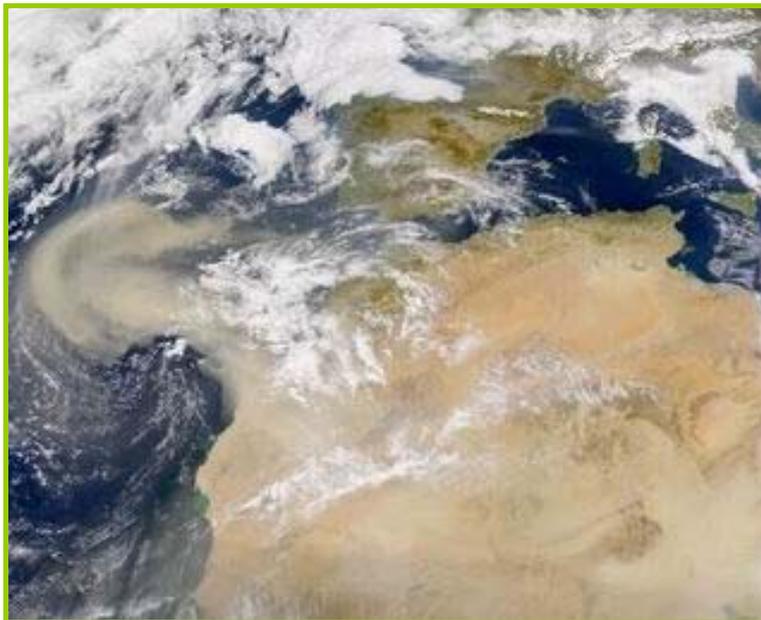


Episodio di superamento di PM10 del 18 – 20 agosto 2006



Indice

Introduzione.....	2
Descrizione dell'evento di inquinamento	2
Situazione meteorologica a scala sinottica.....	5
Ricostruzione della situazione micrometeorologica in Basilicata.....	7
Verifica d'ipotesi di evento sahariano.....	13
Bibliografia.....	19

Introduzione

Questo studio rappresenta un esempio di approccio metodologico all'analisi di eventi di inquinamento acuto da PM10. L'analisi di questi fenomeni, considerata la loro complessità, richiede l'impiego integrato di misure al suolo e da satellite, analisi meteorologica a scala sinottica e locale, ricostruzione dei parametri micrometeorologici mediante applicazioni modellistiche.

Inoltre trattandosi spesso di fenomeni a scala sovraregionale, è molto utile disporre delle misure di PM10 anche per le regioni limitrofe. Pertanto, si ringraziano per la collaborazione l'ARPA Puglia e l'ARPA Sicilia per aver fornito i dati di concentrazioni di PM10 per il periodo di interesse.

Descrizione dell'evento di inquinamento

Analizzando i dati acquisiti dalle centraline della rete di Qualità dell'Aria distribuite in tutta la regione (vedi fig. 1):

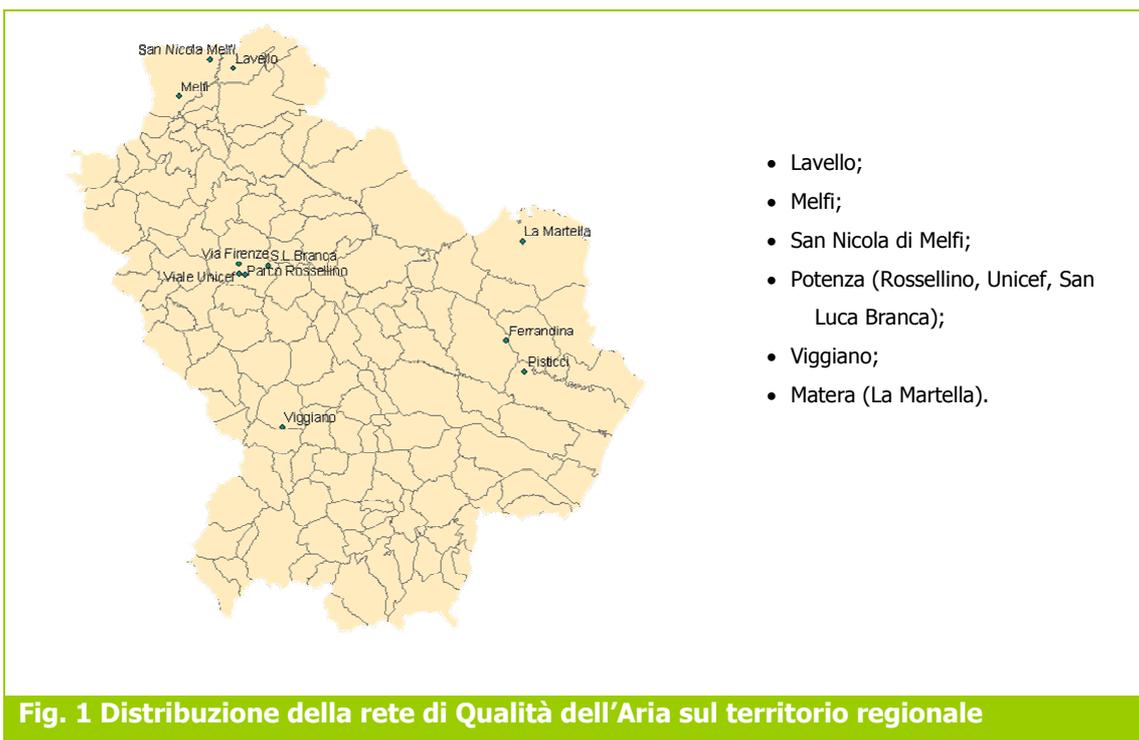


Fig. 1 Distribuzione della rete di Qualità dell'Aria sul territorio regionale

si è osservato che nei giorni 18 – 20 agosto 2006 si sono verificati dei superamenti nelle concentrazioni di PM10 del valore limite medio giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{mc}$ in tutte le stazioni vedi tabella 1.

Tabella 1 Concentrazioni di PM10 [$\mu\text{g}/\text{mc}$]

	Rossellino ¹	Unicef ¹	San Luca Branca ¹	Melfi ²	Lavello ²	San Nicola di Melfi ²	Viggiano ²	La Martella ³	Ferrandina ⁴
15/08/2006	8	3	9	9	8	4		10	11
16/08/2006	15	6	16	14	20	11		12	15
17/08/2006	34	13	34	32	29	22		20	22
18/08/2006	58		55	65	70	60		32	35
19/08/2006	70		71	76	78	69	63	70	72
20/08/2006	44		49	43	52	42	39	53	50
21/08/2006	50		47	38	35	36	38	32	39
22/08/2006	21		23	12	31	17	18	18	44
23/08/2006	12	13	15	18		24	19	22	45
24/08/2006	14	25	17	15		21	14	18	21
25/08/2006	13	22	14	8		8	15	14	19
26/08/2006	15	18	13	14	17	4	15	16	15
27/08/2006	9	10	9	10	14	4	15	14	13
28/08/2006	15	16	13	11	15	4	14	18	17
29/08/2006	8	18	12	11	12		9	12	16
30/08/2006	11	18		11	17			20	22
31/08/2006	7	14		8	7			14	14

	Superamento
	Valore soglia

Pur tenendo conto del fatto che gli analizzatori presenti sono di due tipologie differenti, è interessante notare che il trend è comune per tutte così come si evince dal grafico mostrato in fig. 2.

-
- 1 Centraline ubicate nella città di Potenza
 - 2 Centraline ubicate nella provincia di Potenza
 - 3 Centralina ubicata nella città di Matera
 - 4 Centralina ubicata nella provincia di Matera

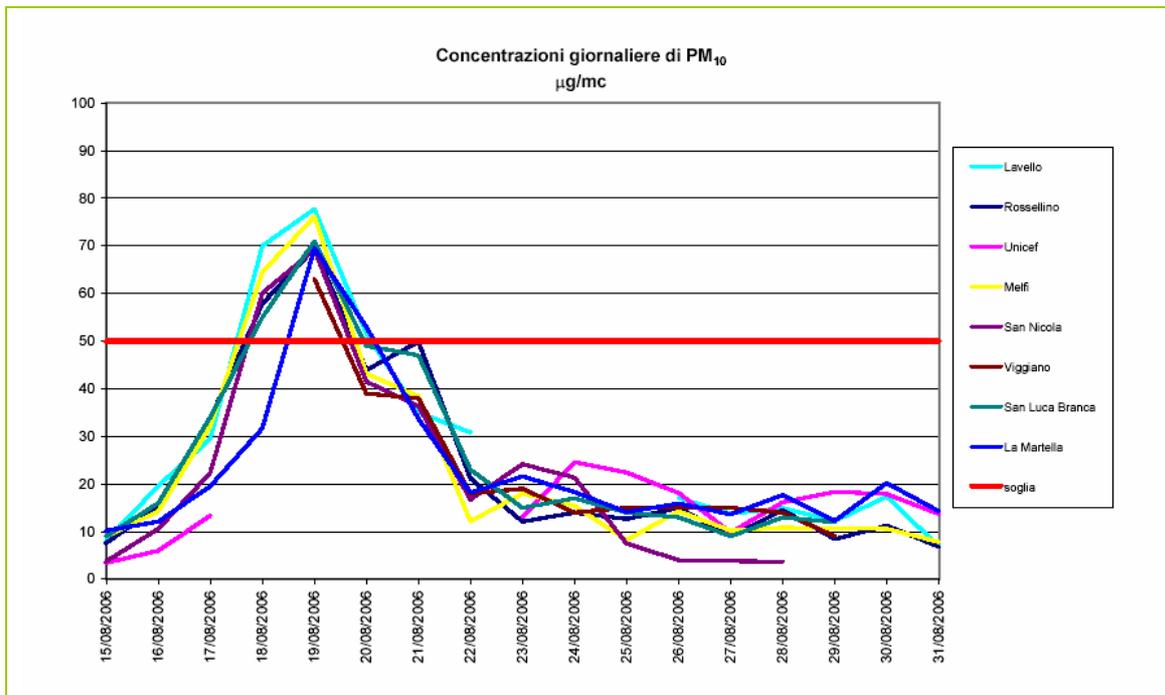


Fig. 2 Andamento delle concentrazioni di Pm10 in Basilicata 15 – 31/08/06

Dall'analisi comparata con i dati delle stazioni della Puglia e della Sicilia (fig.3) si osserva lo stesso fenomeno ma con uno sfasamento temporale procedendo da Ovest ad Est e da Nord a Sud: i valori più elevati sono stati osservati il 19 agosto a Potenza, Viggiano, Matera e Ferrandina, mentre il 20 agosto in Puglia ed in Sicilia (fig.4).

Osservando la serie dei dati di Palermo, si nota che essa è troncata, per cui non è possibile verificare se il massimo si è riscontrato anche in Sicilia il 20 agosto o nei giorni successivi.

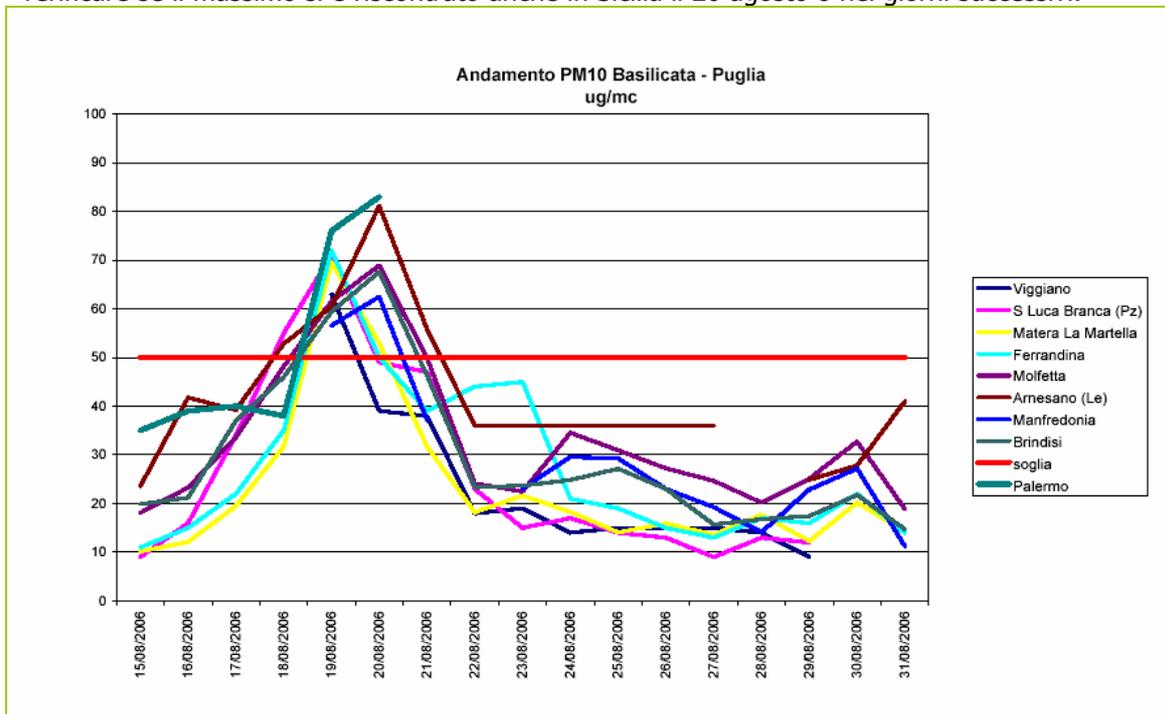


Fig. 3 Confronto delle concentrazioni di Pm10 in Basilicata e Puglia 15 – 31/08/06

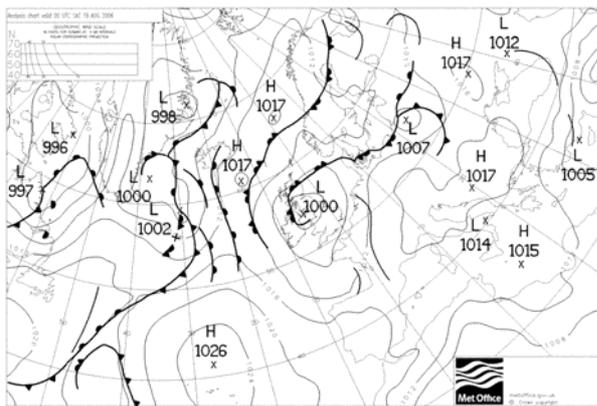
Situazione meteorologica a scala sinottica

Da metà Agosto la situazione barica è caratterizzata da una depressione centrata sull'Europa Nord - occidentale in lento movimento verso Est. Tale depressione favorisce, ad intermittenza, avvezioni di aria fresca nord europea in direzione del Mediterraneo. Contemporaneamente, una vasta area di **alta pressione** centrata sul Mediterraneo preserva le condizioni di **stabilità** su tutta l'Italia centro-meridionale.

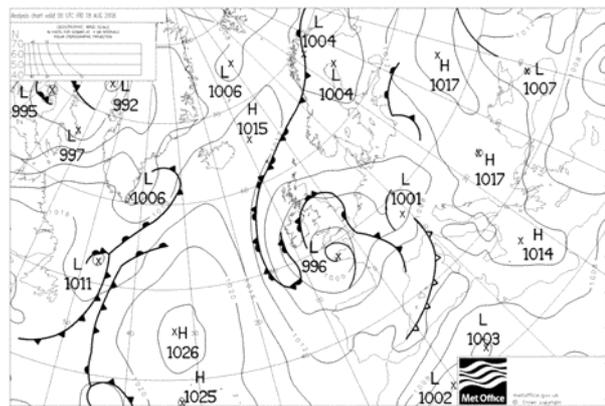
Il quadro sinottico è tale da consentire solo lo sviluppo di nubi cumuliformi pomeridiane e quindi locali fenomeni sui settori orientali del Centro e del Sud, con temporali deboli nelle zone interne e i rilievi.

Man mano che la depressione, prima centrata sulla Gran Bretagna (18 – 19 agosto) si sposta verso la Scandinavia (21 agosto), correnti **Sud - occidentali** raggiungono la nostra penisola, favorendo soprattutto una ventilazione, anche sostenuta, da Ovest Sud-Ovest.

Anche la situazione termica si evolve: l'avvezione calda direttamente dal **Nord Africa** apre una fase anomala, con punte anche di 40 °C nelle estreme zone meridionali.

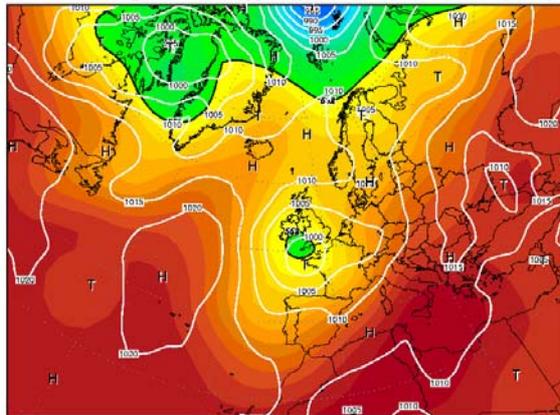


Carta barica h:12.00 del 18 agosto



Carta barica h:12.00 del 19 agosto

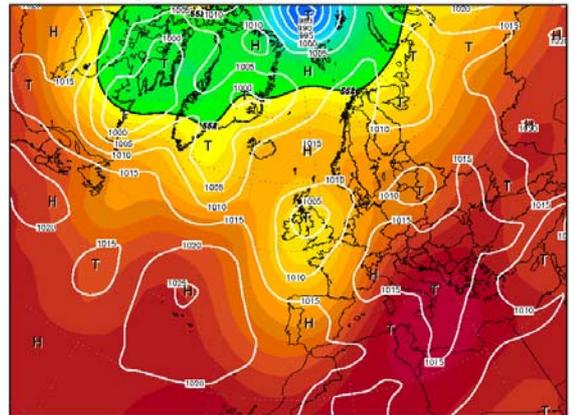
18AUG2006 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Altezza di Geopotenziales 18 agosto

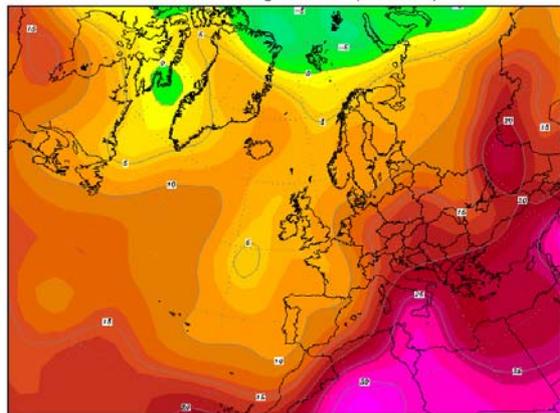
19AUG2006 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Altezza di Geopotenziales 19 agosto

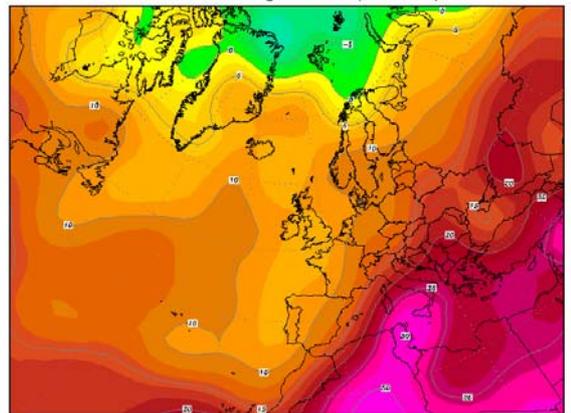
18AUG2006 00Z
850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Carta della Temperatura a 850 hPa
18 agosto

19AUG2006 00Z
850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Carta della Temperatura a 850 hPa
19 agosto

⁵ Si definisce geopotenziale il lavoro necessario per spostare verso l'alto una massa d'aria unitaria. L'altezza di geopotenziale è una grandezza strettamente correlata, perché ottenuta dividendo quest'ultima per l'accelerazione di gravità media a livello del mare. Le immagini riportate indicano come la superficie isobara di 500 hPa si distribuisce in termini di altezza.

Ricostruzione della situazione micrometeorologica in Basilicata

E' stata effettuata una simulazione sull'intera regione (dominio di 130*140 Km²) impiegando la catena modellistica MINERVE-SURFPRO, distribuita da Arianet srl, con una risoluzione della griglia di 2 km * 2 Km, dalle ore 10 del 17 agosto alle ore 23 del 22 agosto 2006, utilizzando i dati meteo al suolo della rete ARPAB e ALSIA , e i dati di radiosondaggi di Brindisi scaricati dal sito <http://weather.uwyo.edu/upperair/europe.htm> (Università del Wyoming).

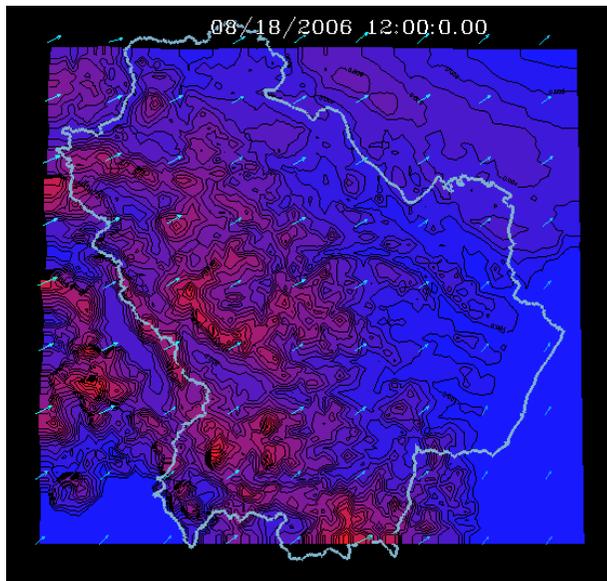
Tabella 2:Selezione delle postazioni utilizzate nella simulazione

Stazione	Ente
POLICORO	ALSIA
ROSSELLINO	ARPAB
ROTONDA	ALSIA
SARCONI	ALSIA
LAVELLO	ARPAB

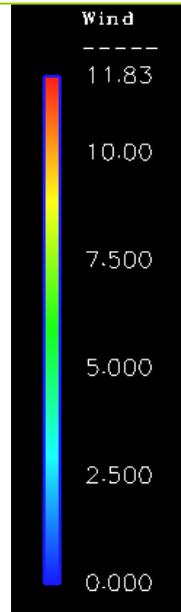
I dati sono stati implementati nel modello meteorologico diagnostico MINERVE, che ricostruisce i campi tridimensionali di vento e temperatura; l'output di MINERVE è stato poi processato con il modello SURFPRO, che consente di valutare le caratteristiche dispersive dell'atmosfera attraverso la stima di campi bidimensionali delle seguenti variabili: lunghezza di Monin - Obukhov, velocità di frizione, altezza dello strato rimescolato o di rimescolamento.

Le immagini di seguito mostrano l'andamento dei campi di vento al suolo ricostruiti sull'intera regione per i giorni 18- 21 agosto alle ore 12.00.

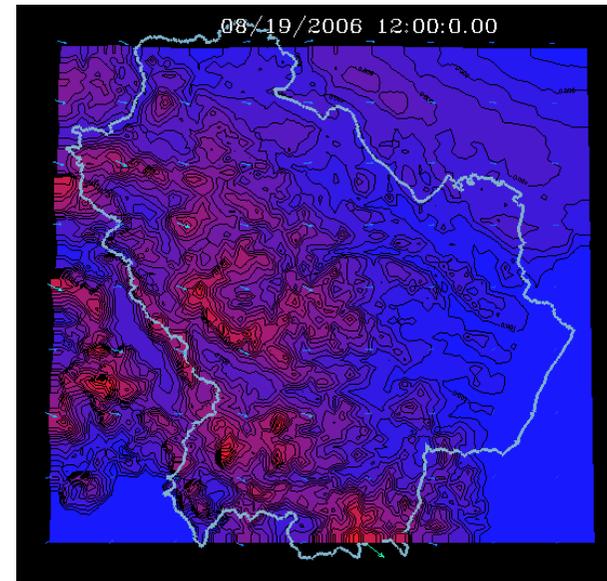
Le ricostruzioni relative ai giorni 18 e 19 agosto mostrano venti di debole intensità (fino a 2.5 m/s), con direzione di provenienza prevalente da SO; mentre nei giorni 20 e 21 i venti provengono prevalentemente da Ovest e raggiungono anche velocità di 8 m/s, favorendo in questo modo la dispersione ed il rimescolamento.



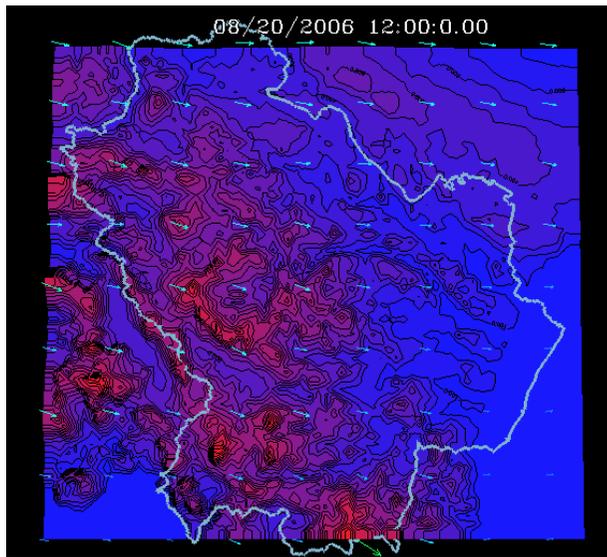
18 agosto



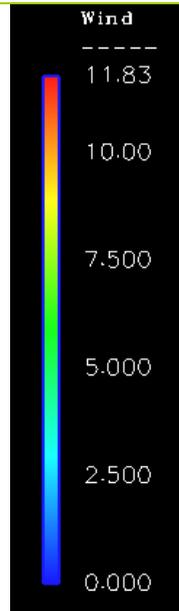
Velocità del vento in m/s



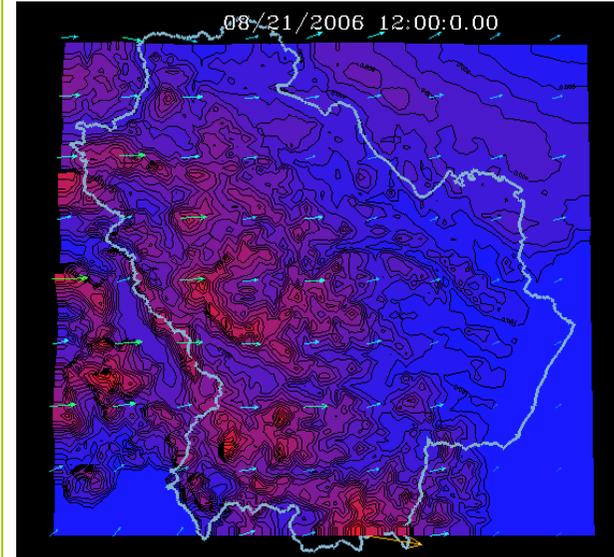
19 agosto



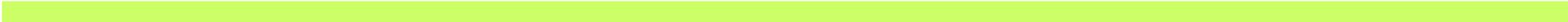
20 agosto



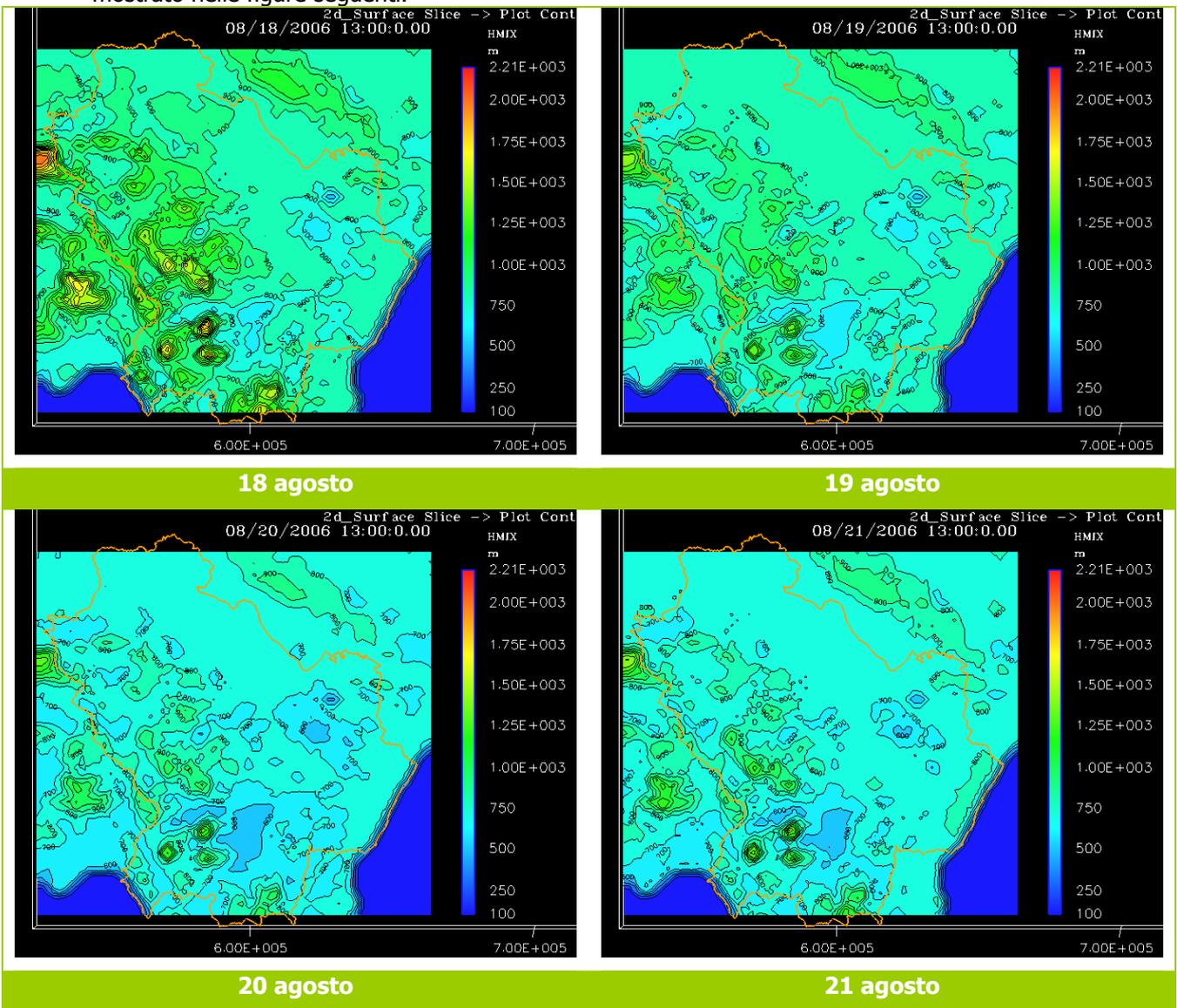
Velocità del vento in m/s

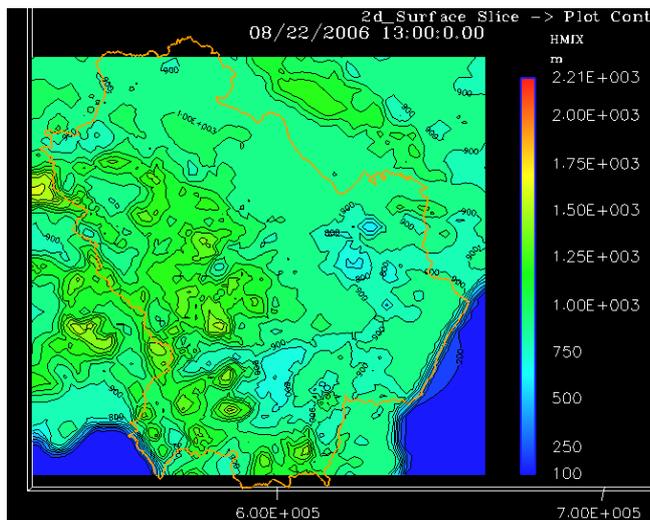


21 agosto



Analizzando l'altezza di rimescolamento (*hmix*), definita come altezza dello strato caratterizzato da rimescolamento verticale relativamente vigoroso, si nota che nei giorni precedenti l'evento ed in quelli successivi *hmix* assume valori più alti rispetto ai giorni di superamento, così come mostrato nelle figure seguenti.



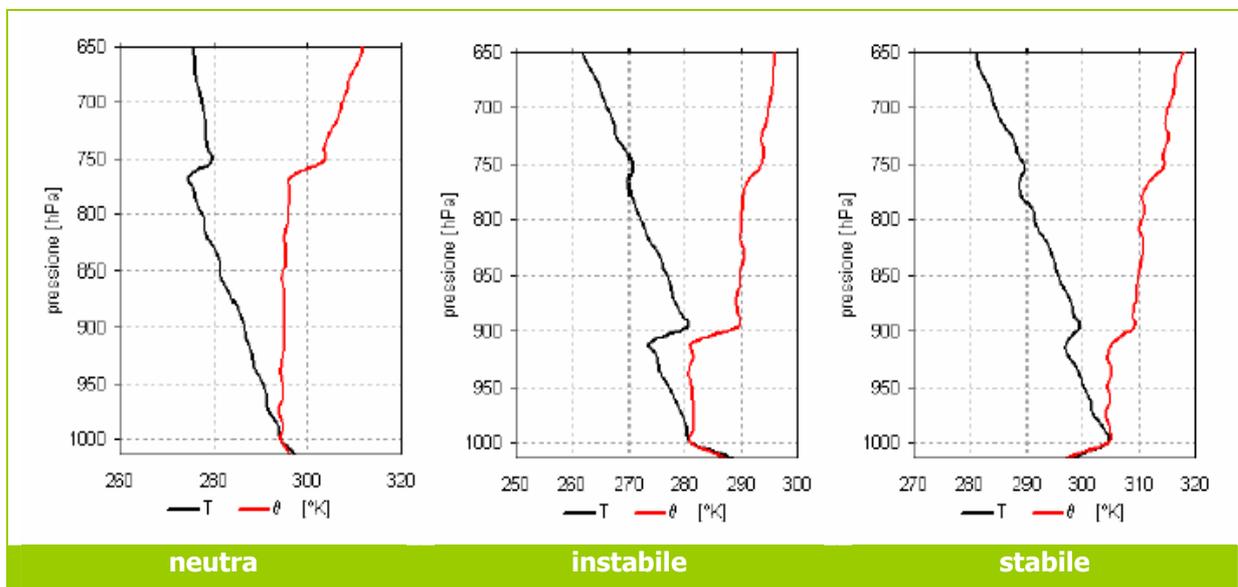


Valori bassi di **h_{mix}** sono indice di scarso rimescolamento verticale dell'atmosfera, per cui gli inquinanti immessi rimangono intrappolati nei bassi strati, accumulandosi.

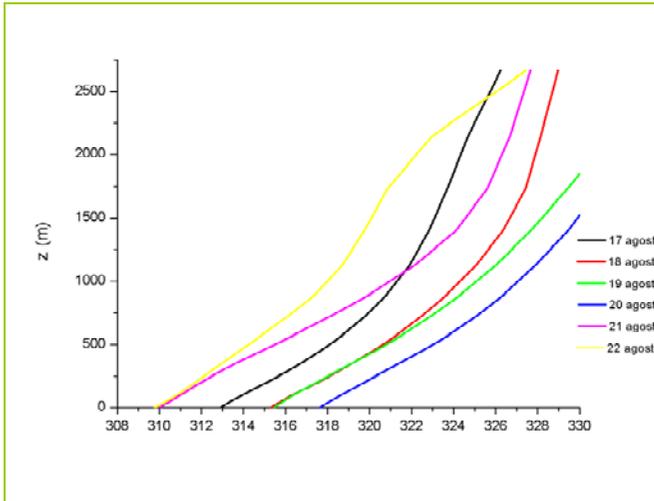
22 agosto

Un'ulteriore indicazione viene fornita dai profili di **temperatura potenziale**, che viene definita come la temperatura che avrebbe una particella d'aria se trasportata adiabaticamente ad una pressione di riferimento di 1000 hPa. I profili seguenti riportano l'andamento della temperatura (T e θ) in condizioni di atmosfera **neutra instabile e stabile**.

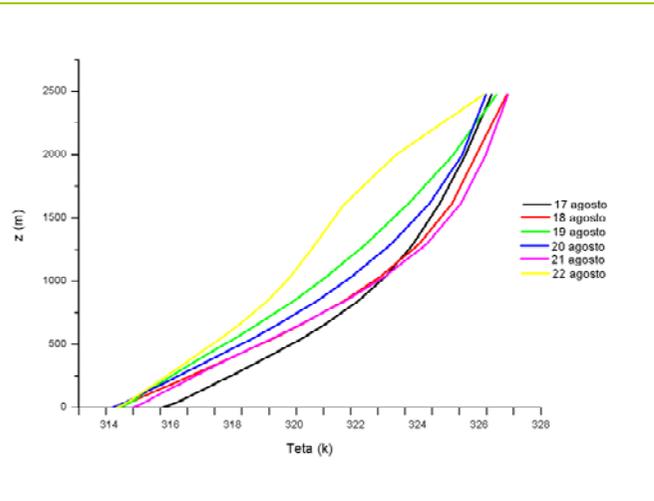
Fig. 5



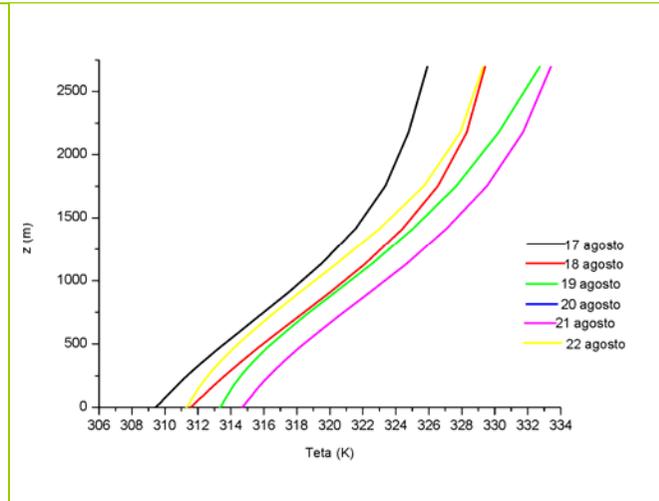
Estraendo la **temperatura potenziale** alle ore 12.00 per i giorni 17 – 22 agosto, calcolata con il preprocessore MINERVE, in diversi punti della regione (Viggiano, Rossellino – Pz, Policoro, Matera e Melfi) e confrontandola con i grafici in figura, risulta che i giorni in esame sono caratterizzati da condizioni di atmosfera **stabile**, che tende alle condizioni di **neutralità** a partire dal 21 agosto.



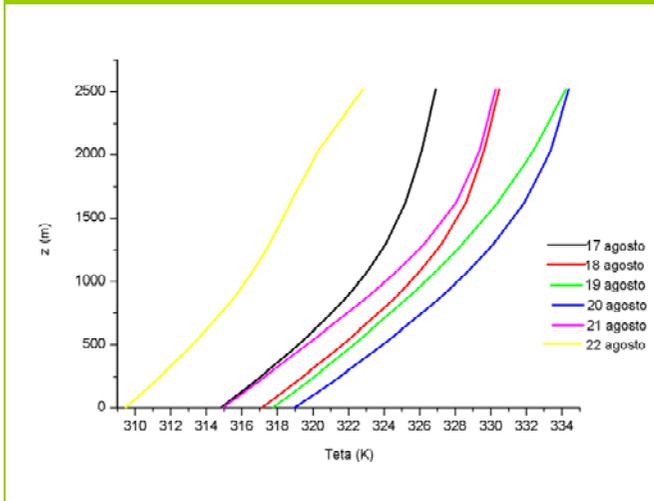
Viggiano



Rossellino



Policoro

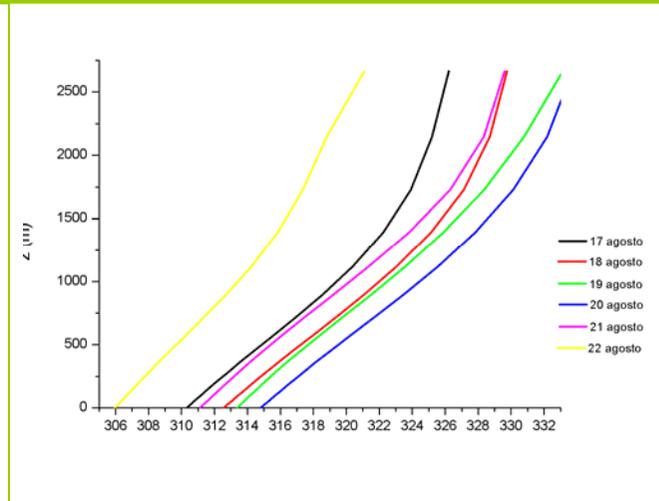


Melfi

Def. di **temperatura Potenziale** = temperatura che avrebbe una particella d'aria se portata adiabaticamente ad una pressione di riferimento di 100 hPa

T [K]

$$\theta = T \left(\frac{1000}{p} \right)^{0.286}$$



Matera

Verifica d'ipotesi di evento sahariano

Il quadro delineatosi lascia ipotizzare un evento sahariano, ipotesi confortata dall'analisi del coefficiente di Angstrom, dalle immagini acquisite da satellite (MODIS – Sensori Aqua e Terra), dallo studio delle back - trajectories e da superamenti registrati negli stessi giorni nelle Regioni limitrofe.

Il coefficiente di Angstrom è l'esponente che esprime la dipendenza spettrale dello spessore ottico dell'aerosol (τ) dalla lunghezza d'onda (λ) della radiazione incidente:

$$\tau = \beta \lambda^{-\alpha}$$

β = spessore ottico dell'aerosol a $1\mu\text{m}$

α = coefficiente di Angstrom

Fornisce indicazioni aggiuntive sullo spessore delle particelle (quanto maggiore è il coefficiente, tanto minori sono le dimensioni delle particelle. Esempio: valori di α compresi tra 1 e 2 sono relative a particelle submicrometriche – nitrati, solfati, carbone – valori piccoli, persino negativi, vengono trovati per particelle grandi – da 1 a $30\mu\text{m}$ di diametro).

In fig. 6 è mostrato l'andamento del coefficiente di Angstrom per il mese di Agosto 2006 dedotto dalle misure effettuate presso l'IMAA- CNR di Tito scalo (Pz). Come si evince, il coefficiente di Angstrom per i giorni di superamento assume valori molto bassi e questo è indice della presenza di particelle di elevato diametro.

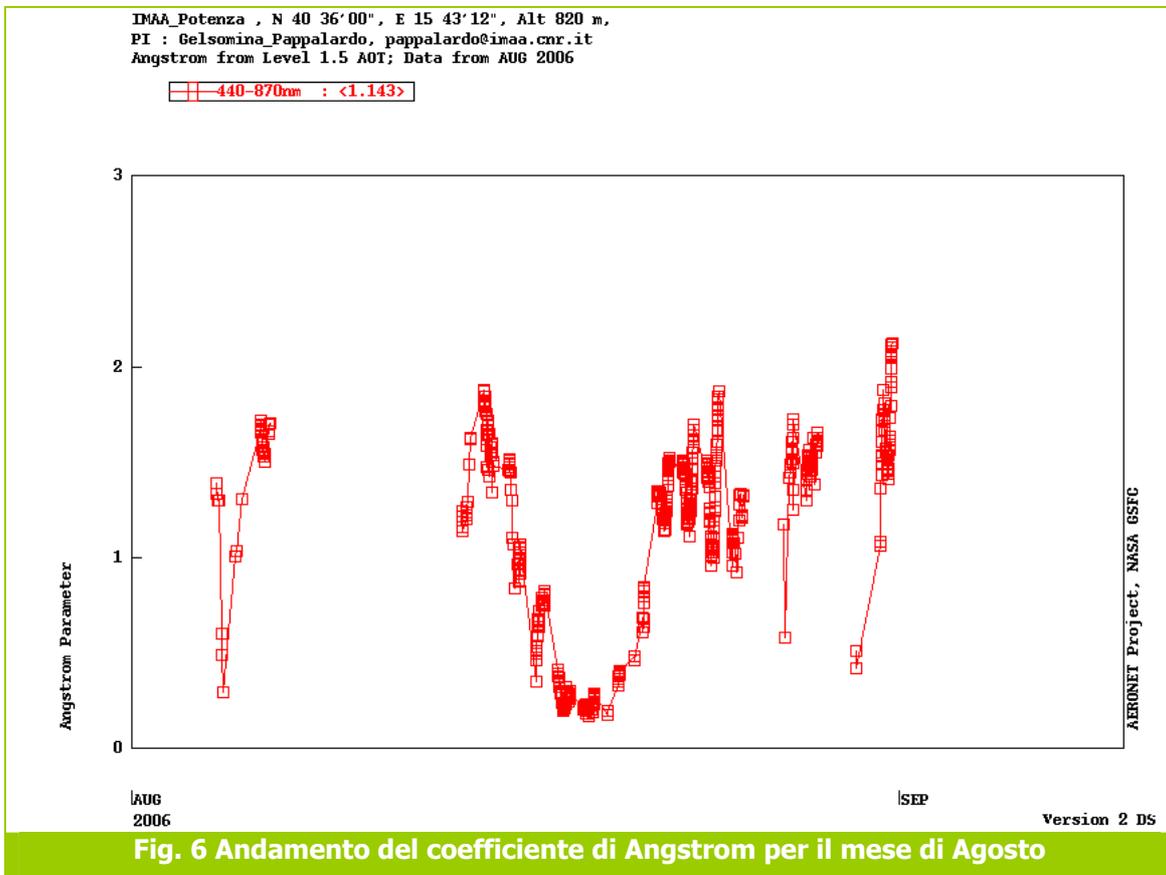
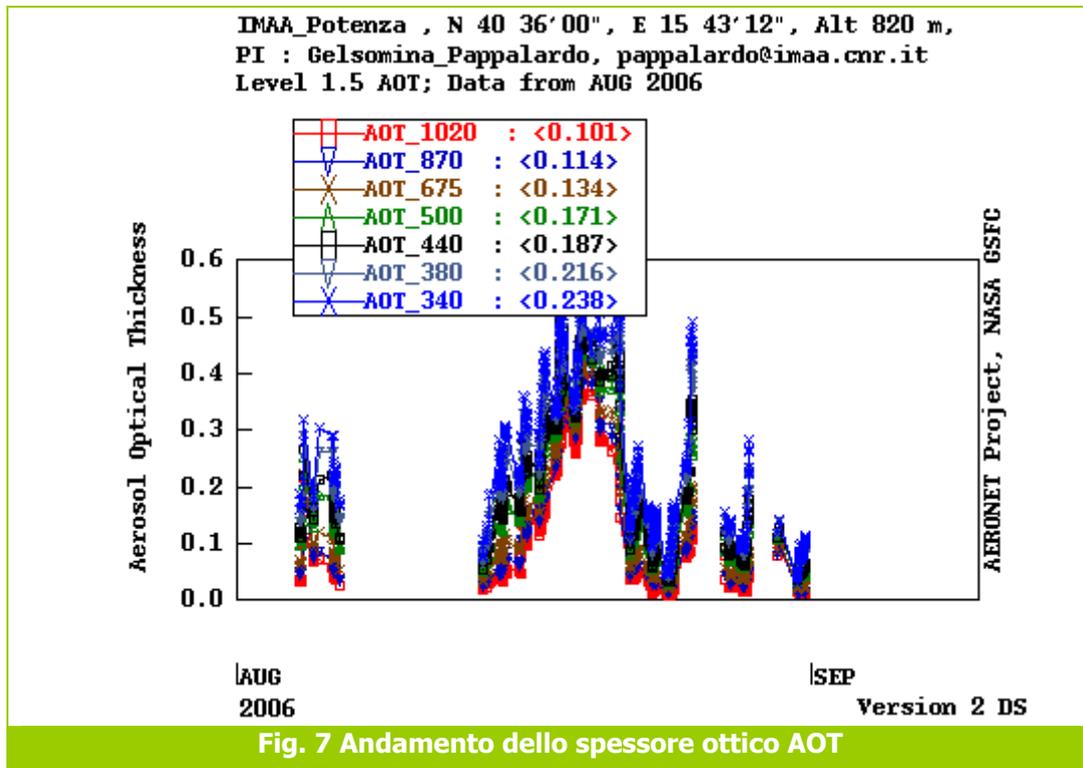


Fig. 6 Andamento del coefficiente di Angstrom per il mese di Agosto

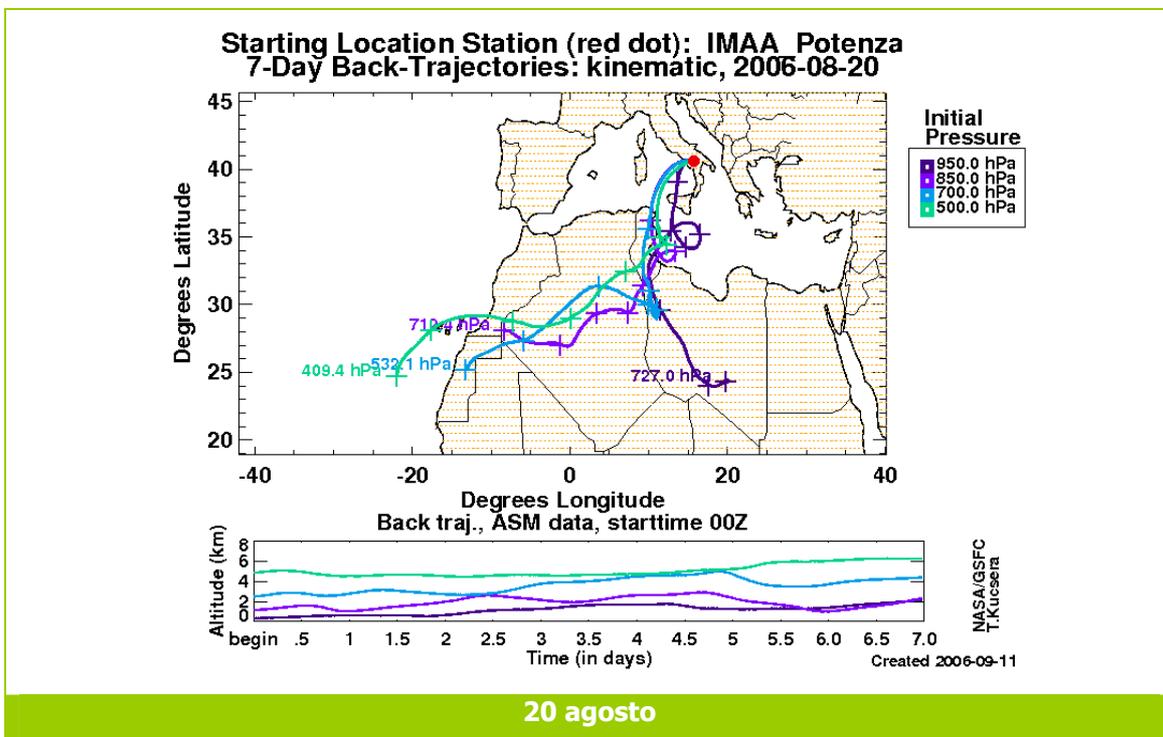
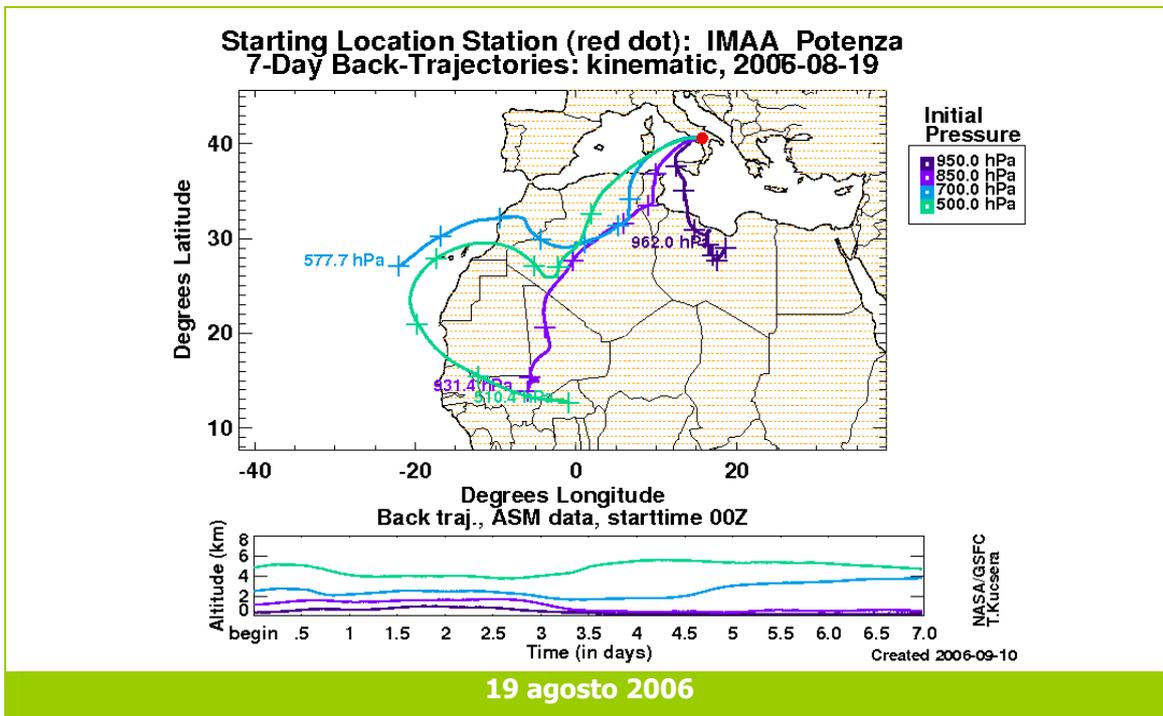
La fig. 7 invece, mostra l'andamento, misurato a diverse lambda, dello spessore ottico (AOT), un parametro che dipende dalle proprietà assorbenti e diffondenti del particolato atmosferico. Esso cresce al crescere del carico aerosolico e può raggiungere valori maggiori di uno in presenza di un incendio boschivo. I valori elevati misurati nei giorni di superamento sono un ulteriore indice della possibile intrusione di sahariane.



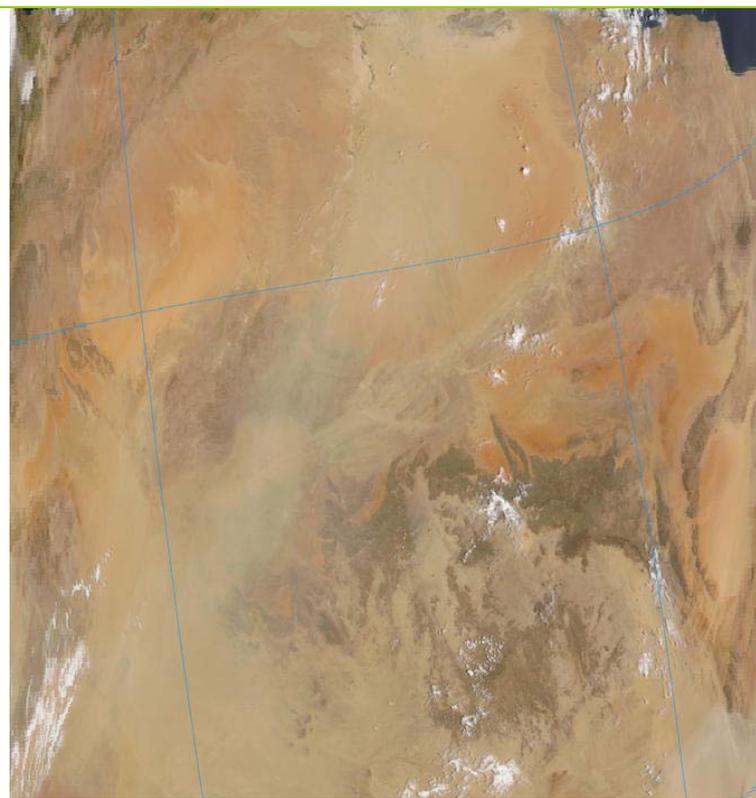
La conferma di intrusione sahariana si è avuta, analizzando le back - trajectories, che rappresentano le traiettorie nello spazio e nel tempo di piccole particelle di aria; tali particelle fissate (o a partire da) in un certo punto nello spazio e nel tempo, possono essere studiate nella loro evoluzione in entrambe le direzioni temporali (back o forward). Sono riportate di seguito le backtrajectories, calcolate presso l'IMAA di Potenza a diversi livelli di pressione, corrispondenti a diverse altezze:

Livelli di pressione	950 hPa	850 hPa	700 hPa	500 hPa
Altezza	0.5 km	1.5 km	3km	5 km

Il punto rosso è il "receptor", ossia il punto origine, da questo punto andando a ritroso di sette giorni, utilizzando l'analisi cinetica di traiettorie basate su dati di griglia **NASA GMAO**, si ricostruisce la traiettoria ed il punto da cui la particella è partita. L'analisi cinetica è basata sul codice sviluppato da NASA/Goddard Code 613.3 - The Atmospheric Chemistry and Dynamics Branch. Nei giorni in questione, le back - trajectories dimostrano che le particelle provenivano dall'Africa sahariana e questo rende plausibile l'ipotesi formulata di saharian dust.



Inoltre, osservando le immagini acquisite dai satelliti Modis con i sensori Aqua e Terra, si osserva che già dal 15 agosto vi erano delle masse di polveri in movimento che nei giorni successivi si spostano verso le regioni del Sud Italia, investendole.

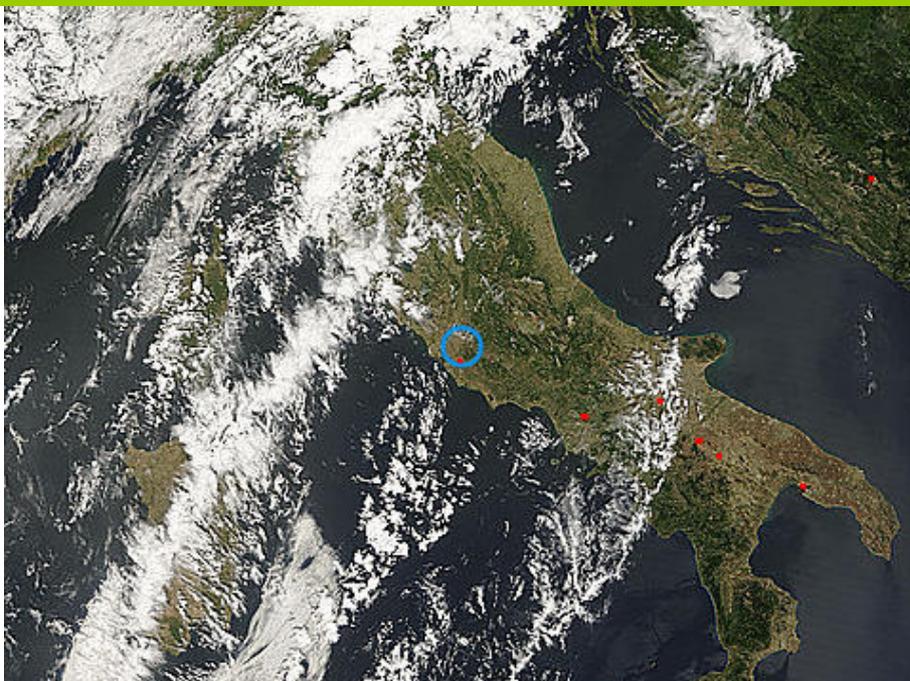


15 agosto 2006





18 agosto

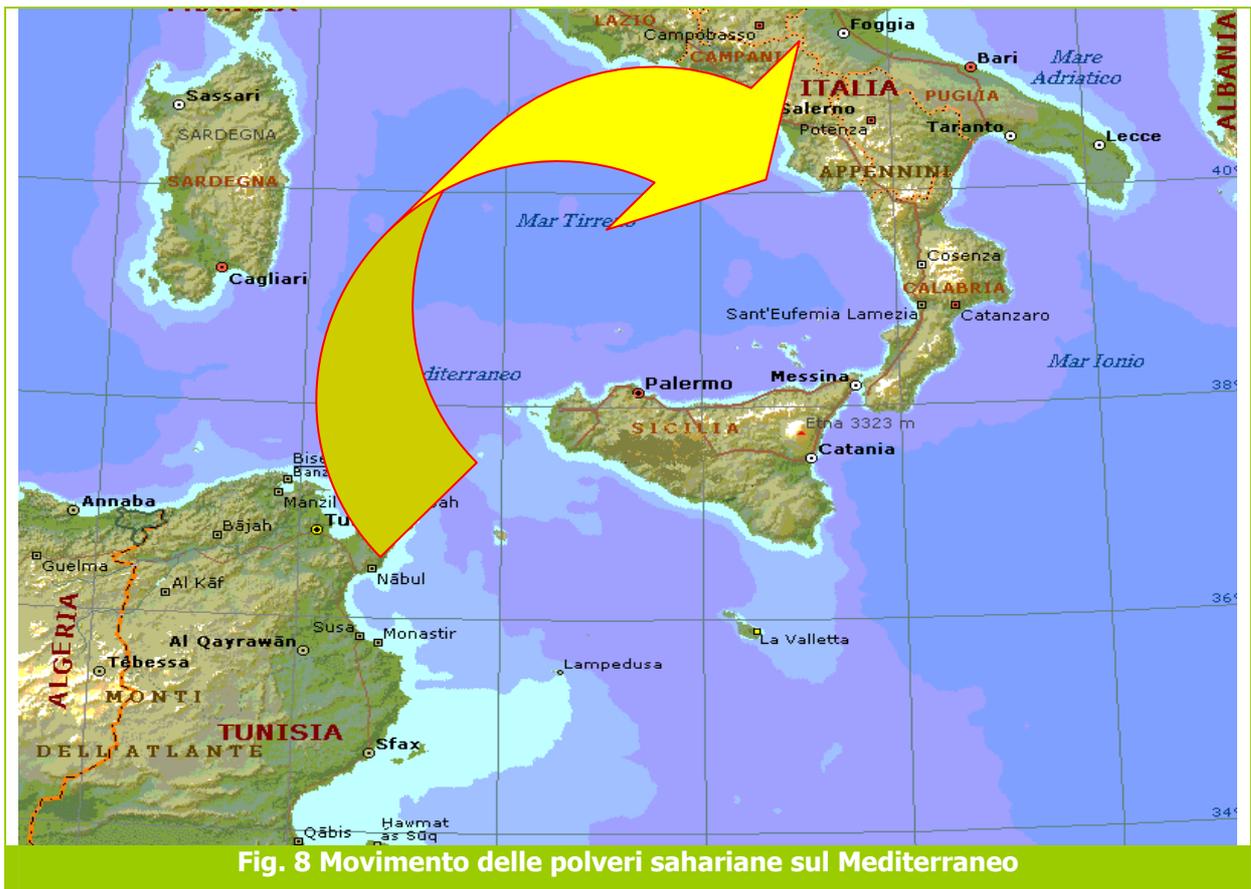


19 agosto



20 agosto

Questo trova ulteriore conferma nel confronto con le misure di PM10 registrate nella nostra regione in Sicilia ed in Puglia (figg. 2 e 3); le masse di polveri provenienti dal Sahara si sono mosse nel bacino del Mediterraneo da Ovest verso Est e da Nord verso Sud coerentemente con le condizioni meteorologiche a scala sinottica. Il permanere della situazione di stabilità ha favorito l'accumulo nei bassi strati dell'atmosfera rallentandone la dispersione e conseguentemente facendo registrare superamenti in tutta l'area interessata (fig. 8).



Bibliografia

- J.C.Kaimal, J.J.Finnigan, *Atmospheric Boundary Layer Flows*, Oxford University Press
 Roland B.Stull, *An Introduction to Boundary Layer Meteorology*, Kluwer Academic Press
 J.H: Seinfeld, S.N.Pandis, *Atmospheric Chemistry and Physics*, Wiley-Interscience
 Roberto Sozzi e al., *La Micrometeorologia e la Dispersione degli Inquinanti in Atmosfera*, APAT
 M.R.Perrone e M.Santese, *Aerosol e Clima:il contributo della rete mondiale Aeronet*, Ambiente e Agricoltura, Luglio-Agosto 2005
 ARPA Veneto, *Relazione Regionale della Qualità dell'aria - Anno di riferimento: 2005*
 ARPA Emilia Romagna, SIM, G. Bonafe', *Meteorologia dello strato limite atmosferico*, (atti on line del corso interno ARPA, aprile 2006)