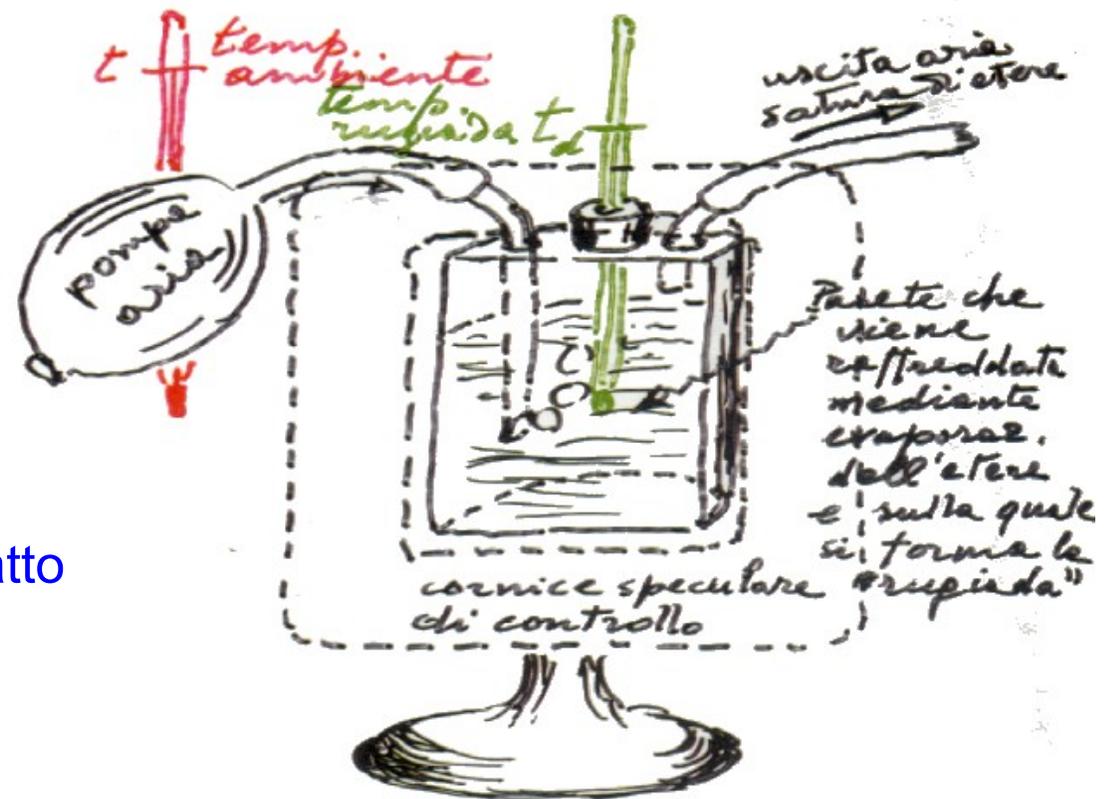
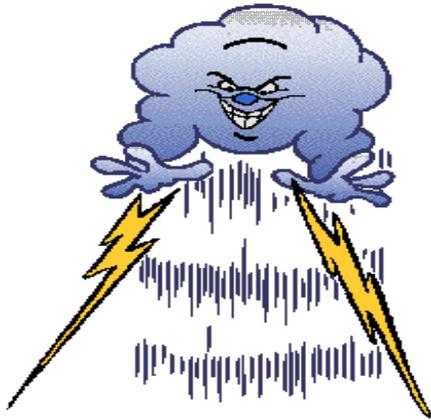


La Meteorologia in montagna



2022 Prima parte

Davide Sacchetti – Alberto Cucatto

davide.sacchetti@arpal.gov.it

acucatto@libero.it

La Meteorologia in montagna

Prima parte

Atmosfera e circolazione su grande scala

Grandezze fisiche fondamentali (temperatura, pressione e umidità)

Agenti atmosferici (venti, nubi, precipitazioni)

Seconda parte

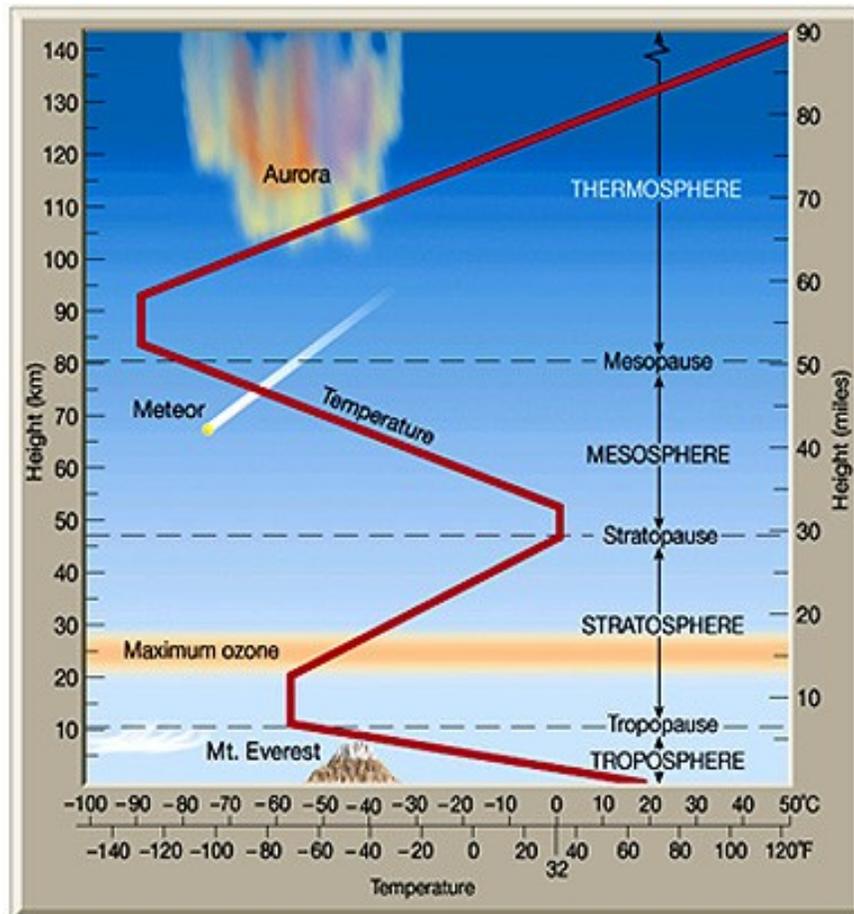
Clima e riscaldamento globale... con dati locali

Situazioni sinottiche caratteristiche su zone alpine

Previsioni meteo

Come e' fatta l'atmosfera ?

Temperatura/quota



La **composizione** dell'atmosfera si mantiene approssimativamente **costante** fino ad alcune centinaia di km.

N₂ 78%

O₂ 21%

Ar 0.9%

CO₂ 0.035%

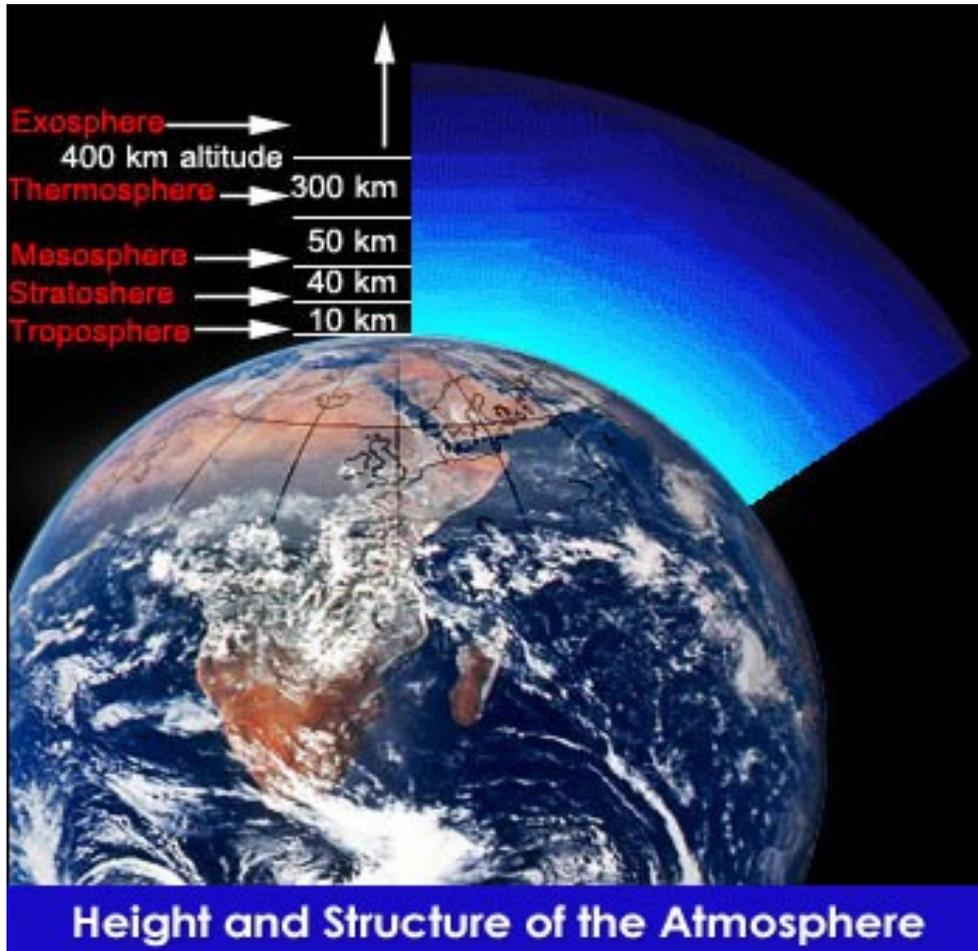
H₂O qualche % nei primi km

O₃ qualche ppm a 20-30 km

Ar 0.9%

NO_x, SO₂ tracce nei primi km

Come e' fatta l'atmosfera ?



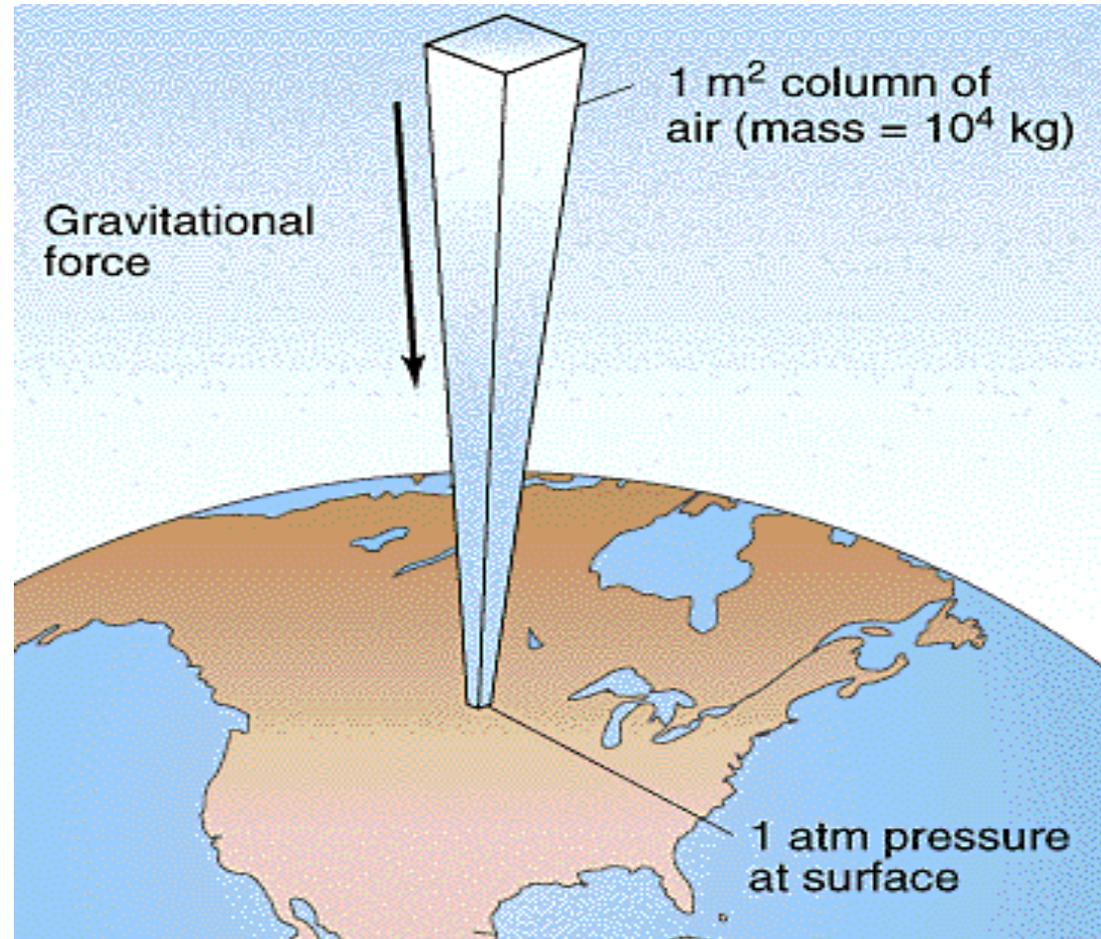
Noi viviamo nella **Troposfera**, che contiene **80% – 90%** della massa totale ed è spessa circa 10 km. Il tempo meteorologico "avviene" qui.

Cos'e' la pressione atmosferica

Pressione: dovuta al peso dell'aria che sta sopra (diminuisce con la quota) una superficie unitaria

La diminuzione della pressione con la quota non è costante, a causa della corrispondente riduzione della densità dell'aria: ad ogni 100 metri di innalzamento corrispondono circa 10 hPa a 1500 m

- **Depressione atlantica 980 mb**
- **depressione mediterranea 995 mb**
- **alta pressione estiva 1020 mb**
- **alta pressione invernale 1035 mb**



La temperatura



In generale diminuisce con la quota a causa dell'espansione del gas atmosferico

Temperatura dei versanti di montagna:

→ Il sole scalda sempre a S, a E al mattino, a W al pomeriggio

→ di notte i versanti sono più caldi che il fondovalle

Come varia con la quota la temperatura ?

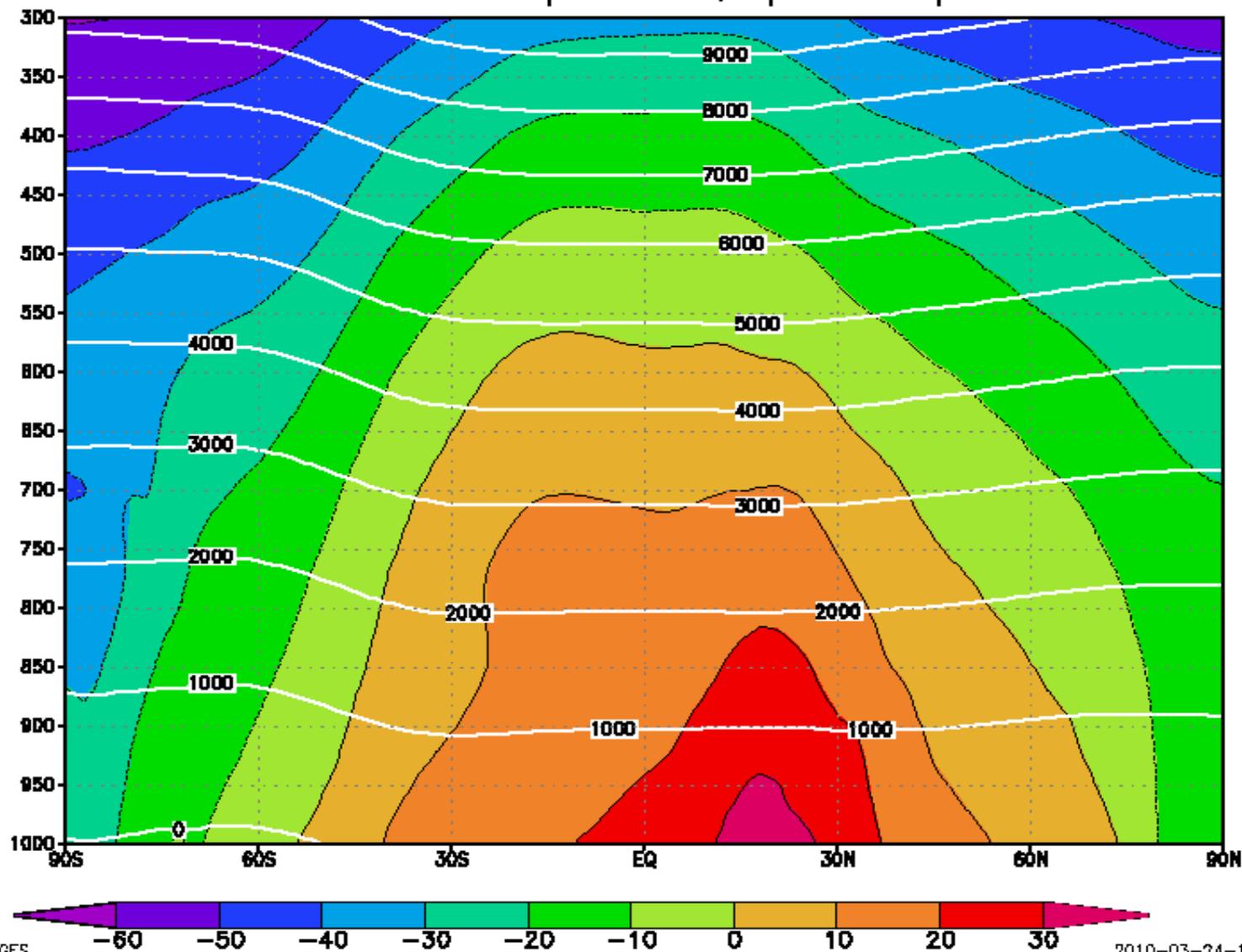
Per atmosfere ben rimescolate ove non si abbia condensazione il raffreddamento medio con la quota è di: 1°C ogni 100 m

se si ha condensazione: circa 0.5°C ogni 100 m

Media generale: 0.65°C ogni 100 m

Come cambia la pressione atmosferica con quota e latitudine

clima ECMWF: temperatura, quota e pressione



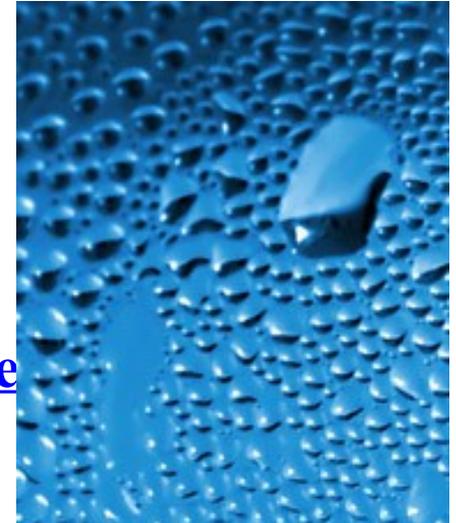
L'acqua in atmosfera



Può essere sotto forma di:

- **vapore** (quando non è satura l'atmosfera lo sopporta)
- **acqua** liquida (fino ad alcuni gradi sotto zero)
- **ghiaccio** (neve o grandine)

la quantità di vapore che può contenere l'aria senza saturare e quindi senza condensare diminuisce con la temperatura



Massima quantità di vapore acqueo contenuto in 1 mc di aria e pressione vapore saturo

-20°C: 1,1 g (1,25 hPa) -10°C: 2,4 g 0°C: 4,8 g

+10°C: 9,4 g +20°C: 17,3 g +30°C: 29,2 g (29,2 hPa)

L'acqua in atmosfera

Passaggi di fase e calore latente

Condensazione e solidificazione:  **cessione di calore**

 in presenza di condensazione del vapore **l'aria si scalda**

Fusione ed evaporazione:  **assorbimento di calore**

 in presenza di evaporazione **l'aria si raffredda** (es. sudorazione!)

La temperatura della neve



La neve non si riscalda facilmente né per effetto della radiazione solare diretta (poiché la riflette fino al 90% - con neve fresca), né per diretto contatto con aria più calda, soprattutto in presenza di vento debole e secco.

In caso di elevata umidità, l'aria cede vapore acqueo alla neve. Questo passaggio di stato da vapore a ghiaccio è un processo che libera energia, che va a scaldare lo strato superficiale della neve. Per questo motivo **con cielo coperto e aria umida la neve si mantiene umida e la sua temperatura in superficie si avvicina a quella dell'aria.**

Durante le notti serene la neve perde per irraggiamento molta energia, raffreddandosi, **soprattutto se l'aria è secca e il vento debole.**

Anche **l'evaporazione dello strato di neve a contatto con l'aria** avviene a spese della temperatura della neve stessa, determinandone un ulteriore raffreddamento.



La temperatura della neve



La superficie della neve può così raggiungere temperature notturne molto più basse di quelle dell'aria, anche di una decina di gradi.

Con tali condizioni il livello di gelo, cioè l'altitudine a cui la superficie della neve gela durante la notte, è inferiore allo zero termico.

In condizioni di tempo perturbato le altitudini sono le medesime.

Questo spiega la conservazione della neve polverosa invernale anche con un discreto soleggiamento e il rigelo della neve nelle notti serene anche con temperatura $> 0^{\circ} \text{C}$



I Venti



La direzione del vento e' quello della sua provenienza:

vento N → tira da Nord verso Sud

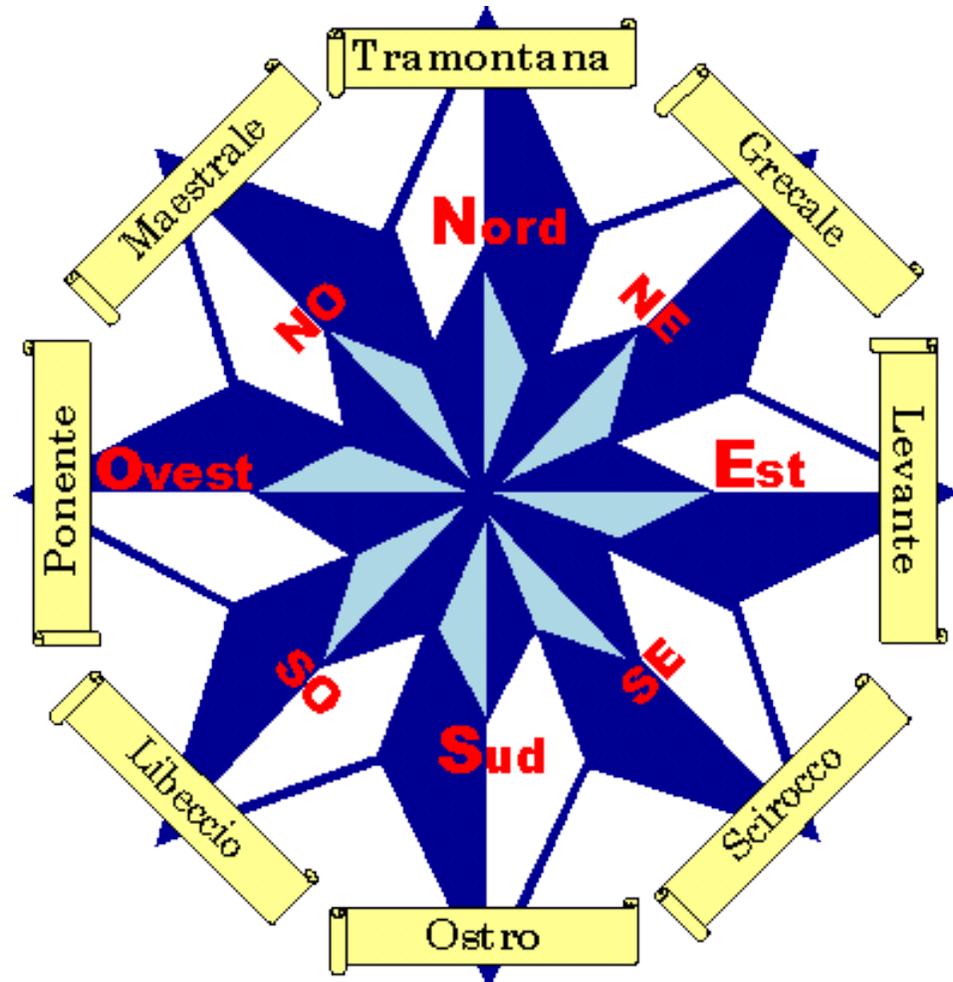
Il nome dei venti è stato
assegnato dai Veneziani,
che chiamarono, avendo
come centro il Mar Ionio:

Grecale: da NE (Grecia)

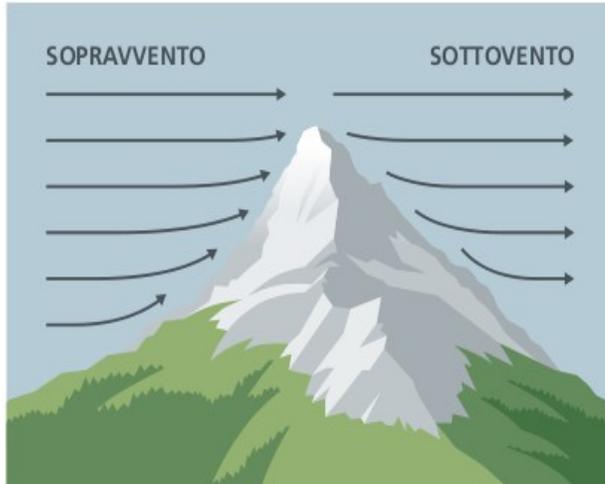
Maestrale: da NW (Venezia)

Scirocco: da SE (Siria)

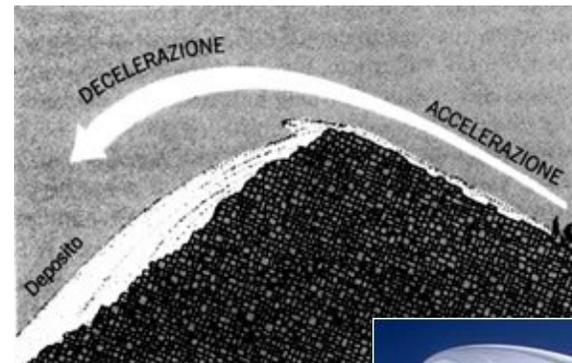
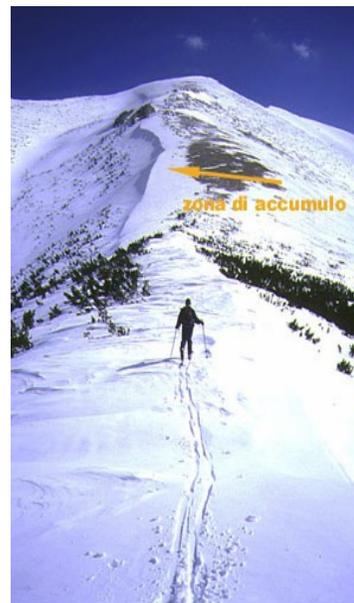
Libeccio: da SW (Libia)



I Venti in montagna



Sulle creste, ma soprattutto nelle depressioni (colli, brecce), si osserva l'effetto strettoia (effetto Venturi) che, localmente, aumenta sensibilmente la velocità del vento. Dobbiamo dunque immaginare di trovare i maggiori accumuli sottovento a tali depressioni.



Vento e temperatura percepita (wind chill)



WCF	TEMPERATURA DELL'ARIA MISURATA DAL TERMOMETRO (°C)								
VELOCITÀ DEL VENTO (km/h)	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
0	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
10	8	2	-3	-8	-14	-19	-26	-30	-36
20	3	-3	-9	-16	-22	-29	-35	-42	-48
30	0	-6	-13	-20	-28	-34	-41	-48	-55
40	-1	-8	-16	-23	-31	-38	-45	-53	-60
50	-2	-10	-17	-25	-33	-41	-48	-56	-64
60	-3	-11	-19	-27	-34	-42	-50	-58	-66
70	-4	-12	-19	-28	-35	-43	-51	-59	-67
80	-4	-12	-20	-28	-36	-44	-52	-60	-68
	pericolo di congelamento della parte esposta entro 1 ora				pericolo di congelamento della parte esposta entro 1 minuto			pericolo di congelamento della parte esposta entro 30 secondi	

Col di Vers 2/2/15

Precipitazioni



PIOGGIA

Quando il **vapore condensa si formano goccioline** che finché non diventano abbastanza grosse non precipitano. Se crescono (il ghiaccio secco serve apposta a fornire nuclei di condensazione, per farle crescere) piove.

Non sempre la precipitazione arriva a terra, può evaporare prima.

NEVE

Se la condensazione del vapore acqueo avviene a temperature molto basse in realtà si ha **sublimazione**, ossia **formazione di cristalli di neve**

GRANDINE

In caso di temporali molto violenti, con grande instabilità convettiva, si formano dei **goccioni di pioggia che salgono velocemente e ghiacciano**: il risultato sono cipolle di ghiaccio

L'atmosfera e' stabile ?



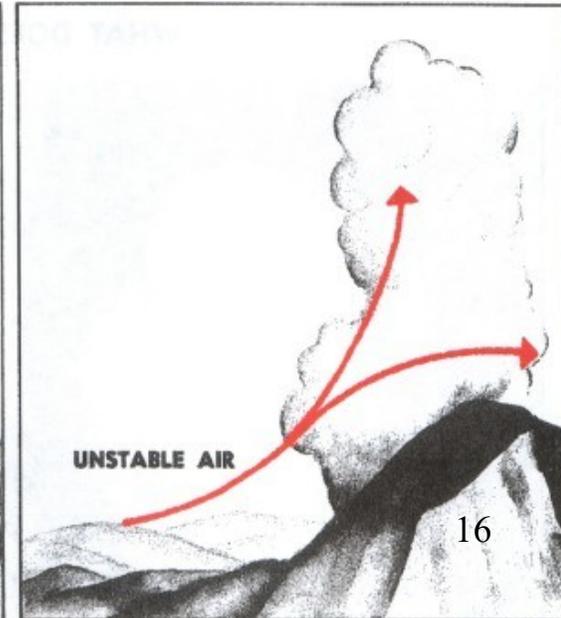
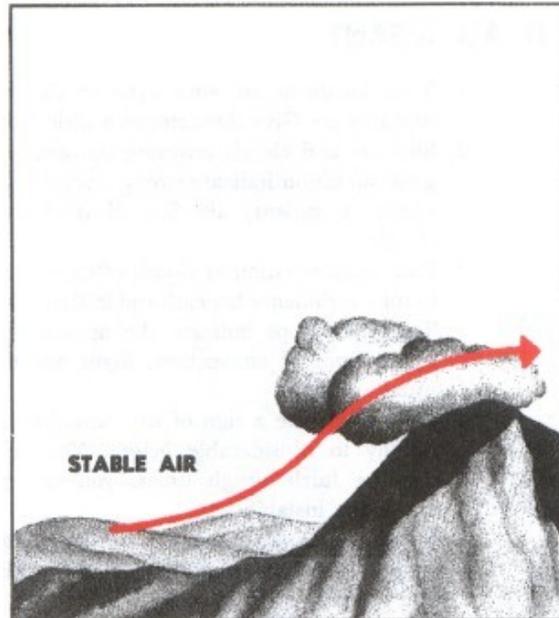
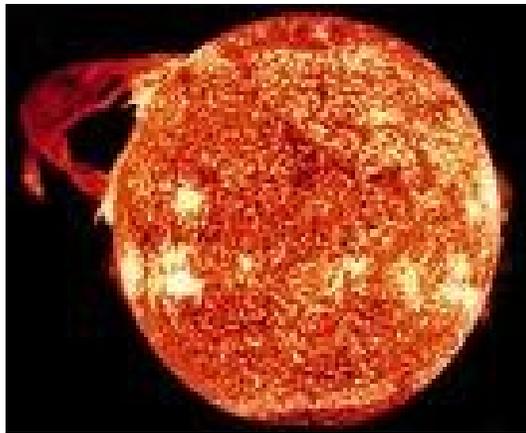
Il **Sole** scalda poco l'atmosfera: essenzialmente **scalda il terreno** che a sua volta scalda l'atmosfera per contatto

Se si scalda una pentola d'acqua dal basso o dall'alto i risultati sono diversi:

→ il mare è stabile: il Sole scalda la superficie

→ l'atmosfera nelle giornate estive fortemente solaggiate non lo è: il Sole scalda il suolo e i bassi strati di aria che diventano meno densi e tenderanno a salire:

(instabilità termoconvettiva)



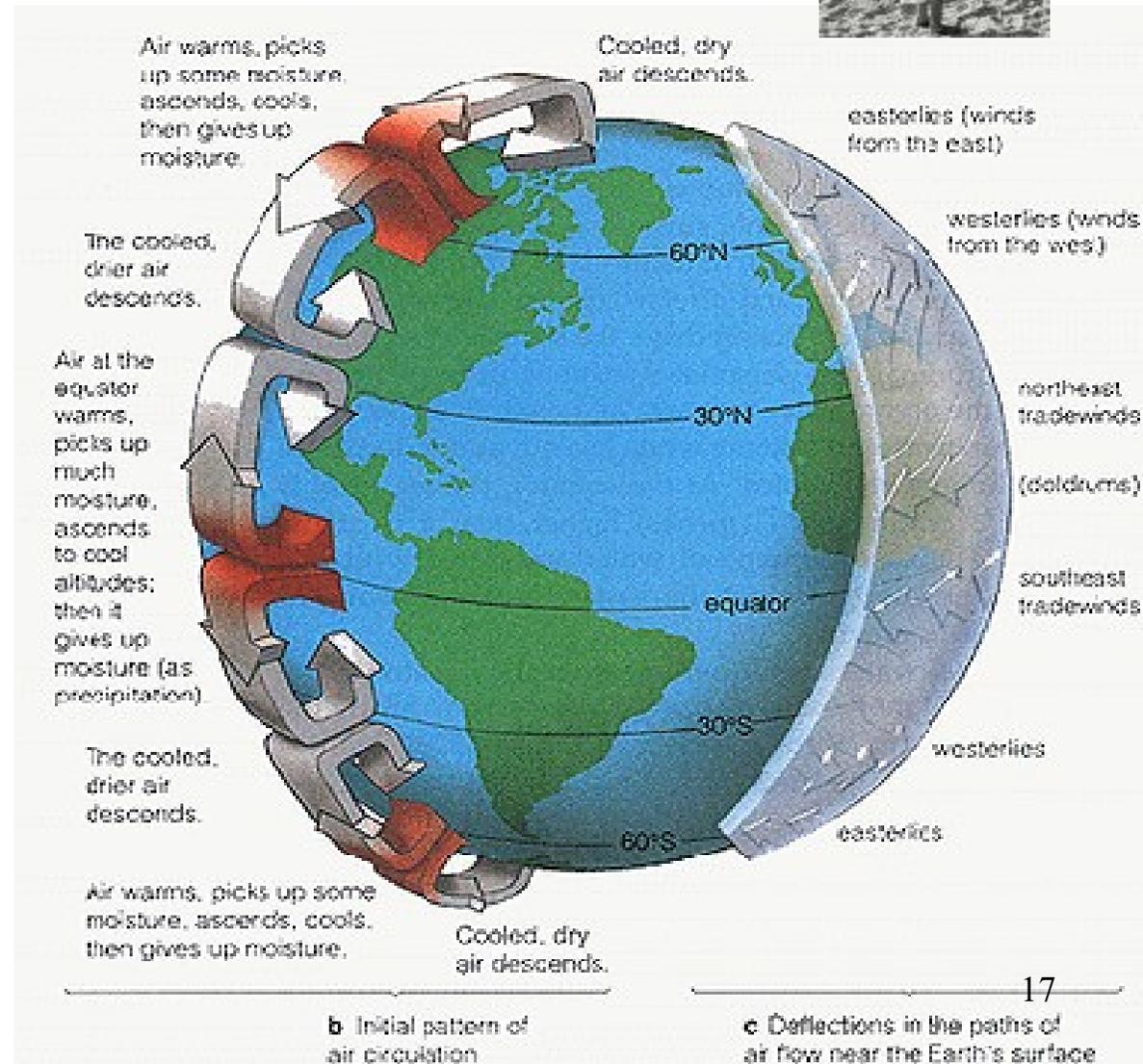
Alcune circolazioni meteorologiche



→ cicloni extratropicali, fronti

→ circolazioni di brezza

→ foehn, stau

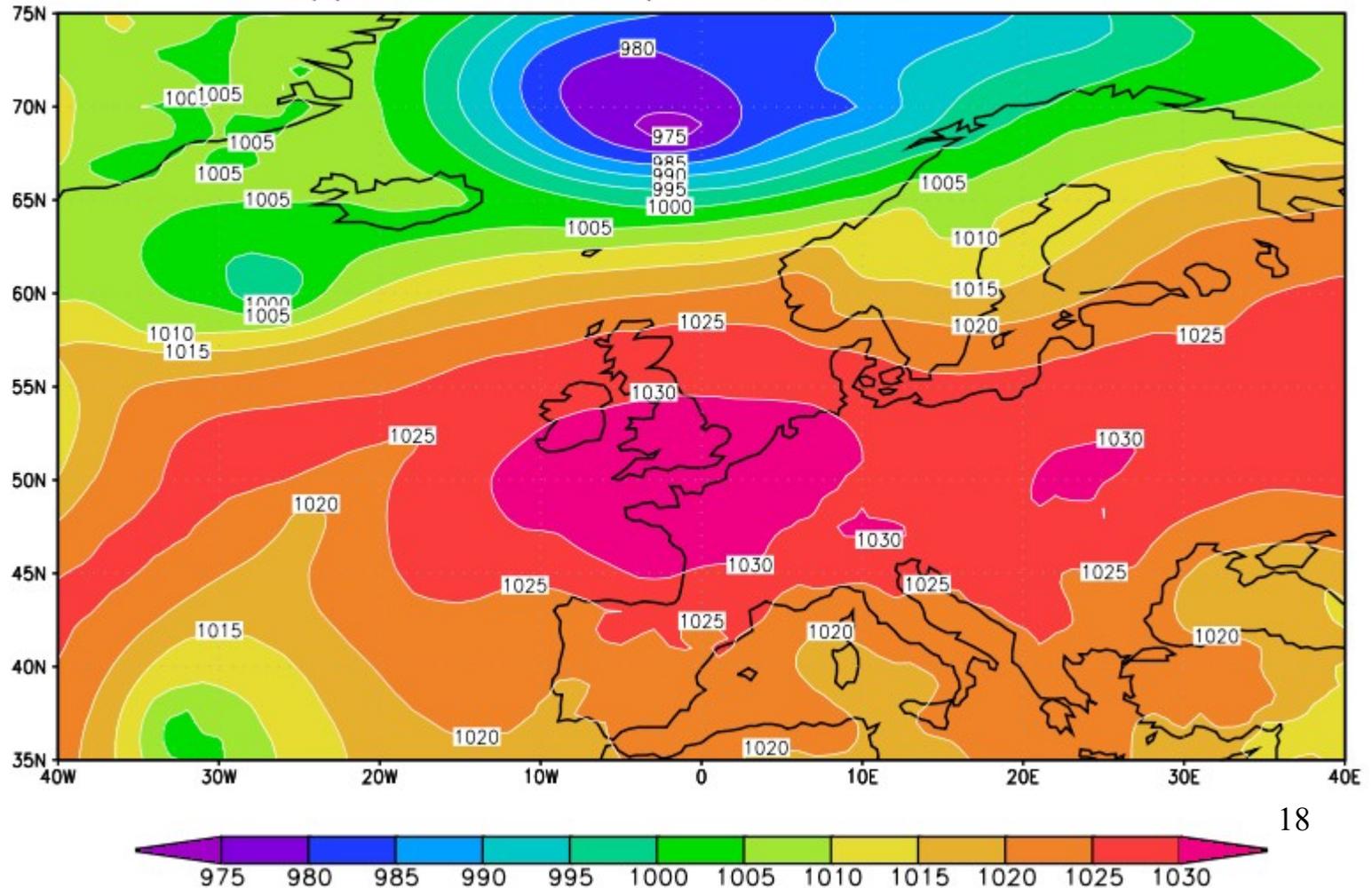




Vento e pressione

nella figura ho una bassa pressione a Nord e una alta sulla manica. Da che parte tira il vento?

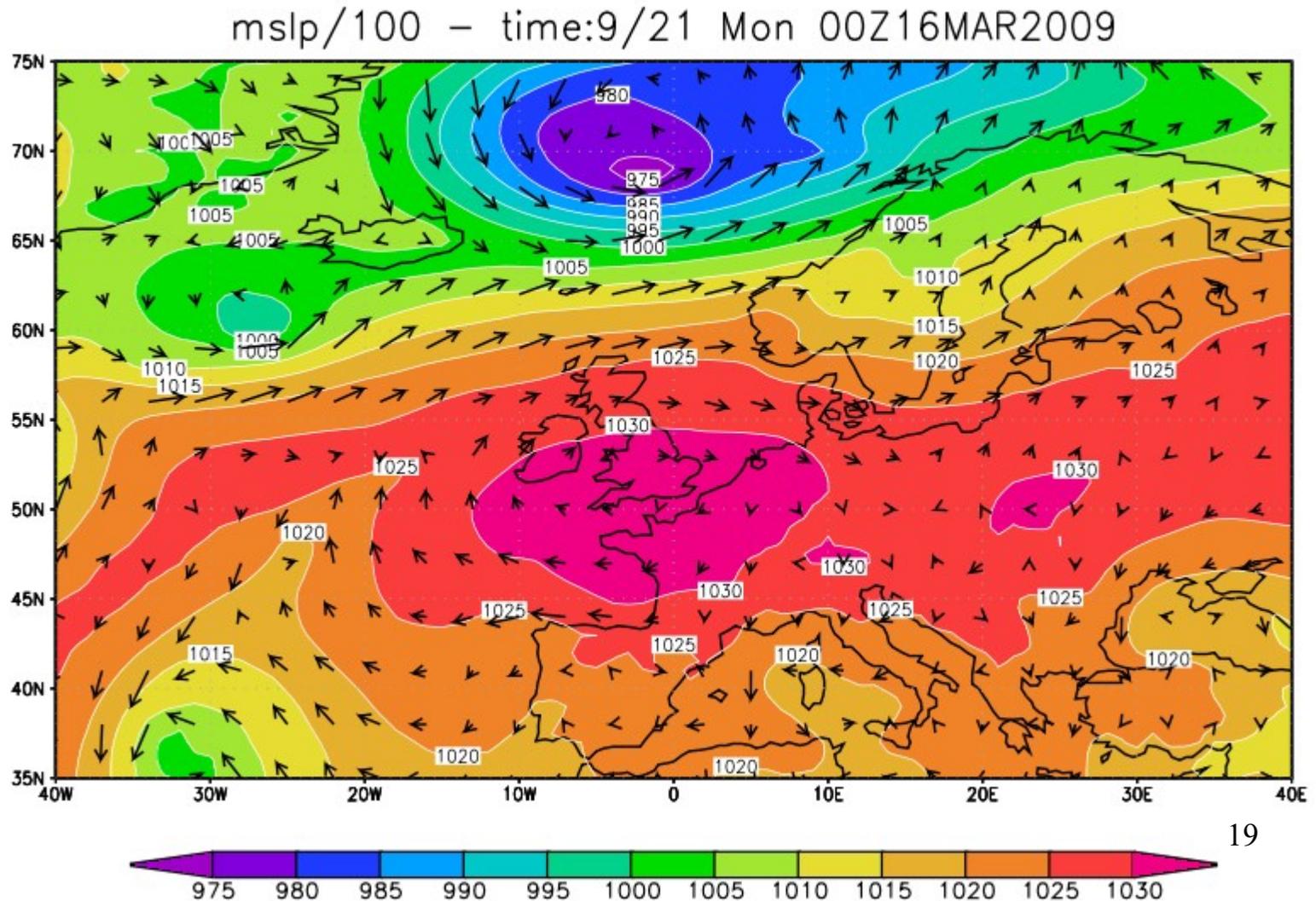
mslp/100 - time:9/21 Mon 00Z16MAR2009





Vento e pressione

Se la terra non ruotasse il vento tirerebbe dalla alta verso la bassa e quindi in breve le pressioni si riequilibrerebbero: le alte e le basse non esisterebbero piu' a parte qualche oscillazione transitoria





La strana forza di Coriolis

A causa della rotazione terrestre, **a grande scala, i venti, anziché spirare dalla alte pressioni verso le basse, appiattendo la differenza di pressione che li ha messi in moto, gli girano intorno.**

E' strano: equivale a dire che se buco una camera d'aria questa (alta pressione) non si sgonfia, perché l'aria anziché uscire gli gira intorno!

Observe how the Coriolis effect influences wind direction. - Microsoft Internet Explorer

File Modifica Visualizza Preferiti Strumenti ?

Indietro → → × ↻ 🏠 🔍 Cerca 📁 Preferiti 🕒 Cronologia 📄 📄 📄

Indirizzo http://earthsci.terc.edu/content/visualizations/es1905/es1905page01.cfm?chapter_no=visuali Vai Collegamenti >>

My Search Google AltaVista Ask Jeeves AlltheWeb LookSmart More >>

! Click the image to see the animation. Use the movie controls to step through or replay the movie.

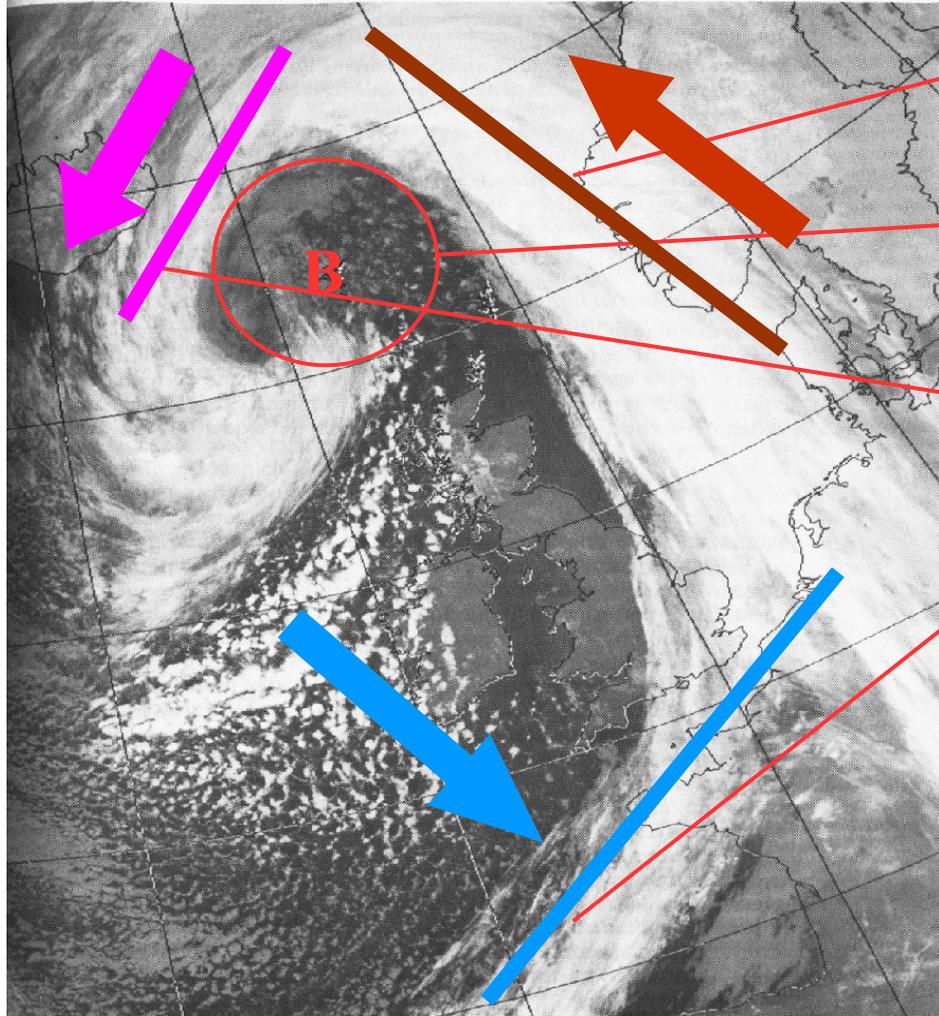
Predicted wind direction

Satellite Images—NOAA

20

Operazione completata Internet

Fronti in una depressione “matura”

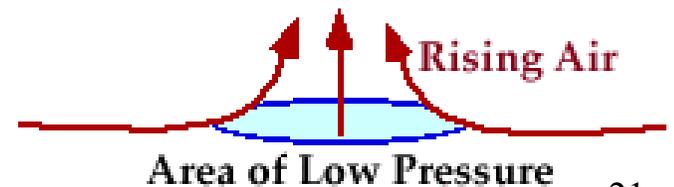
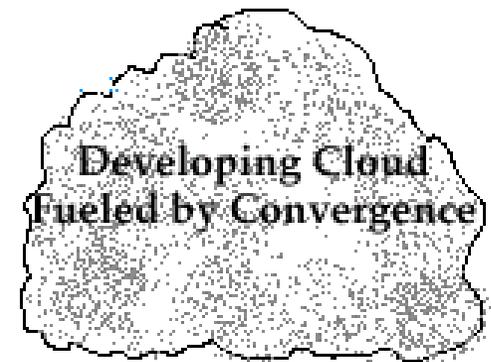


Fronte caldo

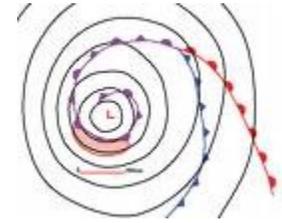
Minimo barico

Fronte occluso

Fronte freddo



Cicloni extratropicali



Sono depressioni sviluppate a tutte le quote. Hanno un fronte caldo e uno freddo. **Portano sicuramente brutto tempo con piogge prima del fronte caldo, dopo e piu' intense al transito del fronte freddo**, venti forti e drastico calo delle temperature al passaggio del fronte freddo. Attorno ad una depressione la circolazione dei venti è antioraria.

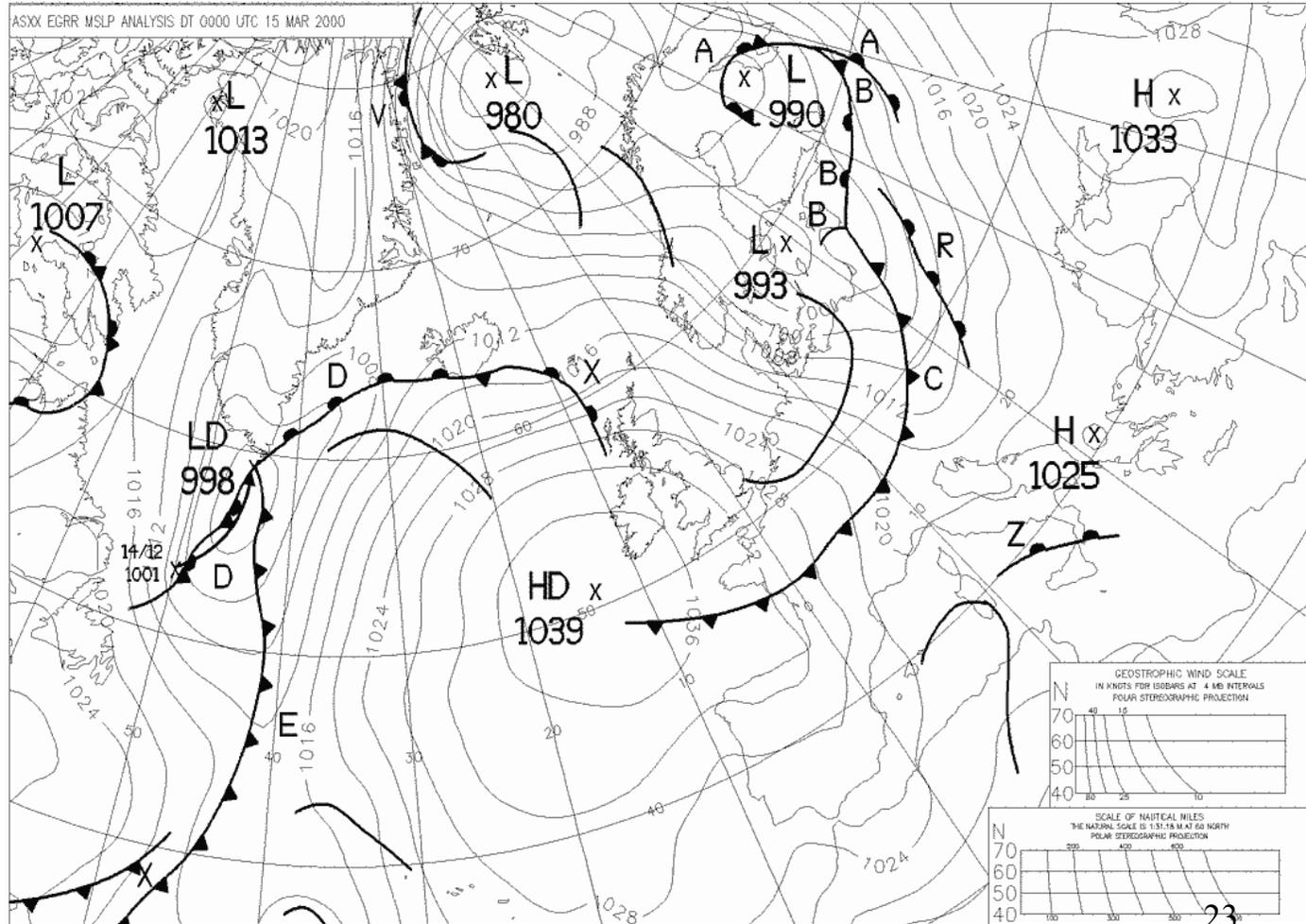


I cicloni tropicali sono ... peggio e sono più piccoli. La tipica dimensione di un ciclone extratropicale è 1000 km contro le poche centinaia di km degli altri.

Esempio di Carta Sinottica

Analisi delle 00UTC di Bracknell (UK Met Office)

Comes to you via Top Karten (<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/>)
Source (TIFF-Files): <ftp://weather.noaa.gov>



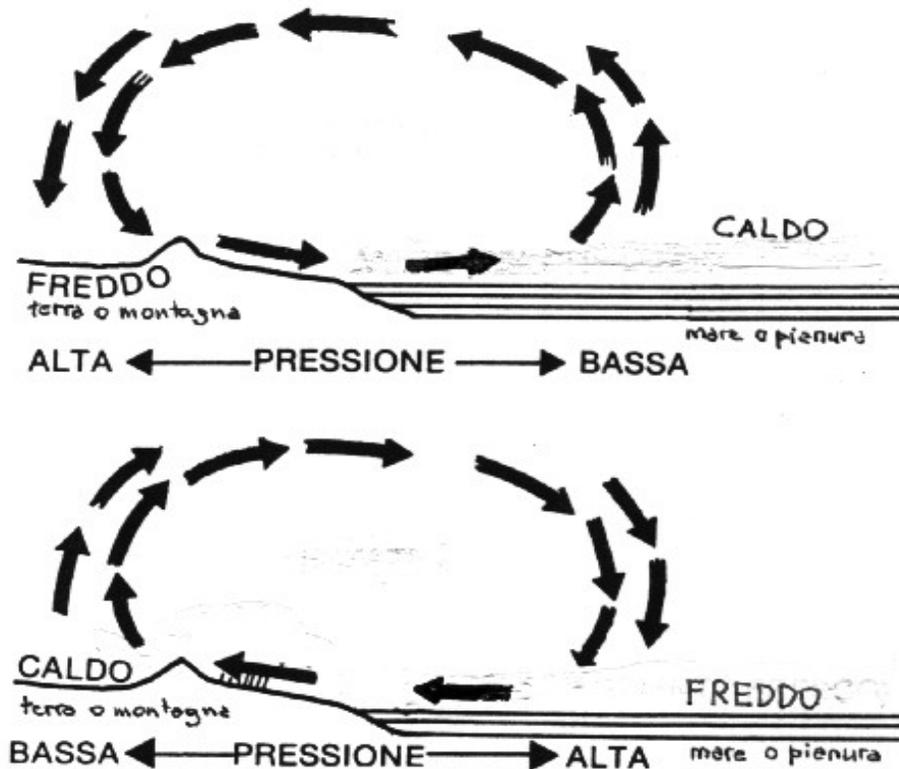
informazioni contenute:

→ **pressione al suolo**

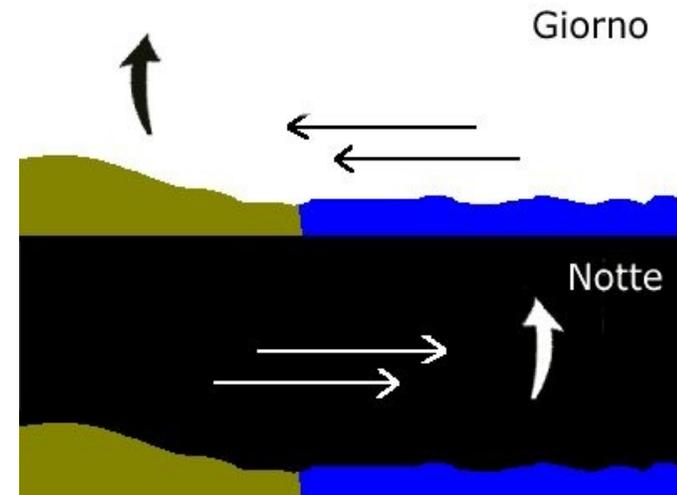
→ **posizione dei fronti
(caldo, freddo, occluso)**

→ **saccature in quota**

Brezze di mare

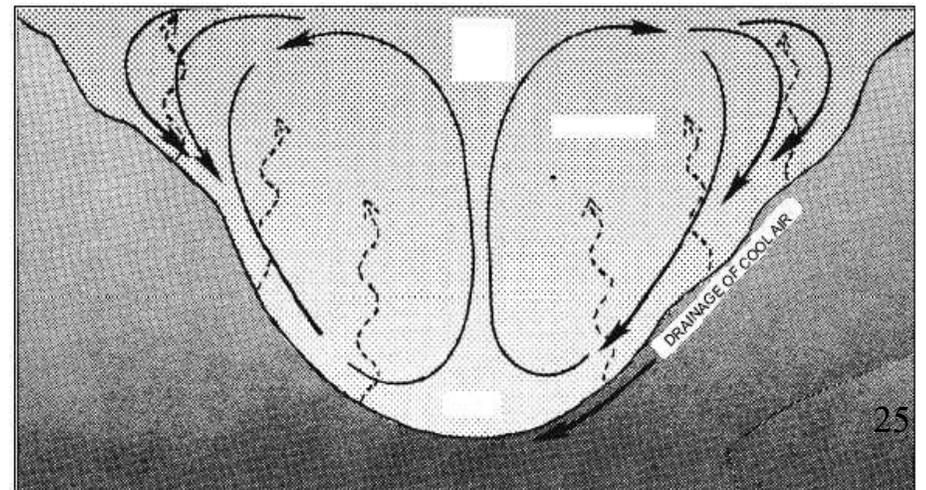
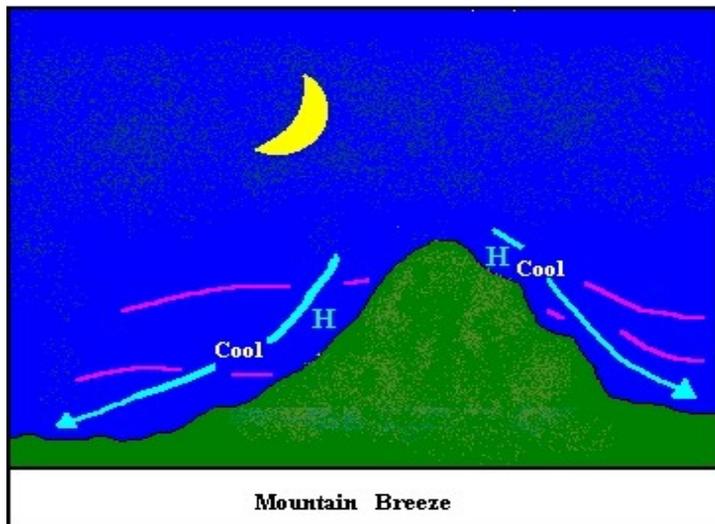
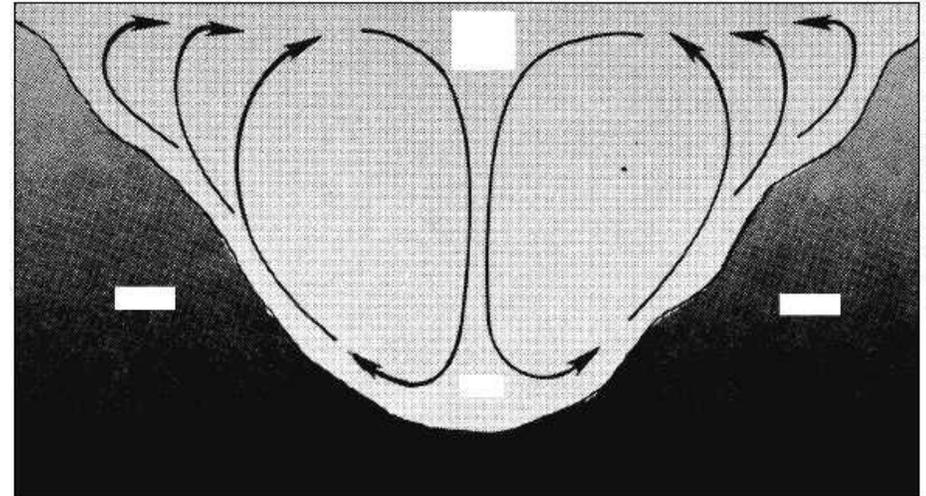
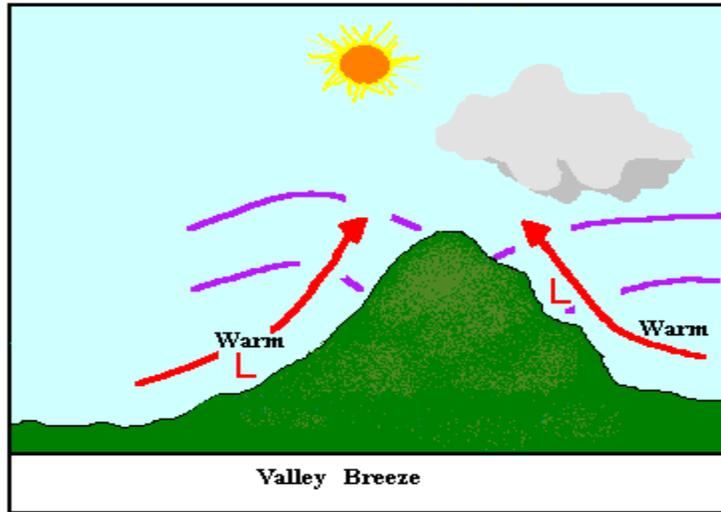


La differente capacità termica fa sì che di giorno la terra sia calda rispetto al mare, mentre di notte è il mare a risultare caldo rispetto alla terra.



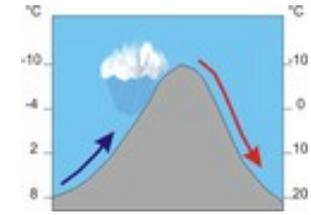
Al di sopra delle superfici più calde, si generano correnti convettive verticali verso l'alto; l'aria mancante al suolo (trasportata da queste correnti) viene sostituita per traslazione dall'aria sovrastante la superficie più fredda, la quale a sua volta viene sostituita dall'aria in quota che discende con moto subsidente, chiudendo il ciclo.

Brezze di monte





Venti di caduta caldi (foehn)



Nel caso in cui l'aria discenda da un dislivello verticale notevole (≥ 1000 m), l'effetto di riscaldamento adiabatico è notevole ($\gamma_a \sim 1.0^\circ\text{C}/100\text{m}$) $\rightarrow \Delta T = 10^\circ\text{C}/\text{km}$

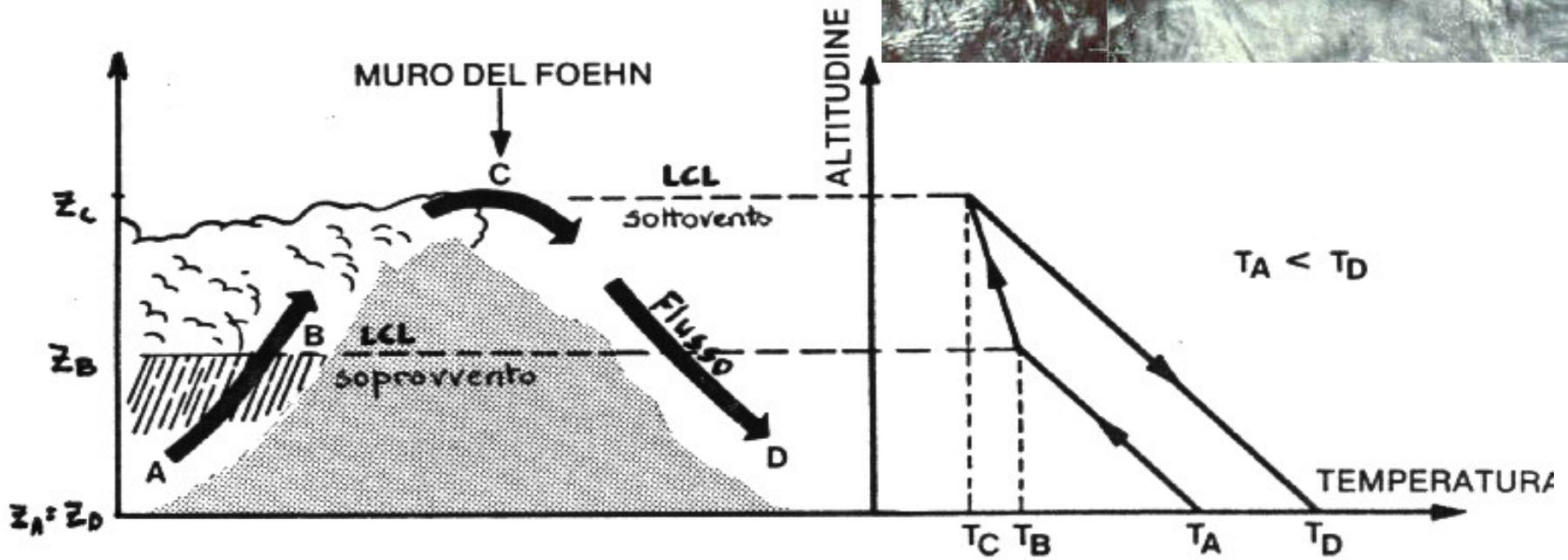
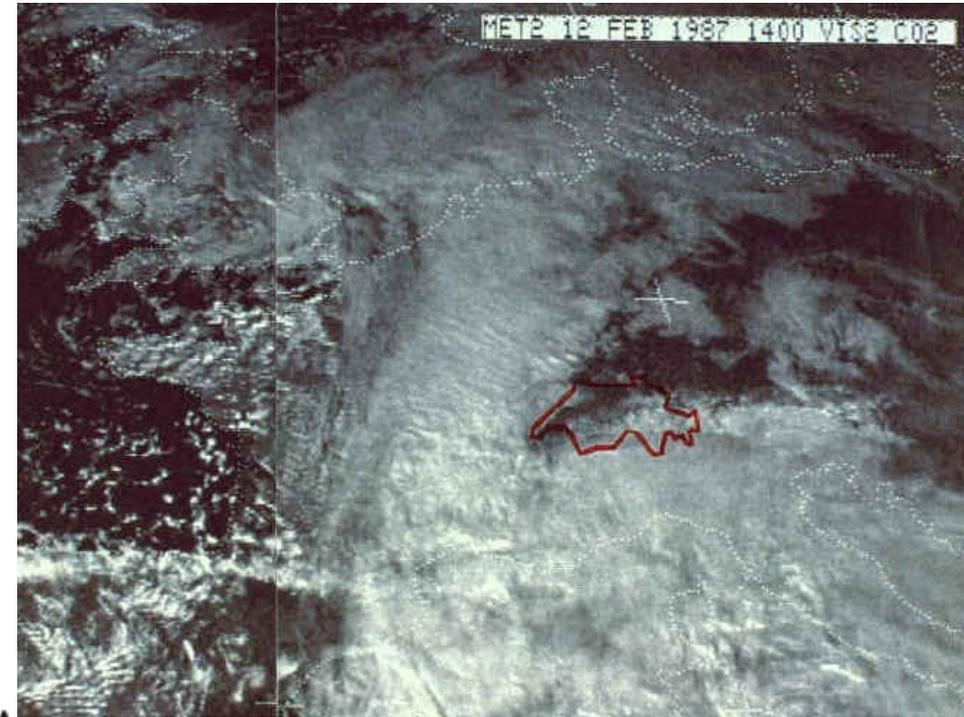
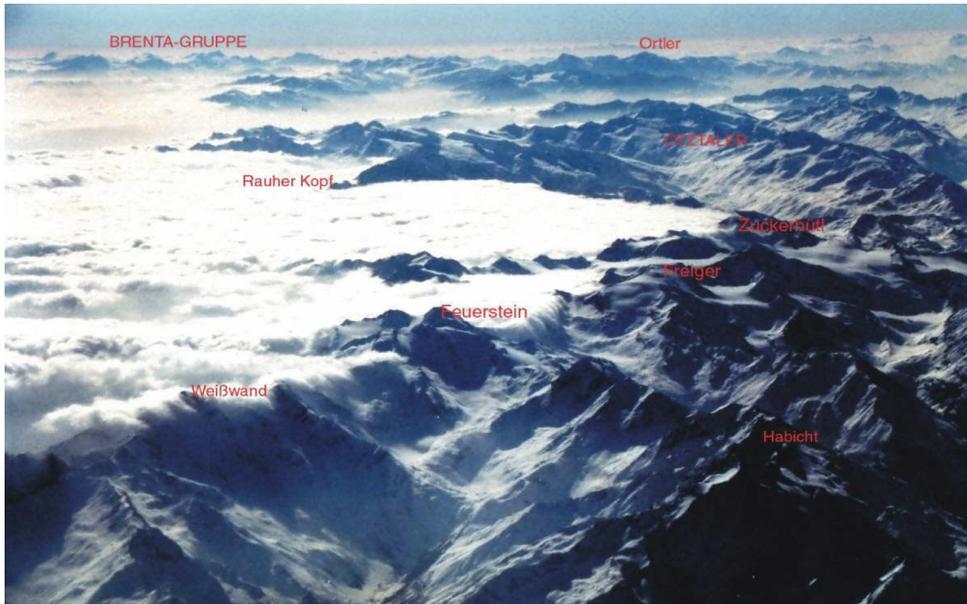
Questo avviene quando una massa d'aria è costretta a svalicare una catena montuosa: dopo lo svalicamento, essa tende a riportarsi all'altezza iniziale

In questo caso, le velocità del vento possono essere anche molto intense ($\propto g \Delta Z$ dove ΔZ è il dislivello)

\rightarrow Quando il fenomeno inizia, nelle località sottovento vi possono essere riscaldamenti improvvisi di $5\text{-}20^\circ\text{C}$



Föhn (favonio, sottovento) e Stau (sbarramento, sopravvento)



Foehn 11/2/2020

LANZO TORINESE, 540 m

Temperatura 15,2 °C

(Agg. 11/02/2020 12:30)

Minima 10,4 °C - ore 07:00

Massima 15,2 °C - ore 12:30

RIFUGIO GASTALDI - 2.659 m

Temperatura -7,9 °C

(Agg. 11/02/2020 12:30)

Minima -8,1 °C - ore 11:00

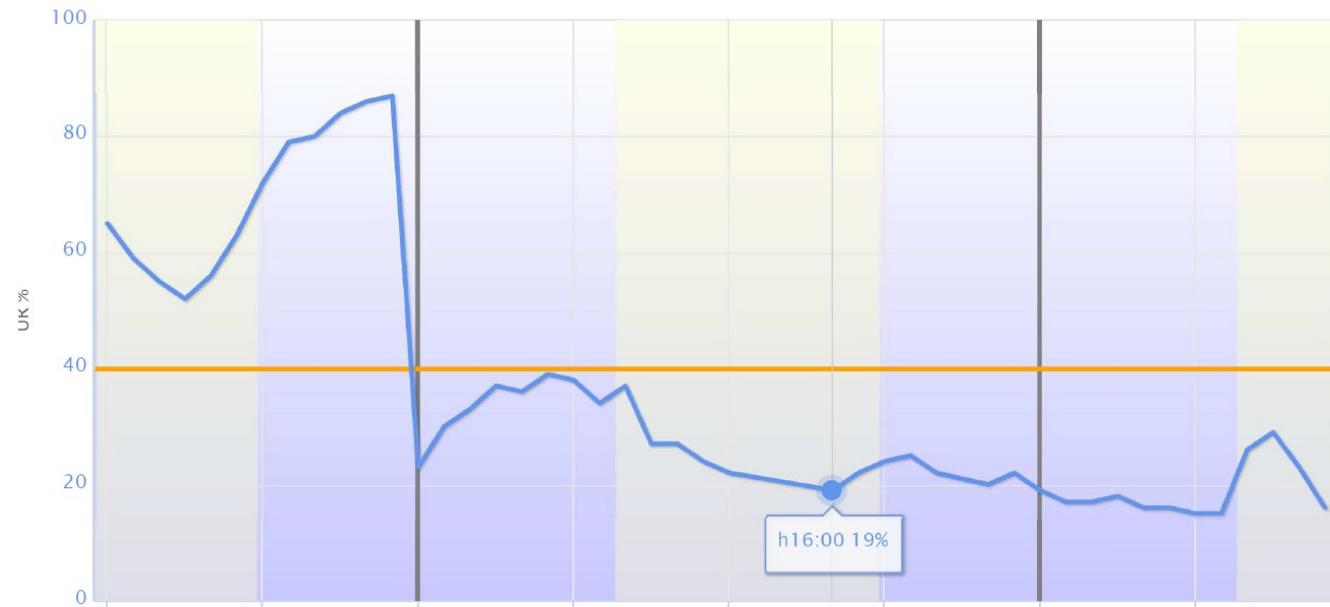
Massima -3,7 °C - ore 01:30

$$\Delta T / \Delta h = [15,2 - (-7,9)] / (2659 - 540) = 23,1 / 2219 = \mathbf{1,1 \text{ °C}/100m}$$

Temperatura dell'aria



Umidita' relativa dell'aria



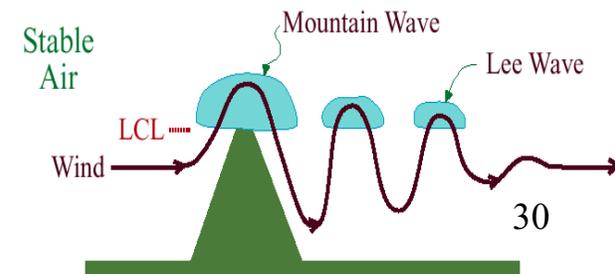
Il muro del foehn

Sullo spartiacque delle Alpi (al confine con Francia, Svizzera o Austria secondo le correnti) si forma il muro del foehn, identificabile dall'improvvisa scomparsa della banda nuvolosa sottovento

photo by Luca Lombroso



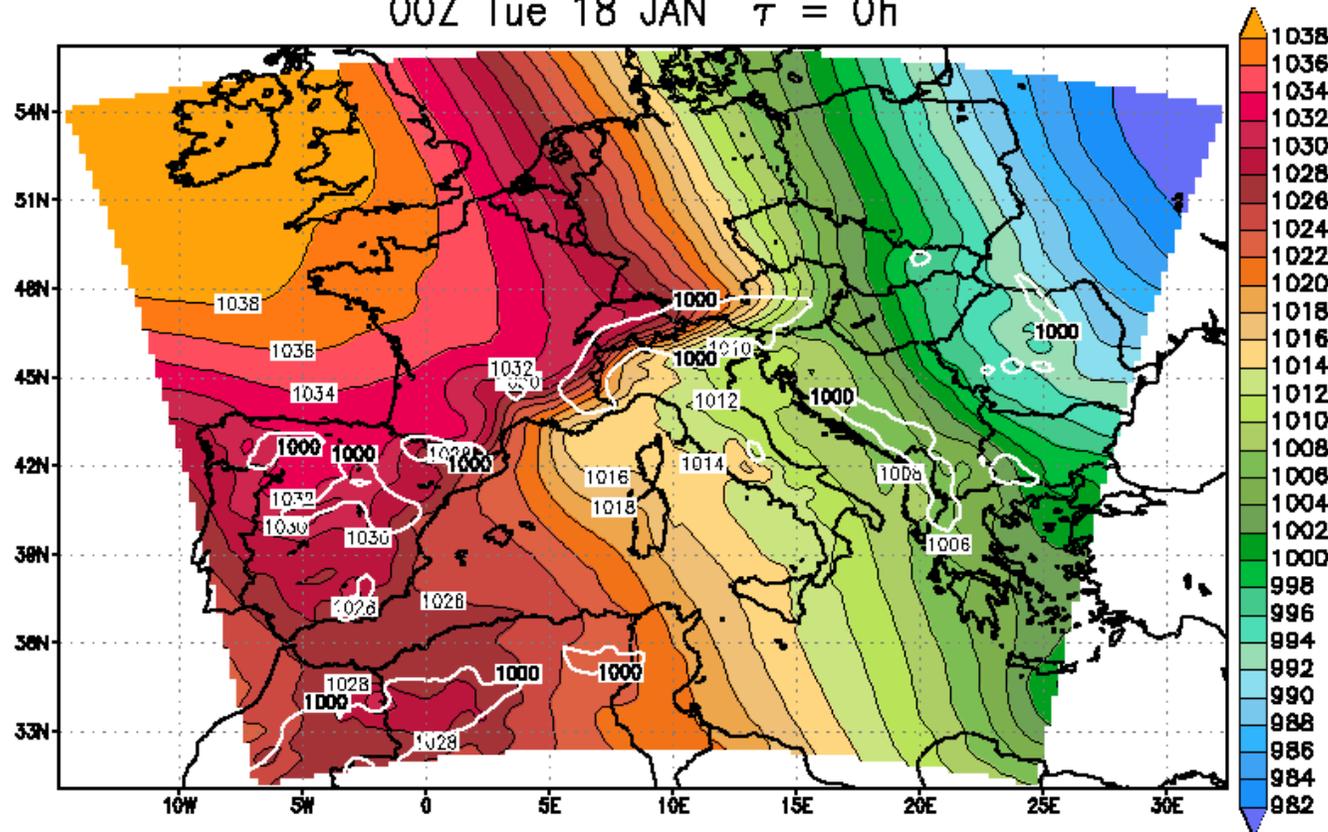
Spesso nella zona sottovento il moto ondulatorio verticale delle masse d'aria favorisce la formazione di onde di gravità identificabili dalla presenza di nuvolosità di tipo lenticolare a bande



La situazione tipica del foehn sul versante sud - alpino

DIFI (Genoa - Italy) - ISAO-CNR (Bologna - Italy)
Mean Sea Level Pressure [hPa] and orography [m]

00Z Tue 18 JAN $\tau = 0h$

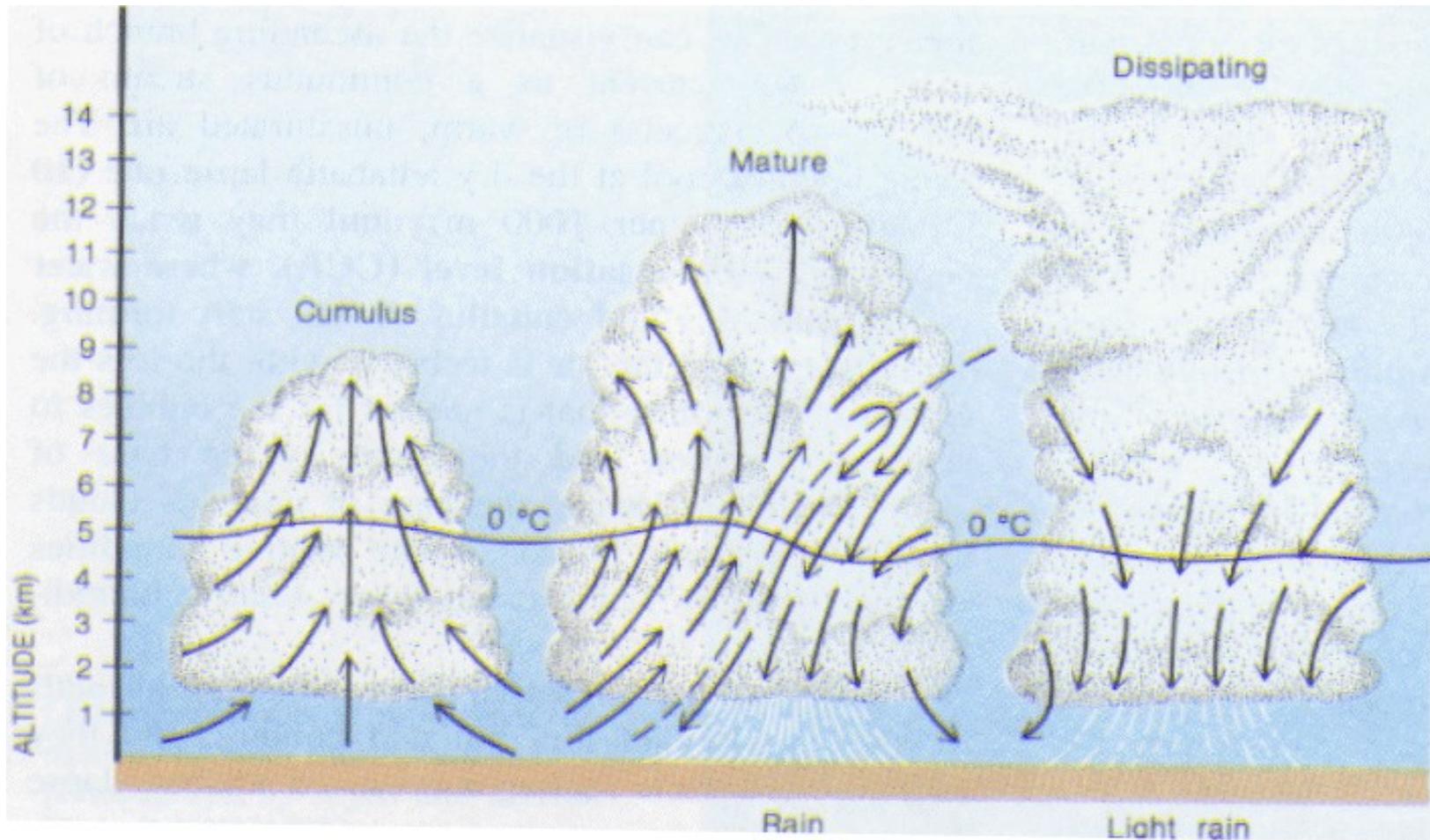


- Presenza di un'estesa area di alte pressioni sull'oceano Atlantico e di una depressione localizzata tra il Mar Ligure, l'Italia del Nord ed il Mare Adriatico
- Formazione di un profilo "a naso" lungo le Alpi (naso del foehn)
- Disposizione delle isobare lungo la montagna

Temporali



Sistemi meteorologici alla mesoscala, che interessano per breve tempo aree limitate, caratterizzati da forti velocità ascensionali (updraft), tempi di vita di ogni singola cella convettiva di circa 30 minuti,



Lampi e fulmini



Si dice **fulmine una scarica tra nube e terra, e lampo una scarica tra nubi.**

Le scariche che colpiscono la Terra sono circa il 20% del totale, ma sono le più pericolose;

La differenza di potenziale quando si scarica un fulmine e' di ~ 100 MV.

I **tuoni** si generano a causa del riscaldamento improvviso dell'aria ionizzata (da T ambiente a ~ 25000 °C)

vale la regola approssimata che la distanza in km a cui si è visto un lampo-fulmine può essere dedotta come:

$\Delta X = \Delta t / 3$ dove Δt è il tempo tra lampo e tuono



allontanarsi in fretta da ogni rialzo dal suolo, cima o cresta esposta, da "punte" di qualsiasi genere (croci, antenne o altro)



non ripararsi sotto gli alberi, specie se sono isolati, e allontanarsi il più possibile da essi



allontanarsi da corsi d'acqua, laghi o ruscelli e dalle pareti verticali



allontanarsi (almeno 50 m) da qualunque conduttore metallico ed evitare per qualsiasi ragione i percorsi ferrati



evitare di utilizzare il cellulare



assumere una posizione accucciata e rannicchiata con la testa tra le ginocchia (non stendersi a terra) e i piedi uniti, meglio se in un affossamento



eventualmente ripararsi in un anfratto o in una grotta (non però in prossimità di creste o guglie rocciose), purché non si tocchi la nuda roccia; però non rimanere all'ingresso, ma portarsi il più all'interno possibile



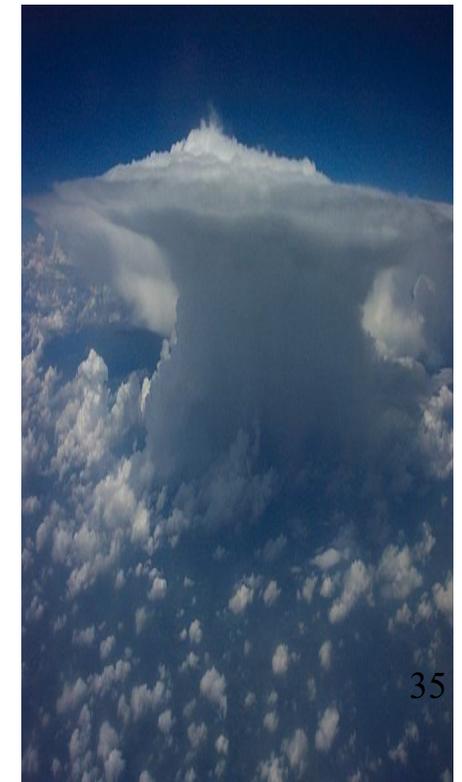
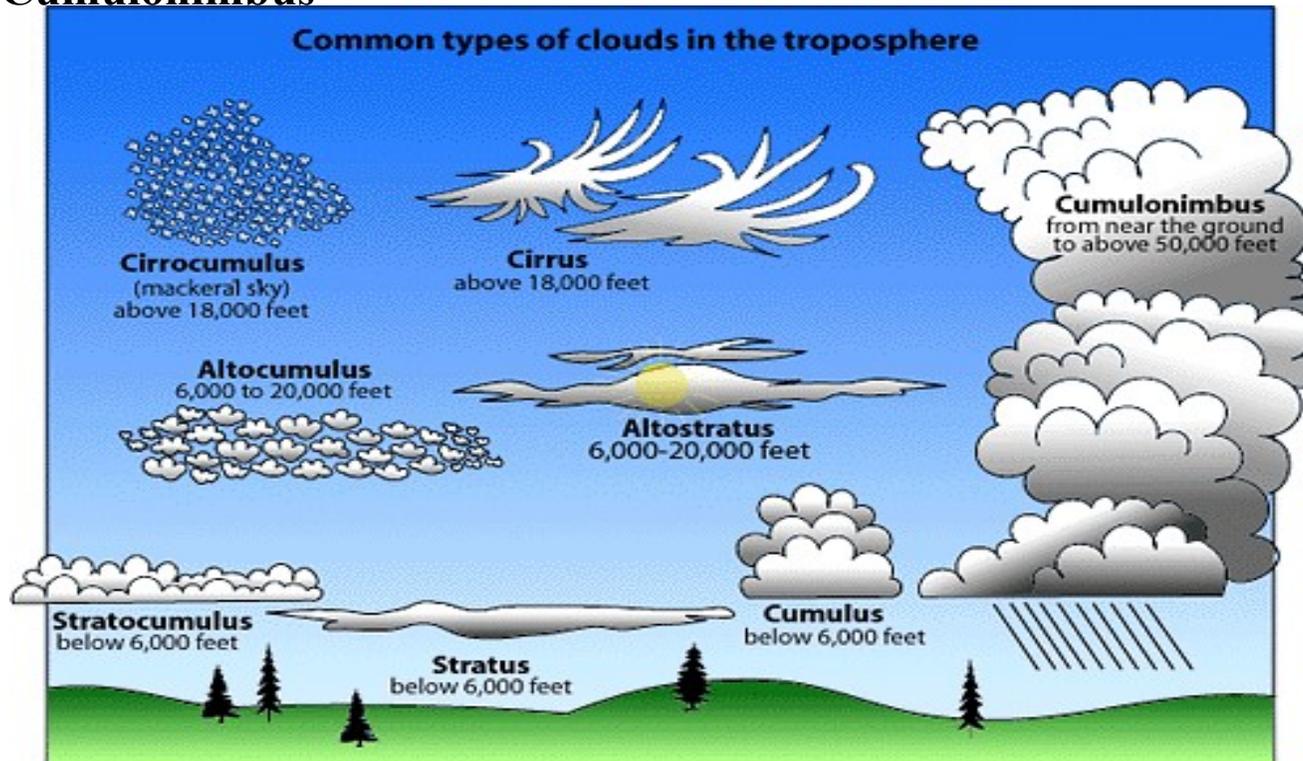
Lampi e fulmini: che fare?

Le nubi



- Nubi alte - base oltre 5-6000 m (about minus 40-50° C): Cirrus, Condrails
- Nubi medie – base tra 2000 e 6000 m: Altostrati e Altocumuli
- Nubi basse - base sotto 2000 m: Stratus, Cumulus
- Nubi verticali – forte sviluppo verticale (alcuni km) con strati multipli :

Cumulonimbus



nubi alte: cirri



Molti cirri nel cielo sono segno che un sistema frontale o altra perturbazione atmosferica si sta avvicinando; probabilmente il tempo cambierà nelle successive 24ore



nubi alte: cirri e “condrail”



i cirri ad uncino sono quasi sempre la firma di un fronte caldo in avvicinamento.

Le scie di aereo segnalano umidità in quota se permangono.



nubi medie: altostrati



Altostratus: causati da una grande massa di aria che si è sollevata e condensata, di solito per un sistema frontale in arrivo. Sono costituiti da cristalli di ghiaccio e sono potenzialmente pericolosi perché possono causare accrescimento di ghiaccio sugli aeroplani



nubi medie: altocumuli



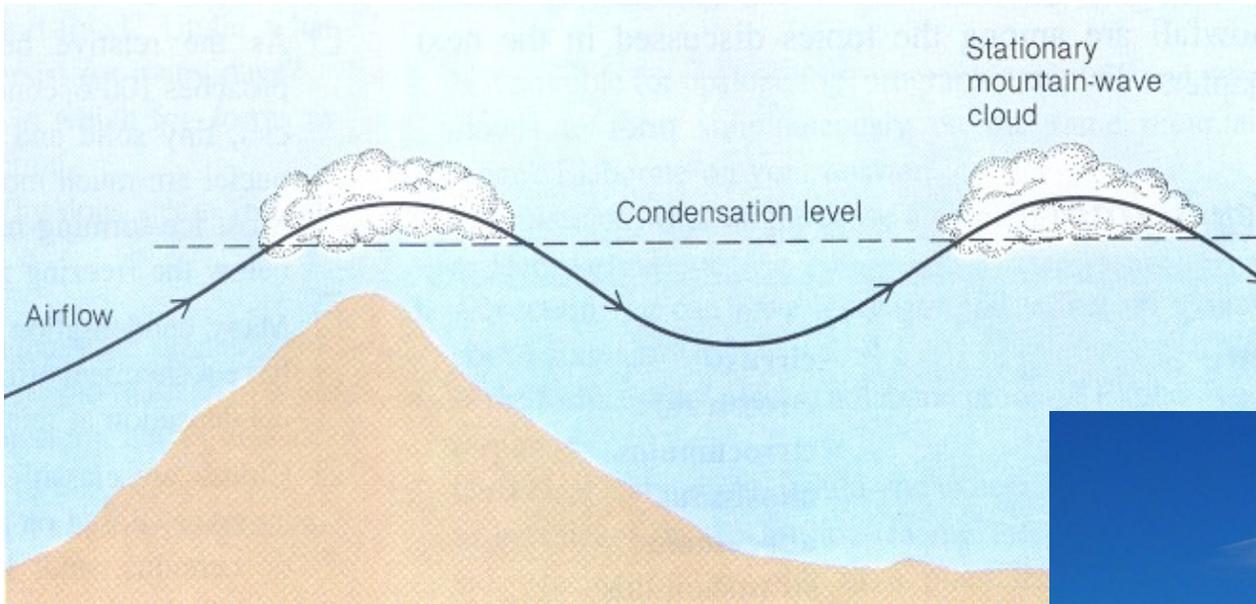
Alto cumulus: sono spesso osservabili prima di un fronte freddo. La loro presenza in una calda e umida mattinata estiva preannuncia il probabile sviluppo di temporali nel corso della giornata

Cielo a pecorelle....



nubi medie: altostrati lenticolari

Altostratus lenticularis: nubi orografiche



nubi basse: strati



Stratus: formations that are accompanied by precipitation are known as nimbostratus ("nimbus" meaning rain).

SOTTO



SOPRA



nubi basse: nimbostrati



Nimbostratus: grigio scuro quasi uniforme, 2000 - 3000 metri di spessore, è una nube che porta precipitazioni.



nubi basse: cumulus humilis e stratocumuli

Cumulus humilis: comunemente considerato “nube di bel tempo”. Formazione a causa di correnti ascensionali a seguito del riscaldamento del suolo (termiche) e dissoluzione la sera

Generalmente gli stratocumuli portano solo lievi precipitazioni, tuttavia costituiscono spesso l’inizio o la coda di una perturbazione e perciò possono indicare maltempo in arrivo con precipitazioni e venti intensi.





Cumuli congesti

Caso particolare: pyrocumulus
(Bussoleno 22/10/2017, fonte Nimbus)



nubi a sviluppo verticale: cumulonembi



Cumulonimbus: nube densa e di grande spessore, foriera di temporali e altri fenomeni intensi.



envil



mammatus



nubi a sviluppo verticale: cumulonembi



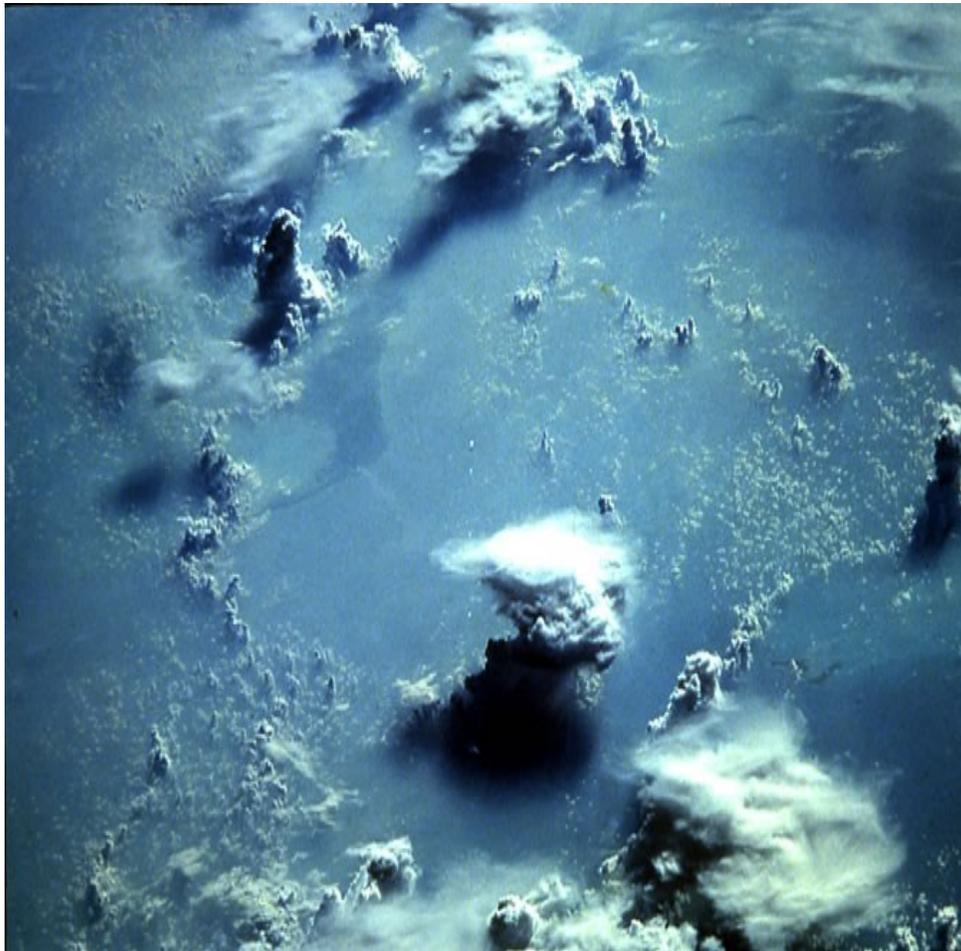
I cumulonembi sono talora confusi con i loro parenti, cumulus congestus. La caratteristica distintiva del cumulonimbus è la **sommità costituita da cristalli di ghiaccio**, contrariamente agli altri cumuli che sono formati interamente da goccioline di acqua.



nubi a sviluppo verticale: cumulonembi



altri cumulonembi visti da satellite



nubi a sviluppo verticale: cumulonembi



Quando la pioggia e' intensa ma localizzata (temporali) spesso si possono vedere le bande di pioggia. Notate che spesso sono inclinate a causa del vento forte associato ai temporali



nubi da foehn e onde di gravita'



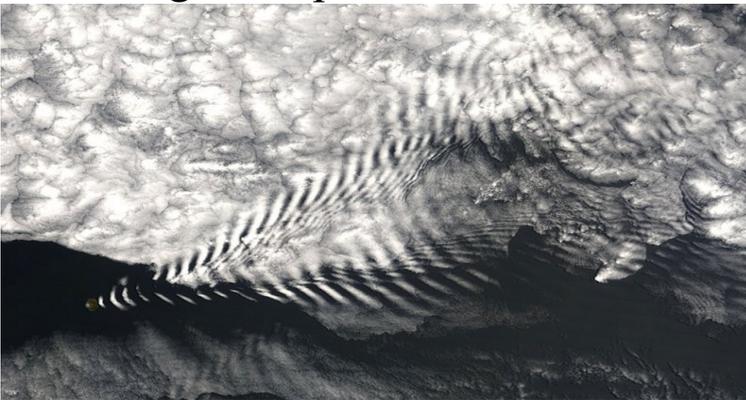
onda orografica prodotta da una catena montuosa (cumulus)



nubi da foehn (cumulus fractus)



onda orografica prodotta da un' isola



Inversione termica



In condizioni notturne (stabili) il terreno raffredda l'aria e si forma un'inversione termica (ossia uno strato stabile alto poche centinaia di metri)

Durante l'inverno il fenomeno e' piu' evidente. In citta' si nota come il mixing non supera il livello dell'inversione e quindi sia ha foschia nella bassa atmosfera.



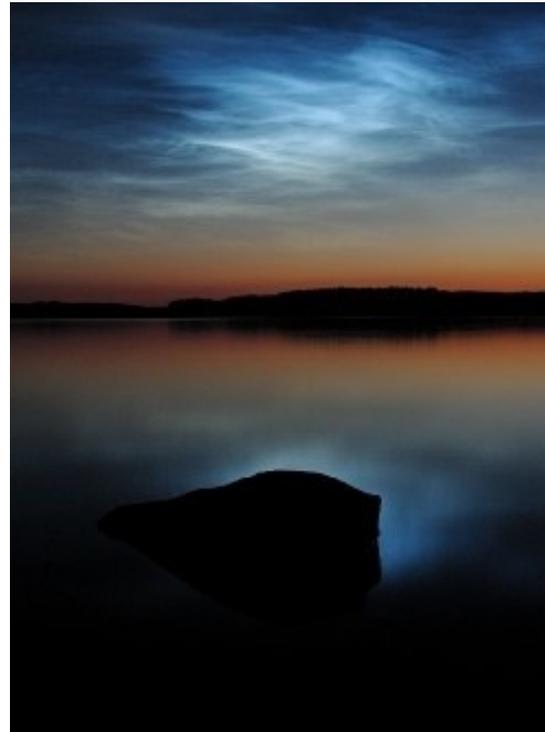
nubi strane



Kelvin Helmholtz

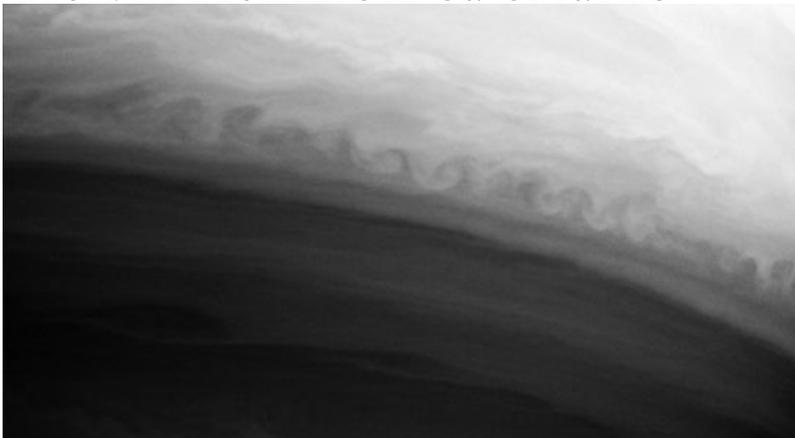


nubi nottilucenti (in mesosfera: a 75 ~ 85 km)



le aurore boreali non sono nubi ma tracce di collisioni di particelle con la magnetosfera

Kelvin Helmholtz su saturno



Fine prima parte