

Corso di Oceanografia Polare

6 CFU

48 Ore

SSD GEO/12

Docenti

Prof. Yuri Cotroneo

Prof. Pasquale Castagno

[Teleconnessioni ed indici di variabilità atmosferica
Emisfero Settentrionale](#)



TELECONNESSIONI

Le anomalie della Circolazione Generale dell'Atmosfera avvengono, anche e soprattutto, per mezzo di grandi fenomeni climatici che tendono a manifestarsi periodicamente. Tali fenomeni vengono descritti e rappresentati per mezzo delle TELECONNESSIONI (TLC).

Due punti dell'atmosfera si dicono TELECONNESSI se i parametri meteo associati, quali ad esempio pressione e/o temperatura, sono tra loro correlati o anticorrelati nel tempo, cioè variano in fase o in opposizione di fase tra loro, evidenziando appunto una stretta correlazione statistica.

- **La dinamica della Tlc è ciclica e ad ogni fase della ciclo si associano delle condizioni atmosferiche caratteristiche con effetti sulle condizioni meteo-climatiche a scala regionale, emisferica o addirittura globale**
- **Le Tlc modulano ad esempio la posizione, intensità e la traiettoria dei sistemi di bassa pressione; dei flussi di calore verso i poli; degli scambi di vapore e quantità di moto.**
- **Gli effetti sul clima di una regione possono essere differenti e talvolta opposti (determinazione di periodi di siccità o di piogge intense) e sono particolarmente attive nei mesi invernali (specialmente nell'emisfero settentrionale quando la circolazione media è più intensa.**

Teleconnections

Table 2.2 *Examples of teleconnections involving two regions*

Variable 1	Variable 2
Surface pressure in Indonesia	Surface pressure in the eastern Pacific
Precipitation over Australia	Precipitation over India
Ocean temperature in the eastern tropical Pacific	Upper-level air pressure over the northern Rocky Mountains
Ocean temperature in the eastern tropical Pacific	Rainfall in the southeastern United States
Surface temperature in Greenland	Surface temperature in northern Europe
Ocean temperature in the central tropical Pacific	Ocean temperature in the tropical Indian Ocean
Low-level east–west airflow over the Indian Ocean	Low-level east–west airflow over the tropical Pacific Ocean
Ocean temperature in the eastern tropical Pacific	Strength of upper-level westerly wind flow in the North Pacific
Rainfall in northeast Brazil	Ocean surface temperature in the eastern tropical Pacific
Rainfall in the sub-Saharan area of Africa	Surface pressure difference between the Indonesian and tropical east Pacific areas
Upper-level pressure in the subtropical regions of the west Atlantic	Upper-level pressure in the polar region of the North Atlantic
Upper-level pressure in the western subtropical Pacific area	Upper-level pressure in the North Pacific area

Note: Correlations may be either positive or negative for the variables listed. In all cases, the variables are for monthly or seasonally averaged times and for a broad area in the regions listed.

Source: After D. D. Houghton, 1996. Teleconnections, in S. H. Schneider, ed., *Encyclopedia of Weather and Climate*, New York: Oxford University Press, p. 743.

Climate oscillations

Oscillation is the **repetitive variation** (typically in time) **of some measure about a central value** (often a point of equilibrium) or between two or more different states (I.E. Pendulum, alternating current, beating of the human heart, vibration of strings in guitar).

A climate oscillation (or climate cycle) is any **recurring cyclical oscillation within global or regional climate**: *regular cyclical changes of the earth's climate.*

Climate oscillations are the **naturally reoccurring changes of earth's climate that are associated with the interactions of atmospheric and oceanic conditions** and occur over different geographic scales and time periods. These **changes in air pressure, sea temperature, and wind direction over oceans** have a defined impact on global weather patterns.

Major Climate oscillations:

El Niño/Southern Oscillation: is a *periodic fluctuation in SST* (El Niño) and the air pressure of the overlying atmosphere (Southern Oscillation) across the equatorial Pacific Ocean.

Pacific Decadal Oscillation: recurring pattern of ocean-atmosphere climate variability centered over the mid-latitude Pacific basin (El Niño-like pattern of Pacific climate variability).

North Pacific Oscillation: a north–south seesaw in sea-level pressure over the North Pacific Ocean.

North Pacific Gyre Oscillation: is defined as the second dominant mode of variability of Sea Surface Height (SSH) anomaly and SST anomaly in the Northeast Pacific.

Atlantic Multidecadal Oscillation: is the variability of the sea surface temperature (SST) of the North Atlantic Ocean on the timescale of several decades

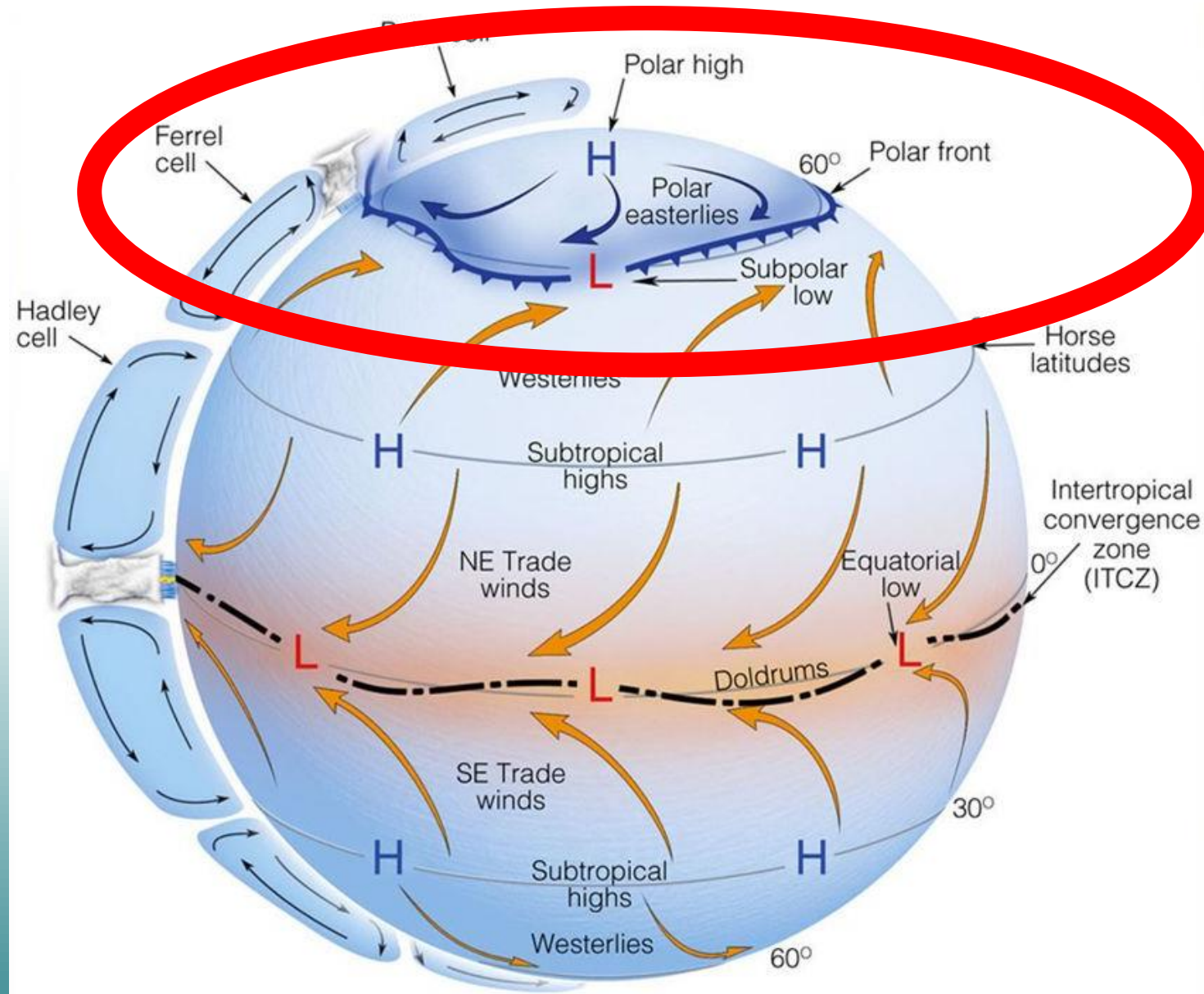
North Atlantic Oscillation: is the fluctuations in the difference of atmospheric pressure at sea level (SLP) between the Icelandic Low and the Azores High.

Arctic Oscillation (or Northern Annular Mode): is an atmospheric circulation pattern over the mid-to-high latitudes of the Northern Hemisphere

Antarctic Oscillation (or Southern Annular Mode): is characterized by pressure anomalies of one sign centered in the Antarctic and anomalies of the opposite sign centered about 40-50S



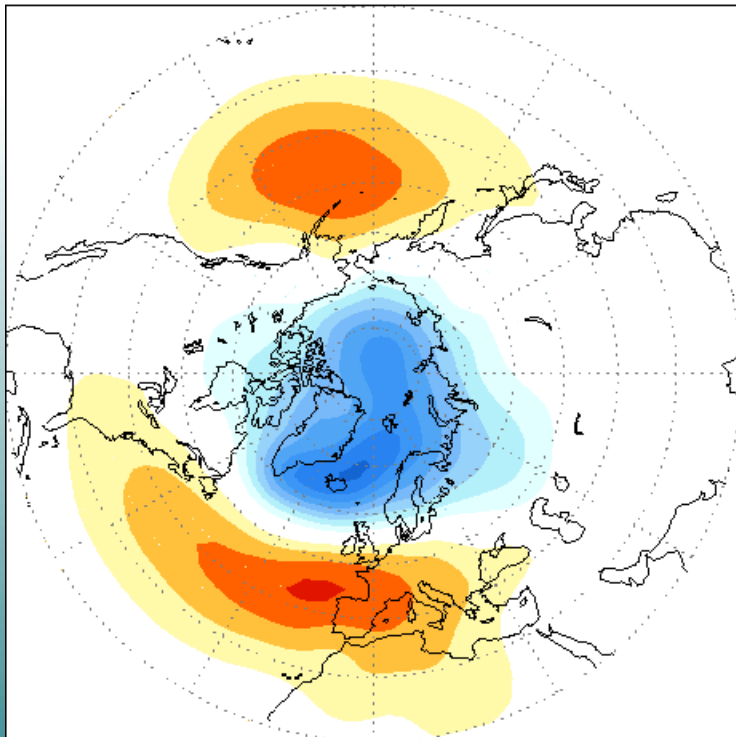
Annular Polar Mode



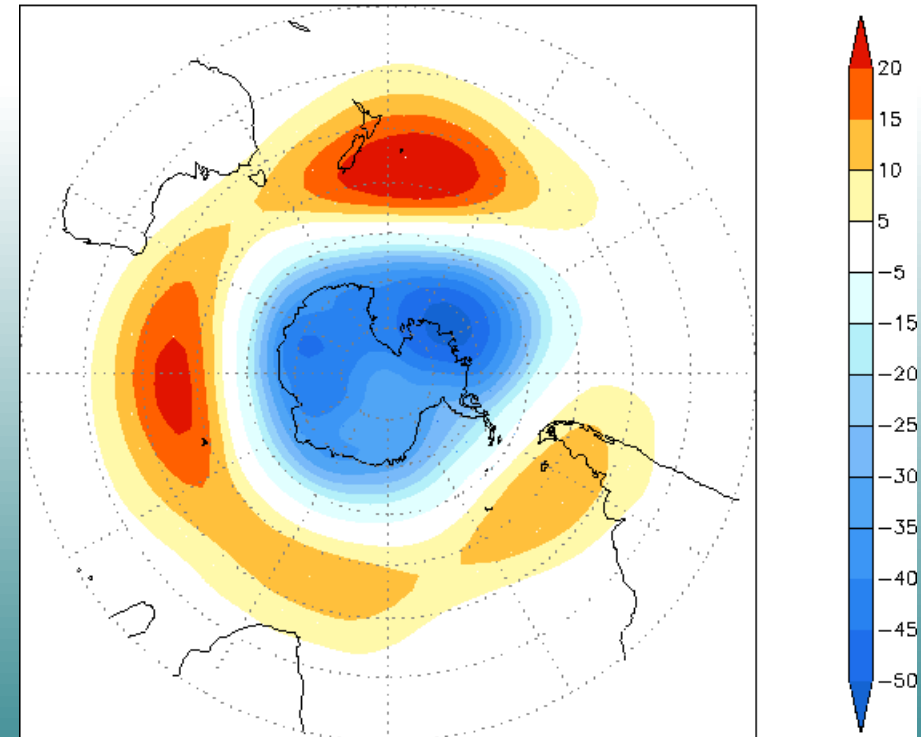
Annular Polar Mode

The leading modes of variability of the extratropical circulation in both hemispheres are characterized by deep, zonally symmetric or “annular” structures, with geopotential height perturbations of opposing signs in the polar cap region and in the surrounding zonal ring centered near 45° latitude.

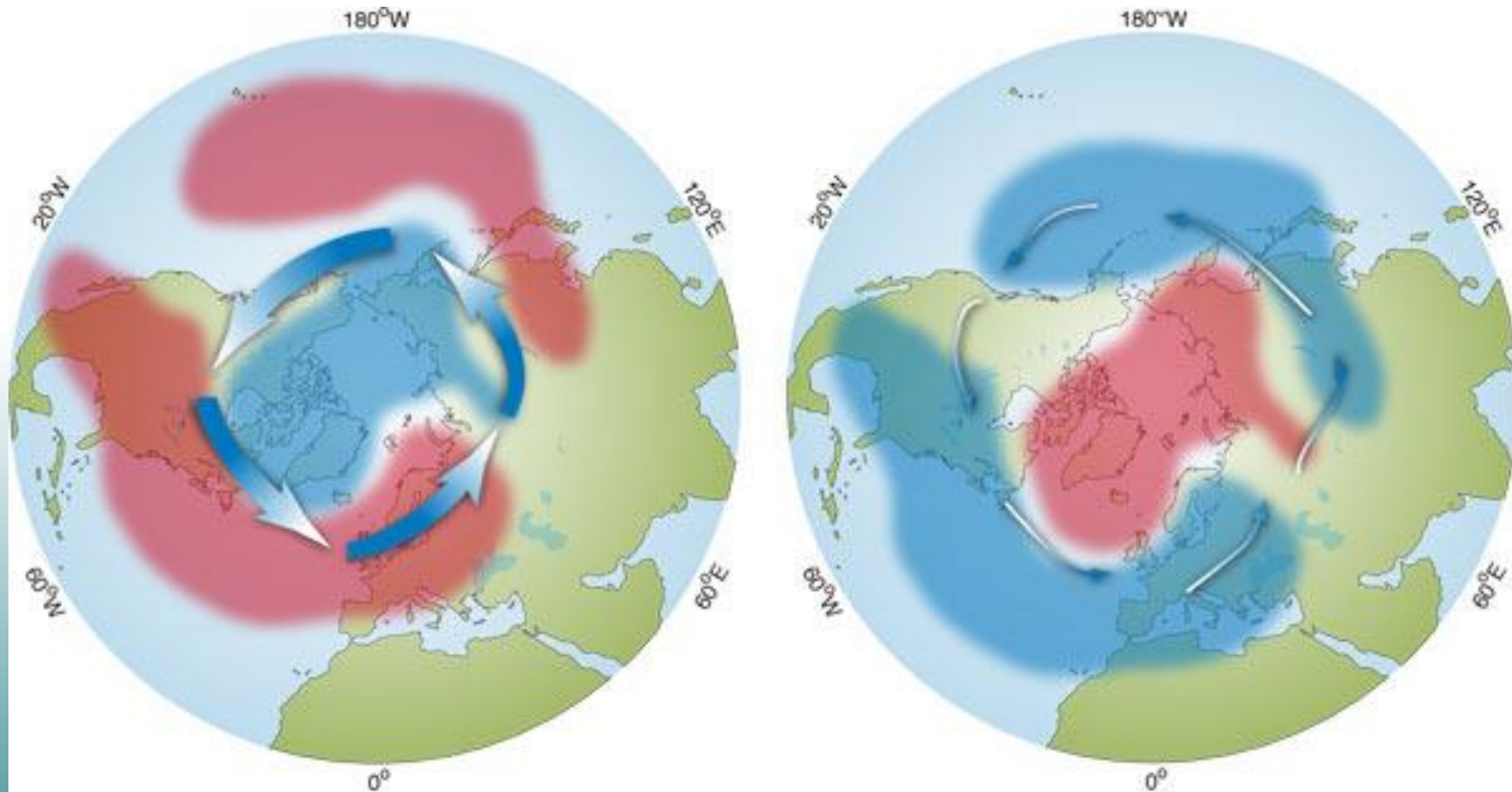
Leading EOF (19%) shown as regression map of 1000mb height (m)



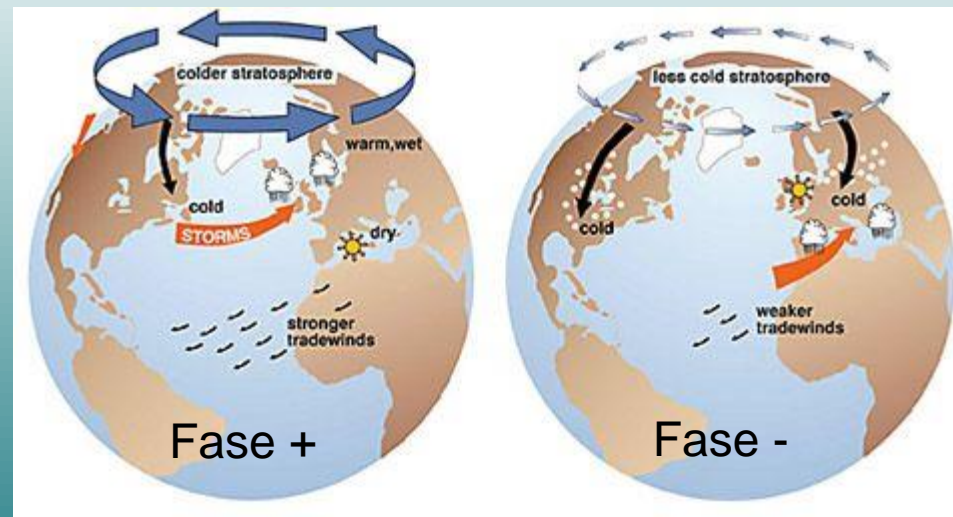
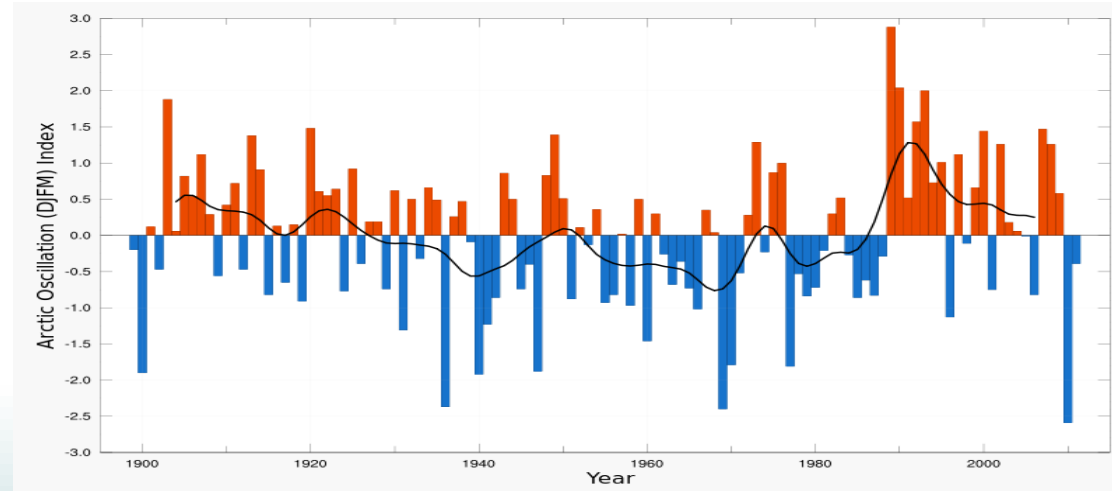
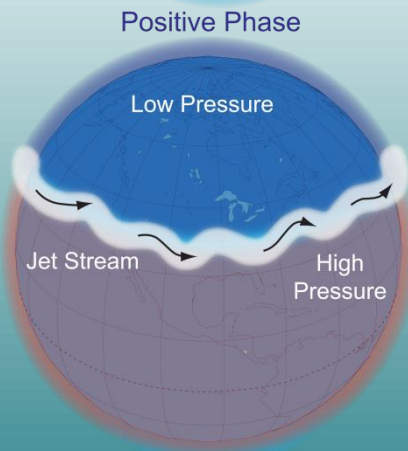
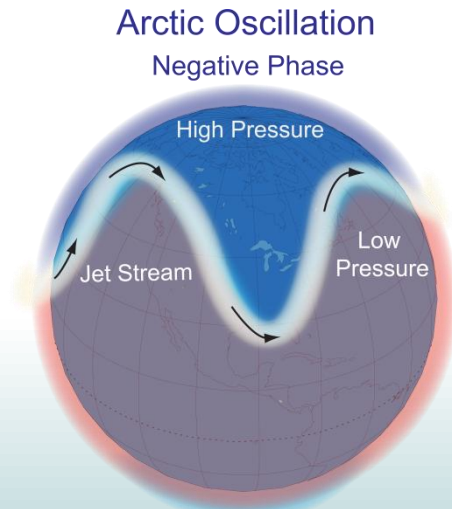
Leading EOF (27%) shown as regression map of 700mb height (m)



Partendo dall'assunto che i venti zonali dipendono per intensità ed estensione dal gradiente di pressione tra alte e medie latitudini, ne deriva una dipendenza dei venti dal modo di variabilità anulare



Northern Annular Mode – NAM (Arctic Oscillation – AO) è un indice del modo dominante **non stagionale** delle variazioni di pressione al livello del mare a nord della latitudine 20N, ed è caratterizzata da anomalie positive (negative) della pressione nella regione artica ed anomalie negative (positive) riscontrate nella fascia di latitudine compresa tra 37-45N

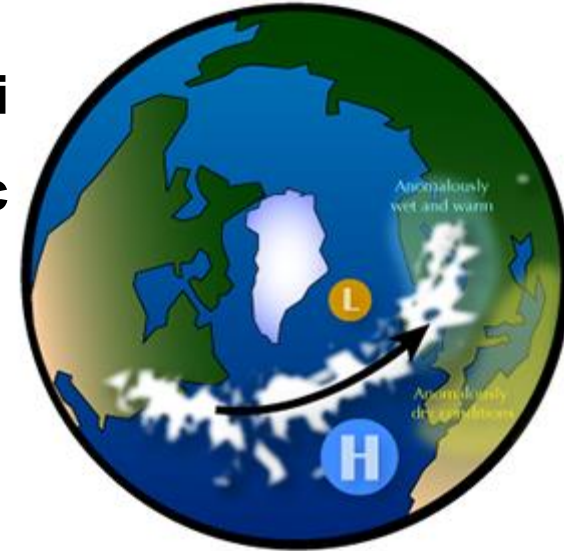


La North Atlantic Oscillation

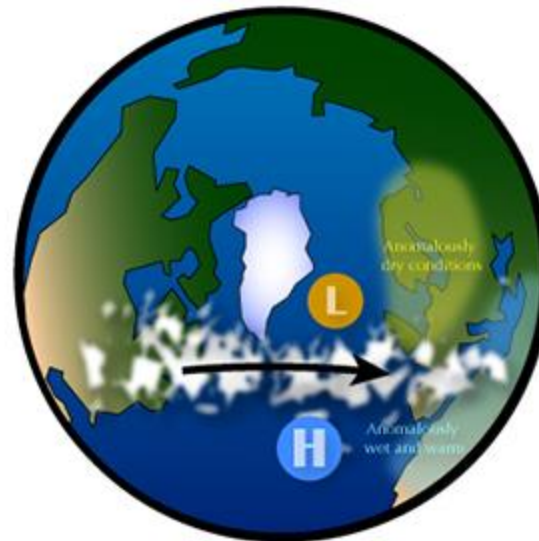
North Atlantic Oscillation - NAO

Uno dei modelli teleconnettivi più importanti dell'emisfero boreale è la North Atlantic Oscillation (NAO).

La **NAO**: **dipolo nord-sud di anomalie bariche**, con **un centro** che si trova sopra la **Groenlandia** e **l'altro centro** di segno opposto, che attraversa le latitudini centrali del **Nord Atlantico tra 35°N e 40°N (Azzorre)**.



Positive Phase



Negative Phase

Questa oscillazione del campo barico tra la regione Artica e quella dell'Atlantico subtropicale, in particolar modo, tra l'anticiclone delle Azzorre ed il ciclone d'Islanda. è la North Atlantic Oscillation (NAO); è attiva durante tutto l'arco dell'anno, ma raggiunge il suo massimo durante l'inverno boreale.



Negative Phase

© Pablo Ortega



Positive Phase

In base al maggiore o minore gradiente che viene a crearsi tra queste due masse atmosferiche, la North Atlantic Oscillation può assumere due fasi principali.

Gli spostamenti, da una fase all'altra, possono produrre grosse variazioni delle condizioni meteo-oceanografiche:

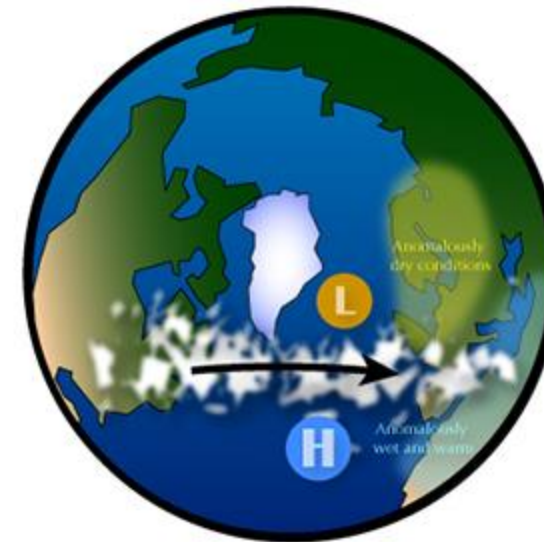
- **velocità media del vento oltre che la loro direzione**
- **trasporto di calore ed umidità tra la regione atlantica ed i continenti circostanti**
- **l'intensità ed il numero dei fenomeni temporaleschi, il loro andamento e le condizioni climatiche ad essi associate.**

Entrambe le fasi della NAO sono associate a cambiamenti sull'intero bacino atlantico:

- **della distribuzione barica**
- **nell'intensità e posizione della corrente a getto Nord Atlantica,**
- **nel percorso delle perturbazioni atmosferiche, con conseguenti modulazioni a grande scala dei pattern normali di trasporto zonale e meridionale di calore e umidità, che a loro volta provocano cambiamenti di temperatura e precipitazioni, spesso estesi dal Nord America orientale all'Europa occidentale e centrale**

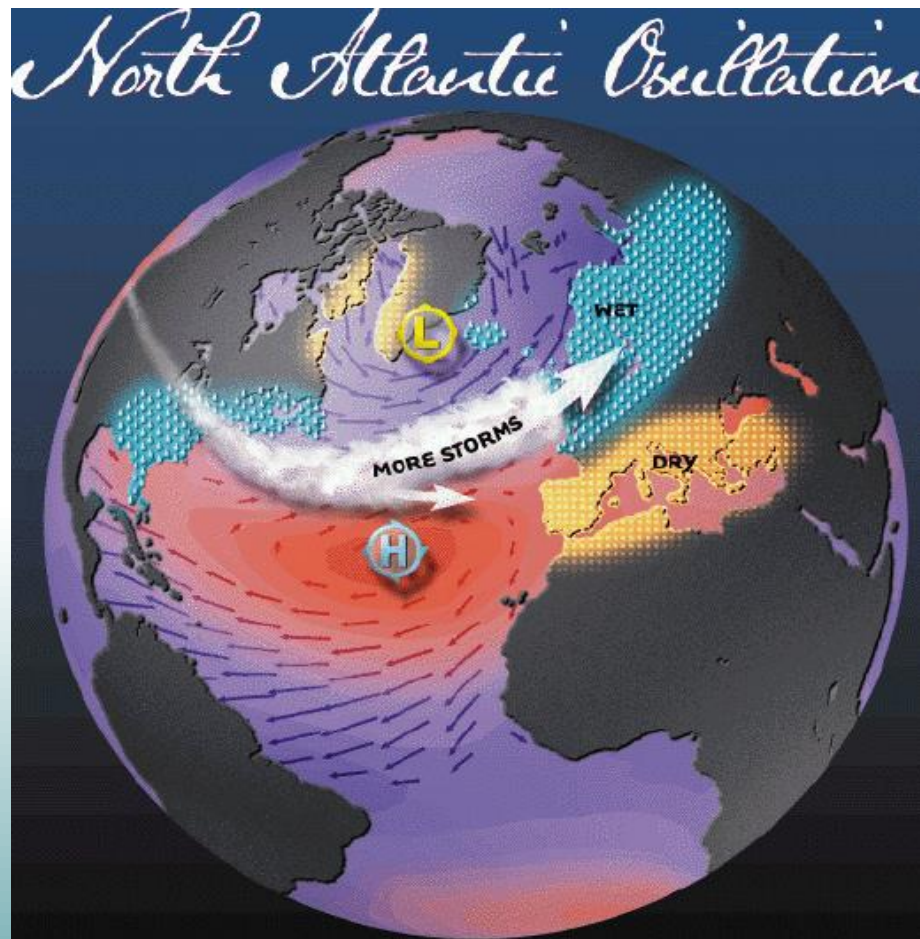


Positive Phase



Negative Phase

Fase positiva della NAO



Pressione subtropicale (H) più alta del normale

+

Pressione subpolare (L) più bassa del normale



Aumento del gradiente di pressione.

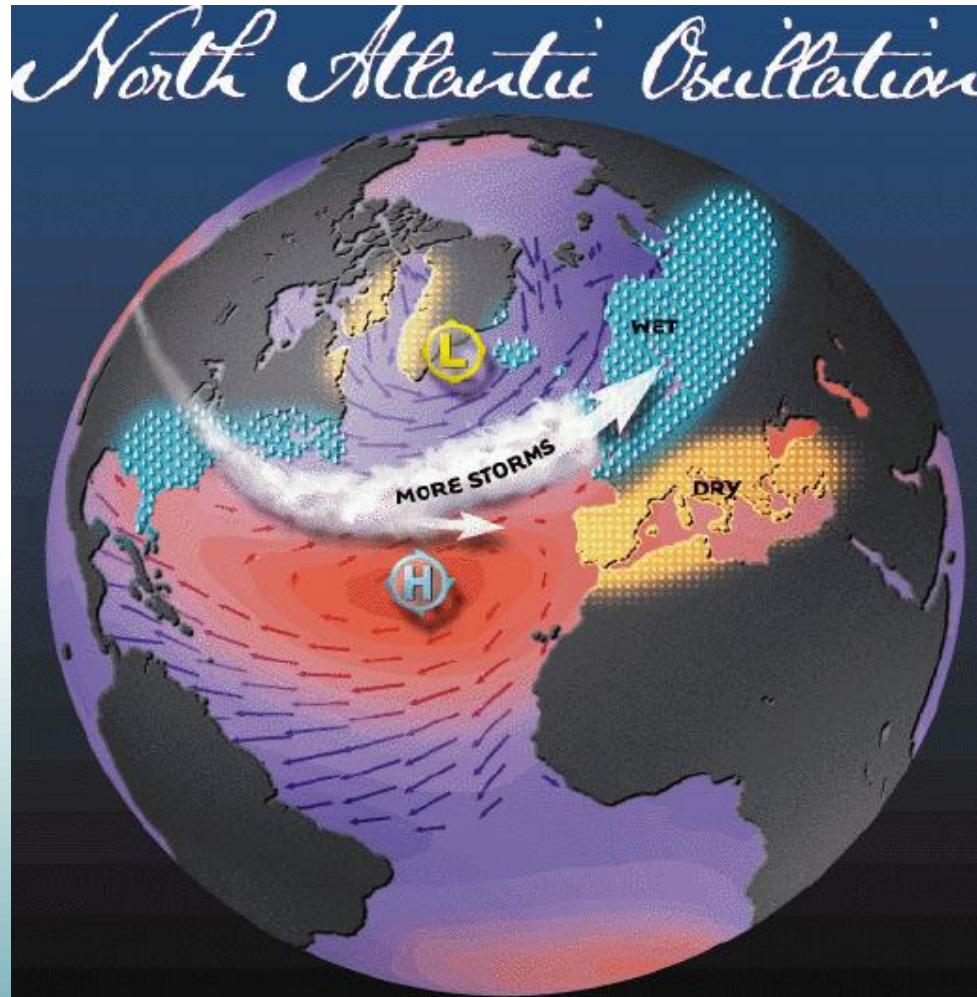


intensificazione venti occidentali



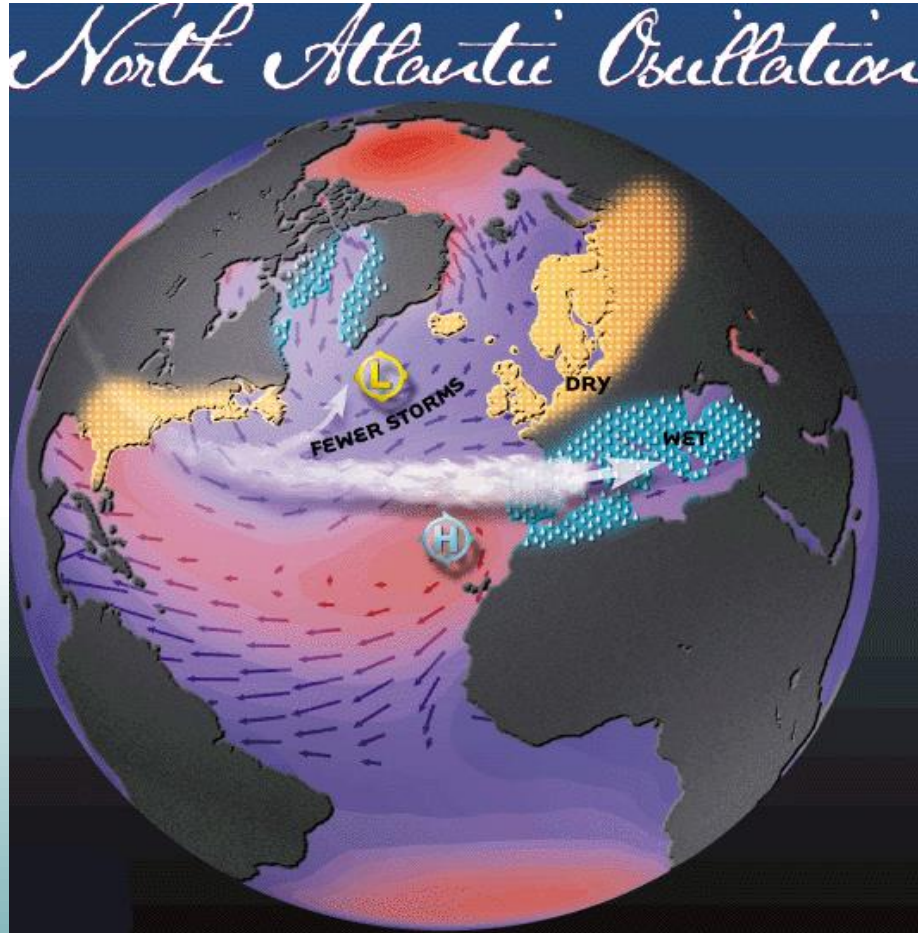
Aumento delle precipitazioni che attraversano tutto l'Atlantico.

Fase positiva della NAO



- **Europa: Inverni più caldi con precipitazioni maggiori**
- **Nord del Canada ed in Groenlandia: inverni freddi con minori precipitazioni**
- **Costa Est degli Stati Uniti: mostra inverni più miti con minori precipitazioni.**

Fase negativa della NAO



Indebolimento di entrambi i campi barici.



Gradiente di pressione ridotto.



- Precipitazioni più deboli ed in numero minore da Ovest ad Est
- Aria più umida sulla regione Mediterranea
- Freddo sul Nord Europa
- Costa est degli Stati Uniti: aria più fredda, maggiori precipitazioni a carattere nevoso in inverno

Definizione degli indici di circolazione

Una **Teleconnessione** è definita da un **pattern spaziale** di una o più **variabili meteo/oceanografiche** e da un **indice** che caratterizza la sua **fase** e quindi la sua evoluzione temporale.

Alcuni esempi :

Fenomeno

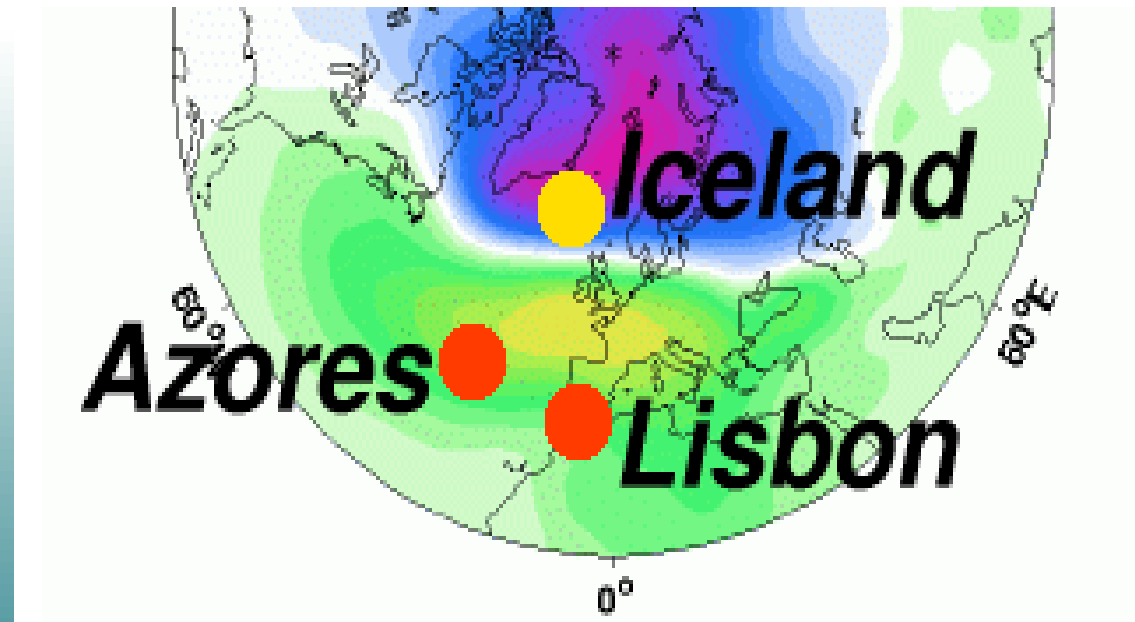
Indice

- | | |
|--|---|
| - El Nino/Southern Oscillation | SO index (SOI) [pressure]
NINO 3/4/3.4 [SST] |
| - North Atlantic Oscillation (NAO) | NAO index (NAOI) |
| - Northern Annular Mode (NAM)
(Arctic Oscillation – AO) | NAM index (NAMI)
(AO index – AOI) |
| - Southern Annular Mode (SAM) | SAM index (SAMI) |
| - Pacific North American pattern (PNA) | PNA index (PNAI) |
| - Pacific Decadal Oscillation (PDO) | PDO index (PDOI) |

L' andamento della NAO è descritto da un indice sintetizzato attraverso diverse metodologie.

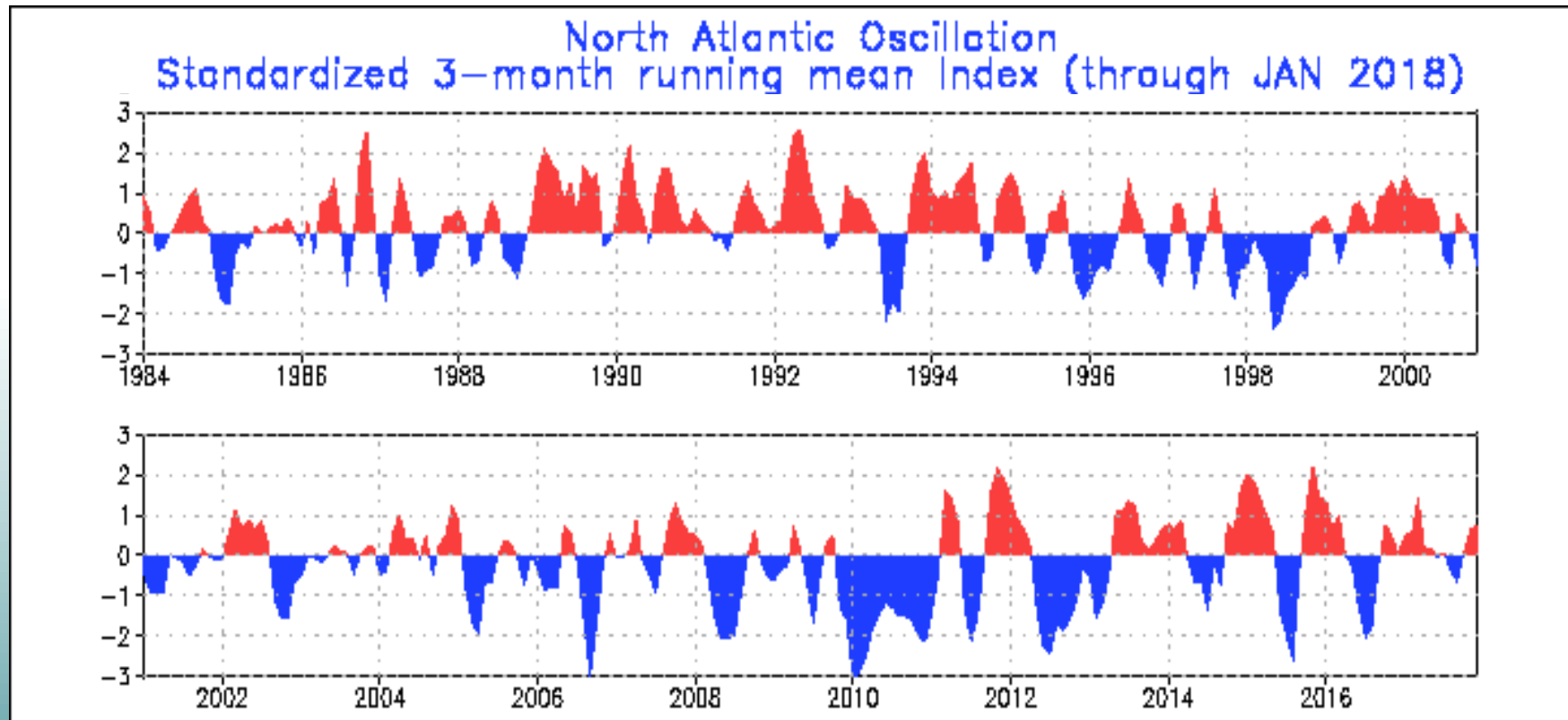
Gli indici più usati per definire la NAO sono:

1. differenza barica fra Azzorre e Islanda
2. differenza barica fra Gibilterra e Islanda sud-occidentale
3. differenza barica fra Lisbona e Stykkisholmur

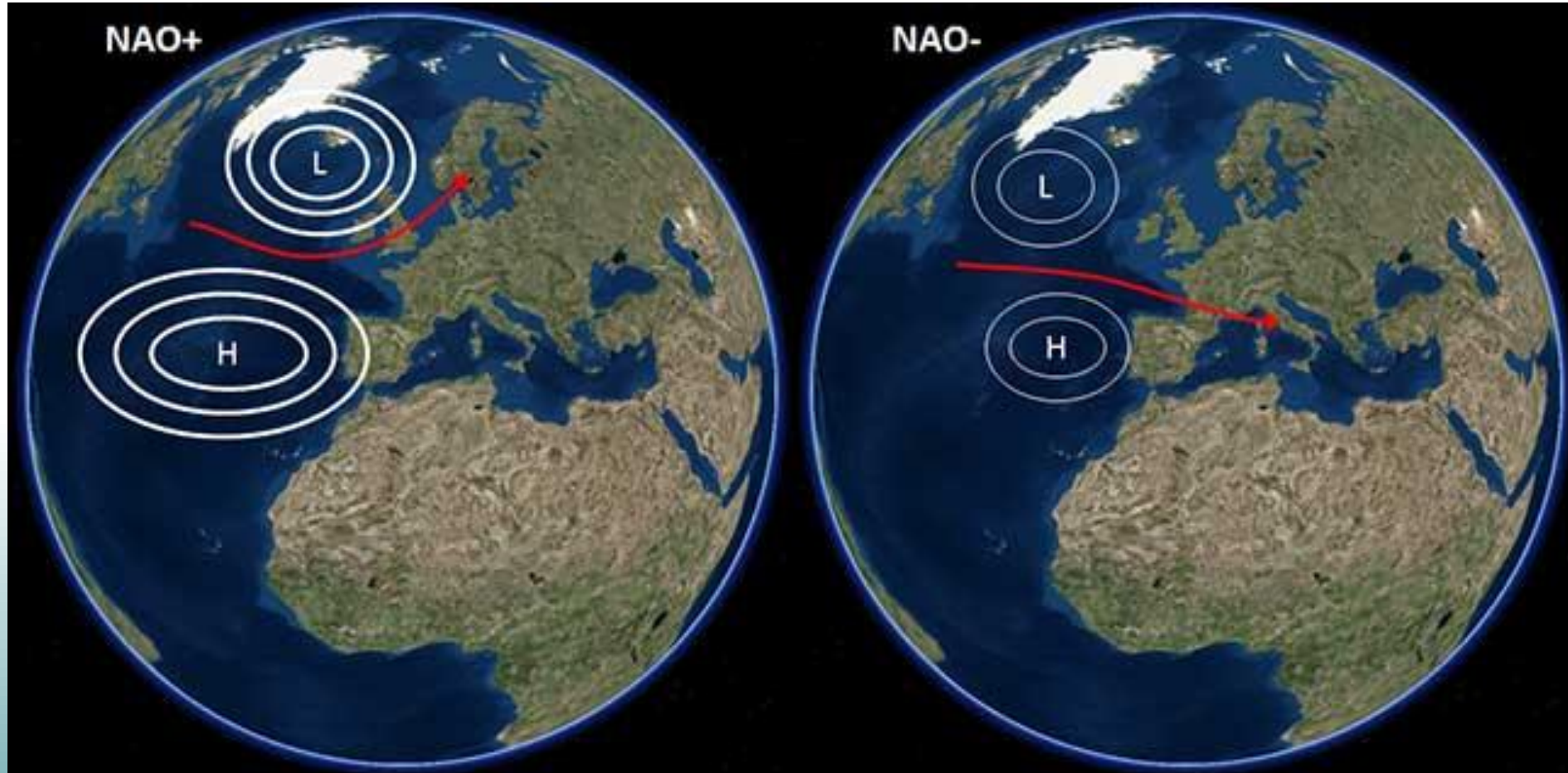


Non ci sono solamente fasi marcatamente positive o negative della NAO, ma anche situazioni transitorie. Ciò significa che la NAO va vista come un continuum di possibili stati più che a distinte fasi ben riconoscibili.

la NAO presenta una notevole variabilità interannuale e interstagionale, e periodi prolungati (diversi mesi) di entrambe le fasi positive e negative del modello sono comuni.

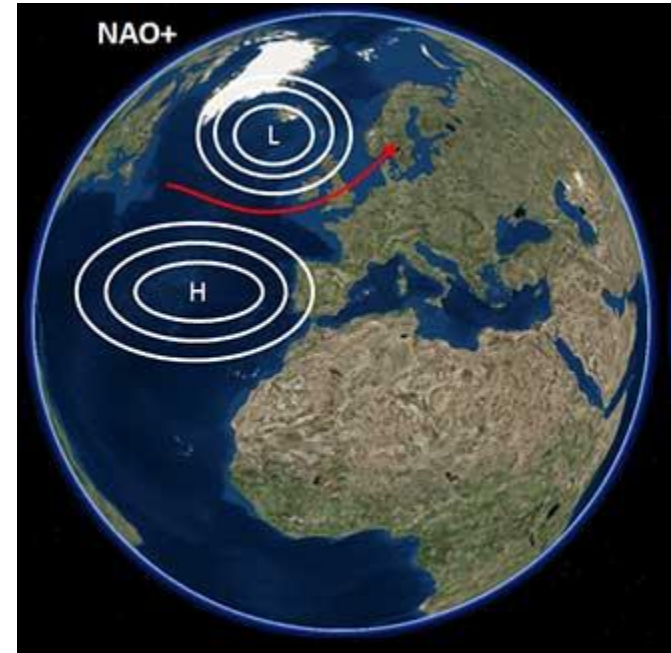


The NAO is a seesaw in atmospheric pressure that helps direct the flow of winter storms across the Atlantic.



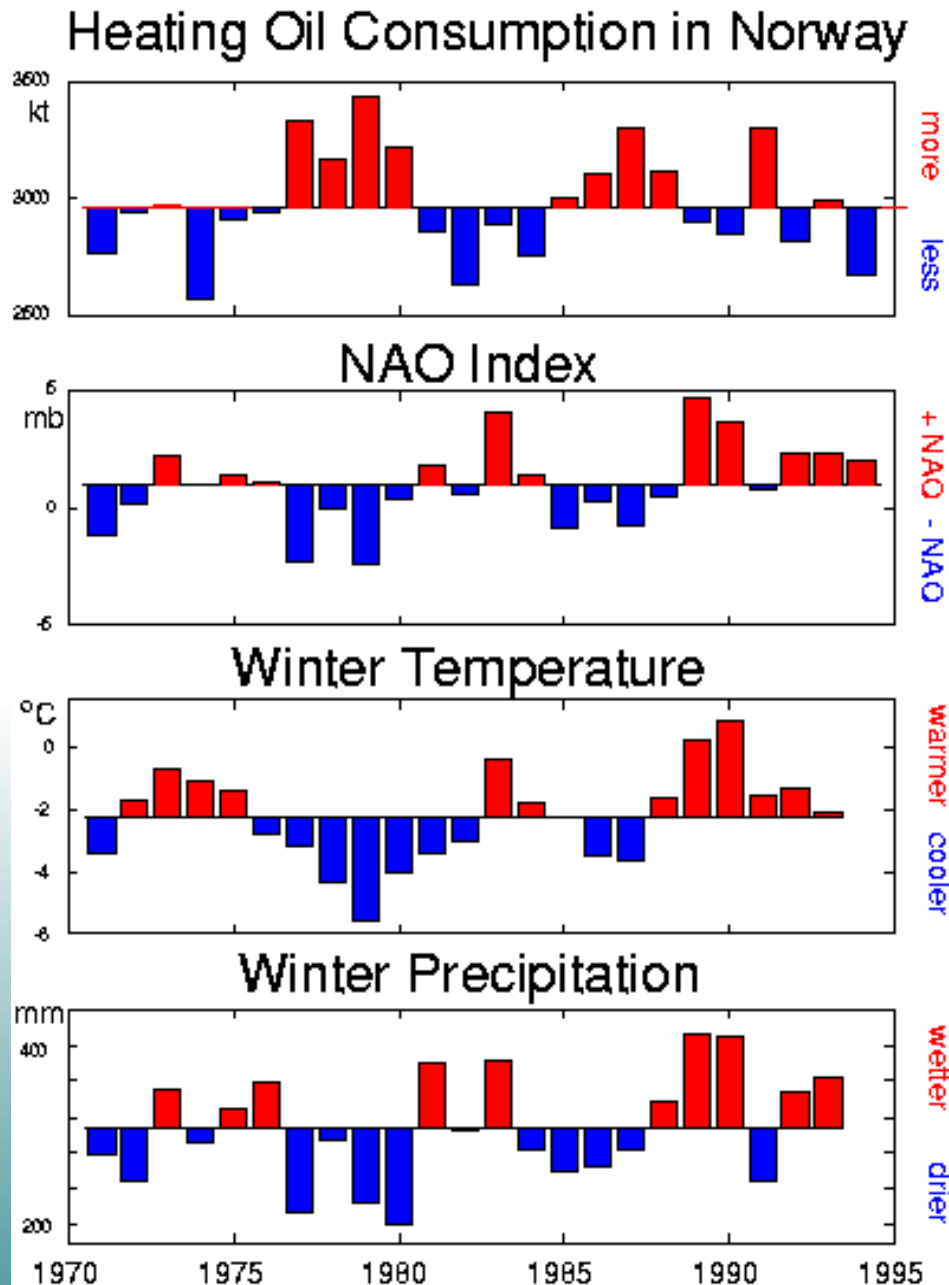
Icelandic Low ("L") and Azores High ("H") during positive and negative NAO, with the typical storm track (red arrow)

When the contrast between high pressure over the Azores and low pressure in the far north Atlantic is stronger than normal, the NAO is said to be in a positive phase. This usually drives mild Atlantic storms into northern Europe but keeps the Mediterranean region comparatively dry.



But when the contrast is lower than normal, the NAO becomes negative and opens the door to cold, dry Arctic intrusions into northern Europe and wet, slow-moving systems across the south.



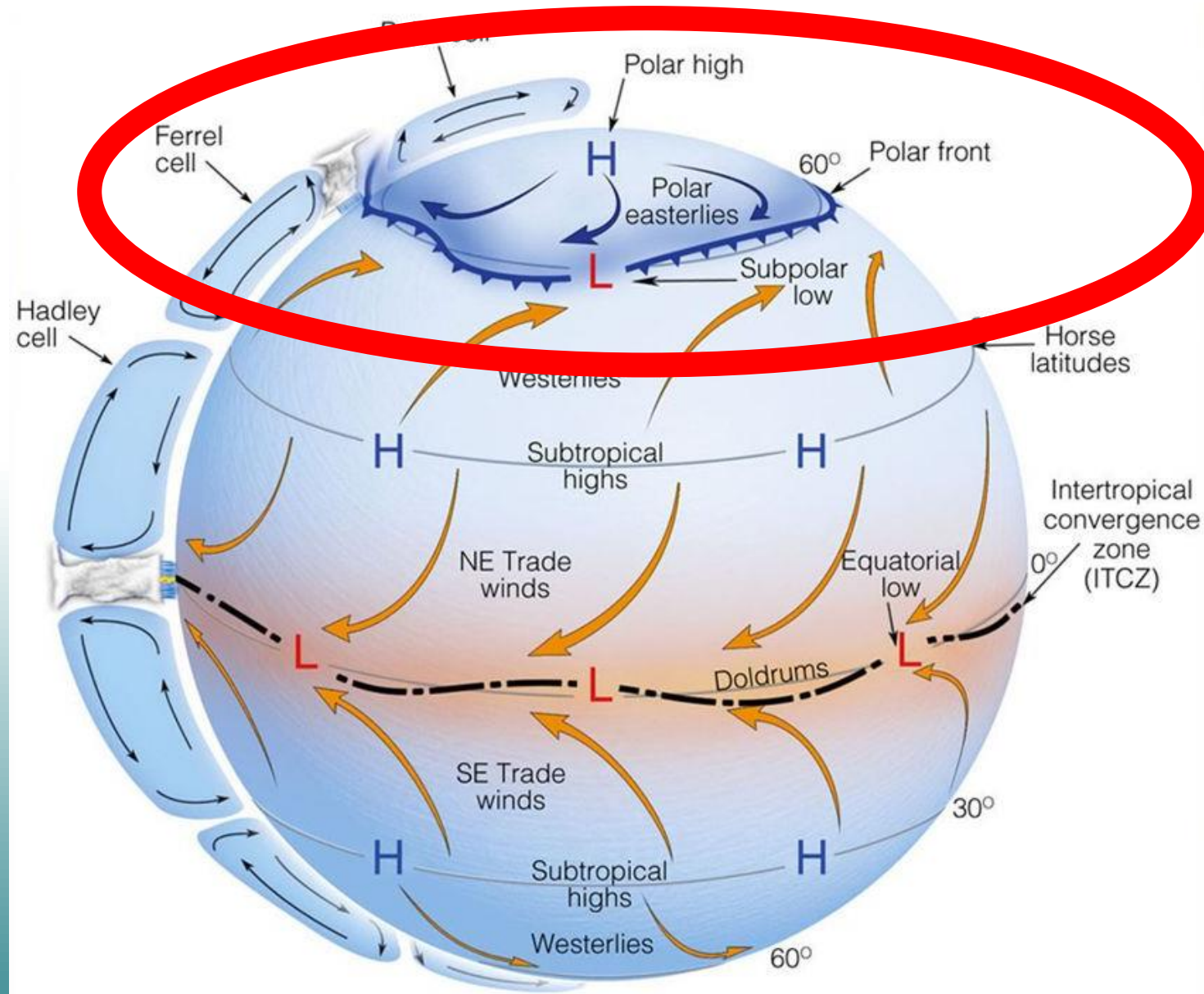


Indice NAO con consumo di petrolio in Norvegia.

I valori negativi dell'indice corrispondono ad una diminuzione delle temperature invernali, e ad una diminuzione delle precipitazioni. Tutti questi valori sono legati ad un aumento del consumo di petrolio.

Quindi il consumo di petrolio risulta anti-correlato con l'indice NAO.

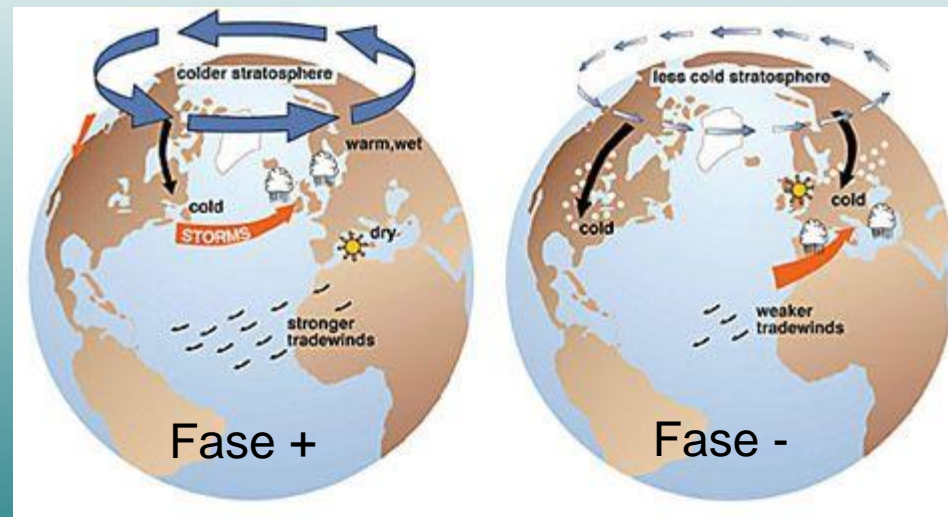
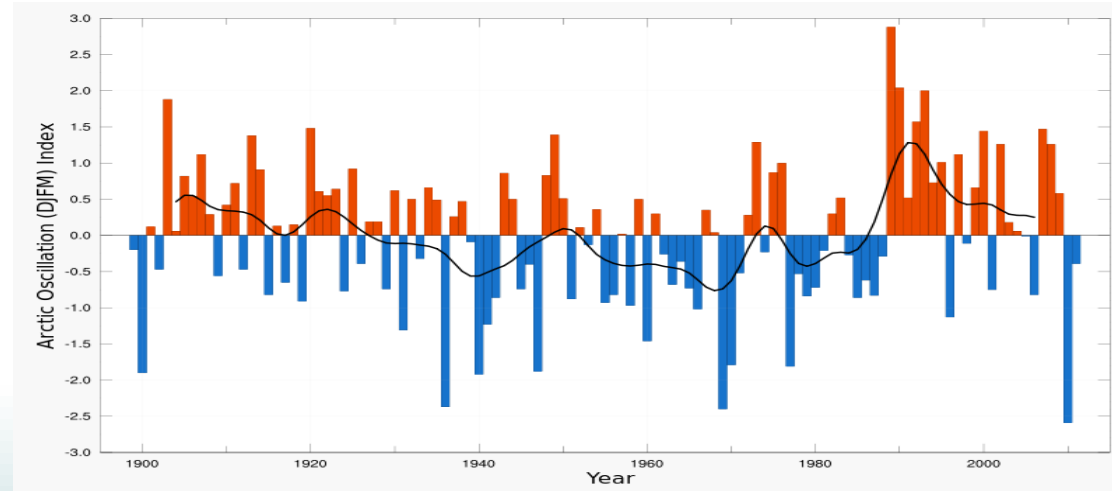
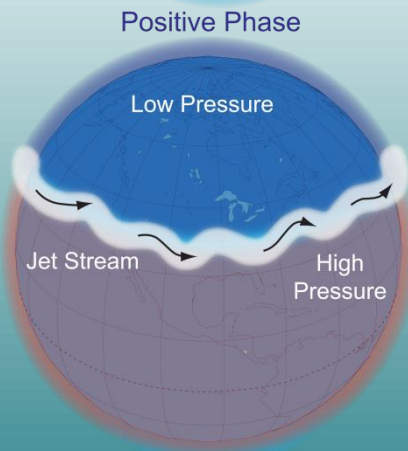
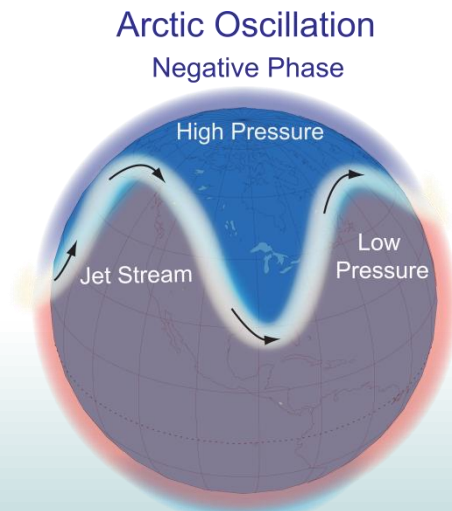
Annular Polar Mode



Annular modes (AM)

- Sono modi di variabilità a scala emisferica
- Sono i modi che ‘spiegano’ la percentuale maggiore di variabilità del clima dei due emisferi non associata alla variabilità stagionale
- Nel campo di pressione, gli AM sono caratterizzati da spostamenti di masse d’aria tra le regioni polari e le medie latitudini.
- Nel campo del vento si manifesta con spostamenti nord-sud dell’asse zonale del vento

Northern Annular Mode – NAM (Arctic Oscillation – AO) è un indice del modo dominante **non stagionale** delle variazioni di pressione al livello del mare a nord della latitudine 20N, ed è caratterizzata da anomalie positive (negative) della pressione nella regione artica ed anomalie negative (positive) riscontrate nella fascia di latitudine compresa tra 37-45N



Effetti del NAM

- Gli ultimi anni sono stati caratterizzati da un $AO > 0$
- Come risultato le incursioni fredde artiche sul nord America sono diminuite determinando inverni più miti nelle aree ad est delle Montagne Rocciose
- Le traiettorie dei cicloni sono state più settentrionali determinando un clima più umido e piovoso sulla Europa nord-occ ed Alaska
- California e penisola iberica hanno avuto invece inverni a minor piovosità

Polar Vortex

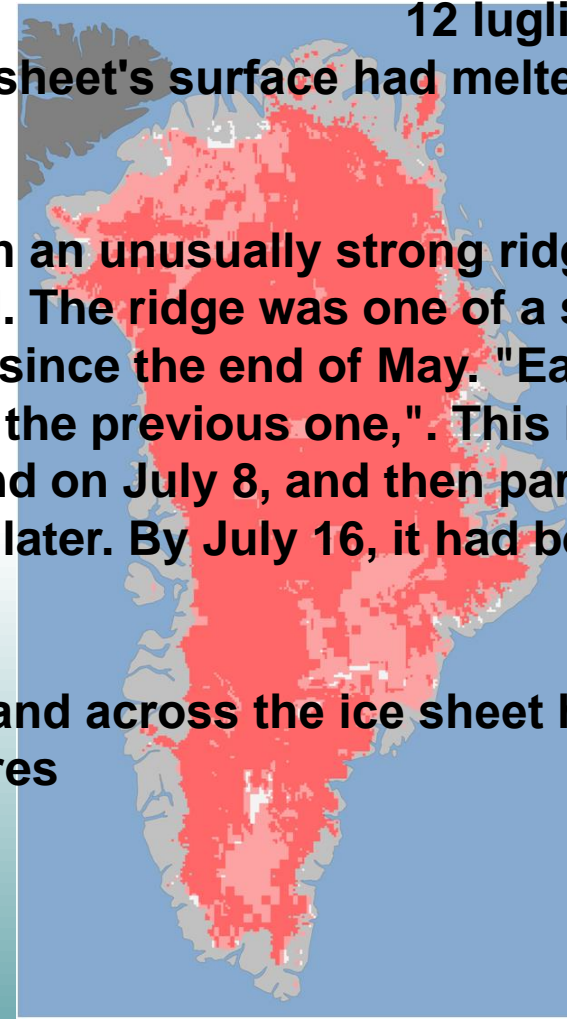
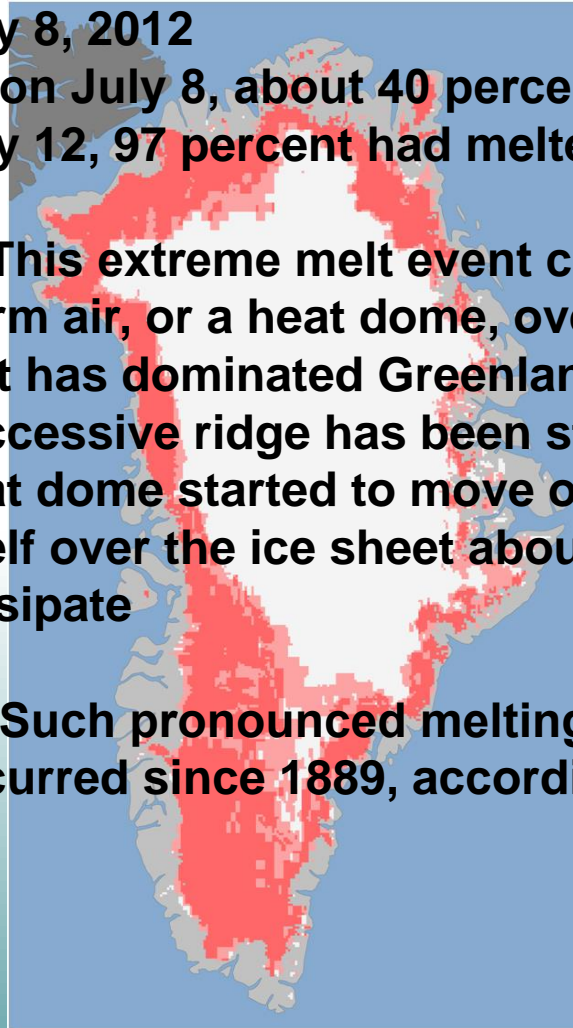


July 8, 2012

.... on July 8, about 40 percent of the ice sheet's surface had melted. By July 12, 97 percent had melted.

... This extreme melt event coincided with an unusually strong ridge of warm air, or a heat dome, over Greenland. The ridge was one of a series that has dominated Greenland's weather since the end of May. "Each successive ridge has been stronger than the previous one,". This latest heat dome started to move over Greenland on July 8, and then parked itself over the ice sheet about three days later. By July 16, it had begun to dissipate

... Such pronounced melting at Summit and across the ice sheet has not occurred since 1889, according to ice cores

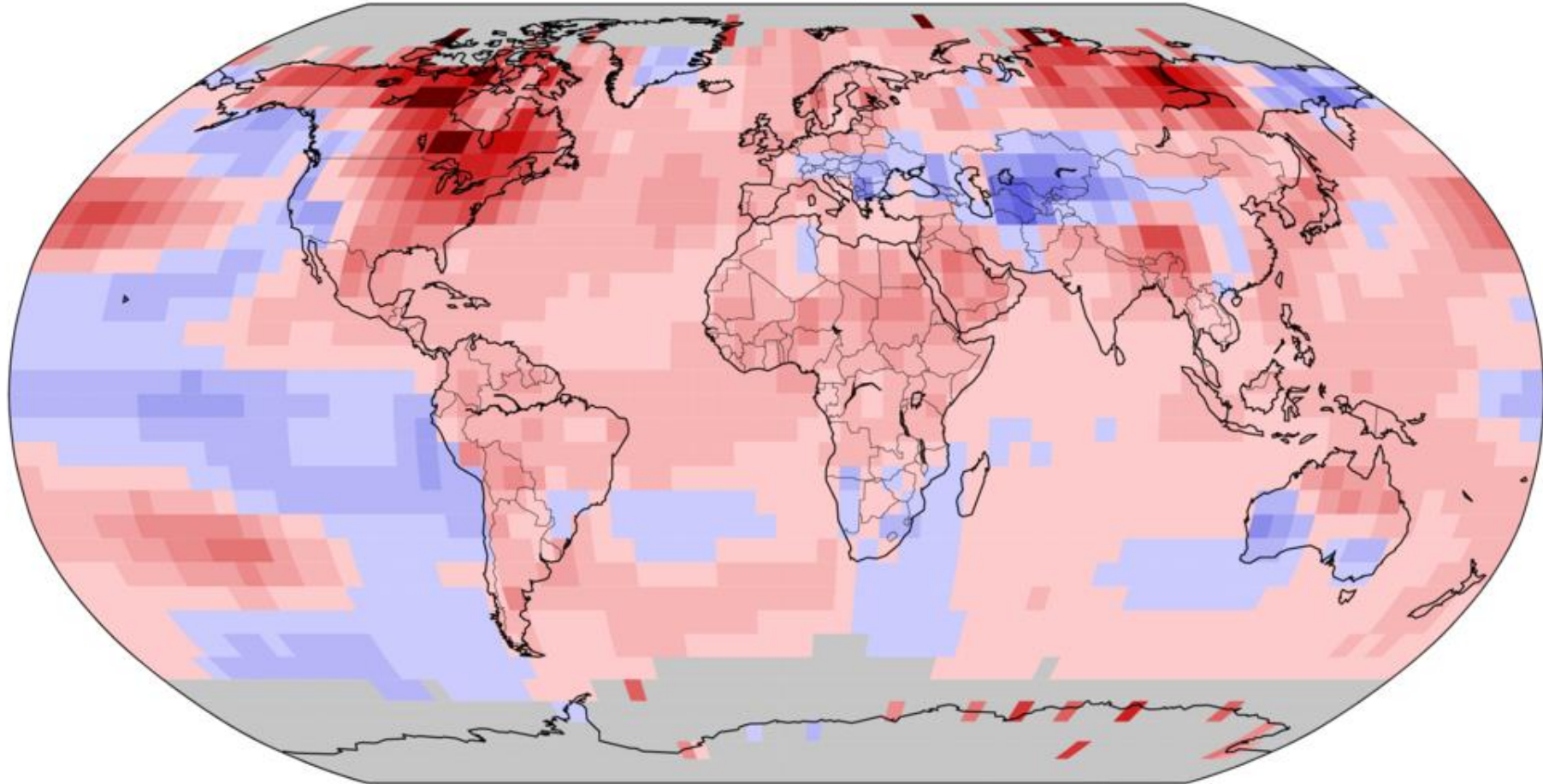


12 luglio 2012

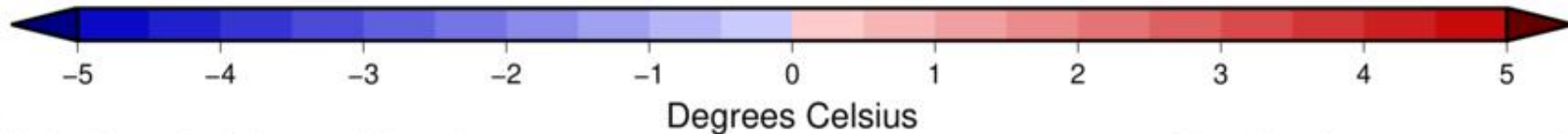
Arctic Amplification

Land & Ocean Temperature Departure from Average Oct 2021
(with respect to a 1981–2010 base period)

Data Source: NOAA GlobalTemp v5.0.0–20211108



Temperature rise in the arctic region is large in comparison to the temperature rise in lower latitudes



National Centers for Environmental Information
GHCNM v4.0.1.20211107.qfe

Please Note: Gray areas represent missing data
Map Projection: Robinson

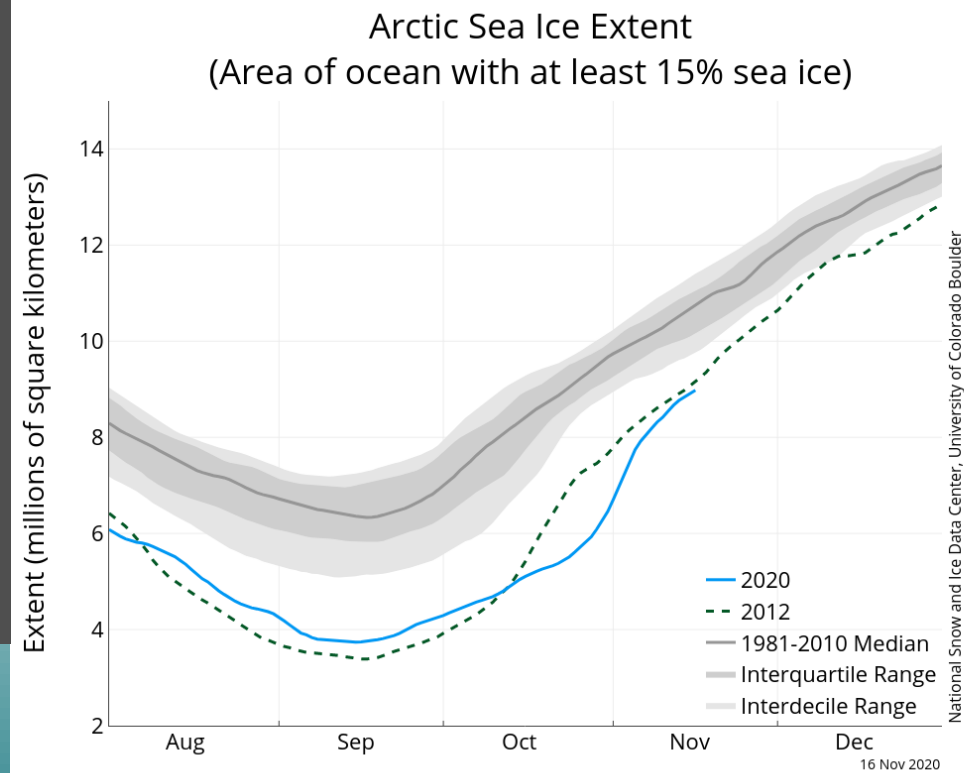
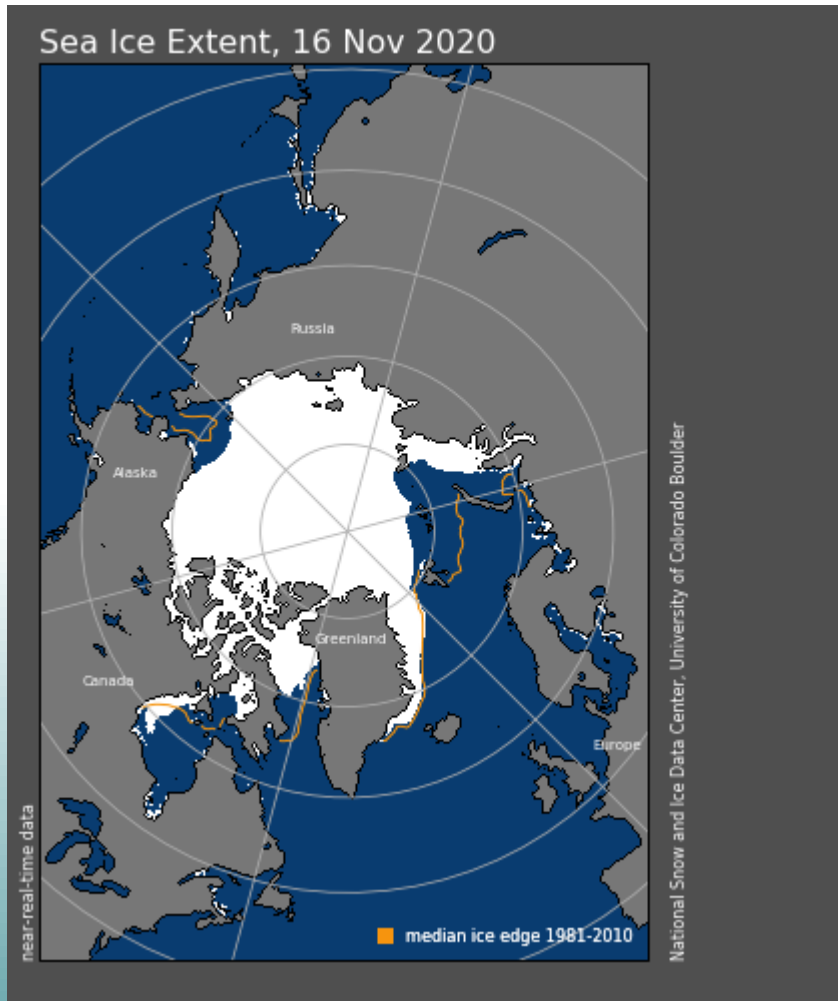
Arctic Amplification

- One of the most outstanding manifestations of climate change over the recent decades is the reduction of sea ice in the Arctic. Satellite observations have shown a rapid decline, particularly in September when the summer sea-ice cover is minimum
- Observational studies indicate that **Arctic surface temperature has increased twice as fast as global average**. This phenomenon commonly **known as Arctic amplification** is mainly associated with global warming in recent decades, primarily caused by the decline of sea ice

Arctic Amplification

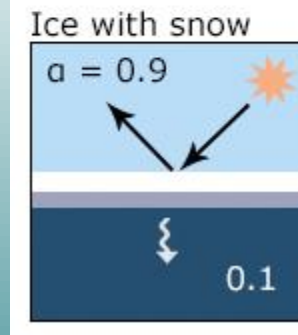
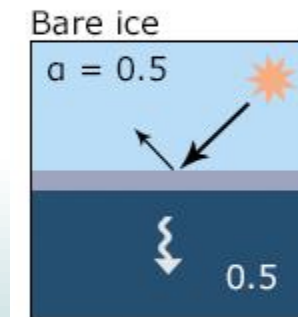
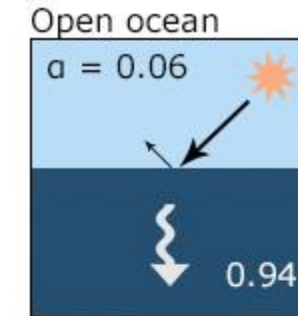
Oceano Artico (1)

<http://nsidc.org/arcticseaicenews/>



Variabilità Albedo

- L'albedo della neve e del ghiaccio variano regionalmente e da una stagione all'altra
- Anche se l'albedo è noto che varia stagionalmente non è detto che tale variazione sia predicibile (feedback)
- L'approccio strumentale più efficace per studiare la variabilità dell'albedo è quello del remote sensing
- In genere le aree a più alto albedo sono quelle coperte da ghiaccio marino, ghiacciai e aree coperte da neve.



Climatologia mensile dell'albedo

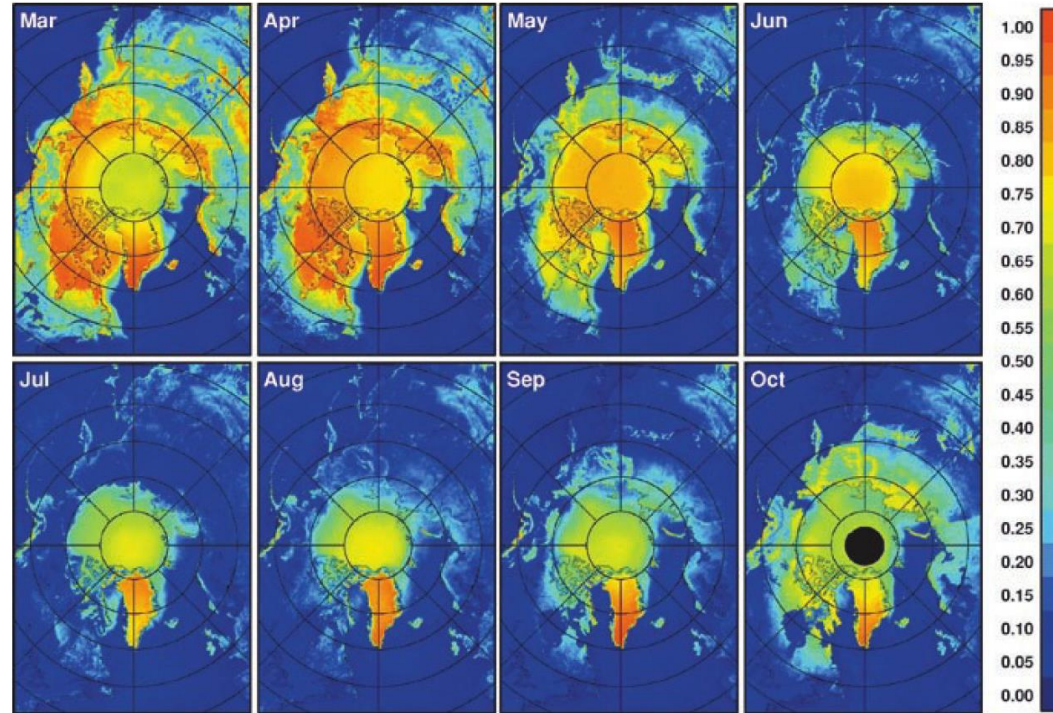


Fig. 6.35 Monthly climatologies of narrow-band albedos ($0.6\mu\text{m}$) in the Northern Hemisphere as derived from AVHRR data from 1981 to 2008

La climatologia mostra che l'albedo nel NH mostra una variabilità stagionale consistente legata alla stagionalità dell'estensione del ghiaccio marino e dalla copertura nevosa