

LAUREA MAGISTRALE IN FISICA



Curriculum in

FISICA DEL SISTEMA METEOCLIMATICO

Docenti del Dipartimento:

Enrico Arnone
Claudio Cassardo ()*
Silvia Ferrarese
Massimiliano Manfrin
Miguel Onorato
Marina Serio
Carla Taricco ()*

Docenti esterni:

Roberto Cremonini (ARPA)
Enrico Ferrero (Un. Piem. Or.)
Silvia Trini Castelli (ISAC-CNR)

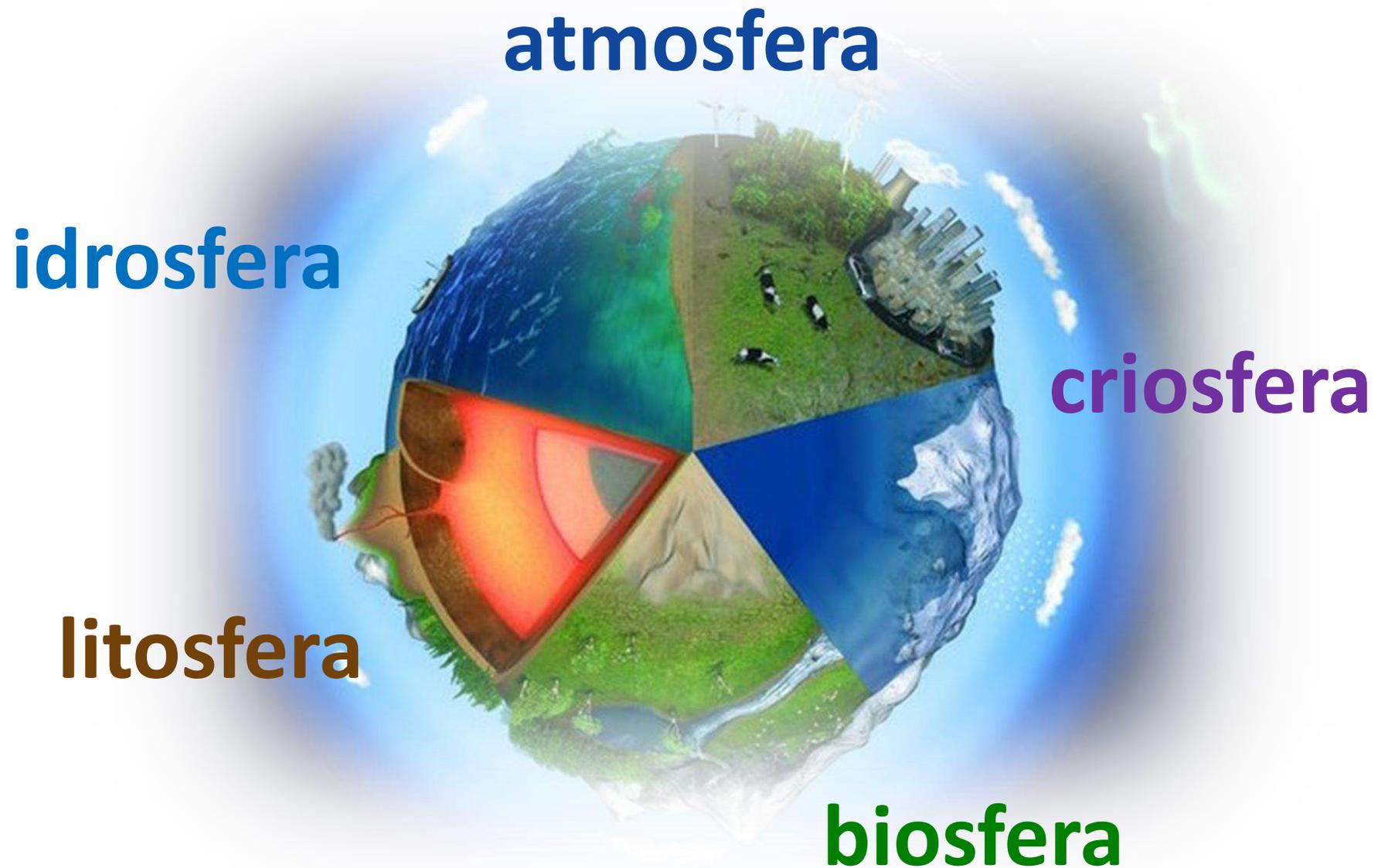
(*) Coordinatori del Curriculum

Fisica del sistema meteoclimatico



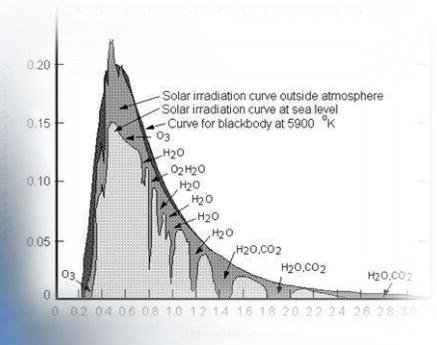
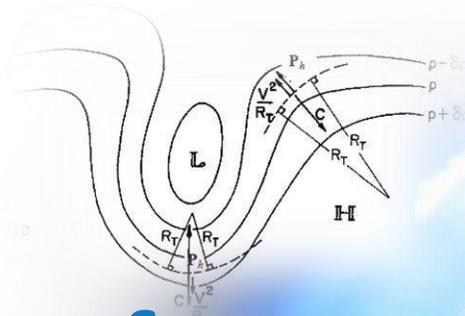
ESA

Fisica del sistema meteoclimatico



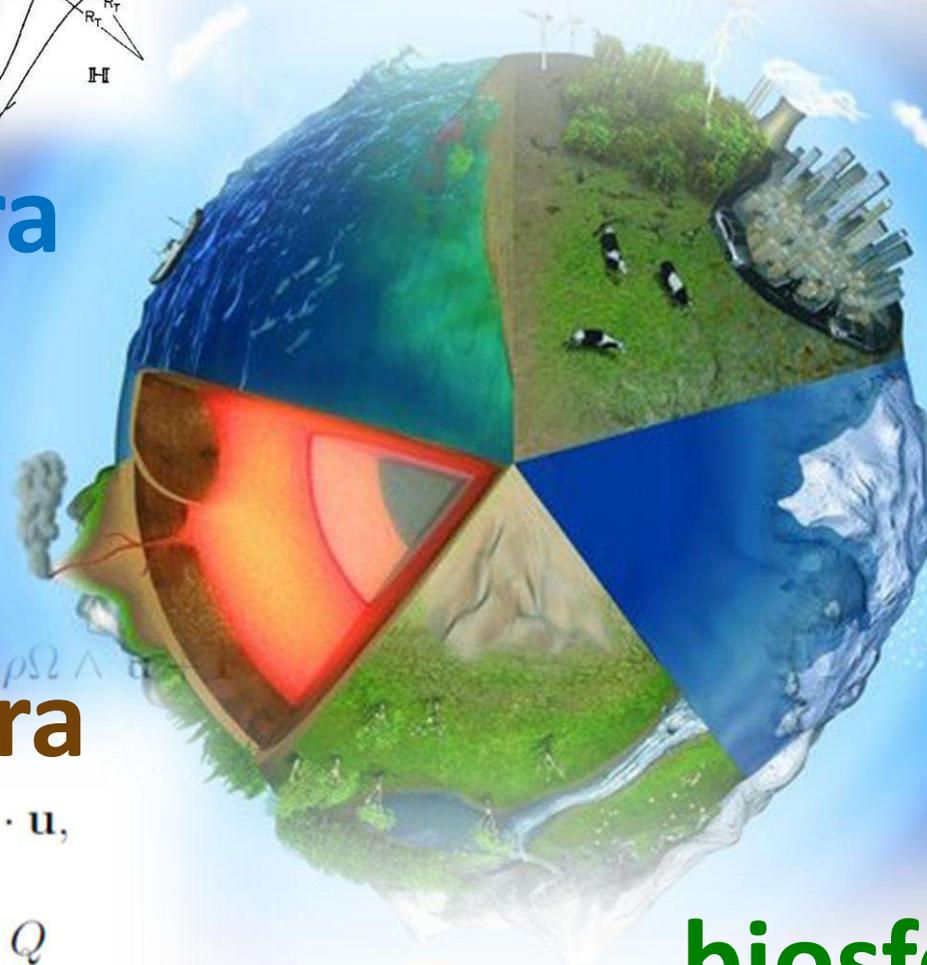
Fisica del sistema meteoclimatico

atmosfera



idrosfera

criosfera



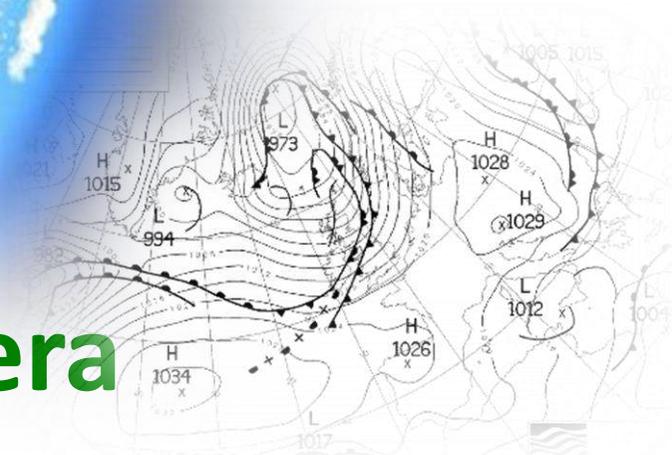
$$\frac{Du}{Dt} = -\nabla p + \rho g - \rho \Omega \wedge u$$

litosfera

$$\frac{D\rho}{Dt} = -\rho \nabla \cdot u,$$

$$c_p \frac{D}{Dt} \ln \theta = \frac{Q}{T},$$

biosfera



Corsi e docenti



Fisica dell'Atmosfera

Basi fisico-matematiche che regolano il comportamento dell'atmosfera terrestre: fenomeni legati alla stabilità (anche dal punto di vista dell'inquinamento), trasformazioni termodinamiche, grandezze igrometriche e dinamica dei fluidi.



C. Cassardo

Meteorologia

Conoscenza e comprensione dei meccanismi fisici e meteorologici che regolano la dinamica e la termodinamica dei fenomeni atmosferici relativi al tempo attuale e passato.



R. Cremonini

Processi atmosferici e inquinamento

Conoscenza dei principali processi fisici che influenzano l'ambiente: Radiazione solare e terrestre, Scambi di calore e vapor acqueo alla superficie, Cicli degli inquinanti in atmosfera e processi dispersivi: misure e modelli.



S. Trini Castelli

Laboratorio di Geofisica Computazionale

Risoluzione numerica di problemi nel campo della geofisica, fisica ambientale e meteorologia. Progettazione e realizzazione di programmi in linguaggio Fortran.



M. Manfrin



C. Taricco

Fisica del Clima

Basi per la comprensione del clima terrestre e della sua variabilità. Forcing naturali ed antropogenici, meccanismi di feedback. Gli archivi terrestri e l'approccio sperimentale alla conoscenza del clima nel passato. Introduzione ai modelli climatici.

Trattamento dei Segnali (geofisici)

Metodi per l'elaborazione e l'analisi di dati monodimensionali, usati in Geofisica e in altri settori (filtraggi numerici, analisi spettrale con metodi di Fourier e parametrici, wavelets). Comprende esercitazioni con MATLAB.



E. Ferrero

Laboratorio di Fisica Ambientale

Misure fluidodinamiche in laboratorio idraulico rotante tramite strumenti basati sull'analisi delle immagini e con strumentazione tradizionale.



M. Onorato

Onde Nonlineari e Turbolenza

Conoscenze di base degli effetti della nonlinearietà e della turbolenza. Conoscenze delle equazioni integrabili della fisica nonlineare e della dinamica solitonica.



M. Serio

Complementi di Fisica Generale

Conoscenze di base dei meccanismi di trasporto di energia e quantità di moto in un fluido. Fenomeni superficiali
Tecnologie del vuoto e dei raggi X

Corsi del curriculum in Fisica del sistema meteoclimatico

Referenti del curriculum: C. Cassardo, C. Taricco



Corsi obbligatori

Complementi di Fisica Generale

Complementi di Metodi Matematici per la Fisica
(se non acquisito nella LT)

Fisica dell'Atmosfera

Corsi a scelta

<u>1 corso tra</u>	<u>2 corsi tra</u>	<u>1 corso tra</u>
Complementi di Meccanica Quantistica	Meccanica Statistica	Laboratorio di Fisica Ambientale
Reti Neurali	Onde Nonlineari e Turbolenza	Laboratorio di Geofisica Computazionale
Complementi di Struttura della Materia	Fisica della Materia allo Stato Fluidico e di Plasma	
Relatività Generale		

Corsi a scelta

2 corsi tra

Meteorologia

Processi atmosferici e inquinamento

Fisica del Clima

Trattamento dei Segnali (Geofisici)

Fisica del sistema meteoclimatico a Torino

PRECIPITAZIONI

Temporali

NUBI

Idrologia

Turbolenza

Dispersione

PaleoClima

interazioni

atmosfera-biosfera

stratosfera

Circolazione atmosferica

Inquinamento

METEORITI

attività solare

ESTREMI CLIMATICI

ONDE

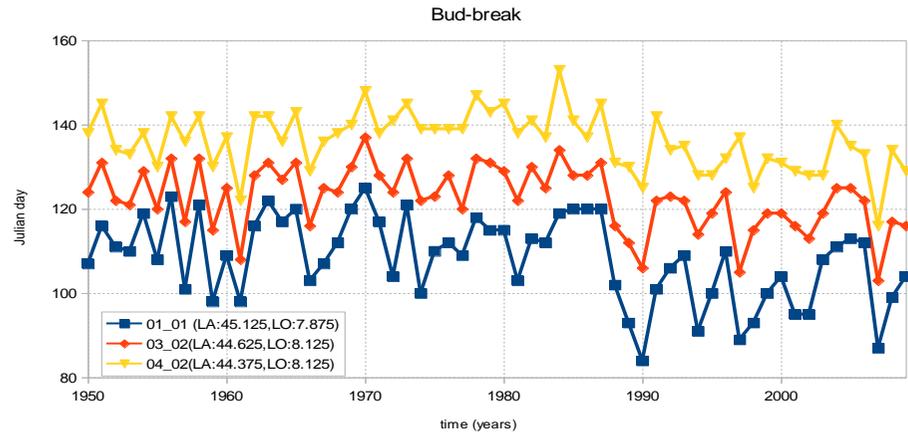
Micrometeorologia
Microclima

misure e previsioni

METEOROLOGICHE

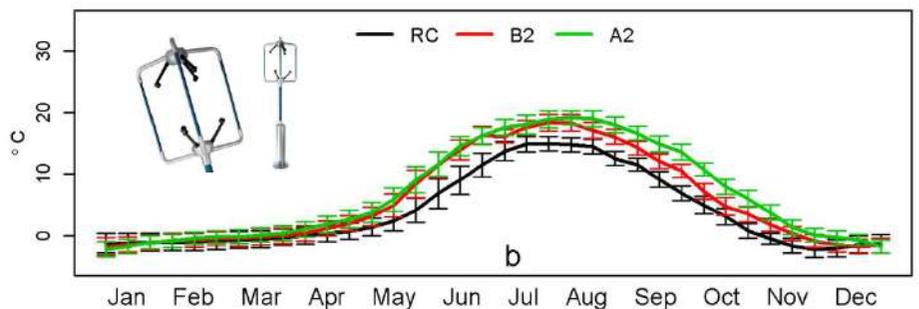
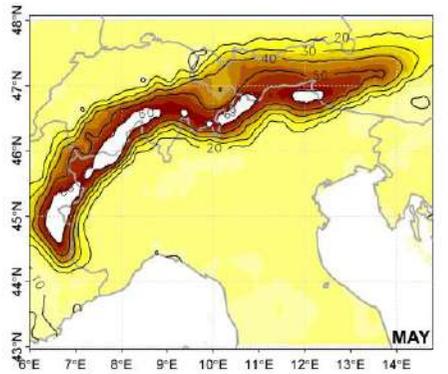
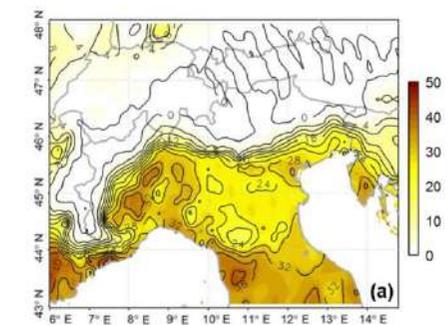
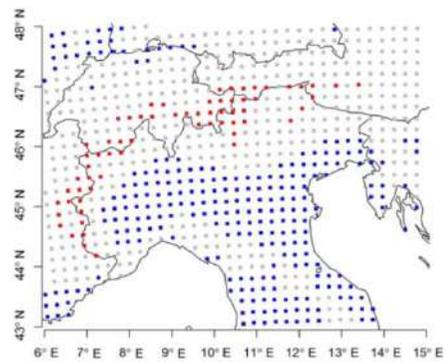
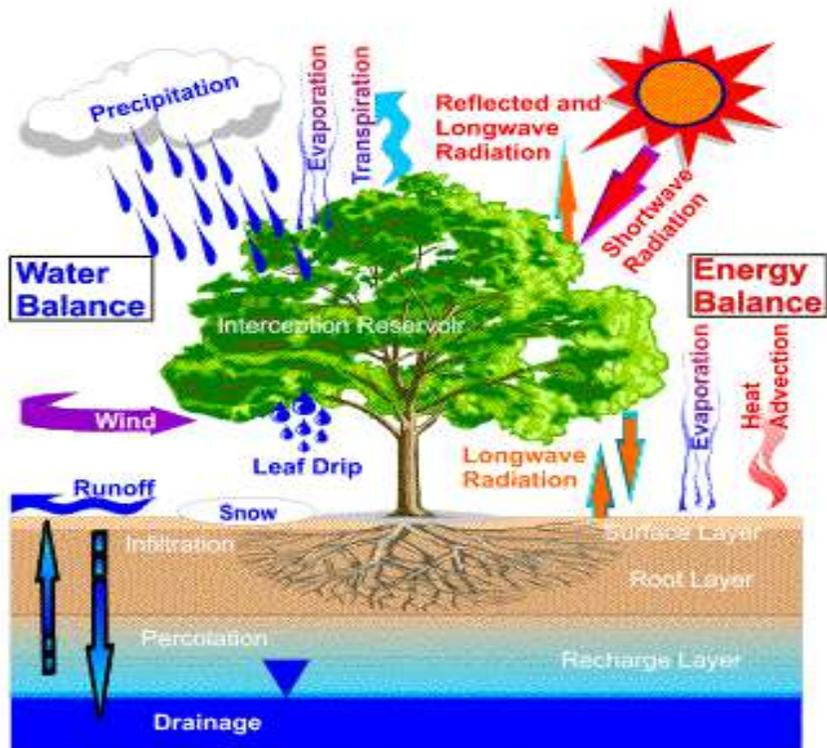


Micrometeorologia/microclima



- Studio dei processi fisici a scala locale
- Interazione con la vegetazione
- Influenza sulla fisiologia delle piante
- Influenza del clima a scala locale
- Fasi fenologiche (fioritura, maturazione)
- Misure in campo con sensori adatti all'interazione con le piante
- Modellistica di sviluppo della vegetazione (IVINE: Italian Vineyard Integrated Numerical model for Estimating physiological values)
- Al momento: vigne, tartufige. Prospettive anche per altre coltivazioni

Interazioni atmosfera-biosfera



- Misure di parametri meteorologici nello strato limite turbolento
- Stima del bilancio energetico (flussi di calore), idrologico (flussi di acqua) e del carbonio mediante misure e modelli
- Modellizzazione degli scambi di calore, vapore acqueo, carbonio tra atmosfera, biosfera e suolo (UTOPIA - University of Torino land Process Interaction model in Atmosphere)
- Climatologia dei parametri fisici sopra menzionati su determinate aree

Misure e previsioni meteorologiche



Stazione Meteorologica di Fisica dell'Atmosfera
 Dipartimento di Fisica - Università degli Studi di Torino
 Via Pietro Giuria, 1 - Torino
 (Lat: 45°03'07.15"Nord , Long: 007°40'53.30"Est , Alt: 264 m s.l.m.)

meteo dati radioattività modello WRF link contatti

tutti i dati <http://www.meteo.dfg.unito.it/>

Dati rilevati alle ore 18:31 del giorno 21/02/2019

grandezza	valore	estremi	
temperatura dell'aria	12,9 °C	minima di oggi 4,0 °C (ore 07:32) [1]	massima di oggi 16,5 °C (ore 16:13) [1]
umidità relativa	54 %	minima di oggi 40 % (ore 17:09) [1]	massima di oggi 84 % (ore 07:36) [1]
velocità del vento	0,7 m/s (2,6 km/h)	massima di oggi 2,8 m/s (10,0 km/h) (ore 12:09) [1]	
velocità raffica del vento	1,4 m/s (5,1 km/h)	raffica massima di oggi 3,9 m/s (14,1 km/h) (ore 14:24) [1]	
direzione provenienza del vento	156 °		
pressione atmosferica	995,7 hPa	minima di oggi 995,3 hPa (ore 17:12) [1]	massima di oggi 998,6 hPa (ore 10:04) [1]
		variazione rispetto a3 ore fa -0,2 hPa	
		variazione rispetto a6 ore fa -2,0 hPa	
		minima di oggi 1025,5 hPa (ore 17:12)	massima di oggi 1029,8 hPa (ore 09:22)

previsioni meteorologiche per il Piemonte

(le previsioni vengono emesse solo in giorni feriali)

<http://www.meteo.dfg.unito.it/previsioni>

previsore: Alessio Golzio
 ultima modifica: giovedì 21/02/2019 - ore 09

situazione

La situazione a scala sinottica rimane pressoché invariata rispetto a ieri, infatti si ha una vasta area di alta pressione sul mar Mediterraneo e sull'Europa meridionale, contrapposta ad una saccatura Russia ed una nuova depressione tra Groenlandia e Islanda. Il primo sistema depressionario estende un'ampio fronte freddo sull'Europa orientale. La mappa di pressione al suolo è disponibile qui.
 Per i prossimi giorni quindi si prospettano giornate serene, le temperature nei medi strati della troposfera sono previste in aumento verso la fine della settimana. In pianura però non son da escludersi nebbie e inversioni termiche che mantengono minime più basse che nella media montagna. Il WRF-UniTo conferma nel dettaglio l'andamento con un incremento dello zero termico fino a valori oltre i 3400 m per sabato.
 Le temperature dopo questo periodo più caldo del normale sono previste in calo (tra sabato e domenica) almeno in quota, ritornando nella media del periodo.

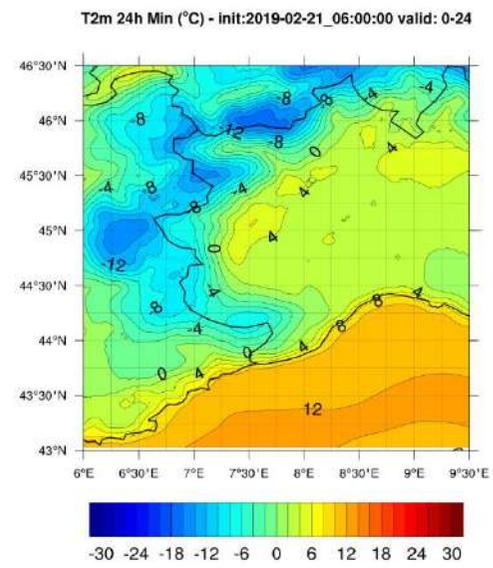
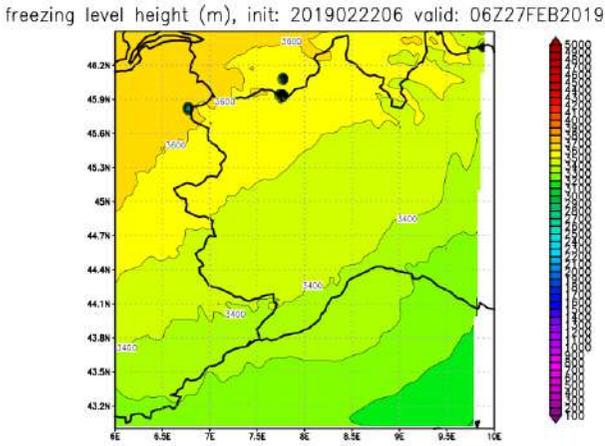
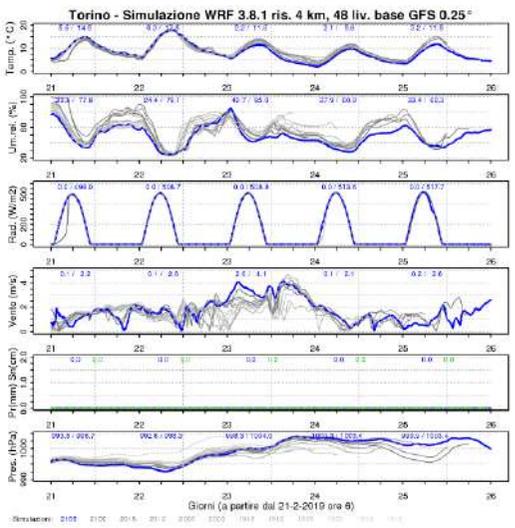
givedì 21 febbraio 2019

attendibilità  cielo: Sereno con transito di nubi alte e nebbie nottetempo sulle pianure orientali.
 zero termico: in marcato rialzo fino a 2800 m.
 precipitazioni: Assenti.

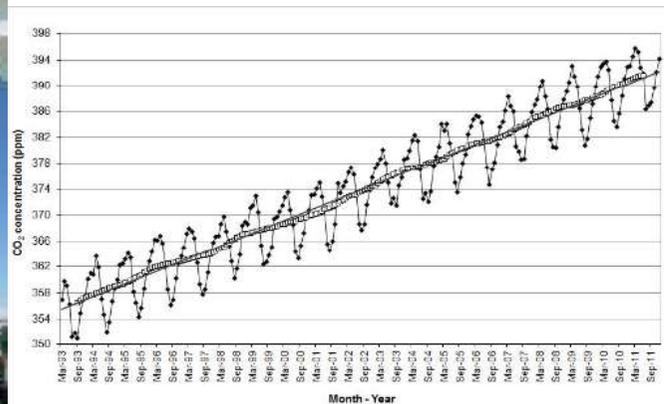
- Misure di parametri meteorologici in area urbana sul tetto dell'istituto (disponibili online) – misure attive da quasi un trentennio

- Output di un modello a mesoscala sul Piemonte (run 4 volte al giorno)

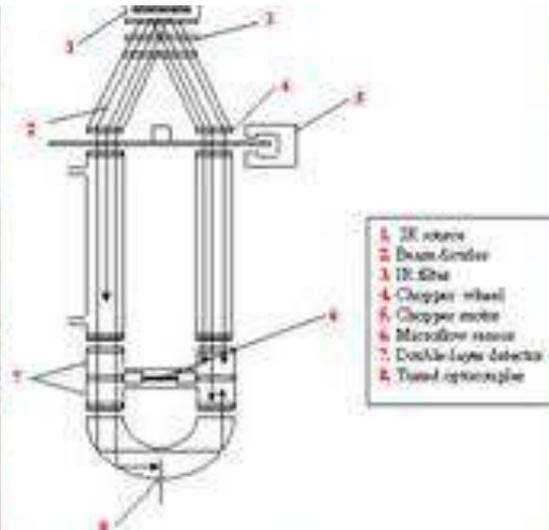
- Previsioni meteorologiche sul Piemonte (su web e pagina facebook)



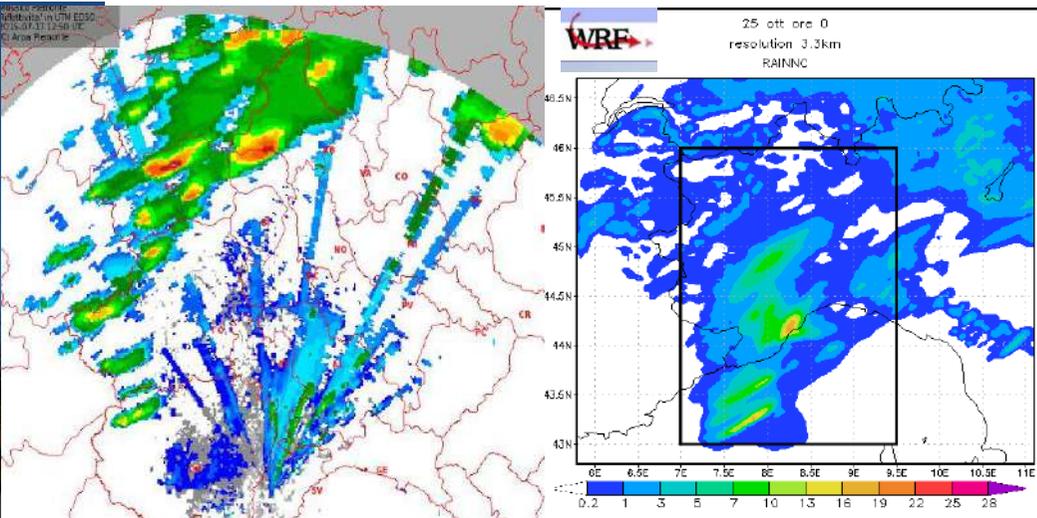
Monitoraggio/studio dei gas serra



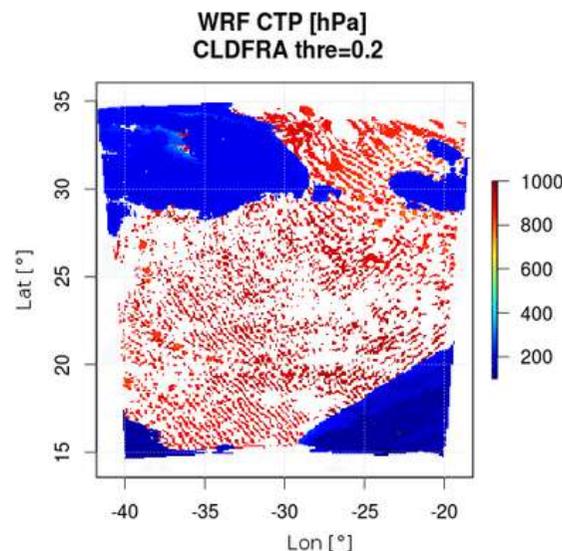
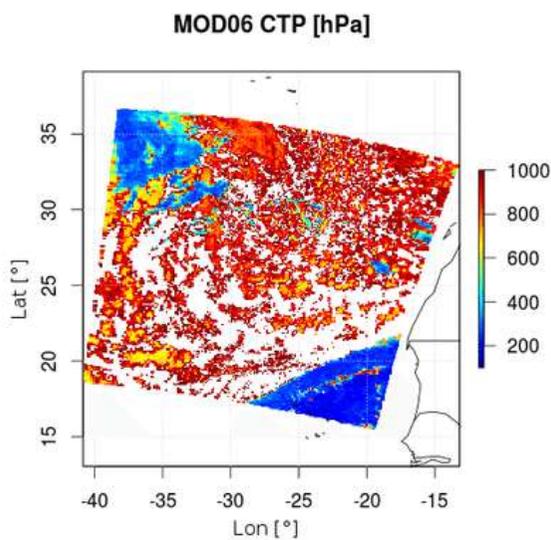
- Analisi delle misure di concentrazione di gas serra (CO₂, metano, ozono) effettuate in collaborazione con RSE (Ricerca sul Sistema Energetico) presso la stazione remota di Plateau Rosà, ai piedi del M. Cervino, a circa 3500 m s.l.m., a partire dal 1989
- La vicina stazione meteorologica misura i principali parametri atmosferici
- La lunga serie di misure ha permesso di stimare il rateo di aumento della concentrazione di CO₂: circa 1.99 ± 0.04 ppm/anno
- Mediante l'applicazione di modelli sorgente/recettore si sono stimate le aree di emissione e pozzo di biossido di carbonio intorno all'area alpina, e la distribuzione stagionale delle traiettorie delle masse d'aria in arrivo a Plateau Rosà
- Usando modelli a mesoscala sono state analizzate fluttuazioni a breve termine, scorrelate dai valori di fondo, ricercandone la loro provenienza



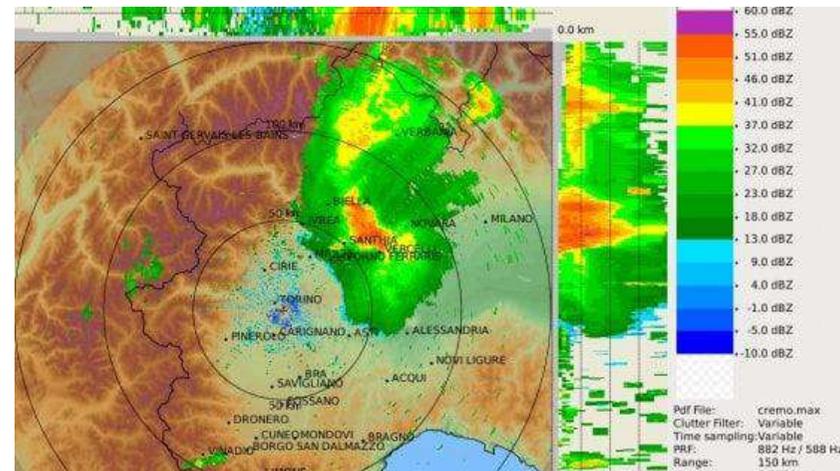
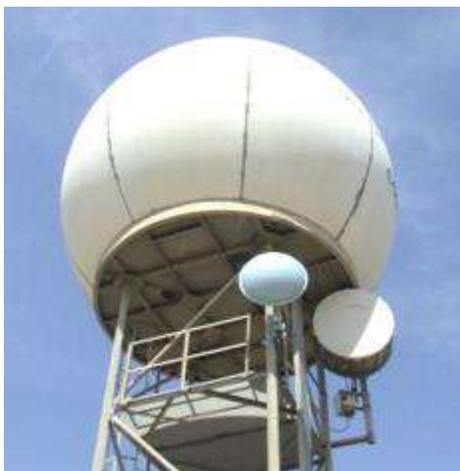
Studi su nuvolosità e precipitazioni



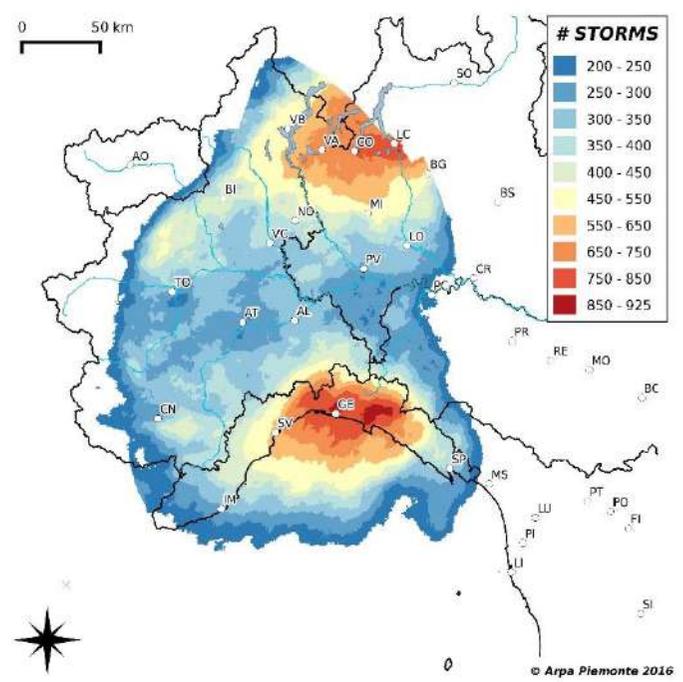
- Valutazione delle capacità predittive di un modello a mesoscale (WRF – Weather Research and Forecast) di eventi precipitativi a carattere locale, confrontati con dati radar
- Confronto tra parametri legati alla nuvolosità prevista da WRF e misure osservate (da satellite, radiosondaggi, o altri metodi) – collaborazione con progetto JEM-EUSO sui raggi cosmici



Climatologia dei temporali in Piemonte



- Studio dei temporali intensi mediante loro riconoscimento dalle immagini radar
- Determinazione dei criteri di riconoscimento delle celle temporalesche
- Stima delle precipitazioni (tipo e quantità)
- Stima del percorso
- Stima della composizione delle nubi
- Distribuzione spaziale climatologica dei temporali sul territorio piemontese, con ripartizione per fasce orarie
- Determinazione della durata del ciclo di vita delle celle temporalesche
- Strumento molto utile a supporto del nowcasting operativo (su studi preliminari è stata sviluppata l'app LiveStorm)



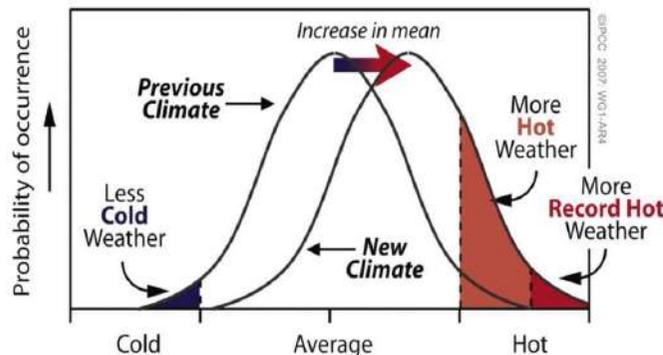
Idrologia ed eventi climatici estremi



Maree a Venezia:
variabilità e predizione



Variabilità idrologica
negli ultimi secoli da
misure di portata di fiumi
europei



Eventi climatici estremi e variabilità:
osservazioni e modelli globali

**Climatologia di
fulminazioni**
con osservazioni
da terra e spazio

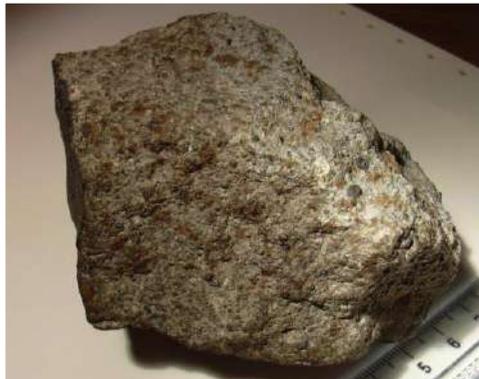


Paleoclimatologia

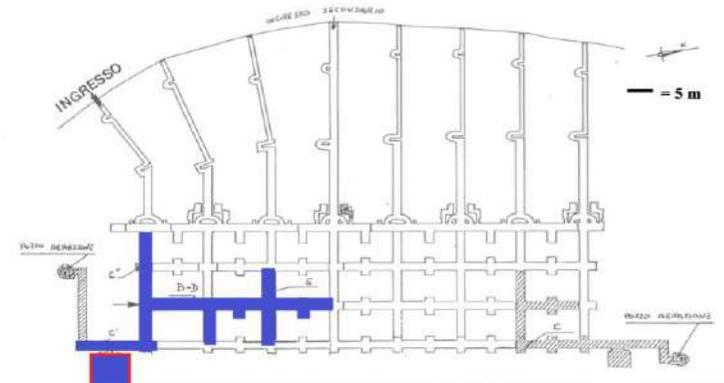


- **Laboratori di paleoclimatologia** (Dipartimento di Fisica)
- Misure di proxy in **SEDIMENTI MARINI**
- Variazioni climatiche negli **ultimi millenni** nell'area mediterranea e su scala globale
- Cambiamenti climatici durante l'**ultima deglaciazione**
- **Oscillazioni climatiche millenarie** durante l'ultimo periodo glaciale e l'Olocene
- Effetti di **acidificazione** degli oceani

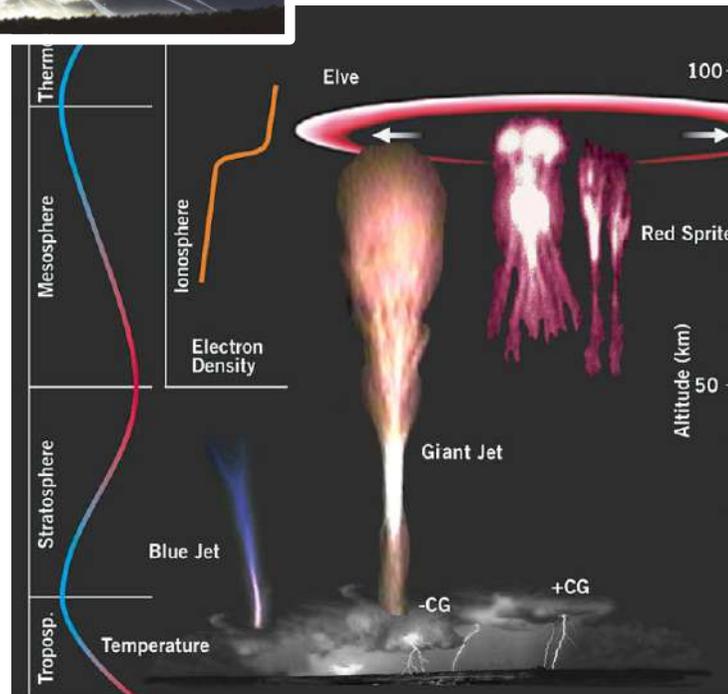
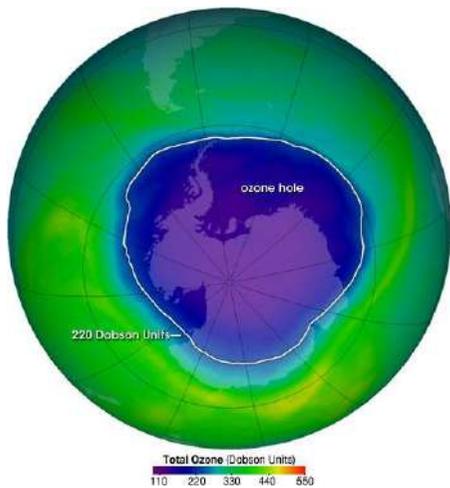
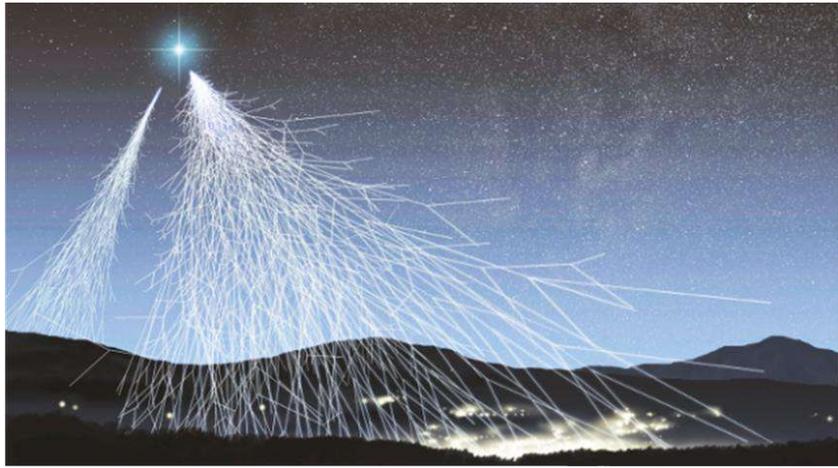
Meteoriti e attività solare nel passato



- Laboratorio del Monte dei Cappuccini (OATo)
- Misure di attività γ e di radioisotopi cosmogenici in **METEORITI** per risalire al flusso di raggi cosmici negli ultimi secoli
- Variazioni dell'attività solare e loro influenza sul clima terrestre



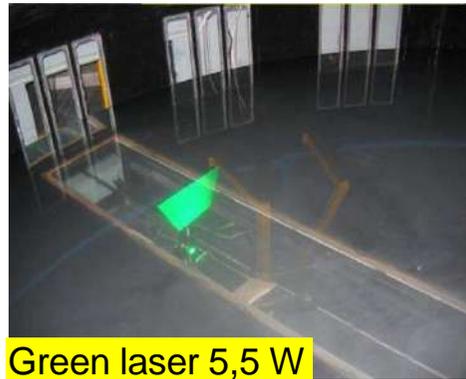
Stratosfera, mesosfera e clima



- **Ozono**, processi in alta atmosfera e loro influo sulla troposfera e sul clima
- Relazioni Sole – Terra
- Climatologia di **eventi luminosi transienti** e loro impatto sull'atmosfera (missione spaziale ASIM)
- Flusso di **muoni** rivelati sottoterra e temperatura in stratosfera (collaborazione LVD)



Turbolenza

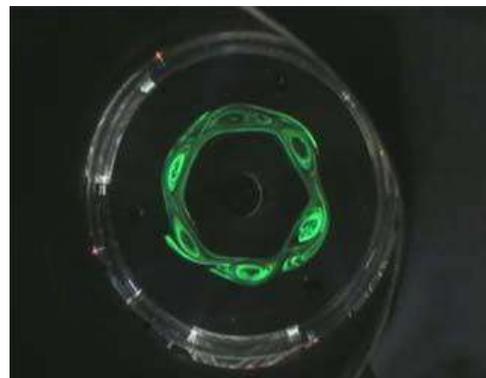


Green laser 5,5 W



Diameter: 5 m
Max water height: 0.8 m
Rotation speed: 0-20 rpm

- Misure di flussi turbolenti in rotazione e non, con strumenti tradizionali e laser+PIV
- Realizzazione di modelli in scala ridotta variando i parametri di scala.
- Studio dello strato limite.
- Ricostruzione di dinamiche di vortici





Onde e turbolenza

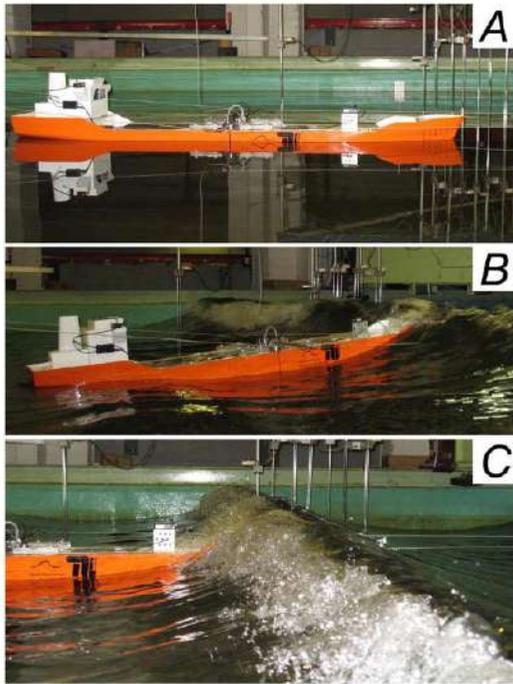


Figure 3. Sea-keeping tests using breather solutions of the NLS equation. (A) The chemical tanker used for the experimental tests. (B) The ship during the impact with a breaking Peregrine breather. (C) A detail of the impact to appreciate the green water on the deck.

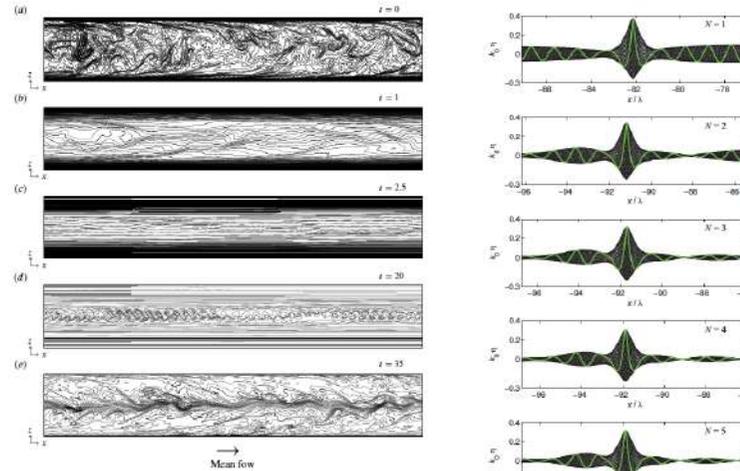
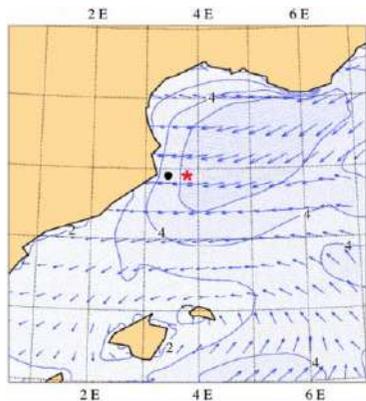
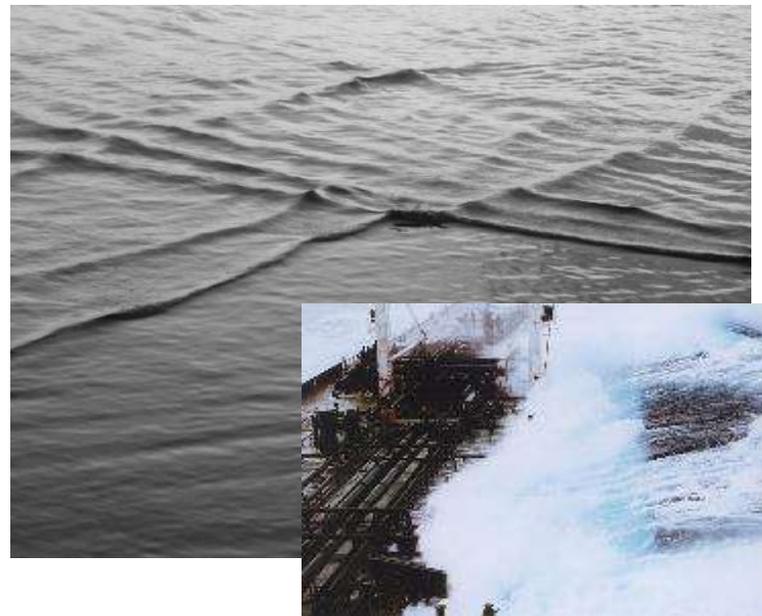


FIGURE 3. Time evolution of turbulence structures (visualized using temperature contours on an $x-z$ plane) for the simulation at $Re_\tau = 498$ and uniform thermophysical properties.



- Onde non lineari
- Proprietà euleriane e lagrangiane di turbolenza nei fluidi in 2 e 3 dimensioni
- Trasporto turbolento e caotico di specie inerziali e attive, e.g. particelle inerziali, polimeri
- Convezione turbolenta e flussi geofisici
- Modelli di previsione per onde
- Propagazione ondosa in varie condizioni di fondo; eventi estremi e predicibilità stato meteomarinò
- Turbolenza, turbolenza debole e idrodinamica

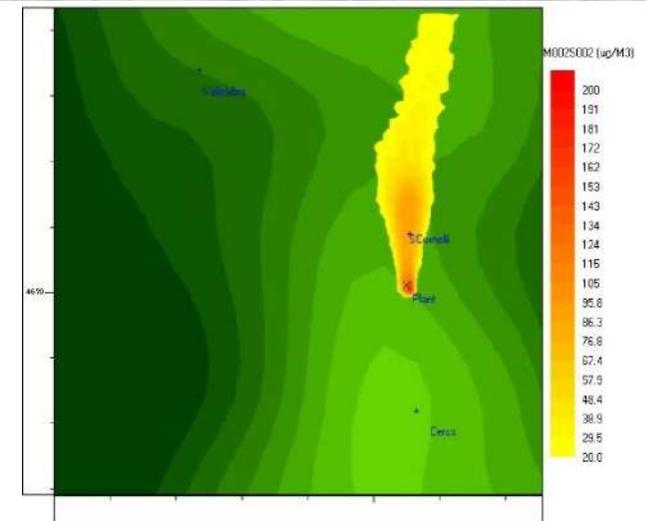
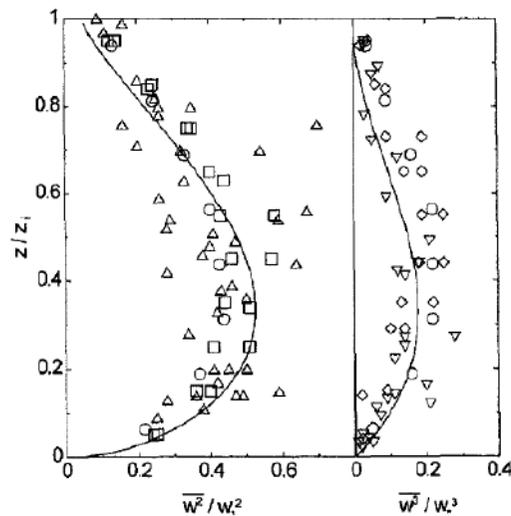
Dispersione



Modelli numerici di turbolenza e dispersione di inquinanti

$$du = a(x, u)dt + b(x, u)dW(t)$$

Approccio statistico – processi stocastici

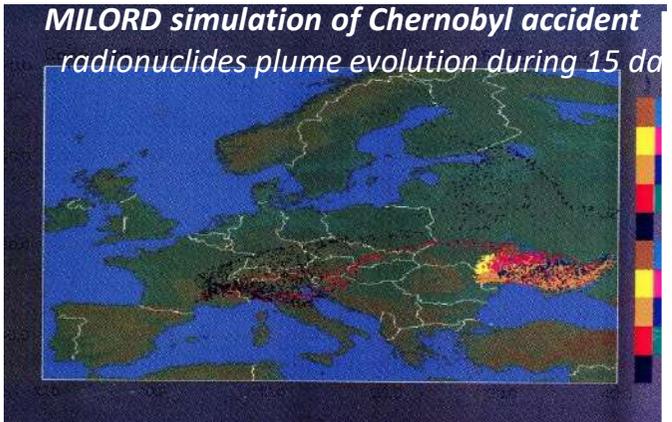


Modellazione di circolazione e inquinamento atmosferico

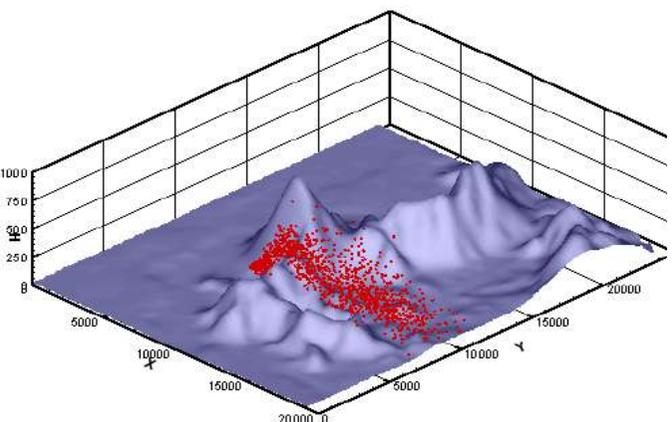


STUDI MODELLISTICI DELLA DISPERSIONE DI INQUINANTI

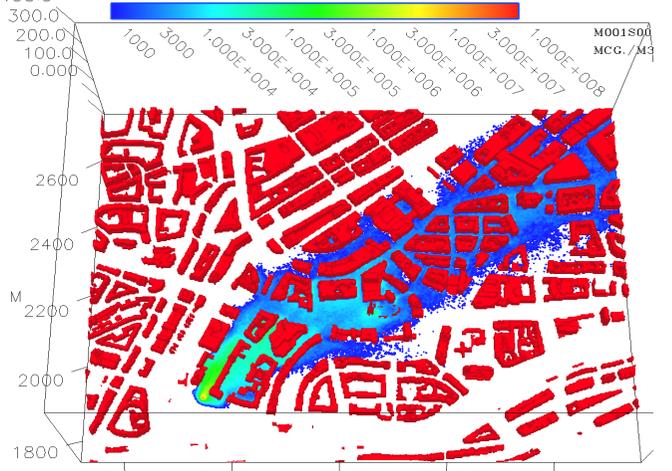
A grande scala



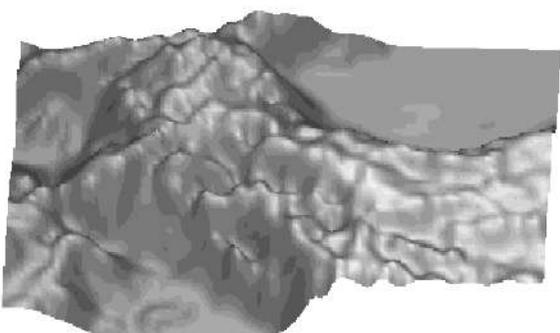
A scala regionale



Alla microscala in ambiente urbano



STUDI MODELLISTICI DELLA CIRCOLAZIONE ATMOSFERICA IN OROGRAFIA COMPLESSA

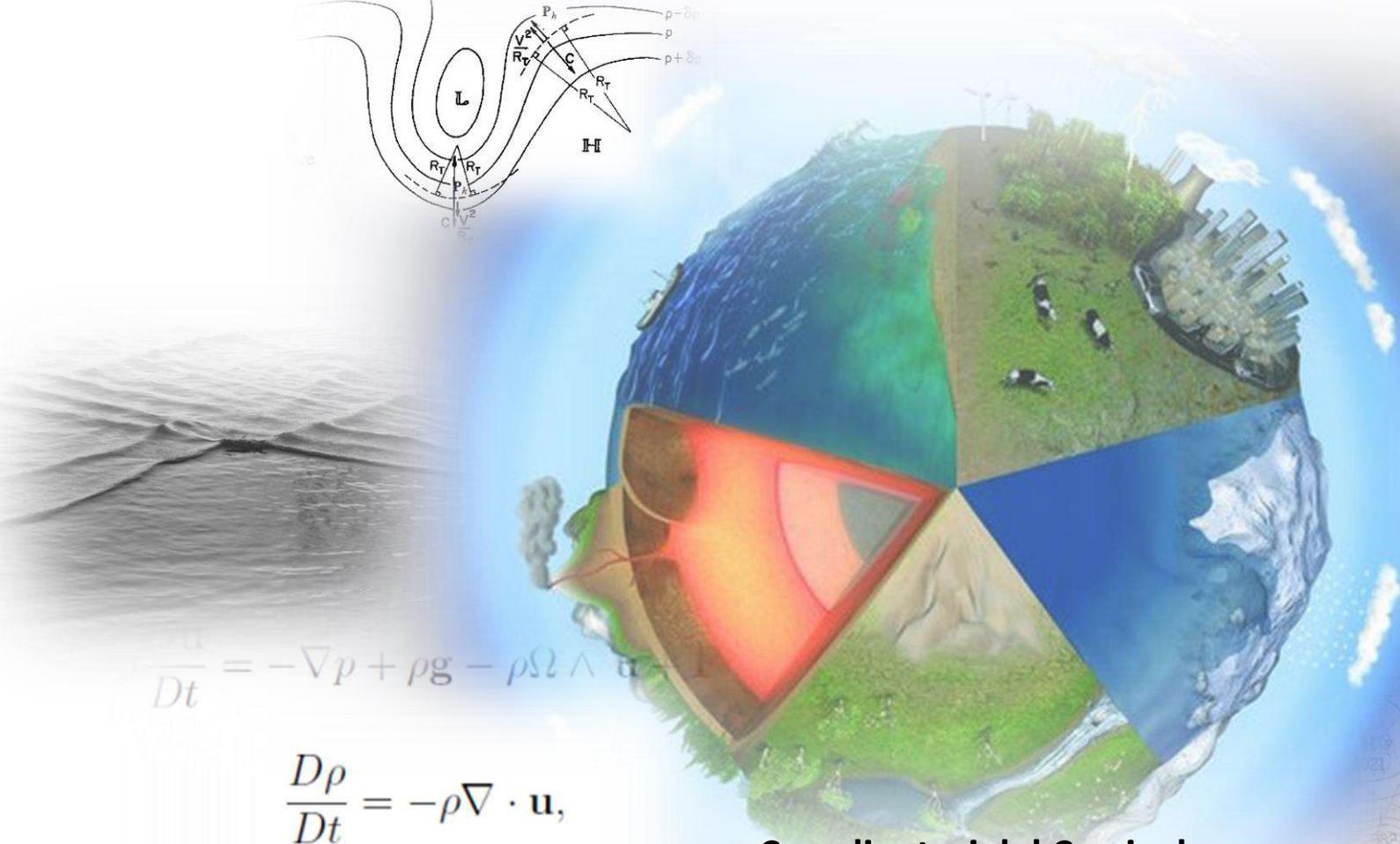
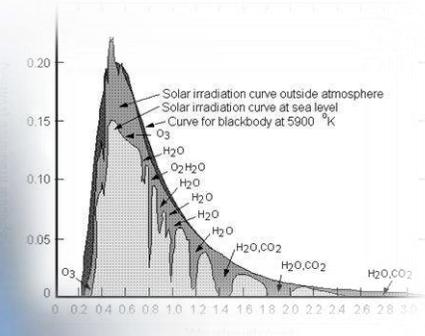
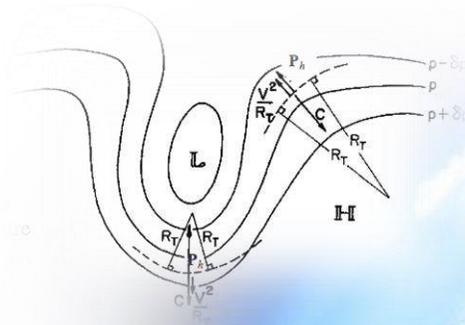


Collaborazioni



- Dipartimenti di Unito: DISAFA Grugliasco, Scienze della Terra, Economia, ...
- ARPA (Piemonte, valle d'Aosta, Lombardia, Veneto, Friuli V.G., Liguria, ...)
- Centri funzionali regionali (Piemonte, Valle d'Aosta, ...)
- Società Meteorologica Italiana (Torino)
- Servizio fitosanitario (regione Piemonte)
- RSE - Ricerca sul Sistema Energetico (Milano)
- ISAC/CNR (Torino, Bologna)
- IPLA (Torino)
- Fondazione Agrion (Piemonte)
- Ewha Womans University (Seul, Rep. Di Corea)
- KMA (Korean Meteorological Administration)
- Physical Research Laboratory, Ahmedabad, India
- Department Terre-Atmosphere-Ocean, Ecole Normale Supérieure, Paris
- Faculty of Earth and Life Sciences, Vrije Universiteit, Amsterdam
- Institute of Geological Sciences, University of Bern
- AMS ¹⁴C Laboratory, ETH Hoenggerberg, Zuerich, Switzerland
- Università di Venezia, Università di Palermo, Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale (OGS), Trieste
- Danish Technical University, DTU Space, Copenhagen
- Universitat Politècnica de Catalunya, Spain
- Solar System Department, IAA – CSIC, Granada, Spain
- Research Centre for Astronomy and Earth Sciences, Hungary
- Laboratoire d'Aerologie, Observatoire Midi Pyrenees, France
- University of Bergen, Norway

Fisica del sistema meteoclimatico



$$\frac{D\mathbf{u}}{Dt} = -\nabla p + \rho\mathbf{g} - \rho\boldsymbol{\Omega} \wedge \mathbf{u}$$

$$\frac{D\rho}{Dt} = -\rho\nabla \cdot \mathbf{u},$$

$$c_p \frac{D}{Dt} \ln \theta = \frac{Q}{T},$$

Coordinatori del Curriculum

- Claudio Cassardo claudio.cassardo@unito.it
- Carla Taricco, carla.taricco@unito.it

