



# **BIOSFERA E CLIMA**

# BIOSFERA



La **Biosfera** è la parte del sottile involucro che circonda il pianeta in cui si svolgono i processi vitali in connessione con aria, acqua e suolo.

Quindi, l'involucro terrestre oltre agli organismi viventi (*biosfera*) è composto da altri **3 comparti** (o *settori*) di tipo "fisico" che nell'insieme costituiscono l'**Ecosfera**:

- l'*atmosfera*, un sottile strato di aria che avvolge la Terra, con il 50% della massa nei primi 6,5 Km dalla superficie terrestre ed il 98% entro i primi 26 Km;
- l'*idrosfera*, l'insieme delle acque superficiali e sub-superficiali dei mari, degli oceani e delle acque interne (fiumi, laghi, ghiacciai, acque sotterranee);
- la *litosfera*, parte superiore della crosta terrestre, contenente i suoli e le sostanze minerali necessarie alla vita.



L' Ecosfera è un sistema caratterizzato da una complessa interdipendenza tra i suoi comparti, nei quali si trova tutto quanto è necessario a sostenere i processi della vita.

Le componenti del «sistema ecosfera» vengono costantemente riciclate e rinnovate, organismi compresi.

Qualunque disturbo sconvolga le interazioni (*connessioni*) tra le componenti, riducendo la capacità di sostenere i processi vitali, mette in pericolo la sopravvivenza degli organismi, compreso l'uomo.

## La struttura dell' Ecosfera non è immutabile nel tempo.

Cambiamenti delle componenti “fisiche” avvengono da sempre, anche in assenza dell'Uomo e dei mutamenti prodotti dalle sue attività.


Dalla fine dell'ultima glaciazione, circa 14.000 anni BP, le diverse aree climatiche del pianeta (e la conseguente distribuzione dei *biomi*) hanno beneficiato di modalità di dinamica ambientale alquanto stabili, salvo alcune brevi fasi di insolito riscaldamento o raffreddamento.

Tali *modalità* sono basate su processi fisici mantenutisi abbastanza costanti in quest'ultimo periodo di tempo:

1. la velocità di rotazione della Terra ed il suo movimento intorno al Sole (eccentricità dell'orbita);
2. l'inclinazione e l'orientamento dell'asse terrestre, che determinano il diverso irraggiamento della superficie terrestre;
3. la re-irradiazione dell'energia solare attraverso l'atmosfera (*albedo*), dovuta per lo più alla copertura del suolo e delle nuvole.

## Esempi di albedo (max= 1)

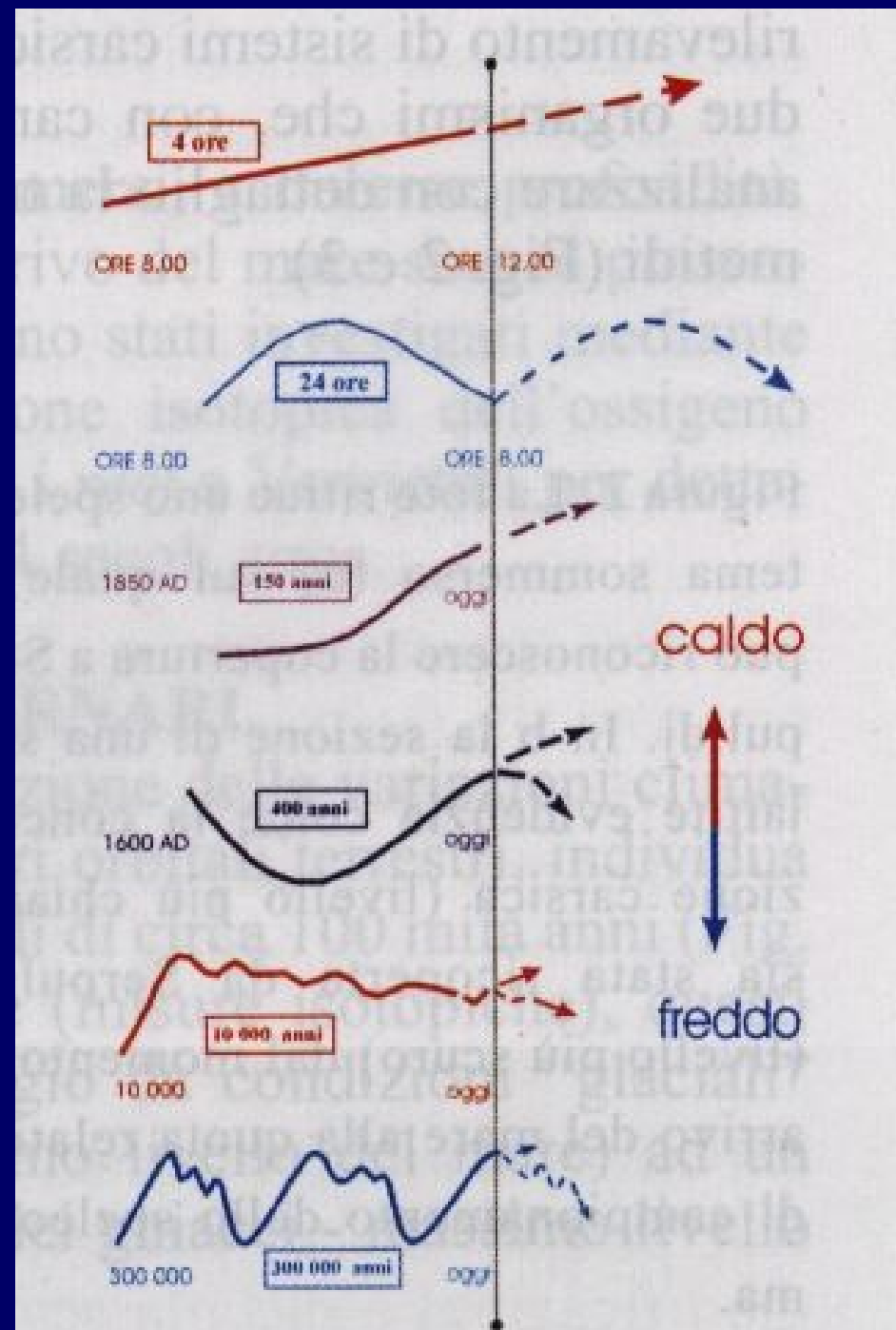
Tipo di Superficie	Valore di albedo	
<u>Asfalto fresco</u>	0.04	(4%)
Oceano aperto	0.06	(6%)
Asfalto consunto	0.12	(12%)
Foresta di conifere	0.09 a 0.15	(9-15%)
Bosco di latifoglie	0.15-0.18	(15-18%)
Suolo libero	0.17	(17%)
Erba verde	0.25	(25%)
Sabbia del deserto	0.40	(40%)
Cemento fresco	0.55	(55%)
Ghiaccio oceanico	0.5-0.7	(55-70%)
<u>Neve fresca</u>	0.80-0.90	(80-90%)



**Actuo-ecologia**

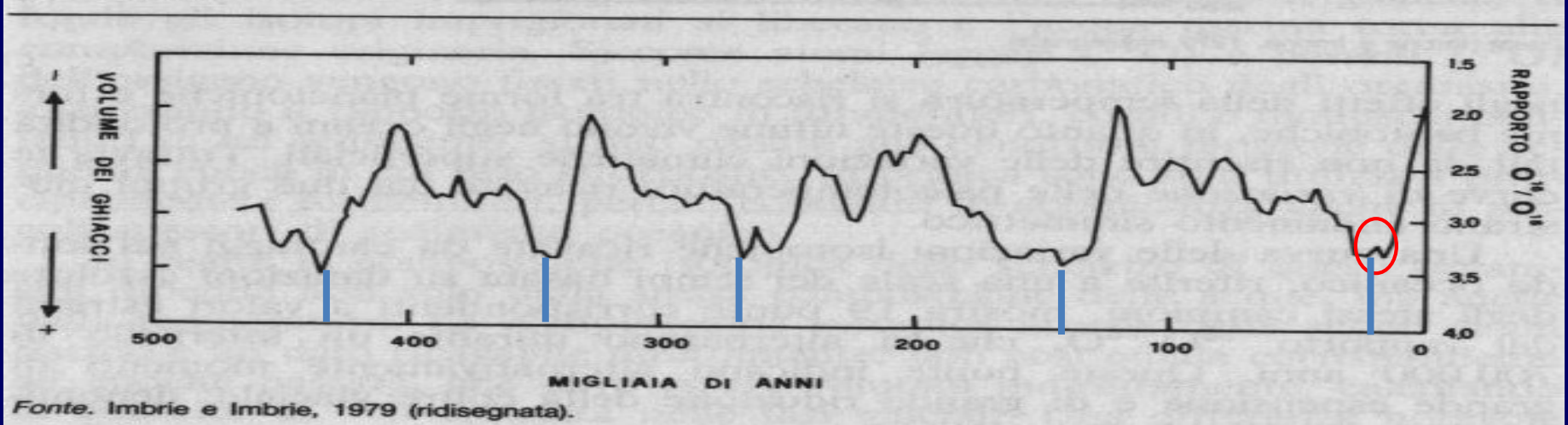
**Ecologia storica**

**Paleo-ecologia**





Le oscillazioni climatiche negli ultimi 0,5 m.a. come risultano dal rapporto isotopico  $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$



Fonte. Imbrie e Imbrie, 1979 (ridisegnata).

- Cicli climatici dominanti si sono succeduti con un periodo di circa 100 mila anni;
- ad essi si sovrappongono altre 2 oscillazioni, minori per intensità e durata, con periodi di 43 e 21 mila anni;
- nel Quaternario, sono stati riconosciuti almeno 10 cicli climatici dominanti;
- in tutti i cicli la fase di raffreddamento è lunga e graduale, quella di riscaldamento è molto rapida.

- La tripla ciclicità delle oscillazioni climatiche coincide con altrettanti differenti cicli astronomici, che interessano rispettivamente:

- l'eccentricità dell'orbita terrestre (~ 100 ka)

- l'inclinazione dell'asse di rotazione terrestre  $22,1^{\circ}$ - $24,5^{\circ}$  (~ 43 ka)

- la precessione degli equinozi (~ 21 ka)

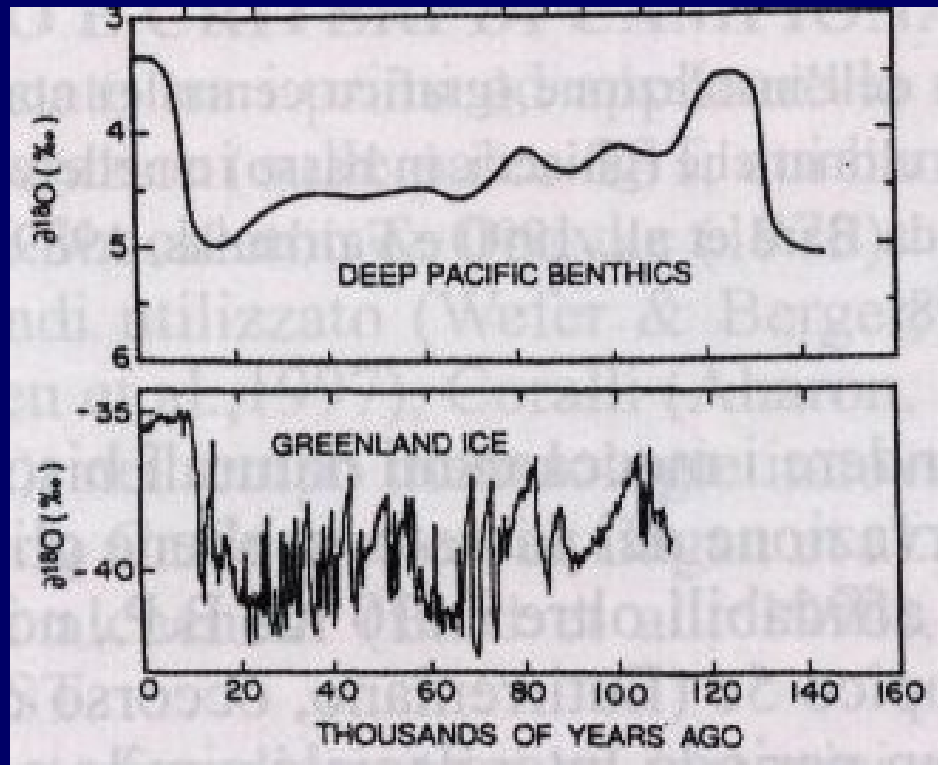




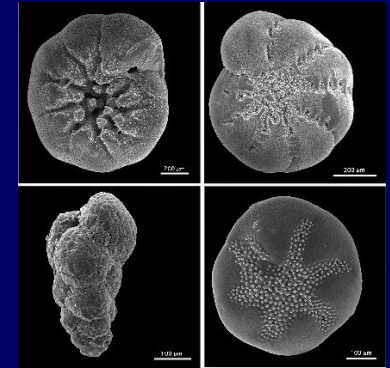
Marcatori  
paleoclimatici

$\delta^{18}\text{O}$

Rapporto  
isotopico  
dell'ossigeno



Gusci di  
foraminiferi



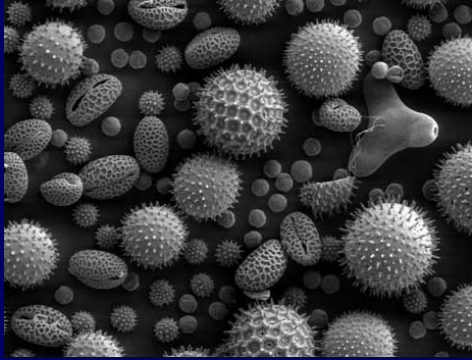
Ghiaccio

Poiché  $^{18}\text{O}$  è più pesante di  $^{16}\text{O}$ , le molecole di acqua marina contenenti l'  $^{18}\text{O}$  evaporano più difficilmente.

Durante le fasi calde, il mare risulta quindi arricchito di  $^{18}\text{O}$ , così come lo sono i gusci carbonatici degli organismi marini (*foraminiferi*).

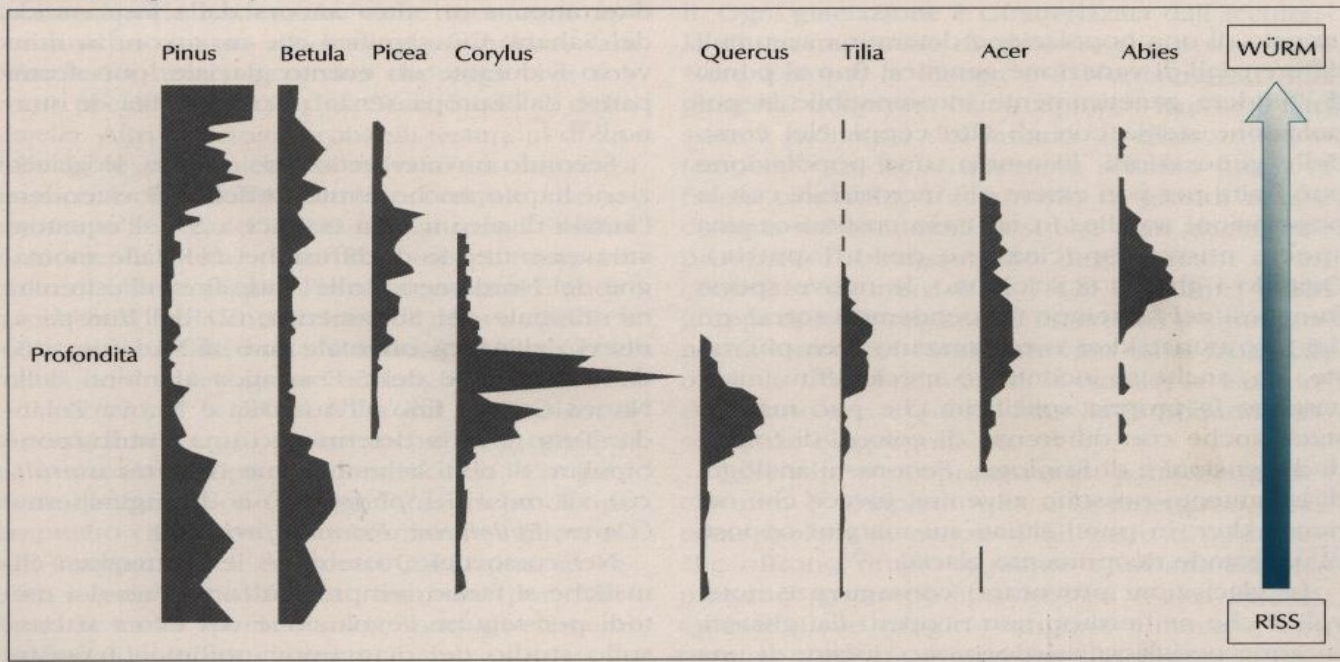
Al contrario, l'acqua delle precipitazioni, che va a formare i ghiacciai, durante le fasi calde contiene meno  $^{18}\text{O}$ .

# Marcatori paleoclimatici



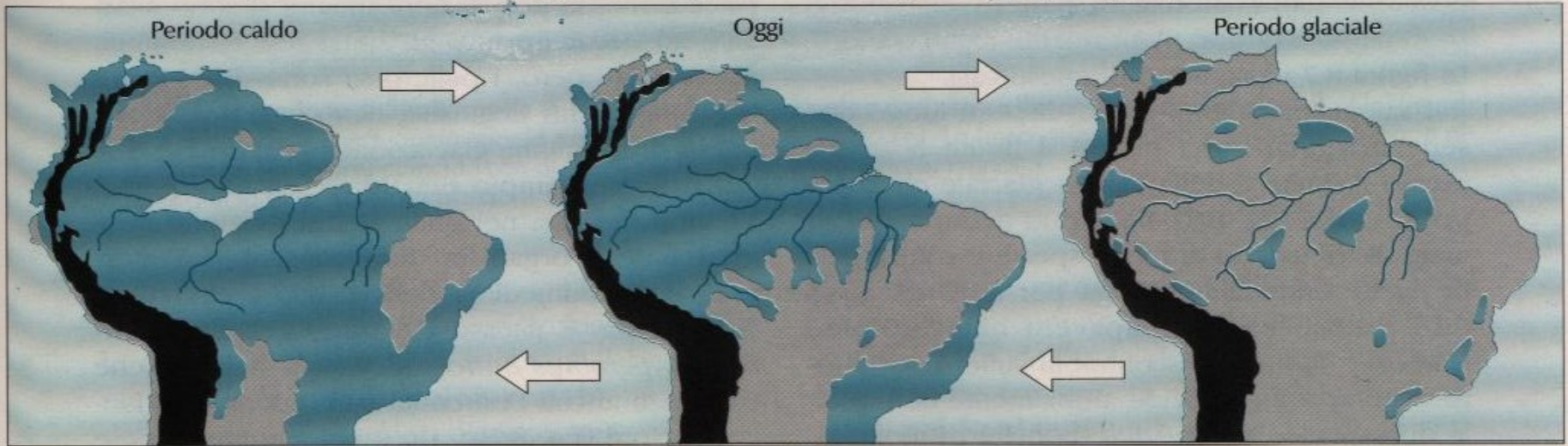
## diagrammi pollinici

7.13 Diagramma pollinico: analisi dei sedimenti dell'ultimo interglaciale in Polonia (da C.B. Cox, P.D. Moore).



8.5 Estensione della foresta tropicale (area in colore intorno al Rio delle Amazzoni) durante le varie fasi climatiche. In corrispondenza del massimo scioglimento dei ghiac-

ciai (a sinistra) il mare invade parte del bacino fluviale; durante le glaciazioni (a destra) la foresta si frammenta e il mare regredisce (da J.D. Lynch).





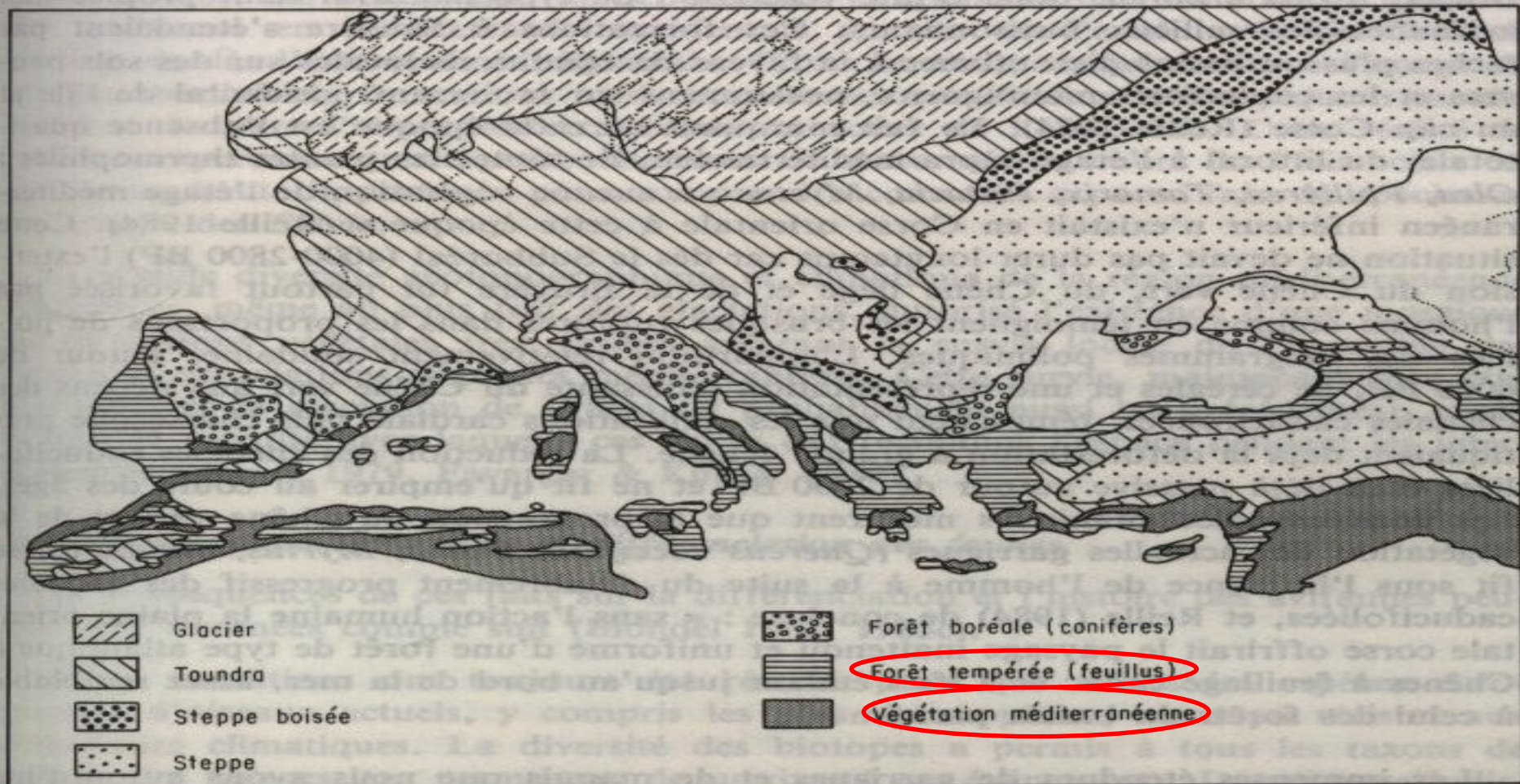


FIG. II-11. — Reconstitution des principaux paysages végétaux en Europe et en Afrique du Nord au cours du dernier pléniglaciaire (Würm). Contrairement à ce qu'on a cru pendant longtemps, une végétation méditerranéenne a persisté par taches au cours des pléniglaciaires à l'intérieur des limites de l'aire méditerranéenne (modifié d'après FLINT 1971 et BROWN & GIBSON 1983).

**Distribuzione dei principali Biomi durante l'ultimo periodo glaciale (22-14 ka BP).**

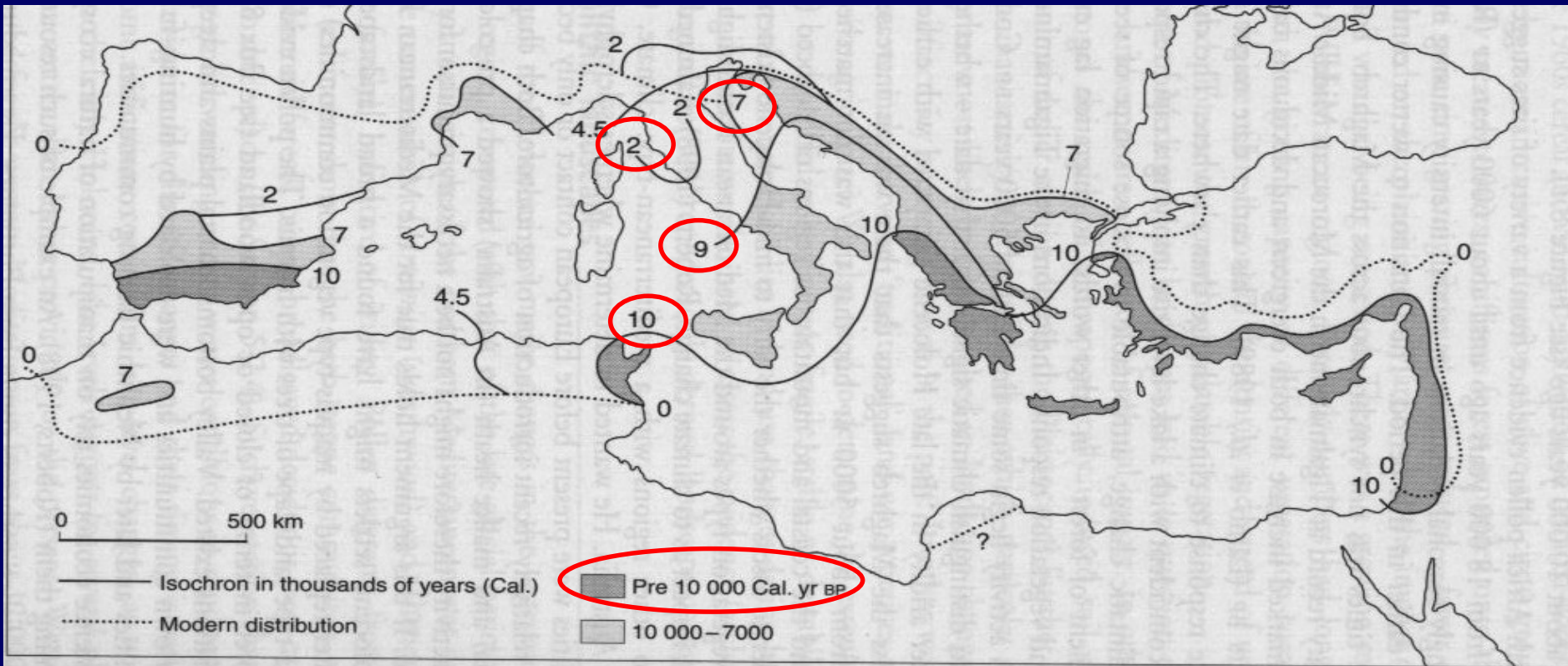
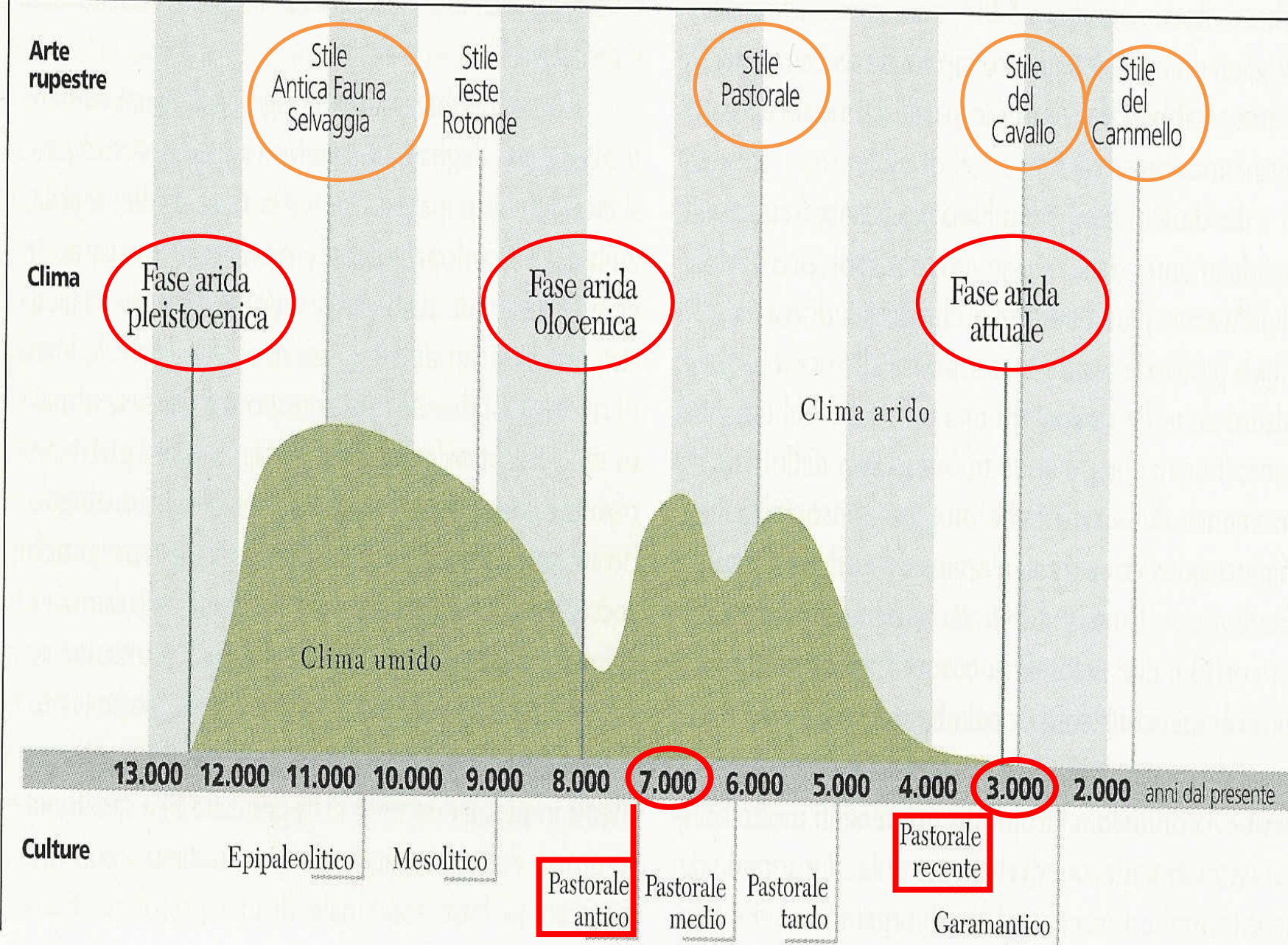


Figure 8.1 Holocene spread of summer-dry woodland in the Mediterranean Basin. After Roberts (1998).

**Espansione della macchia mediterranea durante l'attuale interglaciale**



# ANDAMENTO CLIMATICO E SUCCESSIONE DELLE CULTURE (SAHARA)





Stile “antica fauna selvatica”

Stile “pastorale”

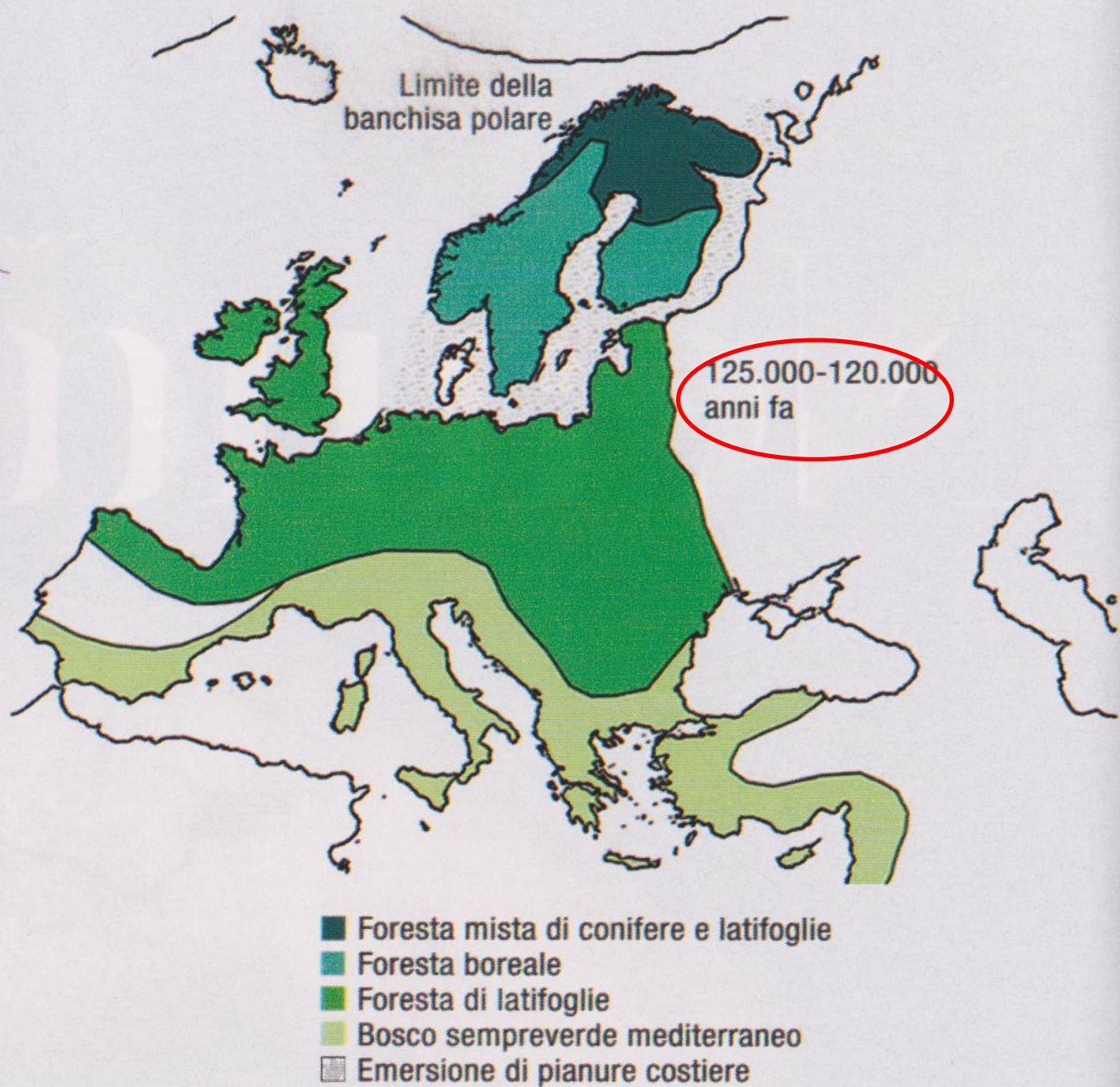


Stile “del cavallo e del cammello”

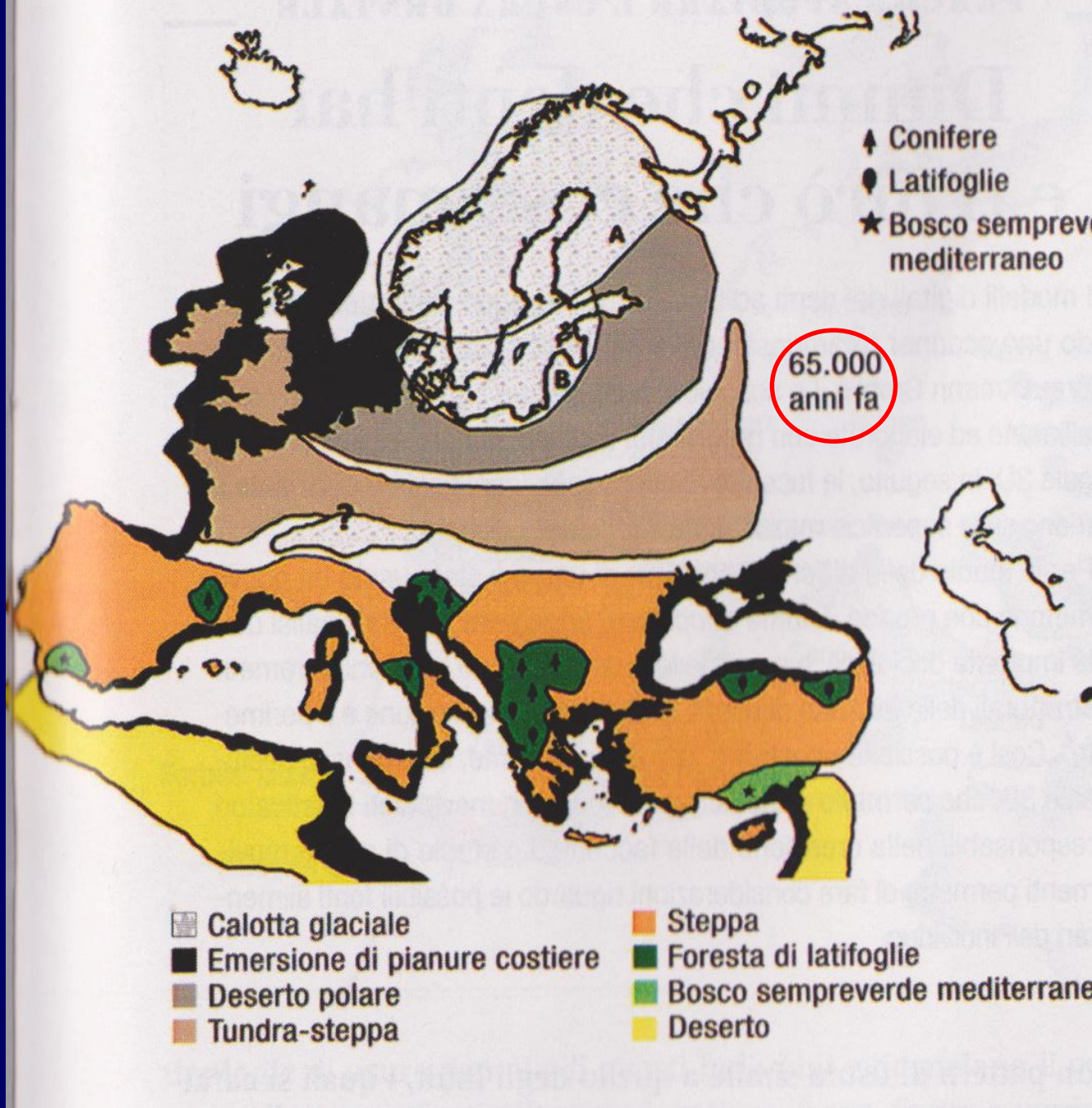


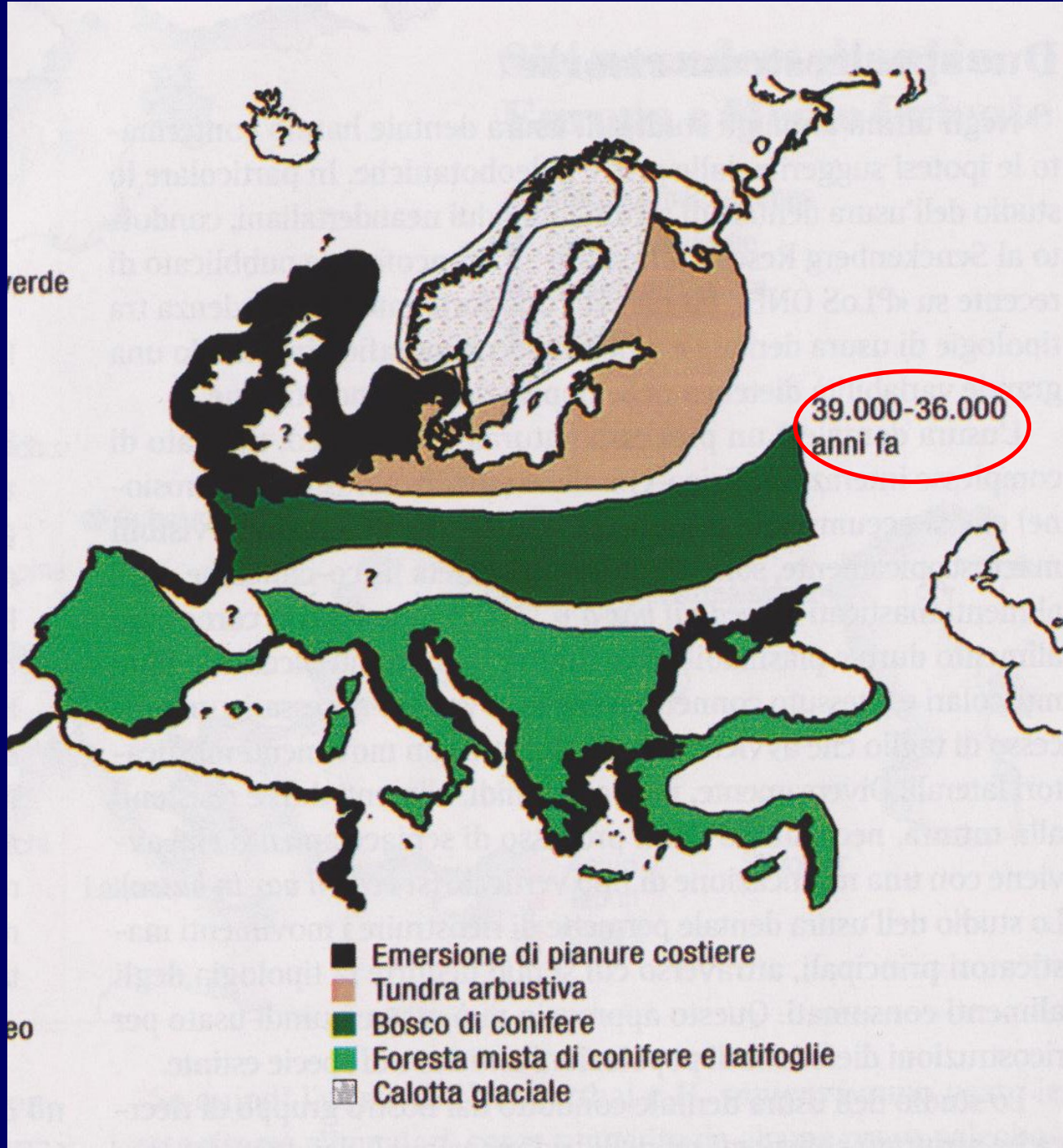


**BIOMI  
in Europa  
negli ultimi  
125 ka**



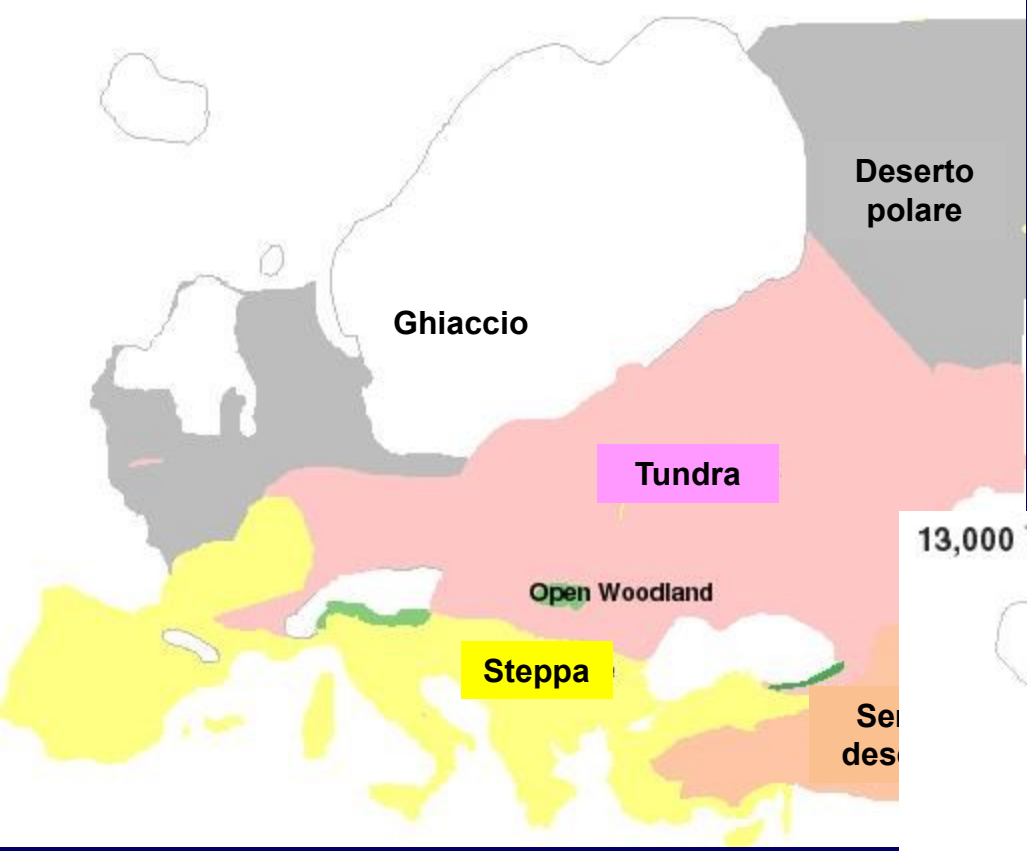




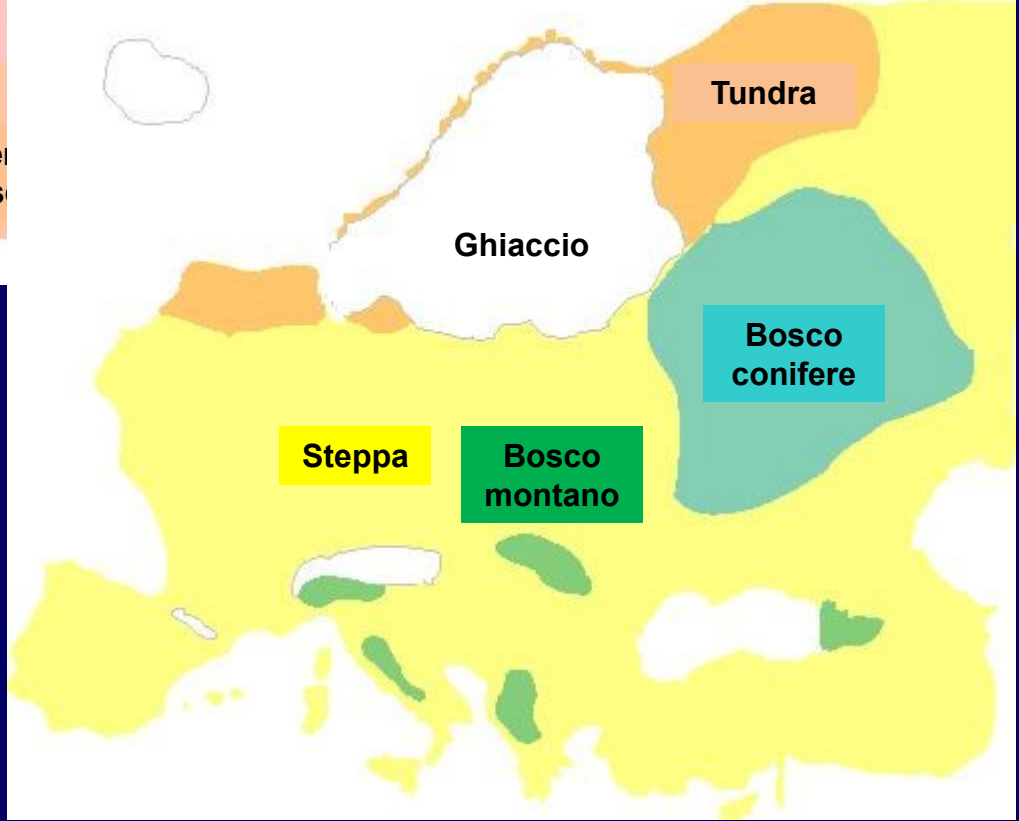




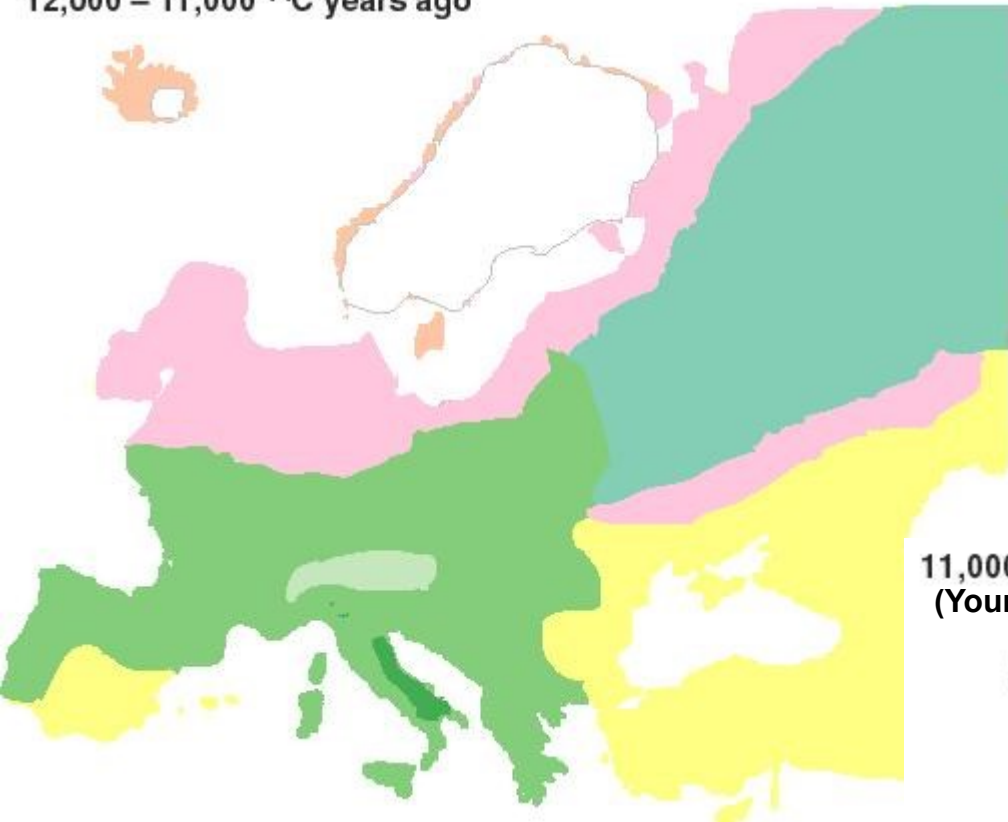
22,000 – 14,000 <sup>14</sup>C years ago



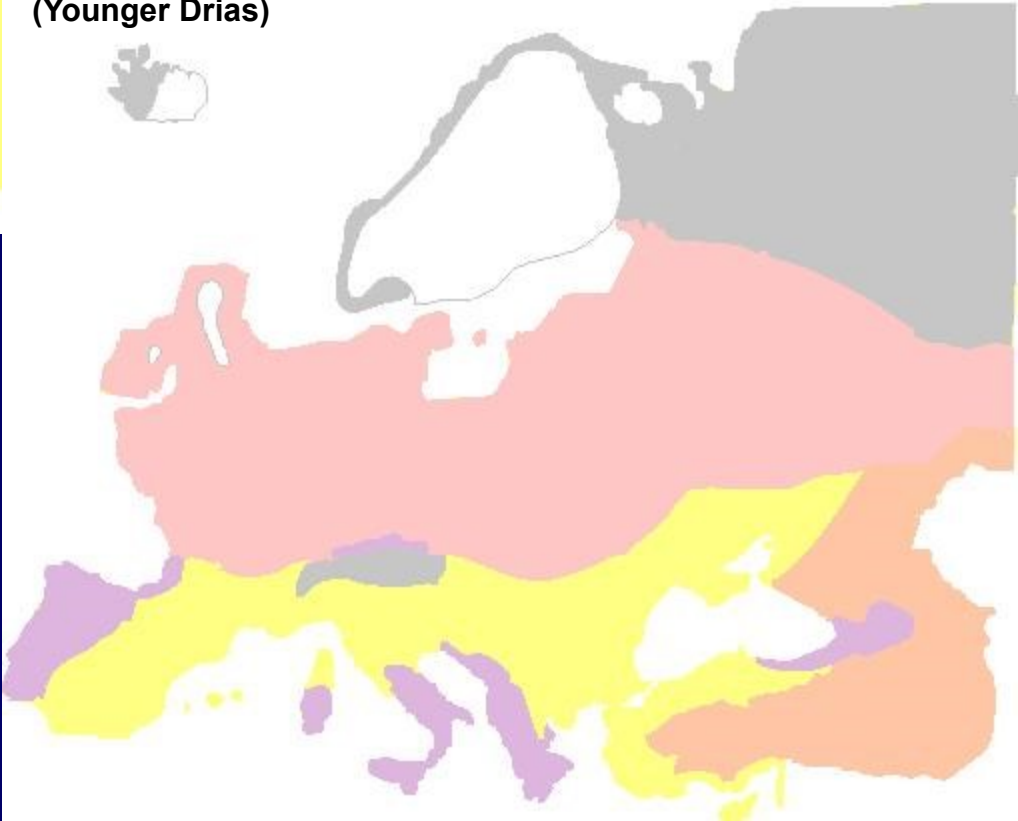
13,000 <sup>14</sup>C years ago



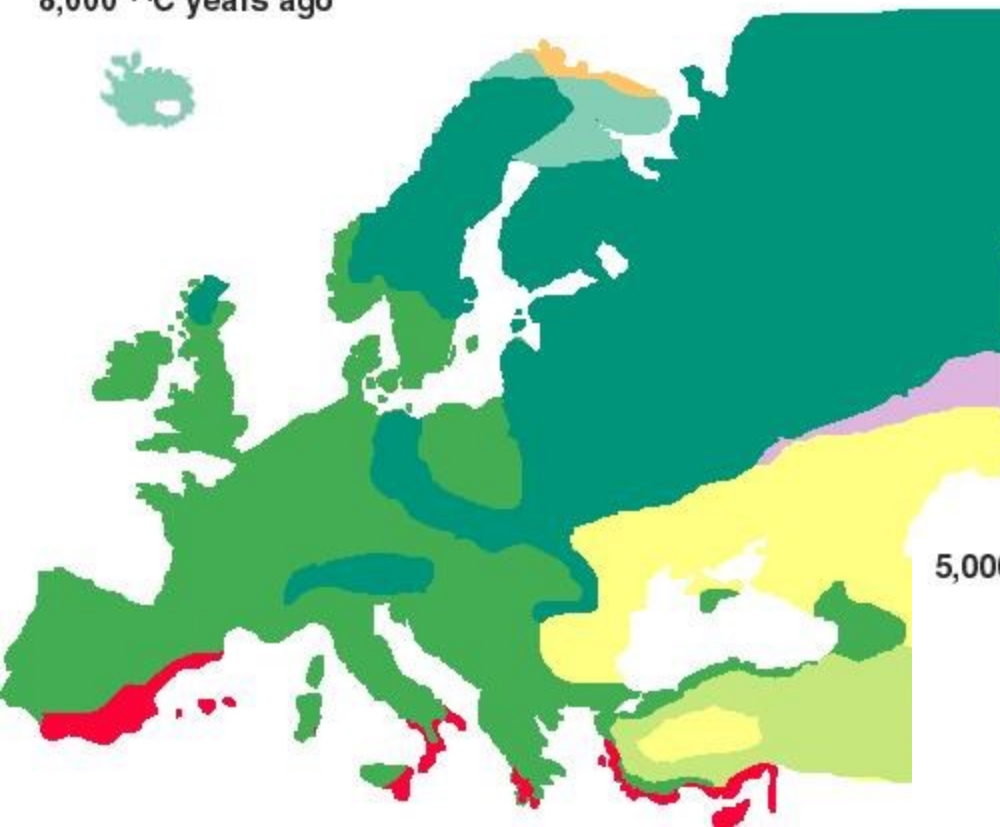
12,000 – 11,000 <sup>14</sup>C years ago



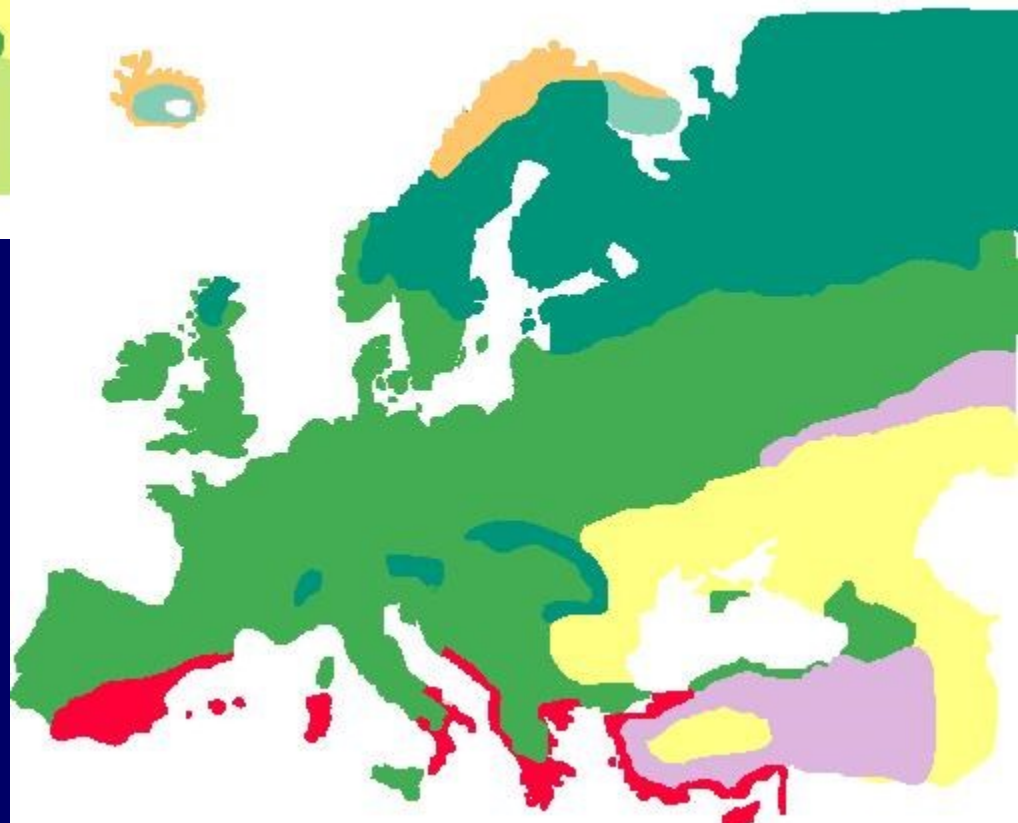
11,000 – 10,000 <sup>14</sup>C years ago  
(Younger Dryas)



8,000  $^{14}\text{C}$  years ago



5,000  $^{14}\text{C}$  years ago





# Present Potential Vegetation



**Cambiamento della biodiversità delle foreste a latifoglie dell'Europa centrale, in seguito al graduale ingresso di nuove specie per ampliamento dei loro areali (Delort e Walter, 2002)**

**6000 a.C.**

**nocciolo**

**5000 a.C.**

**querce, olmo, tiglio, abete, peccio**

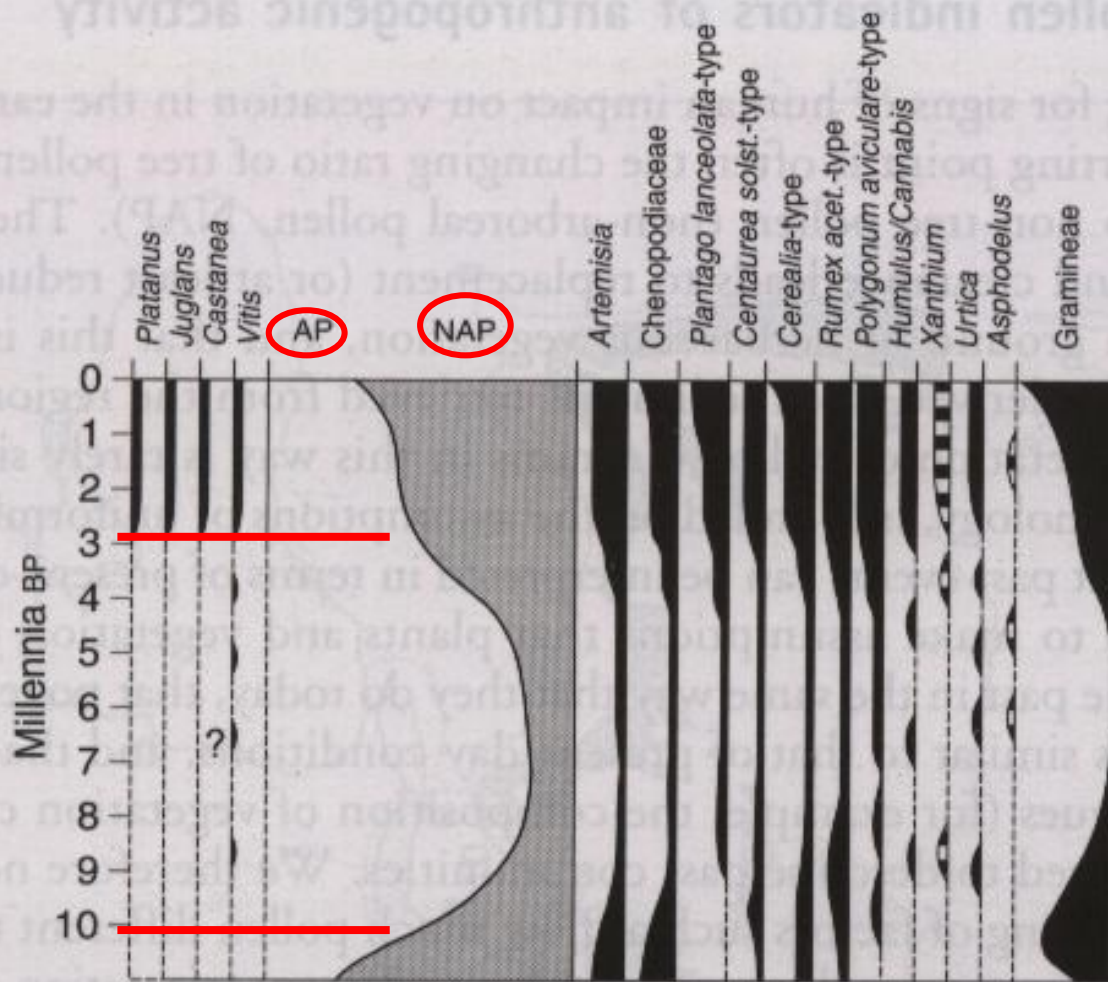
**2000 a.C.**

**betulla, castagno, platano**

**800 a.C.**

**faggio**





**Figure 8.2** Schematic pollen diagram showing a selection of pollen curves indicating human influence in Greece. After Behre (1990).

**Indicatori palinologici (*diagrammi pollinici*) dell'attività antropica in Grecia: **AP**- Pollini arborei , **NAP**- Pollini non arborei**

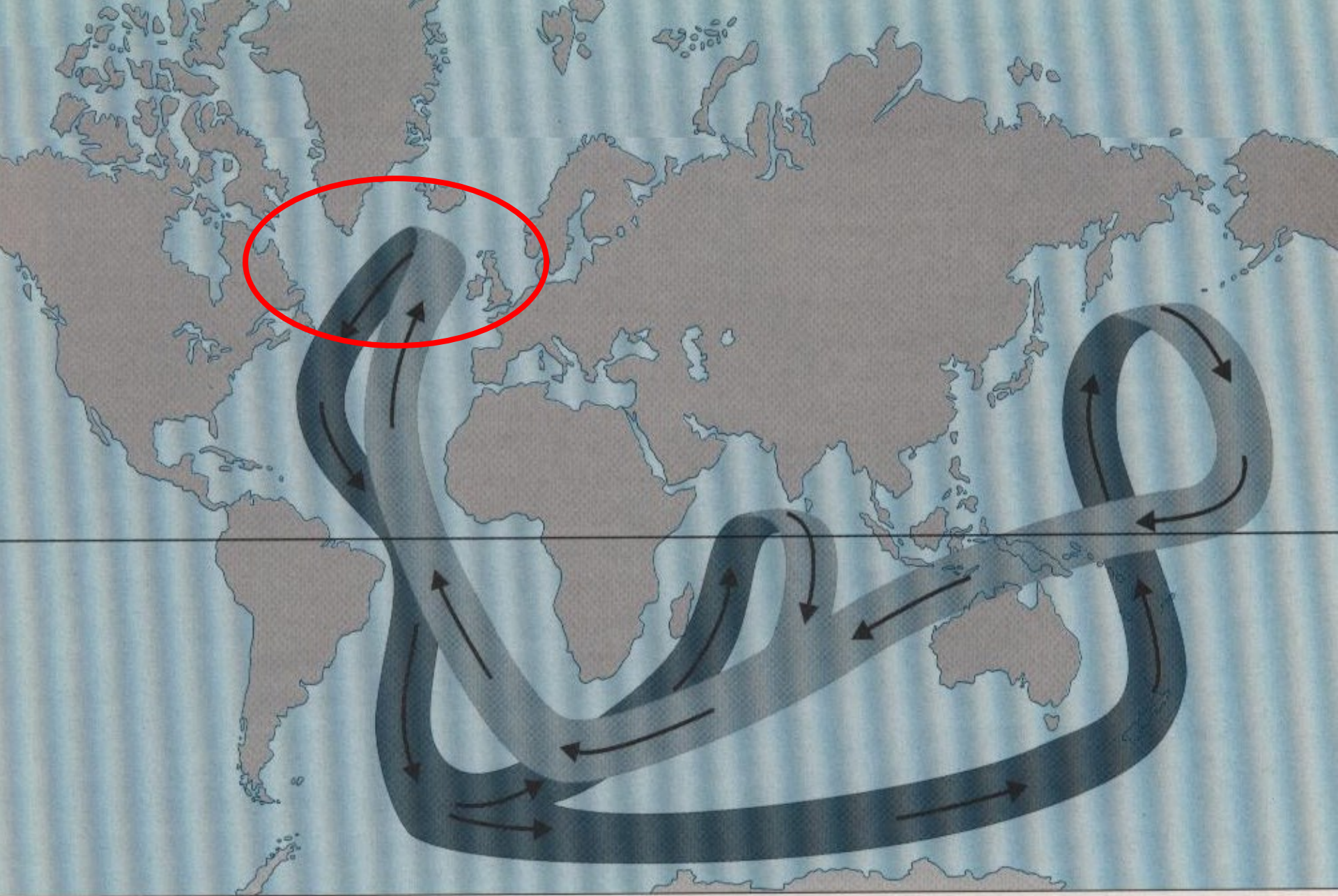
- **Vi sono diverse scale di intensità e durata della variabilità climatica, dovute a cause differenti a seconda della scala.**
- **Gli organismi rispondono a tali cambiamenti in maniera diversa a seconda del ciclo vitale e della capacità di dispersione.**
- **L'uomo dal neolitico (10 ka BP) ha influito più consapevolmente sulla dispersione delle specie, oggi spesso ne è inconsapevole.**
- **L'uomo oggi più che in passato può alimentare notevolmente, con le sue attività, una sorta “imprevedibilità climatica” su scala storica (*Younger Dryas, Sapropel, ecc.*).**

# YOUNGER DRYAS



- 11-10 ka BP
- Inversione del nastro trasportatore oceanico.
- Nell'emisfero boreale,  $-10^{\circ}\text{C}$  di T media annua, in 5-10 anni.
- Nell'emisfero australe, disgelo di parte dell'Antartide (mappe di Piri Reis, 1513, e di Oronzio Fineo, 1531 ?).





**7.15** Nastro trasportatore oceanico: le correnti di profondità sono dovute a differenze di salinità e a differenze di

temperatura (da W.S. Broecker modif.).

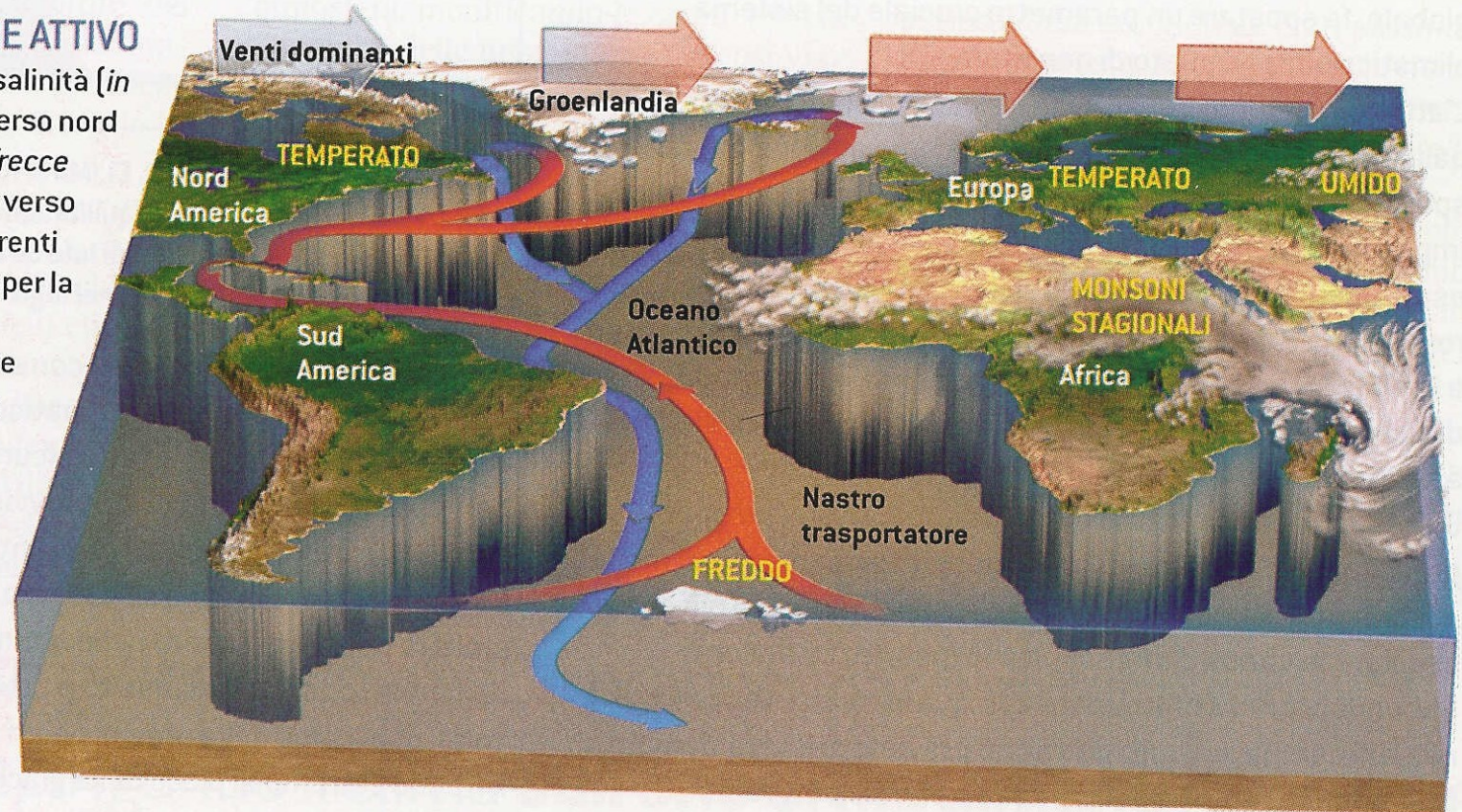


Via via che il riscaldamento globale farà aumentare la temperatura del pianeta, molti climatologi temono che l'afflusso di grandi quantità di acqua dolce liberata dal disgelo della coltre glaciale della Groenlandia e di altre regioni boreali blocchi il cosiddetto «nastro trasportatore» del Nord Atlantico, il sistema di correnti oceaniche che

riscalda l'Europa influenzando fortemente anche il clima nel resto del mondo. Un eventuale arresto del «nastro trasportatore», o anche soltanto un suo significativo rallentamento, potrebbe raffreddare la regione del Nord Atlantico anche se le temperature globali continuassero ad aumentare.

### NASTRO TRASPORTATORE ATTIVO

Le correnti oceaniche ad alta salinità (*in rosso*), scorrendo dai tropici verso nord riscaldano i venti dominanti (*freccette grandi*) mentre questi spirano verso est, cioè verso l'Europa. Le correnti che trasportano calore, dense per la salinità, diventano ancora più dense via via che cedono calore all'atmosfera. Alla fine, l'acqua salata e fredda diviene abbastanza pesante da affondare in prossimità della Groenlandia. In seguito, ritorna verso sud lungo il fondo marino (*in blu*), lasciando un vuoto che attira altra acqua calda dalle basse latitudini.



### CLIMA RISULTANTE

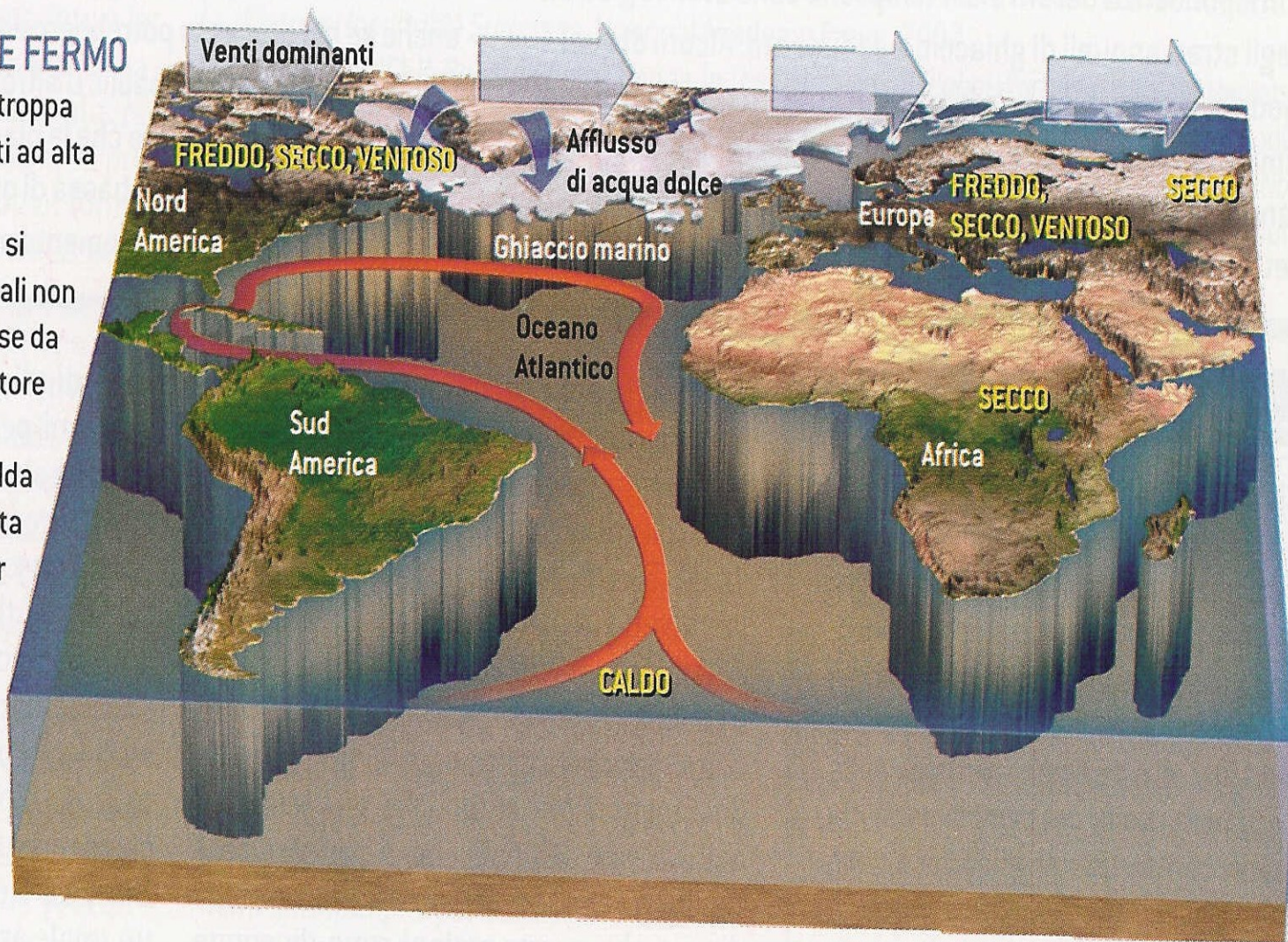
Quando il nastro trasportatore del Nord Atlantico è attivo, condizioni temperate con inverni relativamente caldi favoriscono una ricca produzione agricola in gran parte dell'Europa e del Nord America. I monsoni stagionali alimentano le coltivazioni in ampie fasce dell'Africa e dell'Estremo Oriente. L'Asia centrale è umida, mentre Antartide e Sud Atlantico sono freddi.



## NASTRO TRASPORTATORE FERMO

Se nel Nord Atlantico affluisce troppa acqua dolce, diluisce le correnti ad alta salinità provenienti da sud.

Indipendentemente da quanto si raffreddano, le acque superficiali non diventano più abbastanza dense da affondare, e il nastro trasportatore si arresta o rallenta. I venti dominanti ora portano aria fredda verso est (*frecche grandi*). Questa ondata di freddo può durare per decenni, fino a che le acque delle basse latitudini non diventano abbastanza saline da sopraffare quelle più dolci a nord, facendo ripartire il nastro trasportatore con una gigantesca spinta.



## CLIMA RISULTANTE

Via via che il nastro trasportatore rallenta, gli inverni diventano più rigidi in gran parte dell'Europa e del Nord America, e l'agricoltura ne soffre. Queste regioni, insieme con le parti dell'Africa e dell'estremo oriente che dipendono dai monsoni stagionali, sono colpite dalla siccità, aggravata in qualche caso dall'intensificarsi dei venti. L'Asia centrale diventa più arida, e molte regioni dell'emisfero meridionale diventano più calde del solito.



# OLTRE LA SOGLIA

Il riscaldamento globale altera le condizioni dell'ambiente a poco a poco. Ma anche un cambiamento lento e costante può spingere alcuni elementi critici del clima, come le correnti oceaniche o l'andamento delle precipitazioni, verso un punto critico, oltrepassato il quale questi elementi assumono di colpo uno stato nuovo e diver-

so. Il passaggio causa un mutamento climatico che può avere gravi conseguenze per le società umane. Quando un elemento critico supera la sua soglia, i cambiamenti che ne derivano possono persistere anche per millenni. Molte di queste soglie non sono ancora state scoperte; eccone tre che i climatologi hanno già identificato:

## MOTORE CLIMATICO

Le correnti oceaniche del Nord Atlantico trasportano calore dai tropici verso nord, permettendo all'Europa di godere di inverni miti (*si veda la finestra nella pagina a fronte*).

L'acqua piovana riciclata dalle piante (assorbita dalle radici e restituita all'aria attraverso l'evapotraspirazione delle foglie) fornisce gran parte delle precipitazioni nelle "cinture del grano" del pianeta.

Le correnti nell'Oceano Pacifico determinano i principali andamenti della temperatura della superficie marina, che a loro volta controllano i climi regionali.

## SUPERAMENTO DI SOGLIA

La diminuzione di salinità delle acque di superficie alle alte latitudini boreali rallenta le correnti, anche fino ad arrestarle del tutto.

Un episodio minore di siccità fa appassire o uccide troppe piante, e le precipitazioni riciclate spariscono, rafforzando la siccità.

Fenomeni naturali come El Niño provocano piccole variazioni delle temperature della superficie marina, in un processo di cui i climatologi non conoscono ancora l'esatta ragione.

## MUTAMENTO CLIMATICO

Nella regione le temperature precipitano, e in Europa e negli Stati Uniti orientali il clima diventa simile a quello dell'Alaska.

Un episodio di siccità potenzialmente lieve viene rafforzato e prolungato diventando una siccità molto grave.

L'andamento delle precipitazioni sui continenti vicini si modifica, portando violente tempeste o terribili siccità in aree dove questi fenomeni sono inconsueti.

## CONSEGUENZE SOCIALI

L'agricoltura è colpita in ogni parte del mondo, e le principali rotte di navigazione sono bloccate dai ghiacci.

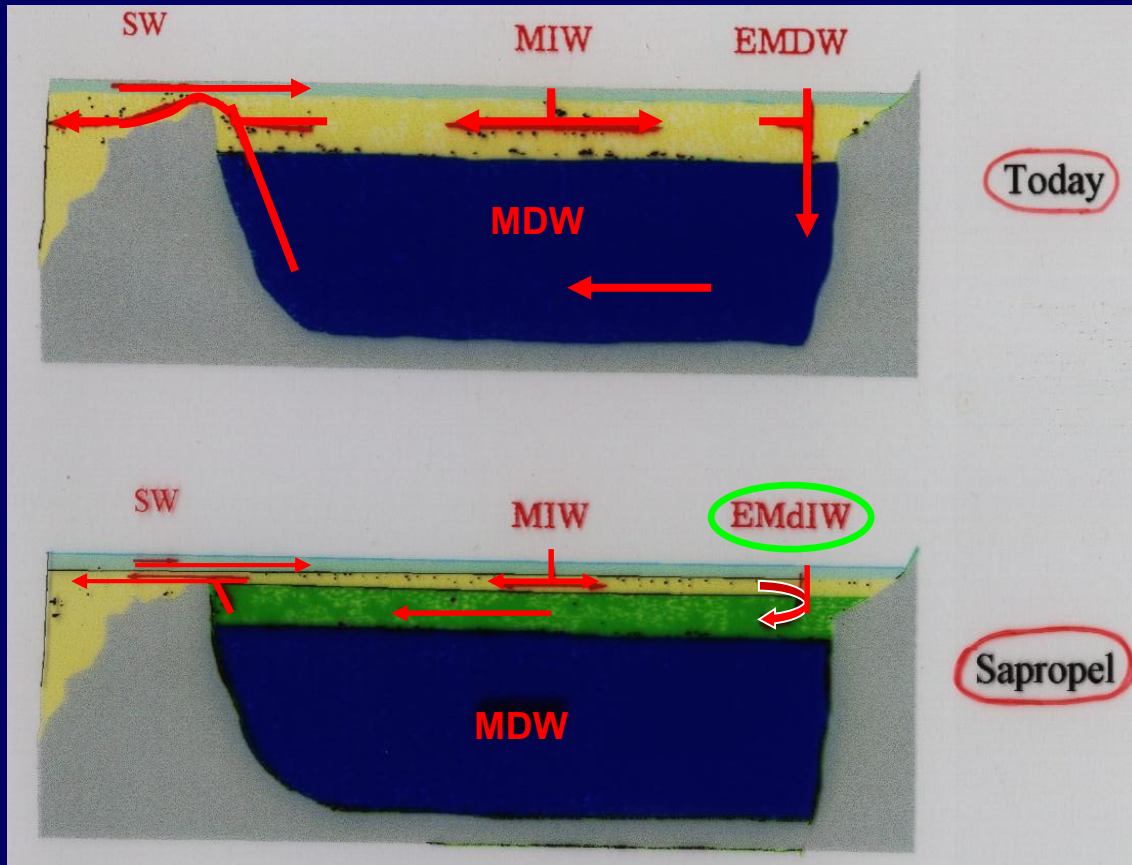
La terra bruciata non consente più la sopravvivenza delle colture; la carestia colpisce chi non è in grado di acquistare il grano rimanente sul mercato mondiale.

Alcune aree coltivabili si inaridiscono, mentre altre zone soffrono dei danni arrecati da intense tempeste.



# CRISI SAPROPELICHE

Anossia sul fondo del Mediterraneo, per la segregazione del corpo d'acqua profondo (MDW), in seguito alla formazione di uno strato d'acqua meno freddo e denso (EMdIW).



Sapropel (Kallel et al., 1997, 2000):

S1 -	↑	8 ka BP
S2 -		24 "
S3 -		80 "
S4 -		96 "
S5 -		122 "
S6 -		170 "
S7 -		195 "