



# Cenni di Meteorologia

**M. Cobal**  
***INFN Trieste e Università di Udine***

**“Fisica in barca”**  
**YCT Dicembre 2007**

# Atmosfera

- La Terra e' avvolta da una **massa gassosa**

Questa massa gassosa segue la forma della terra, presenta uno schiacciamento ai poli e un rigonfiamento nelle zone equatoriali e tropicali

- E' attratta verso la superficie terrestre dal proprio peso
- E' trascinata nel suo insieme dal moto di rotazione della terra

- L'aria che respiriamo e' in realtà un **miscuglio di gas**

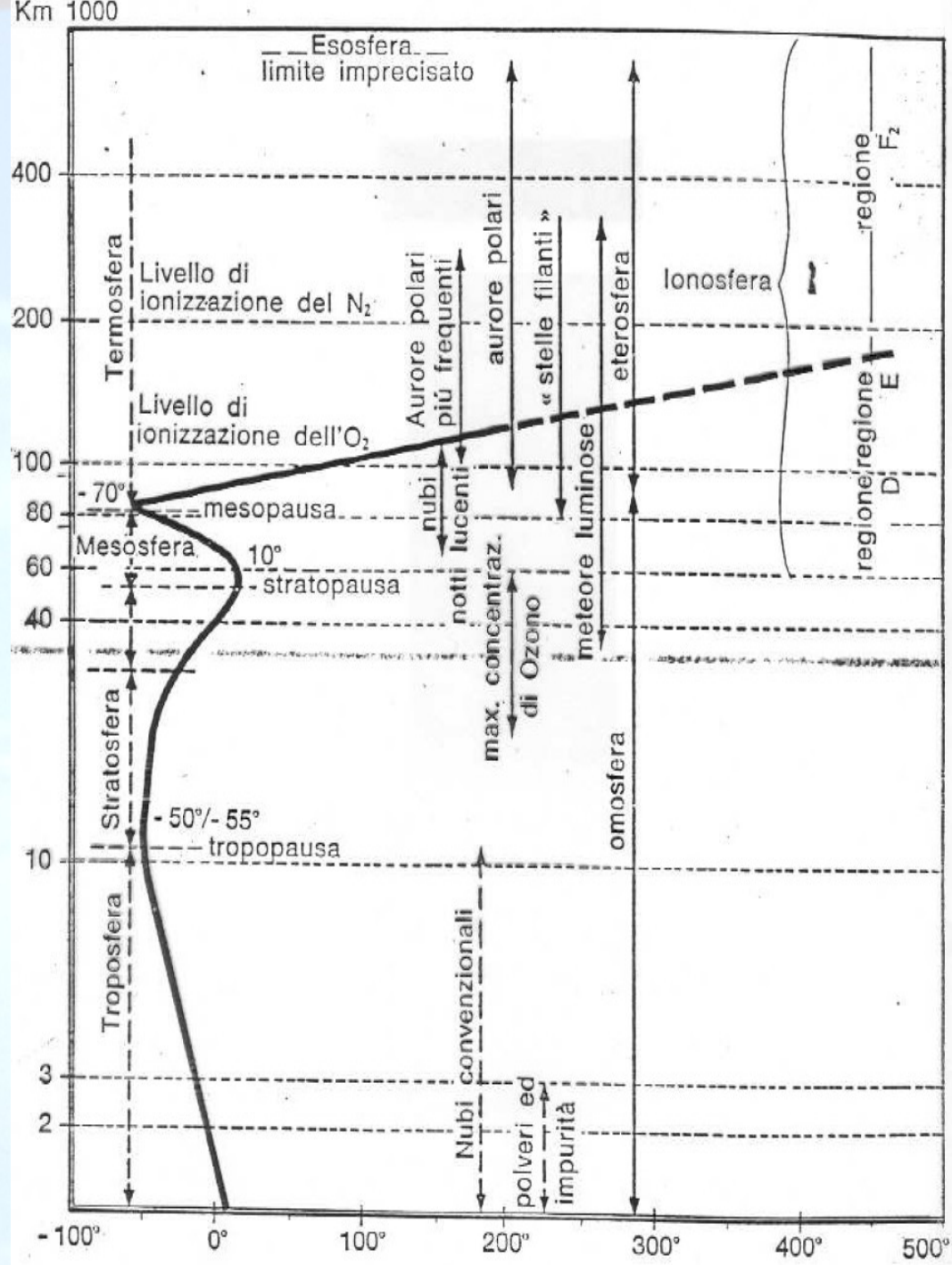
- **Azoto** (N ) per circa 78%

- **Ossigeno** (O<sub>2</sub>) per circa il 20%

- **Anidride Carbonica** (CO<sub>2</sub>) per lo 0,1%

- In percentuali molto piccole i **gas alogeni e rari**

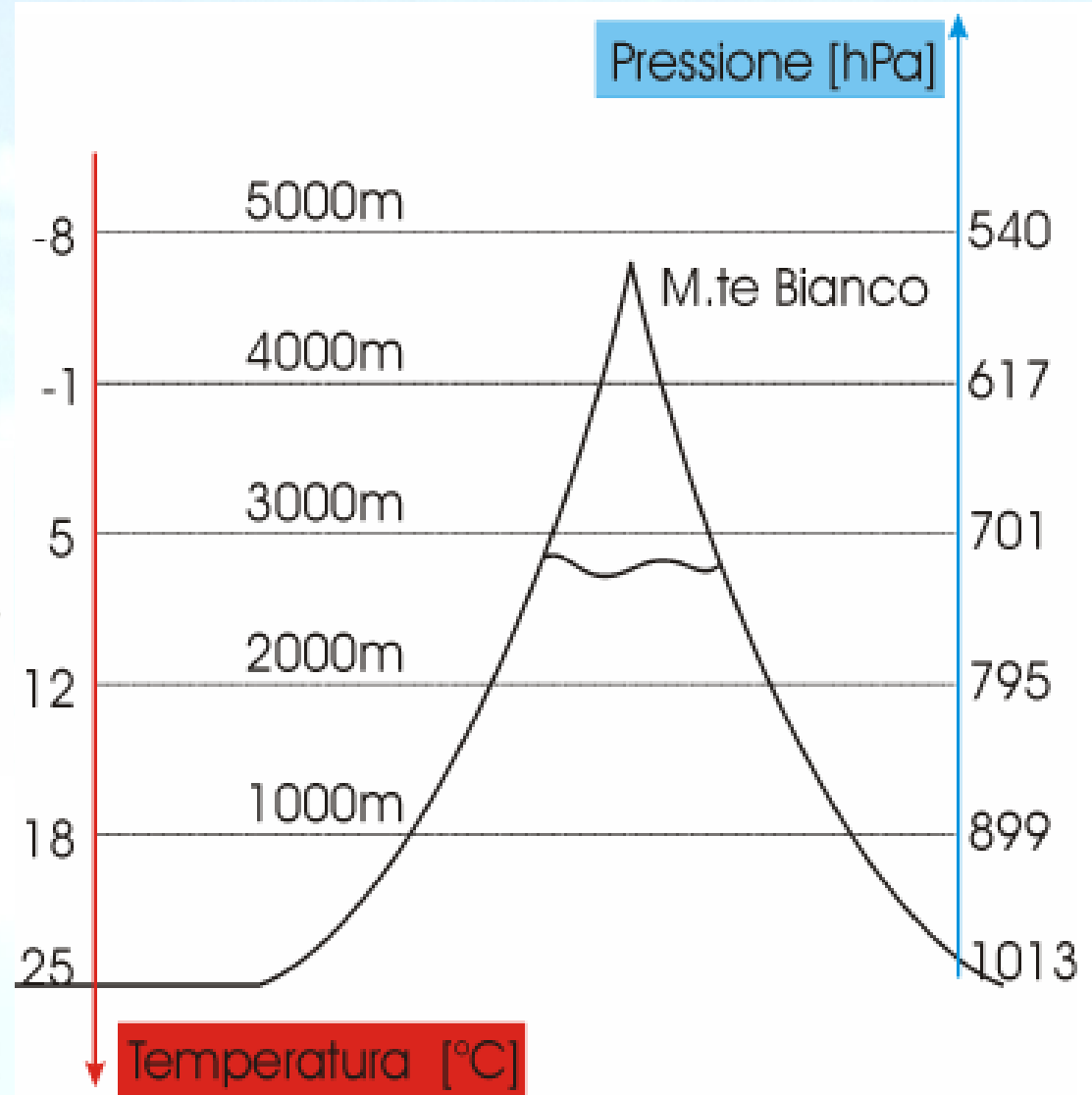
- L'atmosfera è sottilissima: il **90.5%** è contenuta **nei primi 20 Km** su 6000 km di raggio terrestre



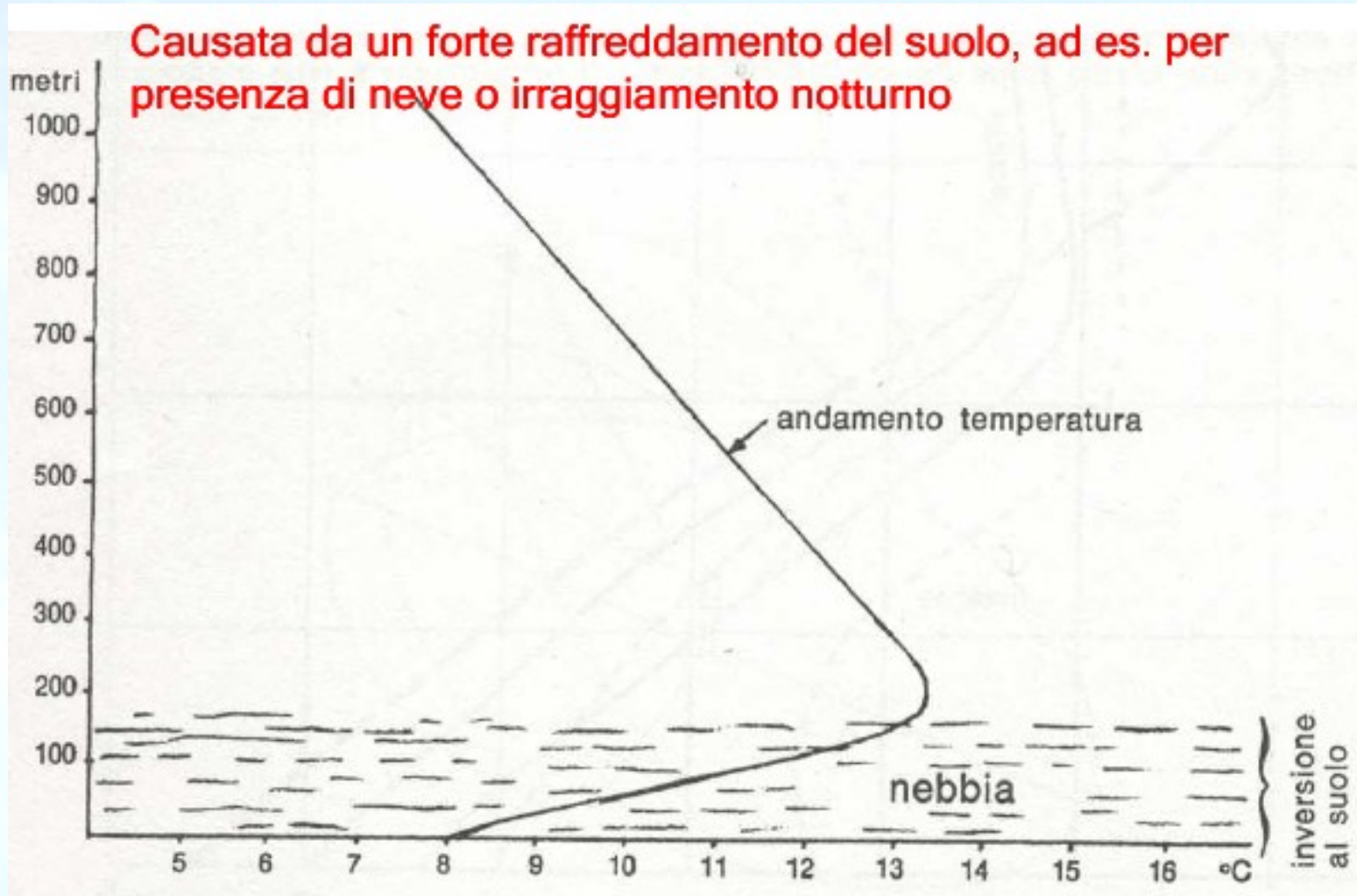
La temperatura nell'atmosfera

# Temperatura e altitudine

Gradiente termico medio in aria calma: 6.5°C ogni 1000m



# Inversione termica



# Pressione

- La pressione e' il **carico esercitato da una colonna di atmosfera sull'unita' di superficie** (circa 1.033 kg/cm<sup>2</sup> , se il carico è misurato sul livello del mare ad una temperatura di 0° C e a 45° di latitudine.).
- Questo carico è dovuto alla **gravità** e al peso degli strati soprastanti.
- Quindi la pressione dell'aria è **massima alla superficie della Terra** e diminuisce progressivamente salendo in altitudine
- La pressione dipende da vari fattori: altitudine, temperatura, umidita'

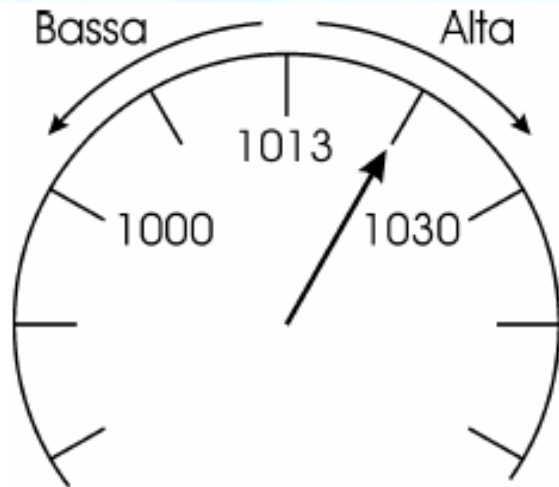


# Pressione

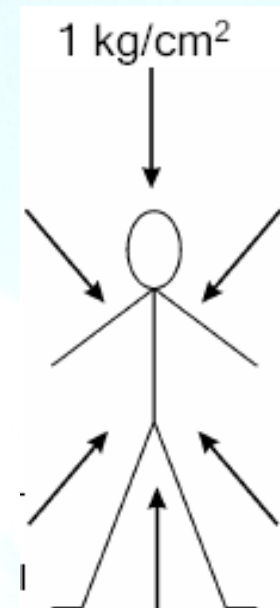
- L'unità di misura è **l'atmosfera**, pari al carico esercitato da una colonnina di mercurio di 760 millimetri con sezione di  $1 \text{ cm}^2$ .
- In meteorologia si usava un'unità di misura differente, il **millibar**, che corrisponde a circa  $1/1.000$  di un'atmosfera
- L'Unità di Misura in meteorologia è l'**ettopascal** (hPa) = 100 Pascal (SI).  $1 \text{ millibar} = 1 \text{ hPa}$
- **$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1013,2 \text{ mbar} = 101320 \text{ Pa} = 1013,2 \text{ hPa}$**

# Pressione

- Esistono semplici regole per trasformare una misura in hPa in una in mmHg o viceversa:
  - per passare da hPa a mmHg, si moltiplica per  $3/4$ ;
  - per passare da mmHg a hPa si moltiplica per  $4/3$ .
- Valori tipici:
  - $> 1020\text{hPa}$  s.l.m. in una zona di alta pressione
  - $< 1000\text{hPa}$  s.l.m in bassa pressione



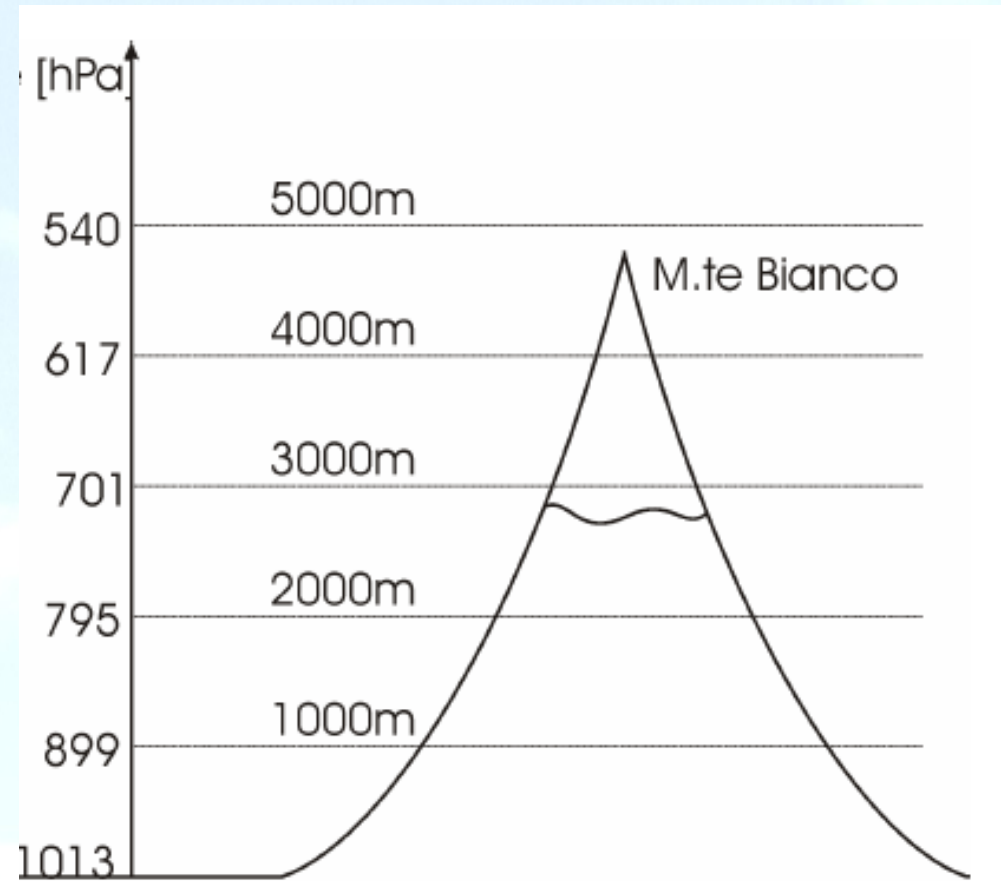
Non avvertita dall'uomo perché distribuita uniformemente nelle tre direzioni dello spazio





# Pressione e altitudine

Gradiente barico medio:  
1 hPa ogni 8m

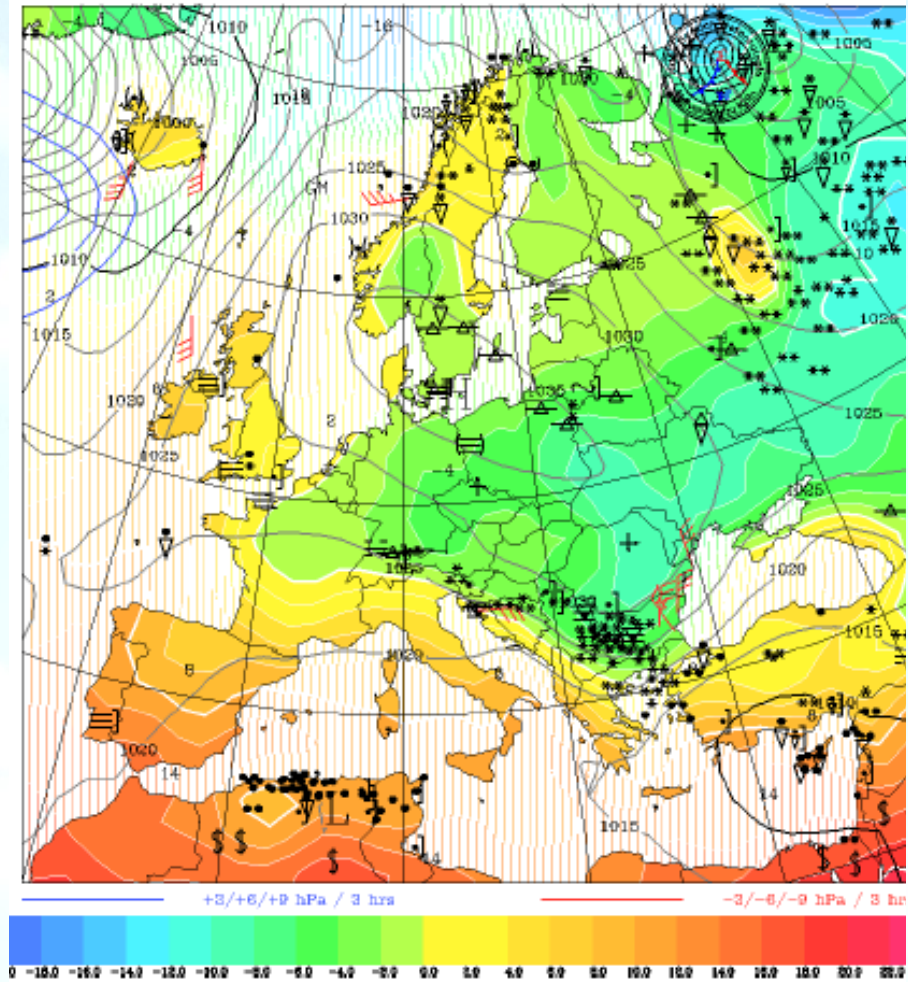


Non esiste una relazione precisa tra quota e pressione. Vari fattori ( temperatura e umidità) possono influenzare i risultati.

# Isobare



# Isoterme



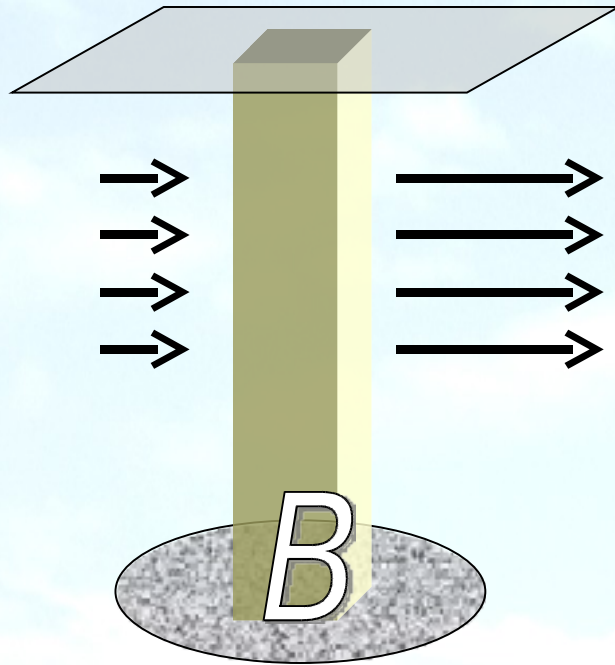
# Umidità

- **Umidità assoluta** = quantità di vapore acqueo contenuta in un m<sup>3</sup> d'aria
- **Saturazione**: limite all'umidità assoluta. Oltre tale limite il vapore acqueo condensa. Tale limite è tanto maggiore quanto più è alta la temperatura
- **Umidità relativa** = rapporto tra umidità assoluta e saturazione
- Quando l'aria si raffredda il vapore acqueo condensa, con formazione di nubi e di precipitazioni
- Masse d'aria calda contengono più acqua di masse d'aria fredda: le precipitazioni sono mediamente più intense d'estate che d'inverno

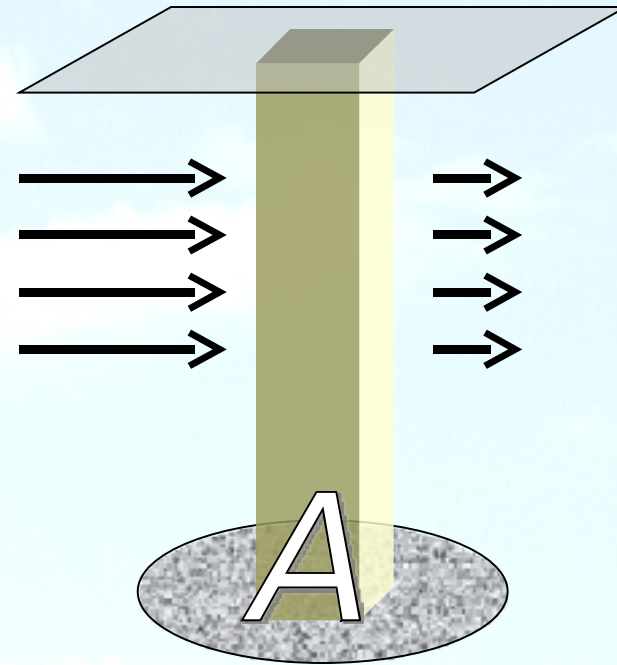
# Pressione, Temperatura, Umidità

- La **pressione scende quando sale la temperatura**. Infatti, se la temperatura aumenta l'aria si dilata, andando ad occupare un volume maggiore (ma la sua massa rimane costante). Così si verifica una diminuzione del peso e quindi della pressione esercitata.
- Viceversa, quando la temperatura scende si avranno degli aumenti di pressione.
- Anche l'umidità gioca un ruolo importante. Infatti, se nell'aria è presente vapore acqueo, significa che ha sostituito altri elementi più pesanti come azoto o ossigeno → **più l'aria è umida, più è leggera** e di conseguenza esercita una minore pressione.

# Variazioni di Pressione - Venti



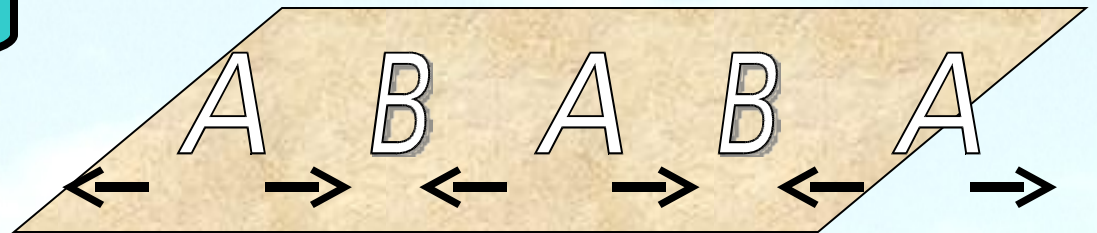
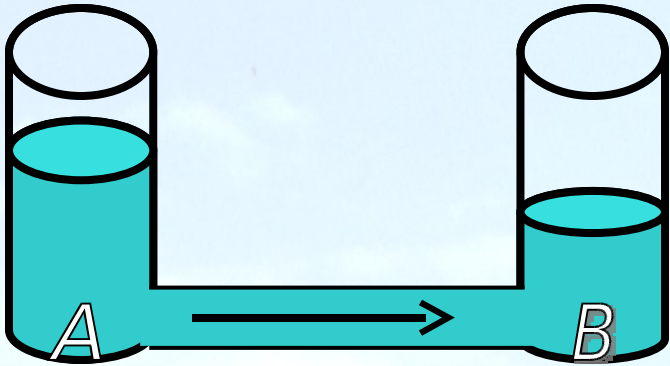
**Ciclone o Depressione**



**Anti Ciclone**

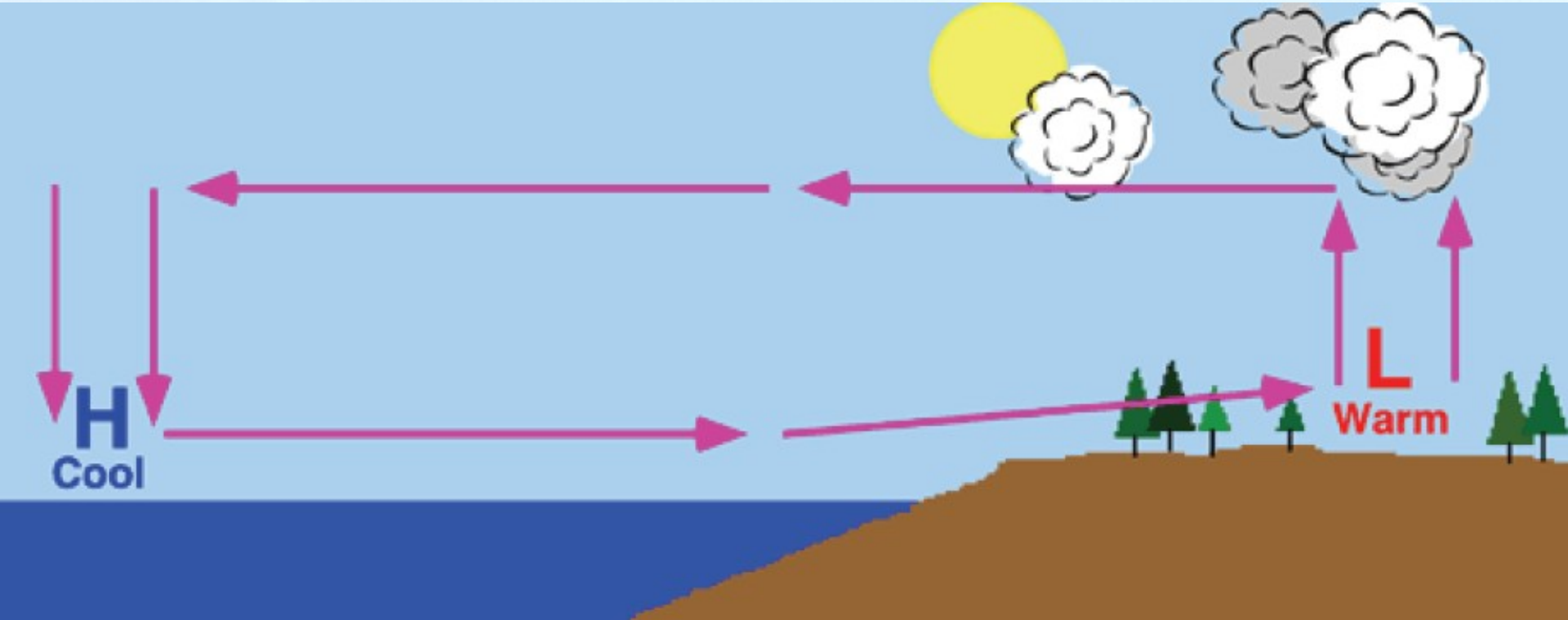
- Sulla Terra esistono zone sottoposte a pressioni diverse.

# Venti



- L'aria tende a spostarsi **dalle zone ad alta a quelle a bassa pressione**
- Il vento è quindi uno spostamento d'aria tra due punti in condizioni di pressione differenti.
- Maggiore è la differenza di pressione, maggiore l'intensità del vento

# Brezza



# Monsoni

**Inverno**



Il continente si raffredda (per irraggiamento) rispetto all'oceano  $\Rightarrow$  alta pressione continentale e bassa pressione sull'oceano

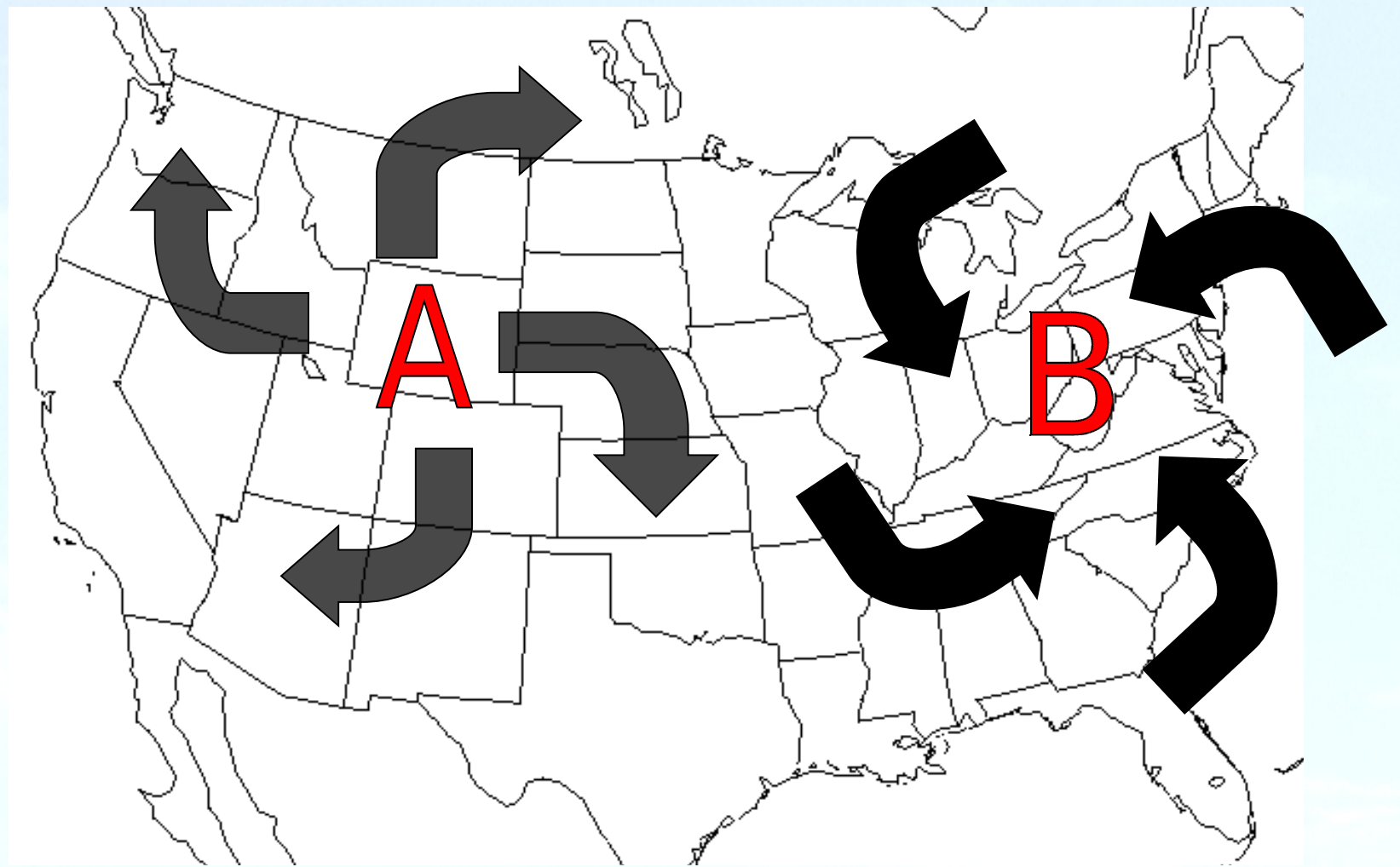
**Estate**



Il continente si riscalda  $\Rightarrow$  bassa pressione sul continente e alta sull'oceano

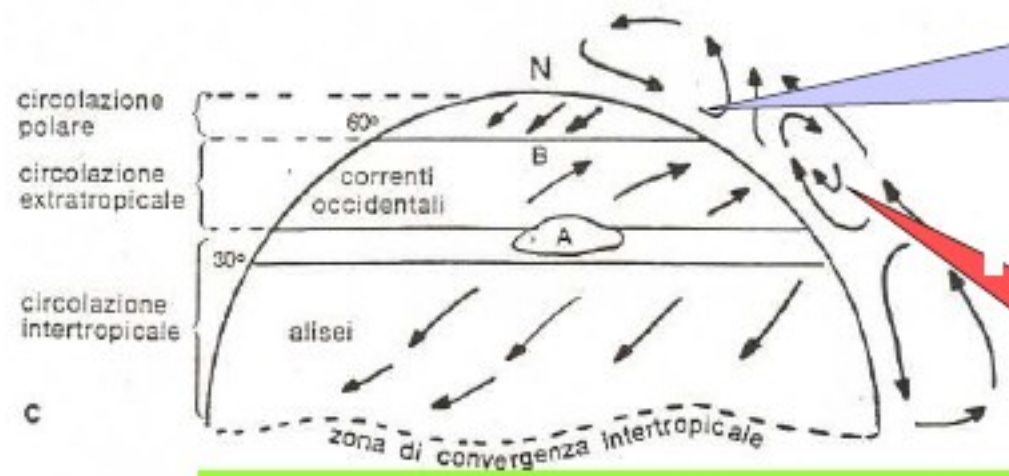
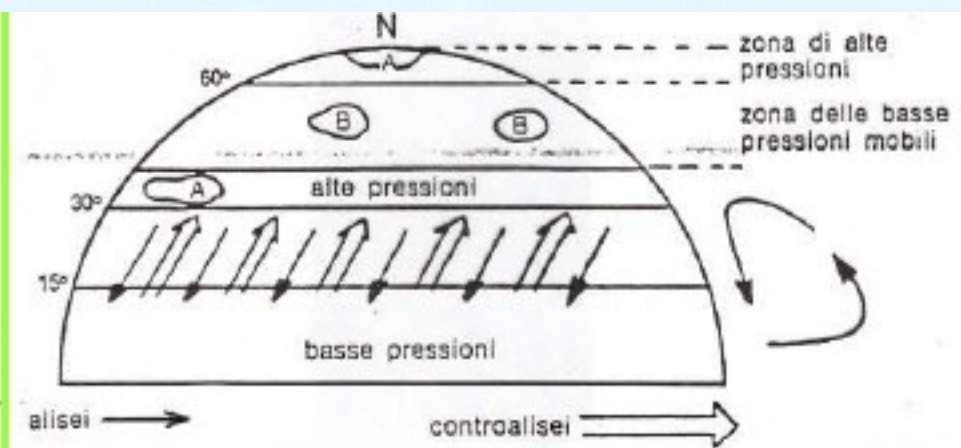
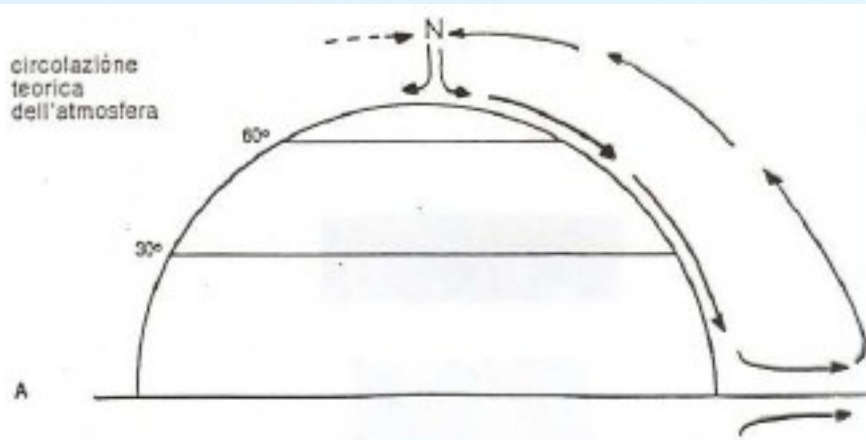


# La realtà è più complicata...



Per esempio a causa delle forze apparenti legate alla rotazione terrestre

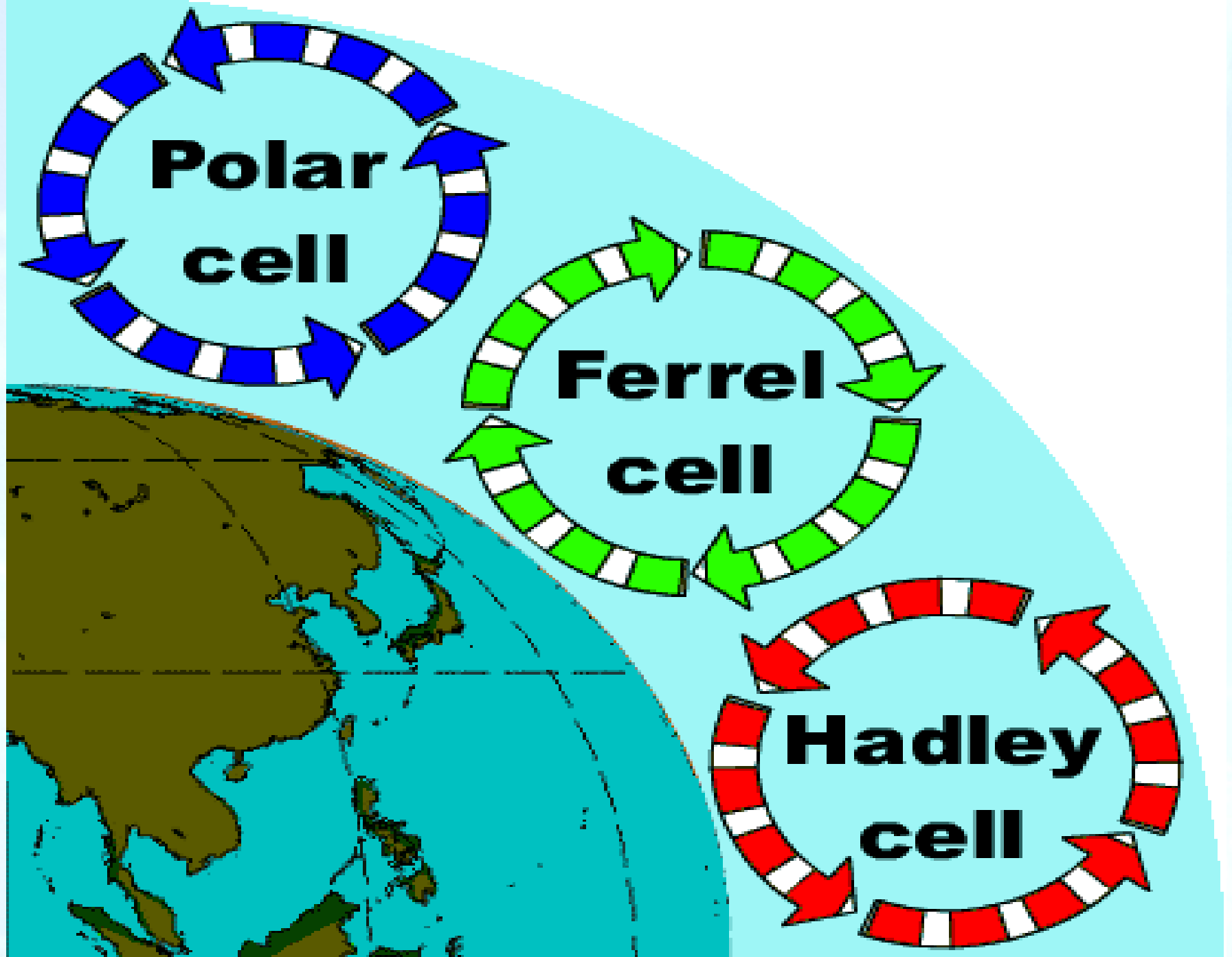
# Circolazione dell'atmosfera



L'aria fredda al suolo proveniente dal Polo Nord si riscalda e risale intorno al 60° parallelo ⇒ depressione d'Islanda

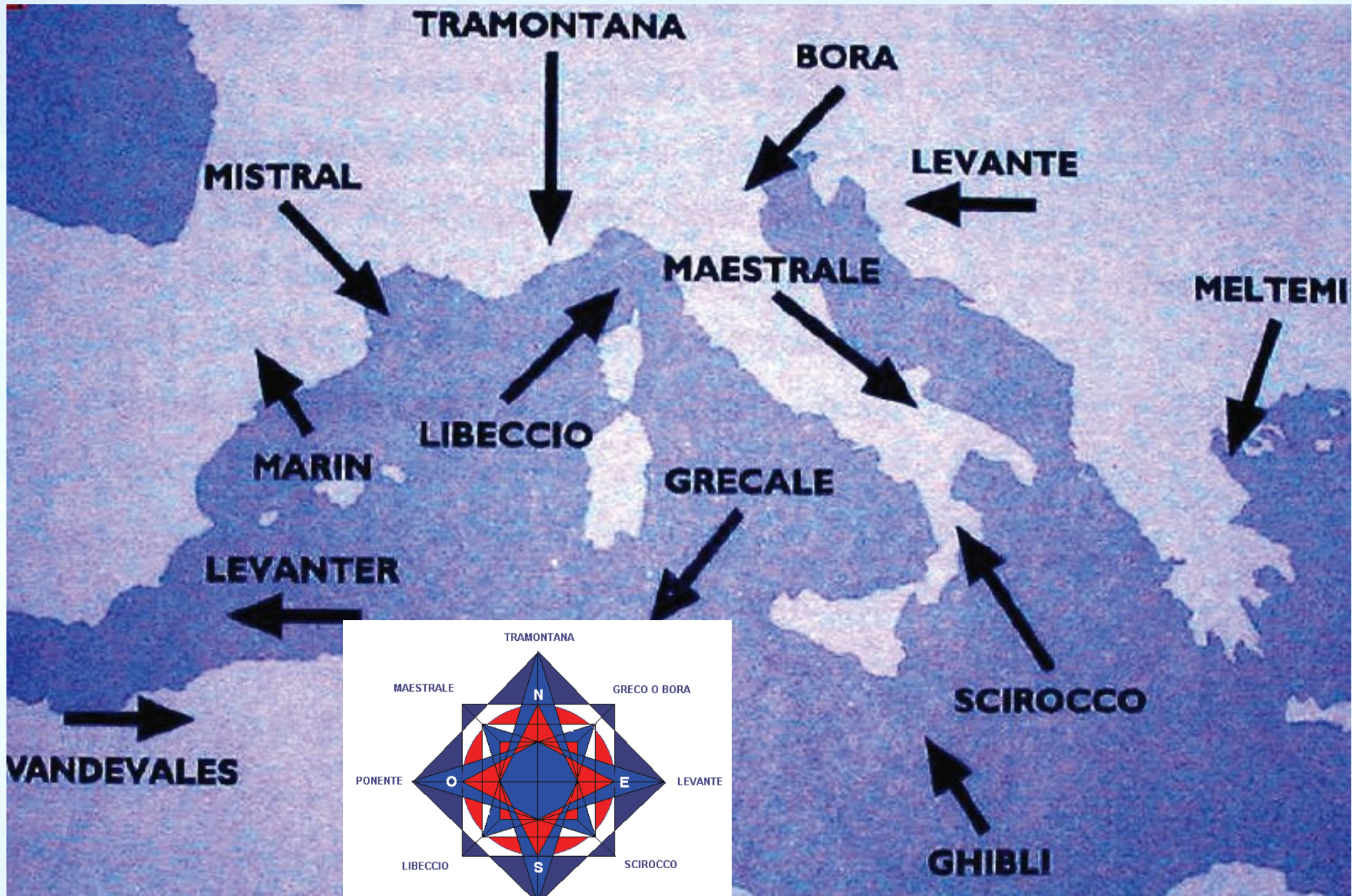
L'aria calda in quota proveniente dall'Equatore si raffredda e discende intorno al 30° parallelo ⇒ anticiclone delle Azzorre

L'effetto della rotazione terrestre devia i venti in direzione sud occidentale



# Venti

- La direzione del vento è quella di provenienza
- Si può esprimere in diversi modi:
  - In gradi rispetto al NORD (da  $0^\circ$  a  $360^\circ$ )
  - In riferimento ai punti cardinali (es. da sud-est)
  - Nel gergo meteo-marino attraverso la direzione in relazione ai quattro quadranti il I da  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , II da  $90^\circ$  a  $180^\circ$ , III da  $180^\circ$  a  $270^\circ$ , IV da  $270^\circ$  a  $360^\circ$
  - Con il nome proprio ( Maestrale, Scirocco, ecc...)



# Unità di misura dei venti

- Il vento si misura dandone **intensità, verso e direzione**. La direzione si esprime come angolo rispetto al nord, mentre la velocità si esprime in m/s.
- Nella nautica la velocità del vento si esprime in **NODI**.
- Il nodo rappresenta l'unità di misura corrispondente al miglio marino che indica le distanze sul mare.
  - $1 \text{ NODO} = 1.862 \text{ Km/h}$
  - Per convertire i NODI in Km/h  
 $\text{Km/h} = \text{nodi per } 2 - 10\%$   
Es: 50 nodi per 2 = 100 - 10% = 90 km/h
- La forza del vento nei bollettini viene solitamente indicata in gradi **BEAUFORT**
  - La conversione in nodi dalla forza BEAUFORT sarà  
forza 5 = 4 per 5 = 20 nodi

  
5 kts

  
10

  
20

  
50

  
65

  
100

# Scala Beaufort

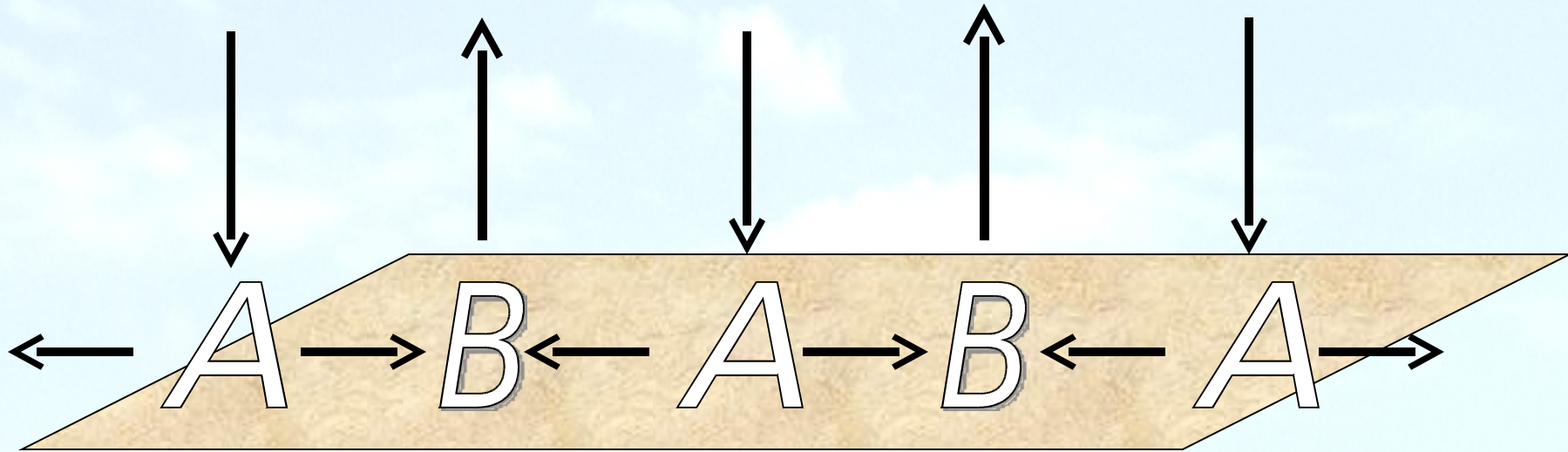
FORZA	TERMINE DESCRITTIVO	Km/h	NODI	EFFETTI DEL VENTO SUL MARE
<b>0</b>	CALMA	0 – 1	0 – 1	BONACCIA, MARE CALMO, LISCIO COME L'OLIO
<b>1</b>	BAVA DI VENTO	1 – 5	1 – 3	PICCOLE INCRESPATURE
<b>2</b>	BREZZA LEGGERA	6 – 11	4 – 6	PICCOLE ONDICELLE, CORTE E BASSE, CHE NON ROMPONO SULLA CRESTA
<b>3</b>	BREZZA TESA	12- 19	7 – 10	COMPAAIONO LE PRIME CRESTINE SCHIUMOSE
<b>4</b>	VENTO MODERATO	20 -28	11 – 16	ONDE BEN DEFINITEDA 0,5 A 1.25 METRI LE CUI CRESTE FRANGONO SPESSO
<b>5</b>	VENTO TESO	29 -38	17 – 21	ONDE FORMATE DA 1.25 A 2.5 METRI, LE CUI CRESTE SPUMEGGIANO
<b>6</b>	VENTO FRESCO	39 -49	22 – 27	FRANGENTI SCHIUMOSI A STRISCE, ONDE DA 2.5 A 4 METRI
<b>7</b>	VENTO FORTE	50 -61	28 – 33	CRESTE LUNGHE E DIFFUSE CHE FRANGONO SPAZZATE DAL VENTO
<b>8</b>	BURRASCA	62 -74	34 – 40	DENSE STRISCIE DI SCHIUMA, LE ONDE FRANGONO CON FRAGORE
<b>9</b>	BURRASCA FORTE	75 -88	41 – 47	IL MARE RIBOLLE DI SCHIUMA. ONDE DISPOSTE IN STRISCE FRANGENTI
<b>10</b>	TEMPESTA	89-102	48 – 55	IL MARE E' UNA STRISCIA BIANCA QUASI DOVUNQUE. ONDE OLTRE I 6 METRI
<b>11</b>	TEMPESTA VIOLENTA	103-117	56 – 63	ONDE VIOLENTISSIME, OLTRE I 9 METRI. IL MARE RIBOLLE DI SCHIUMA
<b>12</b>	URAGANO	OLTRE 118	OLTR E 164	ONDE GIGANTESCHE. IL MARE E' UNA SCHIUMA BIANCA

# Pressione e moti verticali

- Se l'aria al suolo si riscalda, si dilata e, spinta dalla forza di Archimede, sale nell'atmosfera. Si accumulano molecole d'aria in alto, e l'aria diverge verso l'esterno della colonna. Al suolo la pressione diminuisce (negli alti strati aumenta).
- Al contrario, un raffreddamento del suolo causa un raffreddamento degli strati più bassi dell'atmosfera che, più pesanti, cadranno lentamente verso il suolo; il vuoto lasciato negli strati alti richiama aria dalle zone circostanti.
- La pressione al suolo aumenta perché è cresciuto il numero di molecole d'aria contenute nella colonna in esame (negli alti strati si registra un calo della pressione).

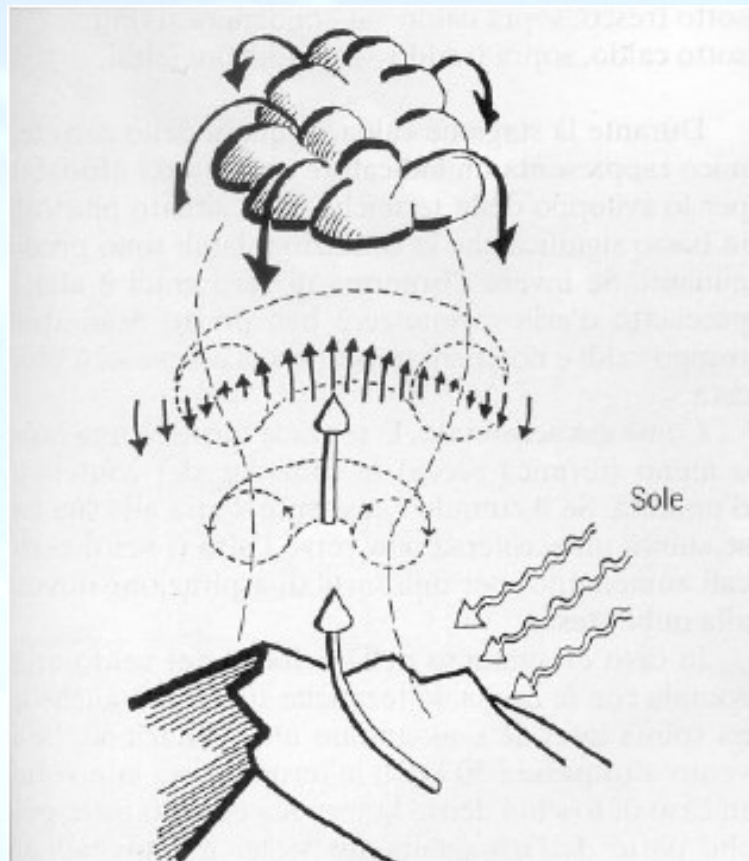


# Moti verticali



- L' aria converge nelle regioni di bassa pressione e si alza. Il Vapore condensa e forma nuvole e precipitazioni. **La bassa pressione porta tempo nuvoloso ed umido**
- L' aria diverge dalle regioni ad alta pressione e si abbassa, riscaldandosi. **L' alta pressione porta tempo bello e secco**

# Convezioni

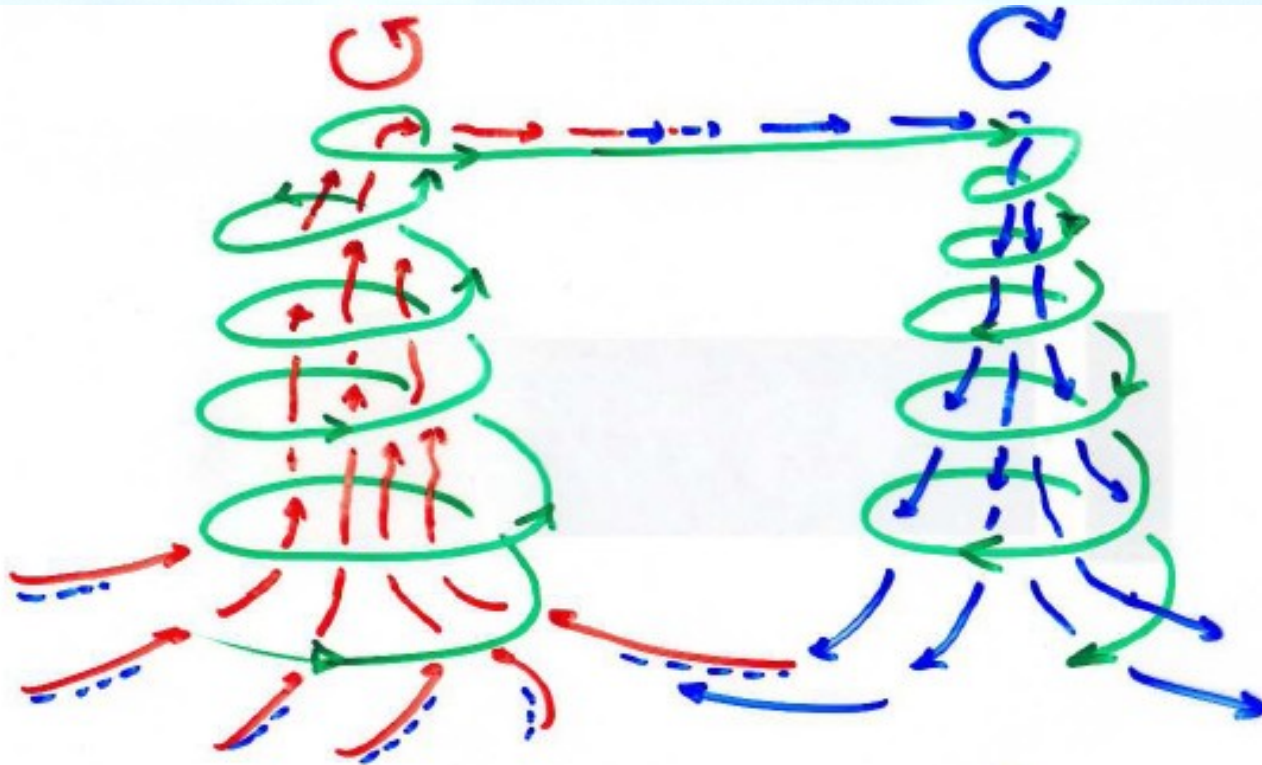


Moto ascensionale di aria calda circondata da aria più fresca. Il buco che si crea quando una bolla d'aria calda si alza richiama aria dai dintorni, la quale a sua volta deve essere rimpiazzata  $\Rightarrow$  moto convettivo, in cui colonne d'aria discendenti circondano la colonna ascendente

RISCALDAMENTO	RAFFREDDAMENTO
Posteggio asfaltato	Campo da calcio
Terra	Lago
Roccia	Erba
Sassaia	Pendio innevato

# Cicloni e anticicloni

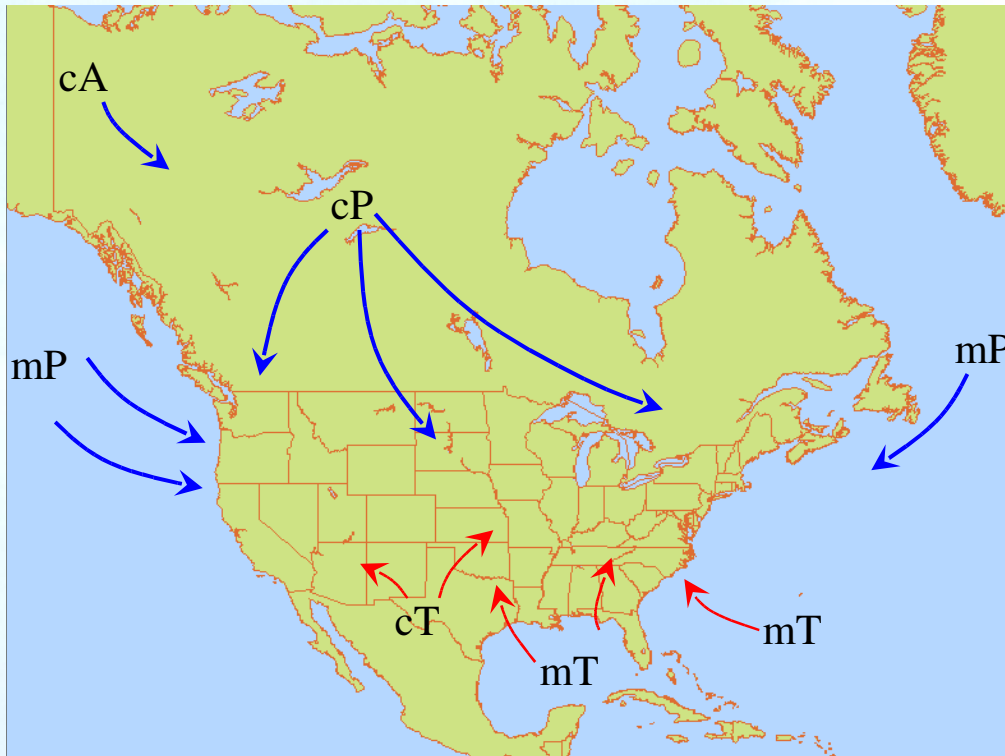
I venti nelle zone di alta pressione soffiano in verso orario nell'emisfero nord, antiorario in quello sud.



I venti nelle zone di bassa pressione soffiano in verso antiorario nell'emisfero nord, orario in quello sud.

# Masse d'aria

Si chiamano così, grandi ammassi di aria che presentano una **temperatura orizzontale e una composizione pressochè costante.**



Le masse di aria sono classificate secondo la loro origine

Prima lettera:

c - continentale

m - marittima

Seconda lettera:

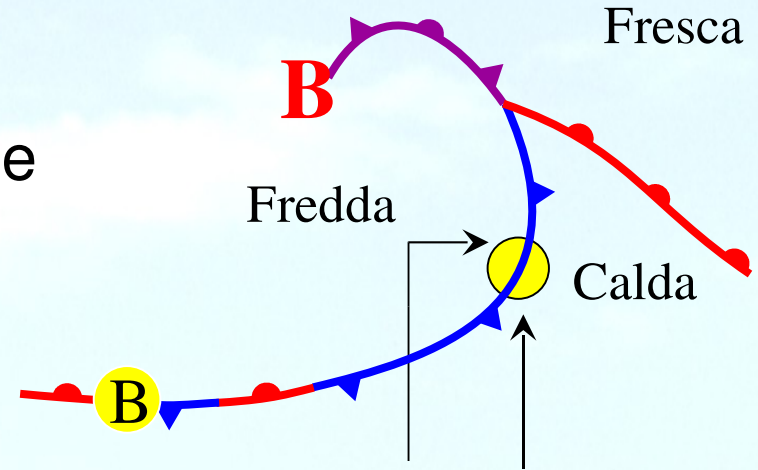
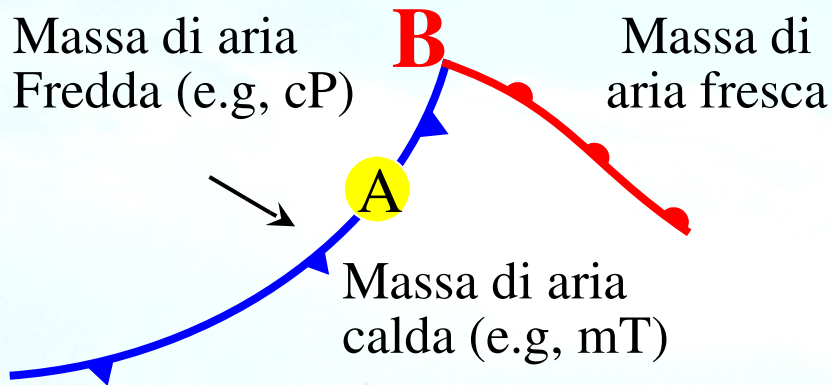
P - polare

T - tropicale

# Fronti

Un fronte è definito come la **separazione tra due masse d'aria.**

Le masse d'aria separate da un fronte possono essere molto diverse (punto "A") o più simili (punto "B").



Più grande è la differenza tra le due masse separate dal fronte, maggiore è la probabilità di brutto tempo

# Tipologia dei fronti

- Freddo



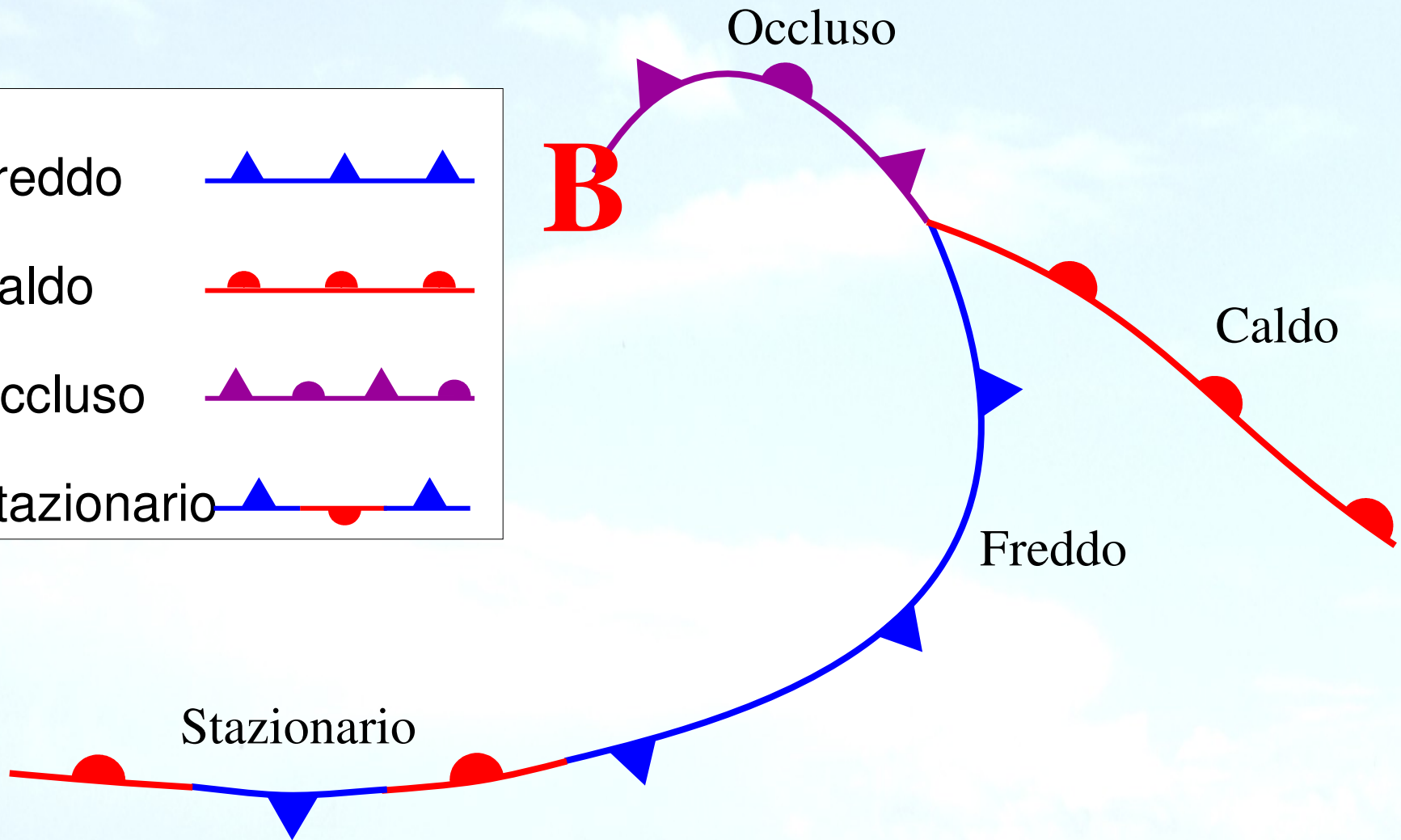
- Caldo



- Occluso



- Stazionario

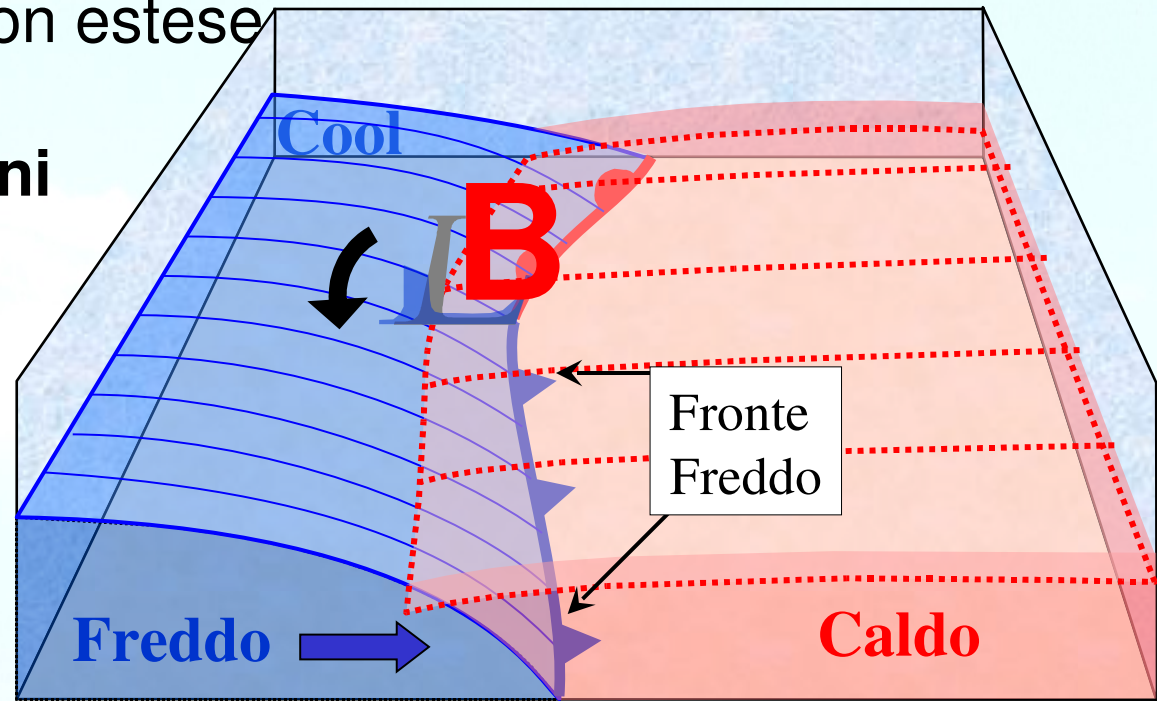
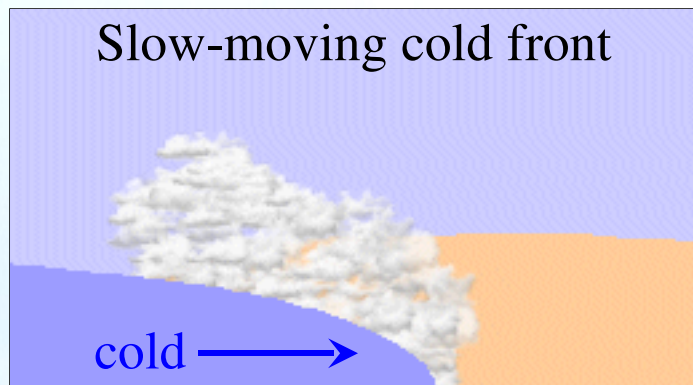


# Fronte freddo

**confine tra una massa di aria fredda in moto ed una calda**

I fronti freddi sono associati a:

- Bruschi cambiamenti di temperatura su piccole distanze
- Cambiamenti nella composizione dell'aria
- Venti variabili con passaggi frontali
- Intense precipitazioni non estese
- **Nuvole cumuliformi instabili e precipitazioni**

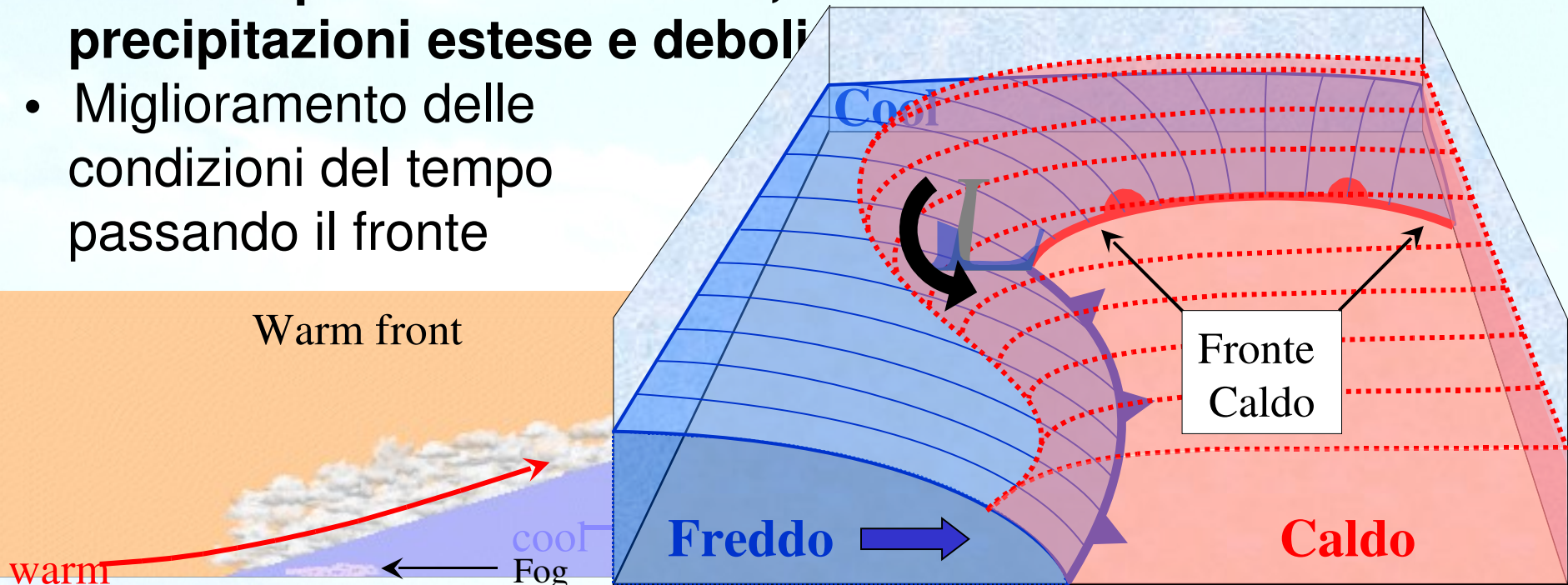


# Fronte caldo

**confine tra una massa di aria calda in moto e di aria fredda**

I fronti caldi sono associati con:

- Estesa attività nuvolosa davanti al fronte
- Temperature che aumentano attraversando il fronte.
- **Nuvole spesse e stratiformi, precipitazioni estese e deboli**
- Miglioramento delle condizioni del tempo passando il fronte



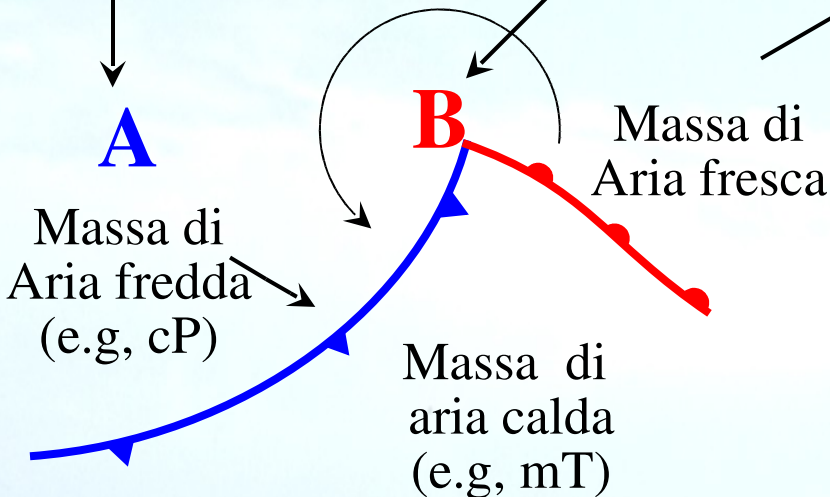


# Sistemi di pressione e Fronti

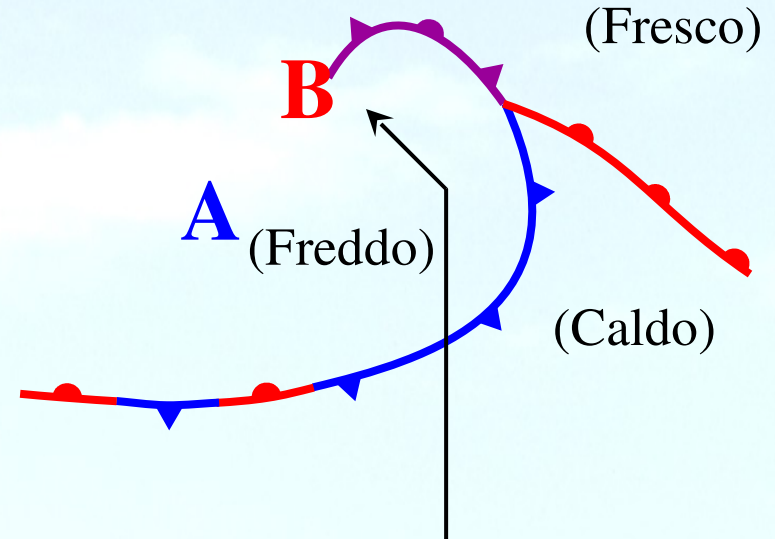
**Sistemi di pressione e fronti sono correlati**

Una regione di bassa pressione si forma quando si incontrano un fronte freddo e uno caldo

L'alta pressione è definita dalla massa di aria che si avvicina



(tempo)

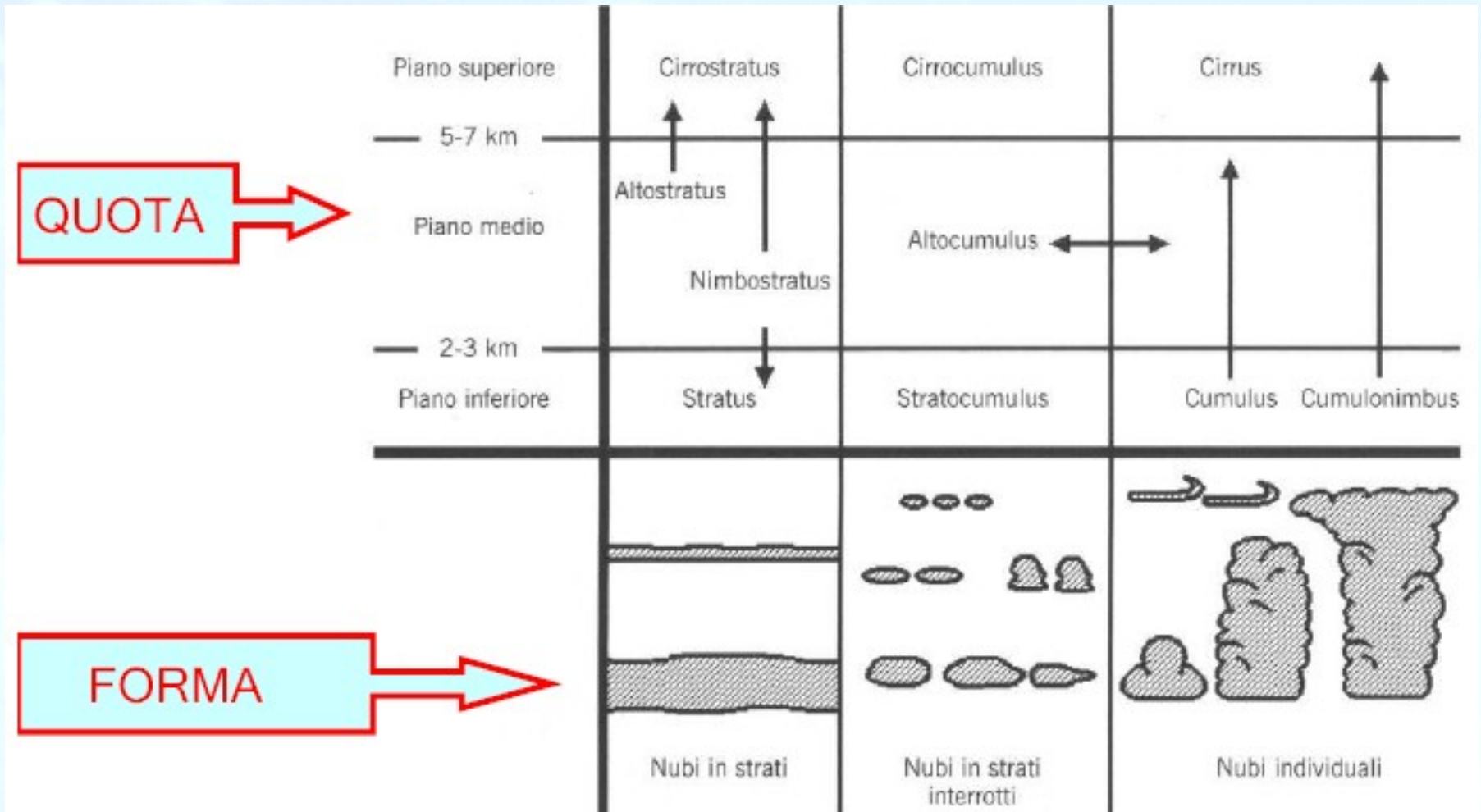


All' evolversi del sistema la posizione della regione a bassa pressione si allontana dai fronti freddo e caldo..

# Nubi

- Costituite, a seconda della quota, da **goccioline d'acqua, cristalli di ghiaccio o da entrambi**
- Si formano mediante il processo di condensazione e si dissolvono per evaporazione. Quando l'umidità relativa supera il 100%, una parte del vapore acqueo condensa formando minutissime goccioline d'acqua sospese in aria.
- Tale processo necessita della presenza di **nuclei di condensazione.**
- Modalità di formazione delle nubi:
  - ascesa dell'aria per riscaldamento locale (termiche)
  - ascesa dell'aria causata da cicloni o fronti
  - ascesa dell'aria per motivi orografici (sbarramento)
  - Raffreddamento aria a contatto con una superficie fredda (nebbia)

# Classificazione Nubi



# Cirri



# Cirrostrati

*Cirrostratus*

PSC Cloud Photo

**Formano un velo nuvoloso biancastro di aspetto fibroso o liscio che ricopre interamente il cielo.  
Alta quota**



# Alto cumuli

*Alto cumulus*

PSC Cloud Photo

Courtesy of Jay Shafer

Si presentano come banchi di “nuvolette”, a forma di fiocchi o balle, di colore biancastro (cielo a “pecorelle”). Quota media formati prevalentemente da goccioline d’acqua.

# Altostrati

*Altostratus*  
PSC Cloud Photo

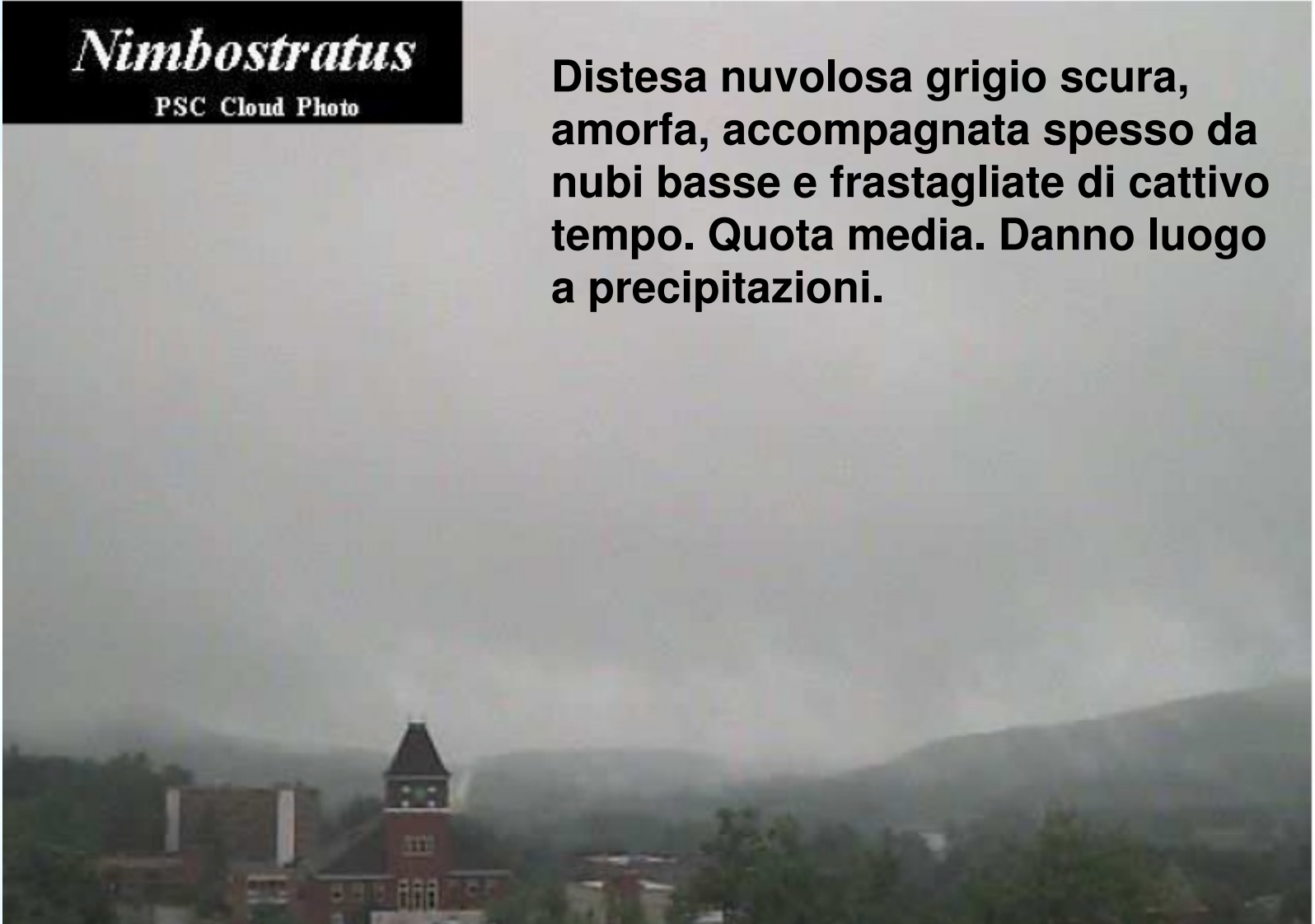
Distesa nuvolosa senza struttura più o meno grigia a seconda dello spessore. Quota media. Possono dare precipitazione, pioggia o neve

# Nembostrati

*Nimbostratus*

PSC Cloud Photo

**Distesa nuvolosa grigio scura, amorfa, accompagnata spesso da nubi basse e frastagliate di cattivo tempo. Quota media. Danno luogo a precipitazioni.**





# Strati

*Stratus*  
PSC Cloud Photo

Sono le nubi più basse (possono raggiungere il suolo), grigie, uniformi. Quota bassa formati da goccioline di acqua. Possono dar luogo a pioviggine.



# Cumulonembi

*Cumulonimbus*

PSC Cloud Photo  
Courtesy of Bill Schmitz

a forma di torri o montagna. generalmente dense, a contorni nette, a forma di torri o montagne. Caratterizzati da correnti fino a 30m/s. Si estendono da quote basse a quote alte. Danno luogo a precipitazioni intense, grandine e temporali.



# Precipitazioni

- Si formano quando le **nubi cumuliformi e stratiformi** raggiungono quote sufficientemente elevate da dar luogo alla formazione di piccoli cristalli di ghiaccio.
- I cristalli di ghiaccio si accrescono urtando gli uni contro gli altri durante il moto di caduta per effetto del brinamento di goccioline d'acqua sospese nell'aria
- Quando le correnti interne alle nubi non sono più in grado di sostenere i cristalli più grossi, questi cominciano a precipitare verso il basso.
- Se durante il moto di caduta i cristalli attraversano strati più caldi, fondono e danno luogo a pioggia

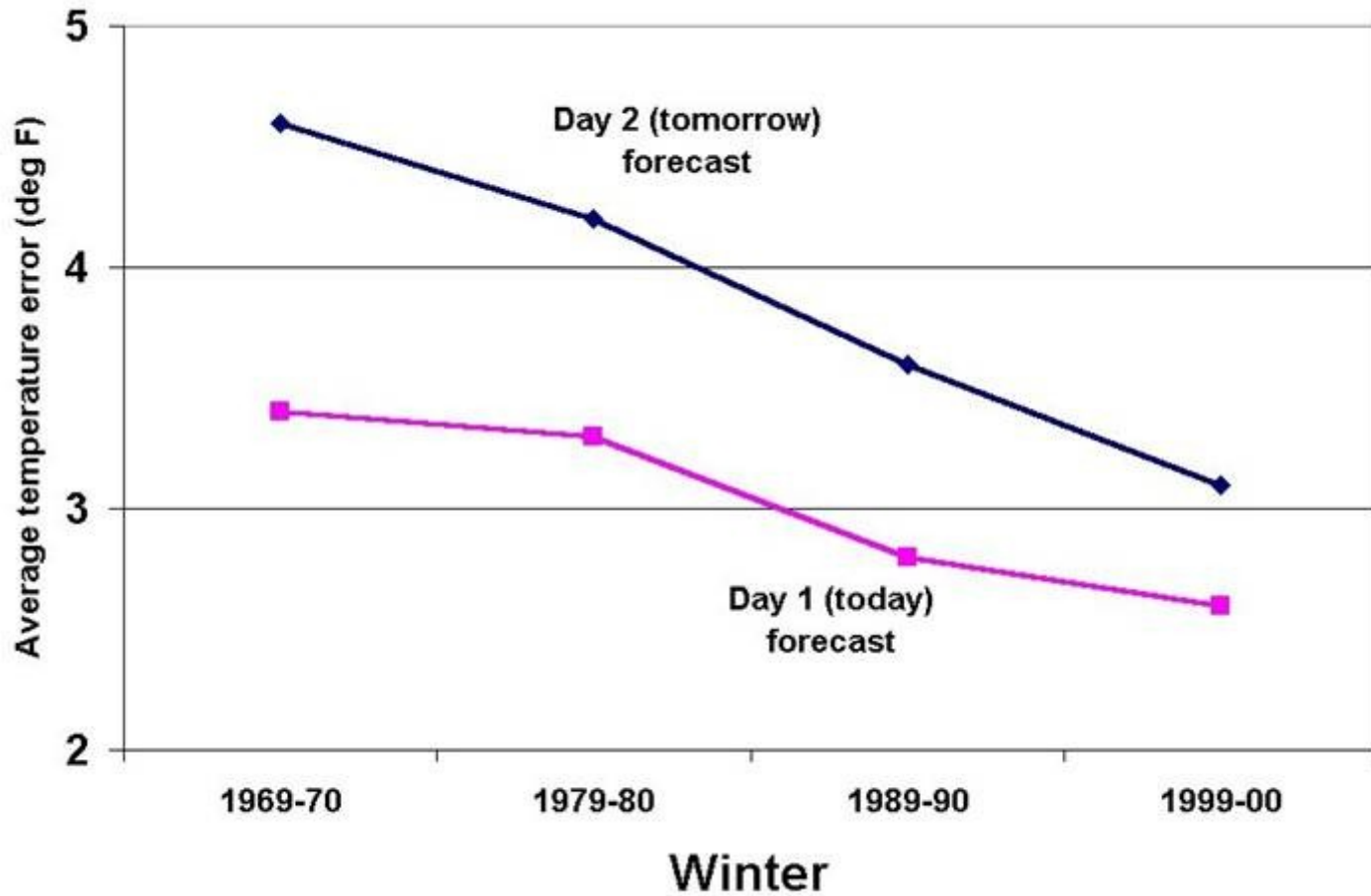
# Previsioni locali

Specie del tempo	BAROMETRO	TERMOMETRO	NUBI
<b>Bello</b>	Superiore alla norma	Sale dal levar del sole fino alle ore 13-14, poi discende lentamente	Cumuli nani, cirri provenienti da est, isolati; leggera nebbia che si scioglie ai raggi solari
<b>Variabile con tendenza al brutto</b>	Scende a sbalzi	Non scende alla sera	Annuvolamenti provenienti da sud e da ovest, cirri accompagnati da altostrati o cirrostrati
<b>Vento</b>	Scende e poi risale bruscamente	In ascesa	Cortina di nubi all'alba
<b>Pioggia</b>	Scende e poi risale lentamente	Non sale durante il giorno	Nembostrati in movimento con ciuffi bassi
<b>Tormenta Temporali</b>	Scende rapidamente	In sensibile ascesa al mattino	Cumulonembi e nembostrati

# Previsioni locali

Specie del tempo	VENTO	CIELO	NOTE VARIE
<b>Bello</b>	Provenienza est o NE; scende le valli la sera e sale al mattino	Grigio chiaro al mattino, rosa o arancione al calar del sole	Il fumo si dissipa rapidamente; i jet non lasciano scia
<b>Variabile con tendenza al brutto</b>	Intensità e provenienza variabile; scende le valli al mattino, le sale alla sera	Strisce rosse al tramonto, spesso alone solare e lunare provocato da cirro-strati	Il fumo è denso, non si dissipa rapidamente, i jet lasciano lunghe scie
<b>Vento</b>	Soffi brevi e violenti	Stelle scintillanti, cielo rosso al mattino e alla sera	Sfondo dei panorami molto variabile
<b>Pioggia</b>	Assenza di aria nelle valli, oppure venti da Sud o SO	Rosso prima del levar del sole; arcobaleno; le nubi calano dalle cime	Cattivi odori emananti dagli scarichi
<b>Tormenta Temporali</b>	Freddo e turbinoso	Aloni solari e lunari	Aria pesante

# Le previsioni sono migliorate!



# Modelli matematici previsioni

$$\text{Temp futura} = \text{Temp attuale} +$$

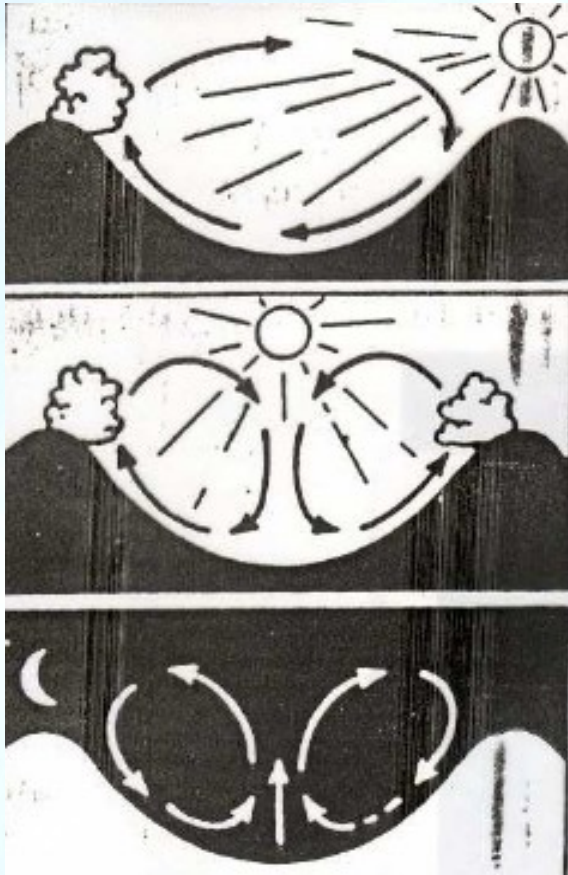
**Variazione  
Temp tra adesso  
e futuro**

**Quali processi cambiano la temperatura?**

- Sole
- Direzione venti
- Evaporazione
- Cambiamenti pressione
- Etc, etc, etc

Il computer è programmato con rappresentazioni matematiche di questi processi

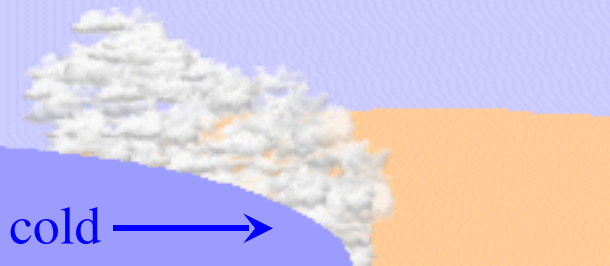
# Brezza II





Cold fronts are further characterized by their **speed of movement** - which defines their slopes.

Slow-moving cold front



Slow moving cold fronts:

- Most clouds and weather are ***at and behind*** the advancing cold front
- Longer periods of rain/snow, less thunderstorm activity

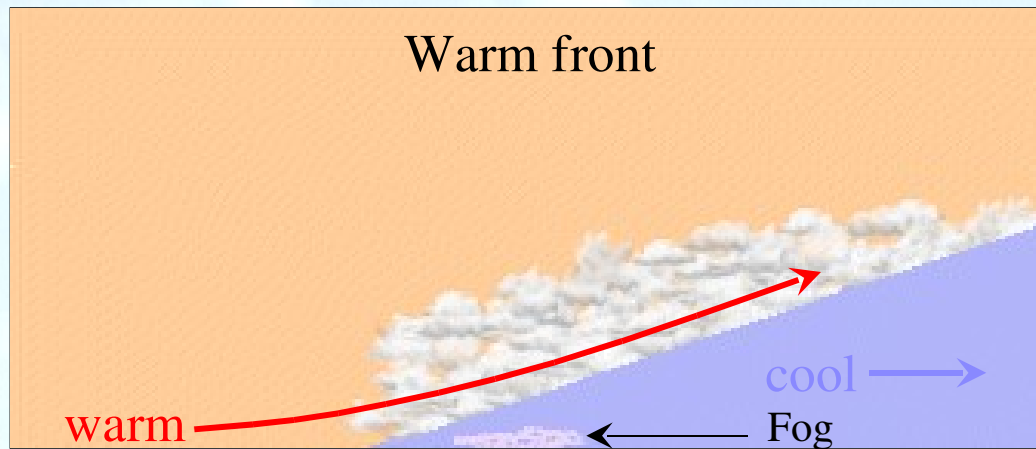
Fast-moving cold front



Fast moving cold fronts (steeper slope):

- Most clouds and weather are ***near and ahead*** of the advancing cold front
- Rain/show showers (sometimes heavy), more thunderstorm activity
- Thunderstorms often form ahead of front

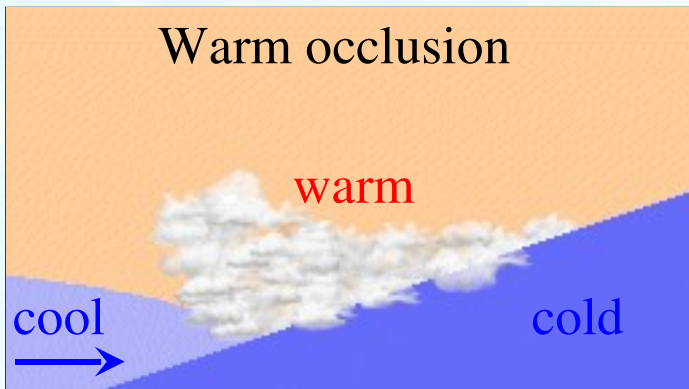
Warm fronts have extremely **shallow** slopes.



- Clouds and weather are *at and ahead* the advancing warm front.
- Precipitation consists of steady rain or snow and *usually* no thunderstorm activity - although thunderstorms may be embedded within the frontal area and hard to discern on satellite pictures.
- Fog is frequently found in the cooler air ahead of the warm front.

There are two types of occluded fronts: **warm**, and **cold**.

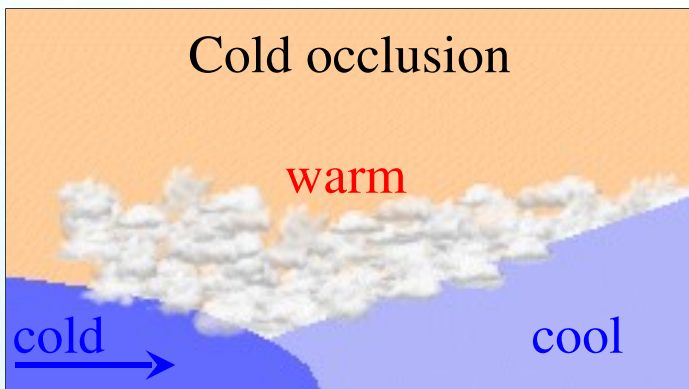
Warm occlusion



### Warm occlusions:

- Milder maritime polar (mP) air overtakes colder continental polar (cP) air.
- Warm occlusion weather is similar to that of a warm front.
- More steady, less showery precipitation.

Cold occlusion



### Cold occlusions:

- Colder cP air overtaking milder mP air.
- Cold occlusion weather resembles warm frontal weather before the front passage, and cold frontal weather during and after passage.

# *Stationary Front*

Stationary Front



Stationary fronts:

- Normally have “good” weather associated with them.

Exceptions:

- If a new pulse of cold air moves in from the north, the cold front can begin to advance and a new low can form on the frontal boundary.
- If warm, moist air overruns the frontal boundary, widespread cloudiness and light precipitation can cover a vast area.

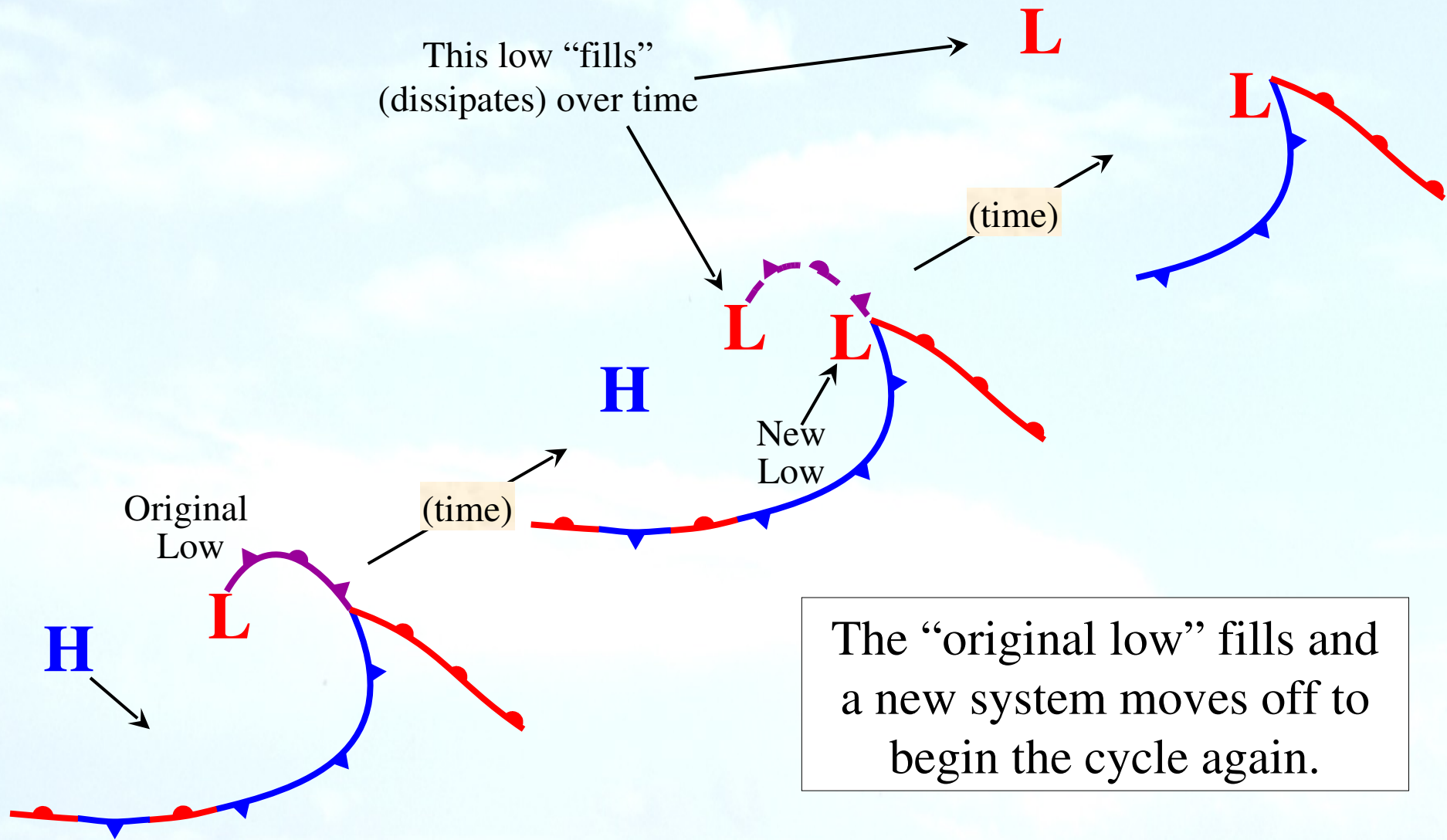
Overrunning



Warm  
moist

New Lows frequently form at the “triple point.”

*Pressure Systems*

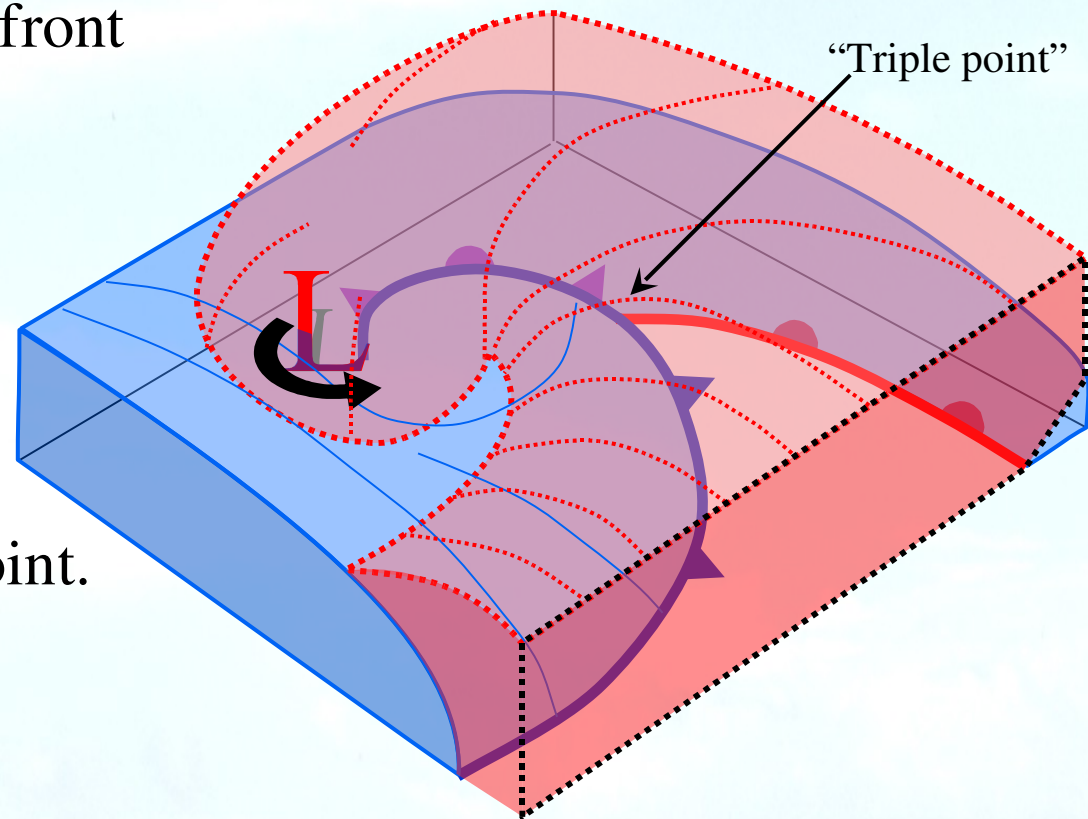


The “original low” fills and a new system moves off to begin the cycle again.

An **occluded front** defines the portion of frontal area where the cold front has overtaken the warm front and pushed it aloft.

Occluded fronts are associated with:

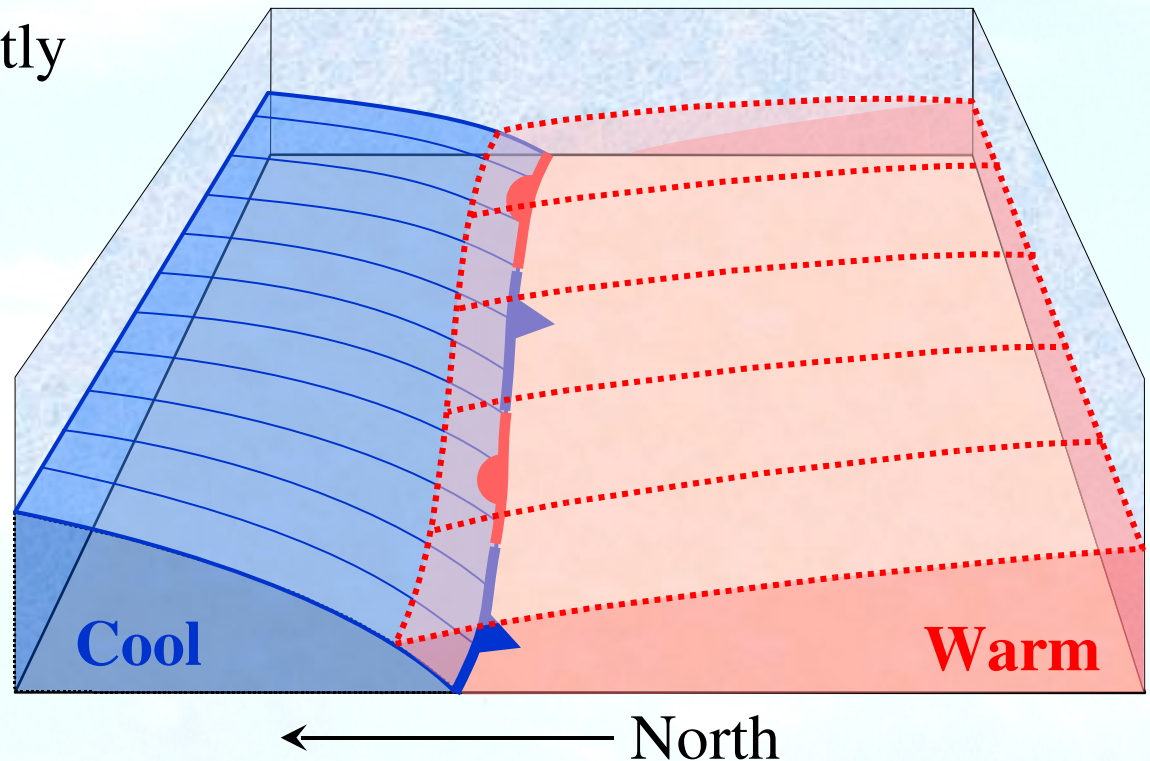
- Both warm front and cold front weather characteristics
- The worst weather with an occluded front is located where the cold and warm fronts meet at the surface: the triple point.



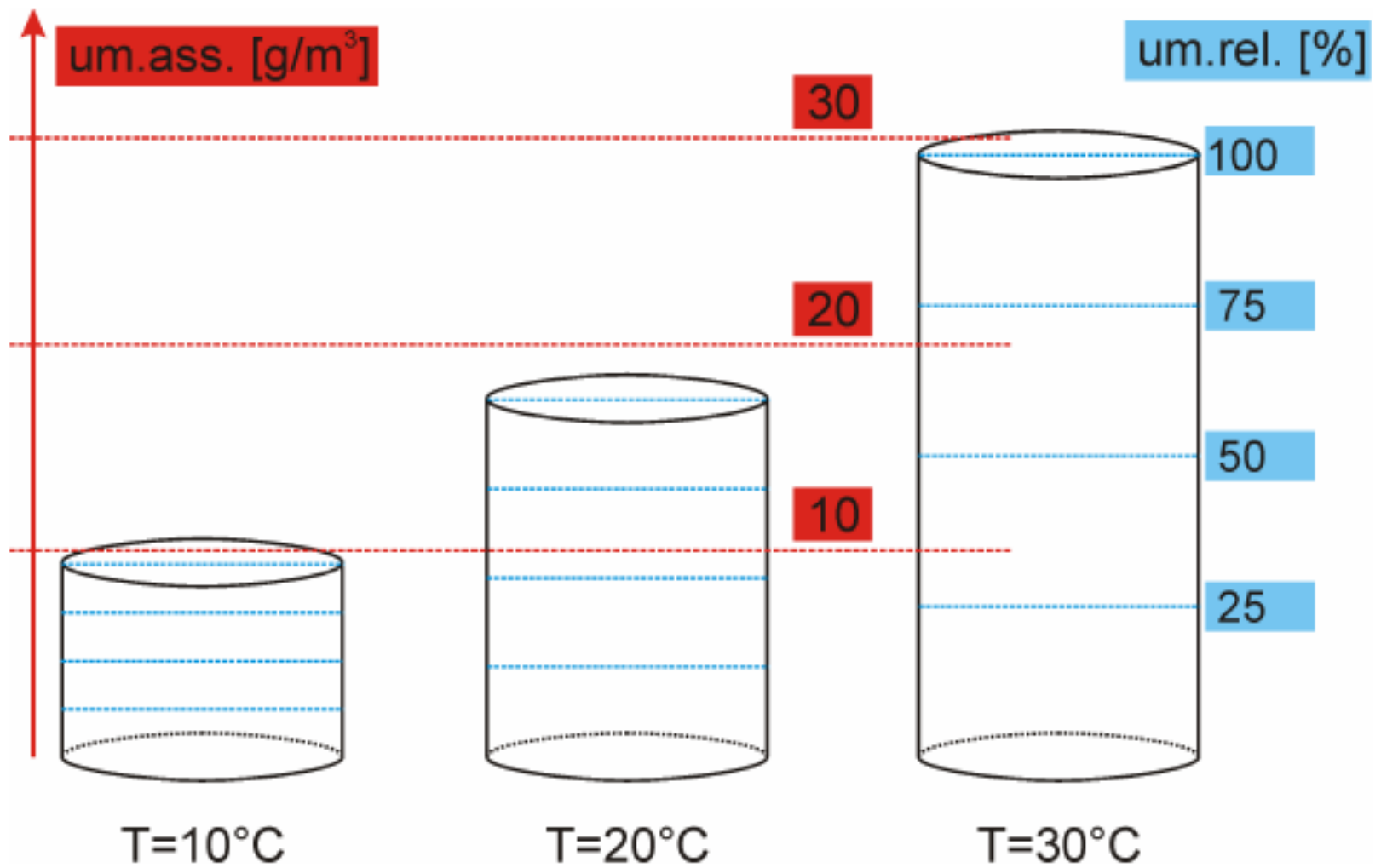
A **stationary front** has essentially no movement (the advancing cold front has “stalled out”).

Stationary fronts are associated with:

- East-west orientation.
- *Normally* clear to partly cloudy skies.
- *Normally* little or no precipitation.



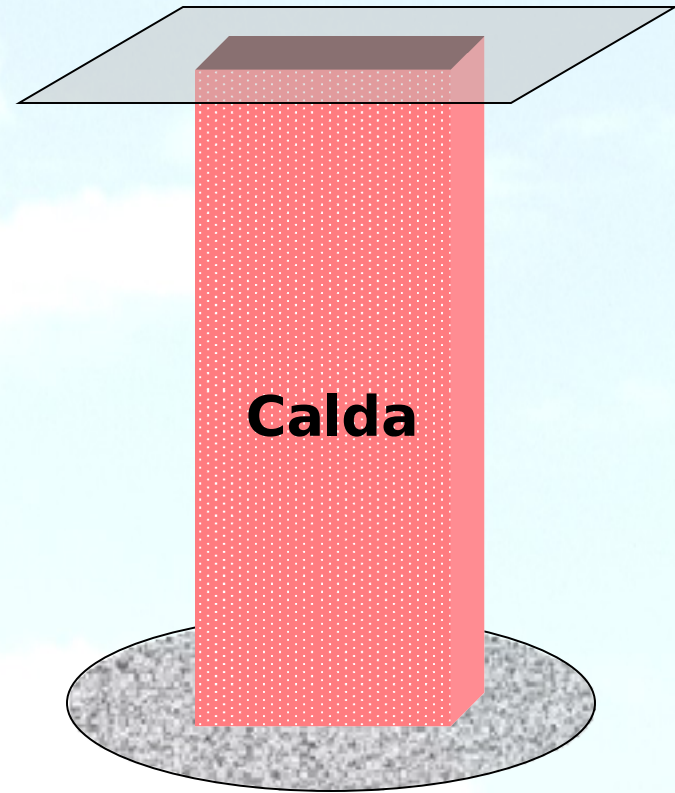
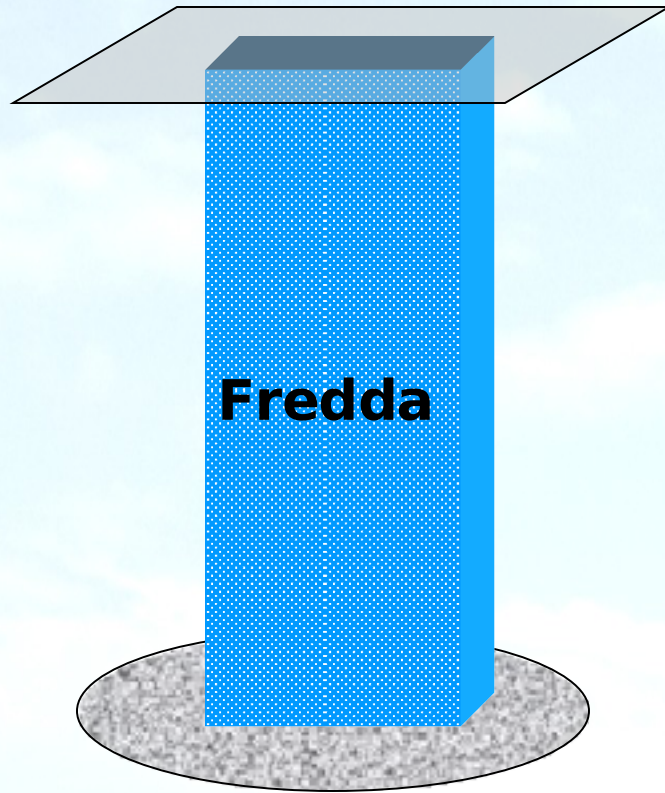
# Umidità



I cilindri indicano la massima quantità di vapore acqueo contenuta in un metro cubo di aria



# Variazioni di Pressione-Temperatura



Colonna fredda = pressione alta

Colonna calda = pressione bassa