



Il CLIMA ed i CAMBIAMENTI CLIMATICI

Dott. Nicola Loglisci
ARPA Piemonte – Dipartimenti Sistemi Previsionali –
Meteorologia e Clima
e-mail n.loglisci@arpa.piemonte.it



IMPORTANTE

Clima e Tempo meteorologico

- **Tempo (weather):** stato istantaneo dell'atmosfera, descritto in termini di alcune variabili quali temperatura, umidità, nuvolosità, precipitazione, velocità e direzione del vento.

Ha una dinamica giornaliera o di medio-breve periodo. Le previsioni meteorologiche hanno un'affidabilità che decresce significativamente dopo 5 giorni.

- **Clima:** l'insieme delle condizioni medie del tempo di certe località, rispetto ad uno specifico intervallo temporale che è più lungo di quello del tempo meteorologico. In termini strettamente fisici si tratta di **un aggregato medio degli stati interni di un sistema, associati con misure della sua variabilità per un determinato intervallo temporale e con la descrizione delle interazioni che intercorrono con l'esterno** (Peixoto e Oort, 1984).

Ha una variabilità temporale e geografica molto più ampia, che deve essere valutata insieme ai fattori che lo governano.



CLIMA

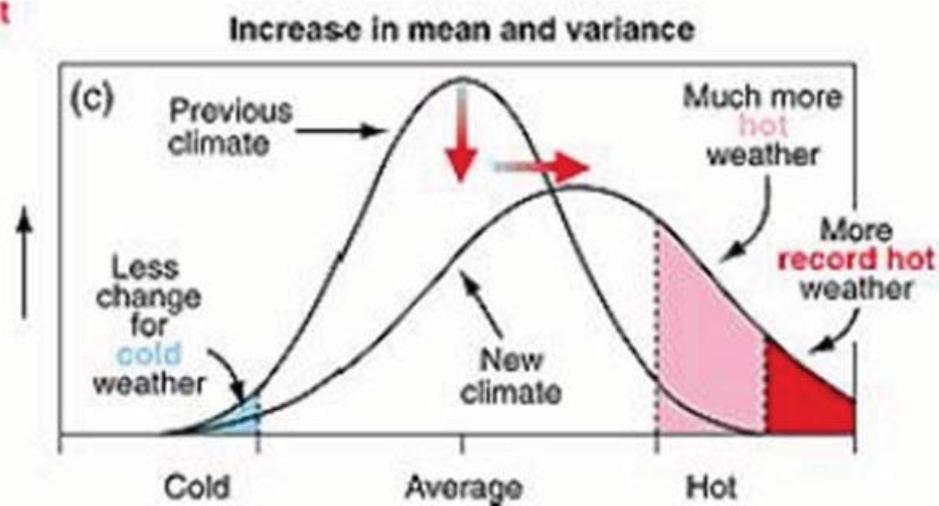
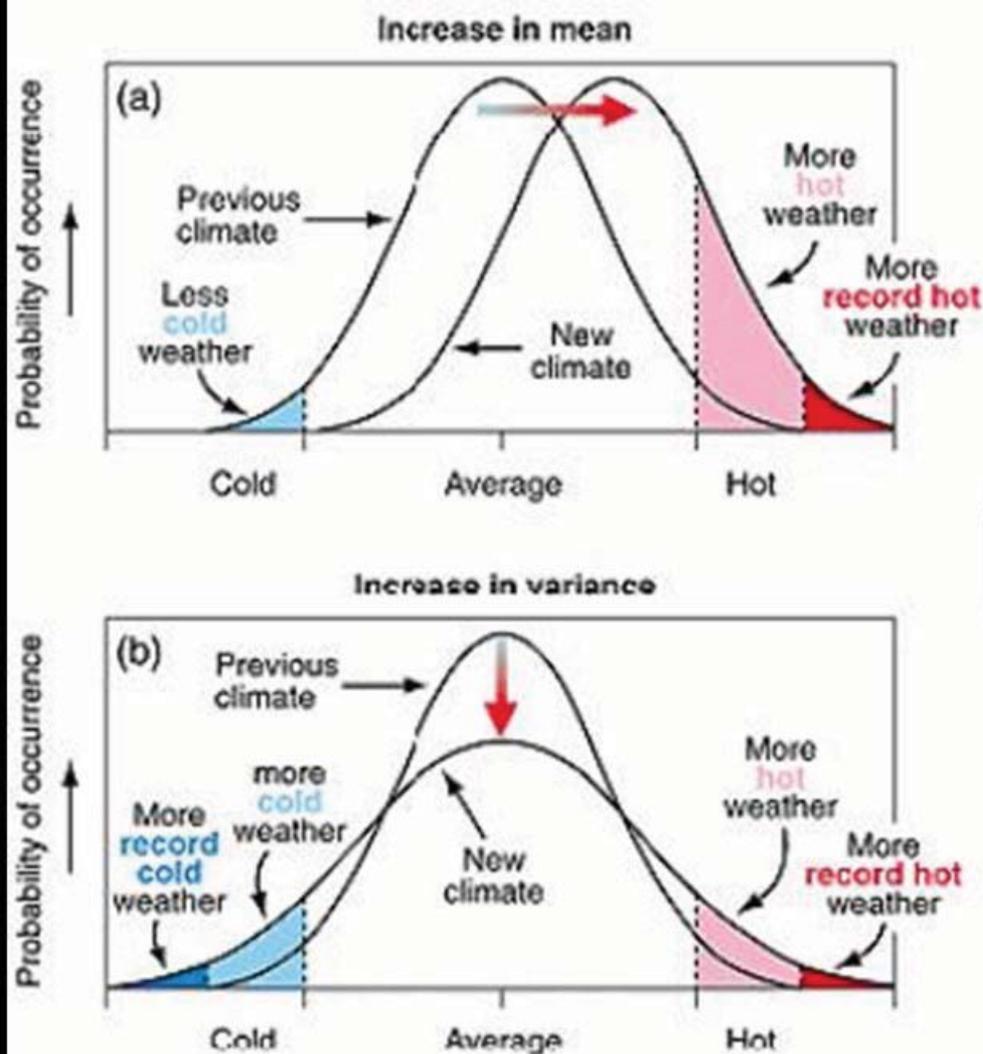
Insieme delle condizioni meteorologiche o ambientali che caratterizzano una regione geografica e vengono definite in termini di proprietà statistiche (es. valore medio della temperatura in una regione o l'intervallo tipico in cui la stessa può variare).

CAMBIAMENTO CLIMATICO

Variazione statisticamente significativa dello stato medio del clima o della sua variabilità, persistente per un periodo esteso (tipicamente decenni o più).



Variazione statisticamente significativa





QUINDI

Un cambiamento climatico implica una variazione delle proprietà statistiche e non può essere associato in maniera DIRETTA ad un evento singolo!!!

DOMANDA

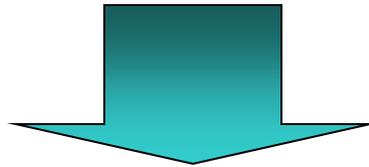
~~Le condizioni di siccità estrema verificatesi a Canicattì il giorno X dell'anno Y è stata causata dai cambiamenti climatici?~~

DOMANDA

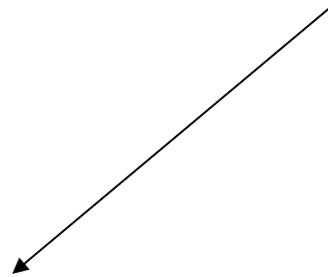
I cambiamenti climatici possono comportare un aumento della probabilità che si verifichino fenomeni di siccità estrema in una determinata regione?



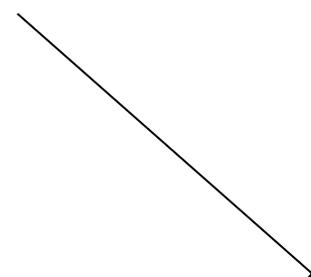
Clima terrestre **DA SEMPRE** caratterizzato da marcata variabilità



Cambiamenti in atto



Naturali



Indotti dall'attività dell'uomo



LA VARIABILITA' CLIMATICA NATURALE

Ampio spettro di scale temporali e spaziali:

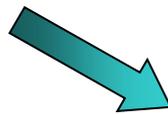
1. Variabilità intrastagionale
2. Variabilità interannuale
3. Variabilità decadale



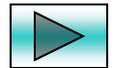
1. VARIABILITA' INTRASTAGIONALE

Particolarmente importante per le regioni tropicali (oltre metà della variabilità atmosferica totale)

Modo dominante



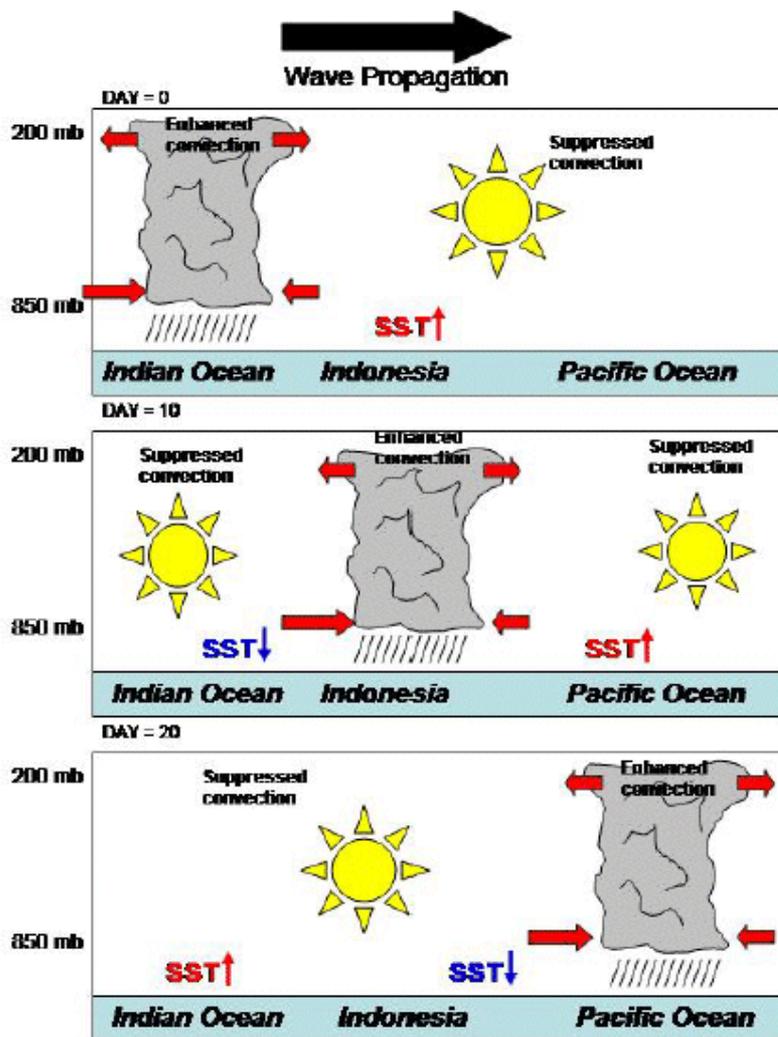
MJO (Madden Julian Oscillation)



Fenomeni legati alla variabilità intrastagionale possono interagire con altre scale temporali (monsoni, El Nino) dimostrando una capacità di modulazione della variabilità stagionale ed interannuale da parte della variabilità intrastagionale.



MJO (Madden Julian Oscillation)



Fluttuazione o onda con periodo dominante τ : $30 < \tau < 60$ giorni. Originata nell'Oceano indiano, si propaga verso est attraverso la regione Indonesiana fino al Pacifico centrale (rapido decadimento).

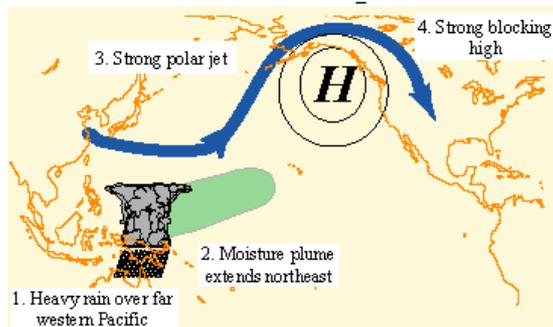
Perturbazione dell'atmosfera tropicale che altera considerevolmente:

- la circolazione (venti nei bassi ed alti livelli atmosferici);
- la temperatura e l'evaporazione della superficie del mare;
- l'attività convettiva (nuvolosità, precipitazioni).

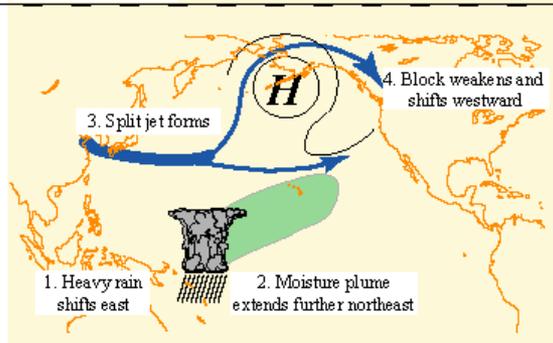


Typical Wintertime Weather Anomalies Preceding Heavy West Coast Precipitation Events

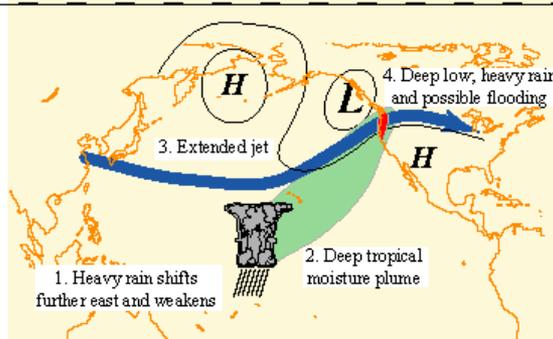
7-10 Days Before Event



3-5 Days Before Event

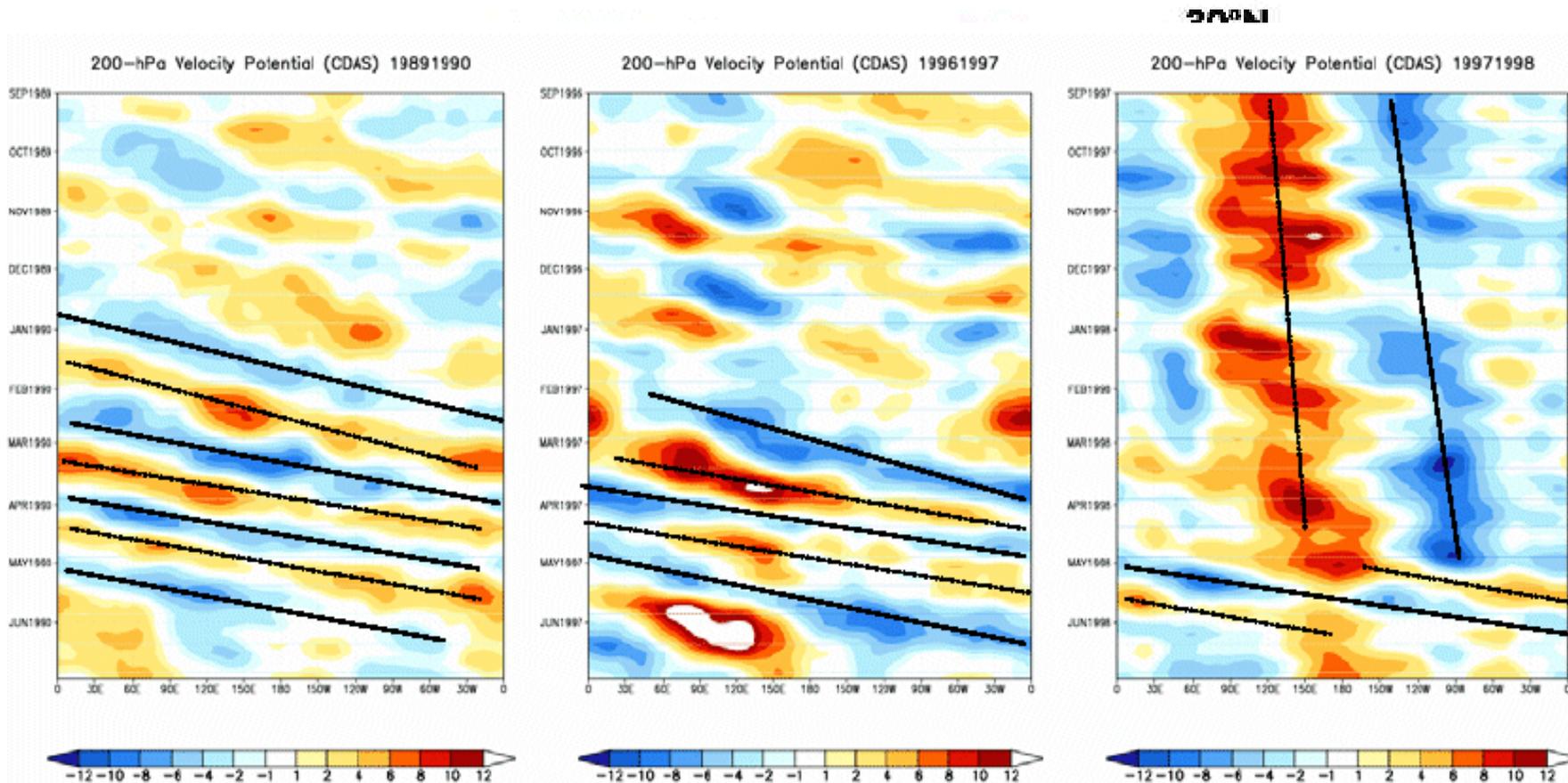


Precipitation Event





MJO (Madden Julian Oscillation)



La Nina

ENSO neutral

El Nino





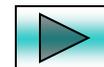
2. VARIABILITA' INTERANNUALE

- Scale temporali dai 2 ai 7 anni.
- Notevole numero di modi a larga scala che influenzano aree diverse del pianeta.
- Effetti anche in regioni remote rispetto al luogo di origine (**teleconnessioni**).

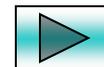
Modi più conosciuti



ENSO (El Niño Southern Oscillation)

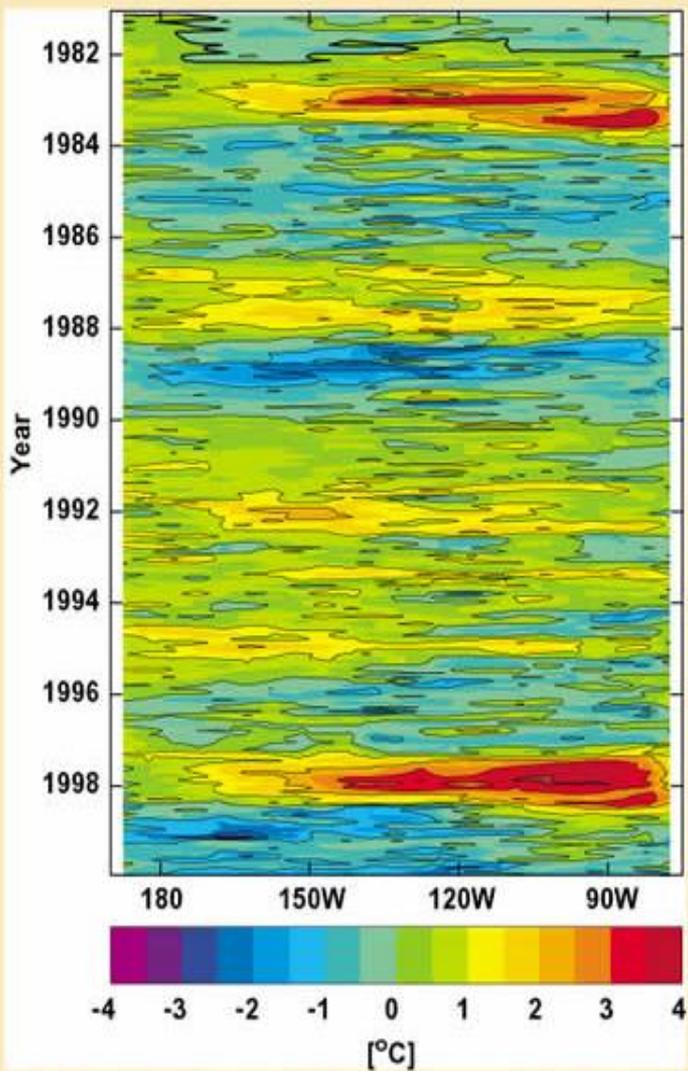


NAO (North Atlantic Oscillation)





ENSO (El Niño Southern Oscillation)



Fluttuazione con periodo dominante τ :
 $2 < \tau < 7$ anni.

Risultante dal ciclico riscaldamento e raffreddamento della superficie dell'oceano nel Pacifico equatoriale.

Effetto:

- fluttuazione delle temperature superficiali marine;
- anomalie di precipitazione e di circolazione atmosferica.

N.B.

El Niño: SST Pacifico equatoriale $>$ norma

La Niña: SST Pacifico equatoriale $<$ norma.



ENSO (El Niño Southern Oscillation)

Effetti

El Niño

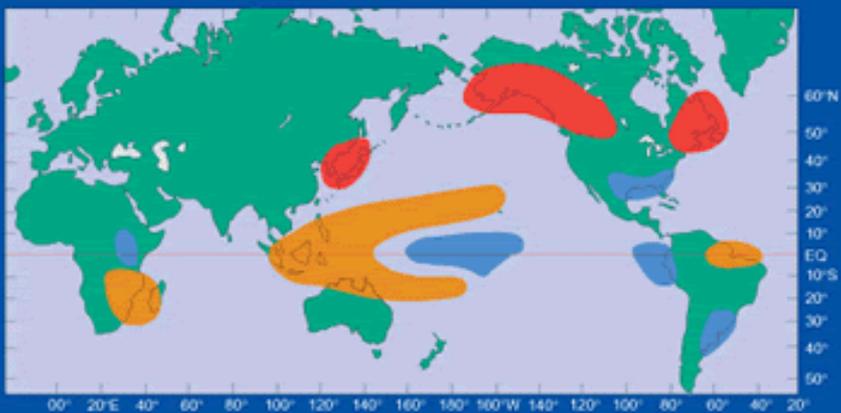
- Precipitazioni intense in Sud America;
- Siccità elevata nell'Australia orientale.

La Niña

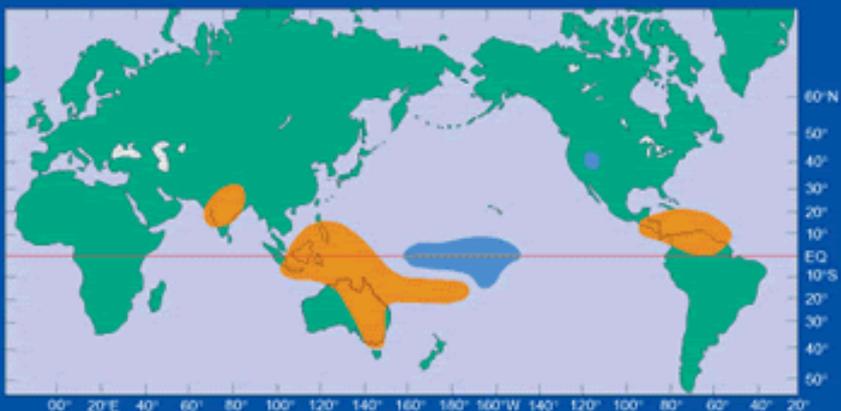
- Siccità in Sud America;
- Precipitazioni intense ed alluvioni nell'Australia orientale.



Northern Hemisphere Winter



Northern Hemisphere Summer





NAO (North Atlantic Oscillation)

Grande interesse per l'Europa: variabilità invernale nel Nord Atlantico.

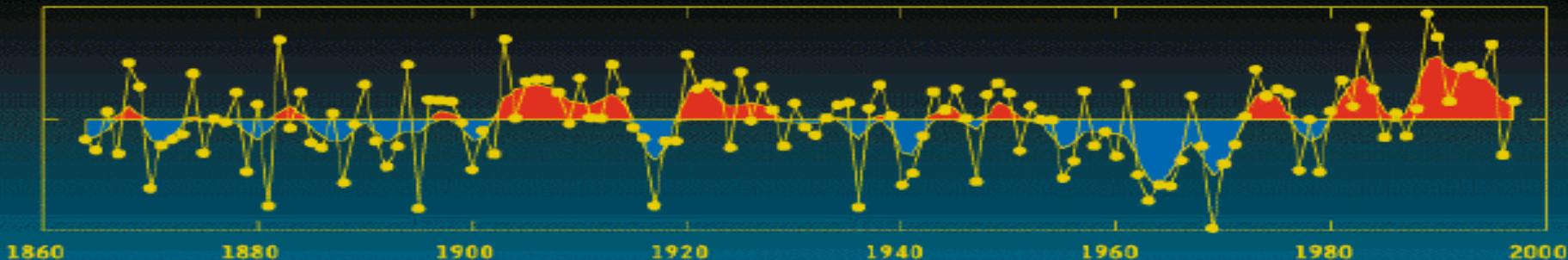
Variabilità annuale con tendenza ad una stessa fase per diversi anni.

Altalena tra alta pressione sub-tropicale delle Azzorre e bassa pressione polare d'Islanda.

Effetti:

- Impatto sul percorso dei cicloni extra-tropicali che attraversano l'Atlantico e raggiungono l'Europa;
- Influenza il sistema climatico della regione Europea-Mediterranea.

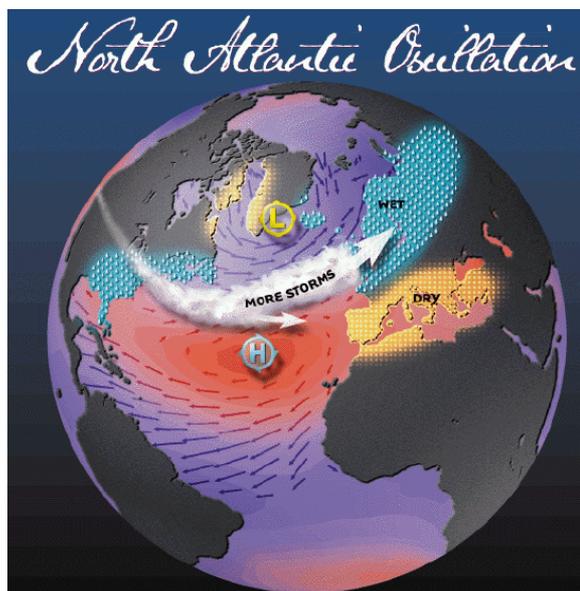
NAO Index





NAO (North Atlantic Oscillation)

NAO positiva



Alta pressione sub-tropicale è più forte della norma;

Bassa pressione polare più profonda della norma.

Forte gradiente barico

Perturbazioni atlantiche più intense passano la zona atlantica seguendo una traiettoria più settentrionale.

Effetti

Inverni miti e umidi su EU settentrionale, secchi e freddi su EU meridionale;

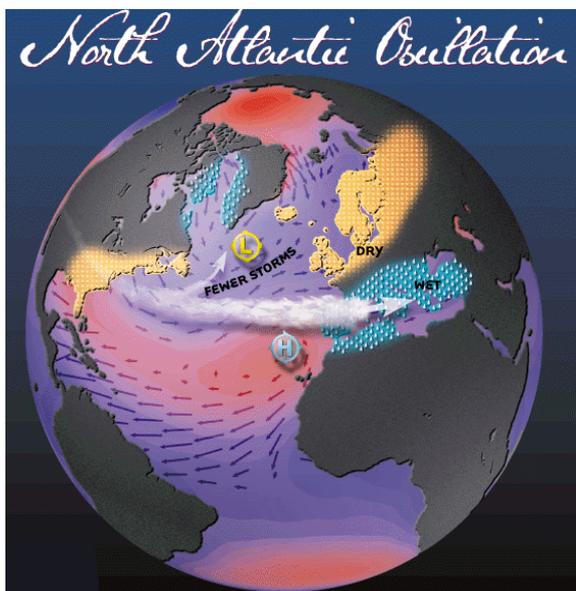
Inverni freddi e secchi Groenlandia e Canada settentrionale;

Inverni miti e umidi nella parte orientale degli USA.



NAO (North Atlantic Oscillation)

NAO negativa



Alta pressione sub-tropicale è più debole della norma;

Bassa pressione polare meno profonda della norma.

Ridotto gradiente barico

Perturbazioni atlantiche meno frequenti e intense che si muovono su un percorso più zonale.

Effetti

Aria umida verso il Mediterraneo mentre fredda sul Nord Europa;
Irruzioni di aria fredda più frequenti nella parte orientale degli USA
(neve);

Inverni miti in Groenlandia.

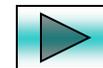




2. VARIABILITA' DECADALE

Osservati in diverse regioni del pianeta:

- Fluttuazioni delle temperature superficiali marine nell'Oceano Pacifico, Atlantico settentrionale e Australe
- Variabilità di “tipo-ENSO”: strutture simile a quelle prodotte da ENSO, ma che agiscono su scale temporali decennali (Pacifico tropicale)
- Associate variazioni nella circolazione atmosferica e nelle precipitazioni.
- Meccanismi fisici non chiari anche a causa della scarsità nella lunghezza delle serie storiche osservate.





PDO (Pacific Decadal Oscillation)

Anomalie nei valori di temperatura superficiale del mare, pressione al suolo e circolazione atmosferica durante il periodo invernale.

Simili caratteristiche climatiche spaziali di ENSO (tipo-ENSO), ma completa diversità nel comportamento nel tempo.

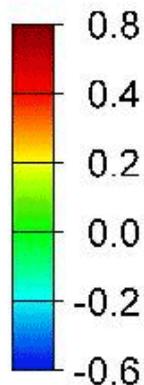
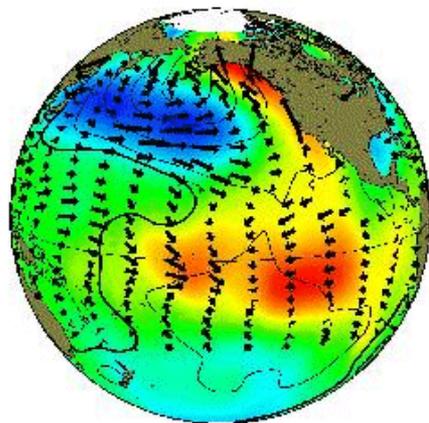
Due differenze fondamentali:

- Casi di PDO nel 20 secolo sono durati dai 20 ai 30 anni (6 – 18 mesi per ENSO);
- Le caratteristiche climatiche della PDO sono per lo più visibili nel settore del Pacifico Settentrionale/Nord America ed in parte nei tropici (l'inverso per ENSO).



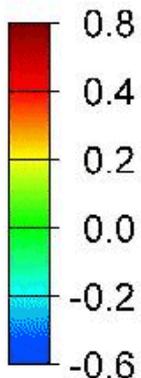
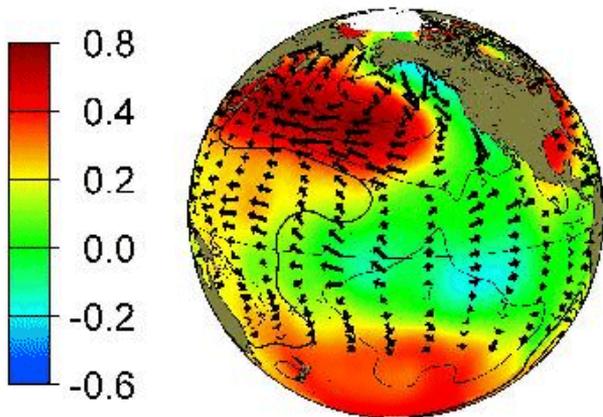
PDO (Pacific Decadal Oscillation)

Fase calda



SST più alta della norma sul pacifico equatoriale orientale
SST più bassa della norma più a nord

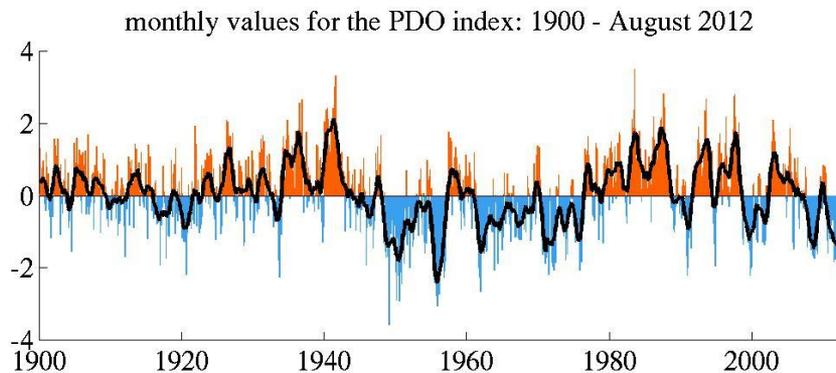
Fase fredda



SST più bassa della norma sul pacifico equatoriale orientale
SST più alta della norma più a nord



PDO (Pacific Decadal Oscillation)



Fase calda

1925 - 1946

1977 - 1990

Fase fredda

1890 - 1924

1947 - 1976

Cause : sconosciute.

Effetti:

- Cambiamento negli ecosistemi marini.
- FASE CALDA: sviluppo produzione biologica lungo le coste dell'Alaska, inibizione della produttività negli USA adiacenti.
- FASE FREDDA: panorama opposto.





I CAMBIAMENTI CLIMATICI INDOTTI DALL'ATTIVITA' DELL'UOMO



27 settembre 2013

pubblicato on-line il V rapporto IPCC sulle basi fisiche dei cambiamenti climatici

- ***Riassunto per i Decisori Politici***
- **draft del Volume del *Rapporto WGI***

s i t o

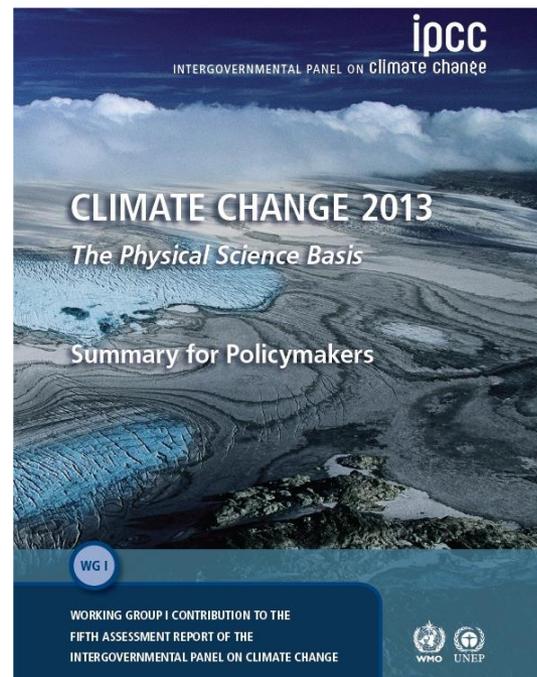
<http://www.climatechange2013.org/>

Nel 2014 altri 3 rapporti:

WGII (impatti, vulnerabilità e adattamento),

WGIII (mitigazione dei cambiamenti climatici)

e una Sintesi di tutti i tre precedenti volumi.





Le novità ...

- Sistema osservativo

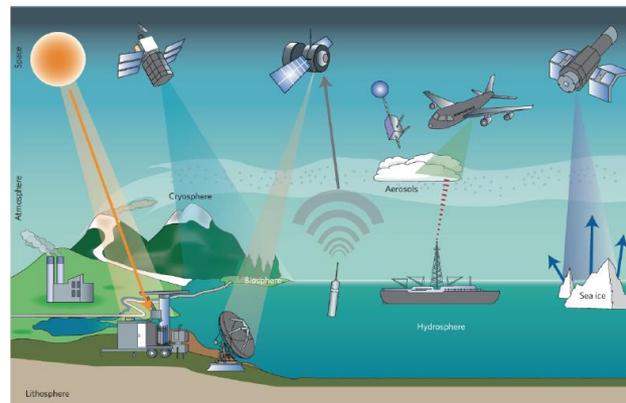
- Utilizzo di modelli climatici di nuova generazione

- 42 modelli climatici globali (quasi il doppio rispetto a quello dei modelli analizzati nel rapporto del 2007)
- risoluzione scesa dai 150 ai 50km
- proiezioni a corto termine (2016-2035) e a lungo termine (2086- 2100).

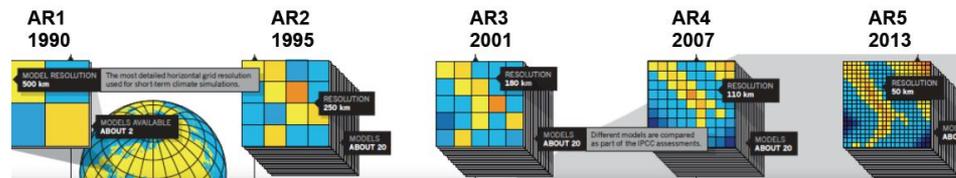
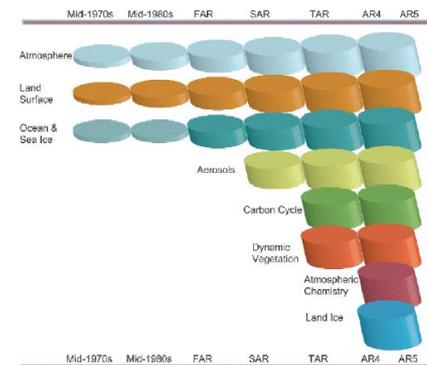
- Analisi più approfondita – effetto di nuvole, aerosol, radiazioni cosmiche, monsoni e El Nino/La Nina sui cambiamenti climatici

- Atlante delle Proiezioni Climatiche Globali e Regionali

Nell'ultimo decennio nuovi sistemi di osservazione, particolarmente quelli basati sulle misure satellitari, hanno aumentato di ordini di grandezza il numero di osservazioni sul sistema climatico terrestre



L'avanzamento della ricerca e l'aumento delle capacità e velocità dei nuovi sistemi di calcolo hanno permesso lo sviluppo di modelli più sofisticati che descrivono in modo più dettagliato i processi fisici, chimici e biologici nel sistema climatico ed hanno inoltre una risoluzione spaziale molto più elevata





Nuovi scenari climatici (RCP – Representative Concentration Pathways)

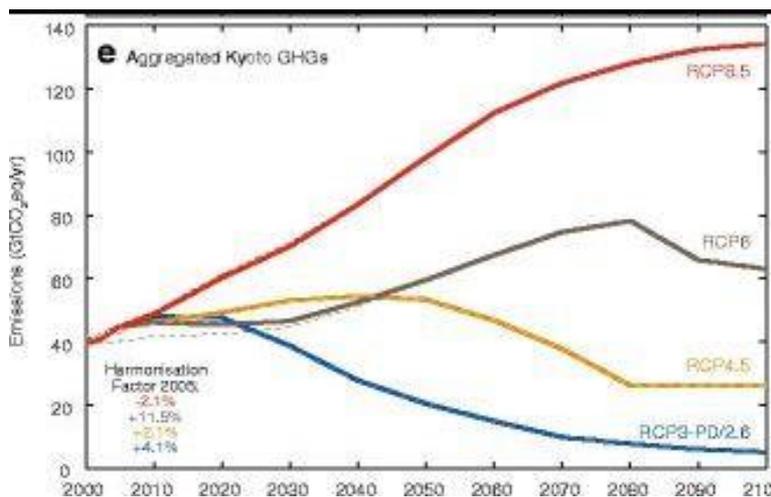
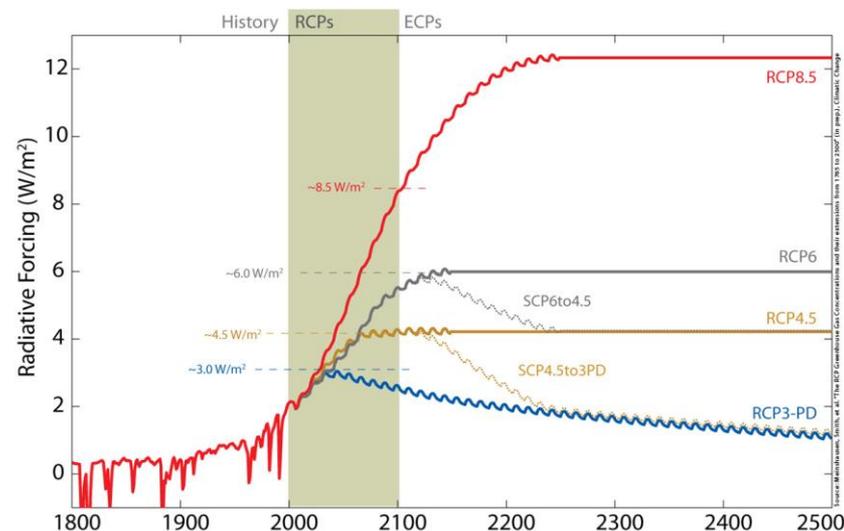
quattro nuovi scenari **RCP** individuati dal loro forzante radiativo totale nel 2100 rispetto al 1750:

2.6 W/m² per RCP2.6 (scenario di forte mitigazione - il RF raggiunge un picco e poi cala)

4.5 W/m² per RCP4.5 (scenari di stabilizzazione di emissioni di gas serra),

6.0 W/m² per RCP6.0 (scenari di stabilizzazione di emissioni di gas serra),

8.5 W/m² per RCP8.5 (scenario con emissioni alte).



profili di concentrazione di CO₂ che raggiungono entro il 2100:

- 1) 421ppm (RCP2.6),
- 2) 538ppm (RCP4.5),
- 3) 670 ppm(RCP6.0),
- 4) 936 ppm(RCP8.5)



•Nuova stima delle incertezze

“confidenza” espressa in maniera qualitativa (molto basso, basso, medio, alto e molto alto) e basata sul livello di evidenze (robusto, medio e limitato) sull’accordo nella comunità scientifica (alto, medio e basso)

“probabilità” fornisce una valutazione quantitativa dell’incertezza tramite un’analisi statistica delle osservazioni e dei risultati dei modelli o tramite una valutazione di esperti

Termine:	Livello di probabilità:
Virtualmente certo (<i>Virtual certain</i>)	Probabilità al 99-100%
Estremamente probabile (<i>Extremely likely</i>)	Probabilità al 95-100%
Molto probabile (<i>Very likely</i>)	Probabilità 90-100%
Probabile (<i>Likely</i>)	Probabilità 66-100%
Più probabile che non (<i>More likely than not</i>)	Probabilità – >50-100%
Tra probabile e improbabile (<i>About as likely as not</i>)	Probabilità 33 to 66%
Improbabile (<i>Unlikely</i>)	Probabilità 0-33%
Molto improbabile <i>Very unlikely</i>	Probabilità 0-10%
Estremamente improbabile (<i>Extremely unlikely</i>)	Probabilità al 0-5%
Eccezionalmente improbabile (<i>Exceptionally unlikely</i>)	Probabilità 0-1%



Cambiamenti osservati nel sistema climatico

Dal 1950 sono stati osservati cambiamenti in tutti i comparti del sistema climatico terrestre:

- l'atmosfera e l'oceano si sono riscaldati
- l'estensione ed il volume dei ghiacci si sono ridotti
- il livello del mare si è innalzato

- **Molti di questi cambiamenti non trovano riscontro negli scorsi due millenni**

- **Per questo il riscaldamento globale viene definito nell'AR5 "virtualmente certo" (probabilità > 99%)**

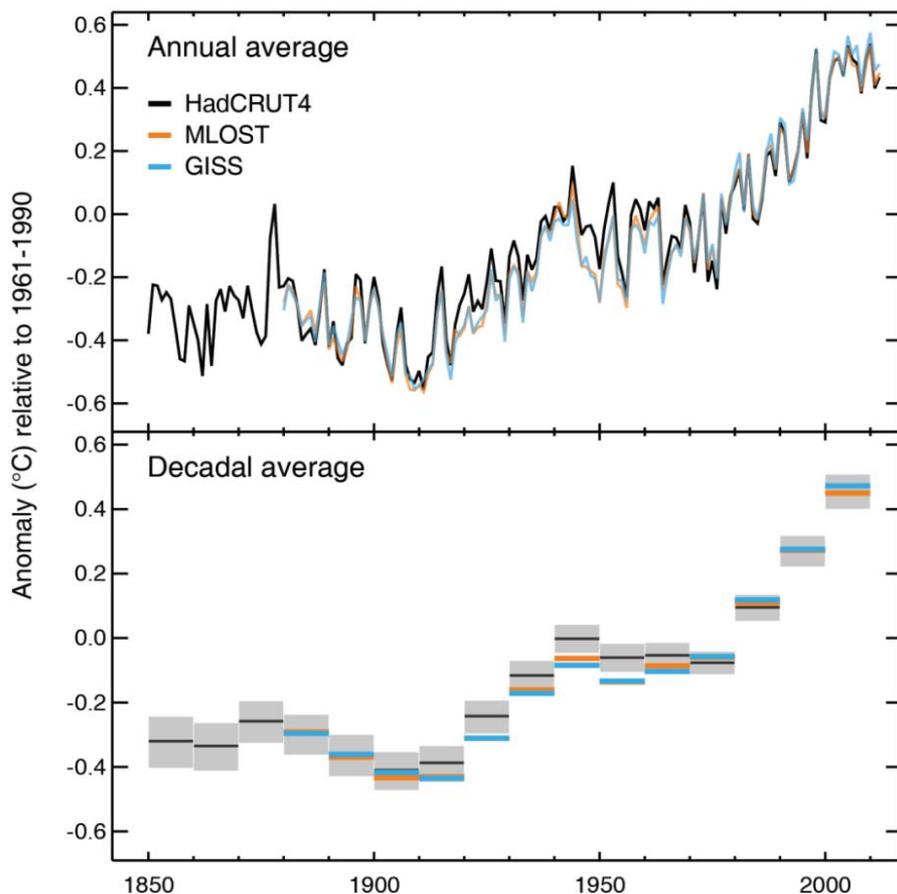


Cambiamenti osservati nella temperatura

1850 – 2012:
Aumento della temperatura media globale superficiale (Tmgs)

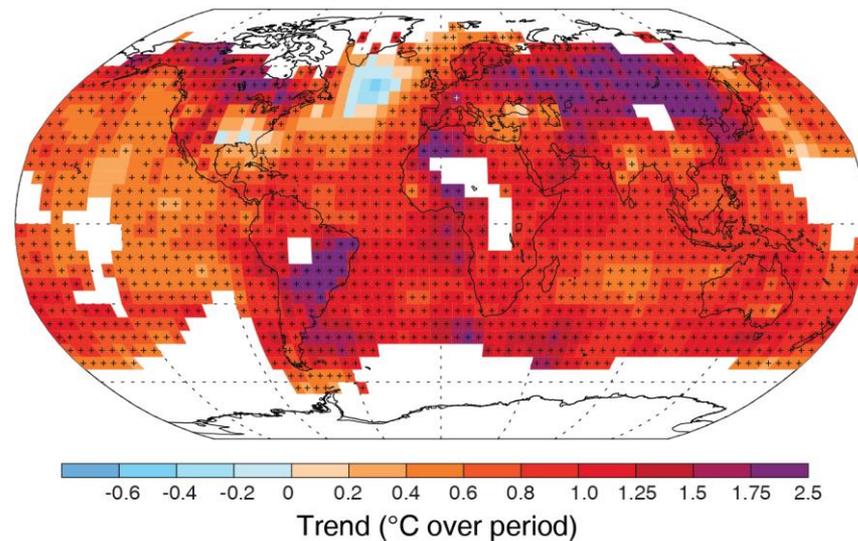
(a)

Global surface temperature timeseries



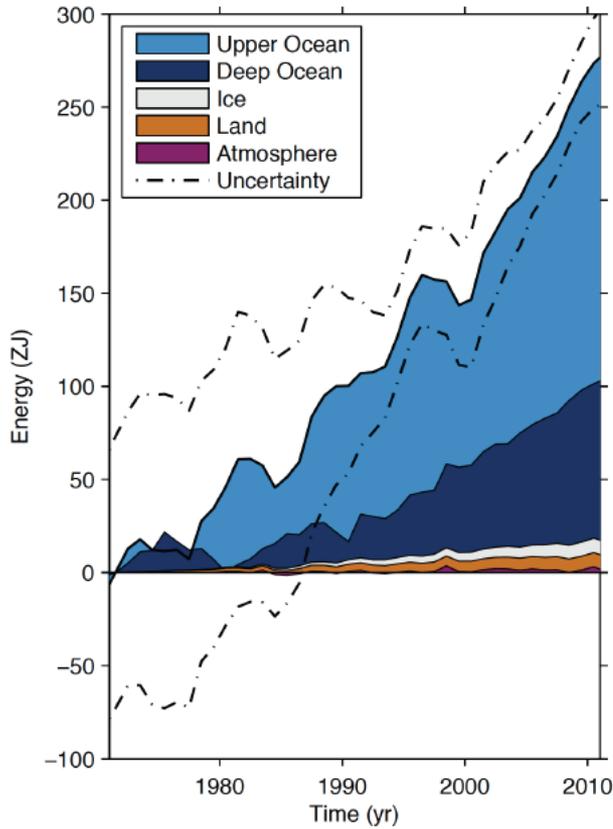
- *trend lineare* **0,85°C** nel periodo 1880–2012
- aumento totale **0,78°C** dal 1850-1900 al 2003-2012
- **0.12°C/decennio** in 1951–2012
- **Le tendenze su periodi brevi (ultimi 15 anni :1998-2012) sono statisticamente non significative.**
- *0.05°C/decennio* in 1998-2012
- Ultimi tre decenni sono stati più caldi dal 1850.
- L'ultimo decennio è stato il più caldo.

Change in global surface temperature 1901–2012

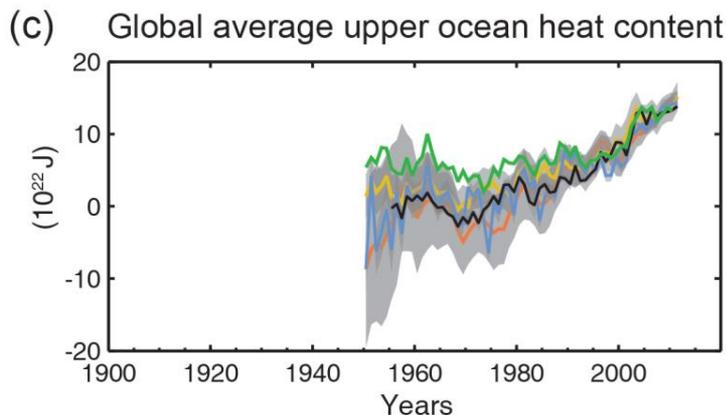
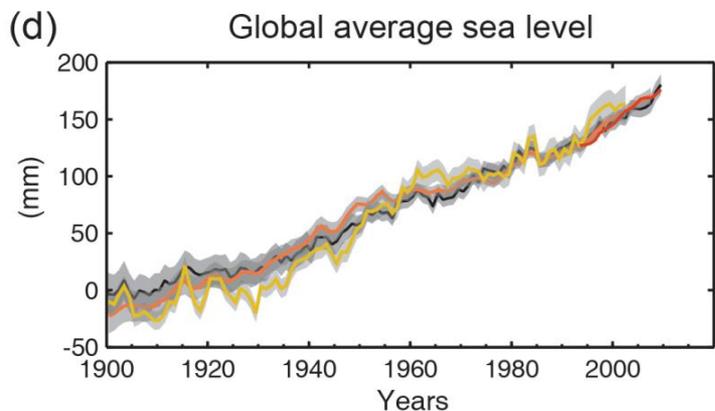




Il sistema climatico ha continuato ad accumulare energia nei passati 15 anni



- 93% dell'aumento dell'energia nel sistema climatico terrestre si è accumulato nell'oceano
- 1% ha riscaldato l'atmosfera
- 3% ha riscaldato la superficie terrestre
- 3% ha fuso i ghiacci terrestri e marini



Banchisa artica

• Dal 1970 al 2012 l'estensione annuale media della banchisa artica (ghiaccio marino) è diminuita di **3.5-4.1% per decennio**.

• Questa diminuzione è evidente in tutte le stagioni.

Livello globale medio del mare

• Dal 1901 al 2010 è cresciuto di **0.19m**.

• Il tasso di innalzamento del livello globale medio marino ha accelerato negli ultimi due secoli.

• Il tasso medio di innalzamento del livello globale medio marino è:

- **1.7mm/anno** nel periodo 1901-2010
- **3.2mm/anno** nel periodo 1993-2010.

Oceani

• L'oceano superficiale (0-700m) si è riscaldato durante gli ultimi decenni.

• Dal 1971 al 2010 il riscaldamento oceanico supera **0.11°C/decennio** nei primi 75m.

Copertura nevosa & ghiacciai

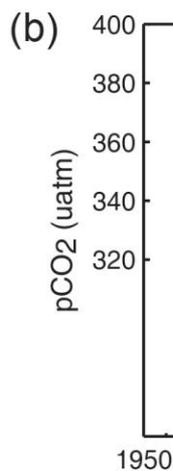
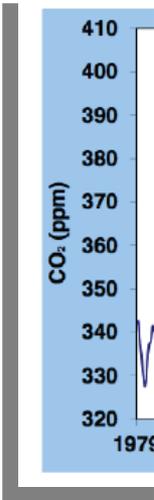
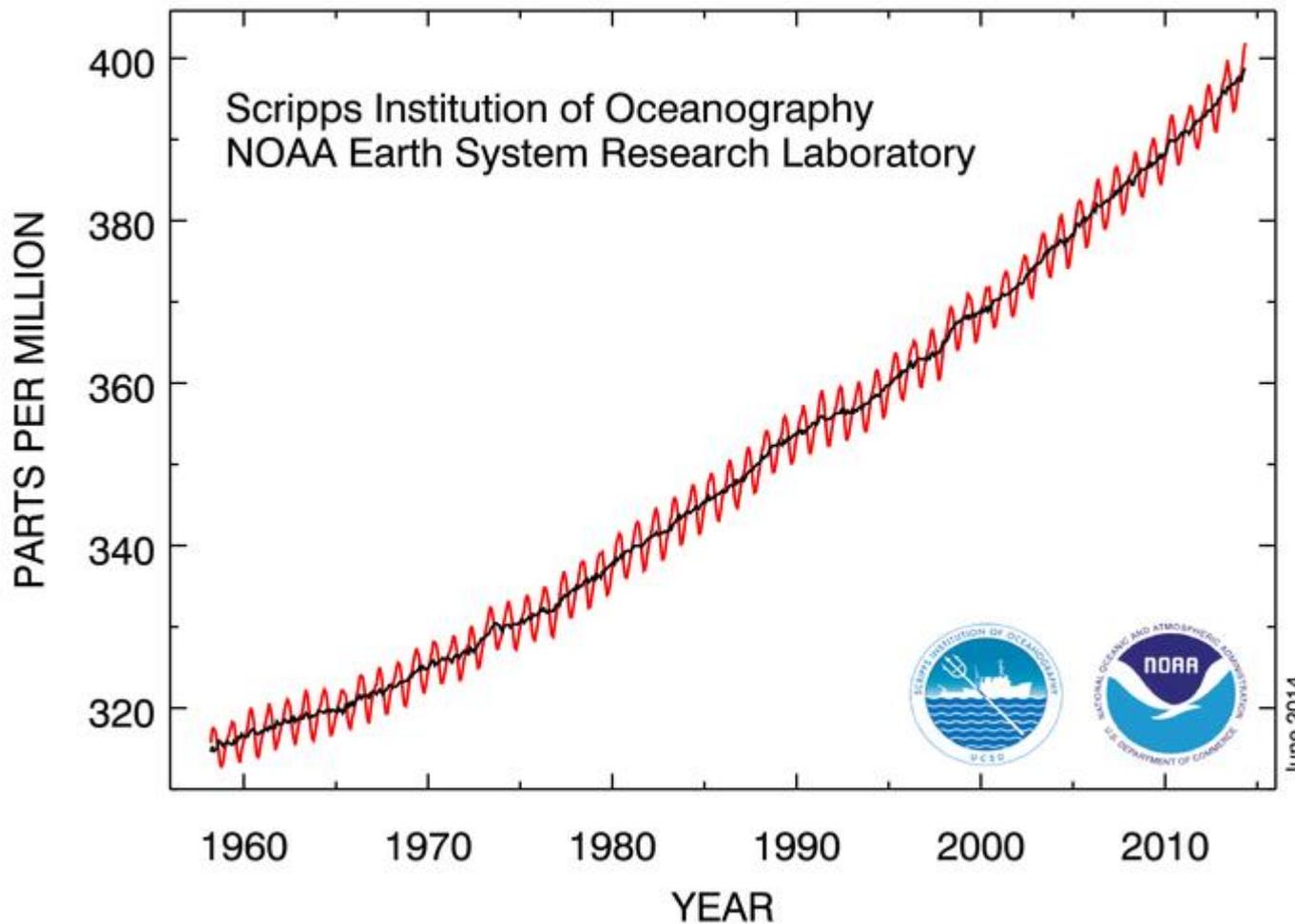
• 1971-2009 la massa dei ghiacciai è diminuita ad una velocità di 226 Gt/anno (-0,008% in 10y);

• 1967-2012 il valore medio dell'estensione della copertura nevosa nell'emisfero nord è diminuito di:

- **1,6% per decennio** in **marzo-aprile**
- **11,7% per decennio** in **giugno**.



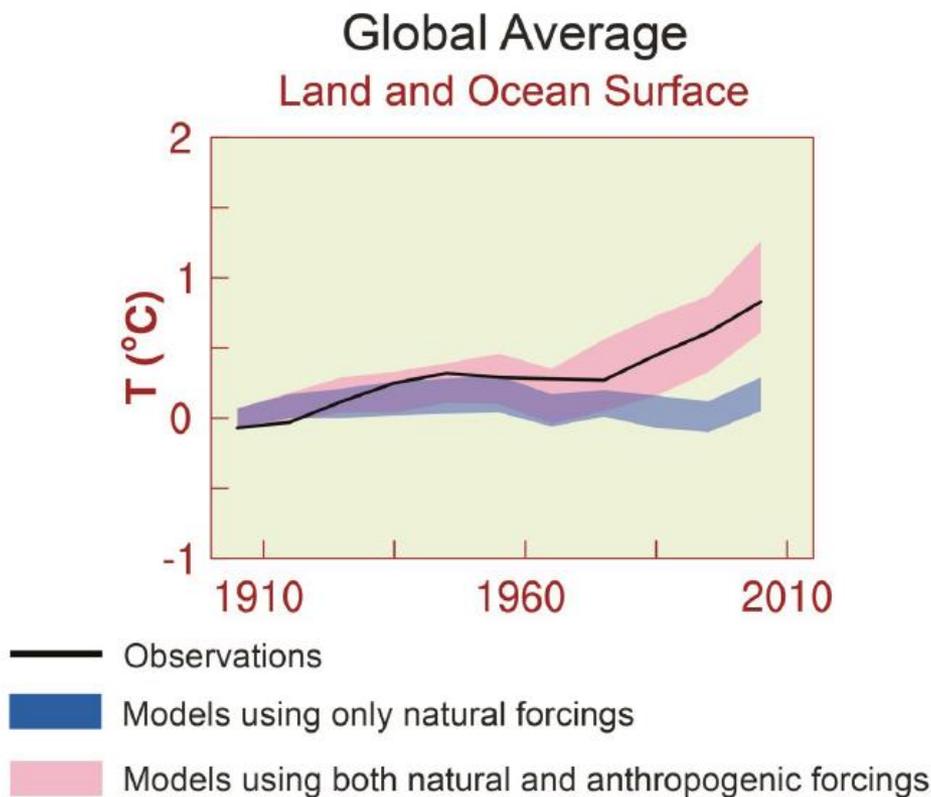
Atmospheric CO₂ at Mauna Loa Observatory



Years



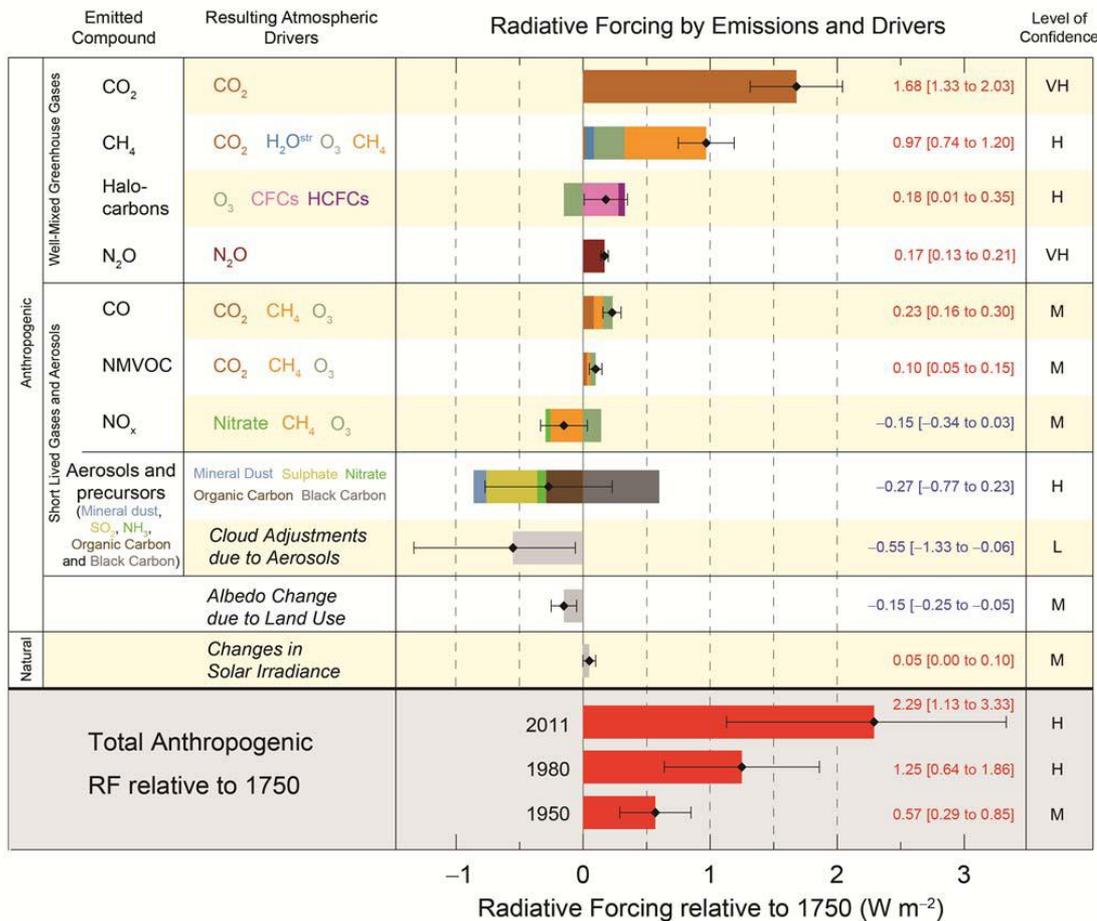
Una più solida valutazione degli effetti antropogenici



Il riscaldamento climatico è consistente con le simulazioni che includono fattori naturali ed antropici



E' "estremamente probabile" che l'attività antropogenica sia la causa dominante del riscaldamento osservato fin dalla metà del XX secolo.



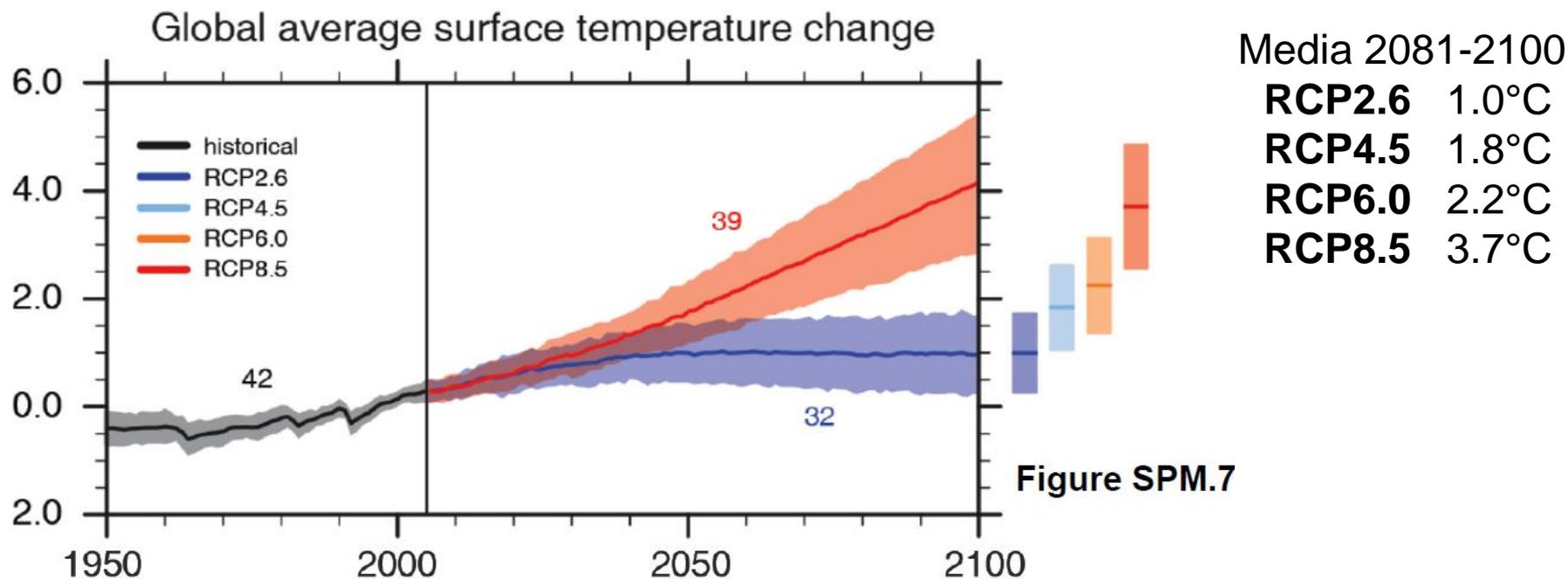
Forzante radiativo globale e annuale 2011 vs 1750

Con una probabilità superiore al 95%*, le attività antropiche sono responsabili di più del 50% dell'aumento di temperatura fra 1951 e 2010.

(* 66% nel 2001; 90% nel 2007)



Le proiezioni climatiche



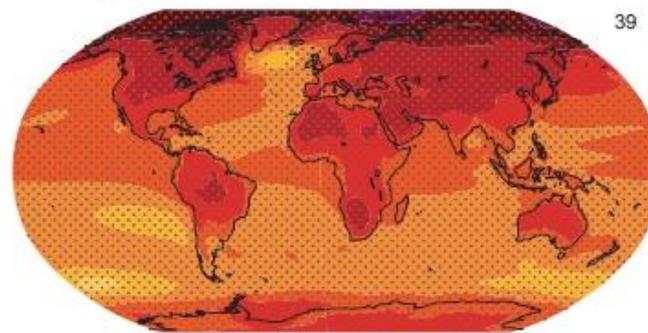
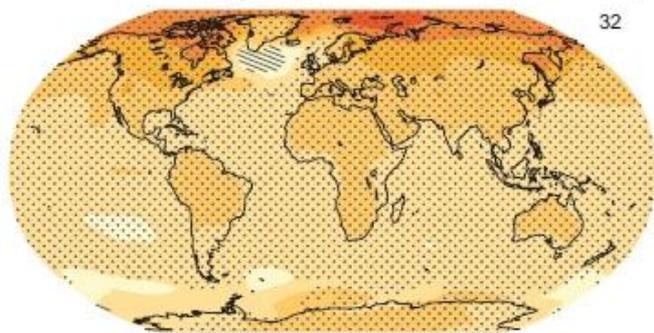
Entro la fine del nostro secolo la TMSG probabilmente sarà almeno 1.5°C oltre il livello preindustriale. Senza misure significative di mitigazione, la TMSG potrebbe crescere nel range di 2°C-4°C.



RCP 2.6

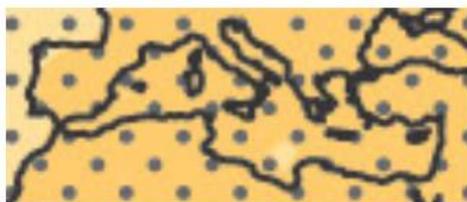
RCP 8.5

Change in average surface temperature (1986–2005 to 2081–2100)

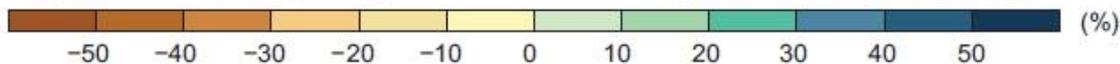
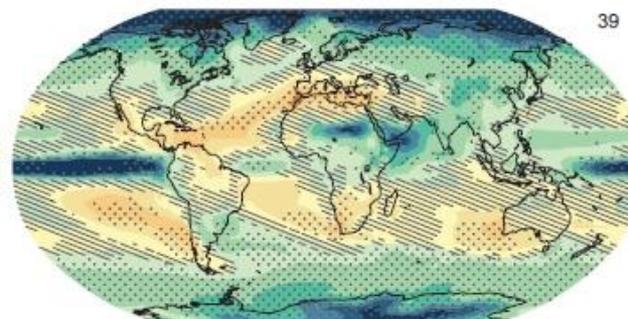
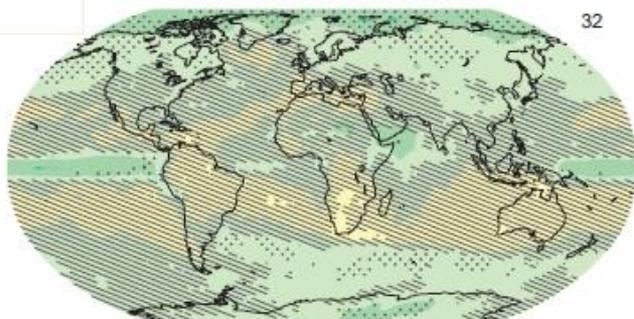


1 – 1,5 °C Aumento

4 – 7 °C Aumento



Change in average precipitation (1986–2005 to 2081–2100)





CAMBIAMENTI CLIMATICI

MITIGAZIONE
ADATTAMENTO

Due strategie per gestire grandi problemi legati al riscaldamento globale



MITIGAZIONE

Lotta alle cause
in primis

RIDUZIONE DELLE EMISSIONI, CAUSA
PRINCIPALE DEL RISCALDAMENTO DEL PIANETA



ADATTAMENTO

Gestione degli avvenimenti
adattarsi al mondo che cambia

CAMBIO DELLE TECNICHE DI COLTIVAZIONE O
DELLE VARIETA' COLTIVATE
COSTRUZIONE INFRASTRUTTURE
LEGIFERAZIONE SUI PERMESSI EDILIZI



30 marzo 2014

pubblicato on-line il V rapporto IPCC sugli Impatti, Adattamento e Vulnerabilità

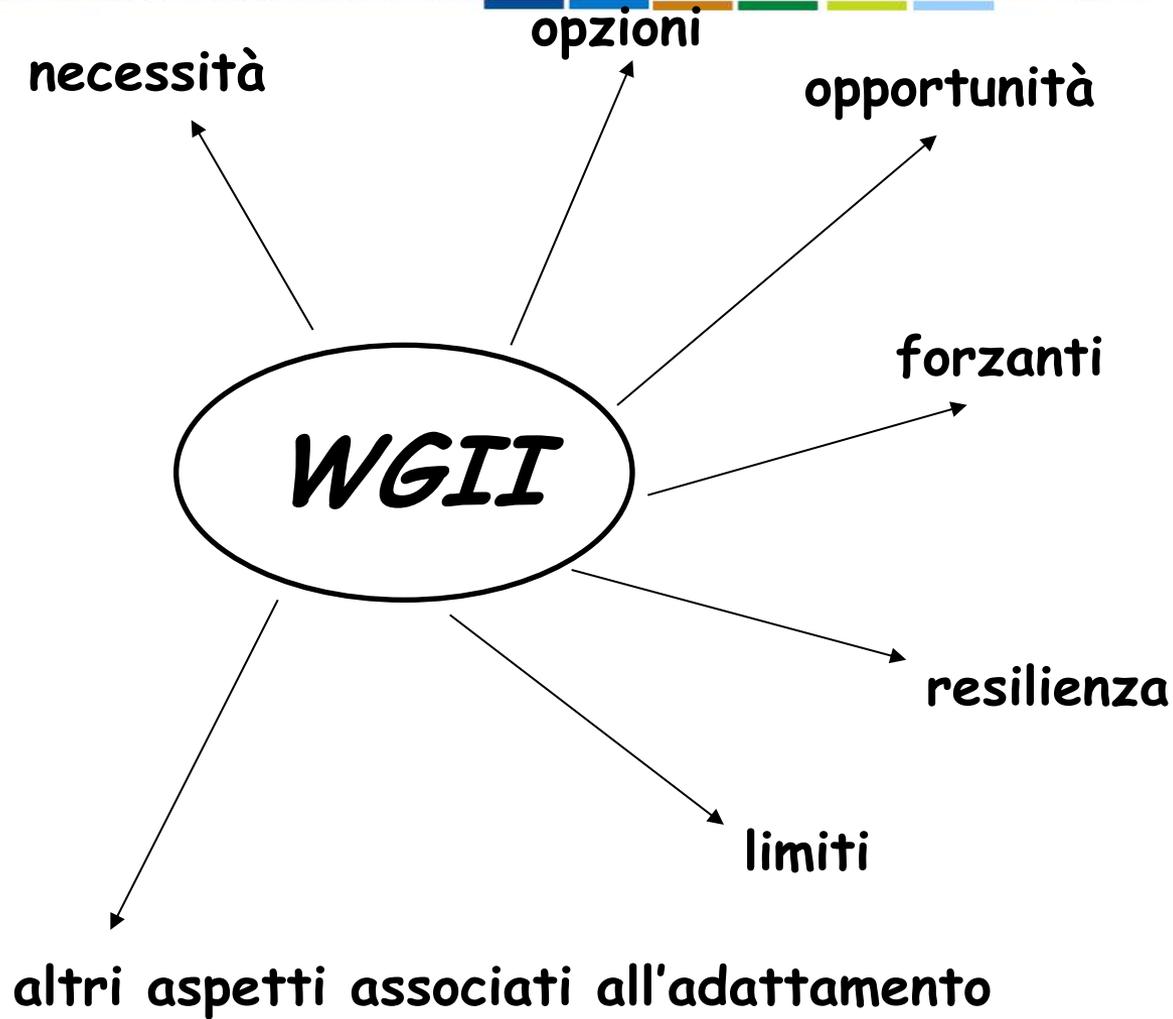
- *Riassunto per i Decisori Politici*
- *draft del Volume del Rapporto WGII*

s i t o

<http://www.climatechange2014.org/>

Come impatti e rischi legati al cambiamento climatico possano essere ridotti e amministrati attraverso l'adattamento e la mitigazione.



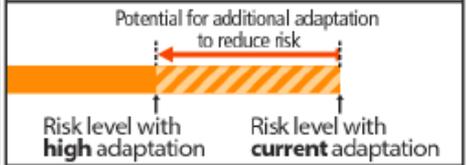




Climate-related drivers of impacts



Level of risk & potential for adaptation



Europe

Key risk	Adaptation issues & prospects	Climatic drivers	Timeframe	Risk & potential for adaptation																		
<p>Increased economic losses and people affected by flooding in river basins and coasts, driven by increasing urbanization, increasing sea levels, coastal erosion, and peak river discharges (<i>high confidence</i>)</p> <p>[23.2-3, 23.7]</p>	<p>Adaptation can prevent most of the projected damages (<i>high confidence</i>).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Significant experience in hard flood-protection technologies and increasing experience with restoring wetlands • High costs for increasing flood protection • Potential barriers to implementation: demand for land in Europe and environmental and landscape concerns 		<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Very low</td> <td>Medium</td> <td>Very high</td> </tr> <tr> <td>Present</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Near-term (2030-2040)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Long-term (2080-2100)</td> <td>2°C</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>4°C</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>		Very low	Medium	Very high	Present				Near-term (2030-2040)				Long-term (2080-2100)	2°C			4°C		
	Very low	Medium	Very high																			
Present																						
Near-term (2030-2040)																						
Long-term (2080-2100)	2°C																					
	4°C																					
<p>Increased water restrictions. Significant reduction in water availability from river abstraction and from groundwater resources, combined with increased water demand (e.g., for irrigation, energy and industry, domestic use) and with reduced water drainage and runoff as a result of increased evaporative demand, particularly in southern Europe (<i>high confidence</i>)</p> <p>[23.4, 23.7]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Proven adaptation potential from adoption of more water-efficient technologies and of water-saving strategies (e.g., for irrigation, crop species, land cover, industries, domestic use) • Implementation of best practices and governance instruments in river basin management plans and integrated water management 		<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Very low</td> <td>Medium</td> <td>Very high</td> </tr> <tr> <td>Present</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Near-term (2030-2040)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Long-term (2080-2100)</td> <td>2°C</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>4°C</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>		Very low	Medium	Very high	Present				Near-term (2030-2040)				Long-term (2080-2100)	2°C			4°C		
	Very low	Medium	Very high																			
Present																						
Near-term (2030-2040)																						
Long-term (2080-2100)	2°C																					
	4°C																					
<p>Increased economic losses and people affected by extreme heat events: impacts on health and well-being, labor productivity, crop production, air quality, and increasing risk of wildfires in southern Europe and in Russian boreal region (<i>medium confidence</i>)</p> <p>[23.3-7, Table 23-1]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Implementation of warning systems • Adaptation of dwellings and workplaces and of transport and energy infrastructure • Reductions in emissions to improve air quality • Improved wildfire management • Development of insurance products against weather-related yield variations 		<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Very low</td> <td>Medium</td> <td>Very high</td> </tr> <tr> <td>Present</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Near-term (2030-2040)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Long-term (2080-2100)</td> <td>2°C</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>4°C</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>		Very low	Medium	Very high	Present				Near-term (2030-2040)				Long-term (2080-2100)	2°C			4°C		
	Very low	Medium	Very high																			
Present																						
Near-term (2030-2040)																						
Long-term (2080-2100)	2°C																					
	4°C																					



GRAZIE PER L'ATTENZIONE