

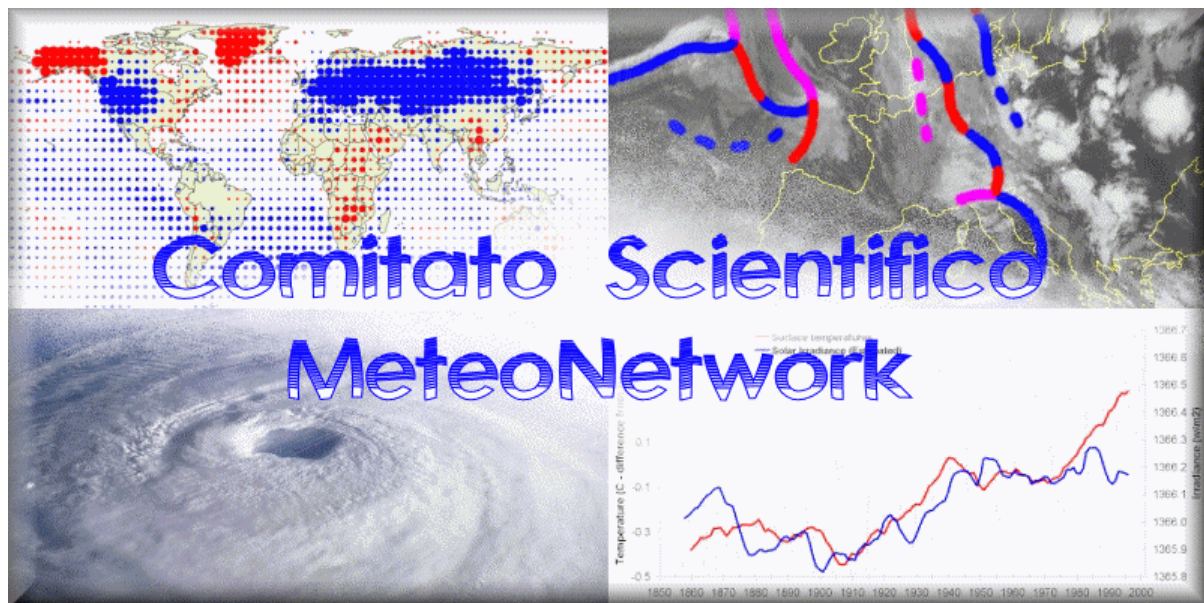
# TELECONNESSIONI

## Introduzione generale

A cura di Magnani Marco

Pubblicazione a cura del Comitato Scientifico Meteoneetwork.

Il Comitato ha per scopo lo sviluppo e la diffusione della conoscenza delle scienze meteorologiche, climatologiche, dell'ambiente, idrologiche e vulcanologiche e delle loro molteplici espressioni sul territorio, con particolare riguardo alle realtà microclimatologiche, topoclimatologiche e climatologiche, su scala locale, regionale, nazionale ed a scala globale ed alle realtà meteorologiche emergenti su Internet.



Il Comitato è parte integrante dell'Associazione Meteoneetwork.

[www.meteonetwork.it](http://www.meteonetwork.it)

*meteoneetwork*

## Definizioni e breve storia:

Il costante sforzo dell'uomo, nel tentativo di prevedere il tempo a distanza temporale sempre maggiore, ha portato all'identificazione di alcuni "parametri" tramite i quali poter azzardare previsioni a lungo raggio, nonché stagionali. Tali parametri vengono definiti "teleconnessioni", in quanto identificano specifiche correlazioni atmosferiche tra località molto distanti, che si ripetono sistematicamente entro range pluriannuali.

Il primo a utilizzare tale termine fu Ångström nel suo studio riguardante la North Atlantic Oscillation del 1935 [Ångström, A., *Geografiska Annaler* 17 (1935) 242-258]. L'obiettivo iniziale della ricerca teleconnettiva era stabilire "relazioni tra le condizioni meteorologiche in luoghi differenti che potessero poi essere utilizzate nell'elaborazione di previsioni stagionali".

In realtà, il primo a occuparsi realmente dell'ambito teleconnettivo, pur non essendo il coniatore di questo termine, fu Sir Gilbert Walker, che per primo introdusse l'uso della correlazione nello studio delle teleconnessioni e l'utilizzo della regressione multipla per risolvere il problema delle previsioni a lungo raggio. Il lavoro dello studioso culminò nella redazione della "pietra miliare" della ricerca teleconnettiva [Walker, G.T. and Bliss, E.W., *V. Mem. Roy. Meteor. Soc.*, **4**, (1932) 53-84.] in cui venivano identificate tre teleconnessioni dominanti: la Southern Oscillation (SO), la North Atlantic Oscillation (NAO) e la North Pacific Oscillation (NPO). In questo contesto il termine "teleconnessione" era quindi da intendersi come "struttura atmosferica a larga scala caratterizzata da due o più distinti centri d'azione fortemente correlati (positivamente o negativamente)".

Il responso al lavoro di Walker fu inizialmente molto positivo, tanto che molti studiosi seguirono il suo esempio, dedicandosi allo studio delle relazioni a larga scala. Tuttavia, attorno alla metà del XX secolo, vi fu un generale indirizzamento di interesse verso le previsioni a breve e medio termine, grazie all'implementazione dei metodi fisici e numerici.

Solamente a partire dal 1960 l'argomento teleconnettivo ritrovò attrattività, grazie allo studio della Southern Oscillation e degli effetti della stessa riscontrabili in differenti parti del globo. Tra i vari studiosi che contribuirono in tale periodo ad un ampio sviluppo della materia, meritano sicuramente citazione Wallace e Gutzler [Wallace, J.M. and Gutzler, D.S., *Mon. Weather. Rev.* **109** (1981) 784-812] in quanto furono i primi a fornire un riassunto esauriente e completo di pattern teleconnettivi basandosi sulle medie mensili della pressione al suolo e dei geopotenziali a 500hpa. Un ulteriore ampliamento venne in seguito da Barnston e Livezey [Barnston, A.G. and Livezey, R.E., *Mon. Wea. Rev.* **115** (1987) 1083-1126], i quali identificarono nove principali pattern teleconnettivi, con NAO e PNA come modalità dominanti di intervallabilità durante i mesi invernali.

Nel recente passato le ricerche in tale campo si sono fatte via via sempre più numerose, arrivando a introdurre questo termine per descrivere determinate strutture a larga scala caratterizzate da due o più distinti centri d'azione fortemente correlati (positivamente o negativamente).

In realtà col tempo si sono venute a sommare a tale accezione le oscillazioni (ossia il presentarsi di medesime condizioni secondo cadenza temporale nota) oceaniche, (ENSO, PDO, IOD, ecc...) stratosferiche (QBO) e ibride (MJO).

Ovviamente una conoscenza minuziosa delle teleconnessioni non equivale alla sistematica riuscita delle previsioni a lungo raggio, ma costituisce sicuramente una base teorica molto utile ed efficace, da applicare assieme alla propria esperienza di previsore. L'affermazione precedente può forse apparire scontata, ma mi premeva fare questa doverosa precisazione.

## Patterns:

Con il termine *pattern* si indica quindi una particolare configurazione con persistenza pari o superiore ai 10 giorni. Spesso un pattern caratterizza più mesi, ripresentandosi a momenti alterni.

Come e perché si instaura un determinato pattern piuttosto che un altro?? Ebbene, a determinati forcings indotti dalla disposizione delle anomalie di temperatura superficiale marina (SSTA) a livello globale, dall'intensità e la dislocazione della convezione equatoriale (MJO), da un repentino aumento della temperatura stratosferica (Stratwarming), e da altri fattori (tra cui rientrano episodi di riscaldamento o di raffreddamento a livello globale), l'atmosfera risponde mediante una serie di schemi circolatori "standard", catalogati dagli studiosi precedentemente citati.

I patterns più comuni sono riportati nella tabella sotto. Ad ognuno di essi è associato un numero per ogni mese dell'anno, con cui viene quantificata l'importanza nel condizionare la disposizione circolatoria dell'emisfero Nord:

Pattern	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>North Atlantic Oscillation (NAO)</b>	2	3	1	1	2	3	2	2	5	1	1	2
<b>Pacific/North America (PNA)</b>	1	2	5	5	10	--	--	6	6	5	2	3
<b>Polar/Eurasian (POL)</b>	4	1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1
<b>North Pacific (NP)</b>	--	--	2	2	1	2	6	--	--	--	--	--
<b>West Pacific (WP)</b>	3	4	3	4	4	6	7	8	10	4	6	4
<b>East Pacific (EP)</b>	10	9	10	8	3	1	1	--	--	6	9	9
<b>East Atlantic (EA)</b>	6	7	6	10	--	--	--	--	8	7	5	6
<b>East Atlantic Jet (EA-Jet)</b>	--	--	--	6	9	7	3	7	--	--	--	--
<b>East Atlantic/West Russia (EA/WR)</b>	8	10	7	9	7	--	--	--	7	3	4	7
<b>Scandinavia (SCAND)</b>	9	8	8	3	5	--	--	10	1	2	3	5
<b>Tropical/Northern Hemisphere (TNH)</b>	7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	8	8
<b>Pacific Transition (PT)</b>	--	--	--	--	8	4	4	4	--	--	--	--
<b>Asian Summer (ASU)</b>	--	--	--	--	--	5	5	5	--	--	--	--

(fonte [CRH-NOAA](#) – [Using Intraseasonal Indices in Daily Forecast Preparation](#))

N.B: i trattini (--) indicano che non è stata riscontrata la presenza del pattern durante il mese corrispondente.

Passiamo quindi ad analizzare analiticamente i pattern principali.

## North Atlantic Oscillation (NAO):

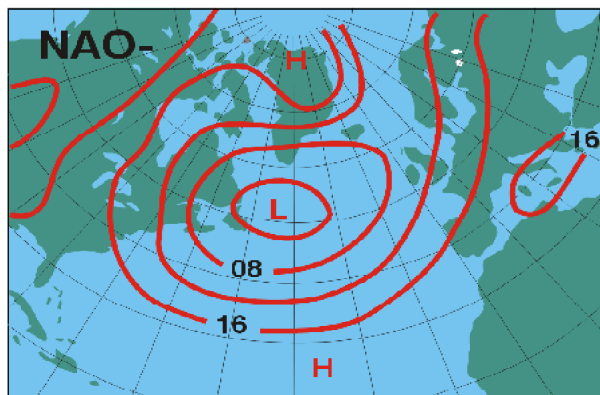
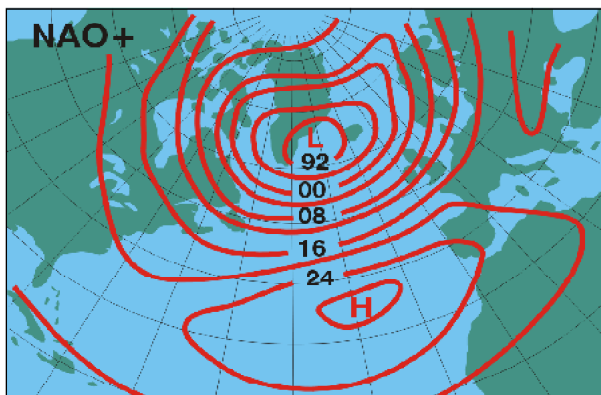
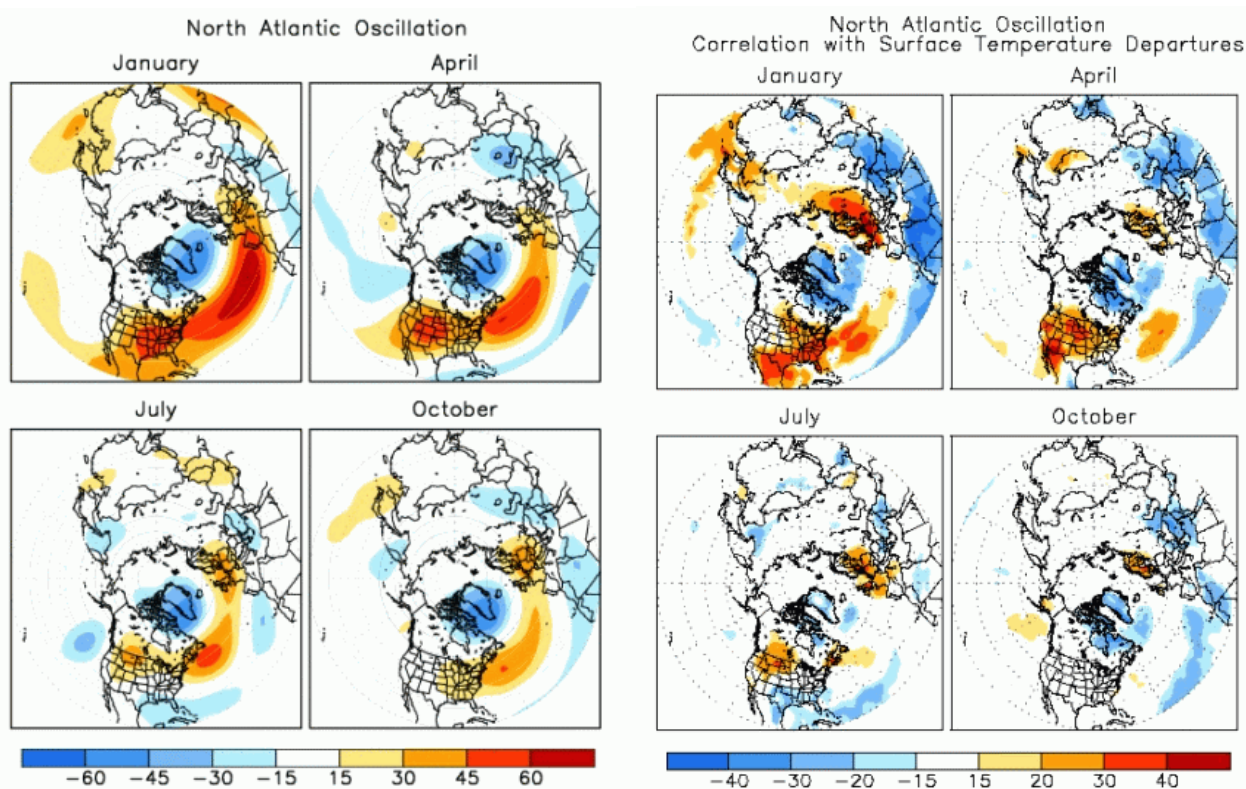
Come si può notare dalla tabella precedente, il pattern preminente in tutte le stagioni è la NAO. Questi consiste in un dipolo pressorio, con centri di segno opposto localizzati in Atlantico settentrionale e in Atlantico centro-orientale. A seconda delle differenti definizioni abbiamo:

- differenza barica fra Ponte Delgada e Stykkisholmur (riferito a tutto l'anno, elaborato da Rogers nel 1997);
- differenza barica fra Gibilterra e Stykkisholmur (indice del Climate Research Unit, CRU, elaborato da Jones et al, 1997);
- differenza barica fra Lisbona e Reykjavik (indice elaborato da Hurrell nel 1995, invernale DJFM);

L'indice elaborato giornalmente dal CPC

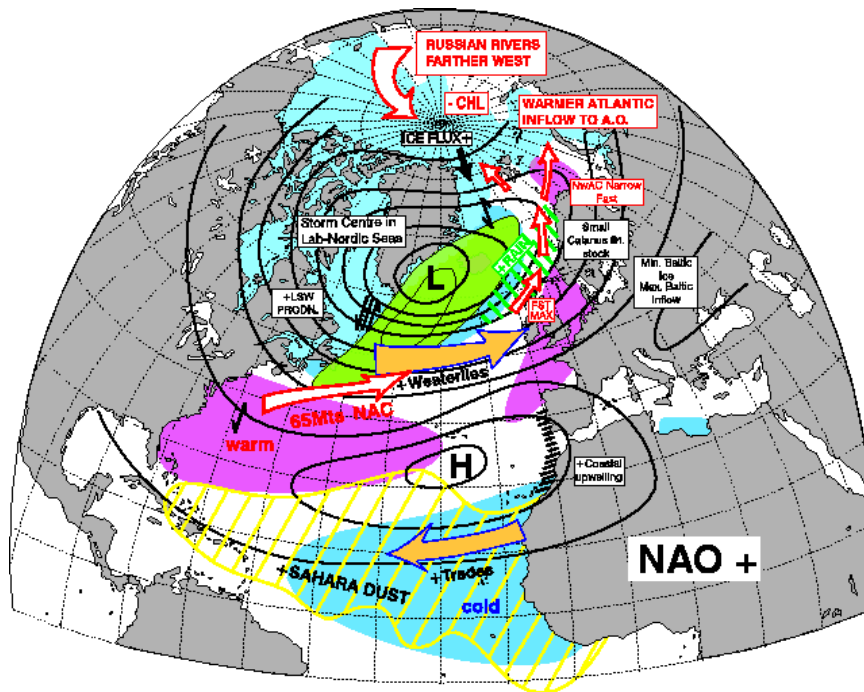
(<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.shtml>) è invece costruito mediante la proiezione giornaliera (00z) delle anomalie geopotenziali a 500hpa, secondo il loading pattern della NAO.

Le anomalie geopotenziali e termiche associate ad una NAO+ in ogni periodo dell'anno, sono rappresentate rispettivamente a sinistra e destra nella figura sotto:

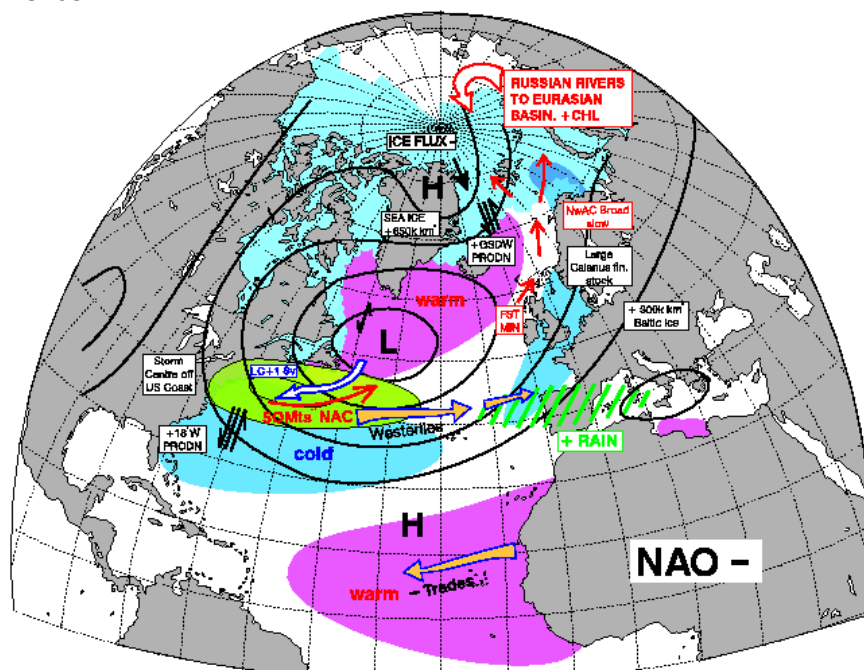


(fonte immagini: [CPC-NOAA](http://www.cpc.ncep.noaa.gov) e [DEFRA](http://www.defra.gov.uk))

Nel caso la NAO sia positiva (valori  $> 0.5$ ) si ha un rafforzamento dell'anticiclone delle Azzorre e, contemporaneamente, un approfondimento della semipermanente islandese. L'alto gradiente pressorio determina condizioni di spiccata zonalità, che si traduce nell'indirizzamento delle perturbazioni atlantiche verso il Nord Europa. A NAO+ corrispondono solitamente inverni piu' umidi e miti in Europa centro-settentrionale e piu' secchi sull'Europa meridionale e sul Mediterraneo.



Nel caso la NAO sia negativa (valori  $< 0.5$ ) si ha la situazione opposta: entrambe le figure bariche risultano indebolite, perciò sono più frequenti le azioni bloccanti in Atlantico con conseguente split meridiano del getto polare in area Mediterranea. La riduzione del gradiente di pressione produce una riduzione dell'attività ciclonica sull'Atlantico e uno spostamento verso sud del percorso dei cicloni extratropicali che d'inverno attraversano l'oceano raggiungendo l'Europa. L'abbassamento di latitudine delle "storm tracks" atlantiche determina inverni piu' secchi nel Nord Europa, e al contrario piu' umidi nell' Europa meridionale. Sull'altra sponda dell'oceano, nella costa orientale degli Stati Uniti, invece, intrusioni d'aria fredda producono inverni freddi e nevosi.



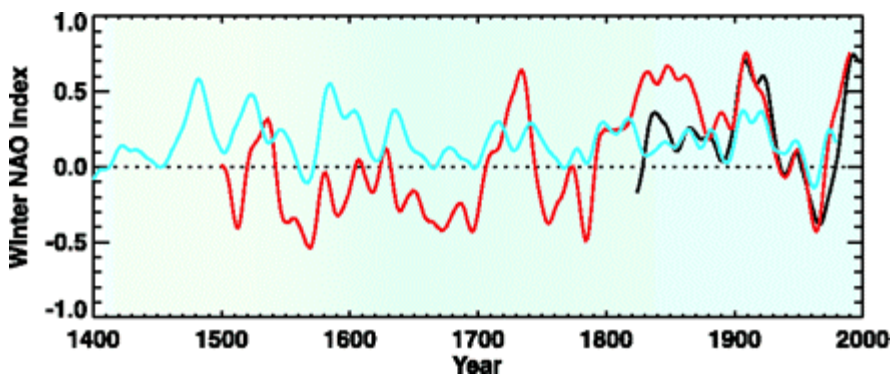
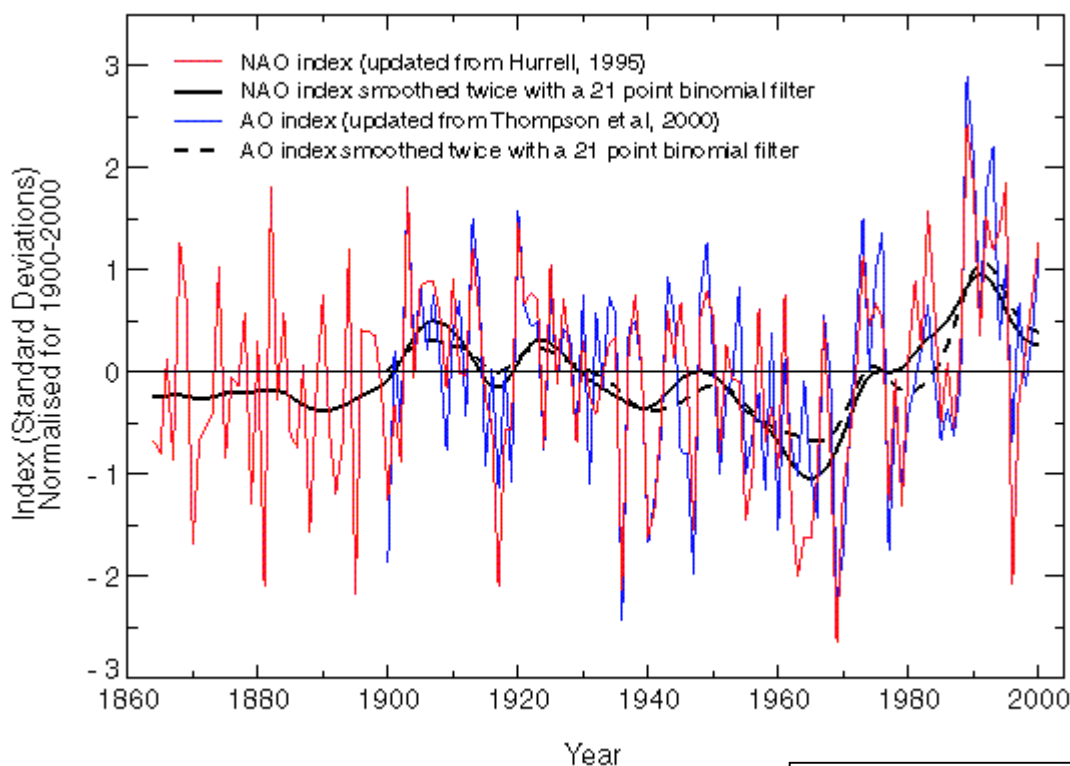
(fonte immagini [MET-RDG](#))

Nonostante si presenti con ampie fluttuazioni durante il singolo anno, la NAO tende a seguire un andamento ciclico pluriennale, oscillando tra periodi caratterizzati prevalentemente da NAO+ (1905-1935, 1970-2000) e periodi con NAO- (circa 1935-1970). Questa oscillazione di bassa frequenza ha un periodo medio di circa 30-35 anni.

Inverni storicamente molto freddi in Europa centro-occidentale coincidono solitamente con picchi di NAO-, il contrario con picchi di NAO+. Ad esempio, gli inverni del 1901, 1917, 1929, 1940, 1956, 1963 e 1985 rientrano nella prima casistica.

E' interessante notare che, nei periodi lunghi di NAO+ (come gli anni 70, 80 e 90, ma anche negli anni 20), quando molti parametri lasciavano supporre periodi caratterizzati da inverni freddi (per es. il ciclo solare al minimo: es. 1975-77, 1985-87, 1995-97), la stagione è stata:  
 - complessivamente mite, ma con brevi periodi freddi (1975-77) anche intensi (1996/97);  
 - complessivamente fredda, ma con brevi periodi di tepore atlantico (1995/96)  
 - fredda ma non in modo continuato, spesso risultato di 2 mesi molto freddi/rigidi e 1 mite (1984/85, 1985/86, 1986/87).

Invece nei periodi lunghi di NAO- (anni 40, 50 e 60), inverni potenzialmente freddi tendevano poi realmente a presentarsi come tali per lungo tempo (es. 1940-42, alcuni inverni degli anni 60, come il 1962/63 o il 1969/70). NAO- in periodi di bassa attività solare dà luogo spesso a inverni glaciali, siberiani e molto lunghi, dominati dall'HP termico russo-scandinavo.



Le ricostruzioni dell'indice compiute dagli studiosi, hanno dimostrato come tali oscillazioni siano da sempre presenti, anche considerando periodi plurisecolari. In azzurro la ricostruzione dell'indice da parte di Cook et al. (1400-1979), in rosso quella di Luterbacher et al. (1500-1990), in nero la NAO realmente osservata nel periodo Dicembre-Marzo.

(fonte immagini [CYBELE-BU](#) e [NOAA](#))

## Arctic Oscillation (AO):

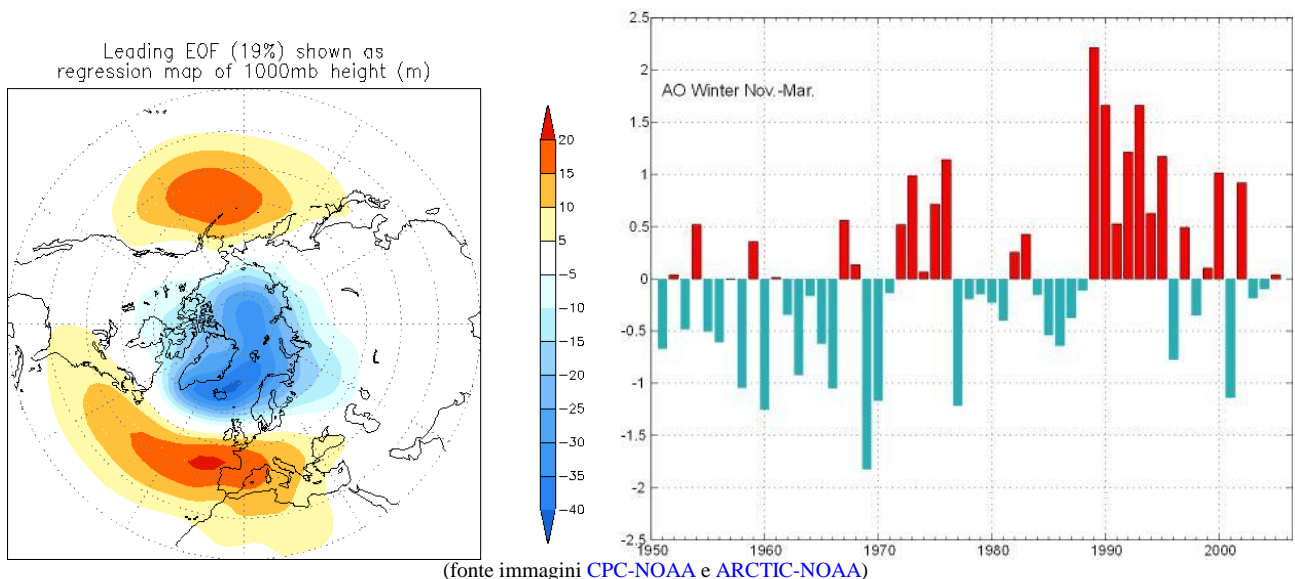
Il grafico sopra ci dà lo spunto per poter introdurre l'AO. Come si può notare vi è una stretta correlazione tra i due indici, per la precisione pari a 0.74 durante il trimestre invernale e 0.75 nell'intero anno. Il motivo è piuttosto semplice, ossia la NAO è considerata come il "braccio" atlantico dell'AO, che invece è un indice a portata più ampio, in quanto contempla le differenze bariche tra il circolo polare e le medie latitudini dell'intero emisfero Nord.

Un'ulteriore differenza tra i due indici, risiede nel fatto che l'AO mostra una forte interconnessione pure nei confronti della variabilità stratosferica, mentre la NAO presenta interdipendenze prevalentemente troposferiche.

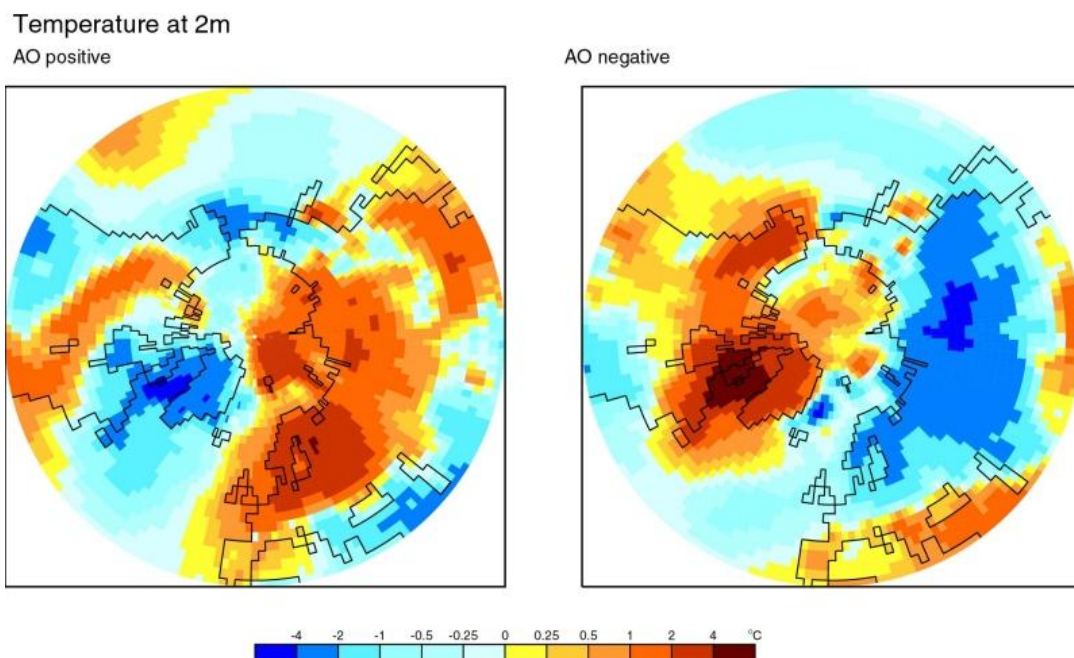
Un'AO pienamente positiva è indice di un Vortice Polare (VP) molto forte, per cui si assiste ad una "contrazione" delle westerlies e ad una intensificazione delle stesse.

Un'AO pienamente negativa indica al contrario l'instaurarsi di un robusto anticiclone tra la Groenlandia e il mar Artico con conseguente indebolimento del VP che tende a "collapsare" verso latitudini inferiori.

Qui sotto la mappa delle anomalie geopotenziali (rosse → positive / blu → negative) a 1000hpa, corrispondenti alla fase positiva, e la serie storica dell'indice nel periodo Novembre-Marzo:



Di seguito le anomalie delle temperature superficiali dell'emisfero settentrionale, a seconda delle fasi dell'indice:



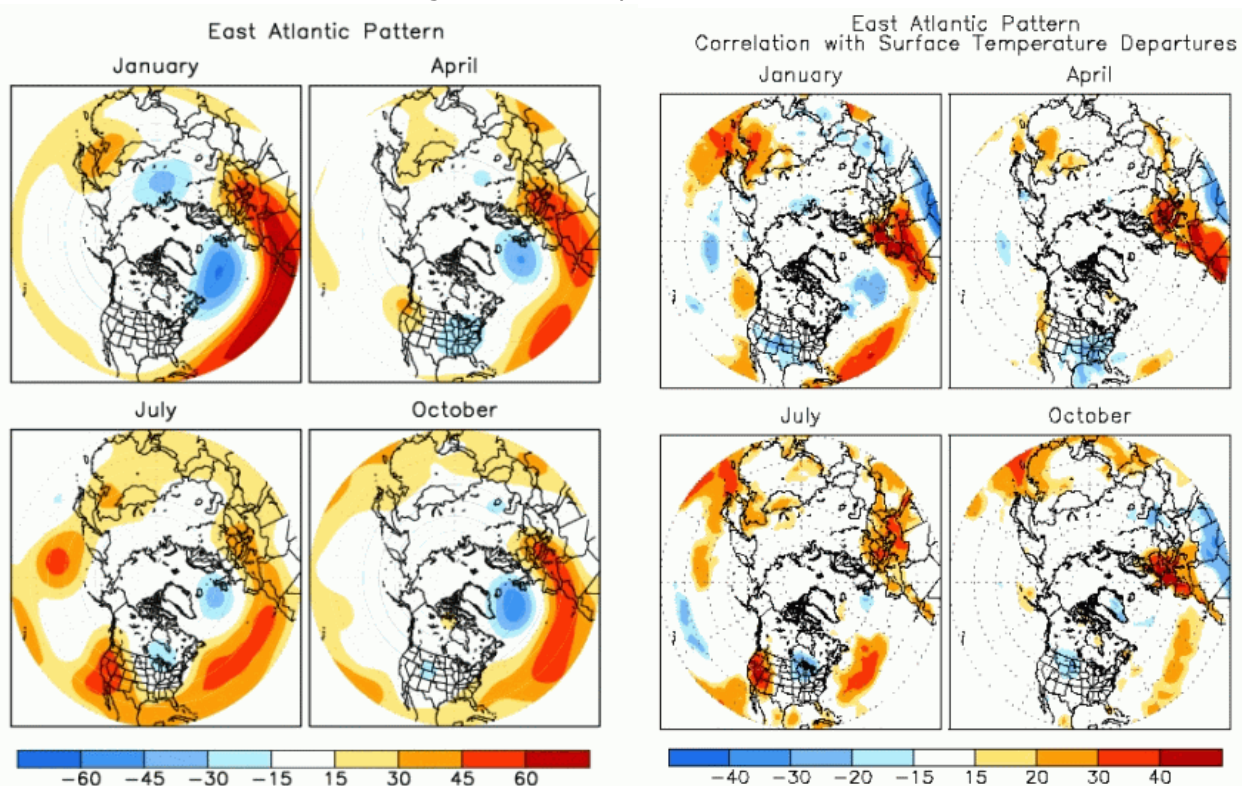
(fonte [CAS](#))

## East Atlantic (EA):

L'EA pattern è strutturalmente simile alla NAO e consiste in un dipolo pressorio Sud-Nord comprendente l'intero Nord Atlantico. I centri delle anomalie pressorie sono disposti a Sud-Est rispetto al classico schema della NAO, per questo l'EA pattern viene spesso visto come un pattern NAO traslato verso Sud.

Tuttavia le anomalie positive alle basse latitudini, prese in considerazione dall'EA, presentano un forte collegamento con quella che è la modulazione dell'intensità e della disposizione dei promontori di origine subtropicale, rendendolo un indicatore dell'innalzamento/abbassamento dell'ITCZ e della cella di Hadley.

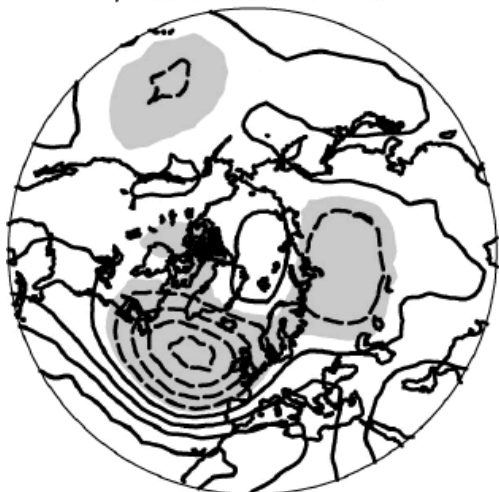
Alla fase positiva dell'EA sono quindi associate temperature elevate in Europa durante tutti i mesi, mentre all'opposto si hanno temperature inferiori alla norma nella parte meridionale degli USA durante il periodo Gennaio-Maggio e nella parte centrosettentrionale durante il periodo Luglio-Ottobre. Le precipitazioni tendono ad essere abbondanti nell'Europa settentrionale, mentre risultano molto scarse lungo tutta l'Europa mediterranea.



(fonte immagini [CPC-NOAA](#))

I valori record di questo indice appartengono ad Agosto 1976 (-2.82) e Marzo 1959 (+2.69)

### c) East Atlantic Oscillation



### EFFETTI IN EUROPA

L'EA pattern positivo è diventato caratteristico delle estati recenti, nel momento in cui depressioni semistazionarie in area Est-atlantica hanno favorito l'espansione verso il Mar Mediterraneo di cellule anticicloniche a matrice subtropicale, i cui effetti riscontrati sono stati la perseveranza e le temperature notevolmente elevate nell'Europa centrale.

Tra i valori dell'indice più alti di sempre abbiamo parecchi anni recenti, tra cui l'Agosto 2001, Maggio e Luglio 2003, Giugno 2002, Luglio 1998.

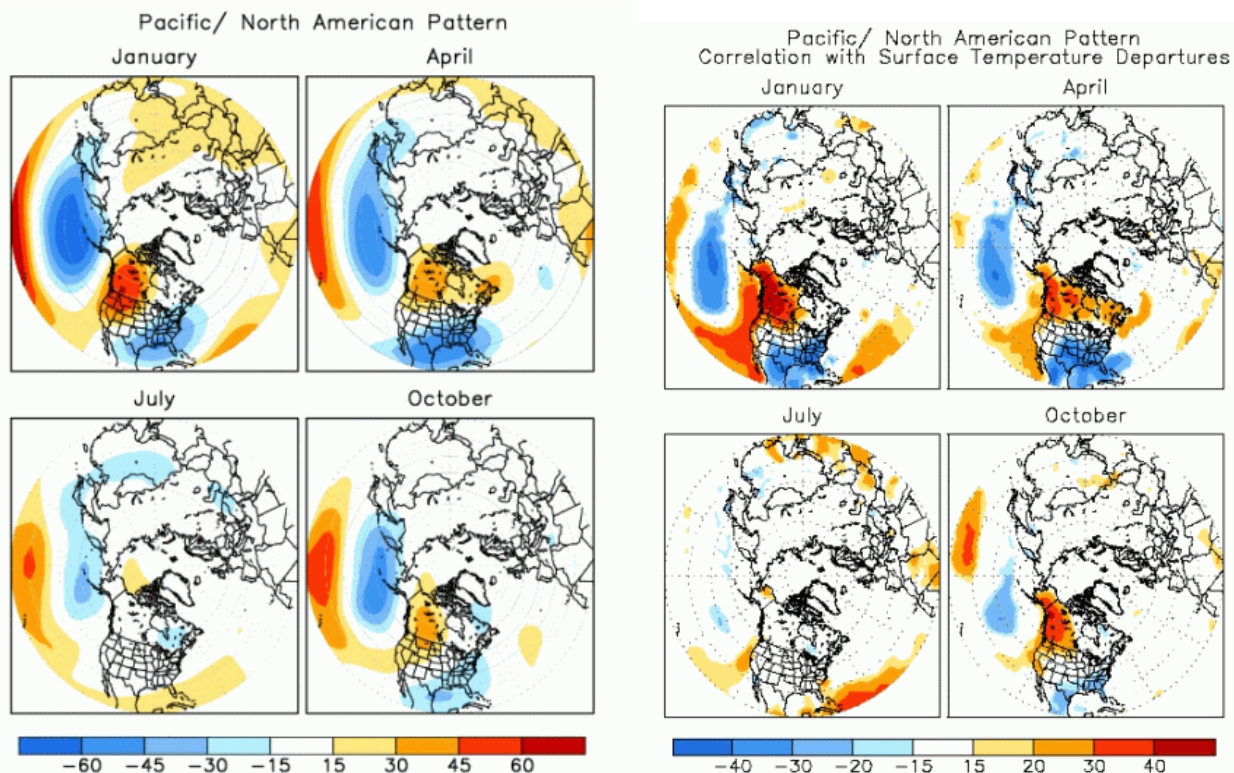
All'opposto vale la pena notare come l'EA--corrisponda in inverno ad ondate fredde intense in area mediterranea, tra tutte Febbraio 1956 e Gennaio 1963.



## Pacific/North America (PNA):

Alla fase positiva del PNA corrispondono altezze geopotenziali superiori alla norma nei pressi delle isole Hawaii e lungo l'intera Catena delle Montagne Rocciose. I centri delle anomalie negative sono invece situati appena a Sud delle isole Aleutine e negli USA sudorientali. Il pattern in questione è associato alle fluttuazioni di intensità e locazione del getto est-asiatico. La fase positiva è associata ad un getto in uscita molto intenso, mentre, al contrario, la fase negativa del PNA corrisponde ad una retrazione del jet stream verso l'area estasiatica, cosicchè si viene a produrre un anticiclone sul N-Pacifico, con flusso polare deviato verso l'America nordoccidentale.

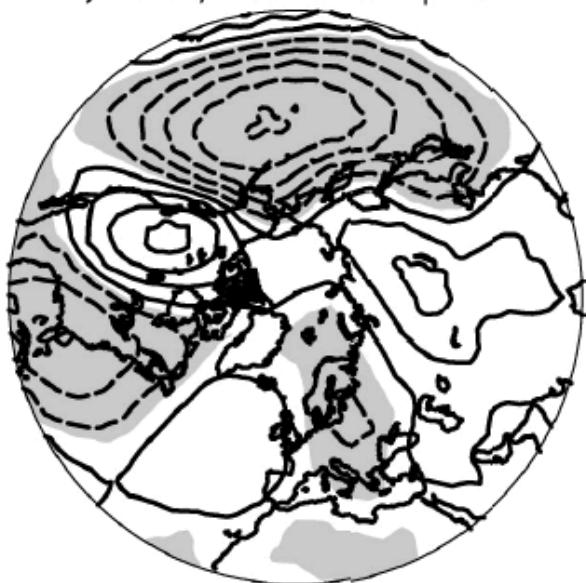
A PNA+ sono quindi associate temperature sopra media in Canada e USA occidentali, mentre si hanno temperature sotto media negli Stati Uniti orientali, viceversa in caso di PNA-. Questo pattern ha un impatto molto limitato durante i mesi estivi.



(fonte immagini [CPC-NOAA](http://CPC-NOAA))

I valori record di tale indice appartengono al Settembre 1987 (-3.07) e al Maggio 1993 (+2.66).

### f) Pacific/North America pattern



#### EFFETTI IN EUROPA

Come si può notare il pattern associato alla fase positiva del PNA prevede la formazione di un blocking in Atlantico, come effetto del forcing esercitato dall'area ciclonica presente sull'America nordorientale. Come risposta, si assiste spesso alla discesa di aria artica verso l'Europa centro-meridionale, con traiettoria meridiana. Un tipico esempio di tale pattern si ebbe nel Gennaio 1981.

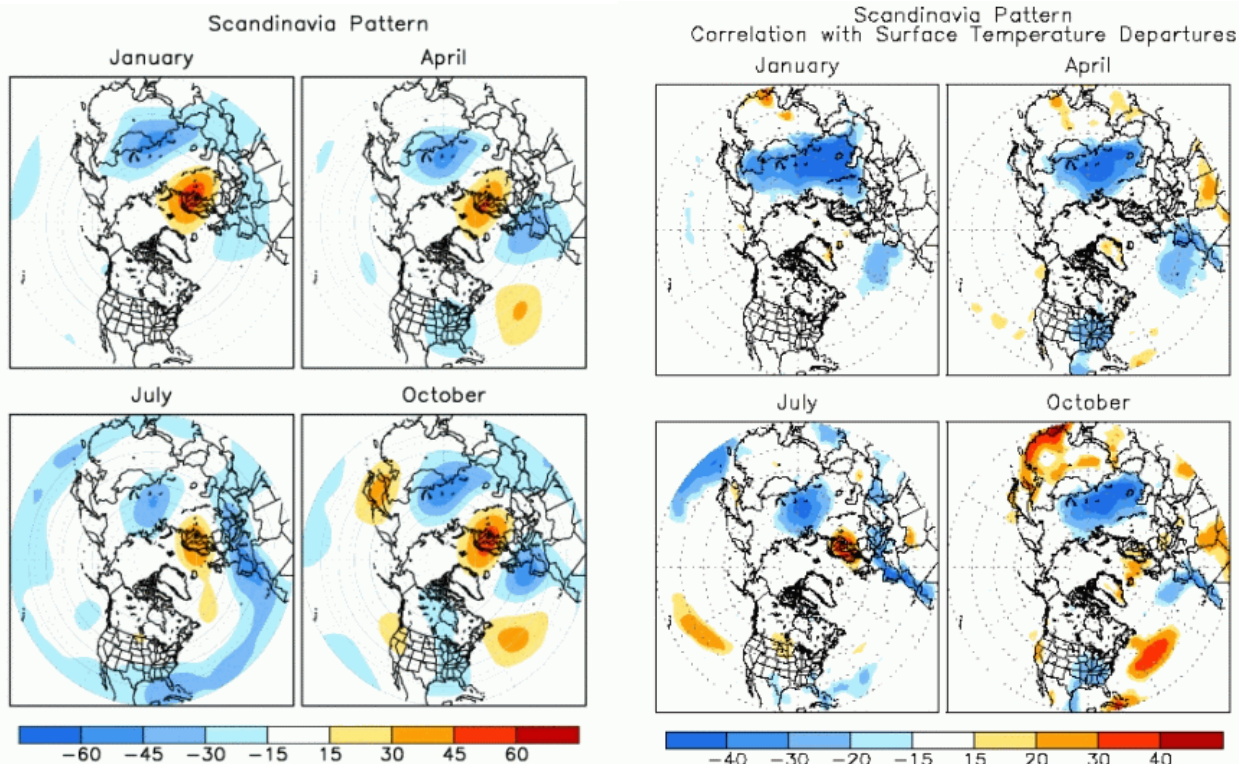
Al segno negativo dell'indice corrisponde invece solitamente una spiccata attività depressionaria in Atlantico come nel Maggio del 1964.

## Scandinavian Pattern (SCAND):

Lo SCAND consiste in un centro di alta pressione posizionato su Scandinavia e zone adiacenti, con deboli centri di segno opposto situati su Ovest Europa e Russia orientale/Mongolia.

Alla fase positiva di quest'indice sono associate temperature inferiori alla norma in Europa occidentale e in Russia centrale. Precipitazioni superiori alla media in Europa centromeridionale e temperature elevate rispetto al periodo nei paesi scandinavi.

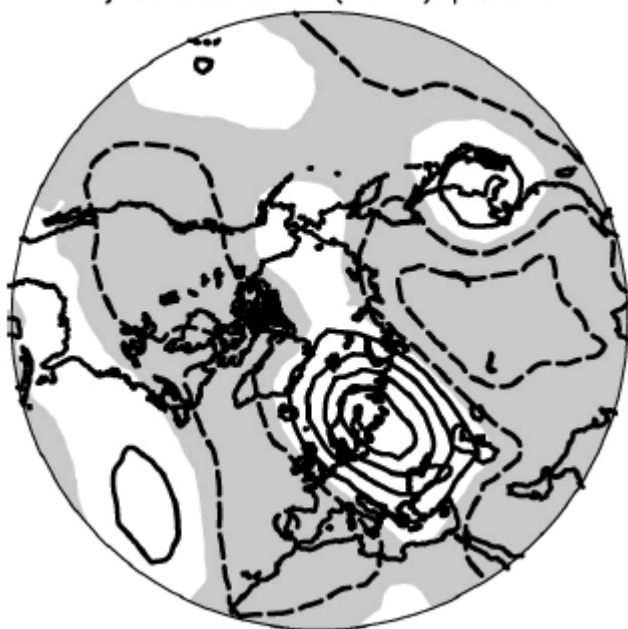
Anche in questo caso il pattern si manifesta raramente durante la stagione estiva.



(fonte immagini [CPC-NOAA](#))

I valori record di questo indice appartengono ad Aprile 1997 (-2.79) e Gennaio 1996 (+3.06)

### d) Scandinavian (EU-1) pattern



#### **EFFETTI IN EUROPA**

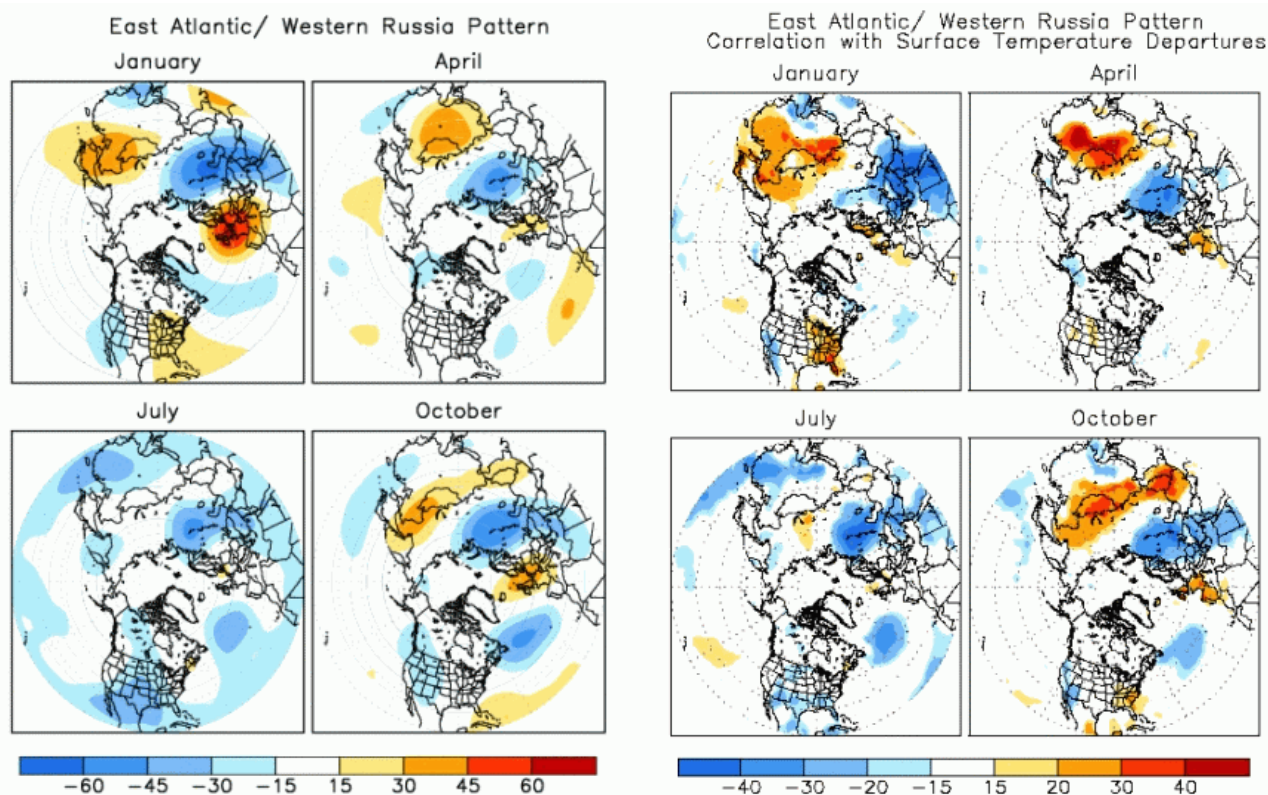
Alle fasi di SCAND+ durante la stagione invernale, corrispondono spesso ondate fredde molto intense, a causa dell'estrazione di origine continentale della massa fredda. Il richiamo di aria più mite dai quadranti meridionali, per effetto della depressione presente sull'Europa occidentale, ha come effetto lo scontro tra masse d'aria completamente differenti, dando origine il più delle volte a copiose nevicate su buona parte della penisola. Tipici esempi i mesi di Febbraio 1954, il Gennaio 1972, il Febbraio 1991, il Gennaio 2006.

## East Atlantic/Western Russia (EA/WR):

L'EA/WR è uno dei tre pattern predominanti nell'influenza delle configurazioni euroasiatiche. In questo caso abbiamo quattro centri principali. Nella fase positiva abbiamo anomalie geopotenziali positive sull'Europa occidentale e sul Nord della Cina, e anomalie negative localizzate in Atlantico centrosettentrionale e a Nord del Mar Caspio.

La fase positiva dell'indice determina temperature superiori alla media nell'Est-Asia ed Europa occidentale, inferiori in aree estese della Russia occidentale e dell'Africa nordorientale.

Gli scostamenti precipitativi più significativi riguardano negativamente l'Europa centrale e positivamente la Cina orientale.



(fonte immagini [CPC-NOAA](#))

I valori record di questo indice appartengono al Marzo 1970 (-3.12) e al Maggio 1965 (+2.95)

### e) East Atlantic/West Russia pattern



#### **EFFETTI IN EUROPA**

Fasi persistentemente negative dell'indice sono state osservate durante gli inverni e l'inizio primavera degli anni 1969/70, 1976/77, 1978/79, tutti periodi caratterizzati da elevata piovosità in Europa occidentale.

Fasi positive prolungate sono invece alquanto rare, anche se l'EA/WR+ si è ripresentato con una discreta frequenza durante parecchi inverni degli anni '90. Vale la pena citare il Febbraio 1993, Febbraio 1998, Gennaio 1992, Dicembre 1991, Gennaio 1997.

## Polar/Eurasia (POL):

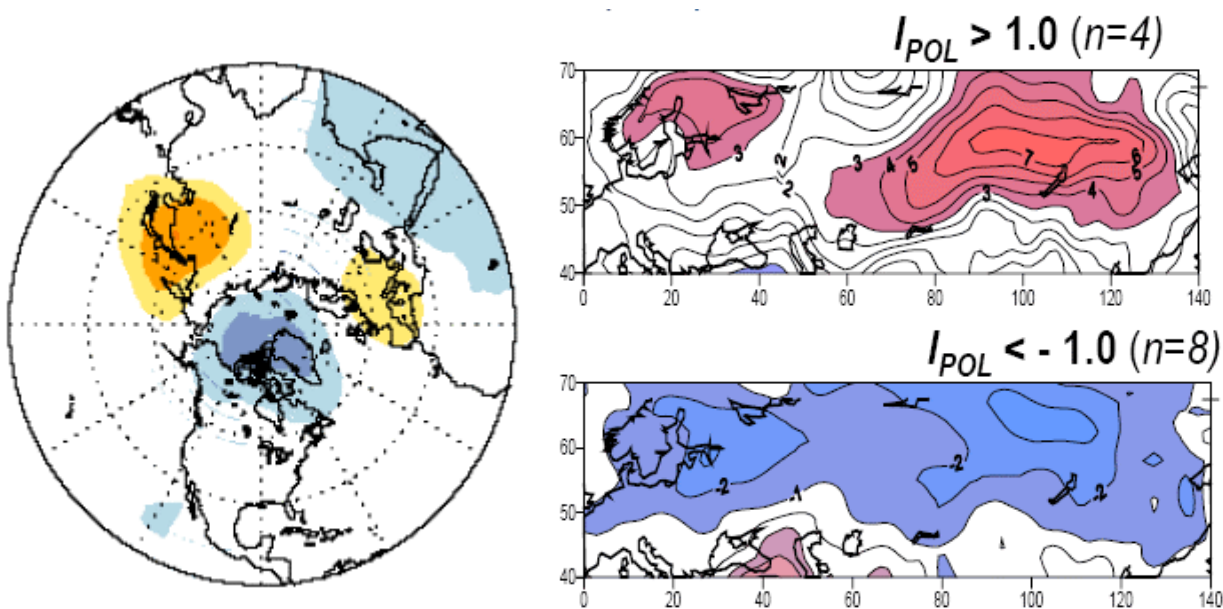
Sebbene il pattern in questione si presenti durante tutto l'arco annuale, riveste un ruolo particolarmente significativo nella sola stagione invernale.

La fase positiva consiste in un'estesa anomalia negativa geopotenziale posizionata sopra la regione polare e in anomalie di segno opposto su Europa e Mongolia. La fase positiva del POL riflette quindi un Vortice Polare più profondo del normale, mentre geopotenziali più alti del normale sono presenti praticamente lungo tutto il continente euroasiatico.

Temperature inferiori alla norma e precipitazioni superiori alla media sono quindi probabili entro il circolo polare artico e nella Siberia centrosettentrionale.

Al solito, le anomalie geopotenziali associate al POL nella figura di sinistra, e, in quella a destra, le anomalie termiche nel continente euroasiatico per valori maggiori a 1.0 e minori a -1.0:

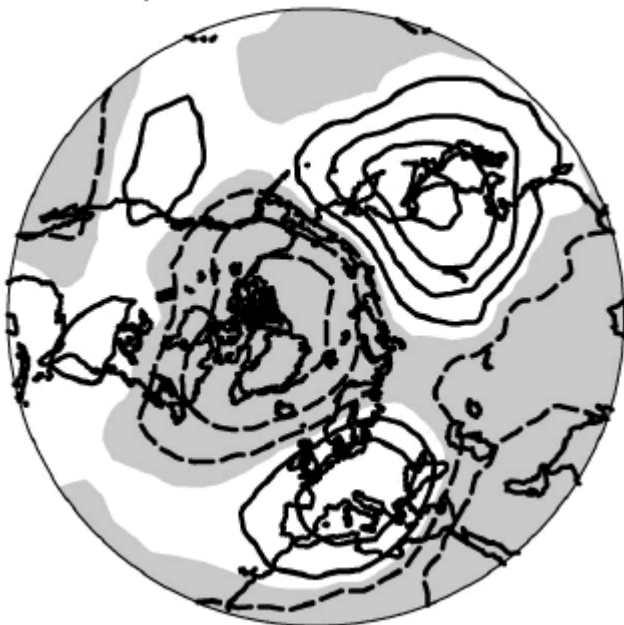
### Polar- Eurasian (POL)



(fonte immagini [EMS](#))

I valori estremi dell'indice sono stati registrati nel Novembre 1998 (-3.15) e nel Febbraio 1963 (+2.6)

#### b) Polar-Eurasian Pattern



#### **EFFETTI IN EUROPA**

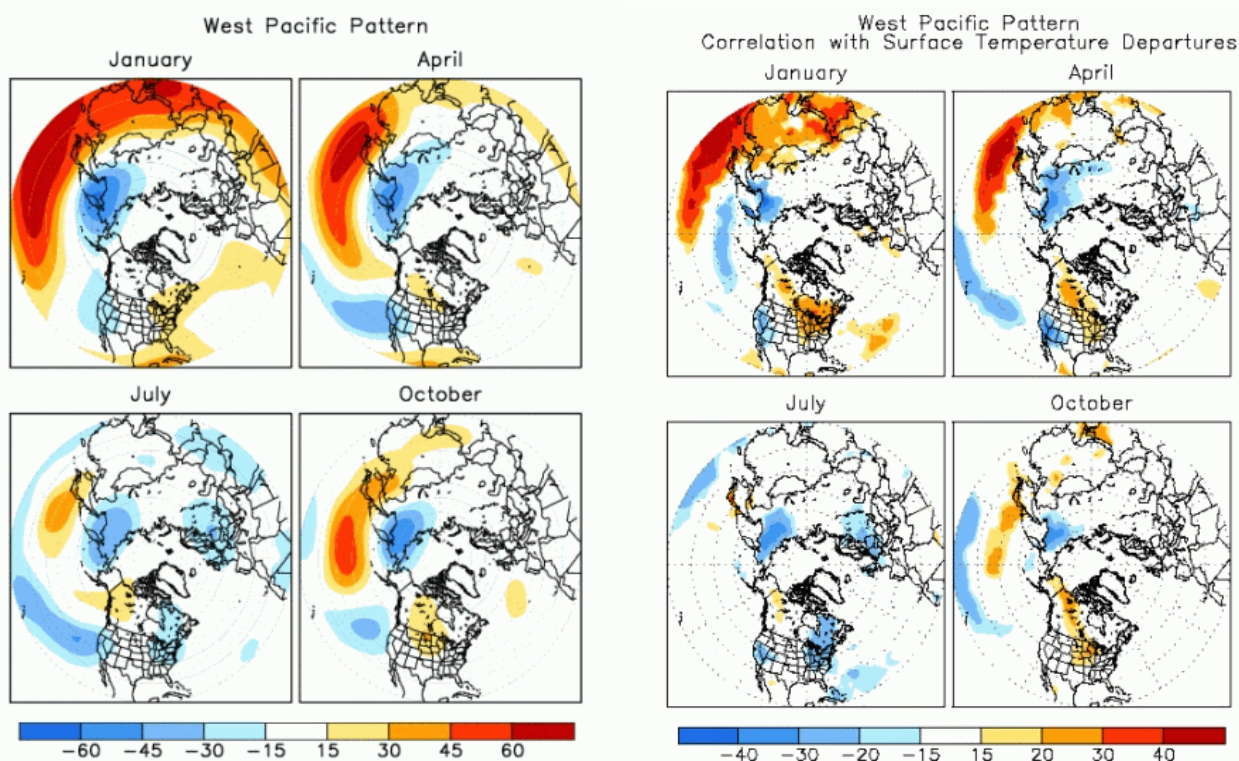
La serie storica dell'indice ci mostra un'alternanza tra le fasi con durata pluriennale. La fase negativa, associata ad inverni più freddi del normale in larga parte dell'Eurasia, ha dominato il periodi 1964/65-1969/1970 e 1976-1987. La fase positiva è stata invece riscontrata persistentemente tra il 1971 e il 1976, e nelle decadi più recenti.

## West Pacific (WP):

Il WP è uno dei pattern prominenti per quanto concerne la variabilità a bassa frequenza del Pacifico. Durante l'inverno e la primavera, il pattern consiste in un dipolo pressorio Nord-Sud con un centro sulla penisola di Kamchatka e un vasto centro di segno opposto a coprire buona parte del Sud-Est asiatico e del Pacifico tropicale occidentale. Perciò, fasi fortemente positive o negative dell'indice, riflettono pronunciate variazioni zionali o meridionali nella localizzazione ed intensità di entrata nel Pacifico del jet stream asiatico.

Le anomalie associate al pattern subiscono una traslazione verso Nord durante la stagione estiva, in relazione allo spostamento settentrionale del getto asiatico. Un terzo centro di anomalia è presente durante tutte le stagioni sugli Stati Uniti sudoccidentali e Pacifico orientale.

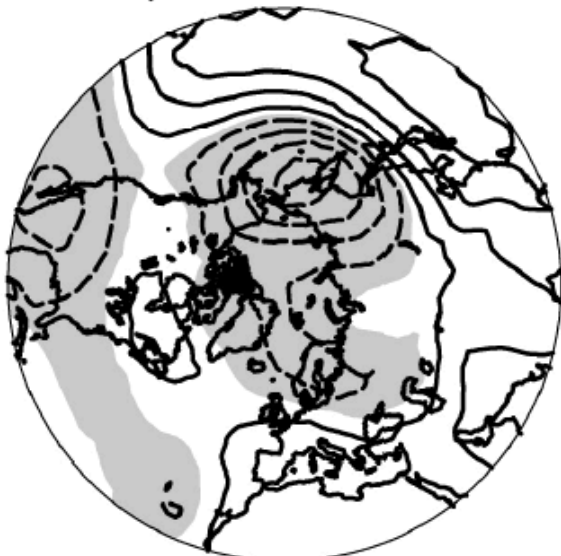
La fase positiva del WP è associata a temperature eccedenti la media alle basse latitudini del Pacifico occidentale durante inverno e primavera, inferiori alla norma nella Siberia orientale durante tutte le stagioni. Le precipitazioni risultano abbondanti alle alte latitudini pacifiche, mentre sono scarse durante inverno e primavera nel Pacifico centrale.



(fonte immagini [CPC-NOAA](#))

I valori record dell'indice appartengono a Settembre 1951 (-2.97) e Novembre 1979 (+2.68)

### h) West Pacific Pattern

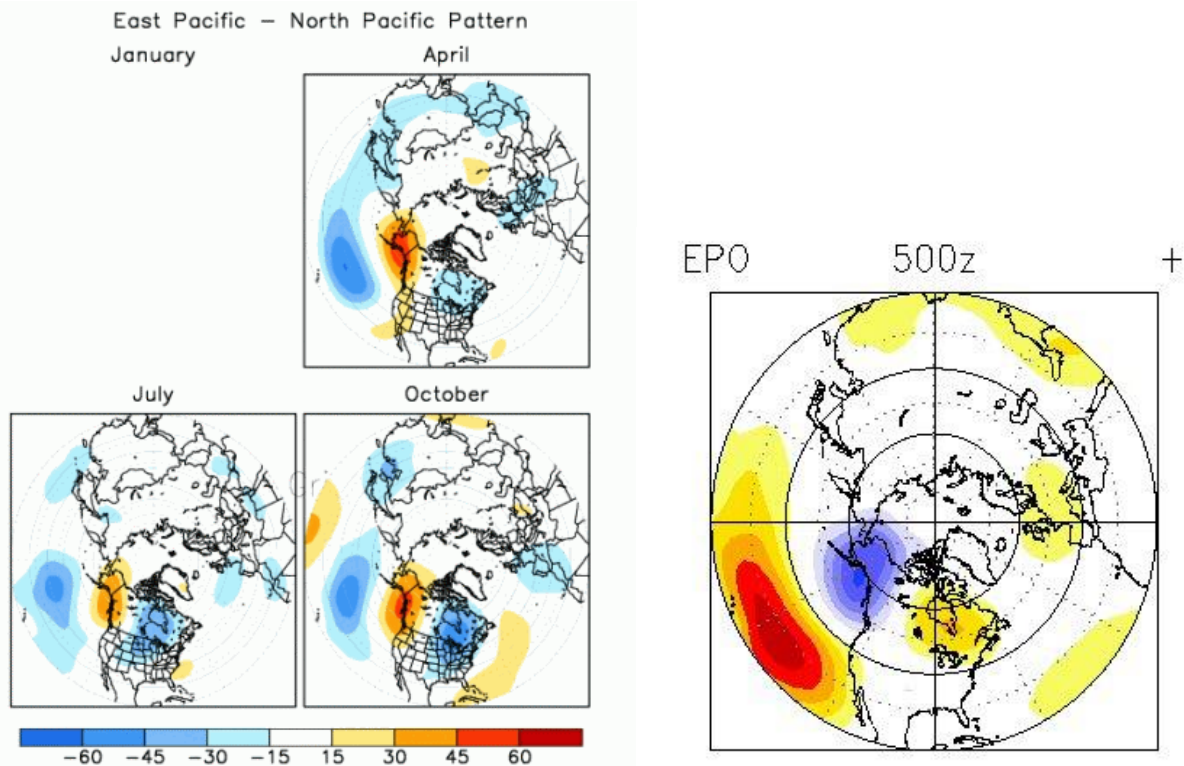


### EFFETTI IN EUROPA

Gli effetti del pattern in ambito europeo sono piuttosto limitati, e principalmente determinati dalla differente correlazione che si esplica, a seconda delle stagioni, tra la profondità della semipermanente aleutinica e la pressione su Scandinavia e N-Atlantico. E' risaputo, infatti, che tra Febbraio e Marzo la pressione sulle Aleutine è anticorrelata alla pressione nel N-Atlantico, pertanto a una depressione N-Pacifica più profonda, corrisponderà una fase di blocking in N-Atlantico. Durante Dicembre e Gennaio la pressione delle due aree è, al contrario, correlata positivamente, per cui ad un rafforzamento della semipermanente aleutinica corrisponderà un'approfondimento della semipermanente islandese.

## East Pacific-North Pacific (EP/NP) ed East Pacific Oscillation (EPO):

Recentemente il CPC (Climate Prediction Center) ha definito un nuovo pattern, l'EP/NP, nato dall'unione di due pattern differenti, l'EPO e l'NP, valido prevalentemente nel semestre estivo. Il nuovo pattern è praticamente identico al precedente EPO, eccezion fatta per le anomalie di segno opposto considerate. Siccome l'EPO è ancora utilizzato presso il NOAA e risulta spesso utile nelle analisi long-range invernali, dedicherò qualche riga anche a questo pattern. Come si può verificare dalla figura sotto, l'EP/NP e l'EPO contemplan praticamente gli stessi centri di anomalia (tranne qualche piccola differenza nel Pacifico) ma con segni speculari. Durante la fase positiva dell'EP/NP assistiamo ad una traslazione meridionale e ad una intensificazione del getto pacifico, con conseguente risposta anticiclonica sul Nordamerica occidentale. Il forcing in questione determina a sua volta un'ondulazione del getto con circolazione di tipo ciclonico sulla parte orientale del continente, così come su parte dell'Europa centro-occidentale. L'opposto accade durante la fase positiva dell'EPO, del quale tuttavia, disponiamo di un tool previsionale su base ENS elaborato dal CDC: [Previsione EPO e WP](#)



(fonte immagini [CPC-NOAA](#))

I valori record dell'EP/NP appartengono al Settembre 2004 (-3.08) e al Giugno 1953 (+2.89)

I valori record dell'EPO risalgono invece al Marzo 1970 (-3.10) e al Maggio 1965 (+2.90)

### EFFETTI IN EUROPA

Spesso l'EPO viene considerato come una sorta di PNA traslato verso Nord, ma con segno inverso e diversa impostazione in Pacifico. Per cui per avere una discreta ondulazione del getto ad opera di un blocco atlantico è preferibile avere questo indice con segno negativo, e difatti esiste una correlazione positiva tra i geopotenziali nell'America Nordorientale e il centro Europa.

Il segno dell'EPO risulta particolarmente "influyente" negli anni con ENSO neutro, ma, a seconda della particolare disposizione delle SSTA nel N-Pacífico, può assumere notevole importanza anche negli anni caratterizzati da Niño o Niña.

## TELECONNESSIONI OCEANICHE

### El Niño/Southern Oscillation (ENSO):

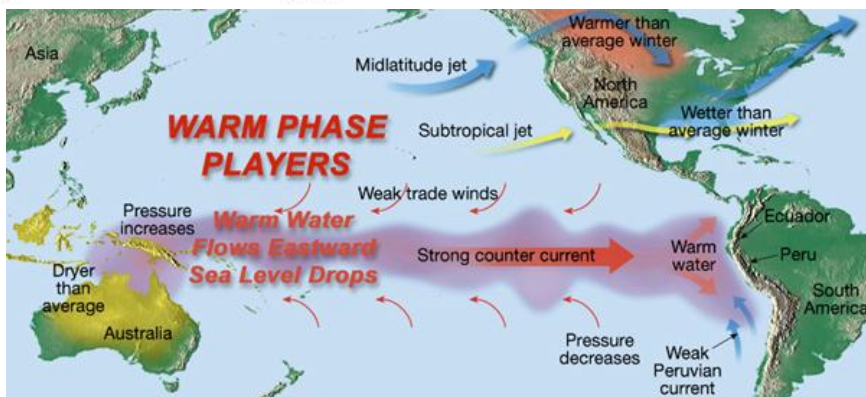
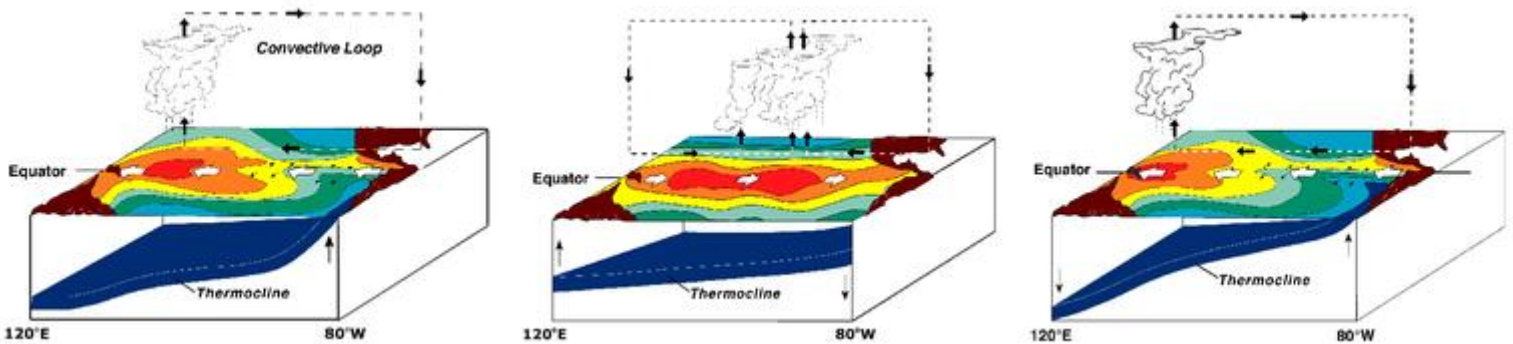
La Southern Oscillation è un'alternanza ciclica che va a modificare la normale differenza pressoria tra le aree cicloniche che interessano il Sud-est asiatico e il campo di alte pressioni che normalmente dominano il Pacifico sudorientale. Per valutare la differenza pressoria che si viene a creare tra queste due aree, si confrontano i dati delle stazioni di Darwin (Australia settentrionale) e di Tahiti (Polinesia). Periodicamente, per cause ancora non del tutto chiarite, si assiste ad una modifica della normale differenza pressoria tra le due zone, con conseguenze dirette sull'intensità degli alisei che normalmente soffiano da Est verso Ovest, lungo tutta la fascia tropicale. L'orientamento degli alisei provoca in condizioni normali la risalita di acque oceaniche profonde, e quindi più fredde, a ridosso delle coste del Sudamerica. Ma, nel momento in cui subentra una riduzione d'intensità degli stessi, si ha l'indebolimento della corrente equatoriale che scorre da est verso ovest, per cui si assiste al riscaldamento delle SSTs est-pacifiche. A questo punto il gradiente termico tra le SSTs del Pacifico occidentale ed orientale è ridotto e si innesca un circolo vizioso per cui si ha un'ulteriore riduzione delle differenze pressorie tra le due stazioni precedentemente citate (SOI-), in quanto la pressione ad ovest aumenta, mentre diminuisce nella parte orientale del Pacifico. Ciò indebolisce nuovamente gli alisei, determinando una risalita di acque più fredde ulteriormente inferiore, cosicché le SSTs continuano ad aumentare in tutta la zona equatoriale. Lo stesso avviene durante la Niña, ma con modalità opposte [acque più fredde della norma nella parte orientale provocano un aumento della differenza pressoria tra Darwin e Tahiti (SOI+) inducendo a sua volta una maggiore intensità degli alisei].

(fonte immagini [CPC-NOAA](#) e [GEO130](#))

ENSO neutro

El Niño

La Niña



**El Niño**

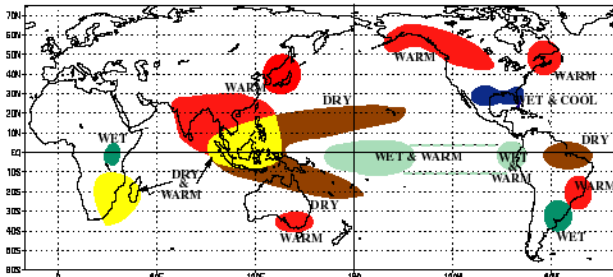


**La Niña**

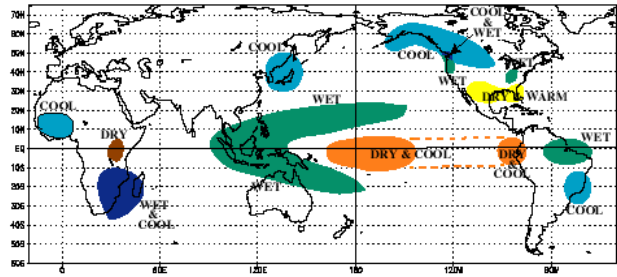
L'ENSO è la più nota causa di variabilità interannuale delle condizioni meteorologiche e climatiche nel mondo, con una frequenza che varia dai tre agli otto anni. Le SSTA modificate dall'ENSO sono sostanzialmente in fase tra l'Oceano Pacifico e quello Indiano; si nota invece un ritardo di dodici-diciotto mesi nell'espansione/trasferimento delle anomalie all'Atlantico.

Fra i mutamenti delle condizioni atmosferiche che induce el Niño, sono particolarmente rilevanti l'aumento della piovosità sull'America Centrale e sul Perù, in cui possono verificarsi alluvioni anche distruttive, e i conseguenti periodi di forte siccità nelle regioni del Pacifico orientale, talvolta associati a devastanti incendi in Australia.

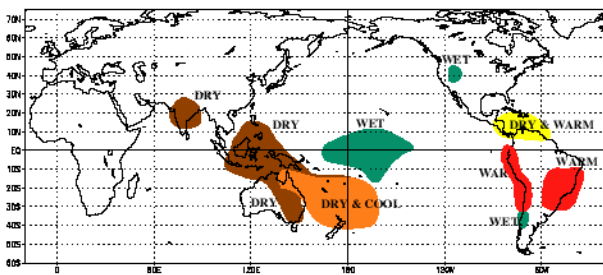
WARM EPISODE RELATIONSHIPS DECEMBER - FEBRUARY



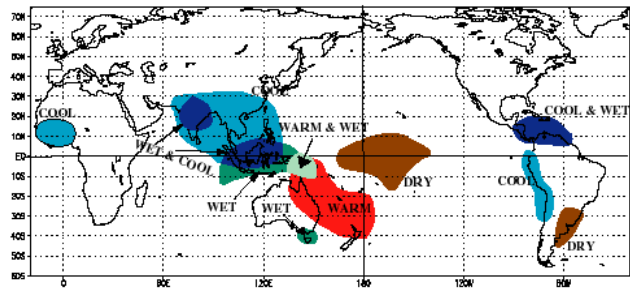
COLD EPISODE RELATIONSHIPS DECEMBER - FEBRUARY



WARM EPISODE RELATIONSHIPS JUNE - AUGUST



COLD EPISODE RELATIONSHIPS JUNE - AUGUST



Climate Prediction Center  
NCEP

(fonte immagini [CPC-NOAA](http://www.cpc.ncep.noaa.gov))



Climate Prediction Center  
NCEP

## EFFETTI IN EUROPA

Gli effetti dell'ENSO in Europa sono molto vari a seconda della stagione considerata e dell'intensità con cui si presentano el Niño e la Niña. L'ENSO esercita la sua influenza mediante l'instaurarsi di un ponte atmosferico che si manifesta con una distanza temporale pari a 3-6 mesi rispetto allo stato dell'ENSO.

Le correlazioni più evidenti appaiono nella stagione autunnale, in quanto la presenza di El Niño provoca un aumento della piovosità sull'Europa occidentale e una diminuzione della stessa nell'Europa orientale.

Durante la stagione invernale gli effetti di un ENSO neutro o debole risultano piuttosto trascurabili, mentre appaiono più evidenti in caso di episodi estremi.

Un Niño forte provoca infatti una maggior ingerenza subtropicale durante i mesi invernali, portando inverni caldi e piuttosto asciutti nel Mediterraneo. Pure una Niña intensa provoca conseguenze non troppo differenti, soprattutto in termini precipitativi, in quanto favorisce l'estensione dell'anticiclone delle Azzorre verso l'Europa occidentale.

Nel caso di Niño forte sono stati riscontrati effetti simili anche durante la stagione estiva, ma probabilmente la causa è da ricercare in altri predictors quali SSTA atlantiche ed indiane, la cui disposizione appare profondamente mutata in seguito ad episodi intensi. L'influenza dell'ENSO sulle primavere europee appare più blanda, anche se alcuni studi recenti hanno osservato come durante el Niño le precipitazioni risultino inferiori in Europa occidentale e maggiori in Europa centrale, nella fascia che spazia dall'Inghilterra all'Ucraina. La Niña, oltre a favorire una disposizione precipitativa opposta, comporterebbe primavere più fresche in Europa occidentale, nell'area compresa tra UK, Alpi e Marocco.

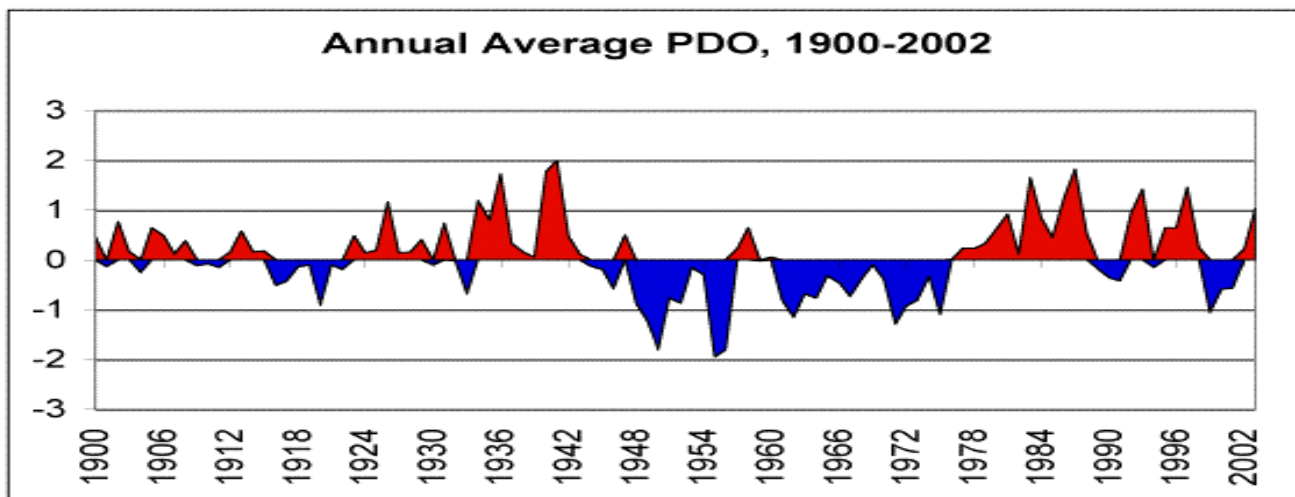
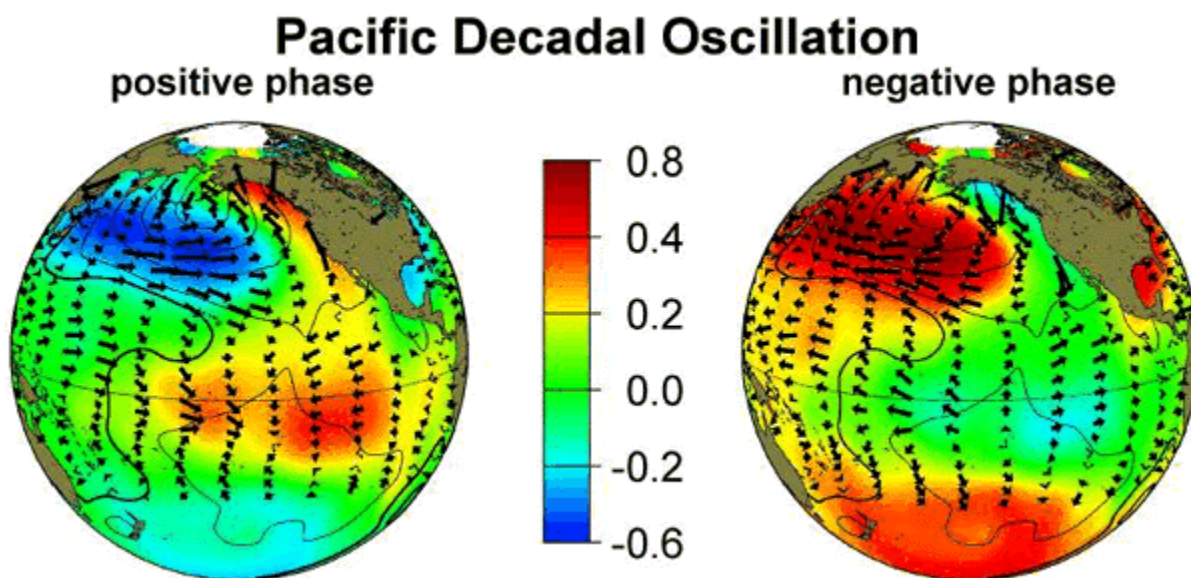


## Pacific Decadal Oscillation (PDO):

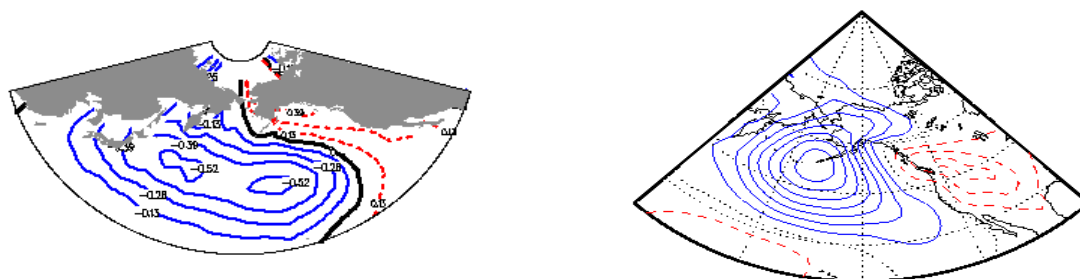
La PDO è un'oscillazione pluridecennale delle temperature superficiali dell'oceano Pacifico settentrionale, con ciclicità pari a 20-30 anni. La configurazione piuttosto stabile delle SSTA delle acque extratropicali nel lungo periodo, influisce di riflesso pure nei confronti delle acque tropicali, nonostante via sia invece una forte variabilità nel breve termine. Cosicché, durante le fasi PDO+, gli episodi di Niño sono solitamente più frequenti ed intensi, mentre gli episodi di Niña sono più rari. Durante le fasi PDO- assistiamo invece a episodi di Niña più frequenti e duraturi, mentre con grande difficoltà assisteremo a un Niño intenso.

Di seguito, la disposizione delle SSTA nel pacifico in caso di PDO+ (a sinistra) e di PDO- (a destra), e la serie storica dell'indice.

(fonte immagini [BBSR](#) e [ATMOS](#))

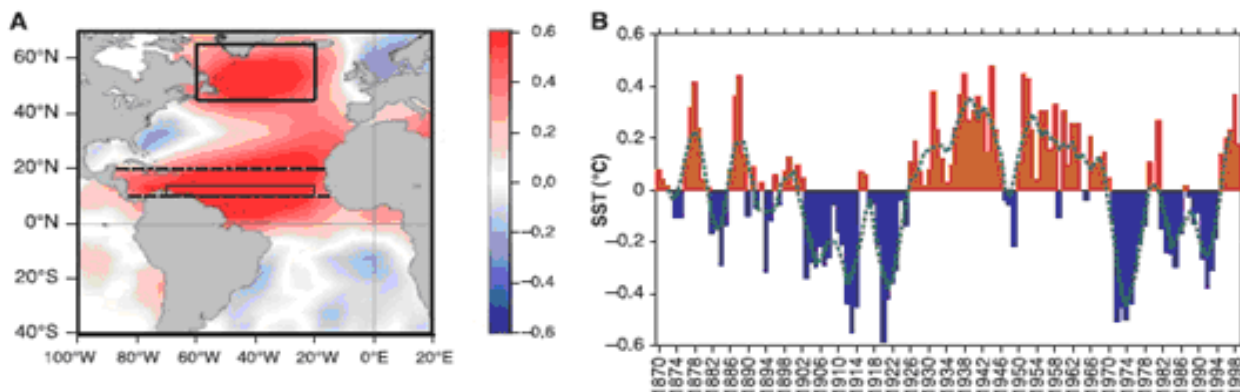


A livello prettamente atmosferico, la PDO favorisce a seconda della sua fase l'intensificazione o l'indebolimento della semipermanente aleutinica, che a sua volta si riflette nel segno con cui si presenta il PNA. Le figure sotto mostrano la corrispondenza tra le SSTA (a sinistra) e l'anomalia pressoria (a destra):



## Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO):

L'AMO è l'oscillazione caratteristica delle SSTA del Nord Atlantico, per cui si alternano, con ciclicità pari a 20-40 anni, temperature marine complessivamente superiori o inferiori alla media climatologica. Anche in questo caso ad ogni fase è associata una precisa disposizione delle SSTA, osservabile nella figura sottostante:



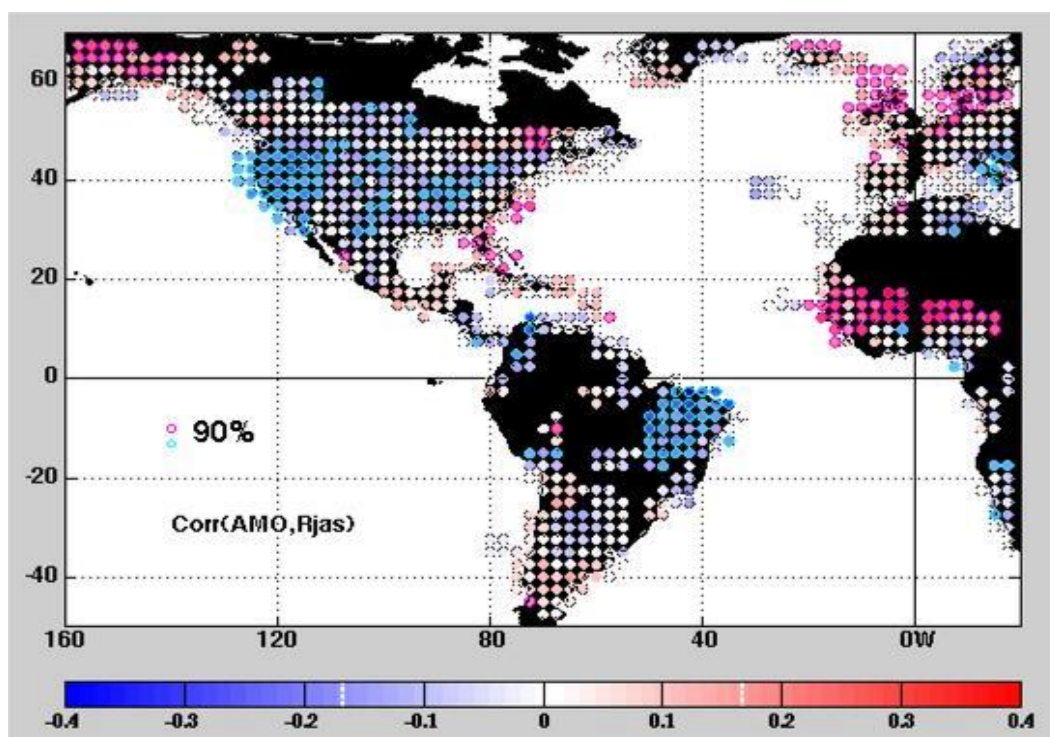
(fonte immagini [AOML-NOAA](#))

Molto sommariamente, si può dire che l'AMO- si esplica in un abbassamento del jet stream in area atlantica, il che, tradotto in chiave configurativa, equivale ad un aumento delle perturbazioni atlantiche che vanno ad investire l'Europa centromeridionale. Durante la fase negativa dell'indice sono frequenti le estati fresche e piovose, mentre gli inverni tendono ad essere piuttosto miti e caratterizzati dal tipico tempo "Atlantico". Il picco AMO- corrisponde infatti agli anni '70.

Al contrario l'AMO+ determina un innalzamento del jet stream, ossia un aumento delle azioni bloccanti. In estate favorisce l'espansione di cellule subtropicali nel Mediterraneo, mentre in inverno si assiste ad un aumento della frequenza dei blockings atlantici. Tipico esempio, anni '50 e anni recenti.

Com'è facilmente intuibile, durante il picco AMO+ si assiste anche ad un notevole incremento del numero delle tempeste tropicali durante la stagione degli uragani.

Nella figura sotto le correlazioni positive (rosso) e negative (blu) fra le precipitazioni nelle diverse località e il segno dell'AMO:

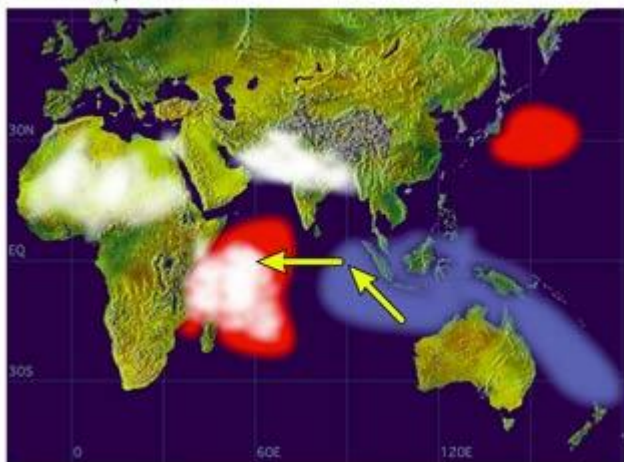


## Indian Ocean Dipole (IOD):

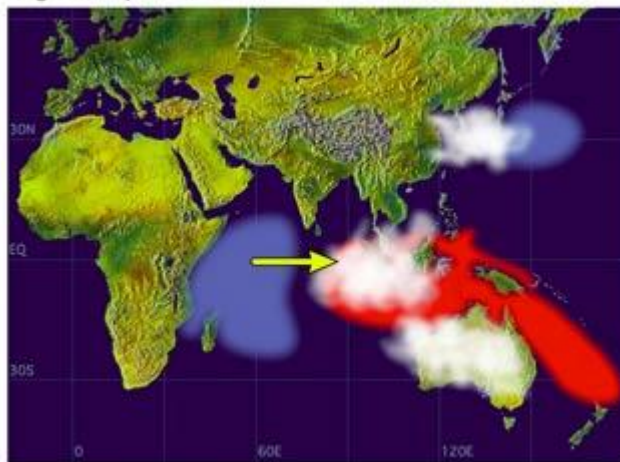
L'IOD è un'oscillazione delle SSTA indiane del tutto simile a quelle caratterizzanti l'oceano Pacifico e Atlantico. Anche in questo caso, abbiamo una variazione ciclica di quella che è la temperatura complessiva dell'oceano Indiano.

Durante la fase positiva dell'IOD abbiamo SSTA+ nella parte occidentale e a ridosso delle coste giapponesi e SSTA- nell'area indonesiana. A IOD+ è associato un aumento della convezione lungo tutta la fascia tropicale della parte occidentale, un'intensificazione del monzone indiano, una copertura maggiore sulle regioni subsahariane. Durante la fase negativa dell'indice, abbiamo SSTA con segno opposto, perciò la convezione è maggiore nei paesi dell'Oceania e in Giappone.

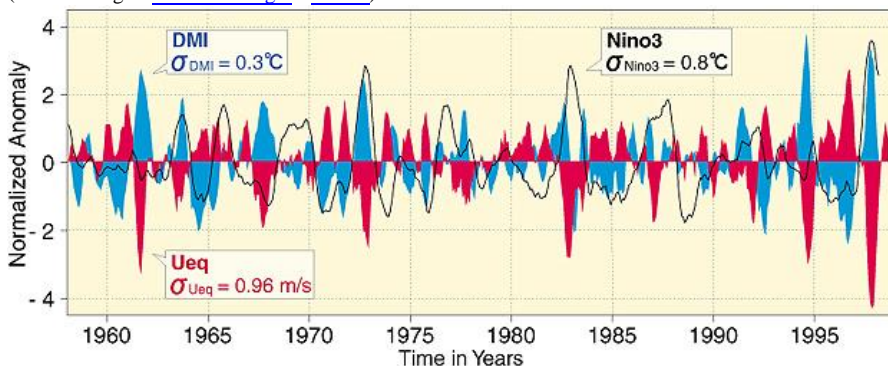
Positive Dipole Mode



Negative Dipole Mode

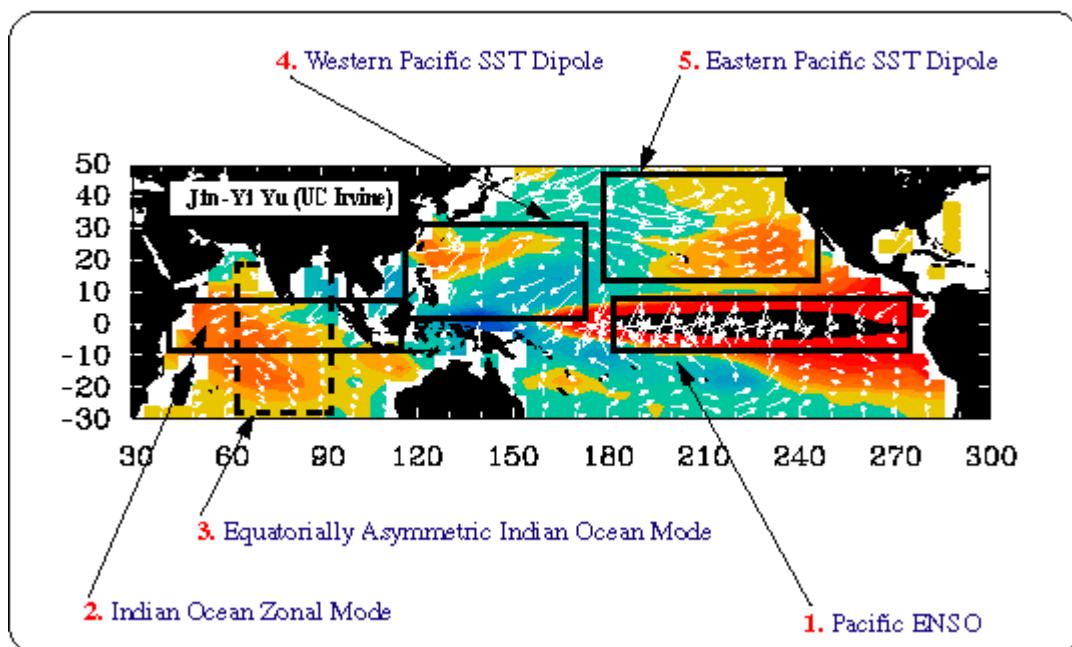


(fonte immagini [La Climatologie](#) e [Nature](#))



Normalmente l'IOD+ è associato agli episodi di Niño, mentre l'IOD- è più frequente durante la Niña. Tuttavia, questa correlazione non è così elevata come ci si potrebbe attendere, anche se sembra incrementata negli anni recenti.

## The Indo-Pacific ENSO Mode



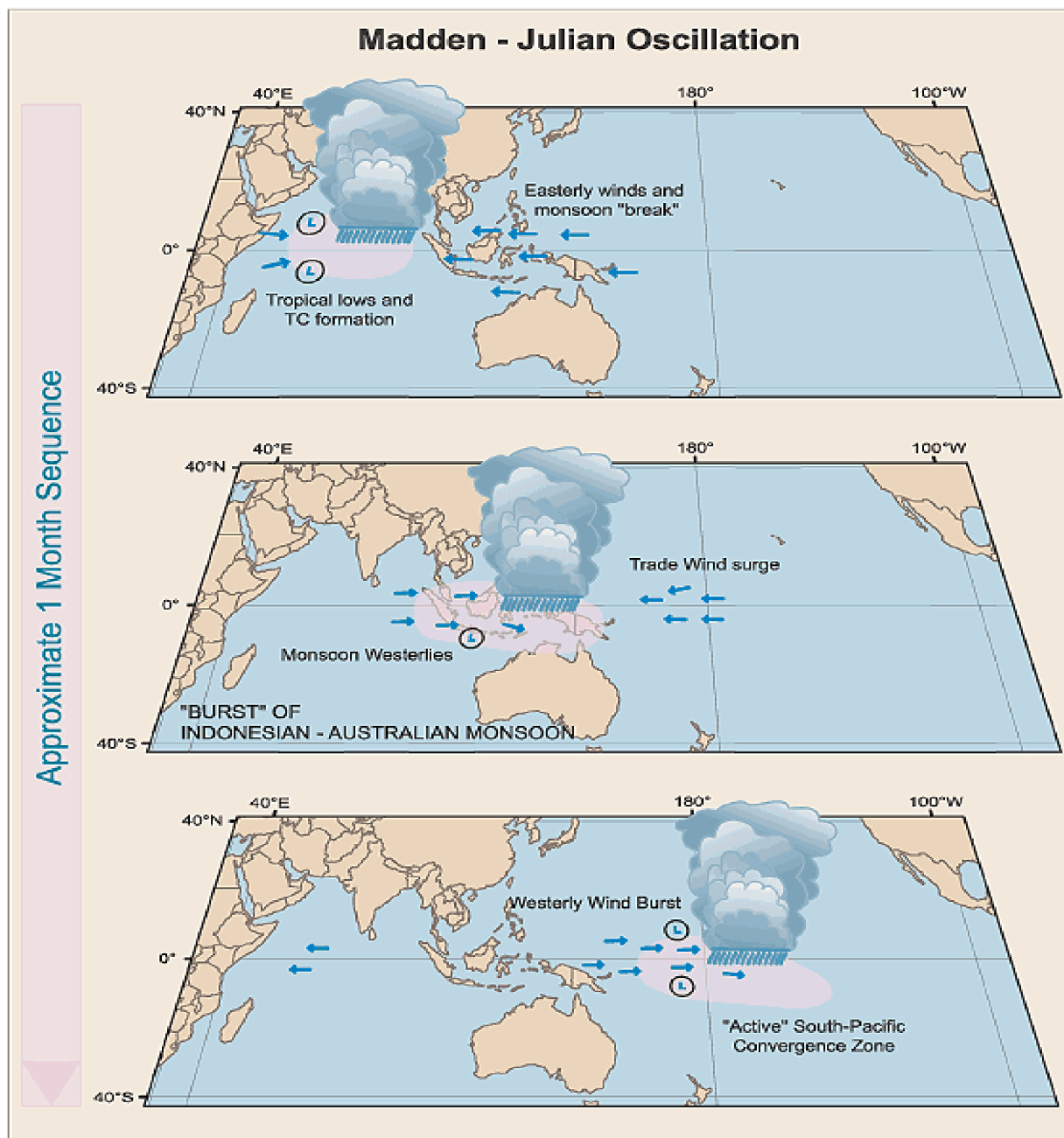
## Madden-Julian Oscillation (MJO):

La MJO individua, mediante suddivisione in differenti fasi, la localizzazione e l'intensità dell'attività convettiva che si manifesta a ridosso dell'equatore.

Essa è, per la maggior parte, responsabile della variabilità del tempo in queste regioni influenzando parametri atmosferici ed oceanici che impattano: sulle velocità e direzione dei venti sia alle quote superiori che a livello del mare, sulle precipitazioni, sulle temperature superficiali del mare (SST) e sull'evaporazione della superficie dell'oceano.

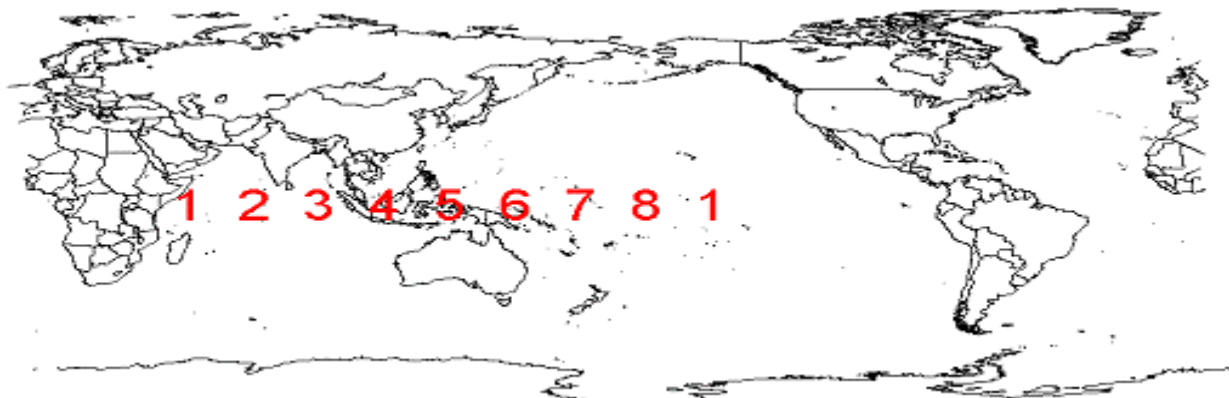
La MJO è una componente naturale del nostro sistema coppia oceano-atmosfera e la lunghezza tipica del ciclo o dell'onda MJO è di circa 30-60 giorni.

La convezione che ha luogo nell'Oceano Indiano, si muove longitudinalmente verso Est, interessando Indonesia, Australia settentrionale e Sudest asiatico, e successivamente la parte occidentale del Pacifico. A questo punto le precipitazioni diventano più rade nel Pacifico orientale, a causa delle SSTs più fredde, per poi riprendere copiose nell'Africa equatoriale e parte dell'Atlantico tropicale. La progressione verso est è dovuta all'azione di blocco operata sugli alisei dall'area su cui agisce la convezione. La variazione delle termiche superficiali oceaniche tra questa area e quella più calda immediatamente ad est, su cui ancora possono scorrere gli alisei, comporta una migliore risposta convettiva verso oriente.



(fonte immagine [IGBP](#))

Le fasi in cui si suddivide l'oscillazione sono convenzionalmente 8. Ad ogni fase è associata una precisa localizzazione della convezione tropicale:



(fonte immagini [Cropscience](#))

Per conoscere lo stato in cui si trova la MJO ci si affida solitamente al diagramma RMM, in cui i valori giornalieri dell'indice vengono assegnati ad una specifica fase:

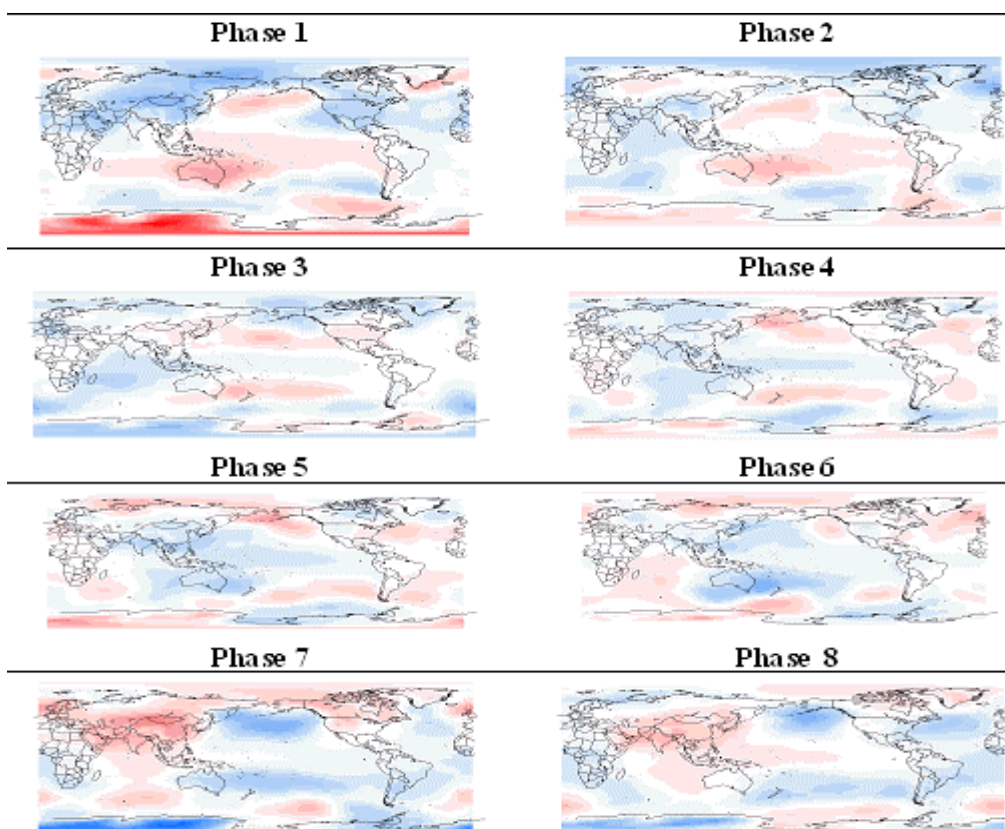
<http://www.bom.gov.au/bmrc/clfor/cfstaff/matw/maproom/RMM/phase.Last40days.html>

Il diagramma è molto utile in quanto, oltre alla localizzazione della Madden, abbiamo plottata l'intensità della stessa. Infatti, quanto più i valori puntuali sono lontani dal cerchio interno, quanto più la MJO è intensa. Una MJO intensa costituisce una forzante sinottica con effetti a livello planetario, tanto che ad ogni fase e ad ogni mese è associato un preciso pattern, consultabile ai seguenti link:

<http://raleighwx.easternuswx.com/MJO.html>

<http://www.apsru.gov.au/mjo/explore.asp>

In linea di massima, le anomalie pressorie indotte da ogni fase durante l'arco annuale, sono:



Gli effetti forzanti sono invece pressochè assenti, nel caso la MJO sia debole (entro il cerchio).

## Quasi Biennial Oscillation (QBO):

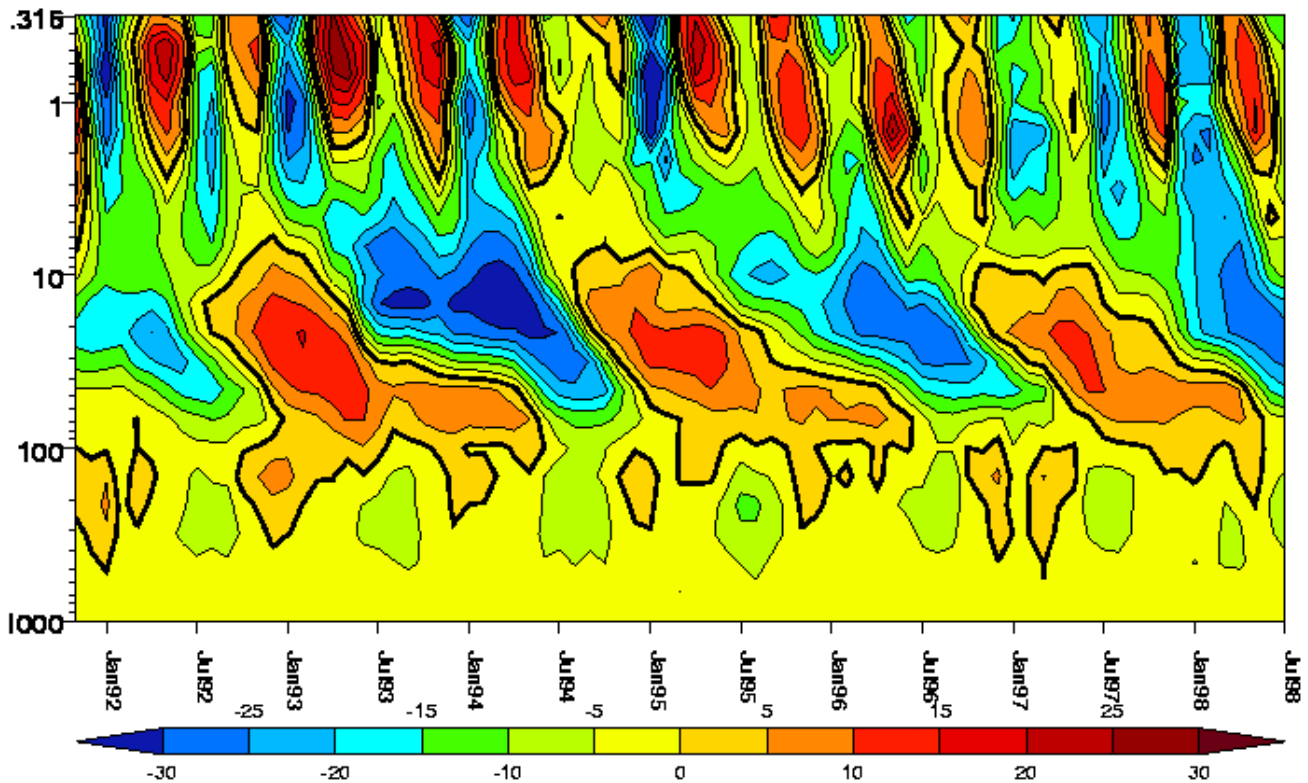
La QBO è l'unica teleconnessione di tipo stratosferico, in quanto prende in esame la naturale ciclicità dell'inversione zonale che caratterizza le correnti equatoriali alle altitudini corrispondenti alla pressione di 50hpa e 30hpa.

L'oscillazione ha tempi standard pari a 20-36 mesi, con una media di 28 mesi, per tornare al punto di partenza. L'inversione si propaga dall'alto verso il basso, a partire da 10hpa fino a 100hpa. La fase Est (QBO-) è normalmente più intensa e breve della fase Ovest (QBO+).

La propagazione verso il basso delle westerlies avviene più velocemente rispetto alle easterlies, e tuttavia, in entrambi i casi, la magnitudo diminuisce col diminuire della quota.

La transizione tra la fase Ovest e la fase Est risulta spesso ritardata tra le altezze di 30hpa e 50hpa.

A titolo di esempio, ecco la propagazione della QBO alle latitudini equatoriali, tra il 1992 e il 1998:



(fonte immagine [BBSR](#))

Il ruolo della QBO è quindi importante poiché:

- 1) La QBO influenza l'attività tropicale in Atlantico, ed è largamente utilizzata come predictor nell'emissione delle previsioni riguardanti la stagione degli uragani. Alla fase occidentale (positiva) della QBO è associato un aumento del numero delle tempeste tropicali.
- 2) La QBO unitamente alle SSTA dell'oceano Indiano e delle regioni ENSO, influenza la stagione dei monsoni.
- 3) La frequenza dei cicloni tropicali nel pacifico nordoccidentale aumenta durante la fase occidentale della QBO, mentre al contrario l'attività tropicale si intensifica nell'oceano Indiano sudoccidentale durante la fase orientale.
- 4) Le previsioni ENSO utilizzano la fase attesa della QBO a 30hpa e 50hpa per determinarne l'intensità e la durata.
- 5) La QBO influenza il regime pluviometrico del Sahel. Infatti a QBO+ è associato un incremento delle precipitazioni nella regione subsahariana.
- 6) Il decadimento degli aerosol provocati da eruzioni vulcaniche violente quali El Chicon e Pinatubo, dipende dalla fase della QBO.

Ad esse, si aggiunge forse la caratteristica più importante dell'indice, ossia la speciale interazione con minimi e massimi solari nel favorire o impedire warmings stratosferici durante la stagione invernale.

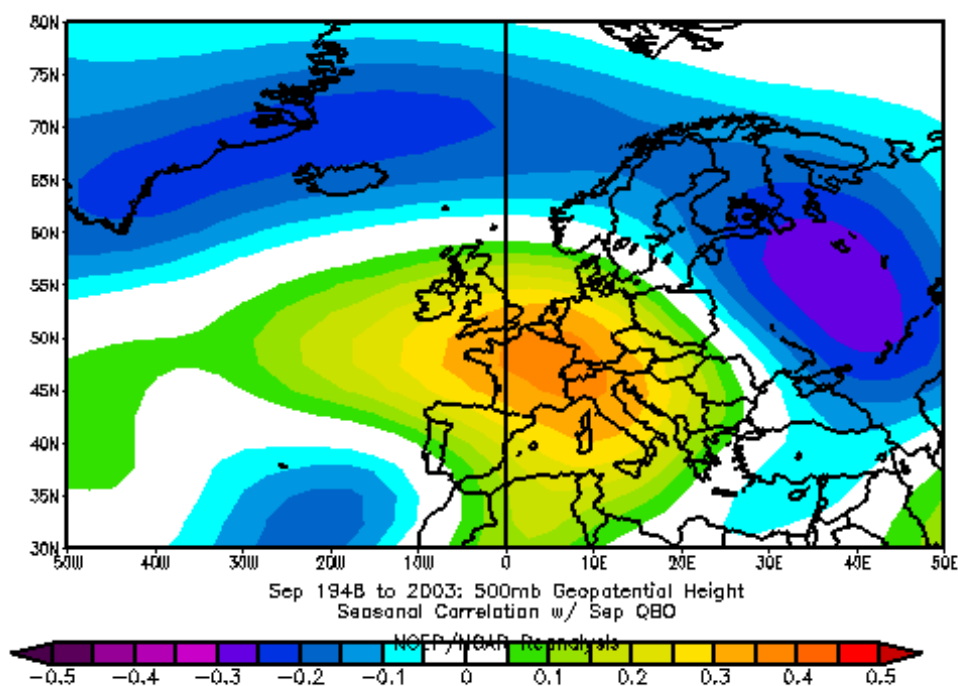
In particolare, la probabilità di avere Major Warmings stratosferici e conseguente AO negativa, aumentano notevolmente in prossimità di QBO- e minimo solare e di QBO+ e massimo solare. Nei due casi rimanenti, QBO- e massimo solare e QBO+ e minimo solare, tendono invece a prevalere configurazioni di stampo zonale.



(immagine rielaborata e gentilmente concessa da Daniele Campello, [CPS](#))

*N.B: le frecce si riferiscono alla direzione dei venti stratosferici equatoriali.*

Gli effetti diretti nel condizionare lo schema configurativo a livello europeo sono limitati alla particolare disposizione del pattern indotta ad inizio autunno, con focus sul mese di Settembre, assimilabile all'EA/WR precedentemente descritto. Nella fattispecie, durante le fasi occidentali della QBO è favorito un pattern EA/WR+, mentre l'opposto avviene durante la fase orientale dell'indice stratosferico (Fonte: Brazdil and Zolotokrylin - Theoretical and Applied Climatology, 1995)



NOAA/ESRL Physical Sciences Division

## **FONTI WEB E LINK UTILI:**

### **Patterns:**

[http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily\\_ao\\_index/teleconnections.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/teleconnections.shtml)

<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.shtml>

<http://sciencebulletins.amnh.org/earth/f/nao.20040910/assets/74/index.php>

<http://www.met.rdg.ac.uk/cag/NAO/main.html>

<http://horizon.atmos.colostate.edu/ao/introduction.html>

### **ENSO:**

<http://www.cpc.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>

[http://www.bom.gov.au/lam/Students\\_Teachers/elanim/elani.shtml](http://www.bom.gov.au/lam/Students_Teachers/elanim/elani.shtml)

### **PDO:**

<http://www.ispe.arizona.edu/climas/learn/pdo/>

### **AMO:**

[http://www.aoml.noaa.gov/phod/amo\\_faq.php](http://www.aoml.noaa.gov/phod/amo_faq.php)

### **IOD:**

<http://la.climatologie.free.fr/iod/iod.htm>

### **MJO:**

[http://www.usclivar.org/Organization/MJO\\_WG.html](http://www.usclivar.org/Organization/MJO_WG.html)

<http://envam1.env.uea.ac.uk/mjo.html>

### **QBO:**

<http://www.bbsr.edu/rpi/public/resedu/qbo.html>

### **Teleconnessioni Varie:**

<http://ggweather.com/enso/mjo.htm>

<http://www.geocities.com/mrspock298/Teleconnections.html>

## **BIBLIOGRAFIA:**

Panagiotopoulos, F., Shahgedanova, M. and Stephenson, D.B., 2002: 'A review of Northern Hemisphere winter-time teleconnection patterns', *European Research Course on Atmospheres (ERCA) – Vol. 5* (Ed. Claude Boutron), EDP Sciences.