

Per conoscere i segreti dell'Atmosfera e del Clima che cambia e le misure eseguite sulla vetta di Mt. Cimone una piccola guida che aiuta a percorrere il **Sentiero dell'Atmosfera** un itinerario didattico-ambientale che si snoda sulle pendici del monte più alto dell'Appennino settentrionale

In collaborazione con:  
**Servizio Meteorologico  
dell'Aeronautica Militare**



Parco  
del  
Frignano



Consiglio  
Nazionale  
delle  
Ricerche  
ISAC

Monte Cimone



## Il Sentiero dell'Atmosfera

**Paolo Bonasoni, Paolo Cristofanelli e Angela Marinoni**



*Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, Bologna*

hanno collaborato:

**Francescopiero Calzolari, Rocco Duchi, Sandro Fuzzi,  
Fabrizio Roccato, Riccardo Santaguida\*, Leonardo Bartoli^ e Claudia Piacentini^**

*Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, Bologna*

*\*Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, Sestola (Mo)*

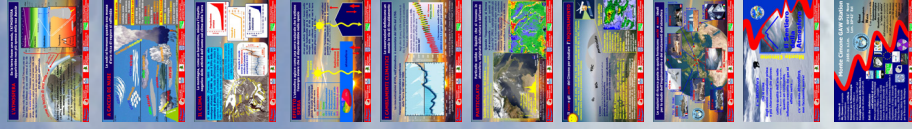
*^ Parco del Frignano, Pievepelago (Mo)*



Stations at High Altitude for  
**SHARE**  
Research on the Environment



## Il Sentiero dell'Atmosfera



Se la Terra fosse una Mela .....	pag. 2
A caccia di nubi .....	6
La montagna come un barometro .....	10
Effetto serra .....	14
I cambiamenti climatici .....	18
... quando soffia il vento del Sahara .....	22
Il naso e gli occhi del Cimone .....	28
Le stazioni di ricerca in alta quota .....	34
C'è una sola atmosfera .....	38
Mt. Cimone GAW Station .....	42
Tra storia e scienza .....	43
Credits e note .....	46
Il percorso: note tecniche, come arrivare .....	48

Il colore arancio nelle pagine della guida indica citazioni IPCC 2007

# L'ATMOSFERA

Se la terra fosse una mela, l'ATMOSFERA apparirebbe non più spessa della sua buccia

*"Fu la prima volta nella mia vita, che vidi l'orizzonte come una linea curva. Era delimitato da una sottile striscia di luce blu scura - la nostra atmosfera. Ovviamente, essa non era l'oceano di aria che io avevo sempre pensato che fosse tante volte nella mia vita. Fui terrorizzato dalla sua apparente fragilità."*

Ulf Merbold, astronauta

... come la buccia di una mela

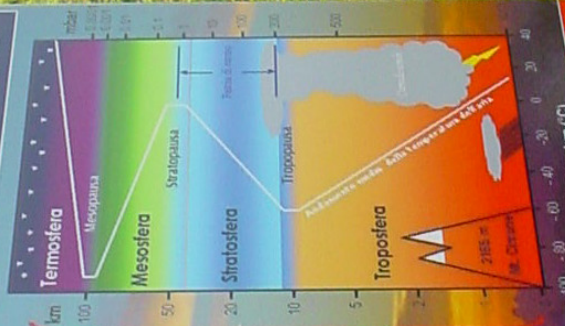


Questa "buccia" è una miscela di gas che circonda la Terra:

**AZOTO (78%), OSSIGENO (21%), ARGON (0.9%), ANIDRIDE CARBONICA (0.01%), ozono, metano, vapore acqueo, ...**

In un piccolo strato di questa buccia, la troposfera, avvengono la maggior parte degli eventi meteorologici e dei processi che supportano la vita sulla terra.

Diametro terrestre: 12.746 km



Agencia Regionale  
Previdenza e Ambiente  
dell'Emilia-Romagna

Ufficio  
Generale per la  
Meteorologia

Parco  
Regionale  
del Frignano

Consiglio  
Nazionale delle  
Ricerche

ISAC

Il Sentiero  
dell'Atmosfera

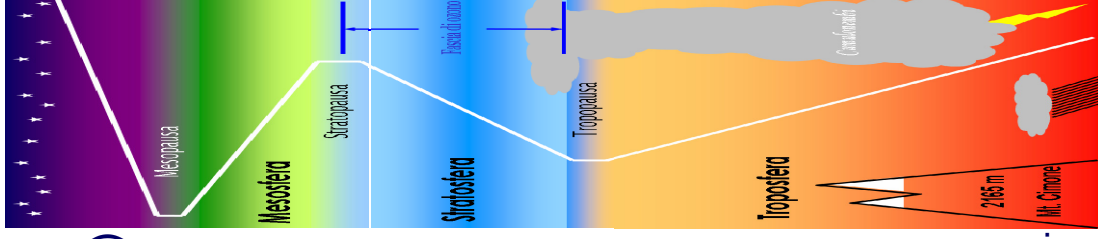
# Atmosfera

(*ἄτμος* "vapore" + *σφαῖρα* "sfera")

La fragilità dell'ATMOSFERA appare evidente dalle parole del primo astronauta europeo, **Ulf Merbold**, che partecipò alla missione STS-9 sullo Space Shuttle nel 1983.

**"Ciò che mi colpisce particolarmente è che non si vedono i confini degli Stati. Ho capito che le frontiere segnate sulle cartine sono nate nella testa degli uomini".**

Come la fragile buccia protegge la mela, così l'ATMOSFERA racchiude e salvaguarda la vita del pianeta TERRA. Andandone ad alterare la composizione in modo diretto od indiretto, come avviene da diversi decenni, l'uomo e l'intero ecosistema terrestre risultano fortemente a rischio.

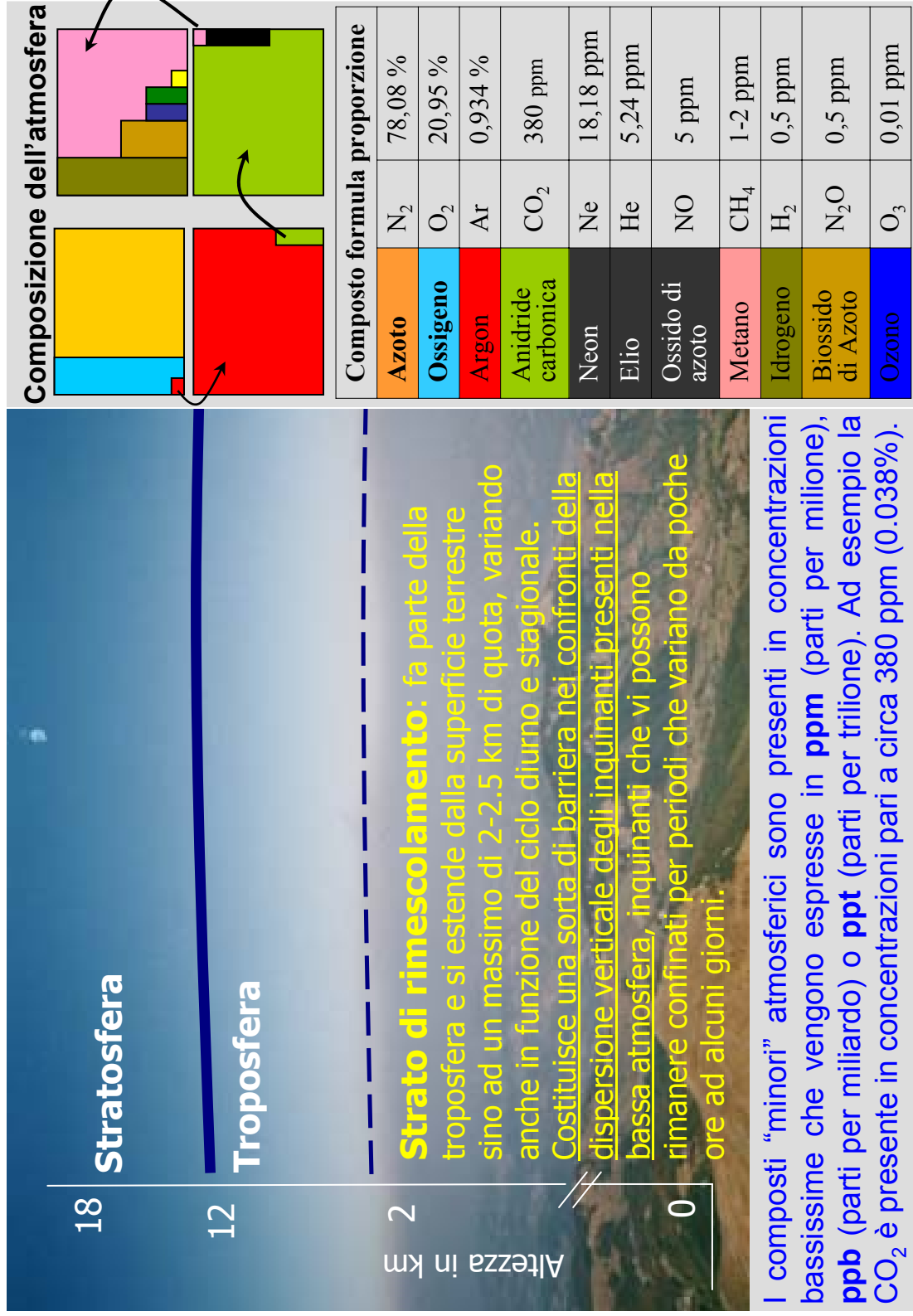


La parte dell'atmosfera compresa tra la superficie terrestre e l'altezza media di 12 km (8 km ai poli, 17 km all'equatore), si chiama **TROPOSFERA** (dal greco **tropos** = variazione, trasformazione).

Contiene circa l'80% della massa dell'atmosfera. In essa si sviluppano le perturbazioni meteorologiche. E' caratterizzata da un elevato grado di rimescolamento delle masse d'aria e gli inquinanti possono permanervi per settimane.

*La temperatura dell'aria in troposfera diminuisce con l'altezza, dal suolo fino alla tropopausa (regione atmosferica che divide la troposfera dalla stratosfera), di circa 0.6°C ogni 100 metri (gradiente termico verticale): in una giornata in cui si registrano 25°C in Pianura Padana, a Mt. Cimone (2165 m) la temperatura dell'aria sarà di circa 12°C.*

**STRATOSFERA:** contiene circa il 19% della massa dell'atmosfera. E' caratterizzata da un basso grado di rimescolamento delle masse d'aria. **3**



La **composizione e le proprietà chimico-fisiche dell'atmosfera** a Mt. Cimone sono studiate grazie alla collaborazione tra Consiglio Nazionale delle Ricerche, Servizio Meteo dell'Aeronautica Militare, Università di Bologna, Università di Urbino, Joint Research Center di Ispra, Ev-K<sup>2</sup>-CNR, ARPA Emilia-Romagna che eseguono le seguenti misure:

**Gas in traccia e climalteranti:** O<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, CFC-11, CFC-12, CFC-113, CFC-114, CFC-115, H-1211, H-1301, HCFC-22, HCFC-141b, CFC-142b, HCFC-124, HFC-125, HCFC-152a, HFC-134a, HFC-143a, C2F6, CH3Cl, CH3Br, CHCl3, CH2Cl2, SF6.  
contenuto colonnare di NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> (DOAS)



**Particolato atmosferico (aerosol):** PM10 – PM1, black carbon, distribuzione dimensionale, coefficienti di assorbimento e di scattering, composizione chimica



**Radioattività ambientale:** <sup>7</sup>Be, <sup>210</sup>Pb, <sup>222</sup>Rn



**Bioaerosol:** pollini e spore

**Radiazione solare:** globale, ultravioletta, multispettrale

pressione atmosferica,  
temperatura, umidità relativa,  
direzione ed intensità del vento.

**Parametri meteorologici:**

# A CACCIA DI NUBI

Le nubi si formano quando una massa d'aria ricca di vapore si raffredda





Fabrizio de André

## Le nuvole

Vanno vengono  
ogni tanto si fermano  
e quando si fermano  
sono nere come il corvo

sembra che ti guardano con malocchio  
Certe volte sono bianche  
e corrono

e prendono la forma dell'airone  
o della pecora

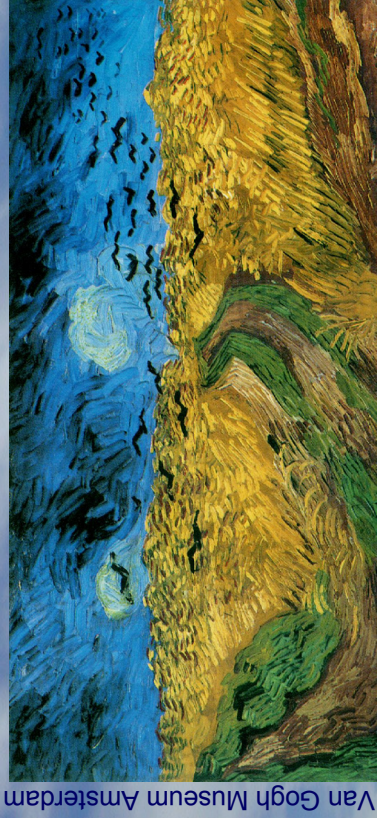
o di qualche altra bestia  
ma questo lo vedono meglio i bambini  
che giocano a corrergli dietro per tanti metri

Certe volte ti avvisano con rumore  
prima di arrivare  
e la terra si trema  
e gli animali si stanno zitti  
certe volte ti avvisano con rumore

Vanno vengono ritornano  
e magari si fermano tanti giorni  
che non vedi più il sole e le stelle  
e ti sembra di non conoscere più  
il posto dove stai

Vanno vengono  
per una vera  
mille sono finte

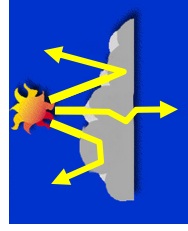
e si mettono lì tra noi e il cielo  
per lasciarci soltanto una voglia di pioggia.



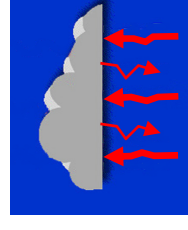
Van Gogh Museum Amsterdam

Vincent van Gogh Auvers-sur-Oise, 1890

## Nubi & Clima



**Riflettono** la radiazione solare incidente, **raffreddando** la superficie terrestre



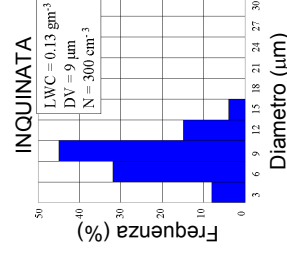
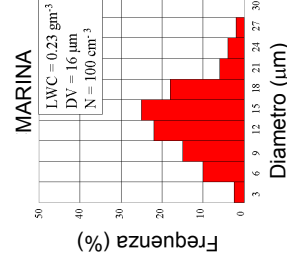
**Assorbono** la radiazione infrarossa (IR) emessa dalla Terra riscaldando l'atmosfera ed **emettono** a loro volta radiazione IR

Le nubi quindi esercitano sul sistema Terra - atmosfera un effetto di **raffreddamento e riscaldamento** in funzione del **tipo di nube** e dell'**altezza** a cui si trovano.

E non è tutto...

Se da un lato le nubi sono in grado di modificare il clima, il clima è a sua volta in grado di influenzare la loro formazione e sviluppo, creando una dipendenza reciproca veramente difficile da prevedere e quantificare.

**Anche le emissioni dell'uomo possono modificare il tipo di nube che si forma in atmosfera e il suo effetto radiativo.** Infatti le goccioline che formano la nube sono generate dal vapore acqueo che condensa su particelle solide. In un ambiente pulito si formeranno poche goccioline grandi, mentre in un'atmosfera inquinata l'elevato numero di particelle in sospensione porterà alla formazione di molte goccioline più piccole.

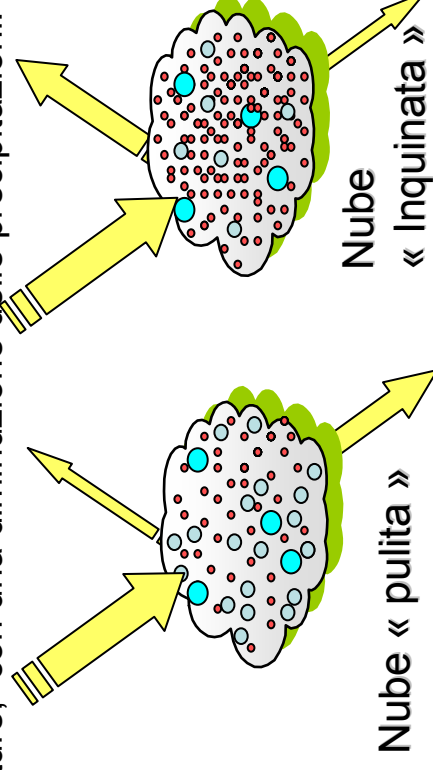


Così, ad esempio, una *nube marina* (rosso) rispetto ad una *nube "inquinata"* (blu) è formata da meno goccioline aventi però mediamente diametri dimensionali maggiori, come mostrato nella figura a lato.

LWC = contenuto in acqua liquida  
DV = diametro medio  
N = numero di goccioline

Una delle evidenze sperimentali dell'**effetto indiretto** degli aerosol sul bilancio radiativo della Terra (indiretto perché passa attraverso la formazione delle nubi), è la diminuzione del raggio delle goccioline d'acqua che formano le nubi. Questo rende le nubi stesse maggiormente riflettenti e più durature, con una diminuzione delle precipitazioni.

Le nubi formate in atmosfere pulite (ad esempio quelle marine) lasciano filtrare più radiazione solare che arriva alla superficie terrestre, rispetto a nuvole formatesi da masse d'aria inquinate (ricche di particolato) che riflettono maggiormente la radiazione solare.



Perché le nubi prendano forma, è necessario che le goccioline di cui esse sono formate siano generate attraverso processi di **condensazione**. Questo avviene grazie al cosiddetto "nucleo di condensazione" formato da minuscole particelle di polvere o di sabbia o da cristallini di sale, e di cui c'è abbondanza in troposfera.

La **condensazione** del vapore acqueo avviene a seguito di processi che favoriscono il sollevamento (ed il conseguente raffreddamento) dell'aria stessa:

**Convezione:** i raggi solari scaldano il suolo che a sua volta trasmette calore all'aria sovrastante che, diventando più calda e leggera, inizia a **sollevarsi** e raffreddarsi.

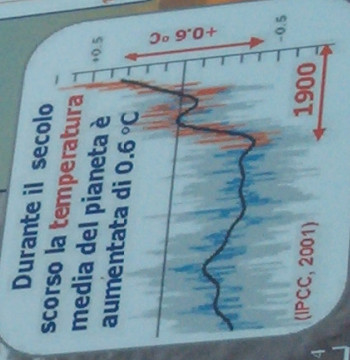
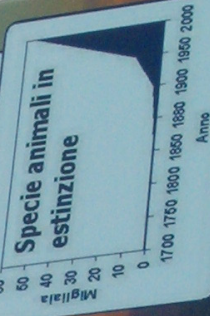
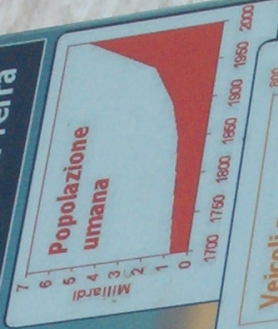
**Avvezione:** una massa di aria fredda che giunge in un'area occupata da aria più calda si incunea sotto l'aria calda che viene quindi **sollevata**.

# IL CLIMA

La montagna, come un barometro, misura l'impatto negativo delle attività dell'uomo sul clima della Terra

**Il KILIMANJARO** (Tanzania, 5895 m, la più alta montagna africana) dal 1986 ha perso il 55% della sua copertura di ghiacci, come risulta dall'immagine che mostra la copertura nell'anno 2000, confrontata con il limite dei ghiacci nel 1986 (linea gialla) definito da misure del satellite LANDSAT.

Dalla seconda metà del XX secolo i ghiacciai italiani hanno perso circa il 40% della loro superficie.



**Il Sentiero dell'Atmosfera** | **Consiglio Nazionale delle Ricerche** | **ISAC** | **Parco Regionale del Frignano** | **Ufficio Generale per la Meteorologia** | **ARPA** | **Agenzia Regionale Prevenzione e Ambienti dell'Emilia-Romagna**

Gli **ecosistemi montani** sono ricchi di **biodiversità** fortemente minacciata dal cambiamento climatico in atto. I principali fattori di rischio per la biodiversità montana sono:

1) **l'incremento di temperatura**, che provoca:

- spostamento altitudinale delle specie
- riduzione degli habitat idonei per specie ad alta specializzazione
- cambiamenti fenologici
- conseguenti fenomeni di asincronia nella riproduzione

2) **l'incremento di CO<sub>2</sub>** in atmosfera e di conseguenza nei cicli biogeochimici:

- effetti sulla fisiologia (fotosintesi, respirazione, crescita delle piante, efficienza nell'utilizzo di acqua, composizione dei tessuti, metabolismo)
- aumento dei nutrienti: crea una competizione sfavorevole per specie vegetali adattate ad ambienti molto poveri

3) **aumento di eventi estremi**:

- incremento di erosione con riduzione di habitat o soppressione di specie rarissime
- superamento delle soglie di adattamento delle specie (siccità, precipitazioni, temperatura )



### **Spostamento altitudinale osservato**

#### **1- 4 m/decennio**

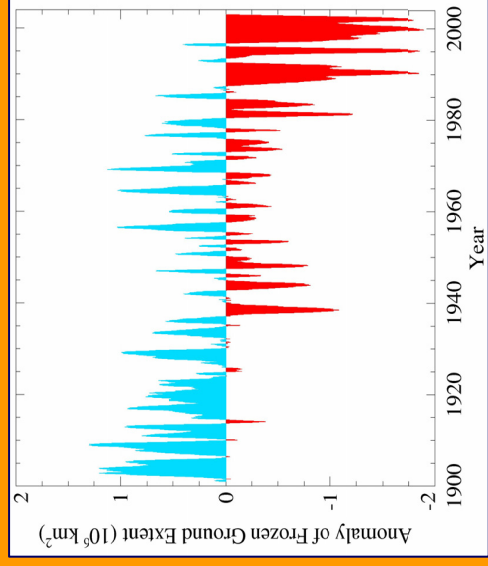
Grabherr G. et al. (1994), Nature **369**:448

**Dal 1901 al 2002 nell'emisfero Nord, l'area dei terreni ricoperti di ghiaccio si è ridotta stagionalmente del 7%.**

Così l'impressionante arretramento delle lingue glaciali avviene in pressoché tutti i ghiacciai del mondo. Un esempio è il ghiacciaio dei Forni (SO) il ghiacciaio vallivo italiano più esteso (circa 20 km<sup>2</sup>)



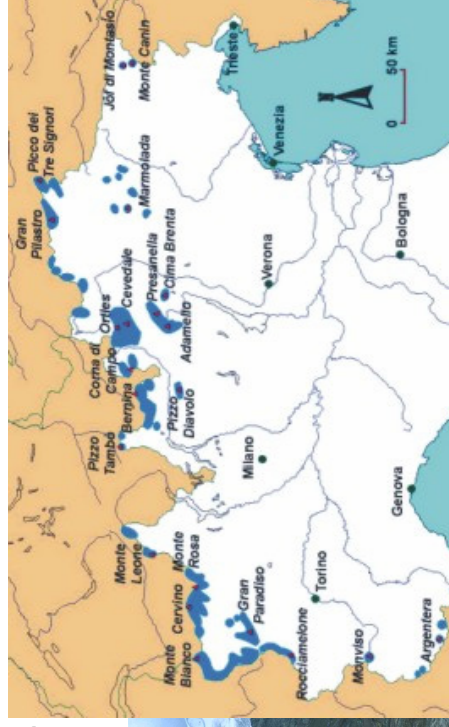
Il ghiacciaio dei Forni a fine '800 e nel 2001



“... la maggior parte del riscaldamento terrestre registrato negli ultimi 50 anni è dovuto all'aumento della concentrazione di gas ad effetto serra”

In Italia i ghiacciai dalla seconda metà del 1800 sono in fase di marcata

contrazione che li ha portati a perdere circa il 40% della loro superficie e all'innalzamento di oltre 100 m del limite delle nevi “perenni”.



Comitato glaciologico italiano

Distribuzione dei ghiacciai italiani (elaborazione M. Santilli)

I **ghiacciai** costituiscono la più grande riserva di acqua dolce - circa il 70% - del Pianeta. I 33,000 Km<sup>2</sup> dei ghiacciai dell'Himalaya, i più vasti dopo le regioni polari, alimentano alcuni tra i più grandi fiumi asiatici (Gange, Indo, Brahmaputra ...) e costituiscono la principale fonte di approvvigionamento idrico per oltre un miliardo di persone. Con il ritiro dei ghiacciai si sta riducendo una riserva idrica fondamentale. Inoltre i ghiacciai non sono solo un semplice simbolo della bellezza delle montagne, ma un elemento insostituibile che impedisce l'erosione dei pendii.

I ghiacciai montani e la copertura nevosa sono mediamente diminuiti in entrambi gli emisferi. La vasta diminuzione dei ghiacciai e delle calotte di ghiaccio ha contribuito all'innalzamento del livello del mare {4.6, 4.7, 4.8, 5.5}

### **HIMALAYA: il ghiacciaio Gangotri**

Lungo 30.2 km e largo fino a 2.5 km, il **ghiacciaio Gangotri** è uno dei più vasti dell'Himalaya.

Dal 1780 è iniziato a regredire (immagine a lato), e dal 1971 ha aumentato la velocità con cui si ritrae.

Negli ultimi 25 anni il ghiacciaio si è ritirato di oltre 850 m, di 76 m nel solo periodo 1996 - 1999.

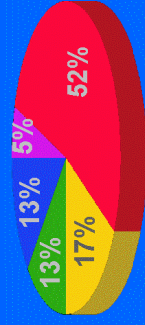


# EFFETTO SERRA

L'atmosfera agisce come una serra naturale che trattiene l'energia solare che si disperderebbe nello spazio

Contributo al riscaldamento globale da parte dei principali gas ad effetto serra

- CO<sub>2</sub>** Anidride carbonica
- CH<sub>4</sub>** Metano
- O<sub>3</sub>** Ozono
- CFC** Clorofluorocarburi
- HFC** Idrofluorocarburi
- PFC** Perfluorocarburi
- SF<sub>6</sub>** Esafluoruro di zolfo
- N<sub>2</sub>O** Protossido di azoto



Radiazione solare



Radiazione infrarossa

atmosfera

Alcuni gas, definiti "gas-serra", hanno svolto un ruolo fondamentale per la crescita e lo sviluppo delle forme di vita che si sono succedute nei millenni: senza di essi la terra sarebbe ghiacciata e priva di vita ...

... ma negli ultimi decenni l'immissione in atmosfera di notevole quantità di gas inquinanti rischia di rompere l'equilibrio climatico della terra.



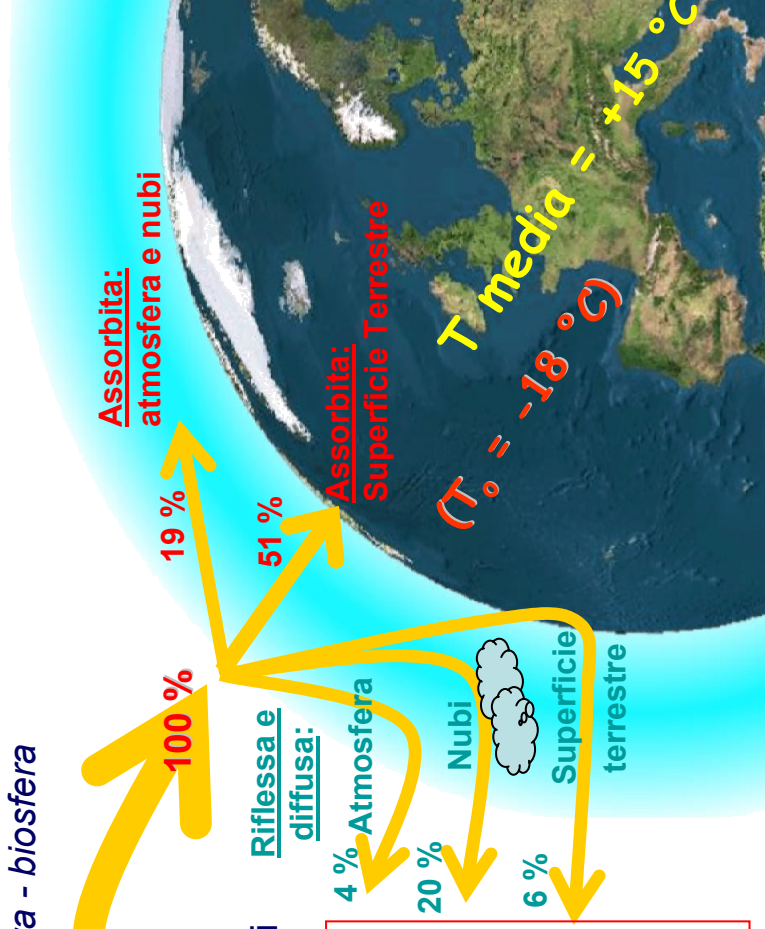


## La Terra ha come fonte primaria di energia il Sole, essenziale per la vita degli organismi

- **La radiazione solare** fornisce un flusso medio annuo in entrata di  $1367 \text{ W/m}^2$ 
  - fornisce al sistema *terra* - *atmosfera* l'energia necessaria al compiersi dei processi fisici e chimici che regolano il comportamento del sistema *atmosfera* - *idrosfera* - *criosfera* - *litosfera* - *biosfera*

- fornisce la radiazione che viene trasformata in energia chimica dalle piante, nel processo della fotosintesi

**L'effetto serra "naturale"**  
dovuto alla presenza dell'ATMOSFERA ha mantenuto una temperatura media dell'aria alla superficie della Terra di **+15 °C**; in assenza dell'atmosfera la temperatura alla superficie sarebbe di **-18°C**.



Benché nel passato la Terra sia andata incontro a mutamenti climatici rilevanti, quanto sta succedendo oggi merita una attenzione particolare poiché la temperatura media aumenta a ritmi particolarmente elevati, grosse quantità di inquinanti sono immesse in atmosfera ed è aumentata la frequenza con cui si susseguono fenomeni meteorologici estremi.

Sappiamo che **l'effetto serra** è legato alle proprietà di alcune molecole gassose: cosa succede **se aumentiamo la concentrazione** in atmosfera di queste specie che possono interagire con la radiazione IR e **modificare gli scambi energetici**?

**Questo è ciò che abbiamo fatto negli ultimi due secoli!**



**E' fondamentale conoscere in dettaglio cosa sta accadendo:**



## **IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE**



IPCC è il **Comitato Intergovernativo per i Cambiamenti Climatici**, stabilito dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) e dall'Agenzia delle Nazioni Unite per la Protezione dell'Ambiente (UNEP) per ottenere informazioni scientifiche, tecniche e socio-economiche rilevanti per la comprensione dei cambiamenti climatici, del potenziale impatto e delle possibili azioni di mitigazione ed adattamento.

**IPCC non svolge ricerca attiva ma effettua il "riassunto della conoscenza attuale"**

Ad esso lavorano diverse centinaia di ricercatori da tutti i Paesi.

**Nel 2007 IPCC ha vinto il Premio Nobel per la Pace.**

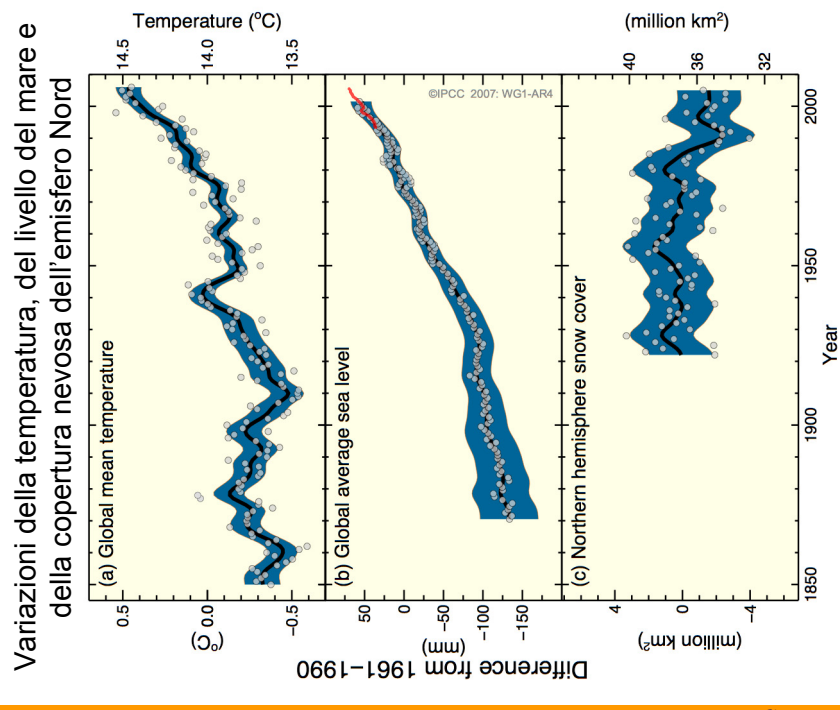
## IPCC Climate Change 2007: I Principi Fisici di Base

Il riscaldamento del sistema climatico è inequivocabile, come è ora evidente dalle osservazioni dell'aumento delle temperature medie globali dell'aria e delle temperature degli oceani, dello scioglimento diffuso di neve e ghiaccio, e dell'innalzamento del livello del mare medio globale (Figura a lato) {3.2, 4.2, 5.5}.



Undici degli ultimi dodici anni (1995-2006) si classificano fra i più caldi mai registrati da quando si hanno misure globali di temperatura alla superficie (dal 1850). Il trend lineare della temperatura media globale aggiornato per gli ultimi 100 anni (1906-2005) è pari a  $+0.74^{\circ}\text{C}$ , quindi maggiore del corrispondente trend per gli anni 1901-2000 ( $+0.6^{\circ}\text{C}$ ) riportato nel precedente rapporto (IPCC, 2003). Il trend di riscaldamento lineare per gli ultimi 50 anni ( $+0.13^{\circ}\text{C}$  per decennio) è quasi il doppio di quello per gli ultimi 100 anni. L'aumento totale della temperatura dal 1850-1899 al 2001-2005 è di  $0.76^{\circ}\text{C}$ .{3.2}

Variazioni della temperatura, del livello del mare e della copertura nevosa dell'emisfero Nord



# I CAMBIAMENTI CLIMATICI

## Le osservazioni definiscono un mondo in via di riscaldamento

Le osservazioni definiscono un mondo in via di riscaldamento

La concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera è aumentata del 30% dal 1750. Negli ultimi 20 anni, il 65% dell'incremento di CO<sub>2</sub> è dovuto all'enorme consumo di combustibili fossili e alla crescente deforestazione.

La concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera è aumentata del 30% dal 1750. Negli ultimi 20 anni, il 65% dell'incremento di CO<sub>2</sub> è dovuto all'enorme consumo di combustibili fossili e alla crescente deforestazione.

Andamento della concentrazione di CO<sub>2</sub> nelle tre stazioni della rete nazionale di misura dei gas ad effetto serra GREEN-NET



L'incremento medio di CO<sub>2</sub> per anno è circa 1.6 ppm (parti per milione)

Le misure di CO<sub>2</sub> eseguite a Mt. Cimone dall'UGM costituiscono la più lunga serie storica "in condizioni di fondo" in Europa.



Dalla fine del 1800 ad oggi la temperatura media globale dell'aria è aumentata di circa 0.6 °C



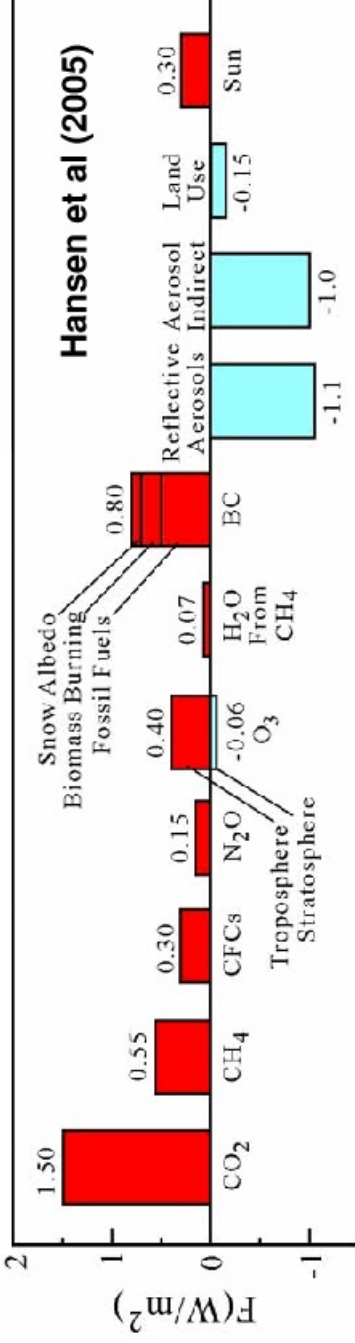




I cambiamenti nell'atmosfera delle quantità di gas ed aerosol ad effetto serra, della radiazione solare e delle proprietà della superficie terrestre alterano il bilancio energetico del sistema climatico. Questi cambiamenti sono espressi in termini di **forzante radiativo**, che viene usato per valutare come i fattori antropici e naturali influenzino la tendenza al riscaldamento o al raffreddamento del clima globale.

Il **forzante radiativo (radiative forcing)** è la misura dell'influenza che un fattore ha nell'alterare il bilancio di energia in entrata e in uscita nel sistema Terra - atmosfera ed è un indice dell'importanza del fattore stesso come un potenziale meccanismo di cambiamento climatico. I forzanti positivi tendono a riscaldare la superficie mentre quelli negativi tengono a raffreddarla. In questo rapporto i valori dei forzanti radiativo sono relativi al 2005 rispetto alle condizioni pre-industriali stimate al 1750 e sono espressi in  $W\ m^{-2}$ .

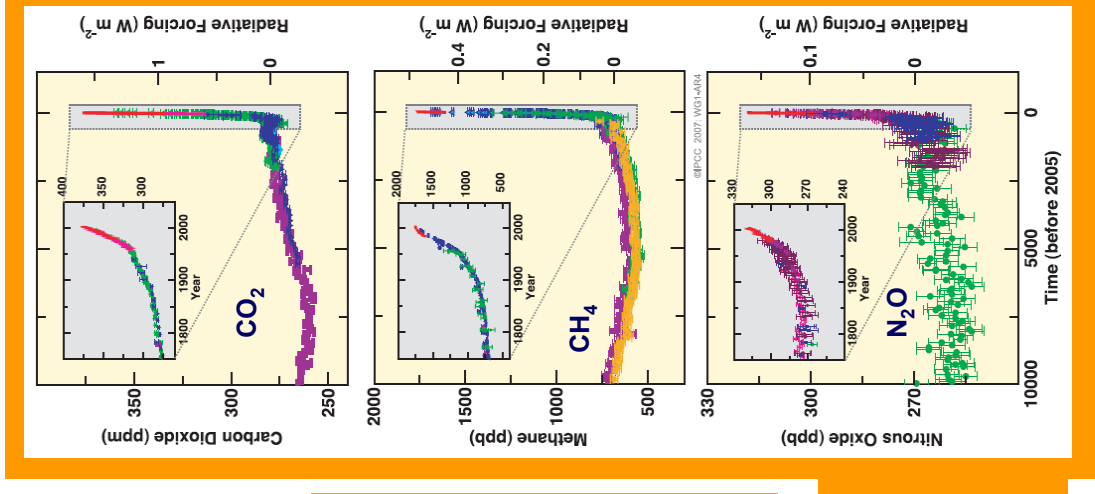
Stima del forzante radiativo 1750-2000

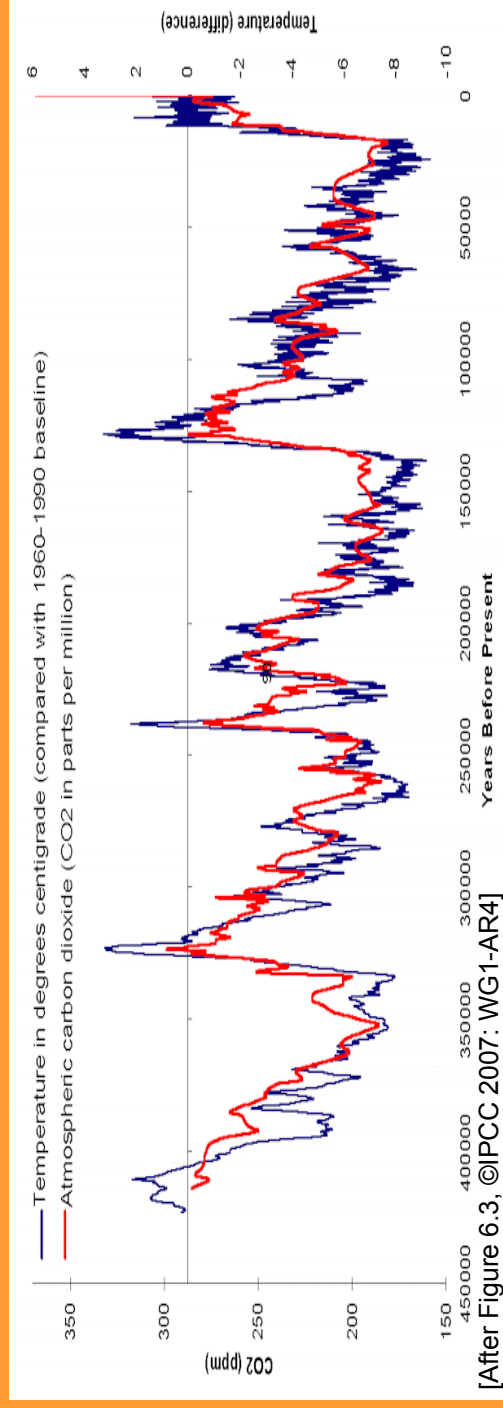


Con la parola **CLIMA** intendiamo l'insieme delle condizioni meteorologiche e ambientali “**tipiche**” di un certo periodo (paleoclima, era glaciale, clima del presente, clima del futuro) in una certa area del nostro pianeta (clima continentale, clima temperato, clima tropicale, ...).

Le concentrazioni globali in atmosfera di anidride carbonica, metano e protossido di azoto sono notevolmente aumentate come risultato dell'attività umana dal 1750 e attualmente superano i valori pre-industriali, come dimostrato dall'analisi delle carote di ghiaccio che rappresentano molte migliaia di anni (Figura a lato). L'incremento globale della concentrazione di anidride carbonica è principalmente dovuto all'uso di combustibili fossili ed a cambiamenti di uso del suolo, mentre gli incrementi di metano e protossido di azoto sono principalmente dovuti all'agricoltura. {2.3, 6.4, 7.3}

*Figura a lato: concentrazioni atmosferiche di anidride carbonica, metano e protossido di azoto degli ultimi 10,000 anni (pannelli grandi) e dal 1750 (pannelli interni piccoli). Le misure provengono da carote di ghiaccio (i simboli con colori differenti si riferiscono a studi diversi) e campioni atmosferici (linee rosse). I corrispondenti forzanti radiativi sono mostrati sull'asse destro dei pannelli grandi.*





Nella storia del pianeta Terra si sono alternati in modo naturale **periodi freddi (glaciazioni)** a **periodi temperati (periodi interglaciali)** con variazioni di temperatura media dell'ordine di una decina di gradi centigradi. Il susseguirsi di ere glaciali non è casuale ma è 'forzato' da diverse cause: i cambiamenti dell'orbita terrestre e della radiazione solare incidente, la disposizione fisica dei continenti sulla superficie terrestre, la composizione dell'atmosfera, ... L'attuale periodo interglaciale è in atto da quasi 11,000 anni. Attualmente, rispetto al passato, l'uomo 'forza' il sistema in un nuovo modo. Gli aumenti di CO<sub>2</sub> sono oggi principalmente dovuti all'uso dei combustibili fossile al punto che la CO<sub>2</sub> non ha mai raggiunto i livelli odierni in quasi un milione di anni.

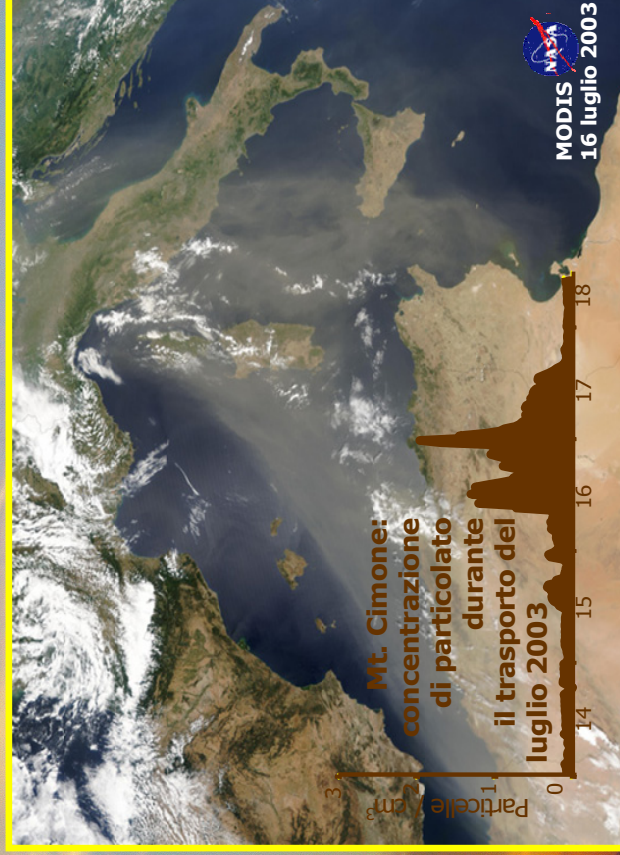
Come risulta evidente dal cartello n. 5 del *Sentiero dell'Atmosfera* l'incremento della CO<sub>2</sub> a Mt. Cimone, misurata dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, prosegue ad un ritmo di 1.6 ppm all'anno.

**Il CLIMA determina lo sviluppo degli organismi animali e vegetali, influenzando anche le attività economiche delle popolazioni che vi abitano, le loro abitudini e la loro cultura**

# **PARTICOLATO** Particelle solide o liquide che si trovano in atmosfera, originate dalla natura o dall'uomo

## **Quando soffia il vento dal Sahara ...**

... grandi quantità di particolato (sabbia, aerosol minerale) possono raggiungere il continente americano o l'Europa.

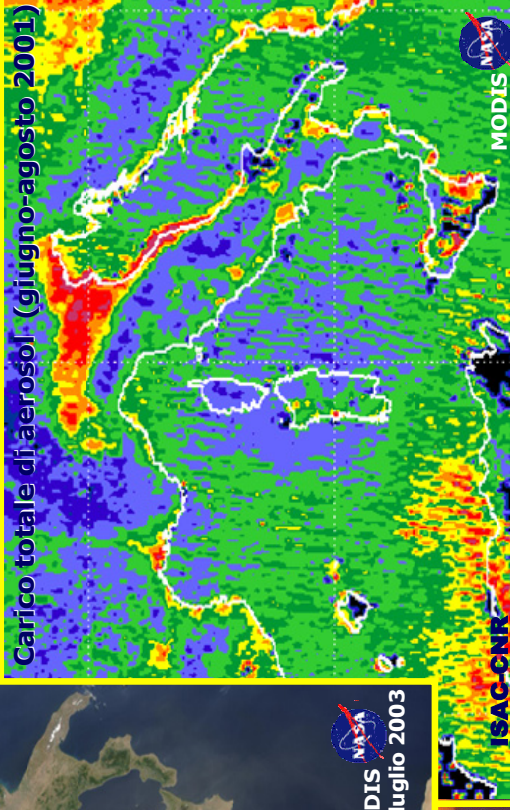


A Mt. Cimone, ogni anno si registrano 18 eventi di trasporto di masse d'aria provenienti dal Sahara e ricche di sabbia.

## **Quando l'inquinamento si forma e si accumula ...**

... grandi quantità di "polveri fini" (PM10, materiale particolato più piccolo di 10 micrometri) di origine antropica possono ricoprire vaste aree. Il particolato influenza il clima riflettendo la radiazione solare e modificando le proprietà delle nubi.

**Carico totale di aerosol (giugno-agosto 2001)**



**Il Sentiero dell'Atmosfera**

**Consiglio Nazionale delle Ricerche ISAC**



**Parco Regionale del Frignano**



**Ufficio Generale per la Meteorologia**



**Agenzia Regionale Prevenzione e Ambient dell'Emilia-Romagna**

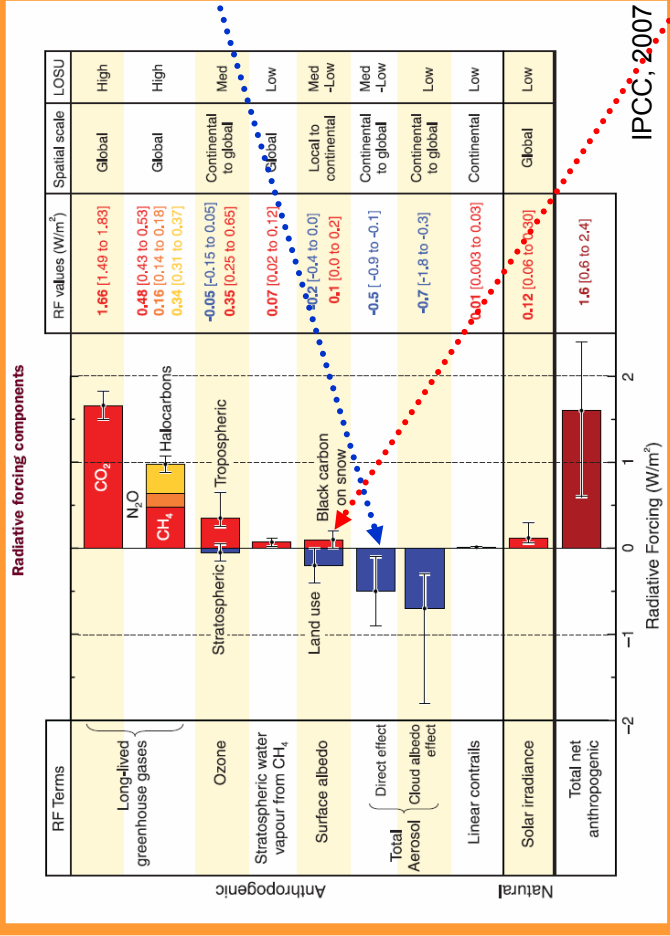




Eruzione Pinatubo, 1991

## Il particolato atmosferico o AEROSOL ha diverse sorgenti:

- **Naturali:** vulcani, spray marino, polveri desertiche, fumo, erosione eolica, pollini
  - **Antropiche:** combustione (combustibili fossili), emissioni da autoveicoli (pneumatici, freni, manto stradale), processi industriali (raffinerie, industria chimica, cementifici), agricoltura (fertilizzanti e anticrittogamici).
- Viene poi rimosso da processi di deposizione secca e deposizione umida (nebbie, precipitazioni).**



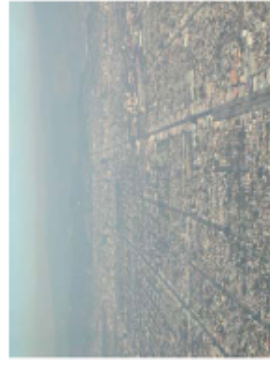
I contributi antropici agli aerosol (solfati, carbonio organico, nero fumo, nitrati e polveri) insieme producono un **effetto di raffreddamento (forzante negativo)**, con un forzante radiativo diretto totale di -0.5 [da -0.9 a -0.1] Wm<sup>-2</sup> ed un forzante indiretto dovuto all'albedo delle nuvole di -0.7 [da -1.8 a -0.3] Wm<sup>-2</sup>. Gli aerosol influenzano anche il tempo di vita delle nubi e le precipitazioni. {2.4, 2.9, 7.5}

In alcuni casi quando gli aerosol (esempio black carbon / nero fumo) **assorbono la radiazione solare producono un effetto di riscaldamento (forcing positivo).**

## Uno degli effetti più evidenti della presenza di aerosol in atmosfera è la formazione delle cosiddette “Atmospheric Brown Clouds”



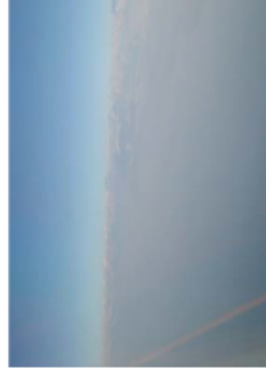
**Himalaya** a sud dell'Everest



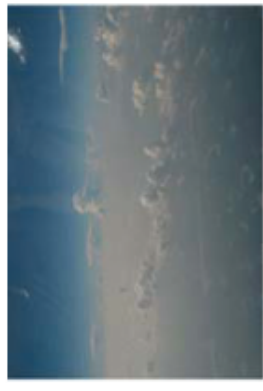
**Los Angeles**, 27/12/2002



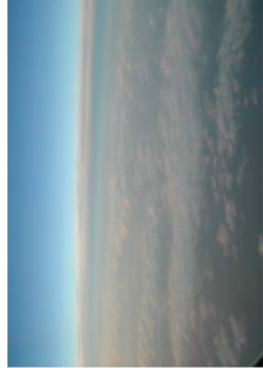
**Mare Arabico**, 25/3/1999



**Alpi svizzere**, Febbraio 2003



**Oceano Indiano** 24/2/1999



**Sud Cina**, 24/12/2002

**Asian Brown Cloud – ABC:**  
**una nube spessa fino a 3 km dal colore brunoastro formata da aerosol e gas inquinanti che ricoprono l'Asia meridionale.**

Le conseguenze dirette e indirette della ABC implicano: cambiamenti del clima a scala regionale e globale, impatti sugli ecosistemi e sul ciclo dell'acqua, sulla salute umana e sulla agricoltura (tra cui una riduzione della produzione di riso).

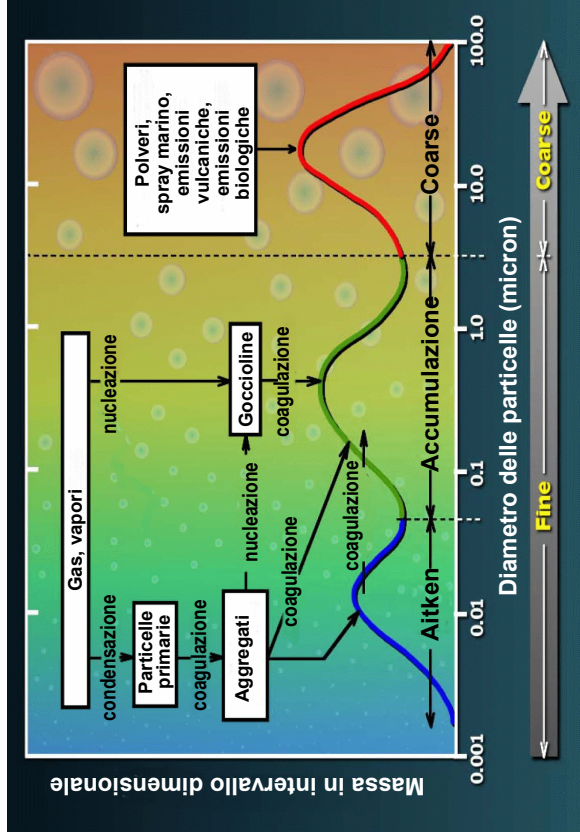


**ASIA:** oltre il 60% della popolazione mondiale, quasi 4 miliardi di persone

## DIMENSIONI

Sulla base del loro “diametro aerodinamico” le particelle atmosferiche sono suddivise in:

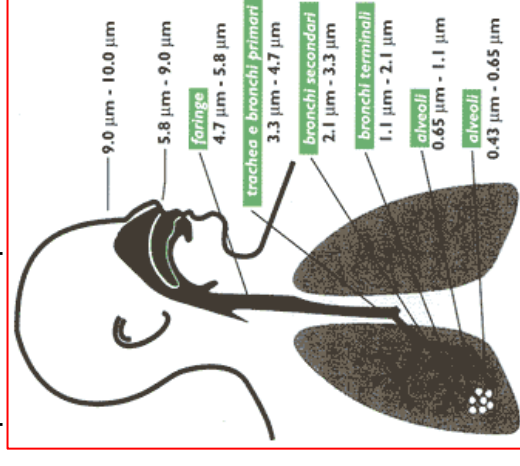
- Particelle di Aitken (10-100 nm); generalmente costituite dai prodotti della condensazione di vapori ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$ , prodotti di combustione, composti organici volatili);
- Particelle di Accumulazione (100 nm-1  $\mu\text{m}$ ); formate per coagulazione di particelle di Aitken o condensazione di gas su particelle preesistenti (nucleazione eterogenea).
- Particelle grossolane (coarse): (> 1  $\mu\text{m}$ ); principalmente prodotte da processi meccanici



Fra i vari inquinanti atmosferici, le particelle in sospensione sono risultate l'indicatore di qualità dell'aria più spesso associato ad effetti negativi sulla salute dell'uomo:

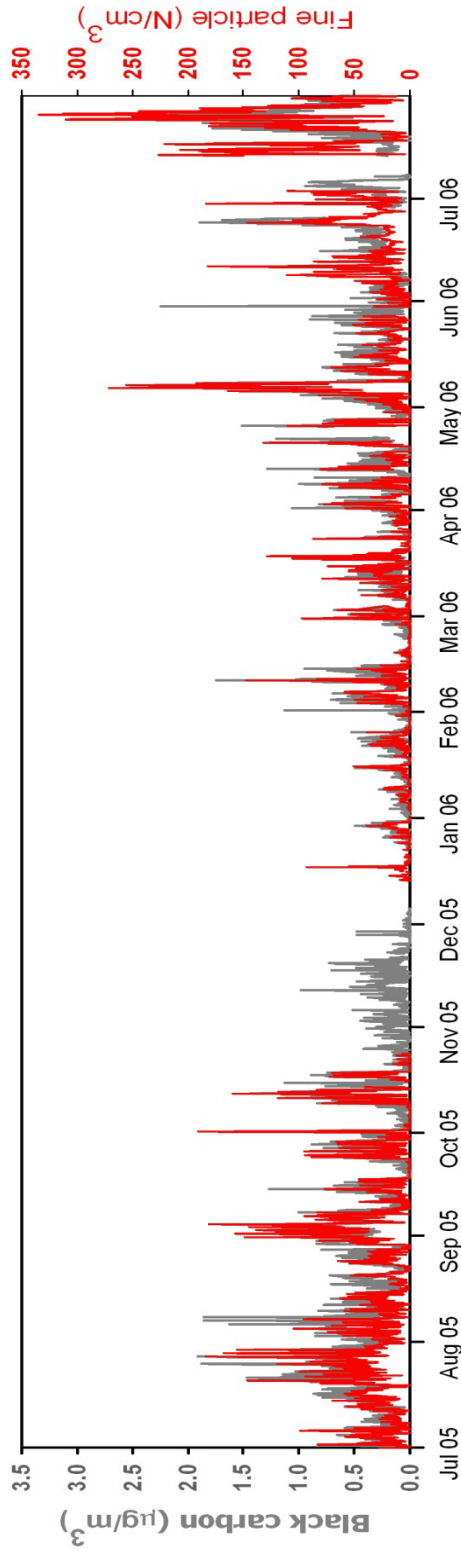
**malattie respiratorie (asma, tosse, bronchiti, ...), malattie cardiovascolari, aumento complessivo della mortalità**

Tali effetti sono sia a breve termine (acuti) sia a lungo termine (cronici). Più il particolato è fine, più penetra in profondità nelle vie respiratorie e quindi, la sua dimensione, oltre alla sua composizione, è uno dei fattori che più ne determinano la pericolosità per la salute umana.



Le **particelle fini (modo accumulazione)** e la frazione carboniosa assorbente del particolato (che viene chiamata black carbon) sono buoni indicatori del grado di inquinamento di una massa d'aria. In particolare il **black carbon** è originato da tutti i processi di combustione ed è abbastanza inerte (viene quindi trasportato con poche modificazioni). Esiste anche la possibilità che nuove particelle ultrafini si formino da vapori di gas inquinanti (processo di nucleazione). Queste tendono poi a crescere in diametro nel tempo.

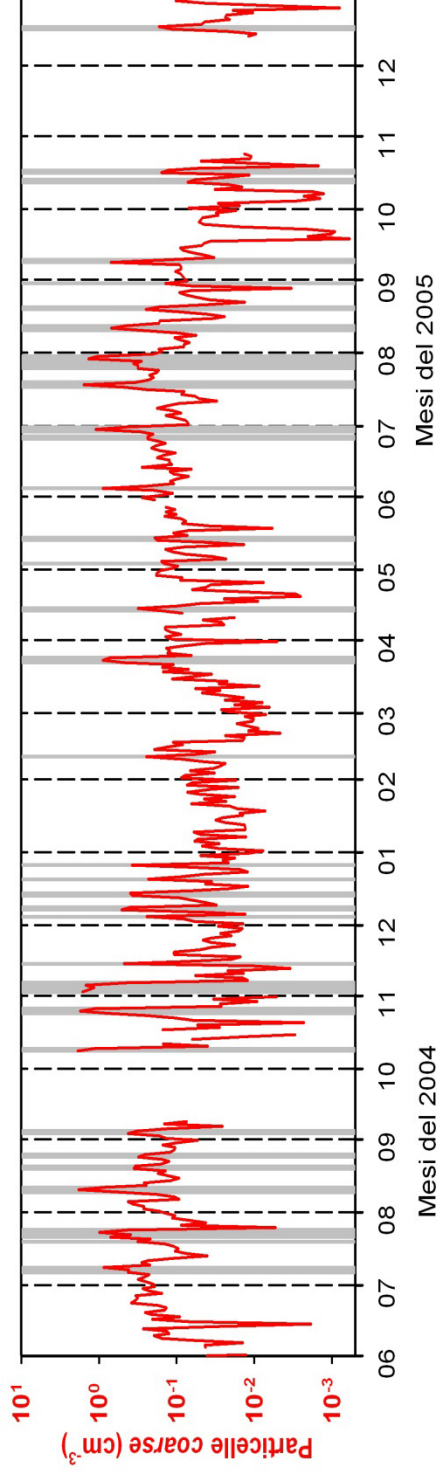
Le particelle fini sono misurate a Mt. Cimone da un contatore ottico (laser) dal 2002, il black carbon dal 2005 con una tecnica che misura l'attenuazione della trasmittanza delle particelle accumulate su un filtro (PSAP-MAAP). Come si vede dall'andamento delle concentrazioni di particelle fini e black carbon (2005-2006) ai valori di fondo si sovrappongono episodi di inquinamento, più frequenti e intensi in estate. La maggior parte di questi eventi sono dovuti al trasporto di masse d'aria inquinata dalla pianura Padana (strato di rimescolamento), altri al trasporto dal centro Italia e dall'Europa continentale.



Concentrazioni di **particelle fini** e **black carbon** per il periodo luglio 2005 – settembre 2006 a Mt. Cimone.

Le **particelle più grandi (coarse)** sono buoni indicatori del trasporto di polveri minerali all'interno di una massa d'aria. In particolare, la sabbia dei deserti può essere sollevata e trasportata in atmosfera per migliaia di chilometri. Oltre all'impatto che l'aerosol minerale ha sul clima, non meno rilevante risulta il contributo ai livelli di inquinamento misurati dalle reti di rilevamento della qualità dell'aria.

Mt. Cimone rappresenta uno dei primi rilievi montuosi incontrati dalle masse d'aria, spesso ricche di **sabbia Sahariana**, che dal Nord Africa si spingono verso l'Europa. Le misure in continuo della distribuzione dimensionale dell'aerosol nel periodo agosto 2002 – giugno 2006, unitamente all'analisi delle traiettorie, hanno permesso di identificare 63 eventi di trasporto di aerosol minerale dal Nord Africa (in media, 22 eventi/anno). In Emilia-Romagna, l'analisi dei dati registrati dalle centraline ARPA di rilevamento della qualità dell'aria ha evidenziato che, in occasione di alcuni degli eventi identificati a Mt. Cimone, sono stati registrati incrementi di PM10 anche al di sopra della soglia consentita dalla normativa vigente.



Concentrazioni di particelle **grossolane (coarse)** per il periodo giugno 2004 – dicembre 2005 a

Mt. Cimone. In grigio gli eventi di trasporto di sabbia dal Sahara.



# Il naso e gli occhi del Cimone per studiare l'INQUINAMENTO

NO<sub>x</sub> (ossidi di azoto, NO ed NO<sub>2</sub>), VOC (composti organici volatili) e particolato atmosferico, sono tra i principali inquinanti. In presenza di NO<sub>x</sub> e VOC, l'intensa radiazione solare favorisce la produzione di O<sub>3</sub> (ozono).

O<sub>3</sub>

L'ozono:

al suolo, è uno tra i più pericolosi inquinanti ed un potente gas serra in troposfera; in stratosfera, assorbendo i dannosi raggi ultravioletti, garantisce la vita sul pianeta Terra.

VOC

NO<sub>x</sub>

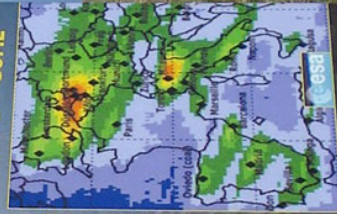
particolato

## Visto da Mt. Cimone:

l'inquinamento spesso rimane confinato sotto i 2000-2500 m di quota (*strato di rimescolamento*) e, osservando la pianura padana da Mt. Cimone, è facile notare questo strato di colore grigio scuro.

A Mt. Cimone, durante l'estate, si registrano circa 19 giorni con elevate concentrazioni di O<sub>3</sub> "antropico" e 13 episodi di intrusione di masse d'aria ricche di O<sub>3</sub> di origine stratosferica.

Visto da satellite:  
ERS 2 - GOME



la macchia giallo-rossastra che copre la pianura padana rivela la elevata concentrazione di NO<sub>2</sub> in troposfera misurata dal satellite.

A Mt. Cimone, misure DOAS rivelano che 37 giorni/anno sono soggetti ad elevati valori di NO<sub>2</sub>.



Agenzia Regionale  
Prevenzione e Ambiente  
dell'Emilia-Romagna



Ufficio  
Generale per la  
Meteorologia



Parco  
Regionale  
del Frignano



Consiglio  
Nazionale delle  
Ricerche



ISAC



7 Il Sentiero  
dell'Atmosfera

## L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Ecco nel dettaglio alcuni degli inquinanti presenti nella "grigia coperta" che sovrasta la Pianura Padana.

### Biossido di Azoto

Gas dall'odore acre, giallo-bruno ed attivo chimicamente. Inquinante secondario/primario con tempi di permanenza in atmosfera da ore a giorni. Ha un ruolo chiave nella formazione fotochimica dell'ozono.

Sorgenti: traffico veicolare, attività industriali, riscaldamento, combustioni ad alte temperature.

### Ozono

Gas dall'odore pungente, molto attivo chimicamente. Inquinante secondario con tempi di permanenza in atmosfera da ore a settimane.

Sorgenti: trasporto dalla stratosfera. In troposfera, principalmente prodotto da reazioni fotochimiche in presenza di suoi precursori ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ , VOC).

### Monossido di Carbonio

Gas incolore, inodore e con bassa reattività chimica. Inquinante primario con tempo di permanenza in atmosfera da 1 a 4 mesi. Ha un ruolo importante nella formazione fotochimica dell'ozono.



L'impatto ambientale di una sostanza dipende dalle sue proprietà chimico-fisiche e dalla quantità che viene emessa in atmosfera



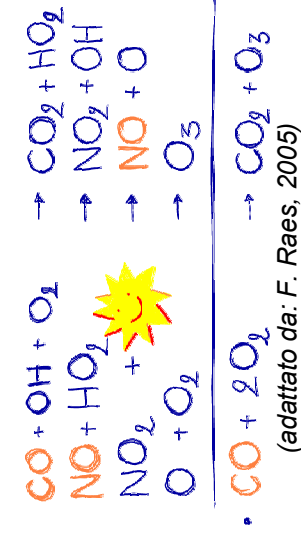
### Benzene

Gas cancerogeno, dall'odore dolciastro. Inquinante primario della famiglia dei VOC (Volatil Organic Compounds, Composti Organici Volatili). Ha un tempo di permanenza in atmosfera di alcuni giorni.

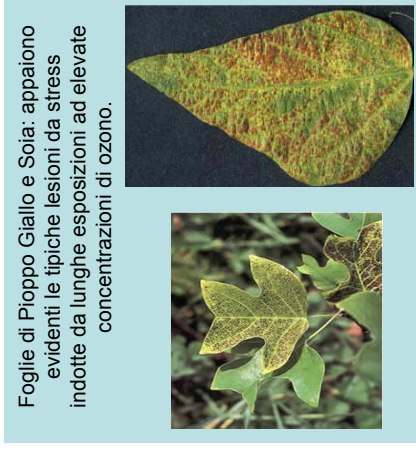
Sorgenti: traffico veicolare ed attività industriali. Presente in elevate concentrazioni nei fumi delle sigarette.

Sorgenti: traffico veicolare, incendi e combustione incompleta di idrocarburi in genere

Gli **inquinanti primari** (es. CO, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, particelle) sono emessi direttamente dalle attività umane. Gli **inquinanti secondari** (es. O<sub>3</sub>, HSO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, particelle) sono il risultato di complesse reazioni chimico-fisiche che coinvolgono alcuni degli inquinanti primari.



**Produzione fotochimica dell'ozono**  
 la molecola di CO (inquinante primario) può reagire con l'ossigeno (O<sub>2</sub>) ed il radicale OH favorendo la produzione di O<sub>3</sub> (inquinante secondario) grazie alla "rottura" della molecola di NO<sub>2</sub> ad opera della radiazione solare

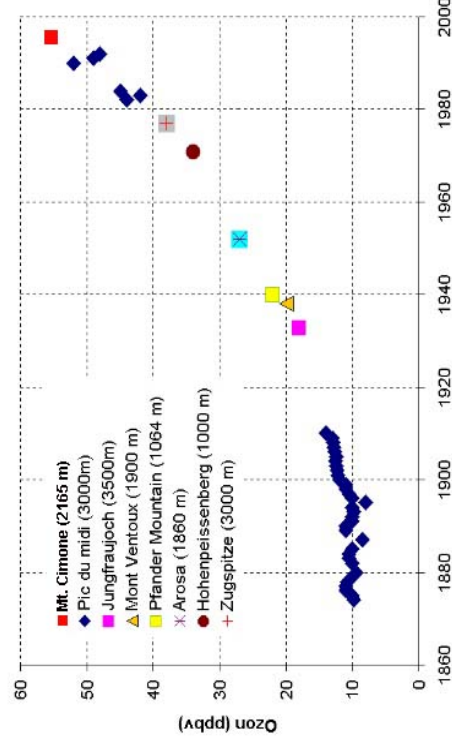


## L'ozono troposferico

Sino a circa 150 anni fa, i livelli di ozono in troposfera erano determinati da **processi naturali**: fulmini e intrusioni di masse d'aria dalla stratosfera.

Rispetto ad allora i livelli di ozono registrati in Stazioni di montagna sono passati da circa 25 a circa 55 ppbv. Questo a causa dei fenomeni di produzione fotochimica legata all'aumento delle **emissioni di precursori** dell'ozono (CO, VOC, NO, NO<sub>2</sub>) dovute alle **attività umane**. Tale fenomeno risulta particolarmente preoccupante per due motivi:

- 1) nella media ed alta **troposfera** l'ozono è un **efficiente gas-serra** (vedi cartello 4);
- 2) alla **superficie** ove noi viviamo, elevate concentrazioni di ozono hanno **ricadute negative sulla salute umana e sugli ecosistemi**.



Livelli medi di ozono troposferico registrati presso varie stazioni montane a partire dal 1870 (adattato da: Valérie Gros, MPI Mainz)



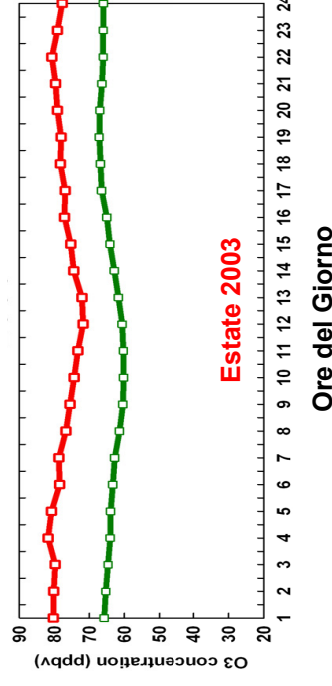
## Quando l'inquinamento arriva in montagna...

Normalmente, rispetto a quanto avviene nelle nostre città, l'aria "respirata" in montagna è estremamente pulita. Tuttavia, soprattutto nei periodi estivi e durante particolari condizioni meteorologiche, l'inquinamento che si forma ed accumula nelle aree pianeggianti (nello **strato di rimescolamento**) può essere trasportato e raggiungere aree di alta montagna.

Quando masse d'arie inquinate giungono a Monte Cimone, nel periodo estivo si registrano incrementi delle concentrazioni di ozono ed altri inquinanti gassosi oltre ad un consistente aumento di materiale particolato.



Durante episodi di inquinamento registrati a Mt. Cimone, i filtri su cui si campiona l'aerosol atmosferico (PM10) assumono una colorazione **bruna** rispetto alla normalità dei filtri, solitamente chiari (non inquinati). Il filtro in alto è stato campionato in "condizioni pulite", quello in basso quando masse d'aria inquinate hanno raggiunto il sito di misura.



A Mt. Cimone, nei giorni di inquinamento registrati durante l'estate, in media la concentrazione di **ozono aumenta di circa il 10%** rispetto a quanto registrato nelle normali **condizioni di fondo**.

Il **Telerilevamento**, in inglese **Remote Sensing**, è utilizzato per studiare anche la composizione dell'atmosfera e permette di ricavare informazioni qualitative e quantitative mediante misure di radiazione elettromagnetica, emessa, riflessa, trasmessa o assorbita dai composti atmosferici (gas o aerosol) che si intende studiare.

Gli strumenti per il telerilevamento possono operare con base al suolo o essere installati su satelliti. Gli spettrometri alloggiati sui satelliti registrano l'intensità di luce che viene assorbita dalle molecole dei composti presenti in atmosfera. Il **GOME** (*Global Ozone Monitoring Experiment*) è uno **spettrometro** che misura la radiazione nel campo spettrale UV-IR.

## DOAS

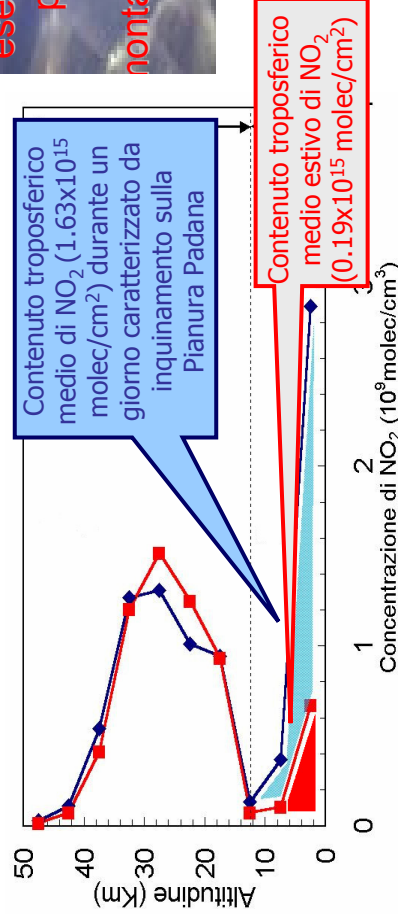
**Spettroscopia ad assorbimento ottico differenziale:** è una tecnica che sfrutta l'assorbimento da parte dei composti atmosferici della

Differential Optical Absorption Spectroscopy

luce emessa da una sorgente naturale (ad esempio il sole) o artificiale (una lampada) per rilevarne la concentrazione dei gas.

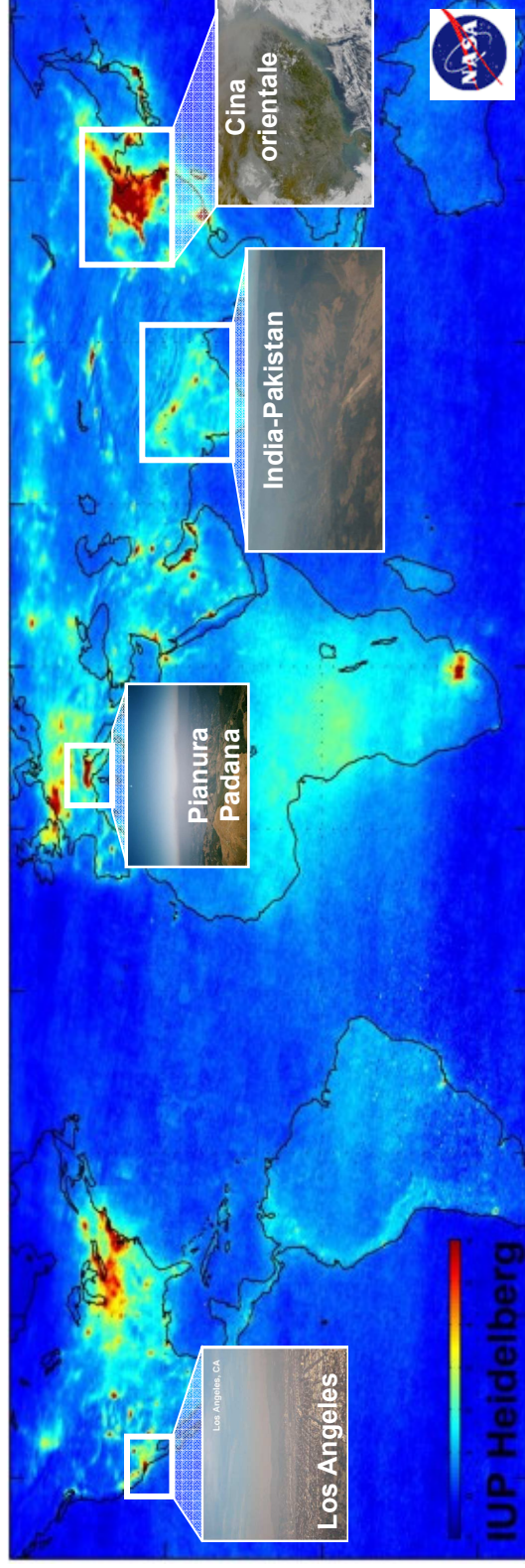
Spesso queste misure eseguite in alta montagna sono utilizzate anche per validare i dati forniti dai satelliti.

Mt. Cimone – Misure DOAS



Dal 1993 è in funzione a Mt. Cimone un sistema DOAS che esegue misure di NO<sub>2</sub> ed O<sub>3</sub> permettendo di definire il suo contenuto troposferico e stratosferico.

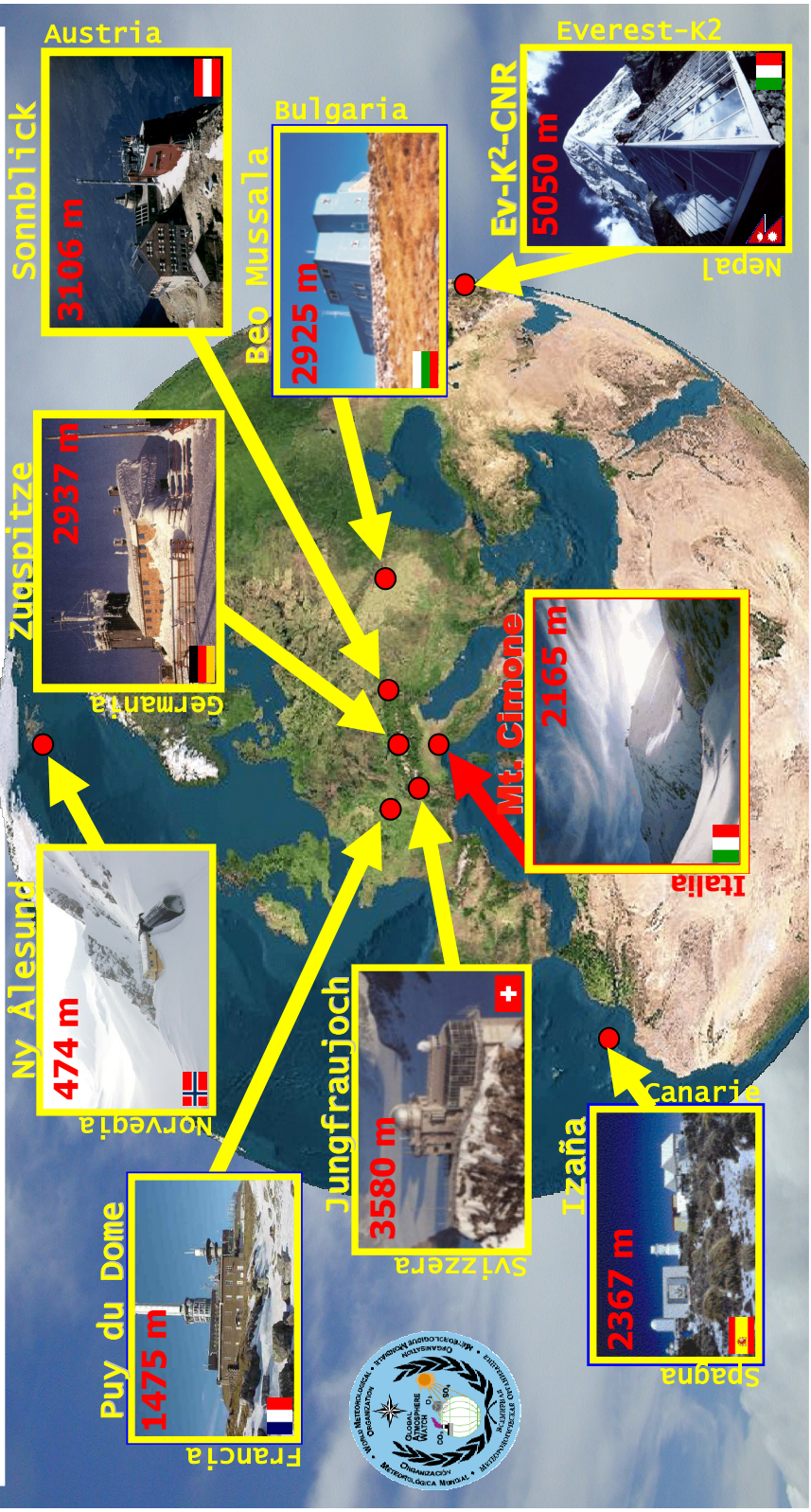
Il sensore GOME, posto sul satellite europeo ERS-2, permette di misurare la concentrazione di NO<sub>2</sub>, uno dei principali inquinanti antropici presente in troposfera, evidenziando le aree del Pianeta maggiormente inquinate (definite come “**hot spots**”, punti caldi).



L'inquinamento è ormai un male che accomuna la maggior parte delle aree del nostro Pianeta. Questo è testimoniato dall'esistenza di vaste regioni inquinate caratterizzate da dense **Atmospheric Brown Clouds - Nubi Atmosferiche Brune** così dette per la colorazione dovuta alla presenza di elevate quantità di aerosol e gas inquinanti antropogenici.

Queste nubi di inquinanti possono poi influenzare la qualità dell'aria in zone molto distanti dal luogo ove esse si formano, viaggiando per migliaia di chilometri: si parla allora di **Inquinamento transfrontaliero o intercontinentale**.

**Le stazioni di ricerca poste in quota forniscono *occhi* e *naso* ideali per lo studio dell'inquinamento e dei mutamenti dell'atmosfera**



**Il Sentiero dell'Atmosfera**

Consiglio Nazionale delle Ricerche ISAC

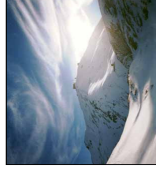
Parco Regionale del Frignano

Ufficio Generale per la Meteorologia

Agencia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia-Romagna

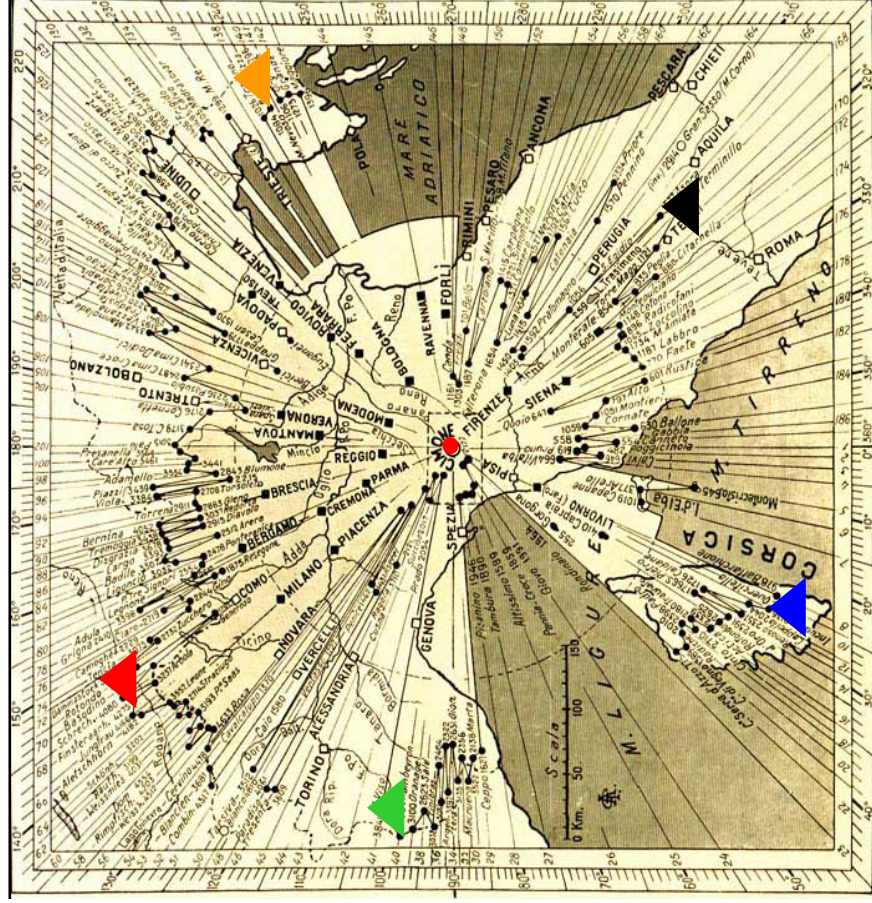


**Mt. Cimone gode di un orizzonte completamente libero. pianura padana che si estende dalle Alpi al Mare, sino ai**



**E' un occhio sulla punti estremi:**

- **a ovest il Monviso**
- **a nord le Alpi Bernesi**
- **a est il Mt. Nevoso in Istria**
- **a sud il Terminillo**
- **a sud il Mt. Quercitella in Corsica**



*Carta del grande orizzonte (A. Galassini, C.A.I. Modena, 1936)*

Misure atmosferiche eseguite in aree montane, considerate rappresentative di vaste aree geografiche, forniscono informazioni circa le **variazioni su breve e lungo termine** delle concentrazioni dei **gas clima-alteranti** e degli aerosol atmosferici. Permettono di valutare l'incidenza di **eventi estremi di inquinamento** quando gli inquinanti, spesso confinati al suolo nello strato di rimescolamento, vengono trasportati in quota.

**Ai piedi dell'EVEREST in Himalaya** vicino alla Piramide

Ev-K2-CNR, a quota 5079 m nel 2006 è nato un

**laboratorio** che rappresenta un punto di forza per il monitoraggio della grande nube di inquinanti chiamata

**Asian Brown Cloud** e dell'atmosfera che per parte dell'anno ricopre questa parte del continente asiatico.

Messo a punto al CNR-ISAC di Bologna in collaborazione con il CNRS nell'ambito del progetto

**SHARE**

**STATIONS AT HIGH ALTITUDE  
FOR RESEARCH ON THE ENVIRONMENT**

a cui partecipa anche l'Università di Urbino, questa Stazione di Ricerca è parte dei progetti ABC-UNEP, GAW-WMO, AERONET-NASA CEOP-HE



**Lat.N 27°57' Lon.E 86°48'**

**Altezza 5079 m slm**

**<http://evk2.isac.cnr.it>**

**E' in atmosfera**

che le orme

degli uomini compaiono prima  
e più chiaramente che altrove:

cattiva qualità dell'aria nelle  
città, buco dell'ozono grande  
quanto un continente,  
influenza crescente dei gas ad  
effetto serra ...

**c'è una sola atmosfera,  
non facciamola morire!**

**Monte Cimone**



**Il Sentiero  
della  
Atmosfera**



Consiglio Nazionale delle Ricerche



Parco Regionale del Friggiano



Ufficio per la Gestione Meteorologica



Agencia Regionale Protezione e Monitoraggio dell'Atmosfera





## I cambiamenti dello stile di vita possono ...

- I **cambiamenti dello stile di vita e dei tipi di comportamento** possono contribuire alla mitigazione dei cambiamenti climatici in tutti i settori. Anche le pratiche di gestione possono avere un ruolo positivo.
- I **cambiamenti nello stile di vita** possono ridurre le emissioni di **GHG**. I cambiamenti negli stili di vita e nei tipi di consumo che puntano sulla conservazione delle risorse possono contribuire allo sviluppo di un'economia a basse emissioni di carbonio che sia equa e sostenibile [4.1, 6.7].
- I **programmi di educazione e formazione** possono aiutare a superare le barriere del mercato all'accettazione dell'efficienza energetica, soprattutto se associate ad altre misure.
- I **cambiamenti del comportamento, delle tipologie culturali e delle scelte dei consumatori e l'uso di tecnologie** possono produrre considerevoli riduzioni delle emissioni di CO<sub>2</sub> relativamente all'energia usata negli edifici [6.7].



### GHG = Greenhouse Gases = Gas ad Effetto Serra

- La gestione della domanda di trasporto, che include la pianificazione urbanistica (che può ridurre la domanda di trasporto), la divulgazione di informazioni e di tecniche di educazione (che può ridurre l'utilizzo di autoveicoli e portare ad un efficiente stile di guida) può aiutare la mitigazione di GHG [5.1].
- Nell'industria, gli strumenti di gestione che includono la formazione dello staff, i sistemi incentivanti, i *feedback* regolari, la documentazione delle pratiche esistenti, possono aiutare a superare le barriere dell'organizzazione industriale, a ridurre l'uso di energia e le emissioni di GHG [7.3].



## **World Environment Day Not just another day!**

**World Environment Day**, commemorated each year on 5 June, is about you and me. It is one of the principal vehicles through which the United Nations stimulates world wide awareness of the environment and enhances political attention and action. **World Environment Day** is also a multi-media event which Inspires thousands of journalists to write and report enthusiastically and critically on the environment.

UNEP - Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente

### **Giornata Mondiale dell'Ambiente: non solo una giornata in più!**

La **Giornata Mondiale dell'Ambiente**, celebrata ogni anno il 5 giugno, riguarda te e me. È uno dei veicoli principali attraverso cui l'Organizzazione delle Nazioni Unite stimola a livello globale la consapevolezza verso l'ambiente accrescendo l'attenzione e l'azione politica. La **Giornata Mondiale dell'Ambiente** è anche un evento multimediale che ispira e stimola migliaia di giornalisti per scrivere e riferire con entusiasmo ed in modo critico sull'ambiente.

**Dal 1974 l'UNEP celebra la GIORNATA MONDIALE DELL'AMBIENTE**

World Environment Day 5 June 2001

**connect**  
with the World Wide Web of Life

United Nations Environment Programme  
**www.unep.org**

World Environment Day • 5 June 2003  
*Water - Two Billion People are Dying for It!*

United Nations Environment Programme

United Nations Environment Programme  
UNEP

GREEN CITIES  
PLAN FOR THE PLANET!

WORLD ENVIRONMENT DAY  
5 JUNE 2005

Chinese English Français Español Русский  
عربي

United Nations Environment Programme World Environment Day

Information National General Information Around the World Previous Themes Home Contact us Host Countries

World Environment Day 5 June  
*Give earth a chance*

United Nations Environment Programme

2000  
The Environment Millennium  
Time to Act  
World Environment Day 5 June

Chinese Español Français Русский

WORLD ENVIRONMENT DAY • 5 June 2006

DESERTS AND DESERTIFICATION

About WED 2006  
Information Material  
Around the World  
Register your Activity  
Photo Gallery  
Related Links  
Previous Themes  
Host Countries Clubs  
Contact Us  
Deserts and Desertification  
Flash Web animation

**DON'T DESERT DRYLANDS!**

WORLD ENVIRONMENT DAY - 5 JUNE 2004

**WANTED!**  
SEAS AND OCEANS  
DEAD OR ALIVE?

UNEP

WORLD ENVIRONMENT DAY 5 JUNE 2004

World Environment Day  
5 June 2007

MELTING ICE - A HOT TOPIC?

World Environment Day  
5 June 2008

**KICK 2 HABIT**  
TOWARDS A LOW CARBON ECONOMY

UNEP  
WORLD ENVIRONMENT DAY  
5 JUNE 2008

My name is Simone, this  
I cover as a football  
player, helps me from one  
continent to the other  
and I spend a lot of  
time in planes. I realize  
that I am producing a  
lot of greenhouse gases  
and I call on  
all frequent flyers, like  
myself, to reduce their  
emissions. Let's work  
together for a low  
carbon economy.

41

# Monte Cimone GAW Station

La **Stazione di**

**Mt. Cimone** è composta dall'Osservatorio meteorologico dell'**Ufficio**

**Generale per la Meteorologia**

dell'Aeronautica Militare e

dal Laboratorio "Ottavio Vittori" del

**Consiglio Nazionale delle Ricerche,**

ospitato nelle strutture dell'UGM-AM.

2165 m s.l.m.

Lat. 44°11' Nord

Lon. 10°42' Est

**Enti che collaborano**

**nell'attività di ricerca**

Ufficio Generale per la Meteorologia

Aeronautica Militare, Consiglio

Nazionale delle Ricerche, Facoltà

Scienze Ambientali Università di

Urbino, Joint Research Centre Ispra,

Laboratorio di Radiochimica Ambientale e

Dipartimento di Fisica Università

di Bologna, Istituto Nazionale di

Fisica Nucleare, ARPA Emilia

Romagna, Istituto Nazionale

per la Ricerca sulla Montagna.



## Global Atmospheric Watch

È un programma della

**Organizzazione Meteorologica**

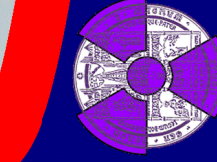
**Mondiale** per valutare lo "stato di salute"

dell'atmosfera e per supportare corrette politiche ambientali.

Al GAW aderiscono **70** Nazioni con **22** stazioni

globali e oltre **300** stazioni

regionali.



## Tra storia e scienza

- 1569 – Prima storica salita documentata dal conte Guidinello Montecuccoli, feudatario dei luoghi.
- 1655 – Primo studio scientifico a Mt. Cimone di tipo geodetico: i padri gesuiti Riccioli e Grimaldi raggiungono la vetta per determinarne l'altezza che venne stabilita in 1154 e  $\frac{1}{4}$  passi bolognesi, corrispondenti a 2197 m.
- 1671 – La prima applicazione scientifica vede l'utilizzo da parte dello scienziato Geminiano Montanari di un barometro come altimetro: per la prima volta in Italia si impiega un barometro per misurare l'altezza di un monte, Mt. Cimone, ripetendo l'esperimento di Pascal sul Puy de Dome del 1648.
- 1726 - Sale la vetta Francesco III, duca di Modena che lascia inciso il ricordo nell'arenaria, ancora visibile.
- 1816 – Giuseppe Carandini, comandante del Genio Militare di Modena, guida la costruzione di una piccola ma robusta Piramide in grado di accogliere 3 persone. Ospita studiosi e scienziati fino al 1828 per eseguire rilevamenti geografici e topografici, tra cui una nuova mappa del Ducato di Modena.
- 1817 – Brioschi, direttore dell'Osservatorio di Napoli, esegue alcuni studi a Mt. Cimone che gli permettono di affermare che il Mare Tirreno ed il mare Adriatico sono allo stesso livello.
- 1823 – La piccola Piramide posta sulla vetta permette al padre Giovanni Inghirami, grande cartografo, di eseguire studi sul Gran Ducato di Toscana.
- 1875 – Il marchese Federico Carandini pubblica la prima guida su Mt. Cimone: "*Una salita al Cimone*".
- 1888 – Viene costruita sulla vetta una torre ottagonale, dedicata a Geminiano Montanari, grazie all'avvocato Francesco Parenti e all'astronomo Pietro Tacchini, direttore dell'Osservatorio Centrale di Meteorologia di Roma. Sono eseguiti studi sulle scariche elettriche, sui fulmini e sul sole.
- 1904 – Su progetto dell'Ing. Alfredo Galassini viene costruita sulla cima la chiesetta dedicata alla "Madonna della neve" a ricordo della prodigiosa nevicata estiva del 5 agosto 352 sul colle romano dell'Esquilino, ove poi sorgerà la basilica di Santa Maria Maggiore.

## 1881 – La Torre Osservatorio

Nel **1881** si posò la prima pietra della **Torre Osservatorio** (terminata nel 1888): era alta 14 m e con un perimetro esagonale di 38,40 m. Venne intitolata al fisico modenese **Geminiano Montanari**. La frequentazione di scienziati contribuì a favorire lo svolgimento di ricerche sull'atmosfera. Nella torre funzionarono un **termoigrografo** (strumento in grado di registrare temperatura ed umidità relativa dell'aria) e un **eliofanografo** (per la misura della durata giornaliera della luce solare). La torre iniziò il suo declino dal 1922 e fu lasciata cadere durante la seconda guerra mondiale.



## L'Osservatorio dell'Aeronautica Militare

Le moderne **osservazioni meteorologiche** sul Cimone iniziano nel **1937** quando l'**Aeronautica Militare** costruì la prima installazione per le telecomunicazioni e le osservazioni meteo. Queste attività, abbandonate durante la II guerra mondiale, ripresero nel **1946** e da allora proseguono fino ai nostri giorni. Nel **1954** Ottavio Vittori, uno dei fondatori della fisica dell'atmosfera in Italia, diviene comandante dell'Osservatorio Meteo; iniziano gli studi sulla formazione della grandine e successivamente quelli sulla nebbia. Nel 1979 prendono l'avvio le misure di CO<sub>2</sub> che costituiscono la più lunga serie in Europa.



## Il Rifugio C.A.I. “Gino Romualdi” e la Stazione CNR “Ottavio Vittori”

Costruito su progetto dell'ing. Giorgi, il Rifugio inaugurato il

**25 Giugno  
1939**

venne dedicato alla memoria del tenente **Gino Romualdi**, caduto nella prima guerra mondiale.

L'attività del Rifugio durò fino allo scoppio della guerra, per poi riprendere nel dopoguerra fino al **1950**, quando il rifugio C.A.I. fu annesso alle strutture militari.



Il Rifugio viene costruito al posto delle esistenti capanne -ricovero del Cimone, di cui ancor oggi sono visibili gli appoggi di sostegno ai legni.



Nel **1981** l'Aeronautica Militare ed il **Consiglio Nazionale delle Ricerche** stipularono una convenzione per l'utilizzo a scopi scientifici dell'ex-rifugio C.A.I. da parte del CNR. Nel **1998** la nuova stazione di ricerca scientifica del CNR viene intitolata ad **Ottavio Vittori**, primo Direttore dell'Istituto FISBAT-CNR di Bologna (ora ISAC-CNR) e già Comandante AM di Mt. Cimone.



Pagina 12

- 13 “Ghiacciaio dei Forni” Immagine storica tratta da [www.speleoesial.it](http://www.speleoesial.it)
- 13 Immagine da satellite tratta da: NASA Earth Observatory <http://earthobservatory.nasa.gov>
- 19 Hansen, J. et al. 2005: Efficacy of climate forcings. J. Geophys. Res., doi:10.1029/2005JD005776.
- 24 Immagini da: Ramanathan et al. “Atmospheric brown clouds: Hemispherical and regional variations in long-range transport, absorption, and radiative forcing”, J. Geophys. Res., 112, 2007. MODIS Rapid Response Project NASA/GSFC (<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/photo>)
- 30 Disegni da F. Raes “L’Aria”. Report EUR 21746IT (2005). Grafico da Accent, <http://www.accent-network.org/>, modificato da ISAC-CNR. Immagini tratte dal sito web U.S. National Park Service ([http://www.nps.gov/en/naturescience/gaseous\\_pollutants.htm](http://www.nps.gov/en/naturescience/gaseous_pollutants.htm)) e dal “Quaderno della Ricerca N. 24: Danni da ozono troposferico sulle culture erbacee intensive”, Regione Lombardia.
- 32 Immagine European Space Agency, <http://www.esa.int/>
- 33 Immagine “tropospheric NO<sub>2</sub>” - Università di Heidelberg adattata da ISAC-CNR con immagini tratte da Ramanathan et al., 2007 (vedi ref. pag.24) e MODIS Rapid Response Project at NASA/GSFC. (<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/photo>).
- 37 Immagine da Comitato Ev-K<sup>2</sup>-CNR, Bergamo: La Piramide Ev-K<sup>2</sup>-CNR.
- 40-41 Immagini da UNEP: Giornate Mondiali dell’Ambiente. <http://www.unep.org/wed/2008/english/>
- 44-45 Immagini storiche da C.Balboni, E.Balboni, L. Gherardi: “2000 anni di un 2000 il monte Cimone”, Cooperativa E’Scamadul, Sestola, 1989.

Tutte le altre immagini, foto e grafici sono ISAC-CNR.

## BIBLIOGRAFIA LINK CREDITS

IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC Climate Change 2007 Mitigation dei Cambiamenti Climatici Parte del contributo del Gruppo di Lavoro III al Quarto Rapporto di Valutazione del Comitato Intergovernativo per i Cambiamenti Climatici





Nota legale: Né il CNR, né il Parco del Frignano, né alcuno che agisce per conto di questi è responsabile dell'uso che si potrà fare di tale pubblicazione, il cui contenuto non riflette necessariamente la visione ufficiale del CNR e del Parco. Le figure possono essere riprodotte esclusivamente a scopo didattico. La pubblicazione può essere scaricata dal sito: [www.sentieratomosfera.it](http://www.sentieratomosfera.it)

## Il percorso: note tecniche

- il percorso si snoda su sentieri CAI
- **Inizio:** Pian Cavallaro (1878 m)
- **dislivello:** 287 m (Pian Cavallaro - M. Cimone)
- **tempo di percorrenza:** 2 ore
- **difficoltà:** **Impegnativo** per il dislivello e l'altitudine, le condizioni meteo possono essere estremamente rapidi
- **periodo consigliato:** **primavera, estate e autunno**
- **fonti:** **Rifugio Ninfa e Fontana Bedini**
- **punti di ristoro:** **Sestola, Pian del Falco, Lago della Ninfa**

## Il percorso: come raggiungerlo

Raggiunto Sestola (da Bologna, Modena o Firenze) seguire le indicazioni per Pian del Falco - Passo del Lupo - Lago della Ninfa. Arrivati al bivio Lago della Ninfa / Passo del Lupo due sono le alternative:

- **1)** raggiungere il Parcheggio del Lago della Ninfa e salire a Pian Cavallaro lungo la strada militare di servizio dell'Aeronautica Militare chiusa da una sbarra (5 km), oppure seguire il sentiero n. 13 del Comune di Sestola e da Fontana Bedini il sentiero CAI 441, che parte dal Rifugio Ninfa
- **2)** andare a Passo del Lupo e imboccare il sentiero CAI 449. In estate è in funzione la funivia (Info: IAT Sestola tel. 0536.62324)

## Il Sentiero dell'Atmosfera

**Parco del Frignano: Tel. 0536-72134 Fax. 0536-71394**

**e-mail: [info@sentierootmosfera.it](mailto:info@sentierootmosfera.it)**

**[www.sentierootmosfera.it](http://www.sentierootmosfera.it)**

Per conoscere i segreti dell'Atmosfera e del Clima che cambia e le misure eseguite sulla vetta di Mt. Cimone una piccola guida che aiuta a percorrere il **Sentiero dell'Atmosfera** un itinerario didattico-ambientale che si snoda sulle pendici del monte più alto dell'Appennino settentrionale



Parco  
del  
Frignano




Consiglio  
Nazionale  
delle  
Ricerche  
ISAC

Monte Cimone



## Il Sentiero dell'Atmosfera

Consiglio Nazionale delle Ricerche,  *Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, Bologna*  
**Paolo Bonasoni, Paolo Cristofanelli e Angela Marinoni**

hanno collaborato:  
**Francescopiero Calzolari, Rocco Duchi, Sandro Fuzzi,  
Fabrizio Roccato, Leonardo Bartoli<sup>^</sup> e Claudia Piacentini<sup>^</sup>**

*Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, Bologna*  
<sup>^</sup> *Parco del Frignano, Pievepelago (Mo)*



Stations at High Altitude for  
**SHARE**  
Research on the Environment

