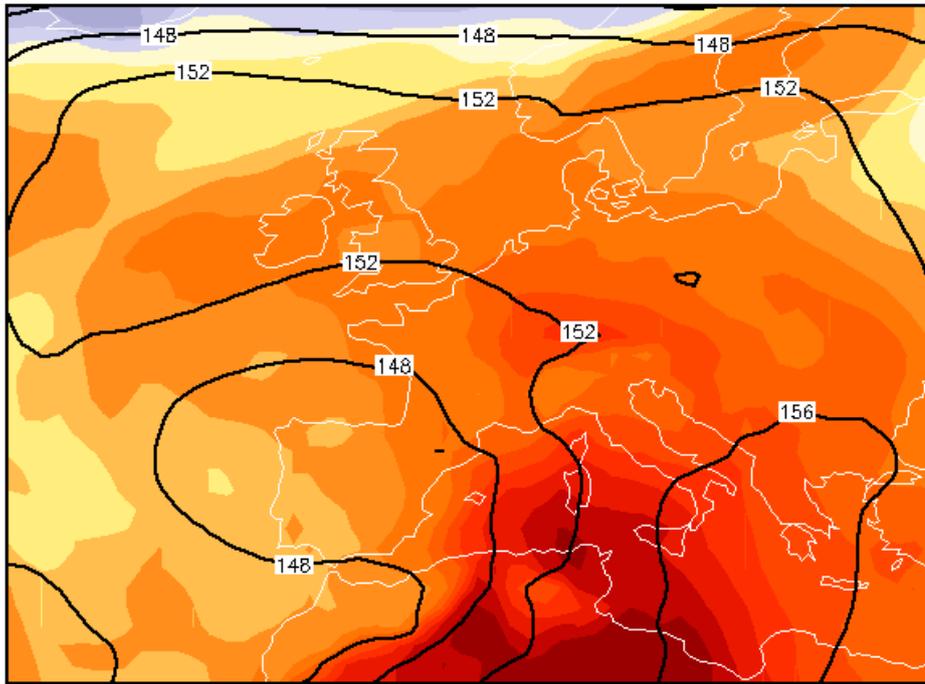


GrADS: COLA/IGES

2001-01-30-16:50

Fig 6a: MSLP(hPa). 10 Maggio 2000. 00hGMT.

Temperatura 850 hPa / Geopotenziale 850 hPa



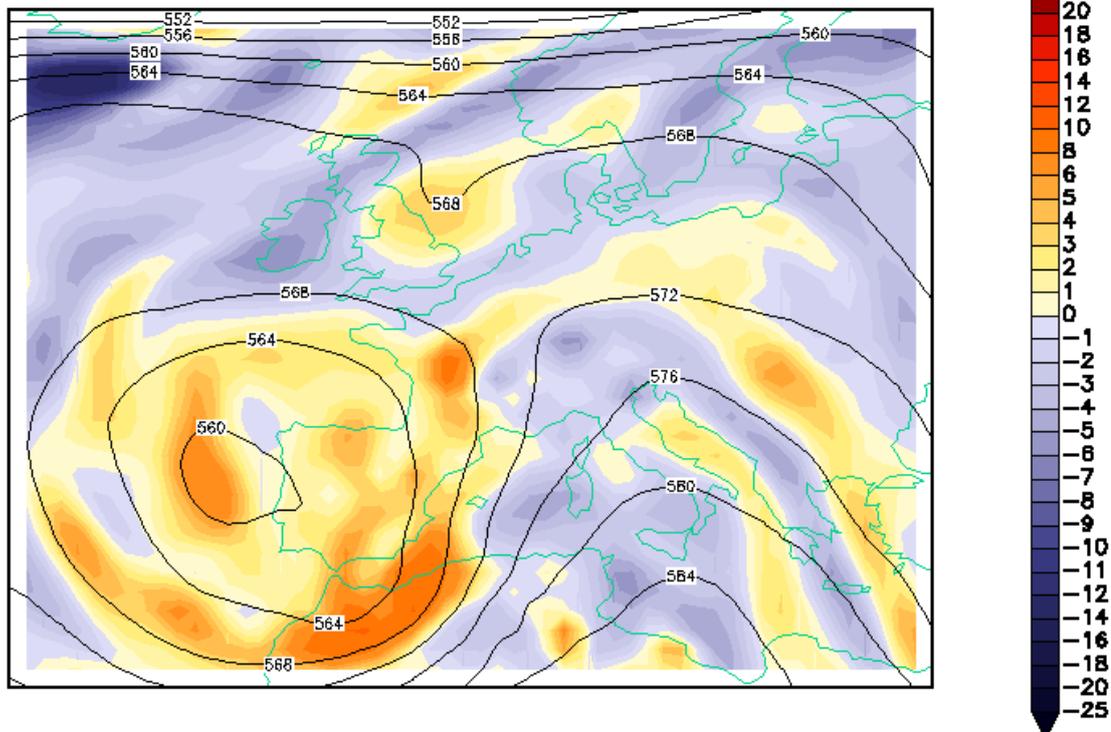
Mer 10 Maggio 2000 00:00Z (+0)

GrADS: COLA/IGES

2001-01-31-15:27

Fig. 6b: Altezza del geopotenziale a 850hPa (dam) e temperatura (°C). 10 Maggio 2000. 00hGMT.

Vorticita' relativa 500 hPa / Geopotenziale 500 hPa



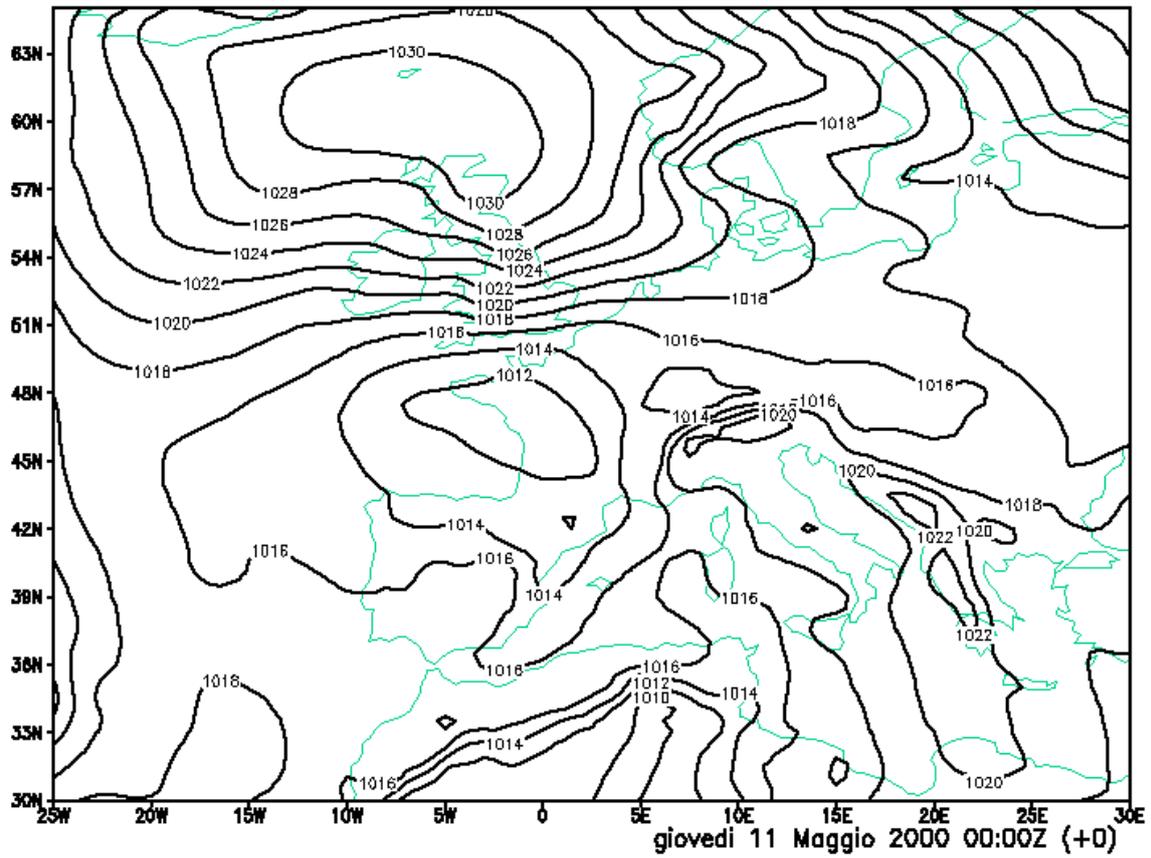
Mercoledì 10 Maggio 2000 00:00Z (+0)

GrADS: COLA/IGES

2001-01-30-15:48

Fig 6c: Altezza del geopotenziale a 500hPa (dam) e vorticità relativa (s-1). 10 Maggio 2000. 00hGMT.

Pressione al suolo

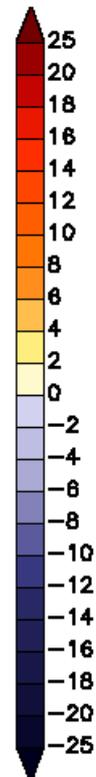
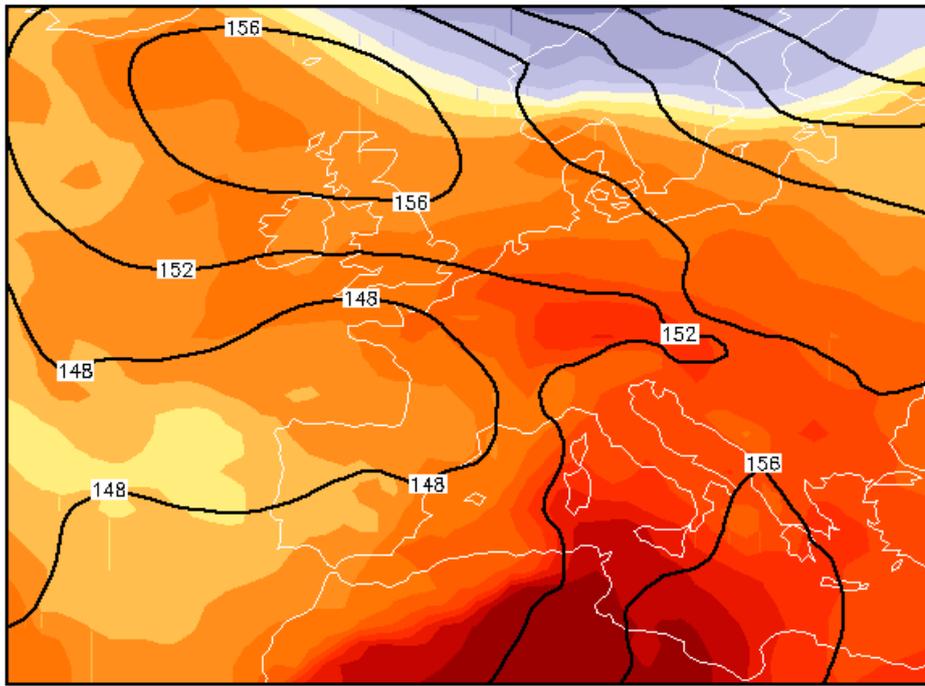


GrADS: COLA/IGES

2001-01-30-16:58

Fig 7a: MSLP(hPa). 11 Maggio 2000. 00hGMT

Temperatura 850 hPa / Geopotenziale 850 hPa



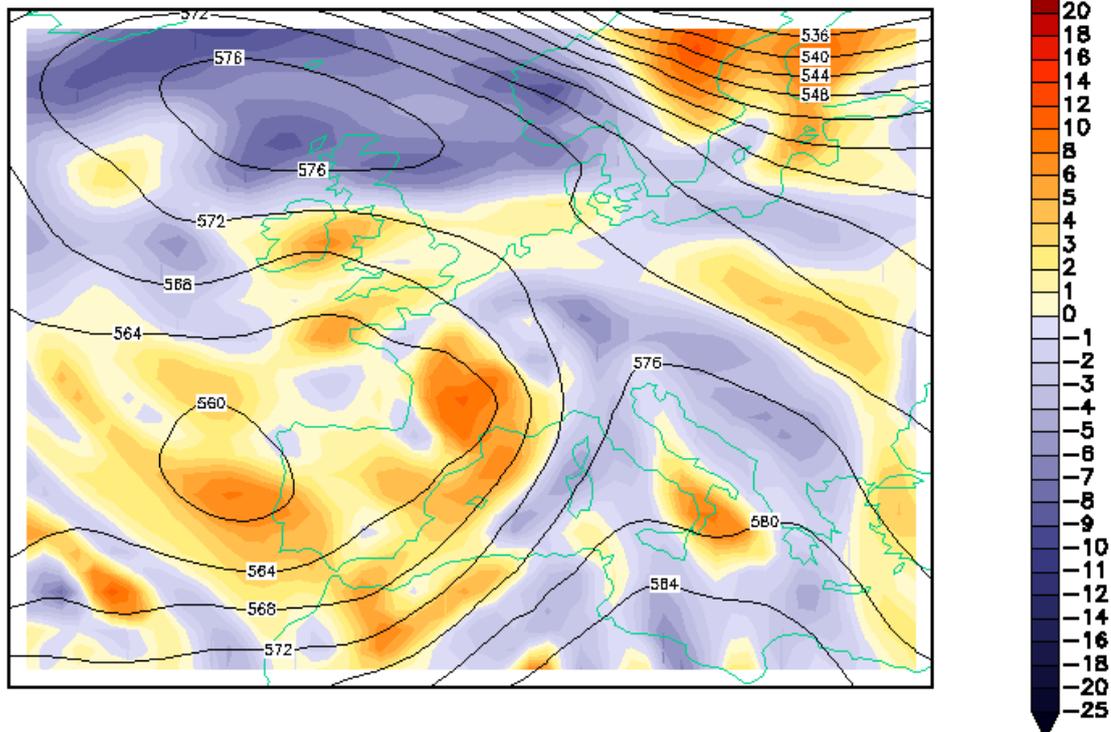
Gio 11 Maggio 2000 00:00Z (+0)

GRADS: COLA/IGES

2001-01-31-15:33

Fig 7b: Altezza del geopotenziale a 850hPa (dam) e temperatura (°C). 11 Maggio 00. 00hGMT.

Vorticità relativa 500 hPa / Geopotenziale 500 hPa



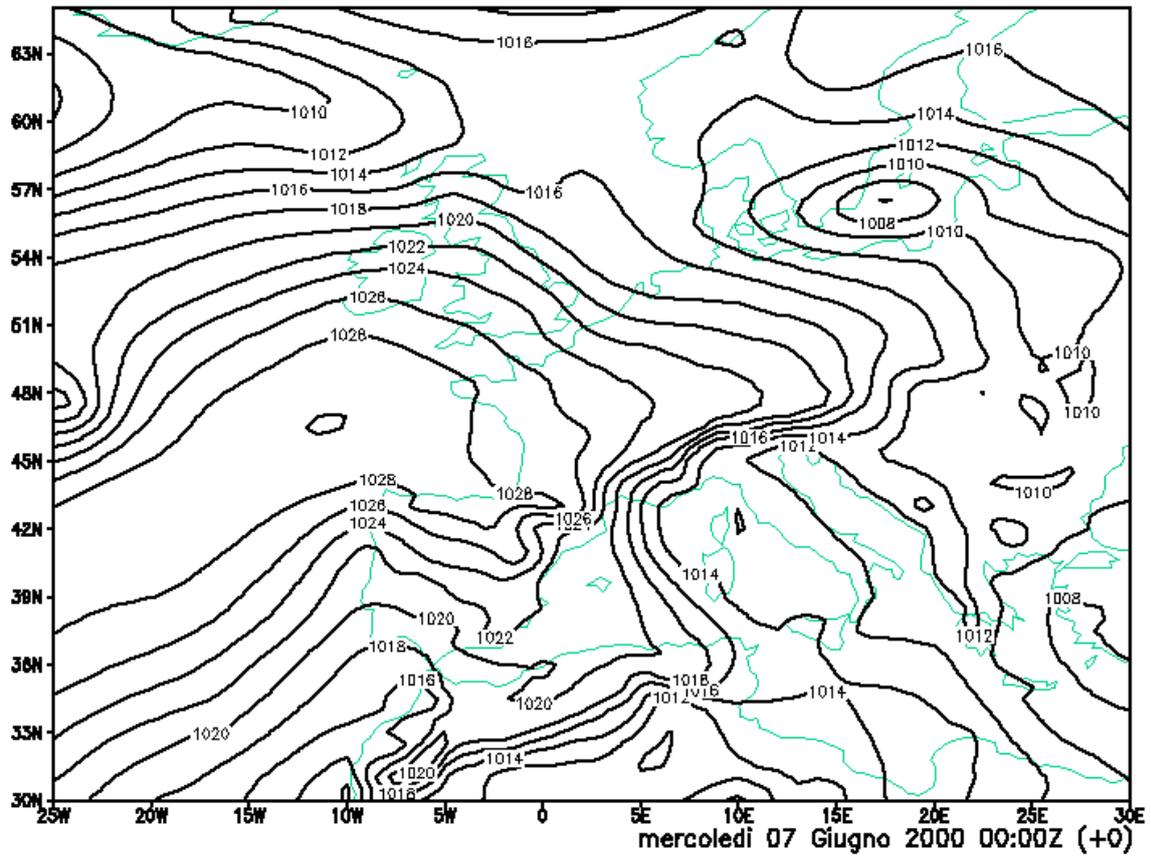
Giovedì 11 Maggio 2000 00:00Z (+0)

GrADS: COLA/IGES

2001-01-30-15:53

Fig 7c: Altezza del geopotenziale a 500hPa (dam) e vorticità relativa (s-1). 11 Maggio 2000. 00hGMT.

Pressione al suolo

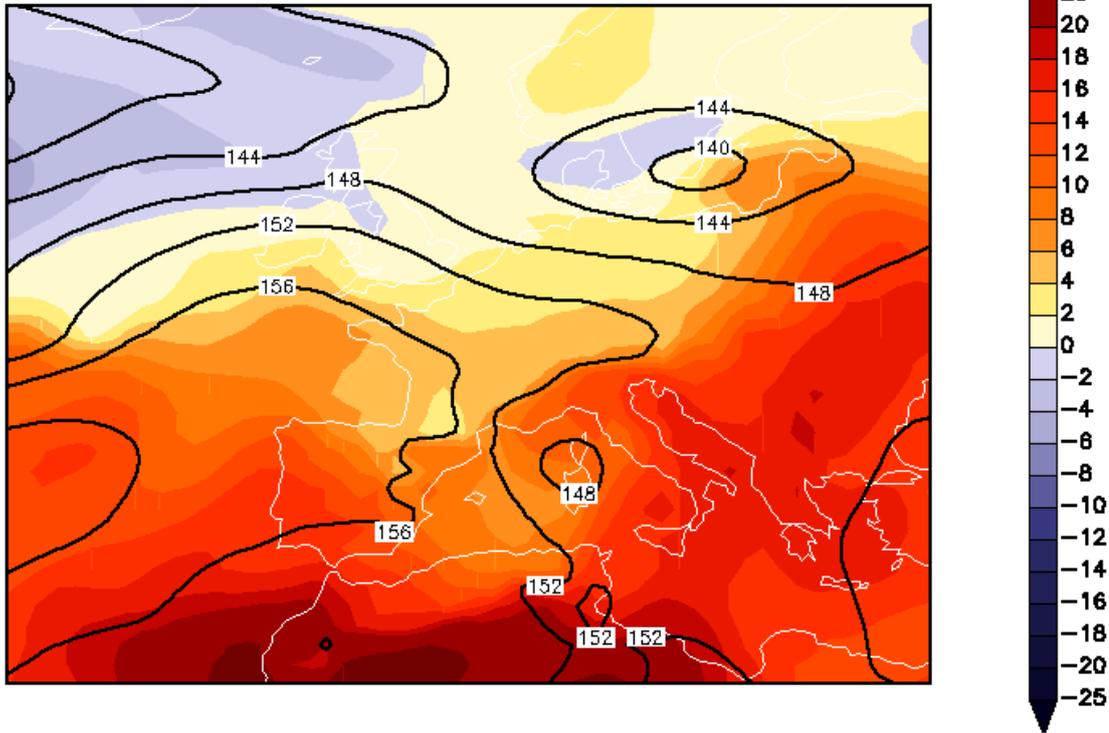


GrADS: COLA/IGES

2001-01-30-17:05

Fig 8a: MSLP(hPa). 7 Giugno 2000. 00hGMT.

Temperatura 850 hPa / Geopotenziale 850 hPa



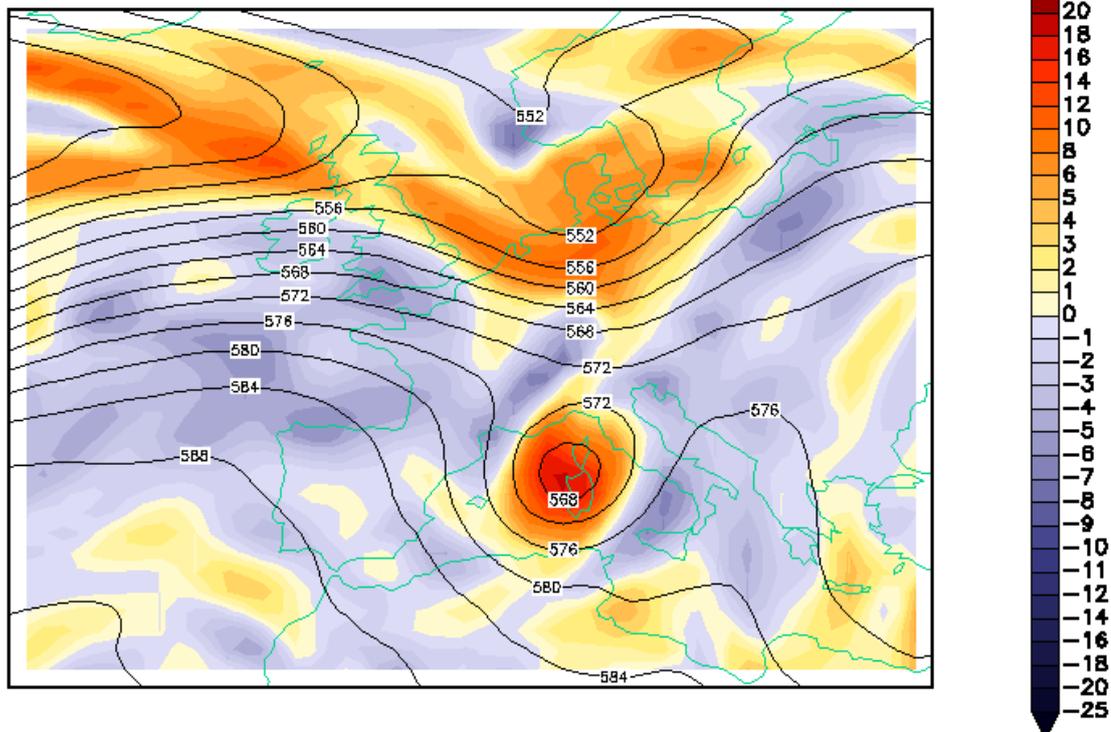
Mer 07 Giugno 2000 00:00Z (+0)

GrADS: COLA/IGES

2001-01-31-15:07

Fig. 8b: Altezza del geopotenziale a850hPa (dam) e temperatura (°C). 7 Giugno 2000. 00hGMT.

Vorticita' relativa 500 hPa / Geopotenziale 500 hPa



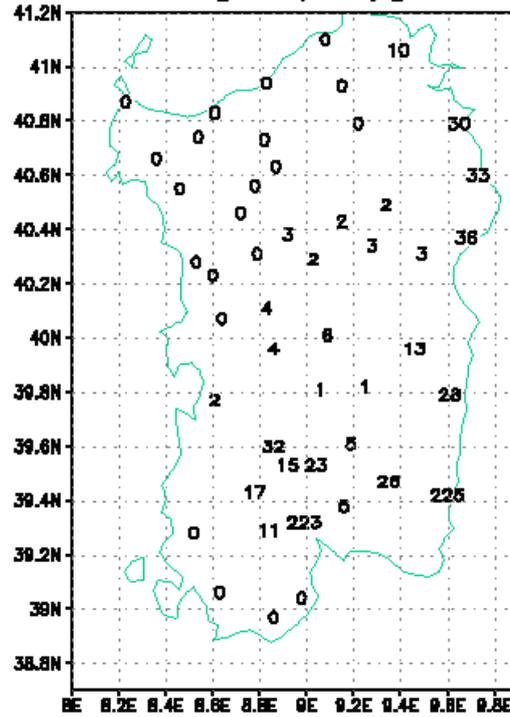
Mercoledì 07 Giugno 2000 00:00Z (+0)

GrADS: COLA/IGES

2001-01-30-15:34

Fig 8c: Altezza del geopotenziale a 500hPa (dam) e vorticità relativa (s-1). 7 Giugno 2000. 00hGMT.

PRECIPITAZIONE [mm/day] 12NOV1999

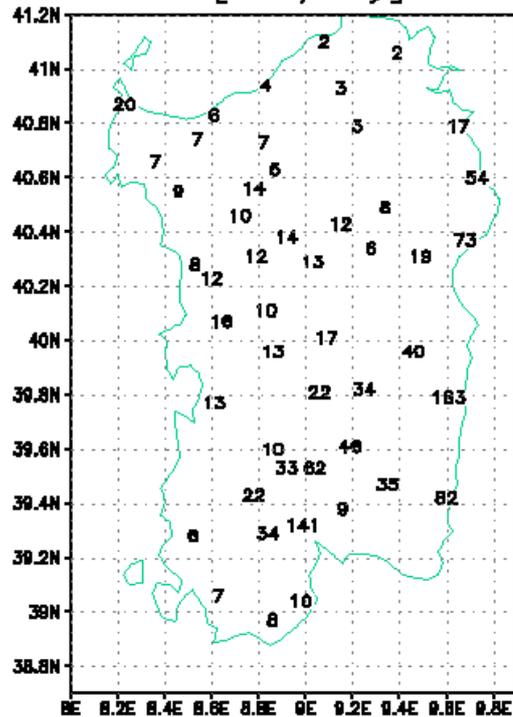


Dati SAR

GRADS: COLA/IGES

2001-05-12-13:17

PRECIPITAZIONE [mm/day] 13NOV1999

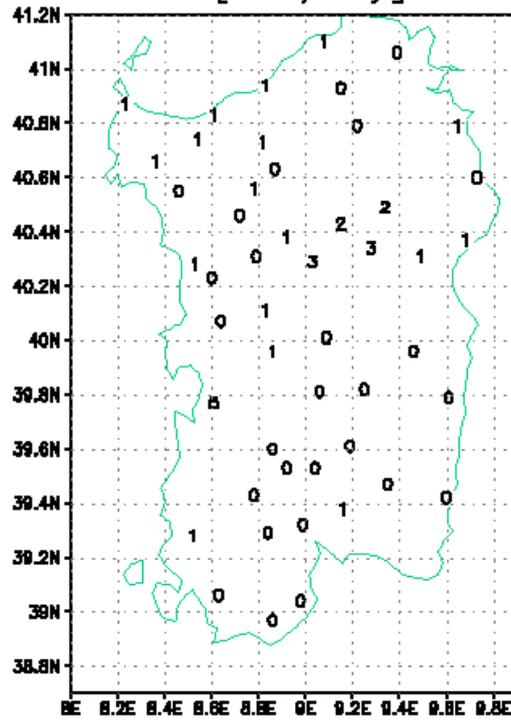


Dati SAR

GRADS: COLA/IGES

2001-05-12-13:45

PRECIPITAZIONE [mm/day] 10MAY2000

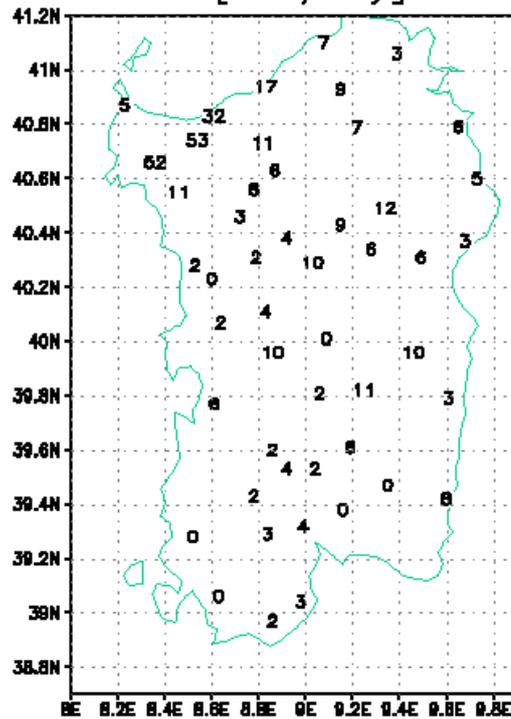


Dati SAR

GRADS: COLA/IGES

2001-05-12-13:46

PRECIPITAZIONE [mm/day] 11MAY2000

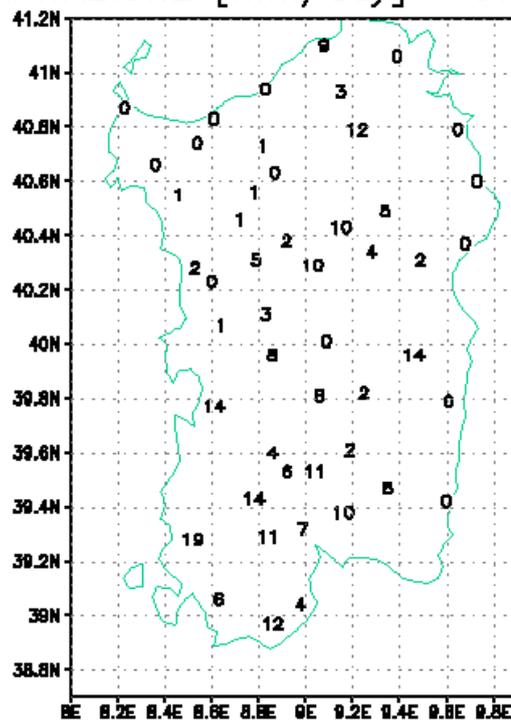


Dati SAR

GRADS: COLA/IGES

2001-05-12-13:47

PRECIPITAZIONE [mm/day] 07JUN2000



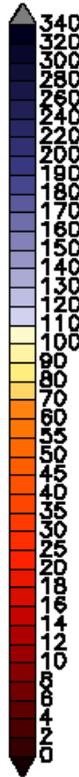
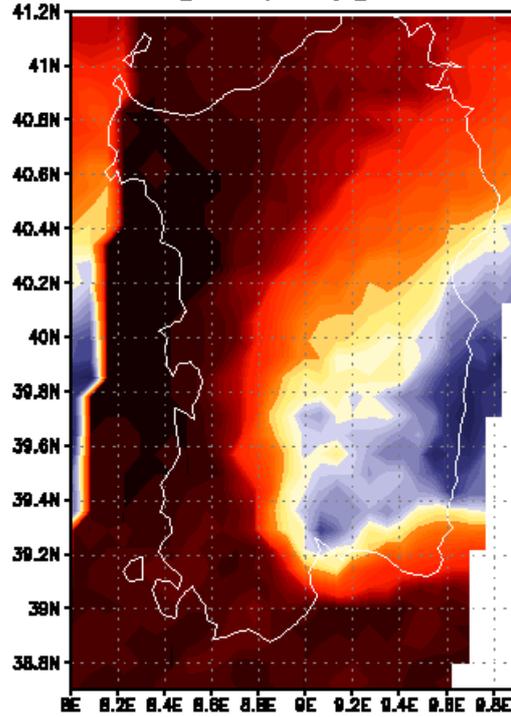
Dati SAR

GRADS: COLA/IGES

2001-05-12-13:47

Fig 9,a,b,c,d,e: Cumulati giornalieri di precipitazione registrati dalle stazioni SAR, rispettivamente per i giorni 12 e 13 Nov 1999, 10 e 11 Maggio 2000, 7 Giugno 2000.

PRECIPITAZIONE [mm/day] 00Z12NOV1999

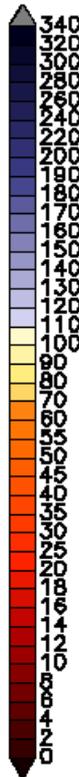
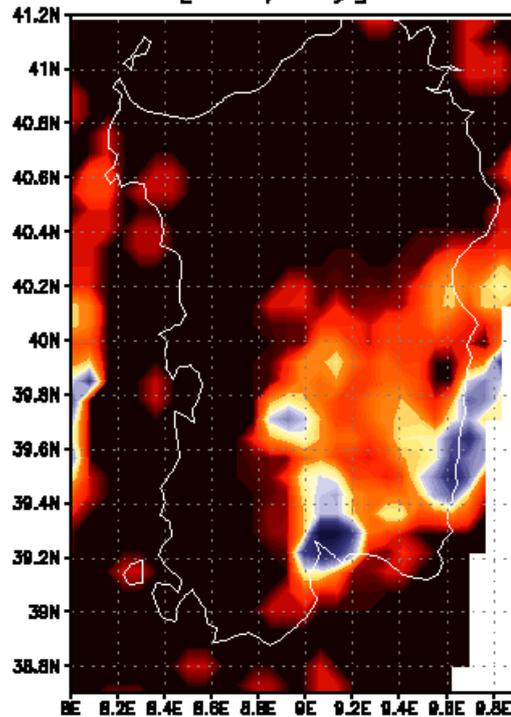


Dati EUMETSAT Elaborazioni SAR

GrADS: COLA/IGES

2001-05-10-15:21

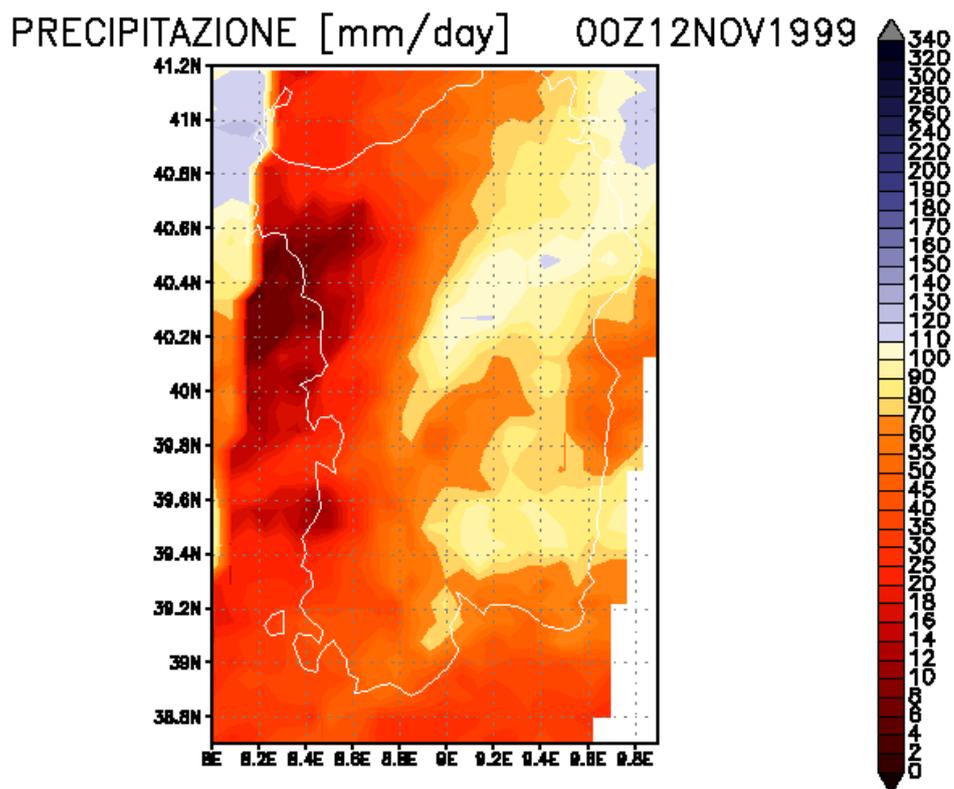
PRECIPITAZIONE [mm/day] 00Z12NOV1999



Dati EUMETSAT Elaborazioni SAR

GrADS: COLA/IGES

2001-05-10-15:19



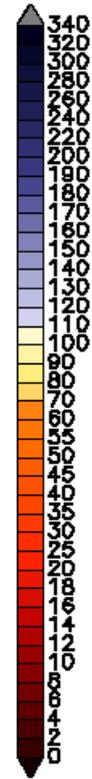
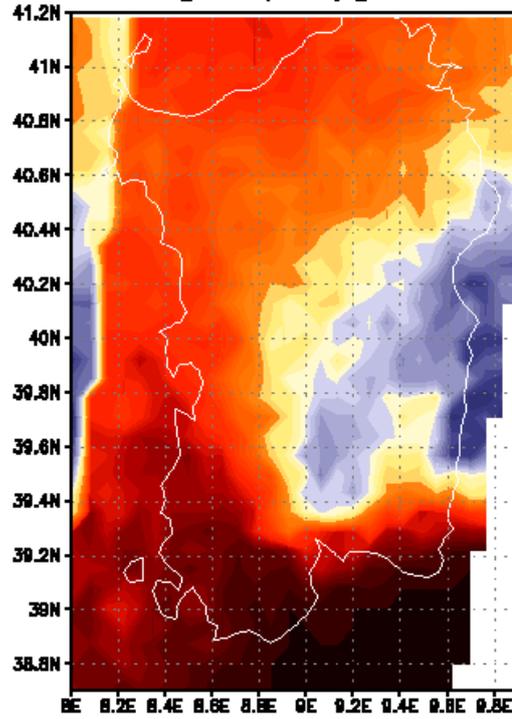
Dati EUMETSAT Elaborazioni SAR

GRADS: CDLA/IGES

2001-05-10-15:58

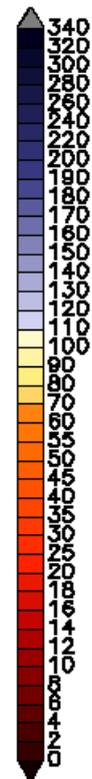
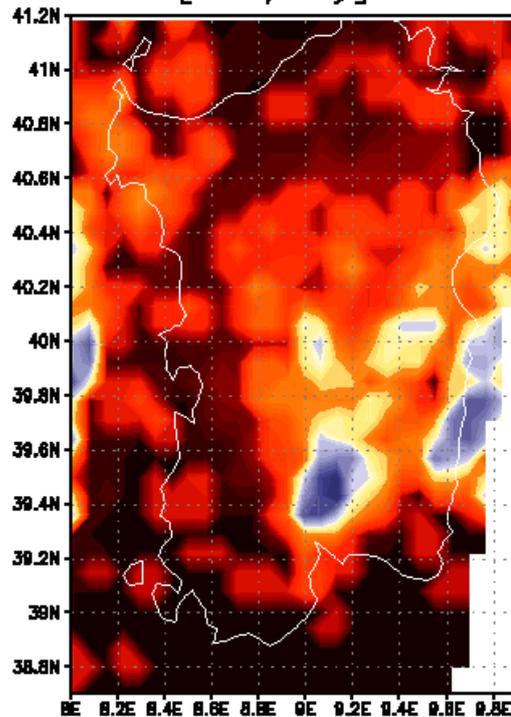
Fig 10a,b,c: Cumulati giornalieri del giorno 12 Nov 1999 stimati rispettivamente con AET, CST, NAW.

PRECIPITAZIONE [mm/day] 00Z13NOV1999

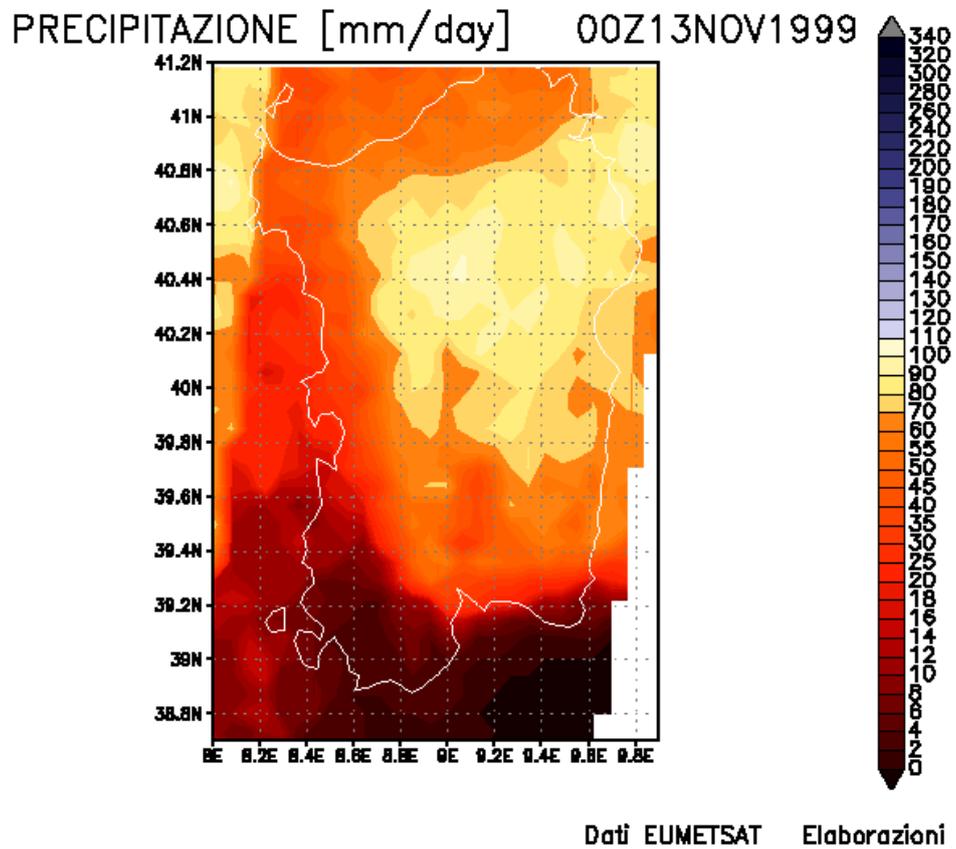


Dati EUMETSAT Elaborazioni SAR

PRECIPITAZIONE [mm/day] 00Z13NOV1999



Dati EUMETSAT Elaborazioni SAR

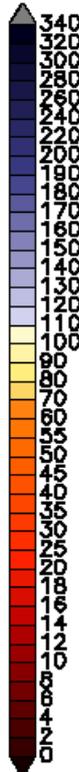
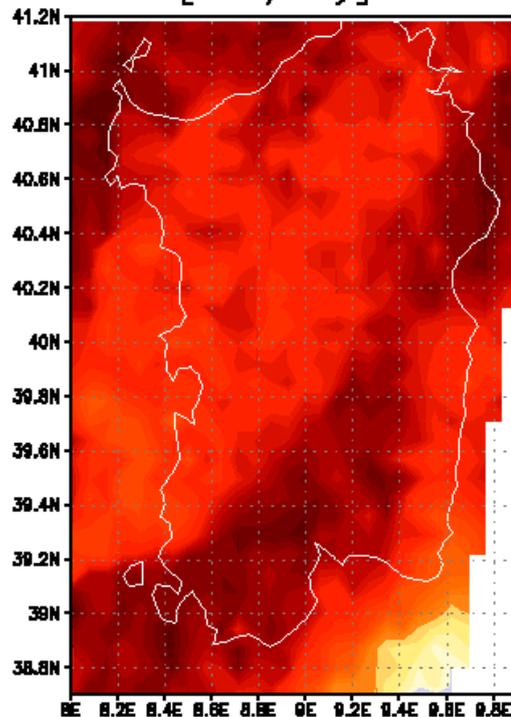


GRADS: COLA/IGES

2001-05-10-16:25

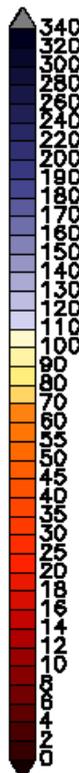
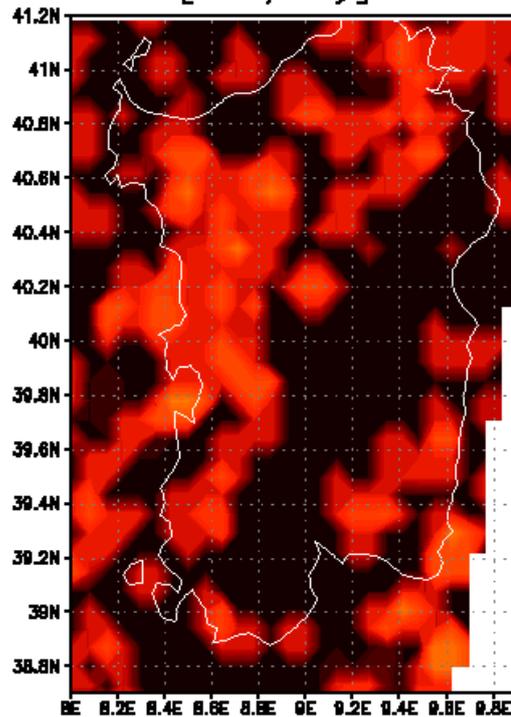
Fig. 11a,b,c: Cumulati giornalieri di precipitazione per il giorno 13 Nov. 1999, stimati rispettivamente con AET, CST, NAW.

PRECIPITAZIONE [mm/day] 00Z10MAY2000

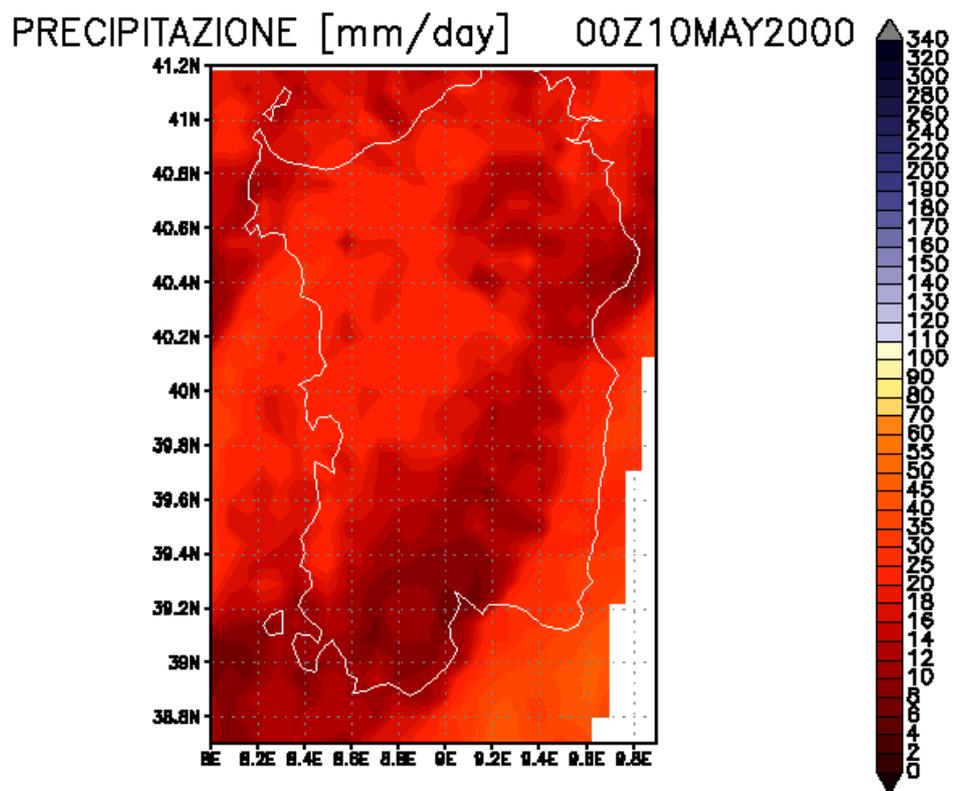


Dati EUMETSAT Elaborazioni SAR

PRECIPITAZIONE [mm/day] 00Z10MAY2000



Dati EUMETSAT Elaborazioni SAR



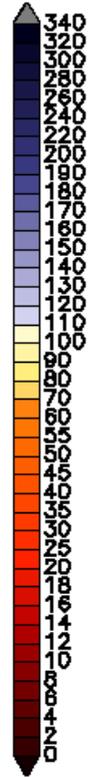
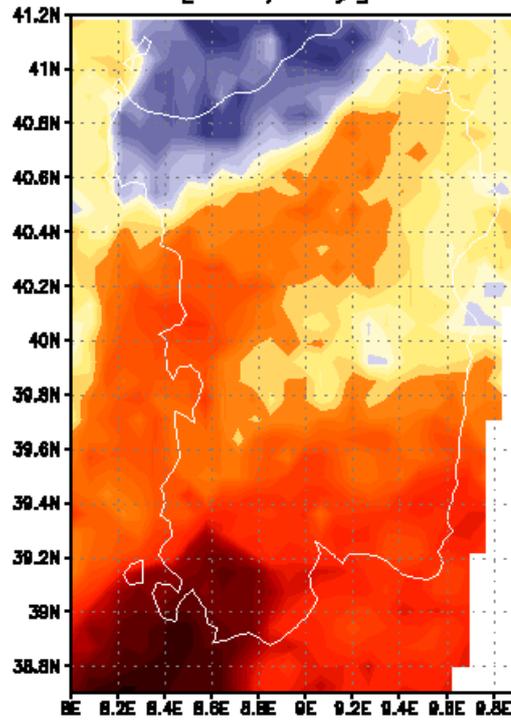
Dati EUMETSAT Elaborazioni SAR

GrADS: COLA/IGES

2001-05-10-16:26

Fig 12a,b,c: Cumulati giornalieri di precipitazione del giorno 10 Maggio 2000 stimati rispettivamente con AET, CST, NAW.

PRECIPITAZIONE [mm/day] 00Z11MAY2000

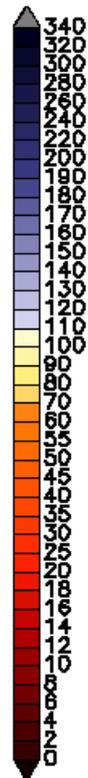
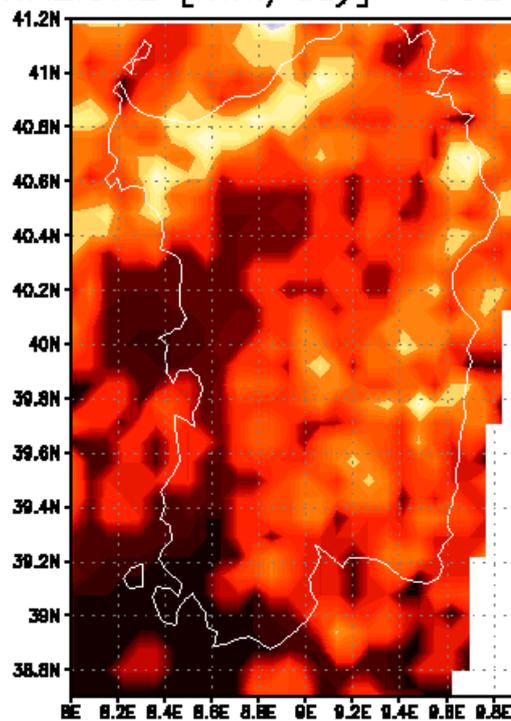


Dati EUMETSAT Elaborazioni SAR

GRADS: COLA/IGES

2001-05-10-16:29

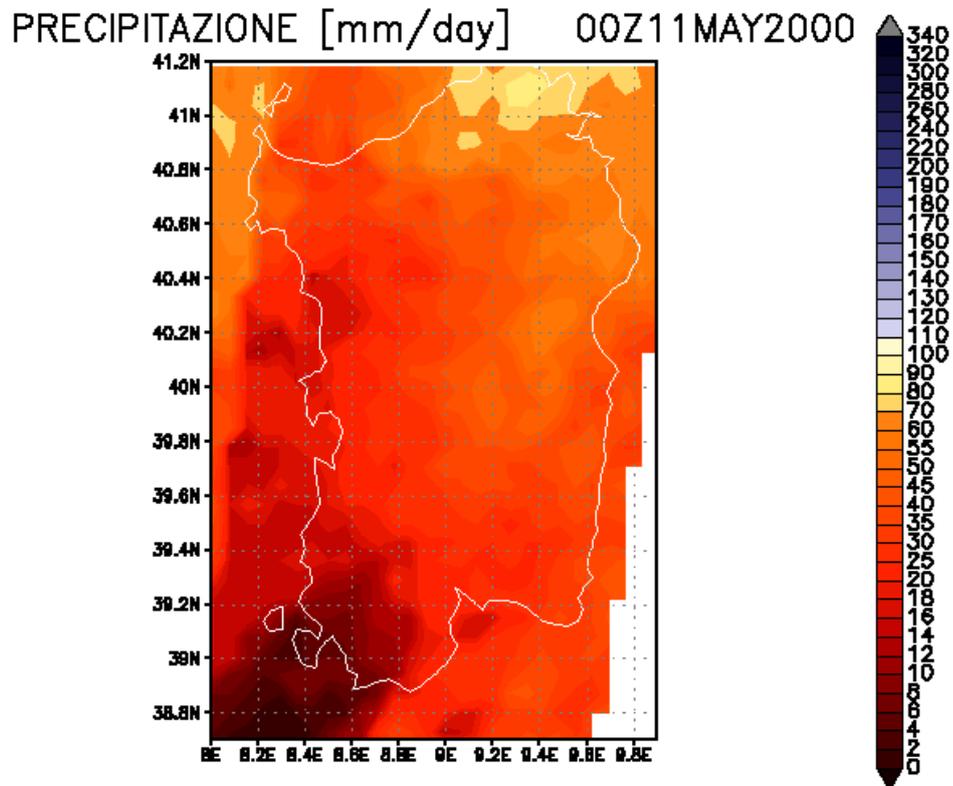
PRECIPITAZIONE [mm/day] 00Z11MAY2000



Dati EUMETSAT Elaborazioni SAR

GRADS: COLA/IGES

2001-05-10-16:30



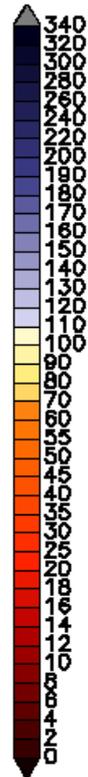
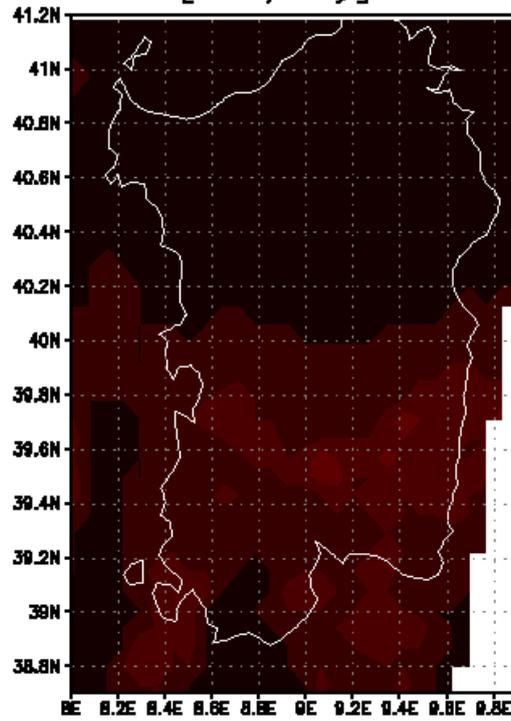
Dati EUMETSAT Elaborazioni SAR

GRADS: COLA/IGES

2001-05-10-16:31

Fig 13a,b,c: Cumulati giornalieri di precipitazione del giorno 11 Maggio 2000 stimati rispettivamente con AET, CST, NAW.

PRECIPITAZIONE [mm/day] 00Z07JUN2000

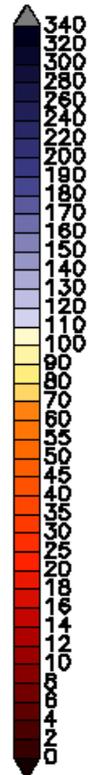
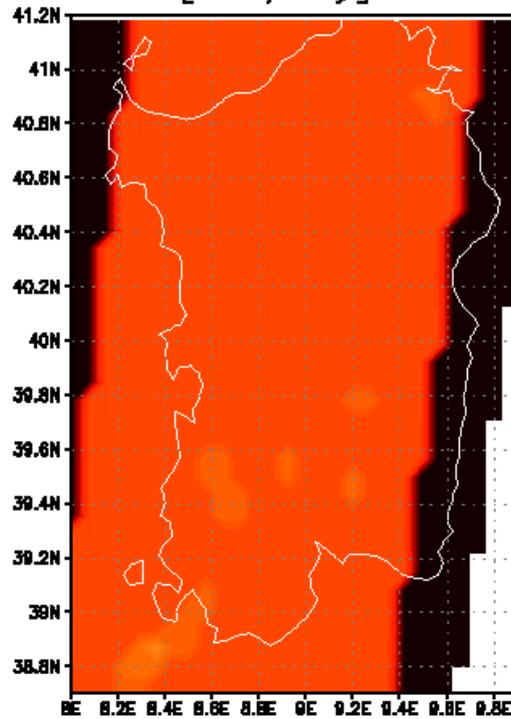


Dati EUMETSAT Elaborazioni SAR

GRADS: COLA/IGES

2001-05-10-16:33

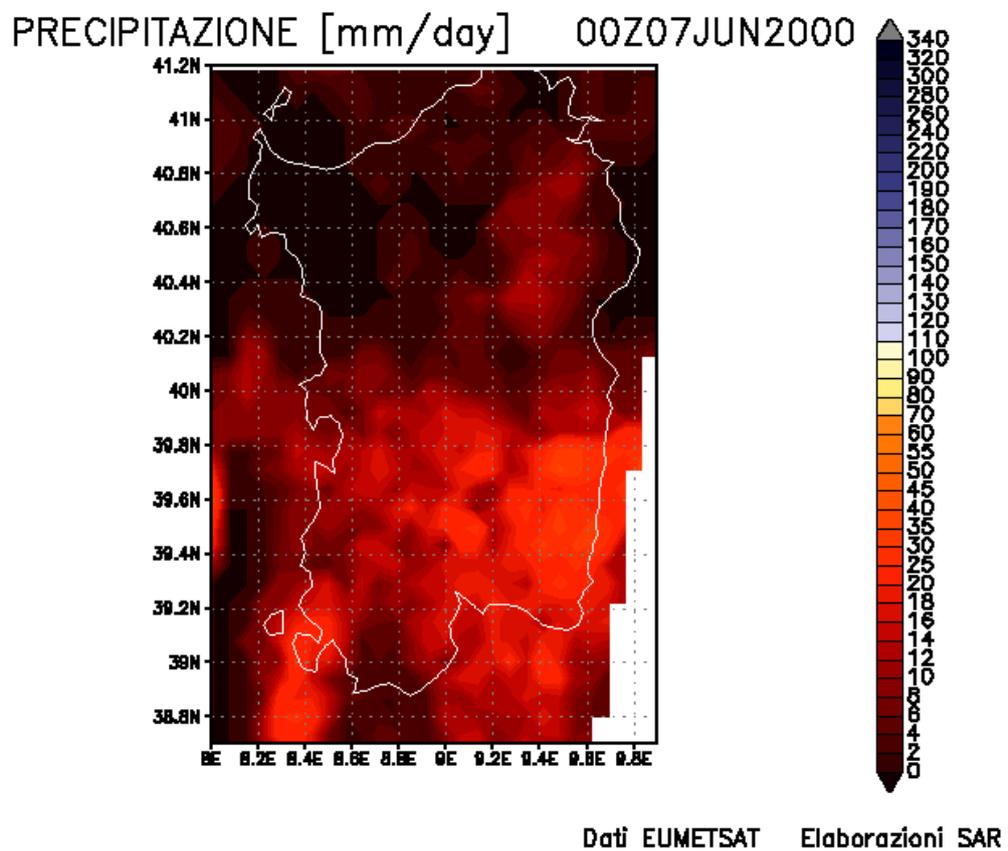
PRECIPITAZIONE [mm/day] 00Z07JUN2000



Dati EUMETSAT Elaborazioni SAR

GRADS: COLA/IGES

2001-05-10-16:32



GrADS: COLA/IGES

2001-05-10-16:32

Fig 14a,b,c: Cumulati giornalieri di precipitazione del giorno 7 Giugno 2000 stimati rispettivamente con AET, CST, NAW.