Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto di Biometeorologia

Le grandezze fisiche ambientali

Matteo De Vincenzi

METEORA

dal greco *metéōros*: meta (=oltre) + aéirein (sollevare);
qualcosa che sta in alto nell'aria

Indica genericamente ogni fenomeno che si verifica nell'atmosfera.

In astronomia è la definizione data ai corpi solidi che penetrano nell'atmosfera terrestre dallo spazio.

IDROMETEORE:
Rugiada, Brina, Pioggia, Neve, Foschia, Nebbia, ecc.

ELETTROMETEORE:
Lampi, Fulmini, Fulmini globulari, Fuoco di Sant'Elmo

LITOMETEORE:
Aghi di Ghiaccio, Sabbia, Polvere, Caligine, ecc.

FOTOMETEORE:
Arcobaleno, Alone, Corona, Iridescenza, ecc.

METEOROLOGIA

È lo studio dell'atmosfera e dei fenomeni che in essa si verificano

In METEOROLOGIA viene studiato il modo con il quale i diversi effetti dipendenti dalla sua attività influenzano il *tempo* e il *clima*.

In altri termini la meteorologia si occupa dei processi fisici che si svolgono nell'atmosfera e più particolarmente, degli scambi di calore, di quantità di moto e di materia fra la superficie terrestre e l'atmosfera.

Tempo Meteorologico: condizioni atmosferiche che interessano una determinata località nell'istante in cui si osservano (*ma nulla dicono sul loro andamento consueto*).

CLIMA

CLIMA: parola attuale per indicare ciò che in antico si chiamava *climato*, dal greco *klìma-atos*: inclinazione della Terra (dall'equatore al polo).

Da sempre la parola indica, in qualche modo, *l'andamento* ***consueto*** *del tempo meteorologico in una data regione* (definizione di Wladimir Köppen inizio del XX secolo).

Definizioni di Clima

Nel tempo la precedente definizione è andata affinandosi passando da:

l'insieme delle condizioni normali e anormali, del tempo, che caratterizzano una località (Filippo Eredia)

a

il complesso di condizioni atmosferiche che lo rendono più o meno confacente al benessere dell'uomo e allo sviluppo di quelle piante che gli servono (Luigi De Marchi)

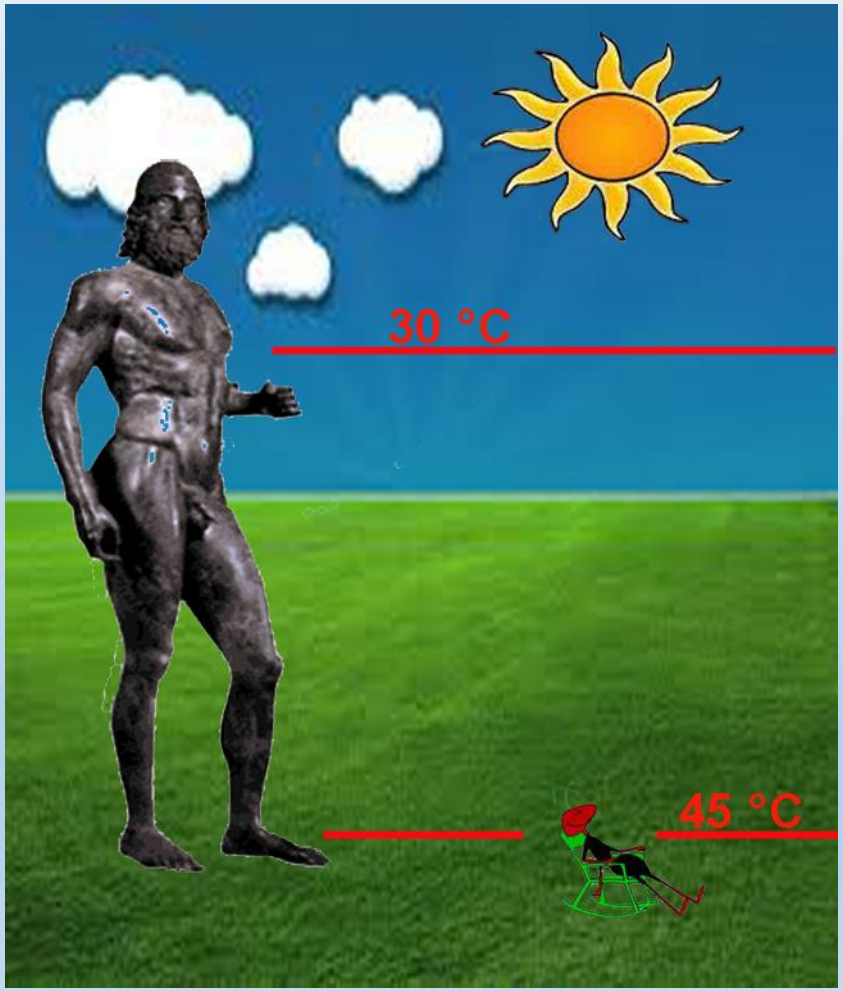
fino ad arrivare a:

le condizioni meteorologiche e ambientali che caratterizzano una regione geografica per lunghi periodi di tempo, determinandone la flora e la fauna, e influenzando anche le attività economiche, le abitudini e la cultura delle popolazioni che vi abitano.

(Susanna Corti, Antonello Provenzale, Sandro Fuzzi, 2002)

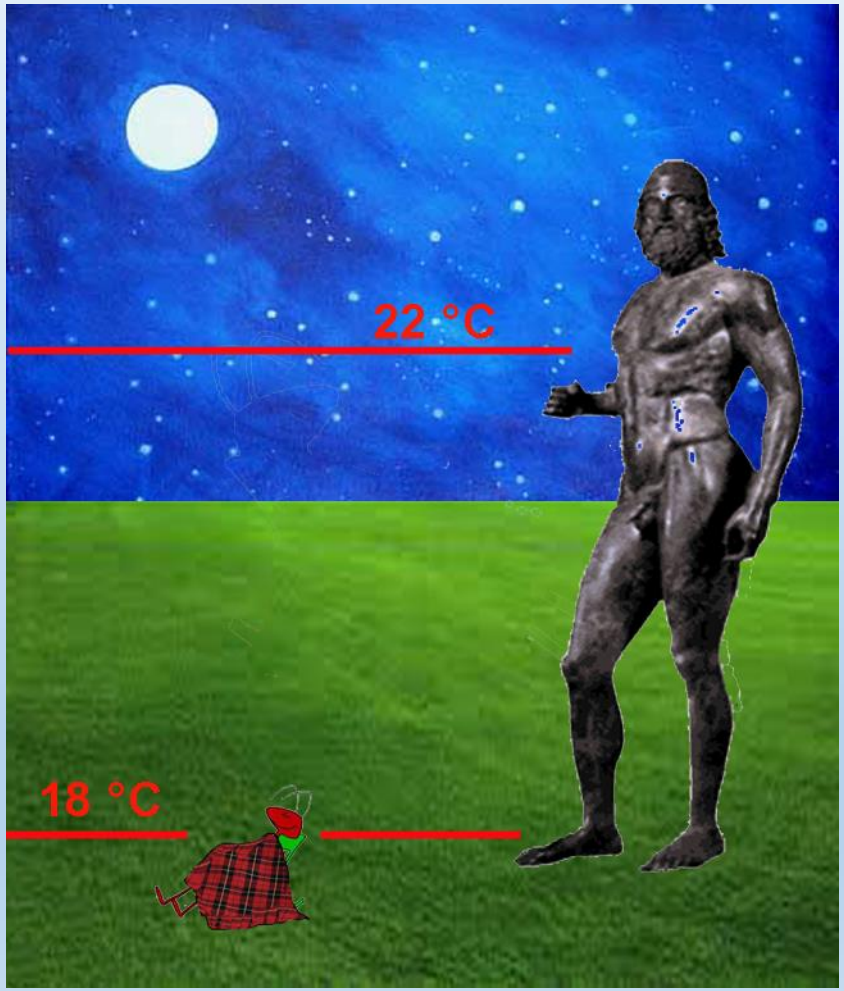
L’uomo e la formica

Le condizioni meteorologiche e climatiche in cui vivono un *uomo* e una *formica* che coabitano in uno stesso ambiente sono profondamente diverse perché diverse sono le loro dimensioni.



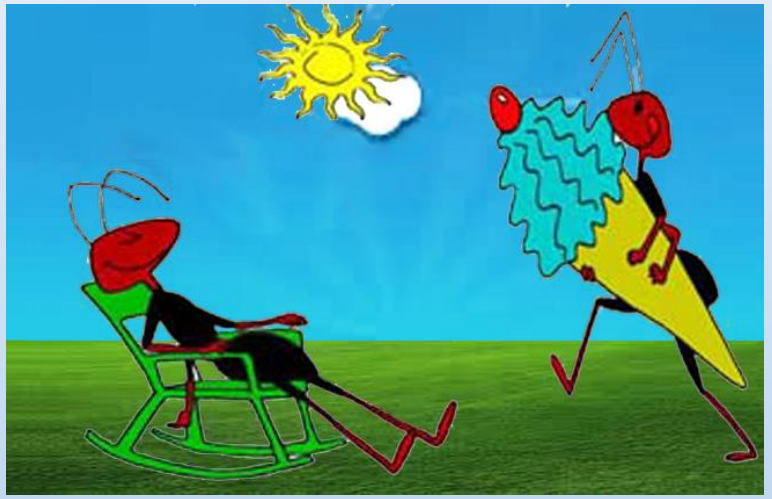
δ = 8 °C

δ = 27 °C



L’uomo e la formica

L’*uomo* nota un'escursione termica giorno-notte di 8 °C mentre la *formica* sente un'escursione di 27 °C.
A differenza dell'*uomo* che considera il *giorno caldo* e la *notte tiepida*, la *formica* parlerà di *giorno torrido* e *notte fredda*.
In altri termini in quella stessa giornata l’*uomo* e la *formica* hanno avuto condizioni meteorologiche molto diverse.



In generale l’*uomo* e la *formica* vivono in climi diversi perché hanno dimensioni diverse e sono interessati solo da ciò che accade in un ambiente di dimensioni 10, 100 volte le loro stesse dimensioni.

Temperatura

La temperatura di un corpo dà indicazioni sul suo stato termico in riferimento alla sua capacità di comunicare "calore" ad altri corpi; in altre parole è una misura dell'energia cinetica delle molecole che costituiscono il corpo.

Il Sistema Internazionale (SI) delle unità di misura impone di utilizzare la scala di temperatura assoluta cioè i kelvin (K): alla pressione di 101325 Pa (pressione atmosferica media al livello del mare) si attribuisce al ghiaccio fondente (punto triplo dell'acqua) la temperatura di 273,16 K e al punto di ebollizione dell'acqua la temperatura di 373,16 K

Altre scale utilizzate sono:

gradi celsius o centigradi (°C): si stabilisce zero gradi la temperatura del ghiaccio fondente e 100 °C la temperatura di ebollizione dell'acqua;

gradi fahrenheit (°F): si considera il ghiaccio fondente a 32 °F e il punto di ebollizione dell'acqua a 212 °F

Trasformazioni di scala termometrica

- Da gradi celsius a kelvin $\mathrm{T[K]} = \mathrm{T[°C]} + 273{,}16$
- Da kelvin a gradi celsius $\mathrm{T[°C]} = \mathrm{T[K]} - 273{,}16$

Da gradi celsius a gradi fahrenheit

$$\frac{\mathrm{T[°F]} - 32}{212 - 32} = \frac{\mathrm{T[°C]} - 0}{100 - 0} \rightarrow \mathrm{T[°F]} - 32 = \frac{180}{100}\mathrm{T[°C]} \rightarrow \mathrm{T[°F]} = \frac{9}{5}\mathrm{T[°C]} + 32$$

- Da gradi fahrenheit a gradi celsius $\mathrm{T[°C]} = \frac{5}{9}(\mathrm{T[°F]} - 32\ )$
- Da kelvin a gradi fahrenheit $\mathrm{T[°F]} = \frac{9}{5}(\mathrm{T[K]} - 273{,}16) + 32$
- Da gradi fahrenheit a kelvin $\mathrm{T[K]} = \frac{5}{9}(\mathrm{T[°F]} - 32\ ) + 273{,}16$

Temperatura della Terra

L’energia solare attiva tutti i fenomeni termodinamici naturali che avvengono nell’atmosfera, negli oceani e sulla Terra.

La radiazione incidente sulla Terra riscalda il suolo, per la quota di radiazione che questo assorbe.

L’aria essendo praticamente trasparente alla radiazione solare, non viene riscaldata da questa ma si scalda a contatto col suolo, a causa di ciò diminuisce di densità e si solleva venendo sostituita da aria più fredda che scende e che a sua volta, a contatto col suolo si scalda e tende a risalire.

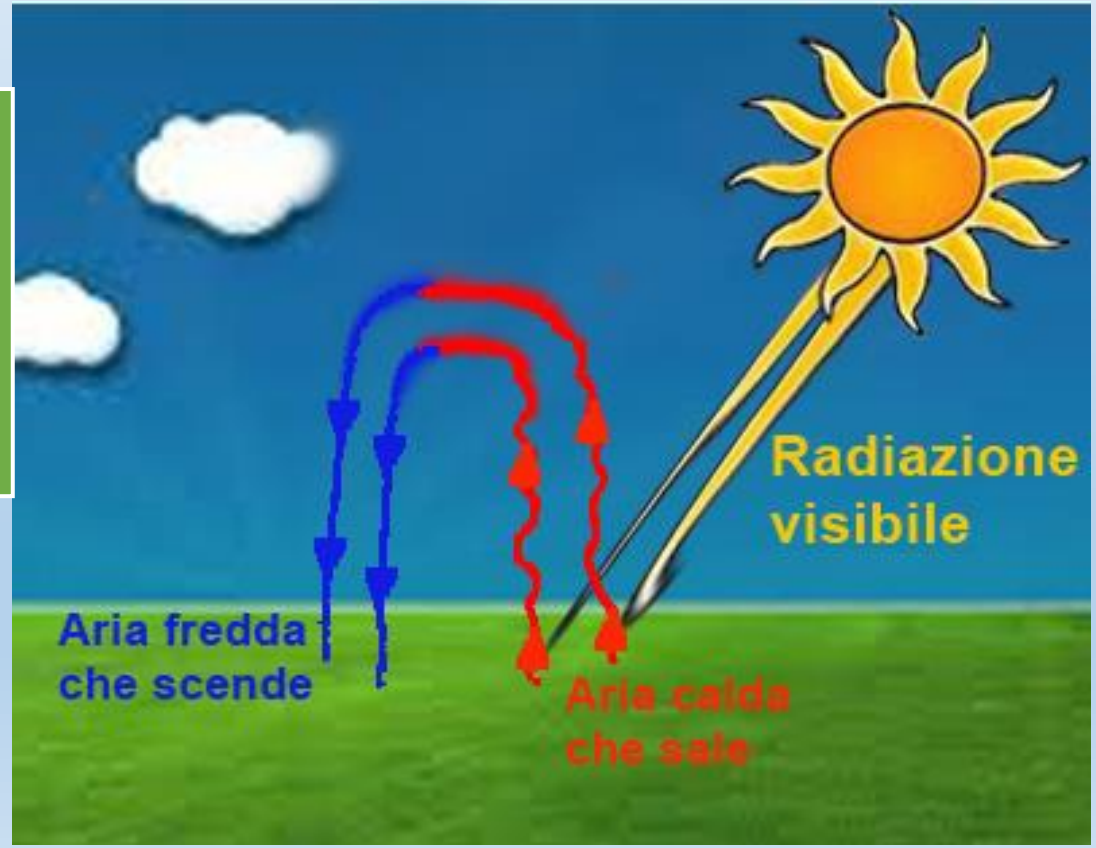
Si innescano così quei moti convettivi che consentono il riscaldamento dell’atmosfera sovrastante la superficie considerata.

Temperatura dell’aria

La radiazione solare (visibile) attraversa l’atmosfera, senza riscaldarla, e raggiunge il suolo, riscaldandolo.

Il suolo, a sua volta, riscalda l’aria con cui è a contatto

L’aria calda, meno densa, tende a sollevarsi consentendo all’aria più fredda di scendere al suolo e scaldarsi a sua volta: CONVEZIONE TERMICA



Temperatura dell'aria

- La temperatura dell'aria va misurata a quote diverse (da 1 a 10 m) a seconda dell'utilizzo che si farà del dato. In agrometeorologia e in meteorologia previsionale l'altezza dal suolo è compresa tra 1,25 m e 2 m.
- Le temperature dell'aria misurate in certe ore del giorno consentono la stima del minimo termico notturno: parametro utile per la previsione delle gelate.

INDICE DI TEMPERATURA PERCEPITA O APPARENTE

La temperatura dell'aria "percepita" da una persona (principalmente nella stagione estiva) raramente coincide con quella indicata dal termometro che è la reale temperatura dell'aria.

In estate, temperatura ambientale più alta, sudorazione maggiore, copertura "vestiaria" minore, raramente parliamo di disagi legati alla temperatura, ma frequentemente attribuiamo questi all'afa: calura pesante e opprimente, aria ferma e greve che toglie il respiro (Grande Dizionario della Lingua Italiana Garzanti).

L'afa è determinata dall'insieme della temperatura e dell'umidità dell'aria.

L'evaporazione del sudore dalla superficie corporea, tende a far diminuire la temperatura di questa, ma l'evaporazione è tanto minore quanto maggiore è l'umidità dell'aria.

Allora tanto maggiore è la temperatura dell'aria tanto maggiore è la sudorazione, e questa, se l'umidità è alta, evaporerà poco e poco abbasserà la temperatura corporea.

In altre parole la persona percepirà la sensazione di una temperatura superiore a quella reale (indicata dal termometro)

Per quantificare questa sensazione sono stati elaborati diversi indici; qui ne abbiamo riportato uno che prende il nome di Humidex e lega temperatura e umidità dell'aria attraverso la relazione:

$$H = Ta + \frac{5}{9}\,(e\text{-}10)$$

dove: Ta = temperatura dell'aria in ° C

e = pressione parziale del vapor d'acqua nell'aria in hPa

Al di sotto di 29	Poche persone percepiscono disagio.
Da 30 a 34	Sensazione di malessere più o meno significativa.
Da 35 a 39	Sensazione di malessere abbastanza intensa. Prudenza. Limitare alcune attività fisiche gravose.
a 40 a 45	Sensazione di malessere generalizzato. Pericolo. Evitare gli sforzi.
Da 46 a 53	Grave pericolo. Sospendere le attività fisiche.
Al di sopra di 54	Colpo di calore imminente (pericolo di morte)

Temperatura (°C)	Umidità relativa (%)																
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
21	21	21	21	21	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27	28	28	29
22	22	22	22	22	22	23	24	25	25	26	27	27	28	29	29	30	31
23	23	23	23	23	24	24	25	26	27	28	28	29	30	31	31	32	33
24	24	24	24	24	25	26	27	28	28	29	30	31	32	33	33	34	35
25	25	25	25	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37
26	26	26	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	36	37	38	39
27	27	27	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
28	28	28	28	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	42	43	44
29	29	29	30	31	32	33	35	36	37	38	39	40	41	43	44	45	46
30	30	30	31	32	34	35	36	37	39	40	41	42	43	45	46	47	48
31	31	31	33	34	35	37	38	39	40	42	43	44	46	47	48	49	50
32	32	33	34	35	37	38	40	41	42	44	45	46	48	49	50	51	53
33	33	34	36	37	38	40	41	43	44	46	47	48	50	51	52	54	55
34	34	35	37	39	40	42	43	45	46	47	49	50	52	53	55	56	58
35	35	37	39	40	42	43	45	46	48	49	51	53	54	56	57	58	60
36	37	38	40	42	43	45	47	48	50	51	53	55	56	58	59	62	63
37	38	40	42	43	45	47	49	50	52	54	55	57	58	61	63	64	66
38	40	42	43	45	47	49	50	52	54	56	57	59	62	63	65	67	69
39	41	43	45	47	49	51	52	54	56	58	59	62	64	66	68	70	72
40	43	45	47	49	51	52	54	56	58	61	63	65	67	69	71	73	75
41	45	47	48	50	52	54	56	58	61	63	65	68	70	72	74	76	78
42	46	48	50	52	54	56	58	61	64	66	68	70	73	75	77	79	82

Temperatura Percepita *Heat Index*

Ta (°C)	Ur (%)										
	6	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	16	16	17	18	18	19	19	20	20	20	21
21	18	18	18	19	19	20	20	21	21	22	22
22	19	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23
23	20	20	21	21	22	22	23	23	24	24	24
24	21	21	22	22	23	23	24	25	25	26	27
25	22	22	23	23	24	25	26	26	26	27	27
26	23	23	24	24	25	25	26	27	28	28	29
27	23	24	25	25	27	27	28	29	30	31	32
28	26	26	27	27	28	28	29	31	32	34	36
29	26	27	27	28	29	30	31	33	35	37	40
30	28	28	28	29	30	31	33	35	38	41	44
31	29	29	29	30	31	33	35	38	41	45	49
32	30	30	30	31	32	34	37	40	44	49	54
33	31	31	31	32	34	36	40	43	48	54	60
34	31	31	32	33	35	38	42	47	52	58	
35	32	32	33	35	37	41	45	50	57		
36	33	33	34	36	39	43	48	54			
37	34	34	35	38	41	46	51	58			
38	35	35	37	39	43	49	55				
39	36	36	38	41	46	52	59				
40	36	37	39	43	48	55					
41	37	38	41	45	51	58					
42	38	39	42	47	54						
43	39	40	44	49	57						
44	40	41	46	52	60						
45	41	42	47	54							

Categoria	Indice di calore (HI)	Effetti
Benessere	HI < 27 °C	Nessun disagio per la maggior parte delle persone
Cautela	27 °C ≤ HI < 32 °C	Sensazione di disagio più o meno significativa
Estrema cautela	32 °C ≤ HI < 40 °C	Sensazione di malessere abbastanza intensa. Prudenza, limitare le attività fisiche gravose.
Pericolo	40 °C ≤ HI < 54 °C	Sensazione di malessere generalizzato. Pericolo, evitare gli sforzi.
Elevato pericolo	HI ε 54 °C	Colpo di calore imminente. Pericolo di morte.

Temperatura percepita

in relazione al vento

La temperatura che noi “sentiamo”, la temperatura percepita, oltre che dalla umidità dipende dall’intensità del vento: *wind chill*

		Intensità vento [km/h]								
		0	10	20	30	40	50	60	70	80
Temperatura aria [°C]	20	20	19	16	15	14	13	13	13	13
	15	15	13	10	8	7	6	5	5	5
	10	10	8	4	1	-1	-2	-2	-3	-3
	5	5	2	-3	-6	-8	-9	-10	-11	-11
	0	0	-3	-9	-13	-15	-17	-18	-18	-19
	-5	-5	-8	-15	-20	-22	-24	-25	-26	-27
	-10	-10	-14	-22	-27	-30	-32	-33	-34	-34
	-15	-15	-19	-28	-34	-37	-39	-41	-42	-42
	-20	-20	-25	-35	-40	-44	-47	-48	-49	-50

Pressione atmosferica

L'aria, come tutti i corpi sottoposti all'attrazione terrestre, ha un peso, il rapporto fra il peso di una colonna d'aria (dal suolo alla troposfera, 12000 m dalla superficie terrestre) e la superficie su cui questa insiste (base della colonna) definisce la pressione atmosferica.

La pressione atmosferica non è uniforme sulla superficie terrestre ma varia nel tempo e da luogo a luogo, a causa di tre parametri: l'altitudine, la temperatura e la composizione dell'aria.

Esistono delle formule per determinare la variazione della pressione con l'altitudine; con una buona approssimazione si ha una variazione di circa:
11 mbar (1100 Pa) ogni 100 metri per aria secca

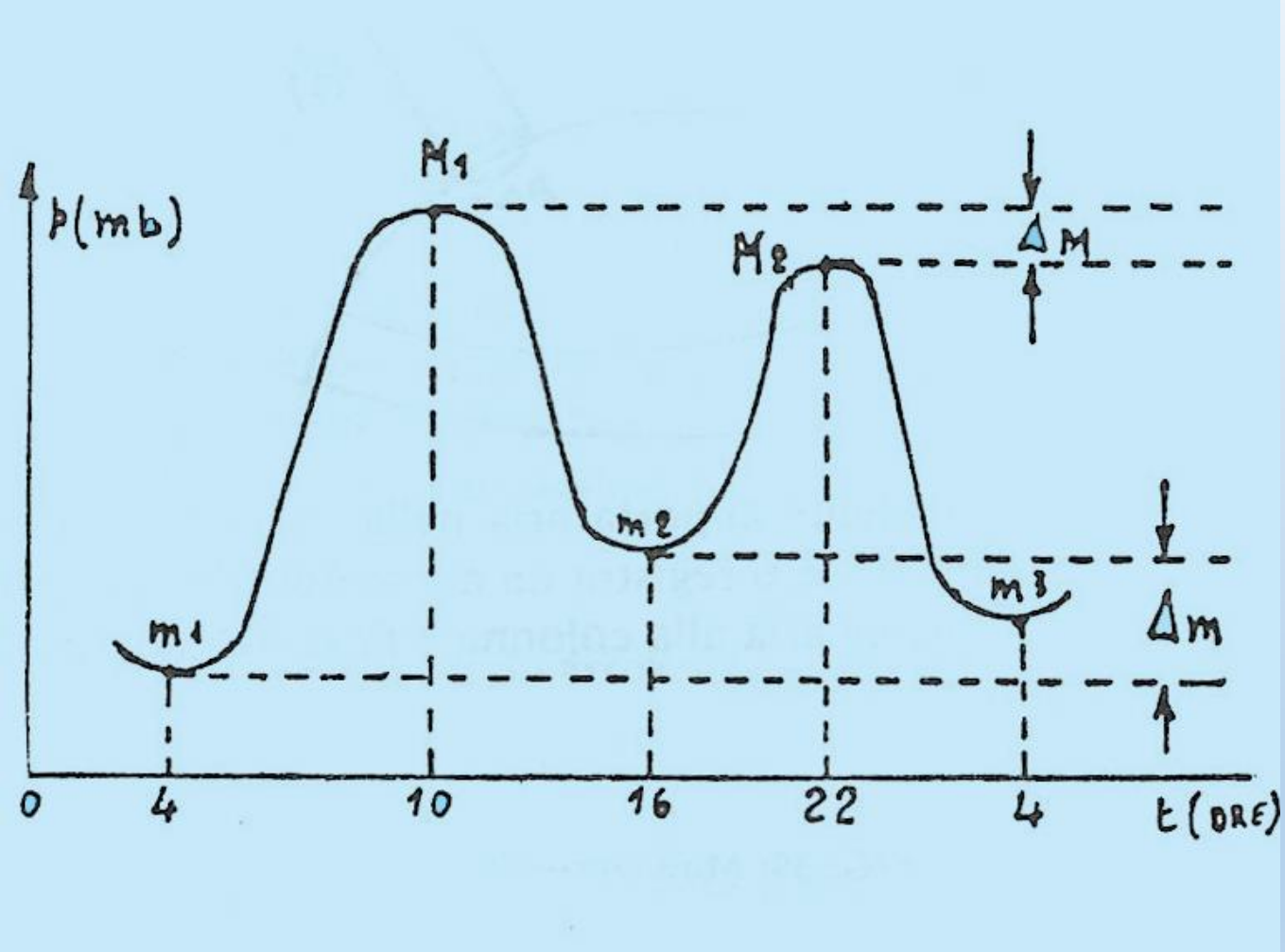
Nota bene
Un metro cubo d'aria, a livello del mare e alla temperatura di 0 °C, pesa 1290 grammi. Un metro cubo d'acqua, nelle stesse condizioni, pesa 1000 kilogrammi.

Pressione atmosferica

Per la misura della pressione il Sistema Internazionale (SI) come unità di misura prescrive l'utilizzazione del **pascal,** che è definito come la forza di 1 newton agente su 1 m^2 (1 Pa = 1 N m^{-2}).

In meteorologia è ancora usato il millibar, unità "accettata" dall'SI perché corrisponde all'ettopascal (=100 Pa); non sono però più utilizzabili né il bar né i millimetri di mercurio (mm Hg).

Pressione atmosferica



La pressione ha un andamento giornaliero che, in generale, è caratterizzato da due massimi e due minimi. La differenza fra i minimi è maggiore di quella fra i due massimi.

Ampiezza diurna: $Amp_d = M_1 - m_2$
Ampiezza notturna: $Amp_n = M_2 - m_3$

Media delle ampiezze, per tutti i mesi dell'anno per una località si mantiene abbastanza costante
$\frac{1}{2} \cdot (Amp_d + Amp_n)$ = costante

Vento

I venti sono originati da movimenti di masse d'aria che si spostano sulla superficie terrestre da zone a pressione più alta, verso zone a pressione più bassa (venti barici).

Anche i gradienti termici che si possono avere, ad esempio, fra aria sulla terraferma e aria sul mare possono indurre spostamenti di masse d'aria (brezze) che possono essere anche particolarmente "efficaci" (venti monsonici).

Questi spostamenti di aria, tendono a ristabilire l'equilibrio barico e a ridistribuire l'energia termica

Del vento si misura la velocità di spostamento della massa d'aria.

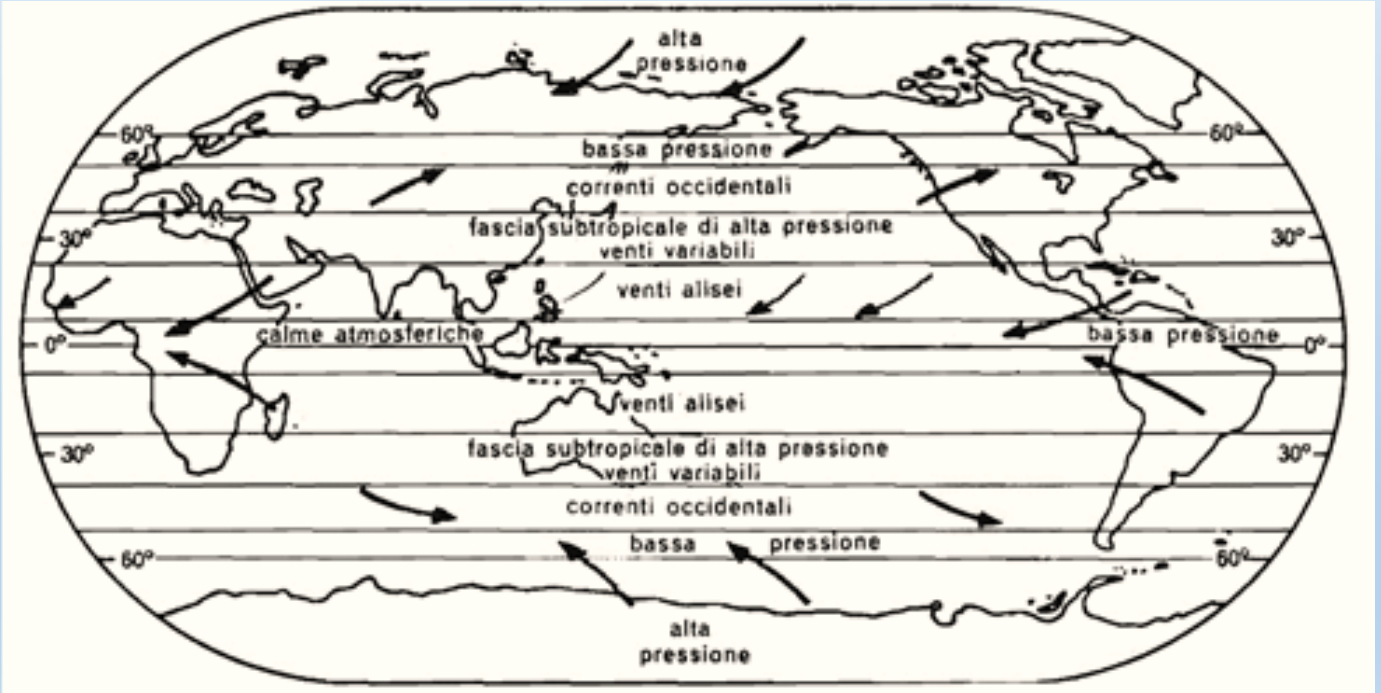
Poiché la velocità del vento è una quantità vettoriale, di essa si devono indicare *l'intensità*, espressa in metri/secondo*, e la *direzione di provenienza*, espressa come angolo rispetto a una direzione di riferimento, di solito il nord geografico.

*Alcuni costruttori di strumenti continuano a usare il kilometro/ora o il nodo (un nodo = 0,5145 m s^{-1}).

Classificazione dei Venti

- **Venti costanti:** soffiano tutto l'anno, sempre nella stessa direzione e nello stesso senso (alisei, extratropicali e venti occidentali)
- **Venti periodici**: invertono periodicamente il senso possono essere a periodo stagionale, come i monsoni o gli etesi, o a periodo diurno, come *le brezze*
- **Venti variabili o locali**: soffiano irregolarmente nelle zone temperate tutte le volte che formano aree cicloniche e anticicloniche.
- **Venti irregolari o ciclonici**: sono irregolari, violentissimi e distruttivi, dotati di movimento vorticoso; essi prendono nomi diversi secondo le località: *uragani (dall'amerindio huracanes*), nelle Antille e sulle coste americane dell'Atlantico; *tifoni (*dal cinese t'ai fung, vento violento), nel Mar Giallo e nelle Filippine; *tornados* (dallo spagnolo tornado, derivato da torno, giro, vortice), nelle grandi pianure degli USA e nell'Australia.

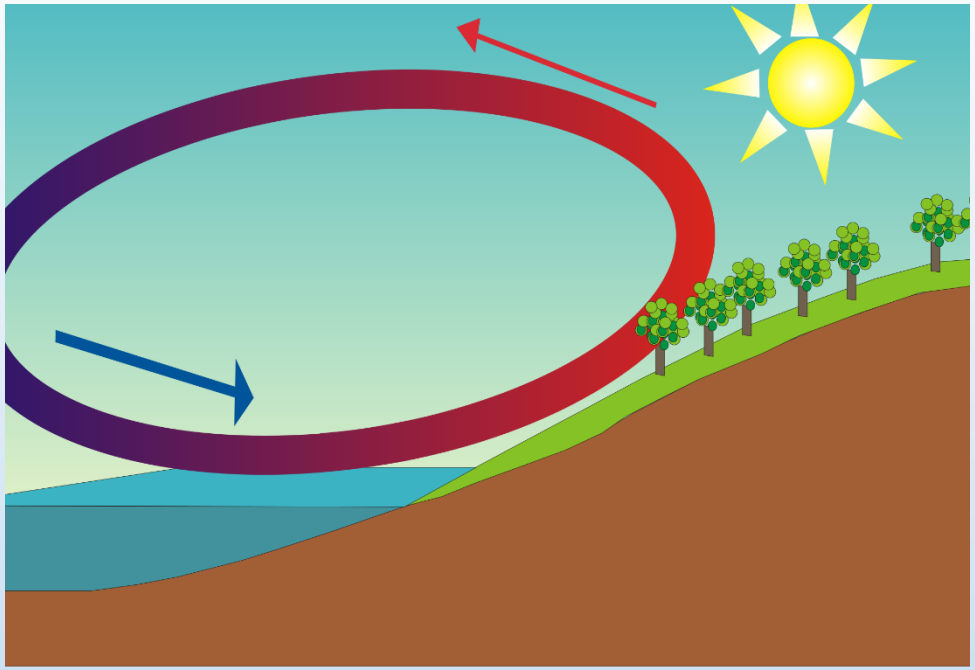
Nelle zone intertropicali, maggiormente irraggiate dal Sole, si generano masse d'aria calda e umida che sollevandosi, per il meccanismo prima detto, richiamano al suolo, dalle latitudini maggiori, aria più fredda. Per contro l'aria calda, che si trova in quota, tenderà allora a sostituire l'aria delle latitudini maggiori, innescando così una circolazione che determina un trasporto di calore (sensibile e latente) dalle zone calde a quelle fredde, evitando un progressivo aumento delle temperature nelle zone di bassa latitudine, e un deficit di calore in quelle di alta latitudine.



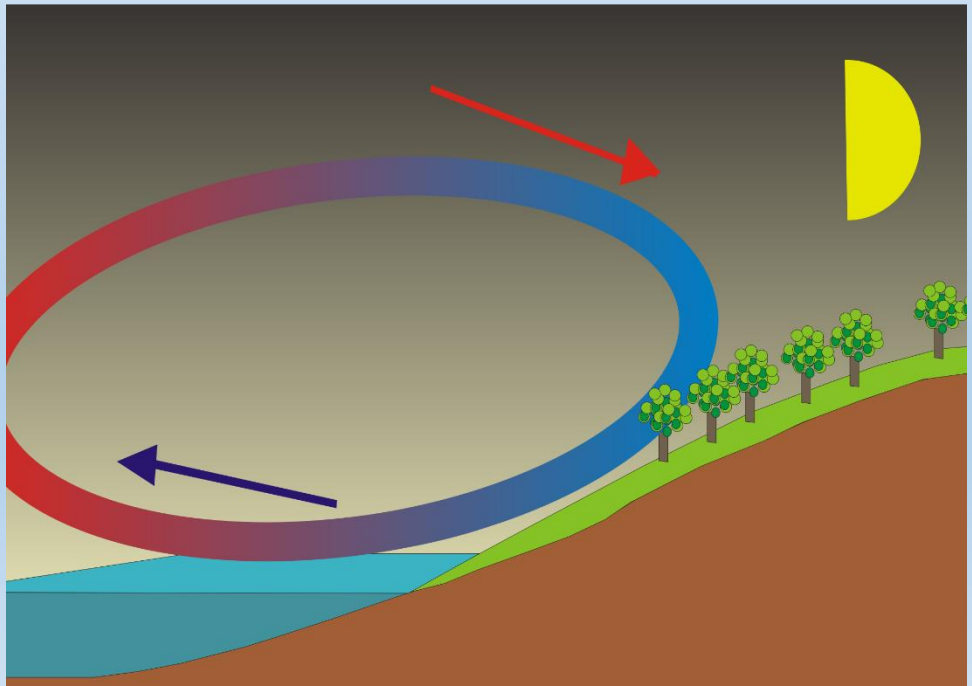
Rappresentazione fortemente semplificata della distribuzione della pressione dei venti sulla superficie terrestre considerata uniforme

Brezza di mare e di terra

Brezza di mare: vento diurno che spira nelle zone costiere dal mare verso terra.
Durante il giorno la terra si riscalda maggiormente e più velocemente rispetto l'acqua; l'aria, su di essa, si riscalda, si dilata, e a tende ad innalzarsi. Si ha così una differenza di pressione fra l'aria di mare (alta pressione) e l'aria di terra (bassa pressione); pertanto l'aria che si trova sopra la superficie del mare, più fresca, si sposta quindi verso la costa (e l'entroterra fino a circa 30 km) inducendo un vento (con una velocità di 15-25 km/h).



Nel corso della notte le condizioni termiche si si invertono. Il terreno si raffredda più velocemente del mare: la zona di bassa pressione si sviluppa quindi sopra l'acqua. Questa situazione genera un vento dalla terraferma verso il mare, detta *brezza di terra.*



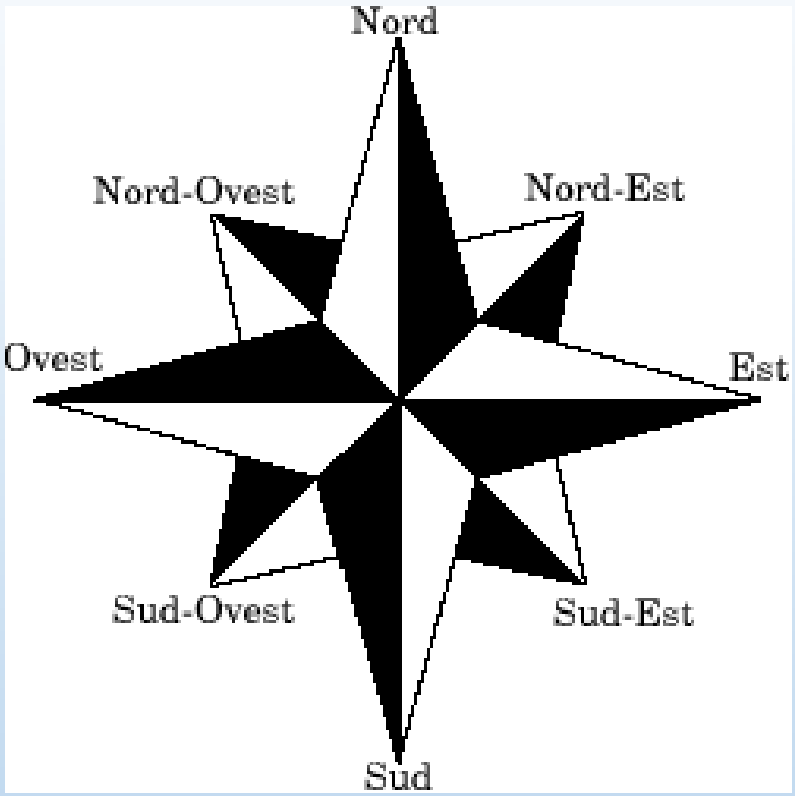
La misura dell’intensità del vento è data dalla misura dell’intensità della sola componente orizzontale del moto dell’aria, le cui variazioni sono molto irregolari e interessano la velocità sia in intensità sia in direzione.

Queste fluttuazioni, quasi istantanee, hanno costretto a definire come misura standard, la media su 10 minuti di dati rilevati a 10 m di altezza dal suolo per la meteorologia, e a 2 m per l'agrometeorologia.

Anemometro a coppe

Scala di Beaufort

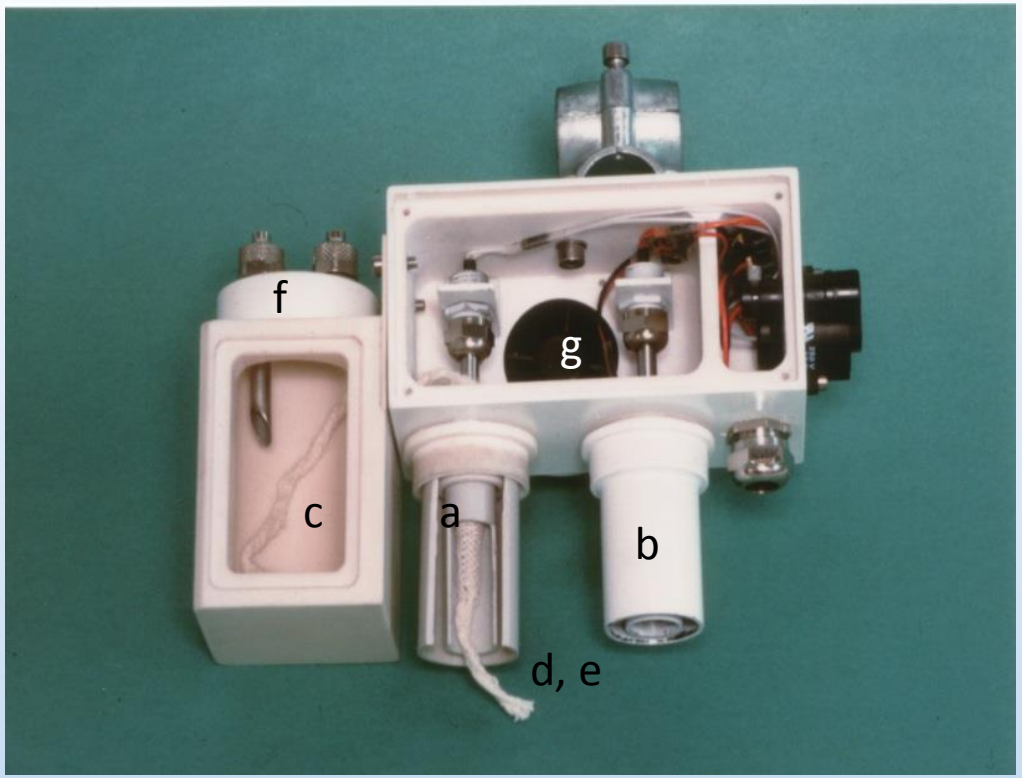
Numero di Beaufort	Velocità del vento (km/h)	Descrizione	Altezza onde (m)	Condizioni del mare	Condizioni a terra
0	< 1	Calmo	0	Piatto.	Il fumo sale verticalmente.
1	1÷5	Bava di vento	0,1	Leggere increspature sulla superficie somiglianti a squame di pesce. Ancora non si formano creste bianche di schiuma.	Movimento del vento visibile dal fumo.
2	6÷11	Brezza leggera	0,2	Onde minute, ancora molto corte ma ben evidenziate. Le creste non si rompono ancora, ma hanno aspetto vitreo	Il vento si sente sulla faccia. Le foglie frusciano.
3	12÷19	Brezza tesa	0,6	Onde con creste che cominciano a rompersi con schiuma di aspetto vitreo. Si notano alcune “pecorelle” con la cresta bianca di schiuma.	Foglie e rami più piccoli in movimento costante.
4	20÷28	Vento moderato	1	Onde con tendenza ad allungarsi. Le “pecorelle” sono più frequenti	Sollevamento di polveri e carte. I rami più piccoli sono agitati.
5	29÷38	Vento teso	2	Onde moderate dalla forma che si allunga. Le “pecorelle” sono abbondanti e c'è possibilità di spruzzi.	Oscillano gli arbusti con foglie. Si formano piccole onde nelle acque interne.
6	39÷49	Vento fresco	3	Onde grosse (cavalloni) dalle creste imbiancate di schiuma. Gli spruzzi sono probabili.	Movimento di grossi rami. Difficoltà a usare l'ombrello.
7	50÷61	Vento forte	4	I cavalloni si ingrossano. La schiuma formata dal rompersi delle onde viene “soffiata” in strisce nella direzione del vento.	Interi alberi agitati. Difficoltà a camminare contro vento.
8	62÷74	Burrasca	5,5	Onde alte. Le creste si rompono e formano spruzzi vorticosi che vengono risucchiati dal vento.	Ramoscelli strappati dagli alberi. Generalmente è impossibile camminare contro vento.
9	75÷88	Burrasca forte	7	Onde alte con le creste che iniziano ad arrotolarsi. Striscie di schiuma che si fanno più dense.	Leggeri danni alle strutture (camini e tegole asportati).
10	89÷102	Tempesta	9	Onde molto alte sormontate da creste (marosi) molto lunghe. Le strisce di schiuma tendono a compattarsi e il mare ha un aspetto biancastro. I frangenti sono molto più intensi e la visibilità è ridotta.	(Rara in terraferma) Sradicamento di alberi. Considerevoli danni strutturali.
11	103÷117	Tempesta violenta	11,5	Onde enormi che potrebbero anche nascondere alla vista navi di media stazza. Il mare è tutto coperto da banchi di schiuma. Il vento nebulizza la sommità delle creste e la visibilità è ridotta.	(Rarissima in terraferma) Vasti danni strutturali.
12	>118	Uragano	>14	Onde altissime; aria piena di schiuma e spruzzi, mare completamente bianco.	(Estremamente rara)Danni ingenti ed estesi alle strutture.



La rosa dei venti è una figura che rappresenta i punti cardinali: Nord, Sud, Est e Ovest e le direzioni da questi determinate. Per il Mediterraneo è centrata a Malta. Originariamente era nell'isola di Zante.

Umidità dell'aria

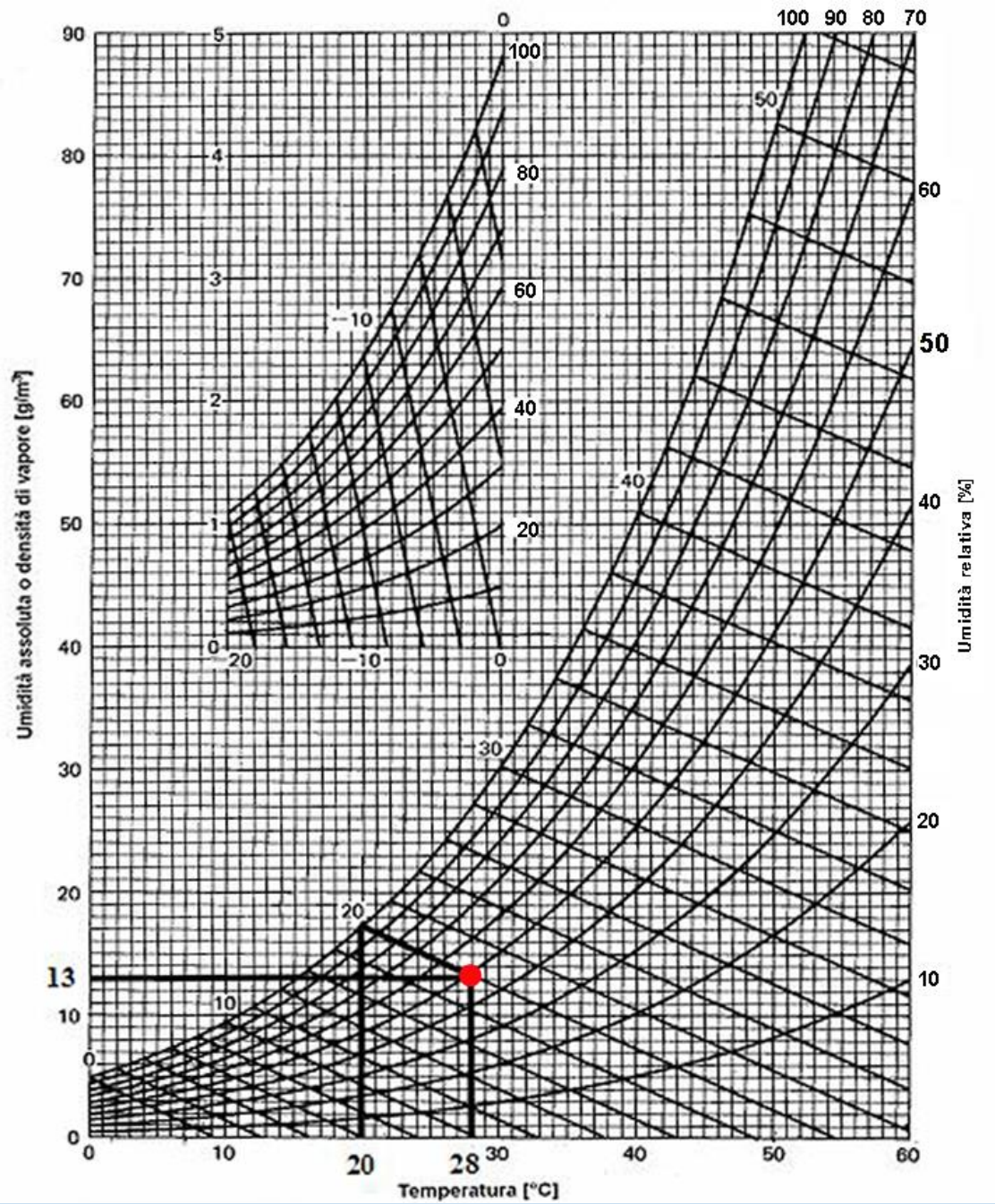
- L'umidità dell'aria è costituita da acqua allo stato di vapore presente nell'atmosfera. Questo vapore deriva dall'evaporazione dell'acqua dei mari, dei laghi e del terreno, e in minore quantità, alla scala del globo, dalle superfici gelate e dalla respirazione e dalla traspirazione di animali e piante.
- L'umidità dell'aria è, per definizione, la quantità di vapore d'acqua in essa presente; questa quantità può essere espressa come:
- massa di vapore nell'unità di volume di aria (=**umidità assoluta**)
- o come massa di vapore per unità di massa di aria secca **(=rapporto di mescolanza**)
- o come quantità di vapore d'acqua contenuto nell'aria in rapporto a quella che vi sarebbe contenuta se il vapore fosse saturo alla temperatura dell'aria stessa (=**umidità relativa**).
- o in altri modi ancora.



psicrometro

Psicrometro per la misura della temperatura e dell'umidità relativa dell'aria
(lo strumento è sezionato per consentire la visione della parte interna).
a) termometro a bulbo umido ricoperto dalla calza; b) termometro a bulbo asciutto;
c) calza all'interno del serbatoio dell'acqua; d) e) doppio schermo;
f) serbatoio dell'acqua; g) aspiratore.

Umidità dell'aria



Il *diagramma psicrometrico* consente, note le temperature di bulbo asciutto (Ta) e di bulbo umido (Tu) di ottenere l'umidità relativa (UR).

In ascisse la temperatura, in ordinate l'umidità assoluta o densità di vapore, le curve indicano l'umidità relativa, mentre le rette oblique sono quasi isoentalpiche. Il particolare in alto si riferisce alle temperature negative.

ESEMPIO

Con una temperatura di bulbo umido Tu di 20 °C e di bulbo asciutto Ta di 28 °C, l'umidità relativa è del 50 % e quella assoluta di 13 g m^{-3}.

Infatti: da Tu si innalzi la verticale fino a incontrare la curva del vapor saturo (umidità relativa del 100 %), si scenda poi lungo la isoentalpica passante per questo punto fino a incontrare la verticale innalzata da Ta. La curva passante dal punto così trovato fornisce, sul bordo destro del grafico, l'umidità relativa.

Precipitazioni

Le precipitazioni atmosferiche possono essere *umide* o *secche* e possono essere misurate come intensità (quantità nell'unità di tempo) o come qualità (natura chimica).

Fra le *precipitazioni umide* abbiamo:

- la pioggia,
- la neve,
- la grandine,
- la nebbia,
- la brina, ecc.

Le ultime due sono dette anche *precipitazioni occulte*.

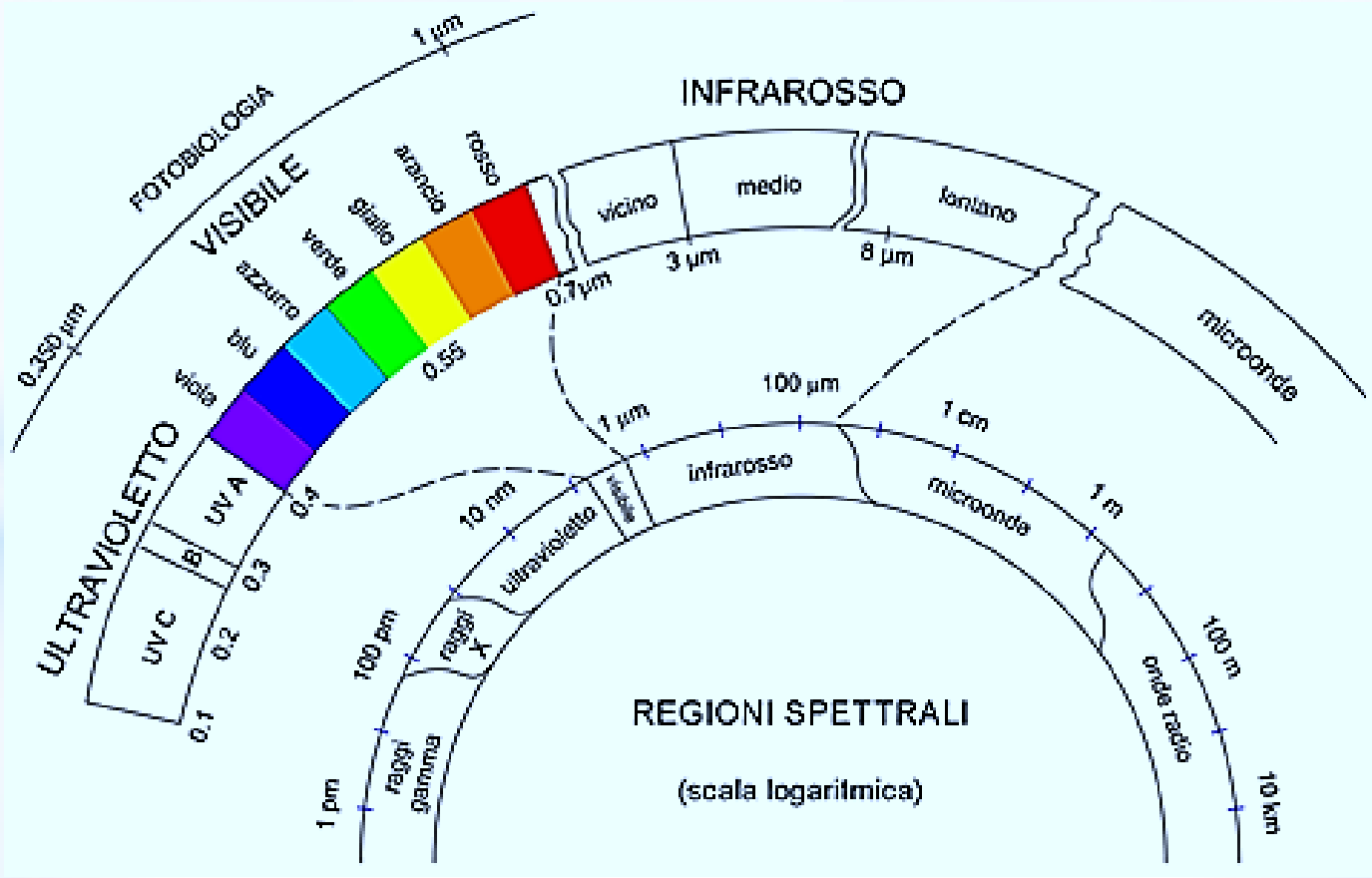
Grandine

Nella misura delle precipitazioni piovose l'unità di misura è il millimetro, infatti si indica lo spessore della lama d'acqua che si accumula su una superficie orizzontale nota.

Fra le *precipitazioni secche* (particelle solide non composte di acqua) abbiamo:

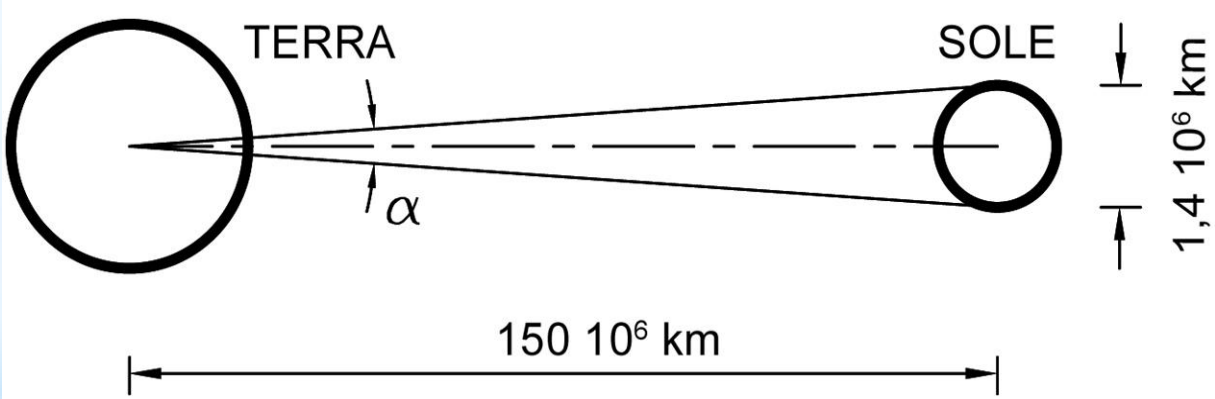
- le caligini,
- i fumi,
- la sabbia,
- i pollini,
- gli aerosol, ecc.

RADIAZIONE SOLARE



Trascurando il minimo contributo geotermico possiamo affermare che la radiazione solare è l'unica fonte di energia per la Terra. Tutte le altre forme legate ai combustibili fossili, al vento, alle correnti marine, ecc. sono una conseguenza della radiazione solare.

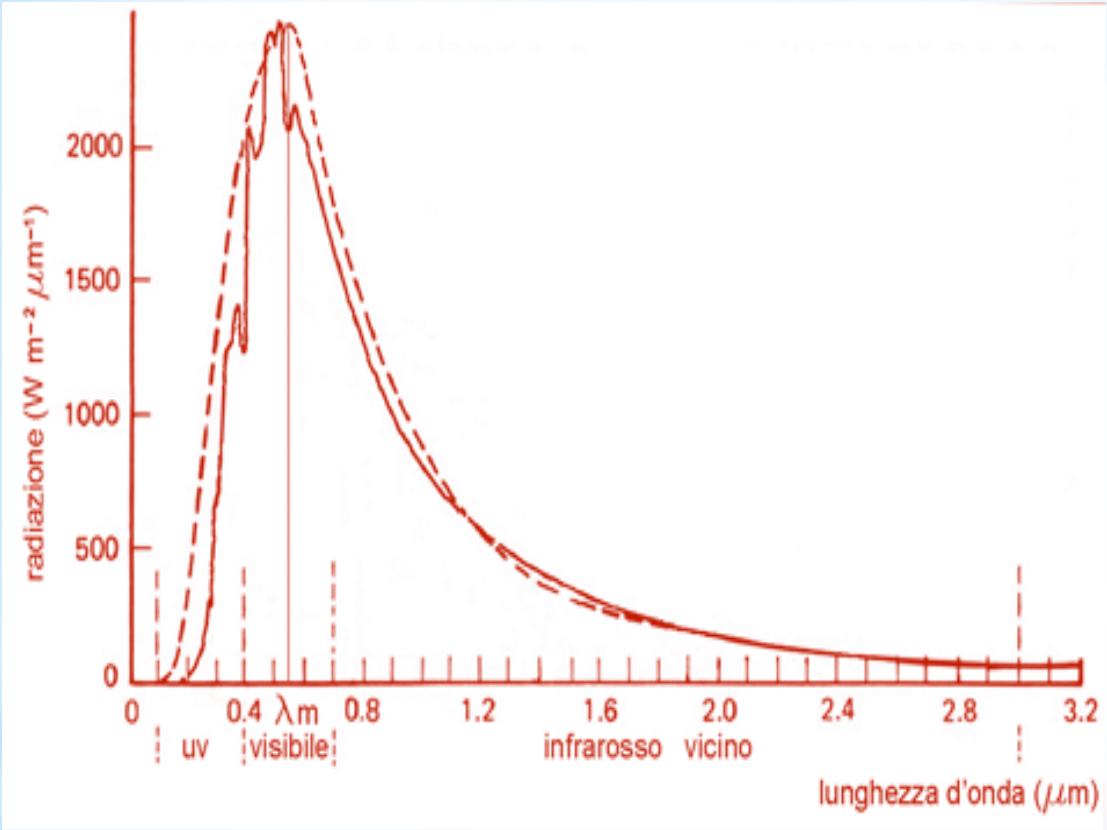
La radiazione solare è prodotta da reazioni nucleari (fusione) all'interno del Sole. Questo corpo gassoso, che dista dalla Terra di circa 150 milioni di kilometri e ha un diametro di circa 1,4 milioni di kilometri, è visto dalla Terra come un disco contenuto in un angolo di 0,5°.



$$\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = \frac{0{,}7 \cdot 10^6}{150 \cdot 10^6}$$

da cui $\alpha = 0{,}5°$

Il Sole, avendo una temperatura superficiale di circa 5400 gradi centigradi, da cinque miliardi di anni, emette nello spazio circostante una enorme energia elettromagnetica che al limite della atmosfera terrestre raggiunge i 1400 joule al secondo per ogni metro quadrato (costante solare), ovvero 1400 watt per ogni metro quadrato



Spettro della radiazione solare al di sopra dell'atmosfera terrestre, valutata alla distanza media fra Sole e Terra: intensità per ogni lunghezza d'onda (linea a tratto intero) che risulta molto simile alla radiazione emessa da un corpo nero a 5700 K posto alla stessa distanza (linea tratteggiata). Si osservi il massimo di emissione intorno a 0,55 μm.

RADIAZIONE SOLARE

I flussi di radiazione solare di maggior interesse dal punto di vista meteorologico sono:

* Radiazione globale
* Radiazione diretta
* Radiazione diffusa
* Radiazione riflessa
* Radiazione netta

* RADIAZIONE GLOBALE

È la radiazione proveniente dal Sole e dal cielo a partire da un angolo solido di 2π radianti e misurata su una superficie orizzontale. Lo spettro di lunghezza d'onda interessato è compreso tra 0,3 e 3 μm.

* RADIAZIONE DIRETTA

È la radiazione proveniente dall'angolo solido sotteso dal disco e dall'alone solare e ricevuta su una superficie perpendicolare all'asse di questo angolo solido.

* RADIAZIONE DIFFUSA

È la radiazione diffusa dalla atmosfera (da parte dei gas e/o delle nubi) proveniente dalla volta celeste ad eccezione del disco solare, e misurata su una superficie orizzontale.

* RADIAZIONE RIFLESSA

* È la radiazione solare riflessa da una superficie entro la banda da 0,3 a 3 μm.
* Il rapporto fra la radiazione riflessa e la radiazione globale dà l'albedo.

* RADIAZIONE NETTA

È la differenza tra la radiazione proveniente dal cielo e quella in arrivo dalla superficie in esame nella gamma spettrale da 0,3 a circa 60 μm.

* Eliofania

Indica le ore di presenza del Sole libero da nubi o da altri ostacoli