GEOLOGIJA KVARTARJA

2 letnik Bolonjskega študija Geologije, 2016/17

red.prof.dr. Andrej Šmuc

Predavatelj: red.prof. dr. Andrej Šmuc; andrej.smuc@geo.ntf.uni-lj.si

Asistent: dr. Tomislav Popit; tomi.smuc@@geo.ntf.uni-lj.si

Predavanja ex katedra:

Ponedeljek: 12:00-14:00

Torek: 13:00 - 16:00

Sreda: 14:00- 17:00

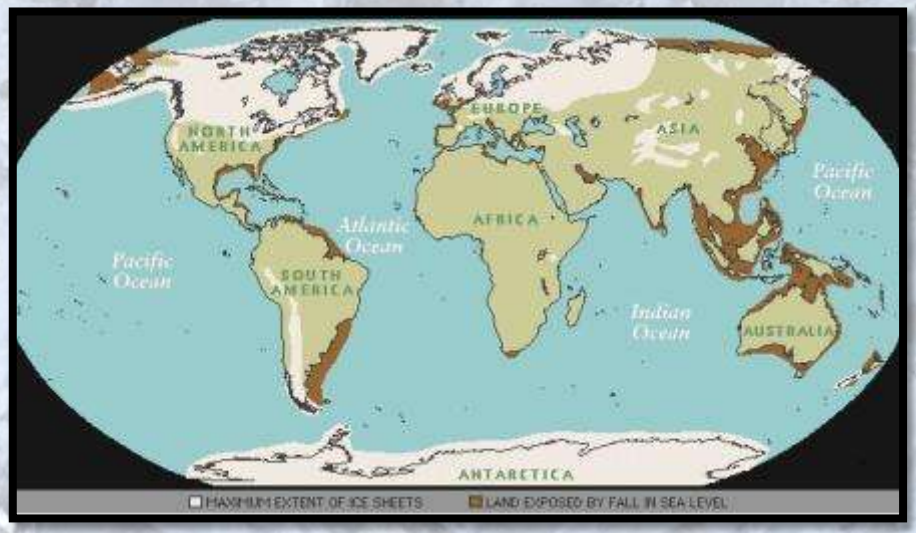
Vaje terenske vaje:

- Dolina Planice in Tamar (ledeniški, jezerski in pobočni sedimenti): **19.04.2017 ob 8:00** izpred Francoske Ambasade
- Vipavska dolina (pobočni sedimenti): **15.05.2017 ob 8:00** izpred Francoske Ambasade
- Notranjski kras: oblikovanje površja, recentna fluvialna sedimentacija ipd.. **16.05.2017 ob 8:00** izpred Francoske Ambasade

Z izrazom KVARTAR na geološki časovni lestvici pojmujemo zadnjo periodo Zemljine zgodovine (tudi zadnjo v kenozojski eri), ki se je začela pred 2588 000 leti in traja še danes.

Obdobje kvartarja definirata predvsem dve glavni značilnosti:

- je obdobje velikih klimatskih sprememb (nihanj) in poledenitev in ga pogosto imenujemo kar LEDENA DOBA
- čas modernega človeka



Kvartarni sedimenti predstavljajo ene izmed najbolje proučenih sedimentov v geološki zgodovini.

Razlogov za to je več:

- Običajno so bolje ohranjeni v primerjavi s sedimenti iz starejših obdobij.
- Najdemo jih na ali blizu površju.
- Še najlažje jih primerjamo z recentnimi sedimentacijskimi okolji.
- Jih znamo zelo natančno datirati.

Kvartarni sedimenti ob reki Savi pri Zasipu. Foto A . Šmuc.

FAVNA IN FLORA

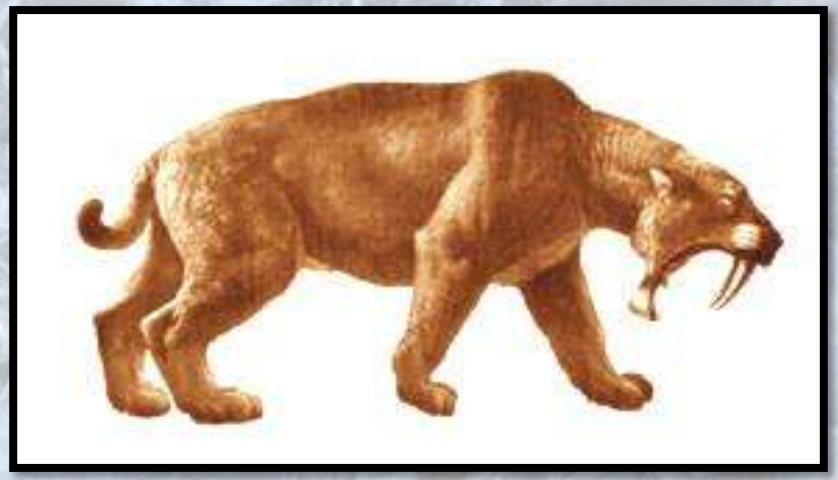
Čeprav je obdobje kvartarja v primerjavi z ostalimi geološkimi obdobji kratko, pa je hitrost evolucijskih sprememb v njemu zelo velika.

FAVNA IN FLORA

90% vseh kvartarnih fosilov je zelo podobnih živalim, ki živijo še danes. Veliko rodov in vrst lupinarjev, insektov, morskih mikrofosilov ter kopenskih sesalcev, ki živijo danes, je istih ali vsaj zelo podobnih svojim prednikom iz pleistocena.

Nekaj pa je tudi takih, ki kažejo bistvene razlike: recimo sabljezobi tigri, dlakavi mamuti in jamski medvedi, ki so danes izumrli.

Nekatere vrste, kot so dlakavi mamut ter dlakavi nosorog, so bile svojimi toplimi kožuhi jasno prilagojene za hladne tundre.



FAVNA IN FLORA

Pleistocen običajno smatramo kot obdobje gigantizma pri kopenskih sesalcih. Razlogi za to še niso popolnoma pojasnjeni, vendar pa so zelo verjetno povezani s hladnejšo klimo, večjo zmožnostjo obrambe pred predatorji ter povečano zmožnostjo hranjenja iz višjega vejevja.

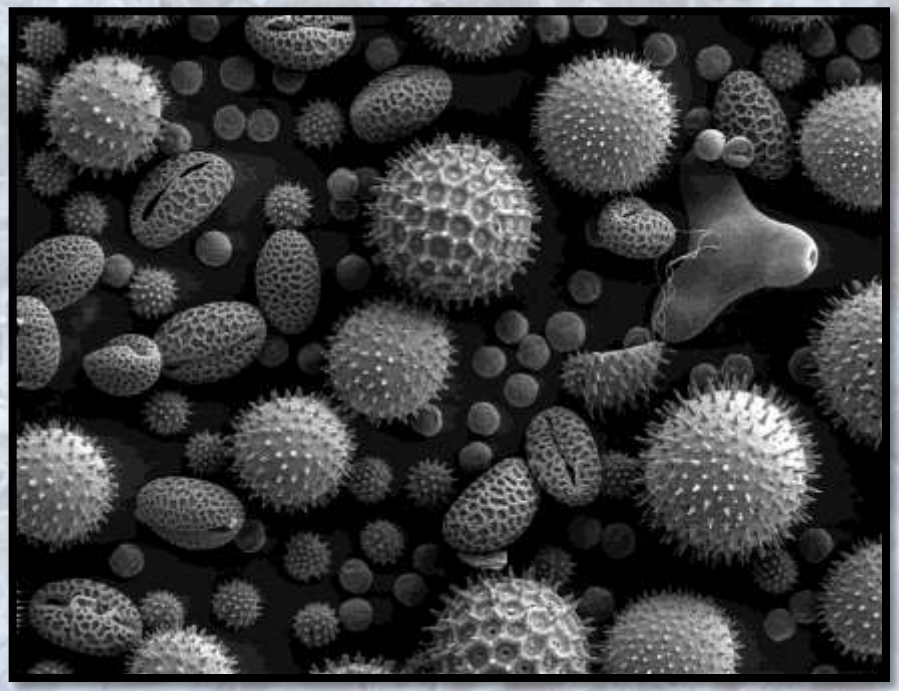
Orjaški lenivec

Orjaški bober

FAVNA IN FLORA: PELODNE ANALIZE

Pelodne analize kvartarnih sedimentov se ene izmed osnovnih analiz, s katerimi določamo odziv vegetacije na klimatske spremembe.

So nepogrešljive pri korelaciji slabo ali dobro datiranih zaporedij v terestričnih okoljih. Fosilni pelod je namreč zelo primeren, saj je praktično neuničljiv v jezerksih in močvirskih sedimentih.

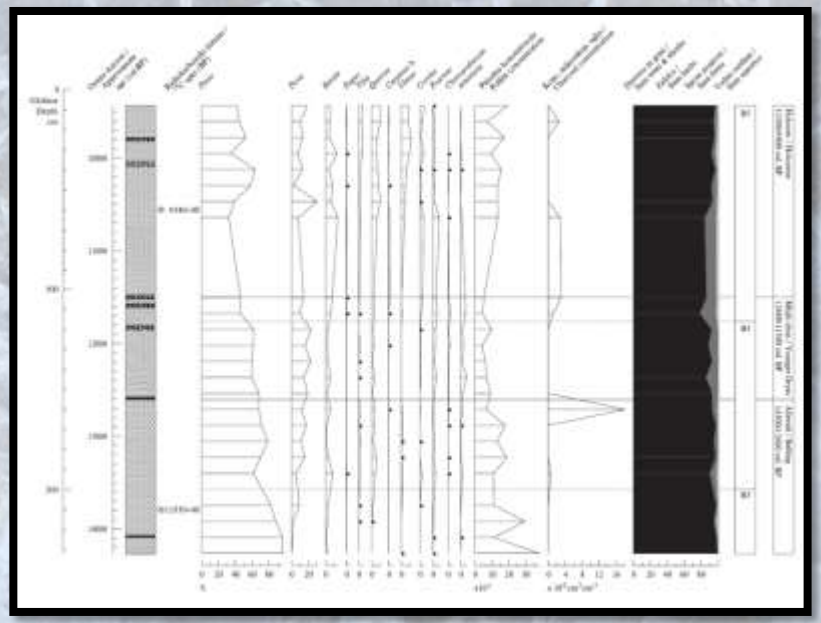


PS: Pelod ali cvetni prah so rastlinske tvorbe, ki vsebujejo in varujejo moške zarodne celice in nastajajo pri semenkah. Pri praprotih in mahovih so ekvivalent cvetnemu prahu spore, čeprav se opraševanje razlikuje. Pelod se pogosto razširja z vetrom.

FAVNA IN FLORA: PELODNE ANALIZE

Spore in pelod se v atmosferi zaradi turbulence zmešajo in rezultat je enakomeren ‘‘dež‘‘ peloda po celotnem območju. Količina vsakega tipa peloda pa je proporcionalna množičnosti matere rastline. Se pravi, da razmerje različnih pelodov odraža razmerje v primarni vegetaciji.

Količina in vrsta peloda sta tako odvisni od klimatskih pogojev, ki jih definira predvsem temperatura ter količina padavin (suho-mokro).



Andrič, 2011

FAVNA IN FLORA: IZUMIRANJE

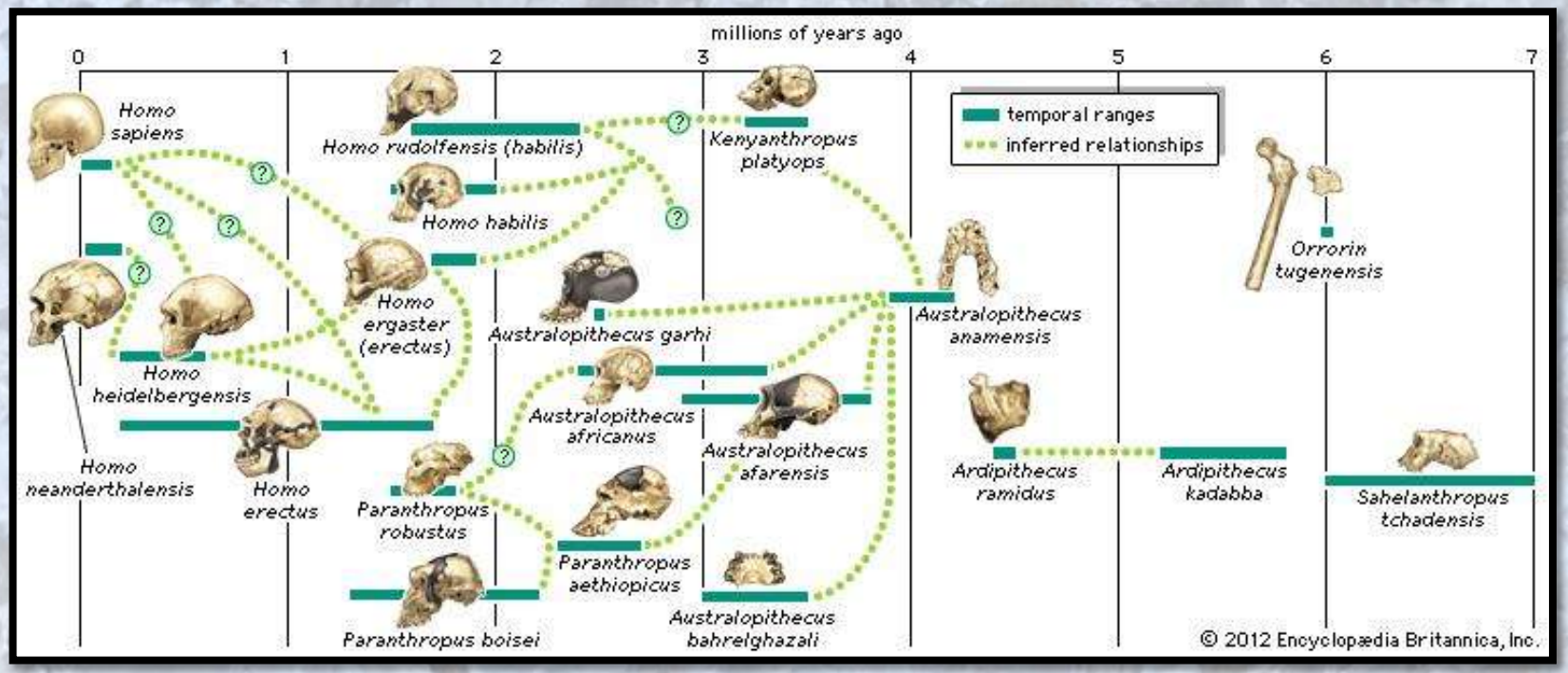
Proti koncu pleistocena je prišlo do večjega izumiranja, v katerem izumrejo predvsem velike živali: tako herbivori kot karnivori.

Hipotez o razlogih za to izumiranje je veliko. Med bolj zanimivimi je ta, da je za izumiranje kriv človek.

Druge hipoteze govorijo o spremembah habitatov, neposrednih klimatskih spremembah, spremembah v trajanju zime in poletja ipd..

KVARTAR IN EVOLUCIJA ČLOVEKA

Po nekaterih hipotezah, so klimatske spremembe na začetku kvartarja pospešile evolucijo hominidov in privedle do našega rodu Homo (spremembe iz gozdne v savansko pokrajino).
Fosilni ostanki rodu Homo kažejo tudi na to, da smo Afriko zapustili pred prbl. 1.8 milijoni let, na začetku pleistocena.



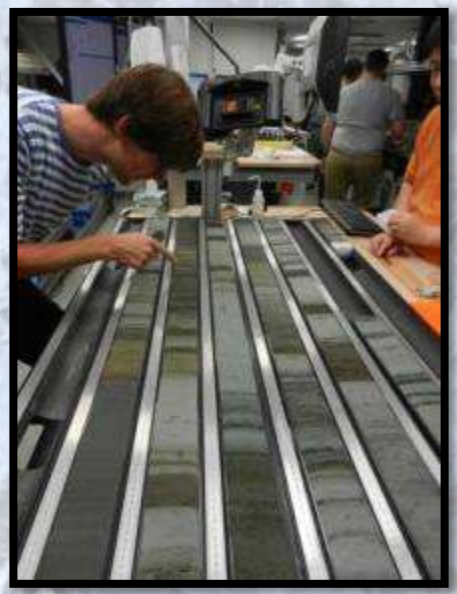
KLIMA V KVARTARJU

Upper Kaskawulch glacier near Mount Logan, Canadian Yukon. © Charles Houston

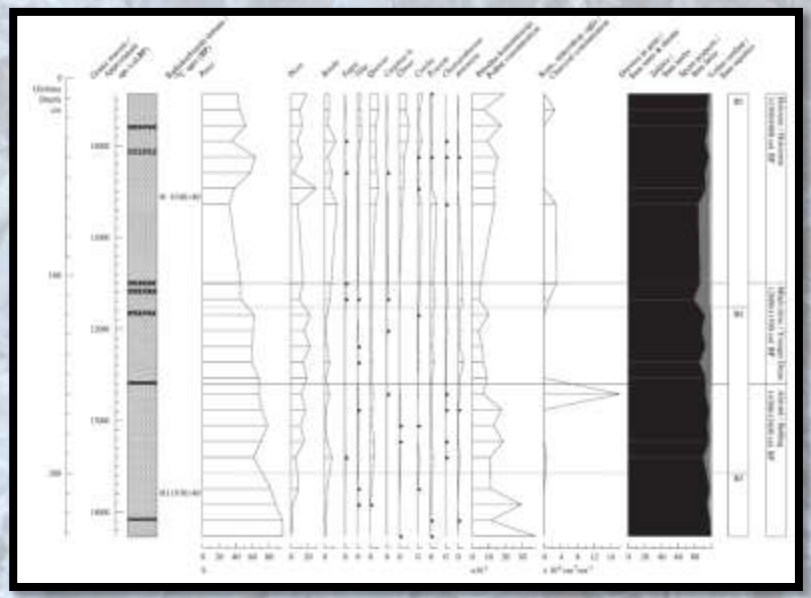
KLIMA V KVARTARJU

Najbolj zanesljive podatke o klimatskih spremembah v obdobju kvartarja dobivamo predvsem iz vrtin na oceanskem dnu ter vrtin iz ledu (Antarktika in Grenlandija).

Cikle humidnih ter bolj aridnih obdobij pa proučujemo predvsem z raziskavami jezerskih sedimentov, proučevanjem peloda, prahu v ledenih vrtinah ter z računalniškim modeliranjem.

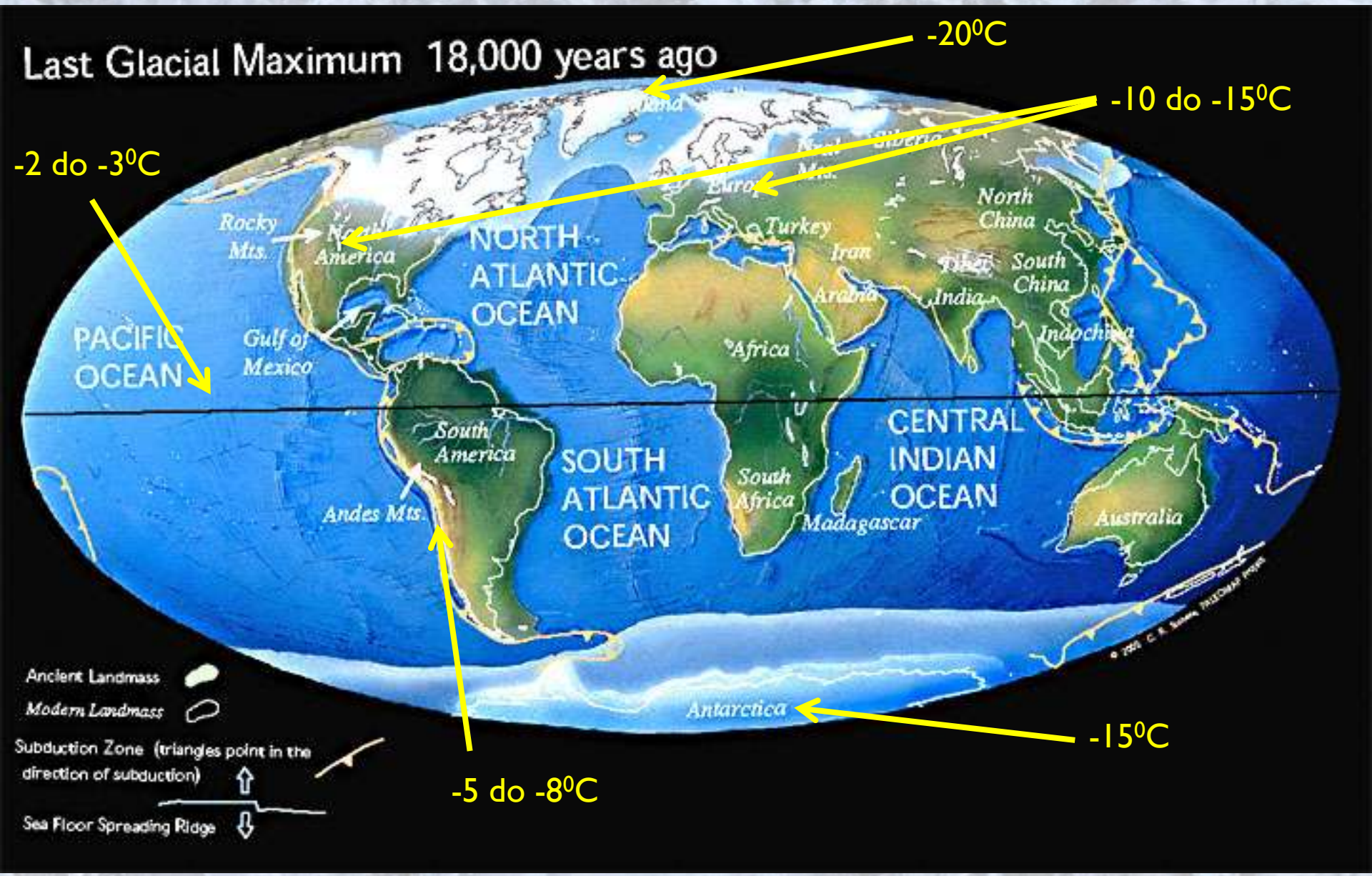


Vir: splet



Andrič, 2011

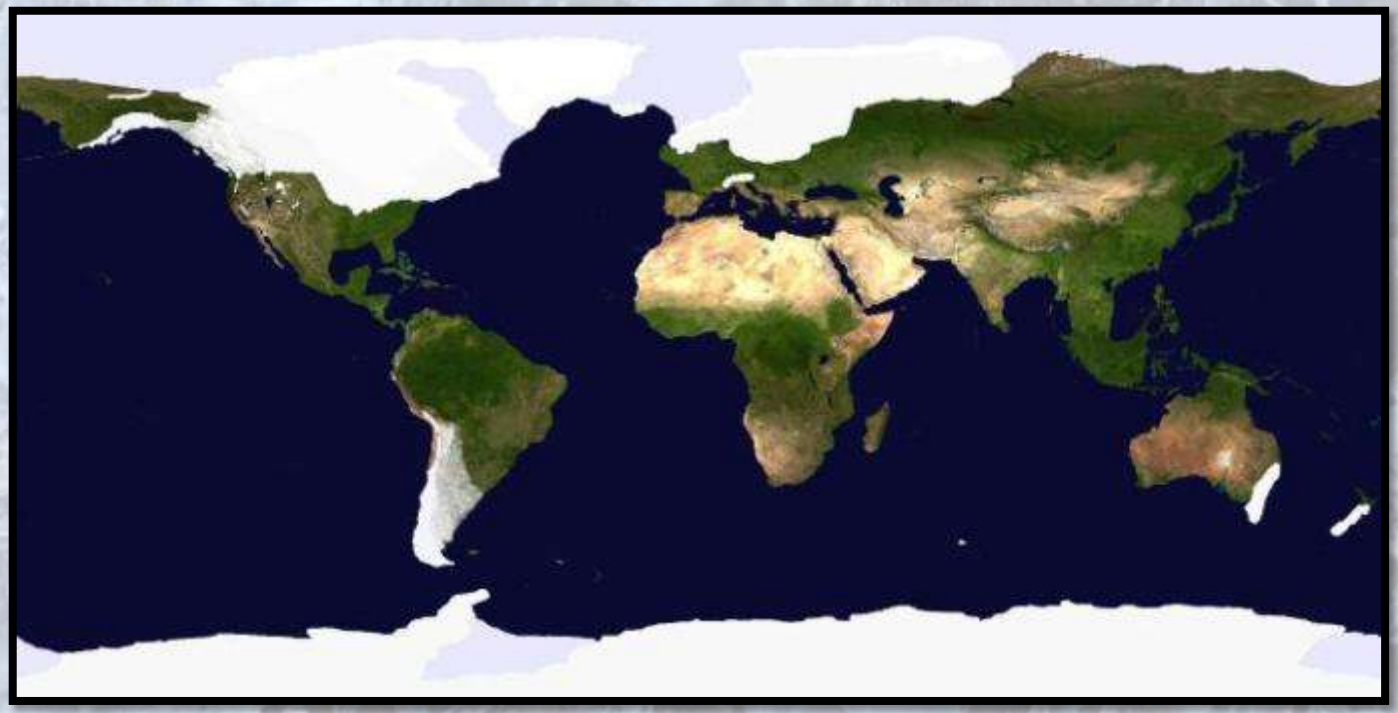
Popit T.



http://www.scotese.com/lastice.htm

Najznačilnejše spremembe, ki jih opazujemo v kvartarju, so seveda povezane z okoli 100 00 let dolgimi hladnimi obdobji, ki so povzročila nastajanje in razširjanje ledenikov v zmernih Zemljinih širinah na severni polobli. V teh okoljih so dominirali ledeni pokrovi in ledeniki, ki so dosegali debeline več kilometrov in so prekrivali celotne pokrajine razen najvišjih vrhov. Z ledom je bil tako prekrit večji del severne Evrope, Kanade, Severne Amerike, prav tako pa so bila z ledom okovana tudi gorovja (recimo naše Alpe).

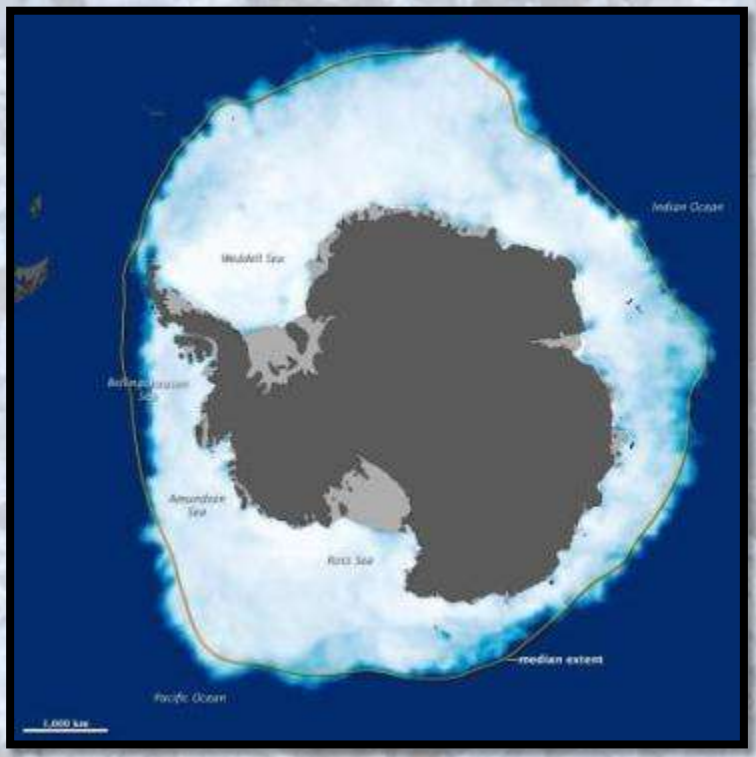
Led pa ni bil vezan le na kopno, marveč se je razširjal tudi v morska okolja; na kontinentalne šelfe in določena morja (Barentsovo, Norveško, Kanadska obala itd.)



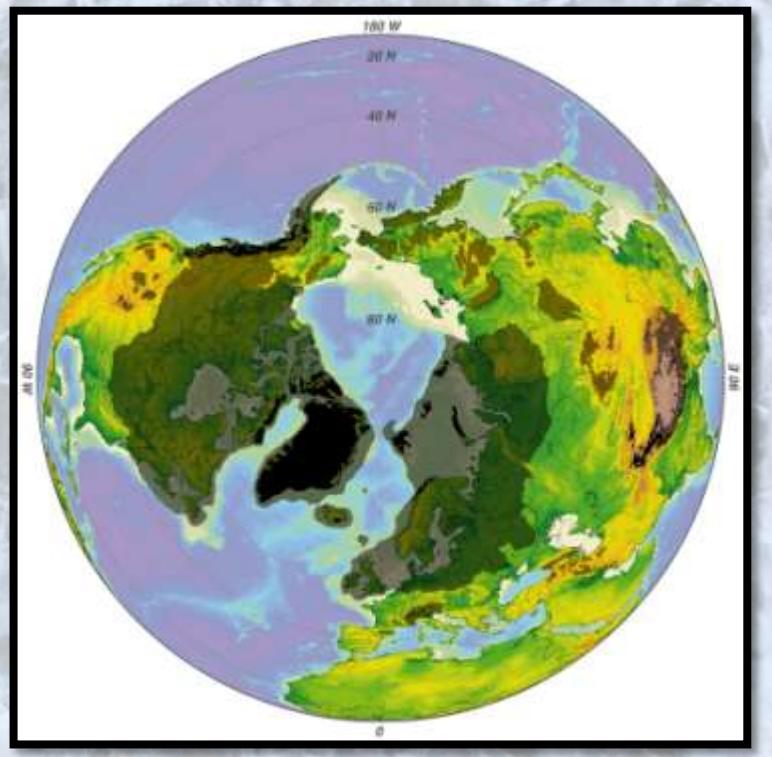
https://contemplativemammoth.files.wordpress.com/2014/07/lgm_earth_map.jpg

LEDENA DOBA oz. ICE AGE

Popularno dojemanje ledene dobe, v kateri se led iz obeh polov razširja v zmerne pasove je napačen.



Obseg ledu na antarktiki 26 septembra 2012 (rekord)
http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=79369

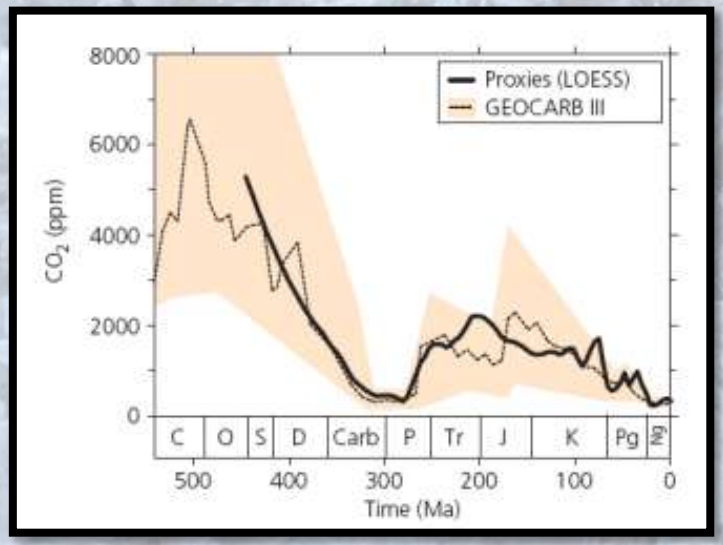


Največji in najmanjši obseg glaciacije v zadnji ledeni dobi (Grobe, 2008)

RAZLOGI ZA KLIMATSKE SPREMEMBE

Razlogi, zakaj je prišlo do pleistocenskih cikličnih glaciacij, še vedno niso povsem jasni. Izgleda, da je kombinacija lege kontinentov, kroženja oceanov, sevanja Sonca in sprememb v Zemljinih orbitalnih parametrih povzročila te klimatske spremembe, zato je težko določiti le posamezen vzrok.

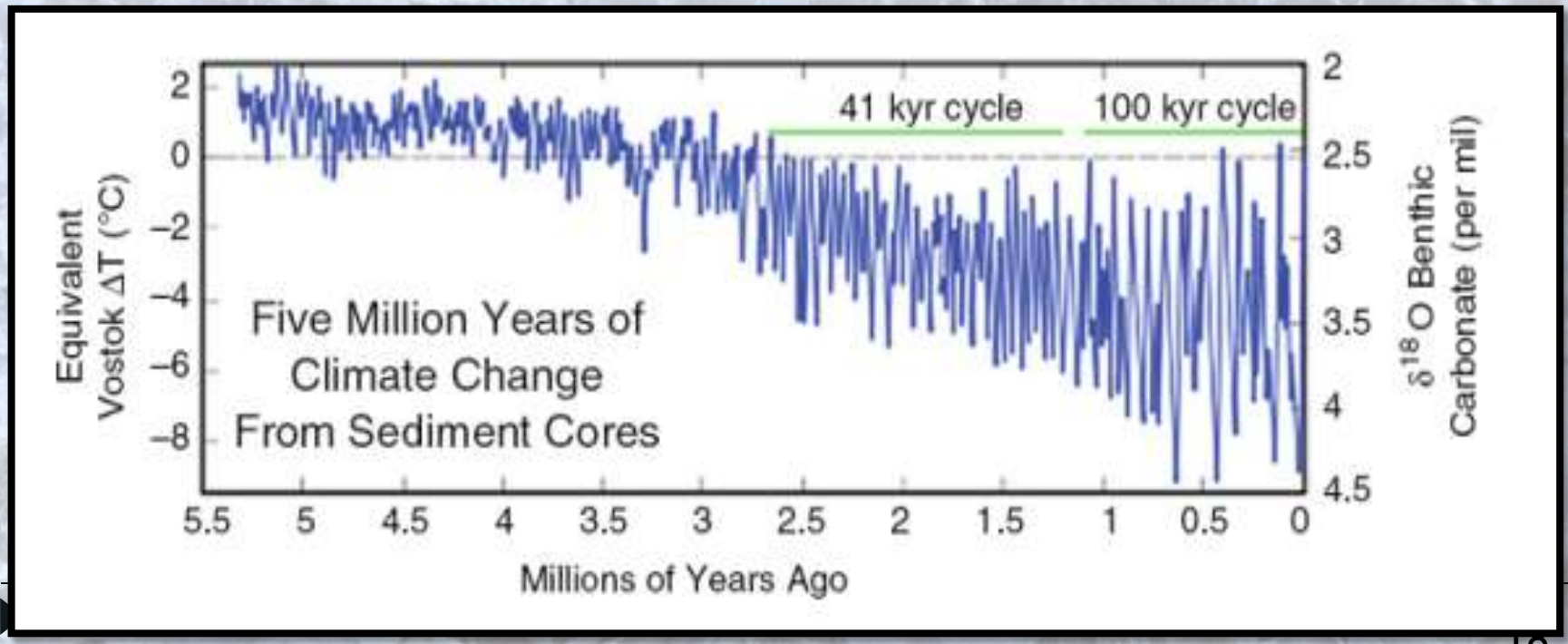
Sprožitveni mehanizem prvih glacialnih obdobij pa so vendarle (najverjetneje) orbitalni parametri. Podobno tudi cikličnost zadnjih glaciacij (100 000 let) kaže na astronomski vzrok. Čeprav so ti cikli najšibkejši in verjetno potrebujemo še kakšen dodaten vzrok.



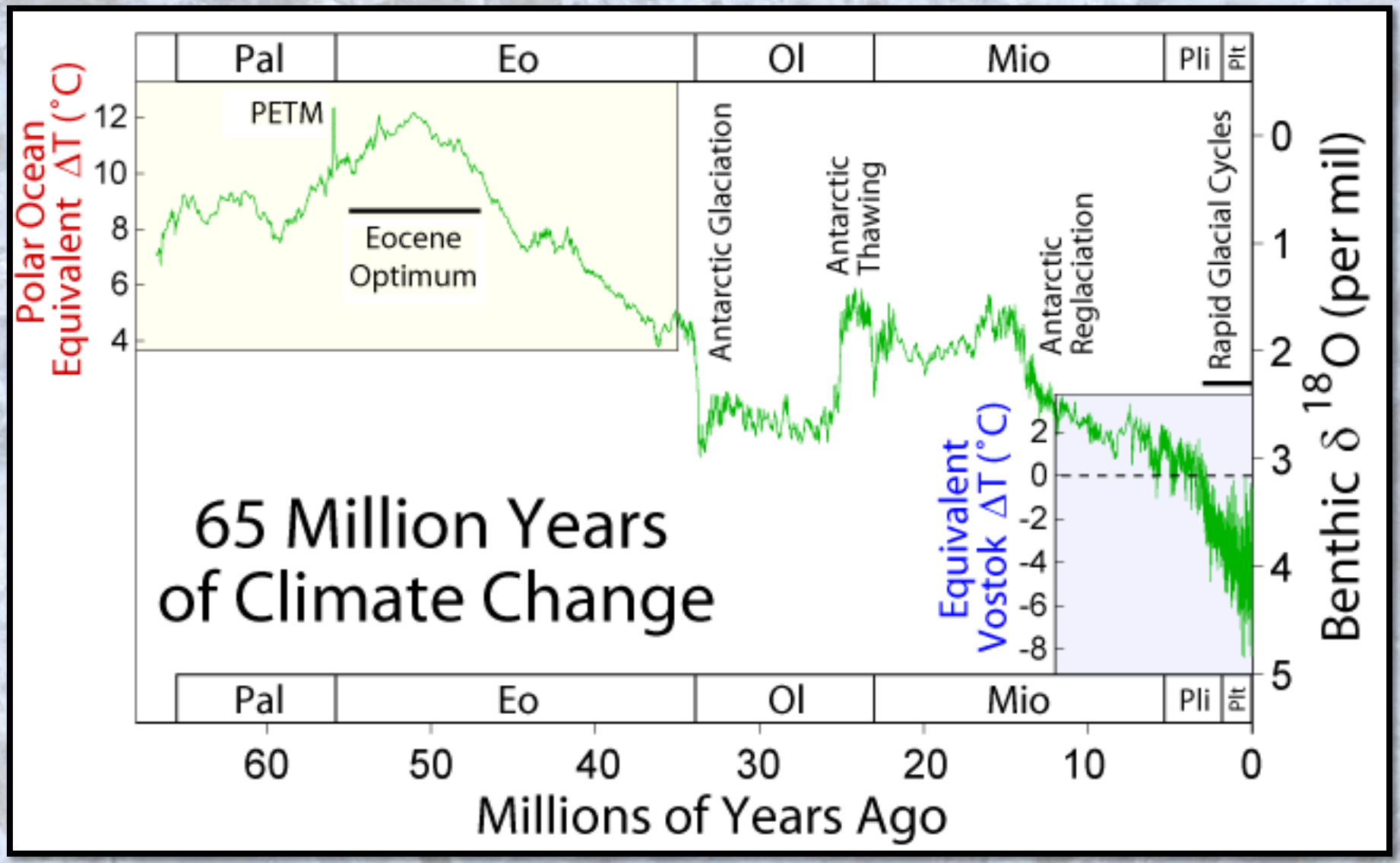
RAZLOGI ZA KLIMATSKE SPREMEMBE

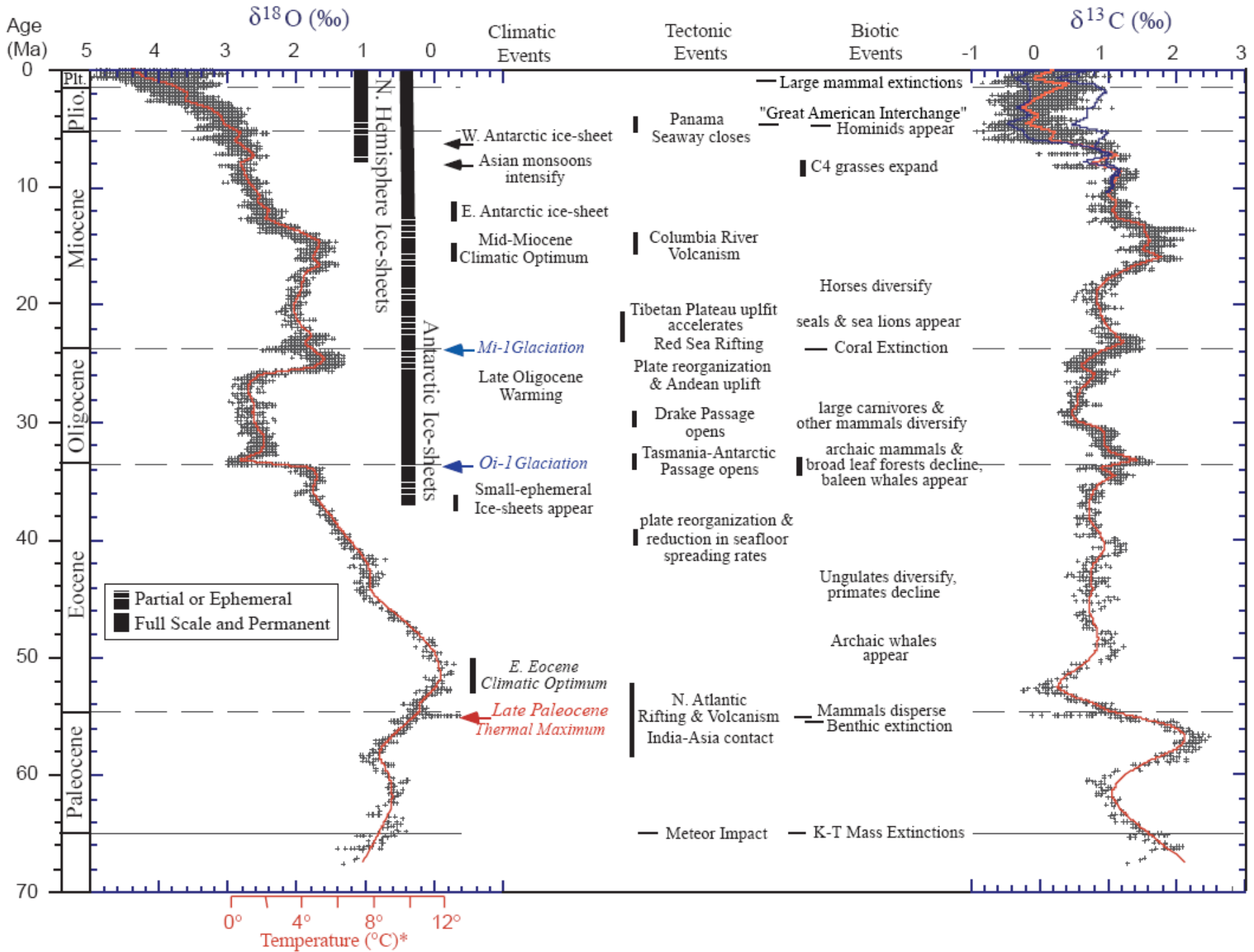
Del zgodbe je gotovo povezan tudi s količino CO_2, ki naj bi bila delno kriv za 5-7 stopinj nižje temperature (CO_2 pred začetkom epohe je bil: **2000ppm**).

Vsi razlogi so pripeljali do hitrih sprememb med glacialnimi in interglacialnimi obdobji. V vseh primerih lahko opazujemo zelo hitro ogrevanje ozračja in relativno počasno ohlajanje.



Razlogi za pleistocenske glaciacije so se začeli že mnogo prej.

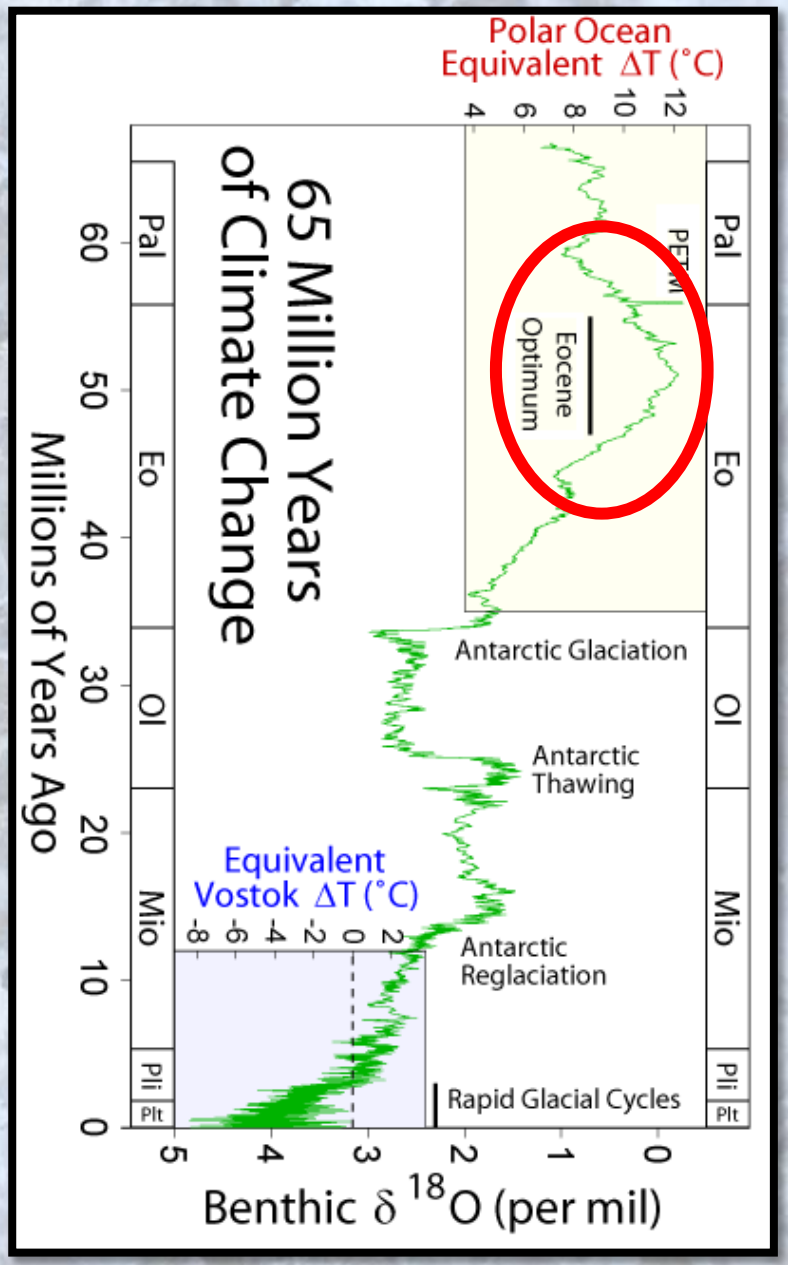



Age (Ma)
δ18O (‰)
Climatic Events
Tectonic Events
Biotic Events
δ13C (‰)
Plt.
Plio.
Miocene
Oligocene
Eocene
Paleocene
N. Hemisphere Ice-sheets
Antarctic Ice-sheets
W. Antarctic ice-sheet
Asian monsoons intensify
E. Antarctic ice-sheet
Mid-Miocene Climatic Optimum
Mi-1 Glaciation
Late Oligocene Warming
Oi-1 Glaciation
Small-ephemeral Ice-sheets appear
E. Eocene Climatic Optimum
Late Paleocene Thermal Maximum
Partial or Ephemeral
Full Scale and Permanent
Panama Seaway closes
Columbia River Volcanism
Tibetan Plateau uplfit accelerates
Red Sea Rifting
Plate reorganization & Andean uplift
Drake Passage opens
Tasmania-Antarctic Passage opens
plate reorganization & reduction in seafloor spreading rates
N. Atlantic Rifting & Volcanism
India-Asia contact
Meteor Impact
Large mammal extinctions
"Great American Interchange"
Hominids appear
C4 grasses expand
Horses diversify
seals & sea lions appear
Coral Extinction
large carnivores & other mammals diversify
archaic mammals & broad leaf forests decline, baleen whales appear
Ungulates diversify, primates decline
Archaic whales appear
Mammals disperse
Benthic extinction
K-T Mass Extinctions
Temperature (°C)*

Paleocensko-eocenski termalni maksimum

Paleocensko-eocenski termalni maksimum predstavlja globalen dogodek, ki je trajal 12 milijonov let in je imel zelo velik vpliv na evolucijo ter na razvoj rastlin. V tem obdobju pride do dveh večjih izumiranj ter do razvoja novih sesalskih vrst, ki od takrat naprej dominirajo na planetu.

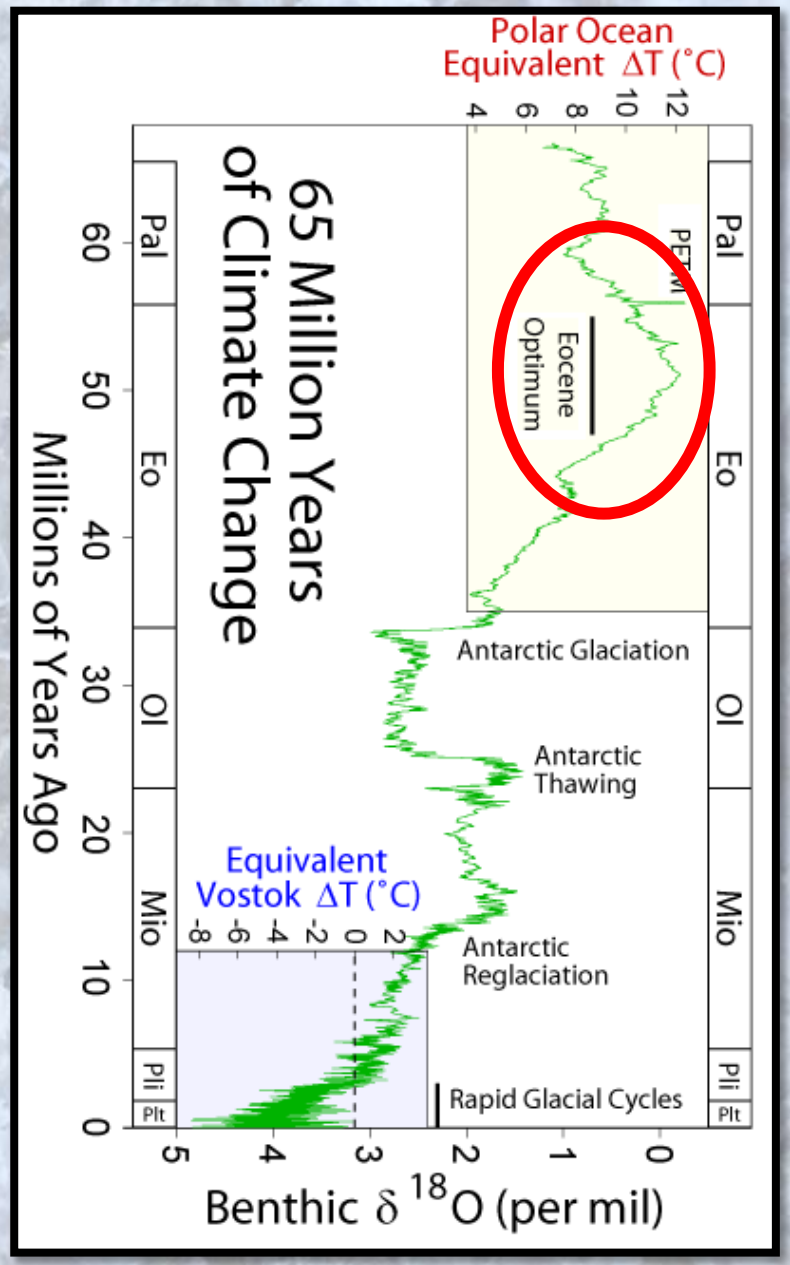
V tem času je rastlinstvo prilagodilo strukturo svojih listov in se selilo v višja območja (nekaj takega kot se dogaja danes.) Temperature na kontinetnih so zrasle za 5 - 7 stopinj C, v oceanih pa so se povprečne temperature dvignile iz 13 na 20 stopinj.



Paleocensko-eocenski termalni maksimum

Efekt višanja temperatur je bil še posebej intenziven v višjih Zemljinih širinah (na Arktiki so vode dosegle kar 24 stopinj C). Temperatura pa se je višala tudi v globljih delih oceanov in bila višja za kar 12 stopinj C v primerjavi z danes.

Razlog za tako močno in hitro zvišanje se pripisuje hipnemu izpustu metana v atmosfero. Razlogi za to bi bili lahko izpust metana iz globljevodnih sedimentov (Clathrate Gun Hypothesis) zaradi ogrevanja oceanov ali pa povečana bakterijska produkcija v mokriščih ali obširnih področjih v tropih in srednjih širinah.

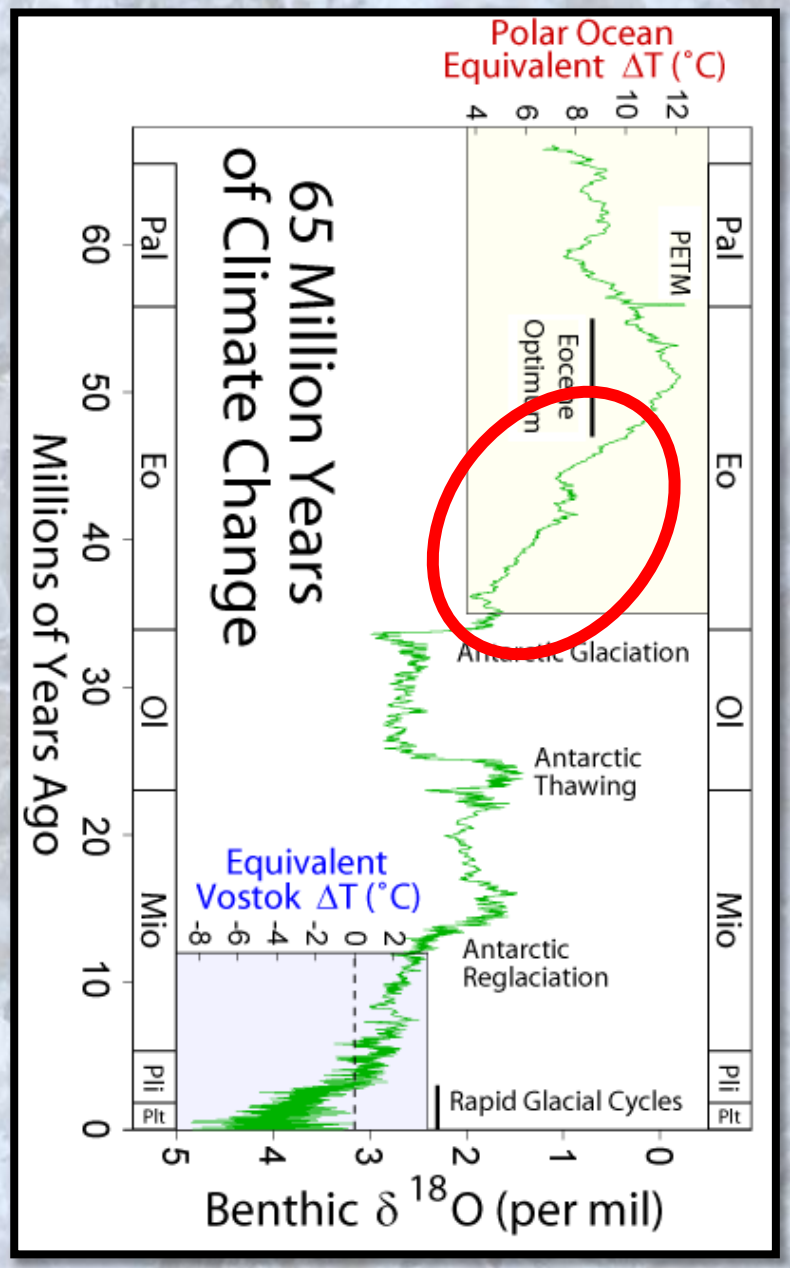


Začetek ohlajanja v eocenu

V začetku eocena so bile temperature še vedno visoke (zgodnjeeocenski termalni maksimum), nato se je pred prbl. 48 milijoni let nazaj začel obsežen trend nižanja temperatur.

Na območju celotne Evrope ter Azije je klima postajala bolj hladna in suha. To je pomenilo začetek ledenodobne Zemljine periode (tiste z obsežnimi gorskimi ledeniki in ledenimi pokrovi preko celega leta).

Ohlajanje se je še najbolj odrazilo v oceanih, kjer so temperature padle iz začetnih 12 pred 48 milijoni let na samo 6°C ob koncu eocena (35 milijonov let nazaj). T zraka v visokih geografskih širinah pa so bile nižje za okoli 10^0C.

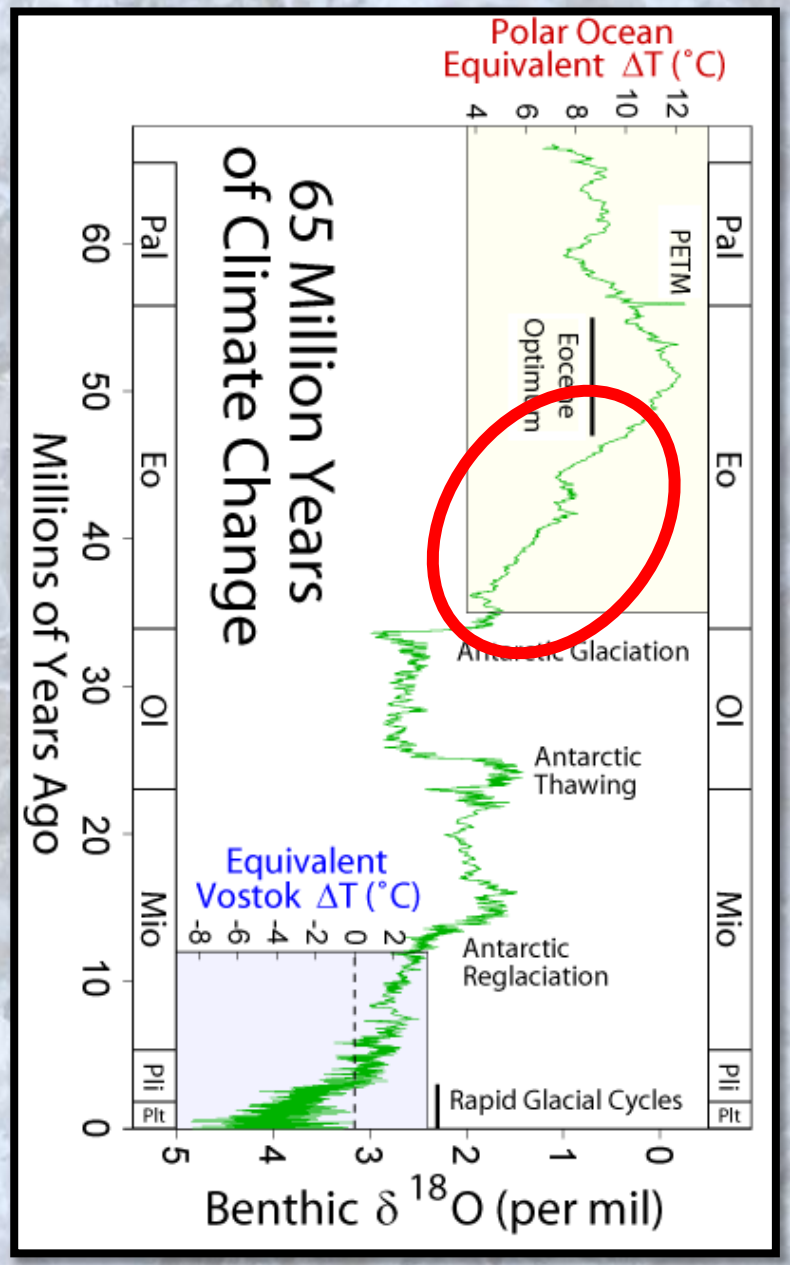


Začetek ohlajanja v eocenu

Razlogi za eocensko ohlajanje še vedno niso povsem pojasnjeni. Prednjačita dve hipotezi.

Prva govori o tem, da je za ohlajanje krivo znižanje CO_2 iz **1500ppm na le 500ppm** v sredini oligocena. To naj bi se zgodilo zaradi povečane produkcije planktonskih organizmov, ki so absorbirali velik del atmosferskega CO_2.

Druga hipoteza pa govori o veliki spremembi v morskih tokovih, ki jo je povzročila reorganizacija kontinentov na Zemlji. V tem času naj bi se ustvaril krožni tok okoli Antarktike, povzročil njene obsežne glaciacije, zmanjšal Zemljin albedo….

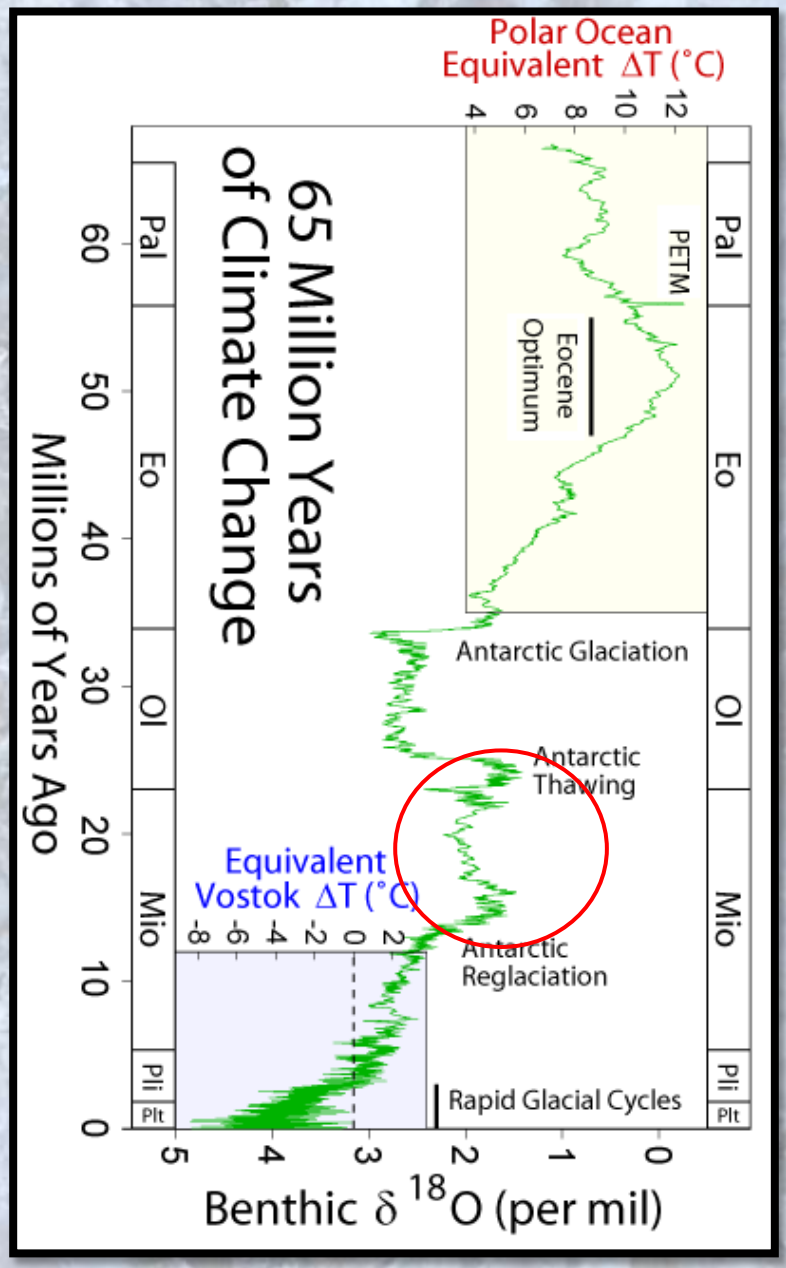


Ogrevanje v oligocenu in srednjemiocenski klimatski optimum

V poznem oligocenu ogrevanje Zemlje povzroči zmanjšanje obsega ledenih pokrovov, ki ostajajo majhni tudi v miocenu, ko ogrevanje doseže svoj maksimum (srednjemiocenki klimatski optimum).

Temperature dosežejo vrednosti, ki so za 4-5 ^{o}C toplejše od današnjih.

Razlogi za ogrevanje še niso povsem jasni. Najverjetneje gre za kombinacijo količine CO_2 spremembe v kroženju oceanov ter dvigovanja novih gorovij (Alpska orogeneza).



Poznomiocensko – pliocensko ohlajanje
Nastanek Panamske ožine in ohlajanje Arktike

Oceanski tokovi se drastično spremenije ob začetku pliocena, ko pride do prekinitve komunikacije med Atlantikom ter Pacifikom. Geološko zaprtje Panamske ožine je bil počasen proces, ki se je začel pred 13 milijoni leti in končal pred 4. V tem času je bilo tudi omogočeno potovanje sesalcev iz Severne v Južno Ameriko in obratno.

Zaprtje je povzročilo hipno spremembo tokov v Severnem Atlantiku in ekvatorialni tok se je usmeril proti severu in ojačal Zalivski tok. Na ta način je v severne dele prišlo več tople vode. Topla voda je po paradoksalni teoriji povzročila glaciacijo na severni hemisferi (preko povečanja evaporacije, količine sladke vode, ki prihaja v ocean, hitreje zmrzne, povzroči večji albedo itd..).

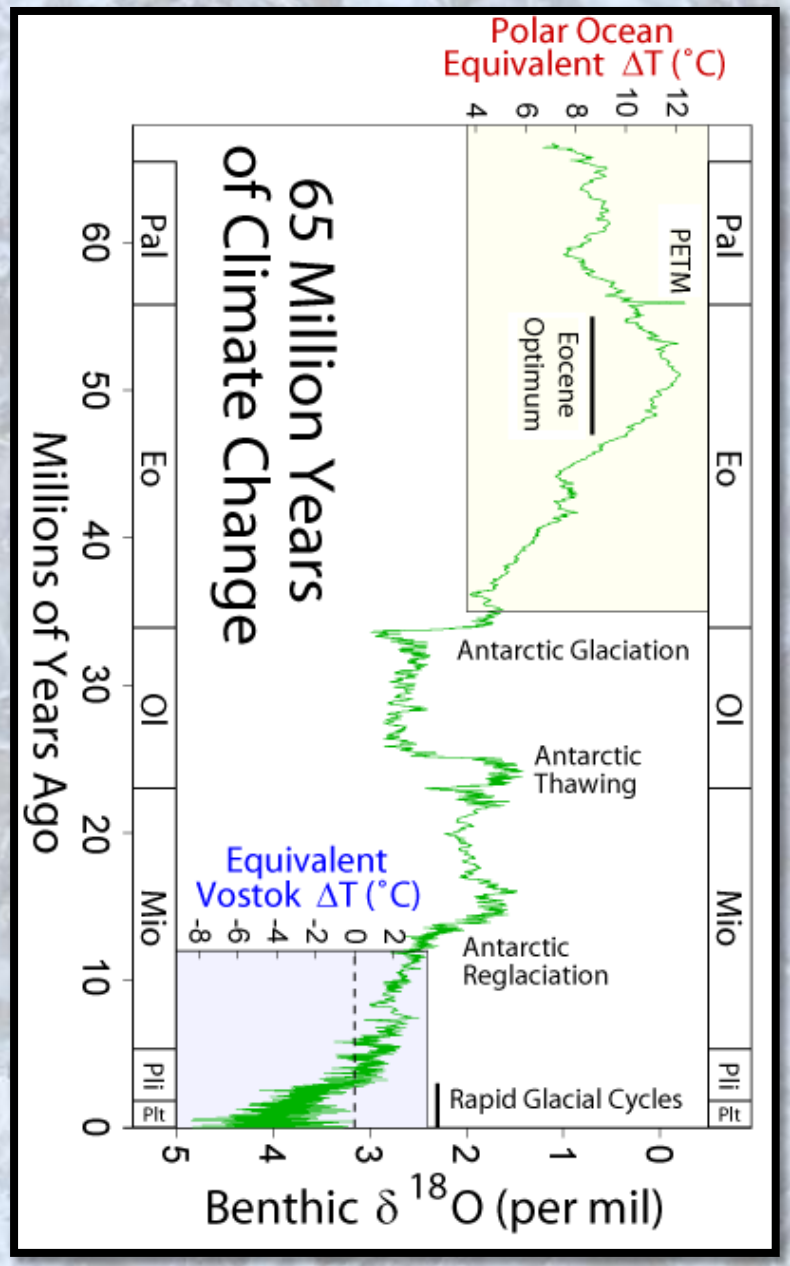
Kvartarna poledenitev

Obdobje od 3,0-2,5 milijona let se je klima zelo ohladila in ledeni pokrovi na severni polobli so se povečali.

Pred prbl. 2,6 Ma se pojavi vzorec glacialnih-interglacialnih ciklov, na katere imajo pomemben vpliv oribtalne spremembe (precesija, nagnjenost osi, ekcentričnost).

V času od 2,6 do 0,78 milijona let se prvič pojavijo 41.000 letni glacialni cikli.

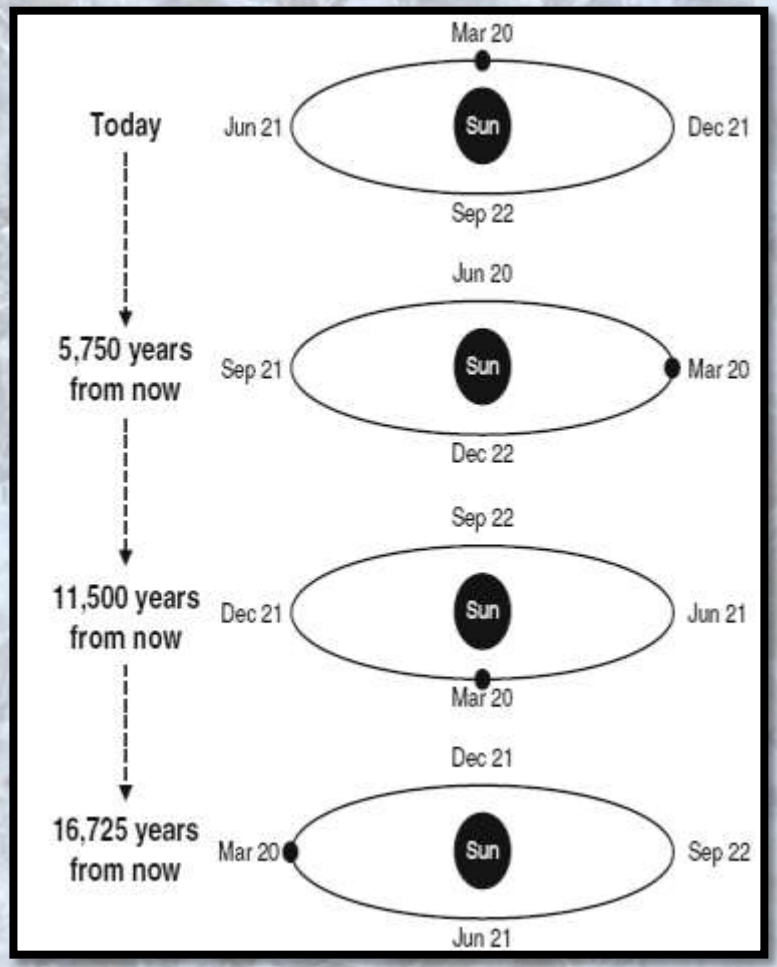
V obdobju mlajšem of 0,78 pa se pojavijo 100.000 letni glacialni cikli.



Začetek pleistocenskih poledenitev: Ohlajanje Arktike

Na začetku pleistocena so napredovanja in umikanja ledenikov sledila ciklu 40 000 let, ki časovno sovpada s ciklom spreminjanja nagiba Zemljine osi. V tem času so nastajale ledene mase na kontinentih, ki pa niso bile preveč obsežne.

Med 1.5 miljona let do 680,000 let pr.n.št. pa so se cikli začeli daljšati in so v rangu med 80,000 in 120,000 leti (v povprečju 100 000). Dolžina cikla je podobna ciklu Zemljine ekscentričnosti (to je malce nenavadno, saj ima ravno ta cikel najšibkejši vpliv na klimo). Razlage omenjenega fenomena so različne. Večinoma gredo v smeri, da glaciacij ne povzročajo le 100 000 letni cikli, marveč le ti le pomagajo ciklom višjega reda, predvsem precesiji. Se pravi, da gre za cikličnost na vsake 4 do 5 precesijskih ciklov.

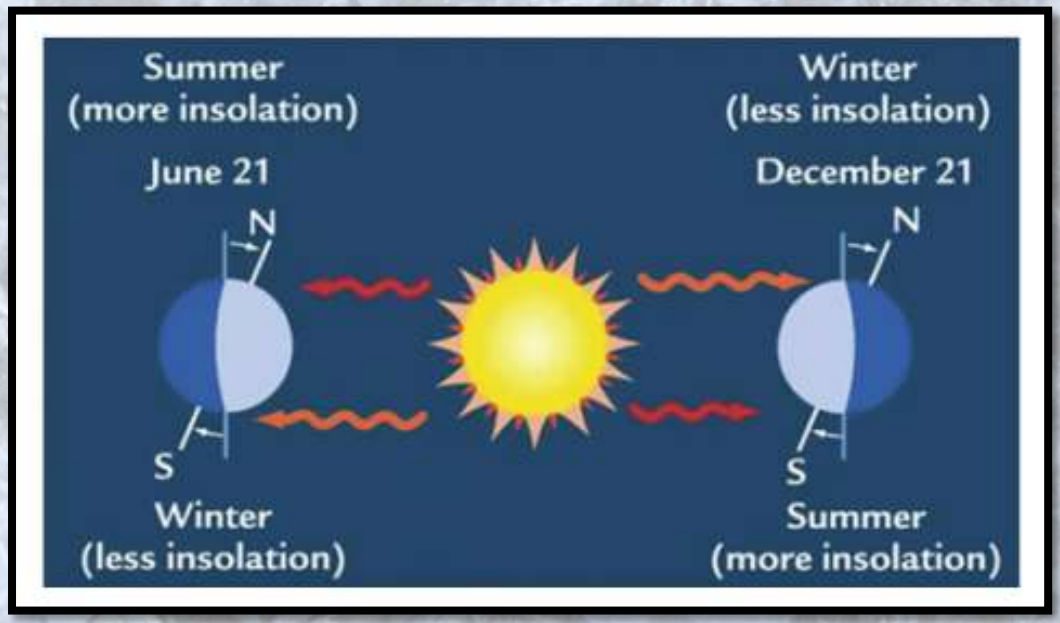


Vplivi orbitalnih Zemljinih ciklov

Nagnjenost Zemljine osi ter precesija ne vplivata na skupno količino Sončeve energije, ki jo dobiva Zemlja, marveč le kontrolirata njen časovni razpored glede na hemisfere Zemlje.

Če se periheilj (točka, ko je Zemlja na svoji tirnici najbližje Soncu) zgodi v sredini junija (ko je severna polobla nagnjena k Soncu) potem se bo količina poletne Sončeve energije, ki jo dobiva severna polobla, povečala. Če pa se perihelij zgodi v decembru, bo severna hemisfera dobila več toplote v zimskem času.

Precesija ima periodičnost med 19.000 ter 21.000 leti, nagnjenost Zemljine osi pa na 41 000 let..



KVARTAR, KLIMATOSTRATIGRAFIJA

Obdobje kvartarja dogovorno delimo na **GLACIALNA** (hladna klima) obdobja in **INTERGLACIALNA** (zmerna klima) obdobja, z nadaljno delitvijo na **STADIALE** (hladna obdobja) in **INTERSTADIALE** (topla obdobja).

Delitev ni vedno čisto jasna, vendar pa naj bi *glaciali* predstavljali daljša hladna obdobja (nekaj 10 000do 100 000 let), medtem ko *stadiali* obsegajo krajše časovne intervale (manj kot 10 000let).

Interglaciali so po analogiji topla obdobja, ki trajajo več kot 10 000 let in *interstadiali* krajša topla obdobja (manj kot 5000 let).

KVARTAR, malce zgodovine

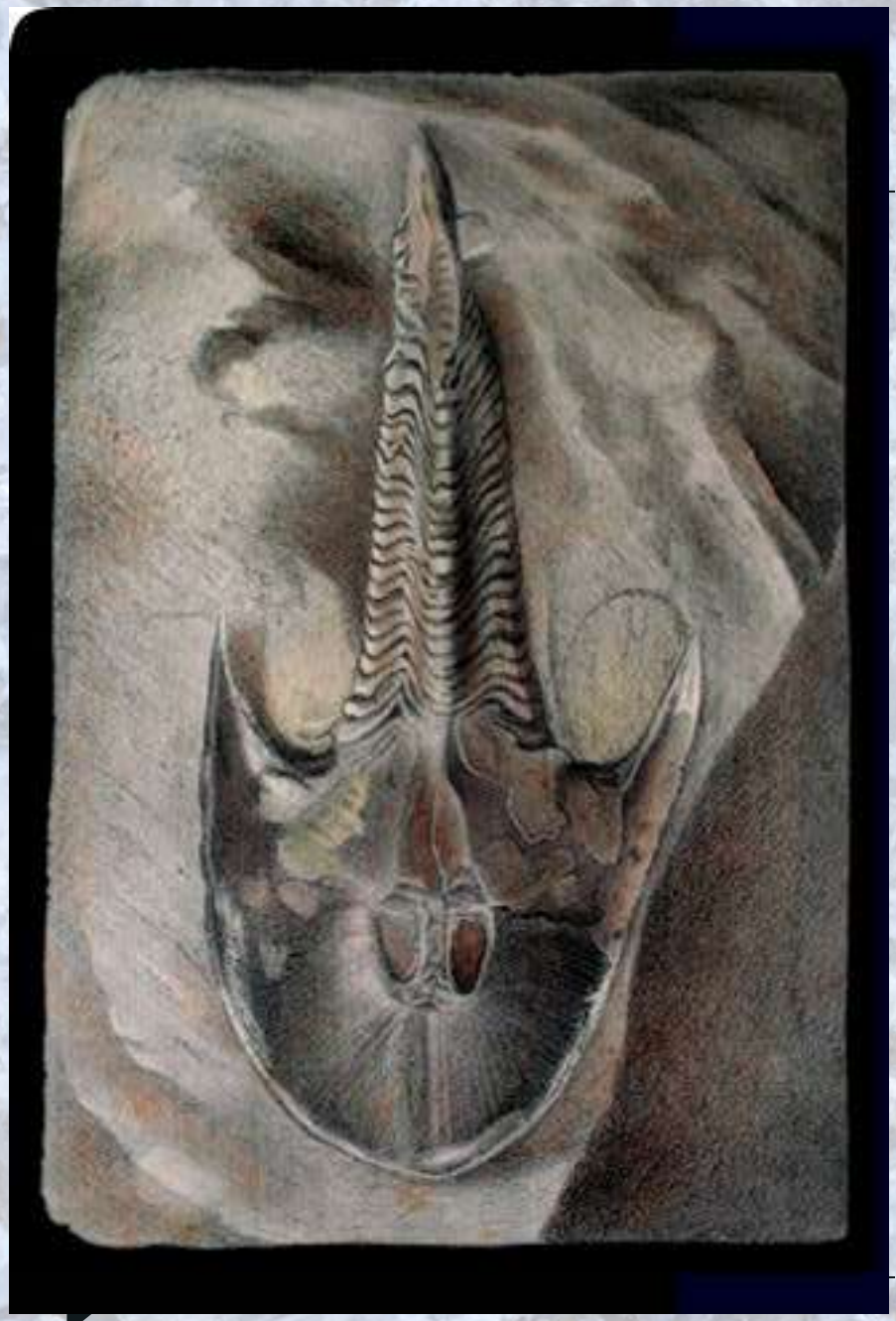
Izraz **kvartar** je prvi uporabil Giovanni Ardunio (1714-1795), v svoji razdelitvi geološke zgodovine. Prepoznal je naslednje ere:

- Primar (kamnine, ki se nahajajo najniže, brez fosilov)
- Sekundar (marmorji in apnenci, vsebujejo čudne fosile)
- Terciar (ležijo na sekundaru in vsebujejo fosile, ki so podobni današnjim živalim in rastlinem
- **Kvartar (peski in konglomerati, ki ležijo najvišje)**

Lois Agassiz

Rojstvo sodobne kvartarne znanosti ponavadi pripisujejo Loisu Agassizu in njegovi revolucionarni ideji:

EISZEIT.



Jean De Chanpentier, Lois Agassiz, leto 1836, Švicarske Alpe.

ledenik = ledena reka, ki teče (sicer počasi) navzdol in s seboj nosi veliko materiala (eratični bloki, hiše ipd..)

oraženci, ledeniške brazde in „zlizane“ skale

Jean De Chanpentier, Lois Agassiz, leto 1836, Švicarske Alpe.

ledenik = ledena reka, ki teče (sicer počasi) navzdol in s seboj nosi veliko materiala (eratični bloki, hiše ipd..)

terminalne morene = nagrmadeni kupi kamenja, na mestu, kjer se je ledenik končal (oziroma stopil). Določene morene so bile tako velike, da so nakazovale, da je konec ledenike (terminus) vztrajal na istem mestu dalj časa

oraženci, ledeniške brazde in „zlizane“ skale + pogosto so za terminalnimi morenami jezera

Lois Agassiz

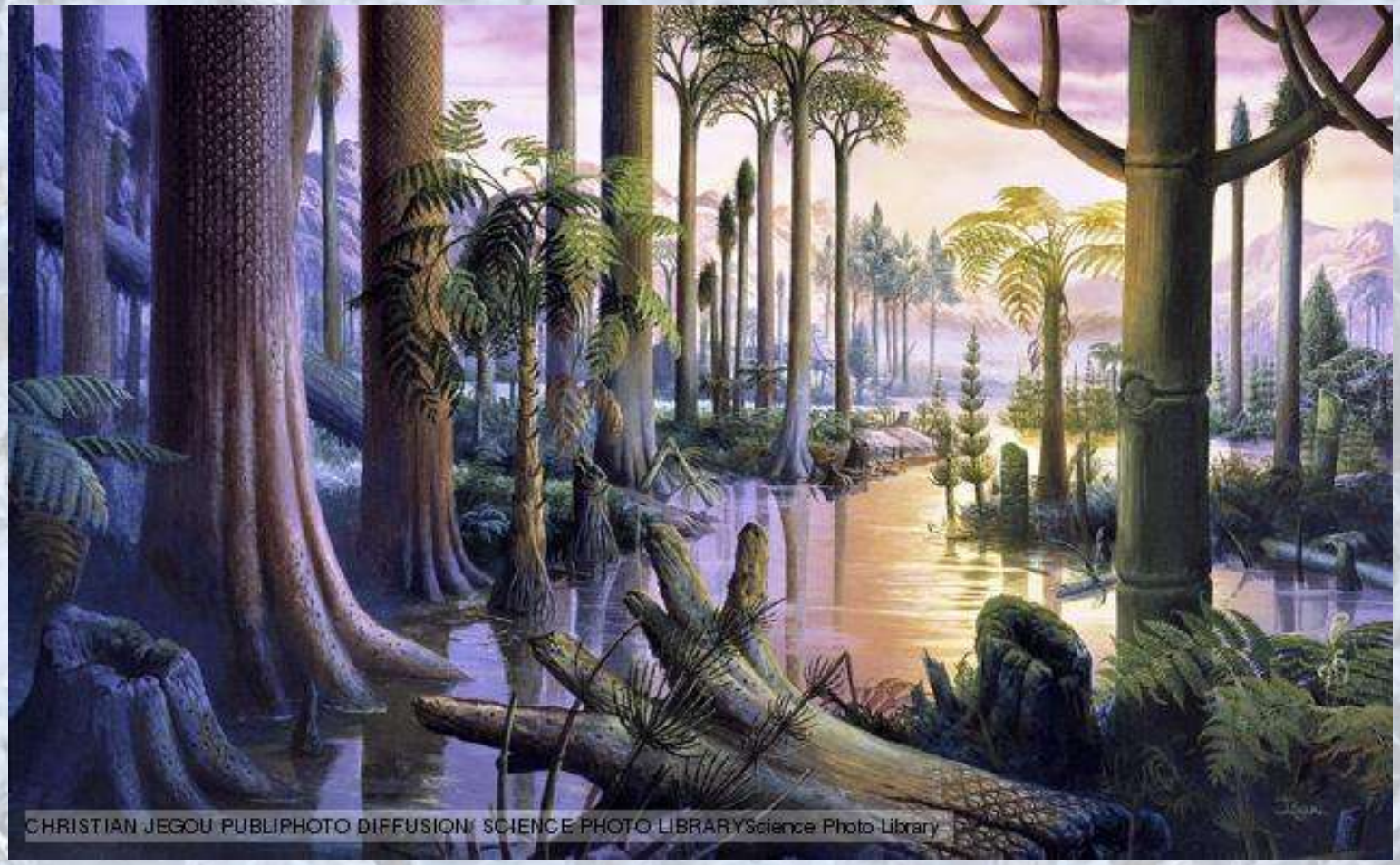
Ko se je Lois naučil videti dokaze za ledenike, njih erozijo in obseg, je te dokaze prepoznal tudi mnogo nižje od konca tedanjih lednikov, oziroma mnogo višje v ostenjih Alp.

To je seveda lahko pomenilo le eno: v preteklosti so švicarske gore prekrivali mogočnejši ledeniki, ki so segali vse do dolin, kar je impliciralo na neko popolnoma drugačno klimo: **EISZEIT.**

Njegova idej je naletela na obilo mero skepse in nejevere.

Kar je poizkušal ovreči z osebnim posredovanjem in obiskovanjem drugih dežel v 40 letih 19. stoletja (k sreči je šel na sever).

Klima naj bi bila v preteklosti vendar bolj topla..



Njegovo najpomembnejše potovanje je bilo v Veliko Britanijo in na Škotsko, kjer je uspel prepičati Williama Bucklanda, le ta pa **Charlesa Lyella** (Glen Roy na Škotskem).

In nato še v Ameriko leta 1847.

V kratkih 20 letih je tako Lois Agassiz uspel prepričati svet o obstoju ledene dobe.

In vendar je Lois Agassiz za vedno ostal globoko veren človek, ki je verjel, da je ledenike na Zemljo poslal BOG, da uniči vso grešno zalego...

KVARTAR, RAZDELITEV

Perioda KVARTARJA ima, tako kot potrditev obstoja lednih dob, zanimivo zgodovino.....

Izraz **KVARTAR** prvi omeni Giovanni Ardunio leta 1759, kot sistem oziroma periodo Desnoyers leta 1829 in je razdeljen na **PLEISTOCEN** (Lyell, 1839) in **HOLOCEN (** ki je zamenjal besedo „recent“)

Leta 2004 je kvartar izbrisan, neogen podaljšan do sedanjosti, meja med pliocenom in pleistocenom pa podana na podlagi paleontoloških kriterijev na 1,806 milijona let

Sledil je upor kvartarološke srenje (ki je večinoma orientirana na kopensko geologijo, Milankovičeve cikle in klimo).

VRNITEV KVARTARJA

Obdobje kvartarja delimo na PLEISTOCEN in HOLOCEN.

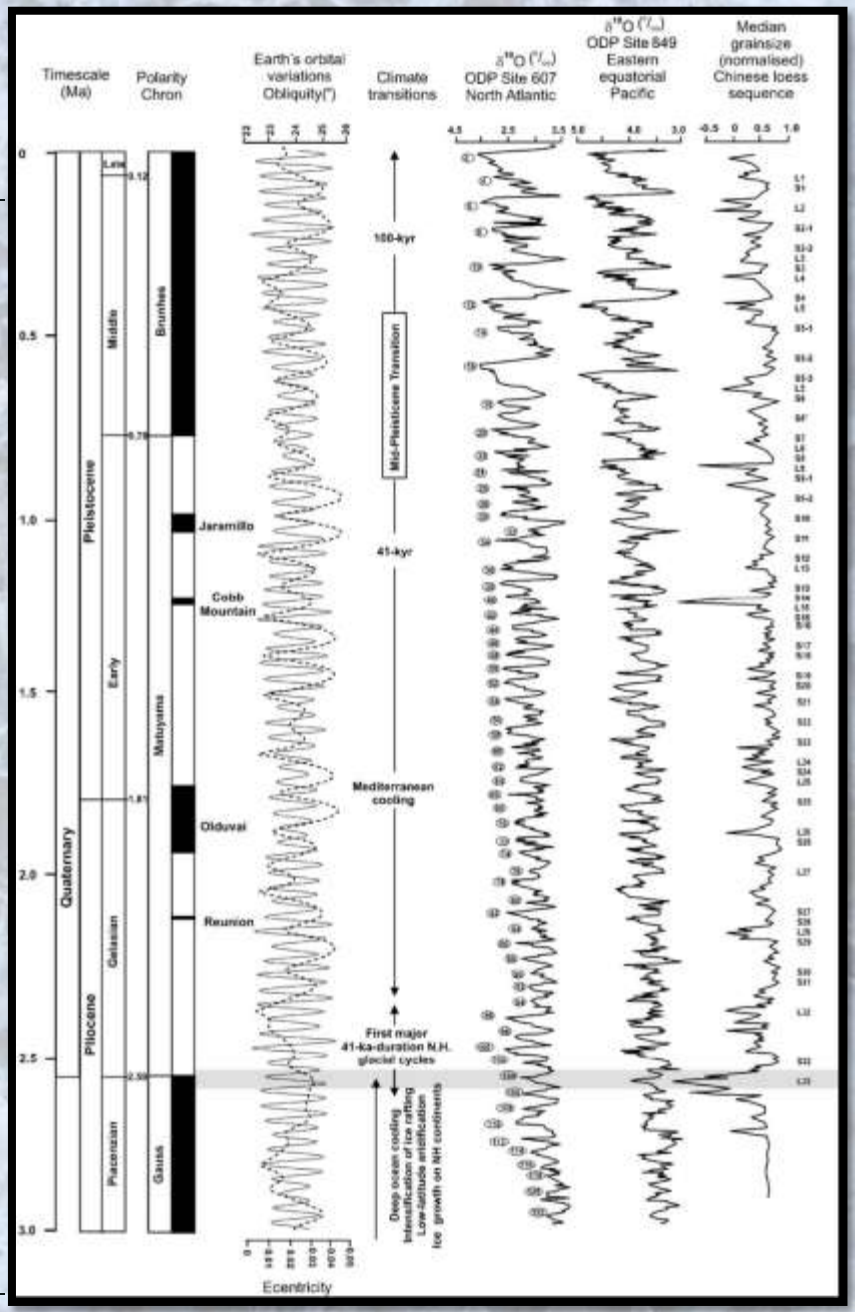
Začetek pleistocena je 2,58 milijona pred sedanjostjo in je postavljen na mejo med geomagnetima kronoma Gauss in Matuyama ter MIS 103.

Meja je sinhrona z mejo gelasij/piacenzij v sredozemski stratigrafiji.

V grobem se ujema tudi z najstarejšimi kenozojskimi ohladitvami (čeprav prve segajo še v pliocen).

PLEISTOCEN-HOLOCEN

11.700 pred sedanjostjo in definirana na podlagi ledenih vrtin iz Grenlandije



Timescale
Polarity Chron
Precession
Obliquity(°)
δ18O (‰) ODP Site 1123 Southwest Pacific
Foram-derived paleobathymery(m) Wanganui Basin, N Z, shallow-marine cyclothems
Magnetic susceptibility (cgs)/ Ice-rafting ODP Site 882 North Pacific
Median grainsize (normalised) Chinese loess sequence
Pollen abundance (%) ODP Site 658 Offshore West Africa
Hominid evolution
Quaternary
Pleistocene
Early (Calabrian)
Pliocene
Gelasian
Piacenzian
Gauss
Matuyama
Olduvai
Reunion
1.81
2.59
1.5
2.0
2.5
3.0
Cycle No
Rangitikei Group (shallow-marine cycles)
Mangawoka Mudstone (non cyclothemic)
LO Zd
Dominantly wet (winter rainfall)
Dominantly dry (summer rainfall)
Base level lowering
IRD
Increased ice rafting
Aridification
Low seasonality
Obliquity minimum
Ice volume increase, deep ocean temp.decrease
Jingchuan Loess Section
Tertiary Red Clay
S21
S22
S23
L24
S24
L25
S25
L26
S26
L27
S27
S28
L29
S29
S30
S31
L32
S32
L33
A
B
C
D
H. Erectus
H. habilis
Homo rudolfensis
A. africanus
Australopithecus afarensis
Paranthropus aethiopicus
P. robustus
P. boisei
Eccentricity

DELITEV KVARTARJA

HOLOCEN

- pred 11,700 leti

PLEISTOCEN

- zgornji (obsega zadnji interglacial in glacial)

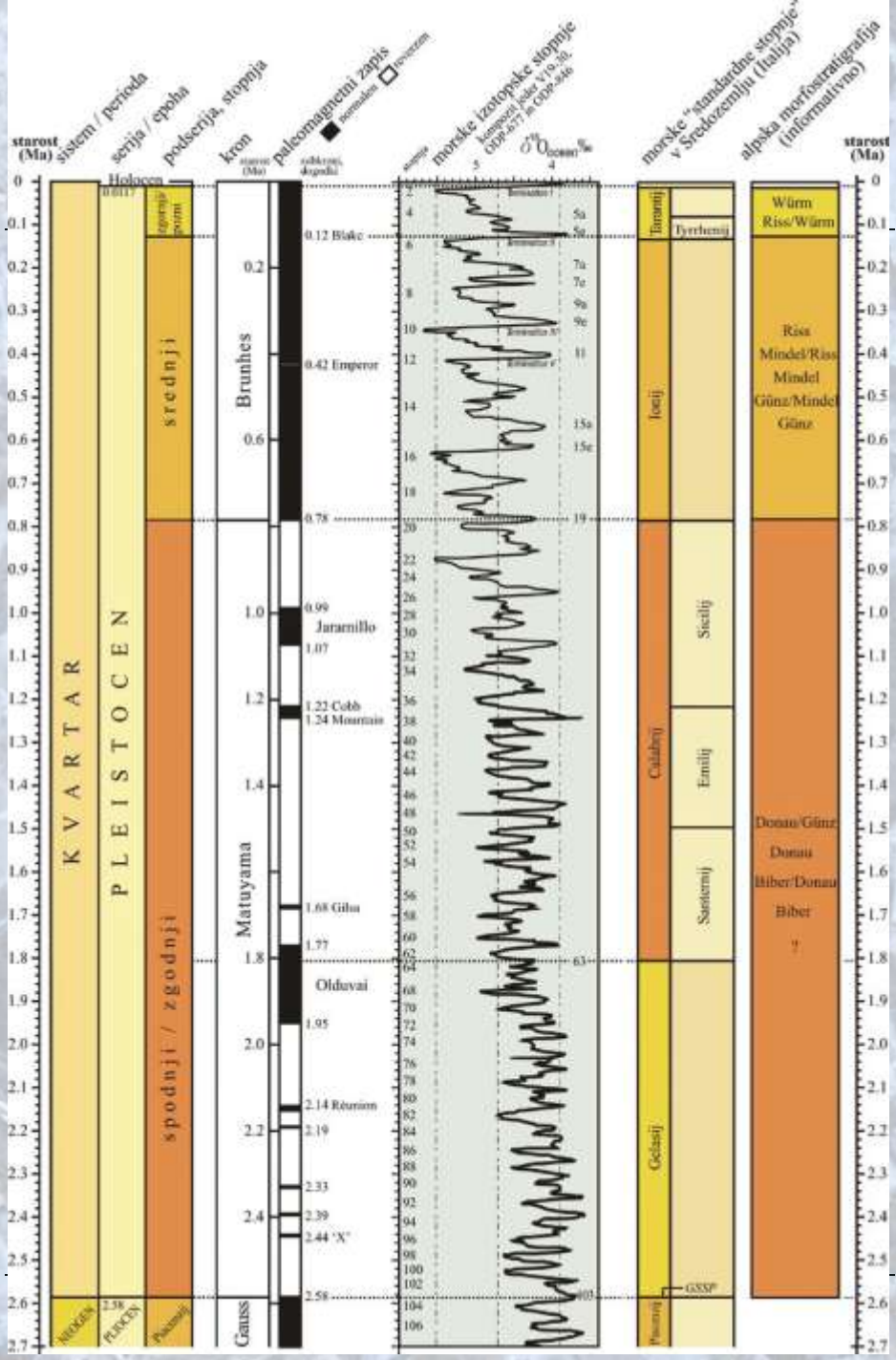
  prbl. 126 000let (MIS 5e, riss/würm)

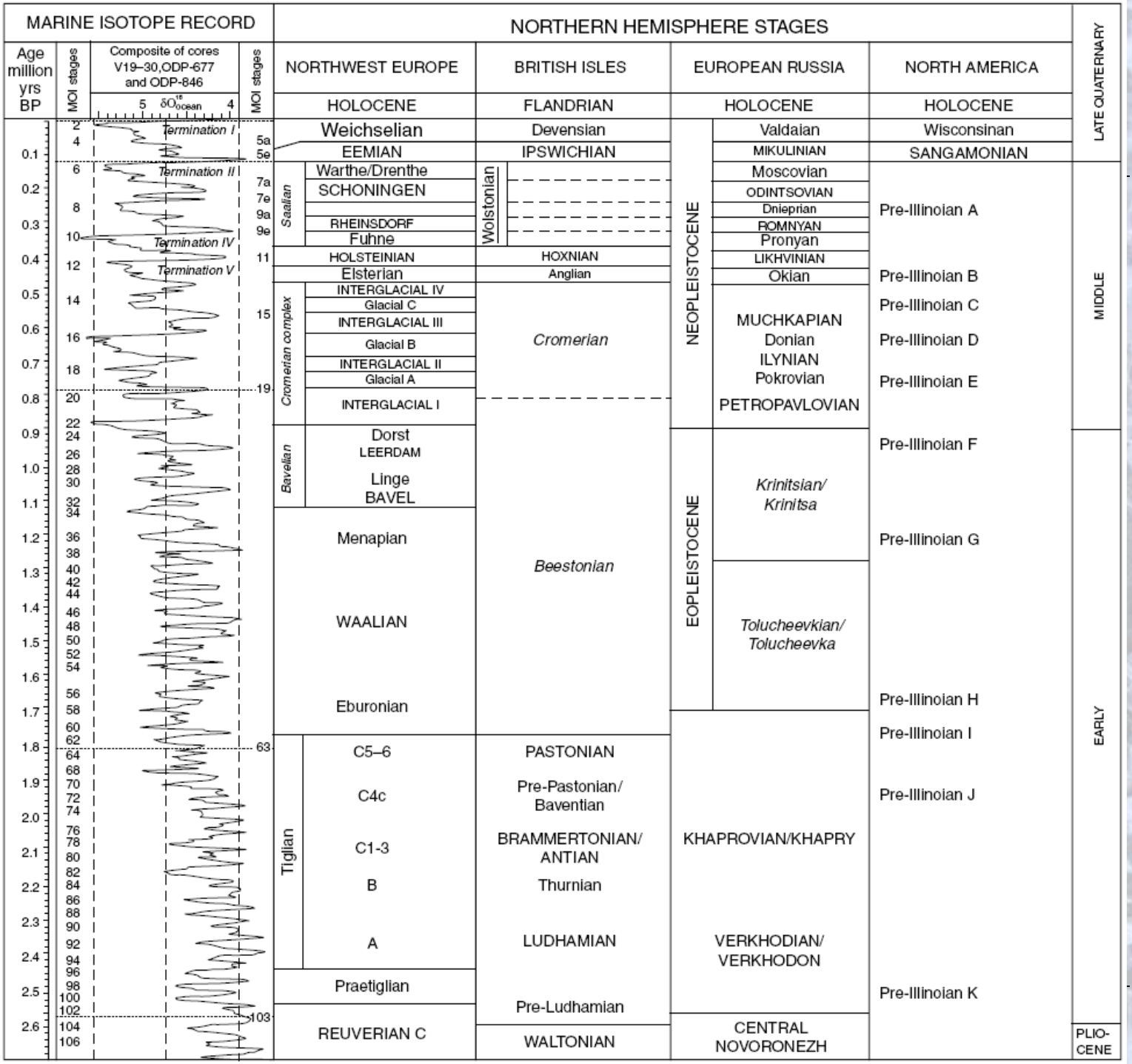
- srednji (obsega cel kron Brunhes)

  780 000 let, magnetni obrat Brunhes/Matuyama ter MIS 19

- spodnji (obsega cel kron Matuyama)

  2,58 milijona let, magnetni obrat Matuyama/Gauss in MIS 103


starost (Ma)
sistem / perioda
serija / epoha
podserija, stopnja
kron
paleomagnetni zapis
normalen
reverzen
morske izotopske stopnje
morske "standardne stopnje" v Sredozemlju (Italija)
alpska morfostratigrafija (informativno)
Holocen
KVARTAR
PLEISTOCEN
srednji
spodnji / zgodnji
Brunhes
Matuyama
Gauss
0.12 Blake
0.42 Emperor
0.78
0.99
Jaramillo
1.07
1.22 Cobb
1.24 Mountain
1.68 Gilsa
1.77
Olduvai
1.95
2.14 Réunion
2.19
2.33
2.39
2.44 'X'
2.58
Tarantij
Tyrrhenij
Ionij
Calabrij
Gelasij
Sicilij
Emilij
Santernij
GSSP
Würm
Riss/Würm
Riss
Mindel/Riss
Mindel
Günz/Mindel
Günz
Donau/Günz
Donau
Biber/Donau
Biber
?


MARINE ISOTOPE RECORD
NORTHERN HEMISPHERE STAGES
Age million yrs BP
MOI stages
Composite of cores V19–30, ODP-677 and ODP-846
δO^{18}_{ocean}
NORTHWEST EUROPE
BRITISH ISLES
EUROPEAN RUSSIA
NORTH AMERICA
LATE QUATERNARY
MIDDLE
EARLY
PLIO-CENE
HOLOCENE
FLANDRIAN
Termination I
Termination II
Termination IV
Termination V
Weichselian
Devensian
Valdaian
Wisconsinan
EEMIAN
IPSWICHIAN
MIKULINIAN
SANGAMONIAN
Saalian
Warthe/Drenthe
SCHONINGEN
RHEINSDORF
Fuhne
Wolstonian
Moscovian
ODINTSOVIAN
Dnieprian
ROMNYAN
Pronyan
LIKHVINIAN
Okian
Pre-Illinoian A
Pre-Illinoian B
Pre-Illinoian C
Pre-Illinoian D
Pre-Illinoian E
Pre-Illinoian F
Pre-Illinoian G
Pre-Illinoian H
Pre-Illinoian I
Pre-Illinoian J
Pre-Illinoian K
NEOPLEISTOCENE
EOPLEISTOCENE
HOLSTEINIAN
HOXNIAN
Elsterian
Anglian
Cromerian complex
INTERGLACIAL IV
Glacial C
INTERGLACIAL III
Glacial B
INTERGLACIAL II
Glacial A
INTERGLACIAL I
Cromerian
MUCHKAPIAN
Donian
ILYNIAN
Pokrovian
PETROPAVLOVIAN
Bavelian
Dorst
LEERDAM
Linge
BAVEL
Krinitsian/ Krinitsa
Menapian
Beestonian
Toluchеevkian/ Toluchеevka
WAALIAN
Eburonian
Tiglian
C5–6
C4c
C1-3
B
A
PASTONIAN
Pre-Pastonian/ Baventian
BRAMMERTONIAN/ ANTIAN
Thurnian
LUDHAMIAN
KHAPROVIAN/KHAPRY
VERKHODIAN/ VERKHODON
Praetiglian
Pre-Ludhamian
REUVERIAN C
WALTONIAN
CENTRAL NOVORONEZH

ALPSKA MORFOSTRATIGRAFIJA

Alpska delitev kvartarja temlji na osnovi dela Pencka in Brücnerja (Die Alpen im Eiszeitalter, 1901-1909) in izhaja iz originalnih 4 velikih poledenitev: **Günz, Midel, Riss, Würm.**

Problem omenjene razdelitve je predvsem zaradi slabe časovne kontrole oziroma zaradi kompleksnosti klimatskih nihanj.

Vendar pa je v zgornjem pleistocenu v Alpah uporabna in uporabljana (in tudi dobro časovno ovrednotena).

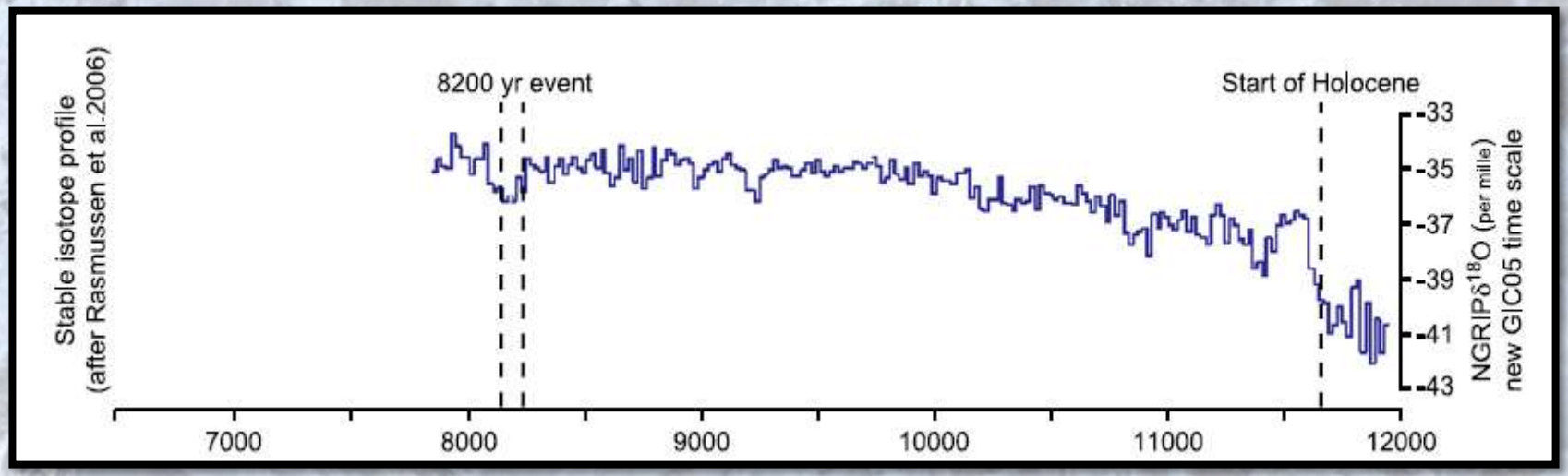
LESTVICA JE RELATIVNA in je umerjena lokalno.

HOLOCEN DEFINICIJA

HOLOCEN je zadnja geološka epoha in sodi v periodo KVARTARJA. Začel po koncu pleistocena (11.700 let pred sedanjosto) in traja še danes.

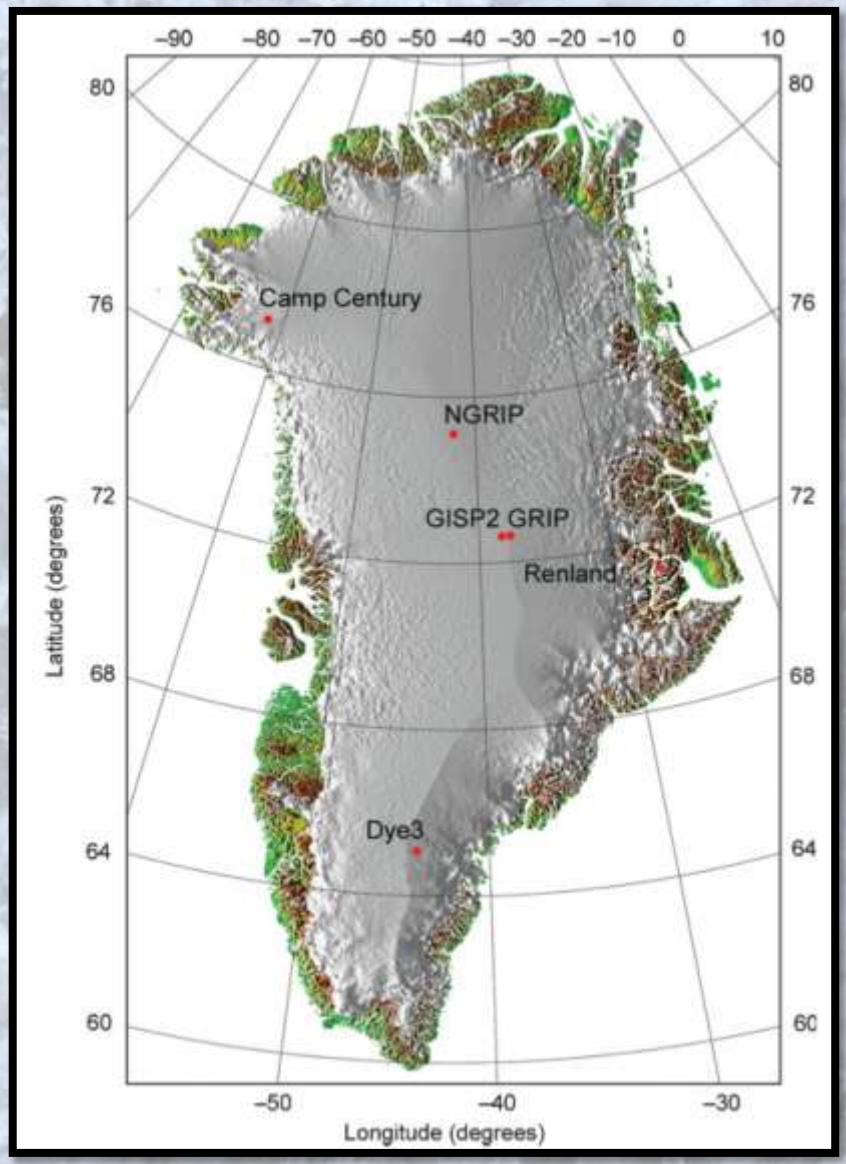
Ime izvira iz grške besede ὅλος (*holos*, ki pomeni cel) in καινός (*kainos*, nov), kar bi v prevodu pomenilo popolnoma nov. Enačimo ga s trenutno toplo periodo (MIS 1) ter v tem smislu predstavlja medledeno dobo.

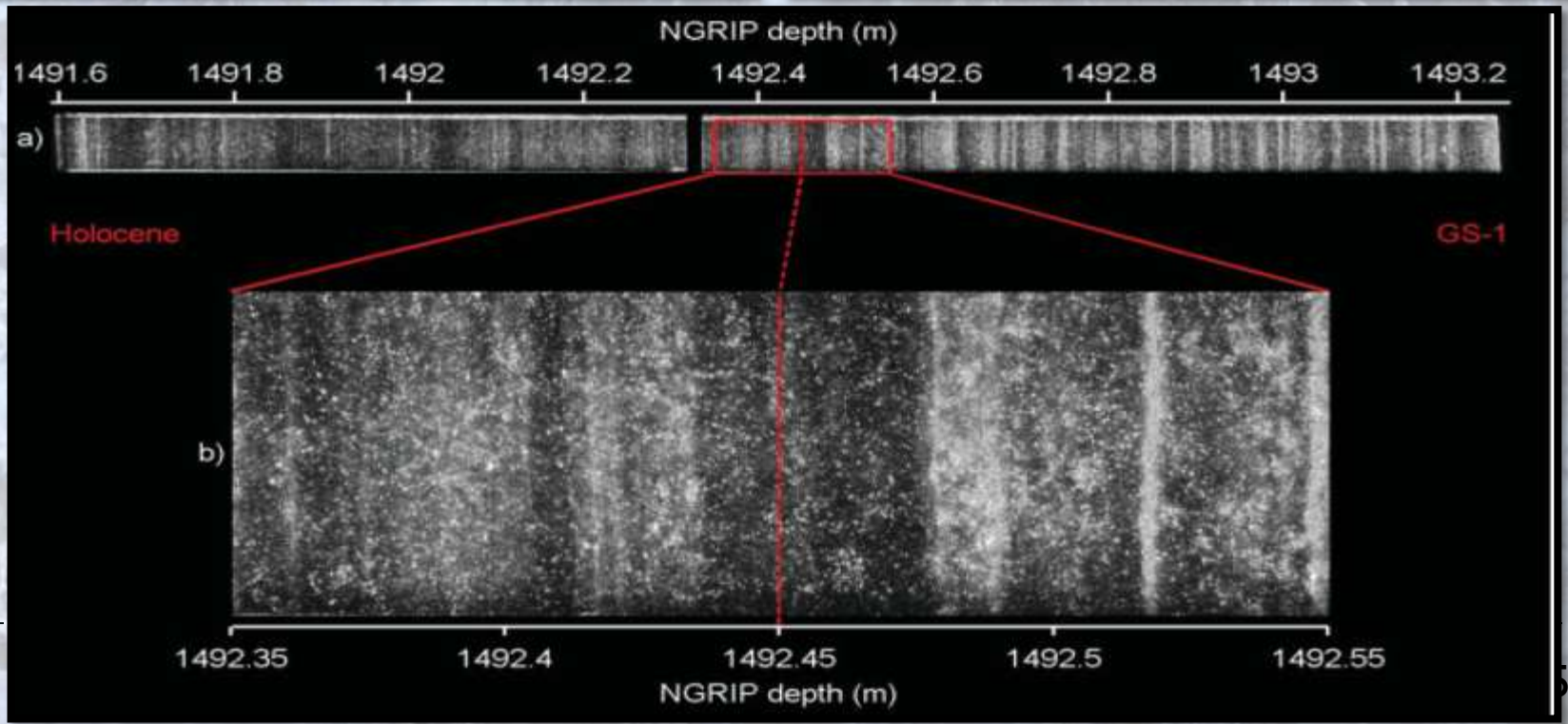
Za holocen je prav tako značilno razširjanje človeštva, oziroma človeških civilizacij in splošen trend v smeri urbanizacije, ki jo poznamo danes.



HOLOCEN DEFINICIJA

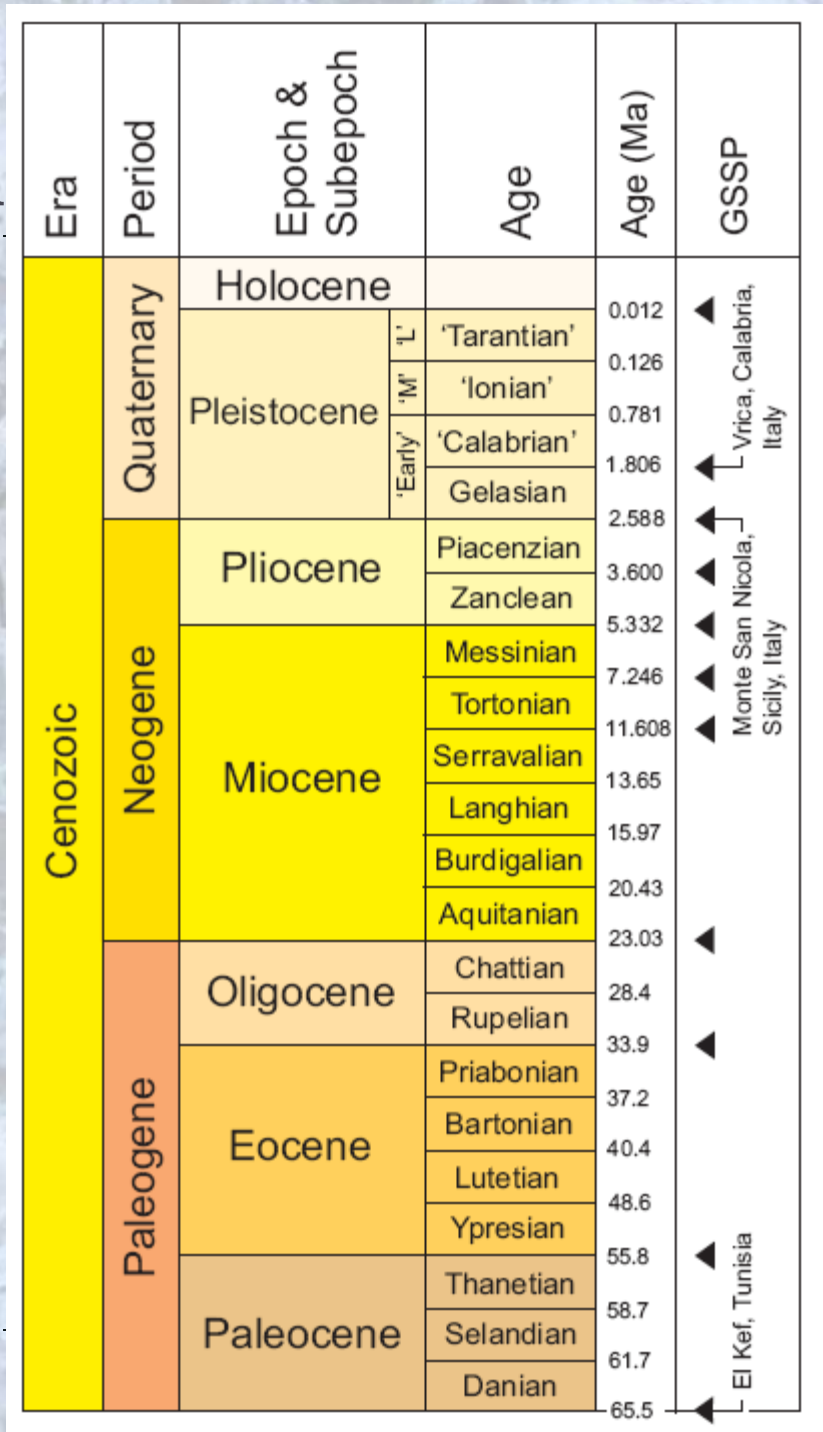
Mejo med pleistocenom in holocenom predstavlja, tako kot ostale meje v kvartarju, klimatski dogodek. Gre za začetek ogrevanja, ki se je zgodil na koncu stadiala mlajšega driasa.
Ta klimatski dogodek lahko dobro sledimo po celotni Zemeljski obli, meja (GSSP) pa je definirana na podlagi ledene vrtine iz Grenlandije (NGRIP). Meja je definirana kot hiter skok vrednosti devterija, ki ga spremlja bolj zmereno povečanje ^{18}O, prahu in drugih kemijskih elementov.
Ker je to ledena vrtina z letnim dodatkom snega, omogoča štetje lamin (ledene varve). Meja je tako določena na 11 700 koledarskih let (štejemo od leta 2000 AD) z napako +/- 100 let




NGRIP depth (m)
1491.6
1491.8
1492
1492.2
1492.4
1492.6
1492.8
1493
1493.2
a)
Holocene
GS-1
b)
1492.35
1492.4
1492.45
1492.5
1492.55
NGRIP depth (m)

KVARTAR DEFINICIJA

GSSP (Global stratotype section and point) je definiran na Siciliji (Mone San Nicola) in loči zadnje obdobje pliocena: **piacenzij** od **gelasija**, ki je prvo obdobje kvartarja.
Starost meje je definirana na 2,58 milijona let in sovpada z Morsko izotopsko stopnjo 103.
GSSP je definiran na bazi laporaste plasti, ki neposredno prekriava sapropel (nosi ime plast Nicola), ki sodi v ti. Medirerranean Precession-Related Sapropel (MPRS) 250.



Mone San Nicola

KVARTAR: MOI (MORSKE IZOTOPSKE STOPNJE)

Dokazi za pretekla glacialna in interglacialna obdobja so v kontinentalnih (terestričnih) okoljih že dolgo časa znana stvar.

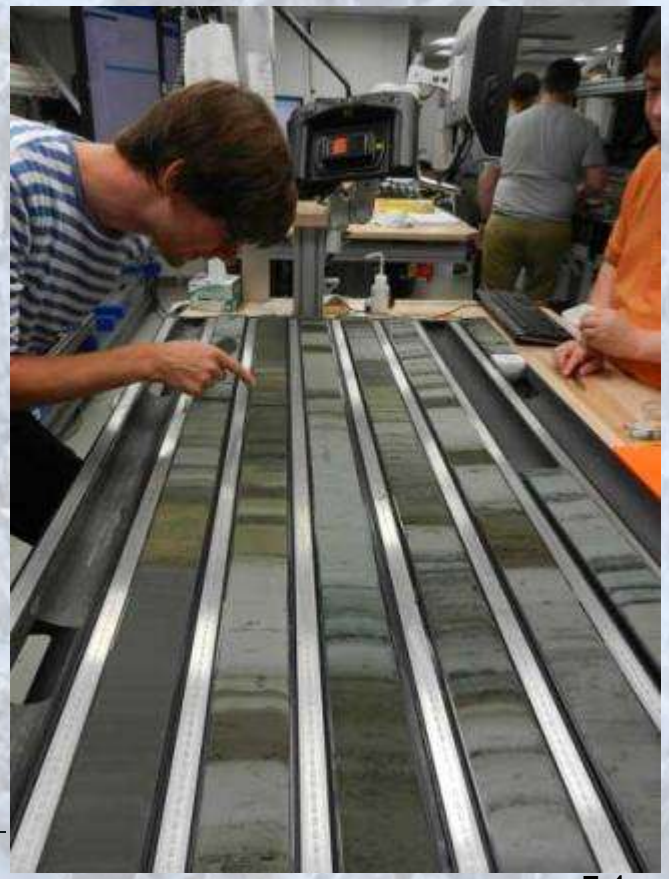
Hladna obdobja prepoznamo po glacialnih in periglacialnih sedimentih, geomorfoloških oblikah in bioloških indikatorjih (pelodi in živalstvo), ki kažejo hladnoljubne vrste

Zmerna obdobja pa predvsem po fosilnih ostankih (pelodi, rastlinski makrofosili, fosili insektov) in biogenih sedimentih (recimo v jezerih), ki so se odlagali v toplejših obdobjih.

Problem: erozija povzroči, da je ta zapis zelo fragmetniran, sporadičen, saj se sedimenti v takih okoljih (razen izjemoma) le redko ohranijo.

KVARTAR: MOI (MARINE OXYGEN ISOTOPE STAGES)

Morska (oceanska) okolja pa predstavljajo mnogo boljše sedimentacijske bazene, v katerih lahko najdemo zvezen sedimentni zapis za celoten kvartar in celo del terciarja.



KVARTAR: MOI (MARINE OXYGEN ISOTOPE STAGES)

Jedra z oceanskimi sedimenti predstavljajo kontinuiran zapis, v katerem lahko sledimo oceanografskim = klimatskim spremembam v daljšem časovnem obdobju.

Le ta se odražajo v kisikovem izotopskem zapisu, ki je ohranjen v skeletih morskih mikrofosilnih organizmov.

Variacije v razmerju med lažjim kisikom-16 (^{16}O) in težjim kisikom-18 (^{18}O) kažejo na spremembo izotopske sestave morske vode med glacialnimi in interglacialnimi obdobji.

Te spremembe so večinoma odvisne od količine kontinentalnega ledu in tako jih lahko uporabimo kot indikator sprememb (fluktacij) le tega.

KVARTAR: MOI (MARINE OXYGEN ISOTOPE STAGES)

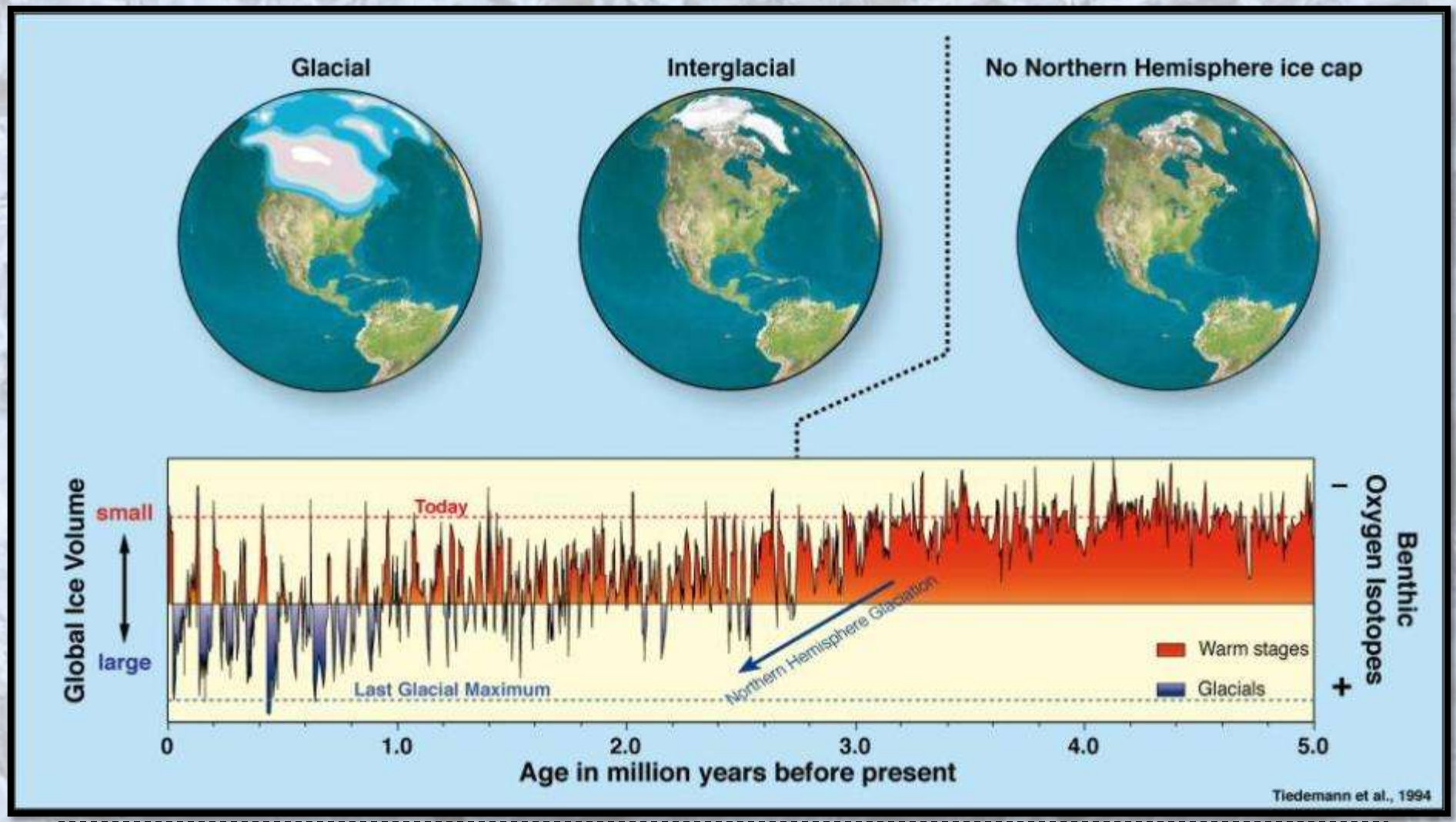
Tokom izhlapevanja iz proste površine oceana se pojavi frakcionacija (ločevanje) med kisikovimi izotopi. V atmosfero gre več lažjega kisika-16 kot težjega kisika-18.

V hladnih obdobjih kvartara je tako več lažjega kisika-16 transportirano proti polom, kjer ga “zaklenemo” v leden pokrove. V oceanih je v tem času zato več težjega kisika -18.

V toplih obdobjih kvartarja pa je seveda ravno obratno in več lažjega kisika-16 se vrne v oceane in oceanska voda vsebuje relativno manj težjega kisika-18.

Zaradi tega lahko spremembe v razmerju kisikovih izotopov ($\delta^{18}O$) povežemo z glacialnimi in interglacialnimi obdobji.

KVARTAR: MOI (MARINE OXYGEN ISOTOPE STAGES)



KVARTAR: MOI

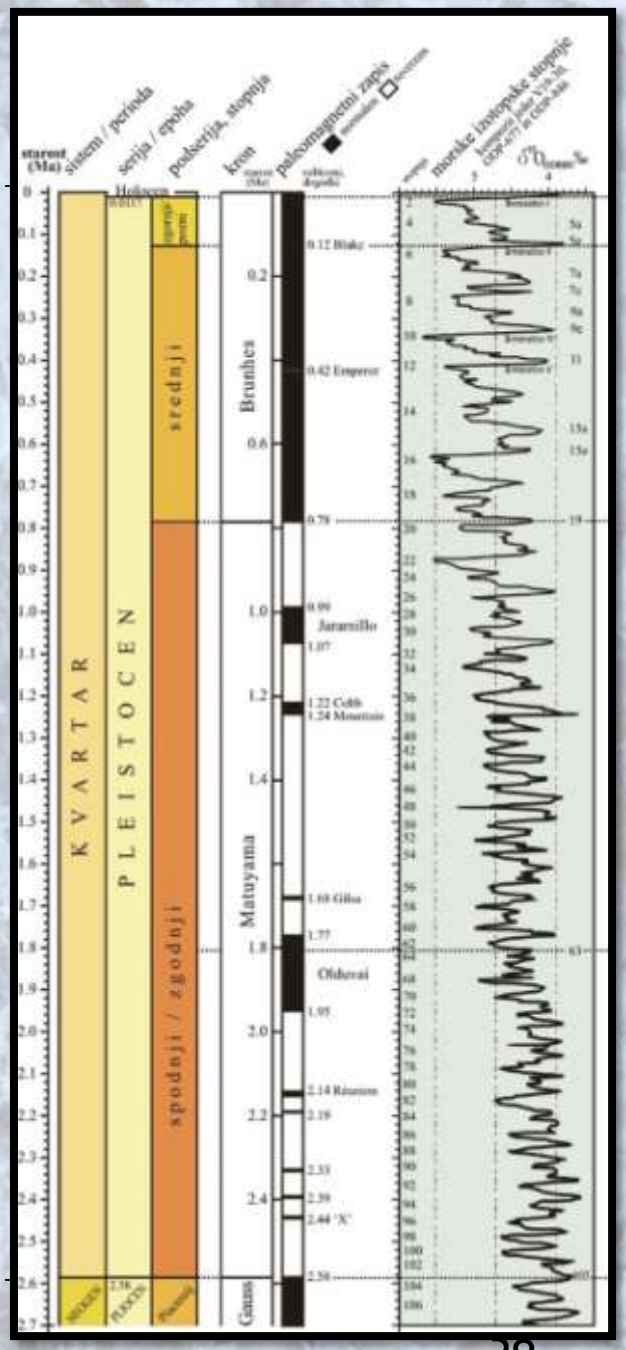
Oceanska zaporedja zato lahko razdelimo na niz izotopskih stopenj, ki kažejo na glacialna in interglacialna obdobje in jih imenujemo MORSKE IZOTOPSKE STOPNJE (marine oxygen isotope stages ali MOI).

MOI obdobja oštevilčimo od najmlajših (sedanji je 1) do najstarejših (že nekaj čez 100).

Lihe številke MOI kažejo na interglaciala in topla obdobja, medtem ko sode številke MOI predstavljajo glacialna obdobja.

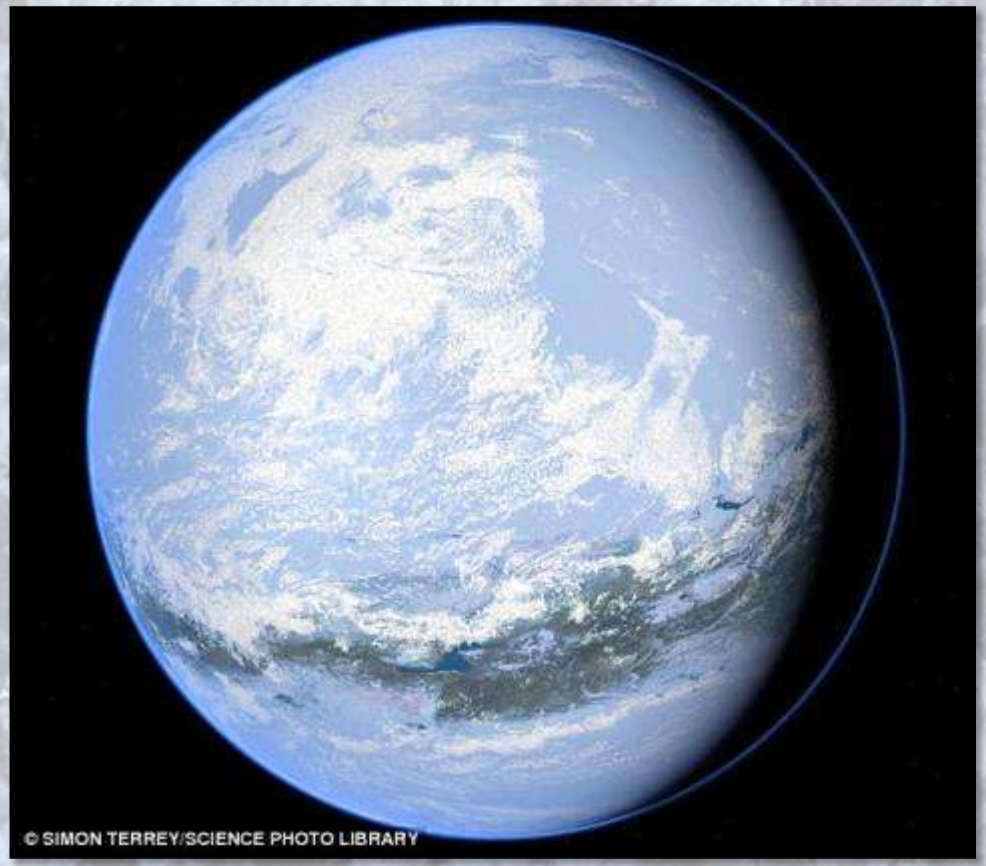
Oceanski sedimenti kažejo na okoli 10 interglacialov in glacialov v zadnjih 800 000 letih, medtem ko je za celotno obdobje kvartarja ta številka presegla 100.

To je mnogo več glaciacij, kot jih lahko zagotovo določimo v kopenskih okoljih.

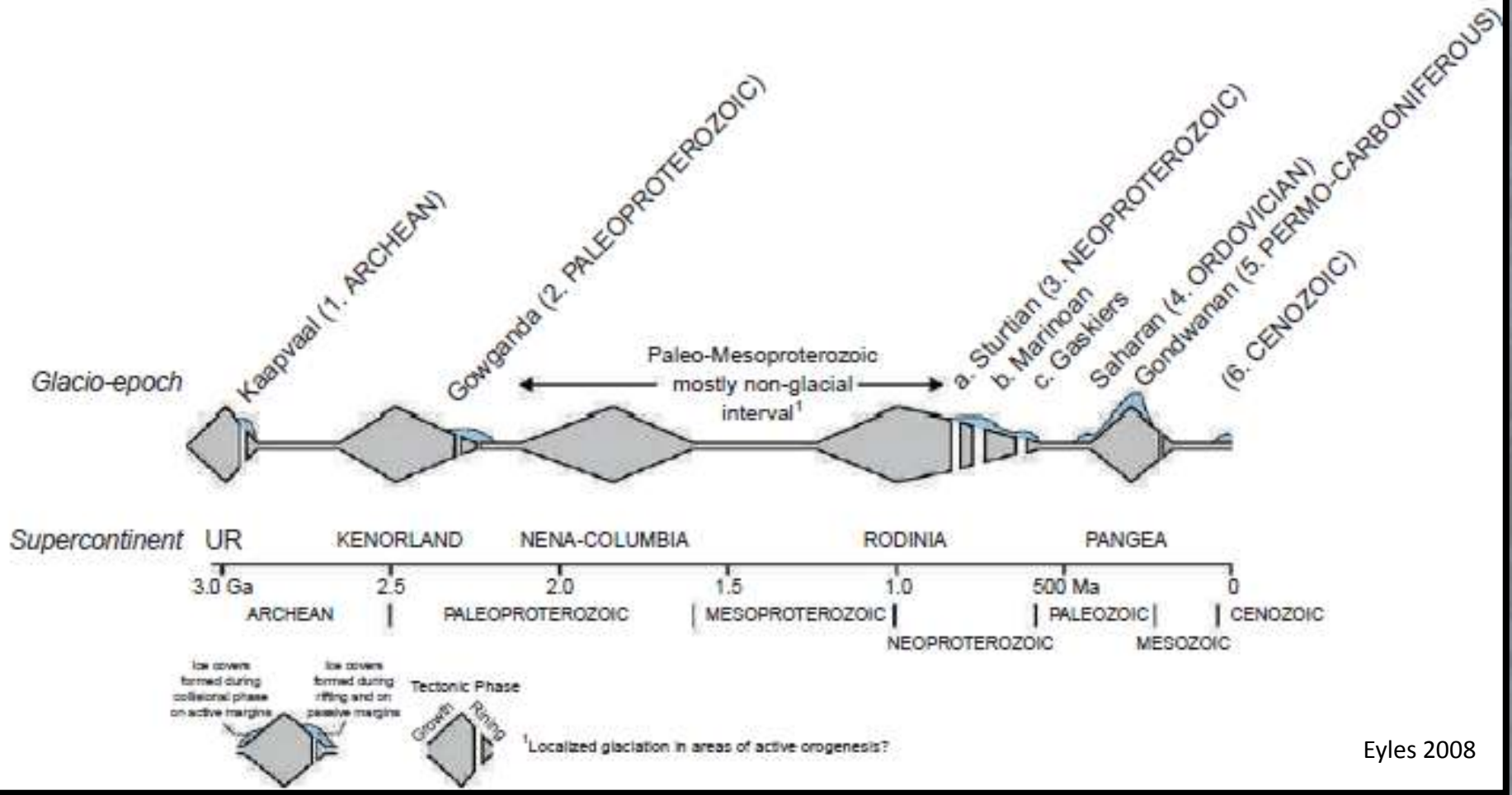


ZEMLJA IN LEDENE DOBE

Obdobje kvartarja je morda najbolj znano prav po ledenih dobah, vendar pa ni edino obdobje v Zemljini geološki zgodovini, ki pozna obstoj ledenih pokrovov. Pravzaprav niti ni najbolj mrzlo...



RAZLOGI ZA NASTANEK LEDENIH DOB



Eyles 2008

ZEMLJINE LEDENE DOBE

LEDENE DOBE V ARHAIKU

V južni Afriki obstaja veliko dokazov za poledenitev pred 2,9 do 2,8 milijardami let, vprašanje pa je, ali je ta glaciacija vezana na lokalne pogoje ali gre zares za globalno poledenitev.

Razloge za to najdemo predvsem v popolnoma nasprotujočih se klimatskih modelih in interpretacijah arhaične klime (topla proti hladna Zemlja).

Hipoteza o topli Zemlji govori o tem, da je Zemlja večino arhaika in proterozoika topla do te mere, da glaciacije niso možne (celo do 40 °C topleje). Količine CO_2 v atmosferi naj bi dosegale do 10,000 kratne današnje vrednosti. Prav tako pa naj bi bilo zaradi šibkega Sonca (“faint young sun”) in posledične odsotnosti kozmičnega sevanja močno globalno segrevanje, ki je povzročilo redukcijo oblakov in znižan albedo.

Hipoteza o hladni Zemlji govori ravno nasprotno. Zemlja naj bi bila zaradi šibkega Sonca, bombardiranja z meteoriti, recikliranje skorje ipd., primerna za globalno ohlajanje.

ZEMLJINE LEDENE DOBE

PALEOPROTEROZOJSKE POLEDENITVE: HURONIJSKA POLEDENITEV

Zgodila se je pred prbl. 2,4 milijarde leti in je ena izmed bolje poznanih in dokazanih poledenitvenih epoh.

Poledenitve v omenjenem času so recimo dokazali na Kanadi, Baltskem ščitu, kratonu Kalahari, Severni Ameriki, Južni Afriki.

Geodinamsko je Huronijska poledenitev vezana na rifting, ki je pripeljal do ločitve Lavrencije in Baltike pred 2.1 milijardami let.

Natančni razlogi za to poledenitev niso znani, oziroma še vedno obstaja več razlag za omenjen fenomen (kisikova katastrofa, 250 milijonov let brez vulkanskih izbruhov, rifting, drugačna orbita Zemlje okoli Sonca, ali več faktorjev skupaj imenovanih *popolna nevihta).*

SNOWBALL EARTH

ZEMLJINE LEDENE DOBE: SNOWBALL EARTH

S tem filmskim imenom imenujemo niz kataklizmatičnih globalnih glaciacij, ki so se zgodile v 200 milijonov let trajajočem obdobju med 750 in 550 milijoni let pr.n.št.

V tem času je led dokazano segal tudi do tropskih zemeljskih širin in posledično je bil "ugasnjen" celoten zemljin hidrološki krog. Prav tako pa je bila za več milijonov let uničena organska produkcija v površinskih oceanskih vodah.

Svetovni ocean je bil najverjetneje popolnoma prekrit z ledom, medtem ko je bila ledena odeja na kontinentih prisotna le tu in tam (zaradi pomanjkanja vode).

Nihanje gladine morske vode je dosegalo: **1,25km.**

Z glacialnimi sedimenti tega časa so povezane tudi večje količine BIF (''banded iron formation'' sedimentov, ki se po milijardnem hiatusu spet pojavijo na Zemlji.

http://www.abc.net.au/catalyst/stories/2377133.htm

ZEMLJINE LEDENE DOBE: SNOWBALL EARTH

Razlogi:

- pozitivna povratna zanka zaradi povečanega albeda (s sprožitvenim mehanizmom zaradi supervulkana, zmanjšanja toplogrednih plinov, sprememb v sončni energiji, spremembi Zemljine orbite),
- adiabatični dvig zaradi riftinga,
- razporeditev kontinentov predvsem okoli ekvatorja, ipd..

ZEMLJINE LEDENE DOBE: ORDOVICIJSKA POLEDENITEV

Je poledenitev, ki se je začela pred prbl. 450 milijoni let in naj bi trajala od pol do 1 milijona let. Dokazi za njo so obsežni tiliti, ki jih lahko najdemo v Maroku, Libiji, Severni Ameriki ipd.

Ledena doba naj bi sprožila eno izmed 5 največjih izumrtij v celotni geološki zgodovini in je pomorila več kot 60% morskega življa. Izumre kar 85 % družin s tisoči vrstami. Izumiranje pa prizadane tako rastline kot živali, plankton in bentos. Izumreja tako sesilni kot vagilni bentoški organizmi.

Vzroki za omenjeno poledenitev so še vedno nejasni, saj je znano, da je bila količina CO_2 v atmosferi v tem času vsaj 8-20krat večja kot je danes. Vzrok bi bilo lahko zmanjšanje CO_2 zaradi poplavnih bazaltov, znižanje gladine morja pred glaciacijo, upočasnjeni morski tokovi in prenos toplote proti polom, paleogeografija ipd..

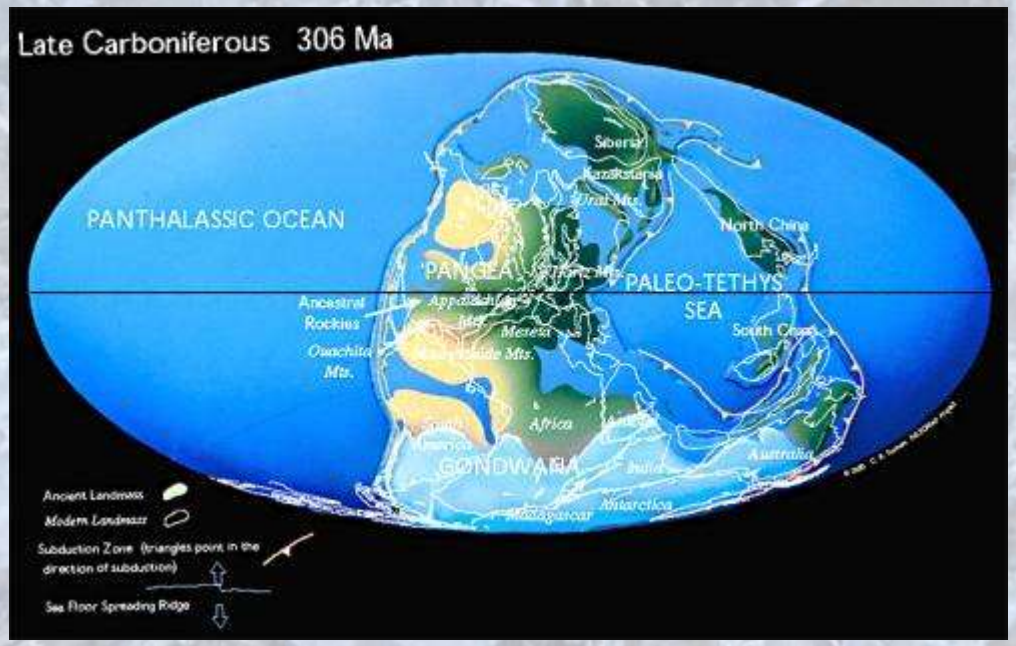
Karbonska poledenitev

KARBONSKO-PERMSKA POLEDENITEV

Imenujemo jo tudi Karoo ledena doba (360–260 milijonov let) in predstavlja drugo večjo fanerozojsko poledenitev. Ime je dobila po regiji Karoo, ker so prvič našli dokaze za to poledenitev.

Bližanje kontinentov Euramerike in Gondwana proti temu, kar bo kasneje Panegea in s tem povezana hercinska orogeneza, so povzročili drugačen razpored morskih tokov in s tem počasno ohlajanje.

Ledeniki so se počasi širili in najdemo jih skorajda povsod po Gondvani. Odkrili so vsaj dve večji obdobji poledenitev: starejšo 359.2–318.1 in mlajšo 318.1–299 milijonov let.



Razlogi za karbonsko poledenitev

Razlogi za karbonske poledenitve so najverjetneje biološke narave in so povezani z evolucijo rastlin in njihovim osvajanjem kopnega.

Količina kisika je v atmosferi narastla na 35%, medtem ko je količina CO_2 padla pod 300 ppm (kar se smatra za ledenodobo vrednost).

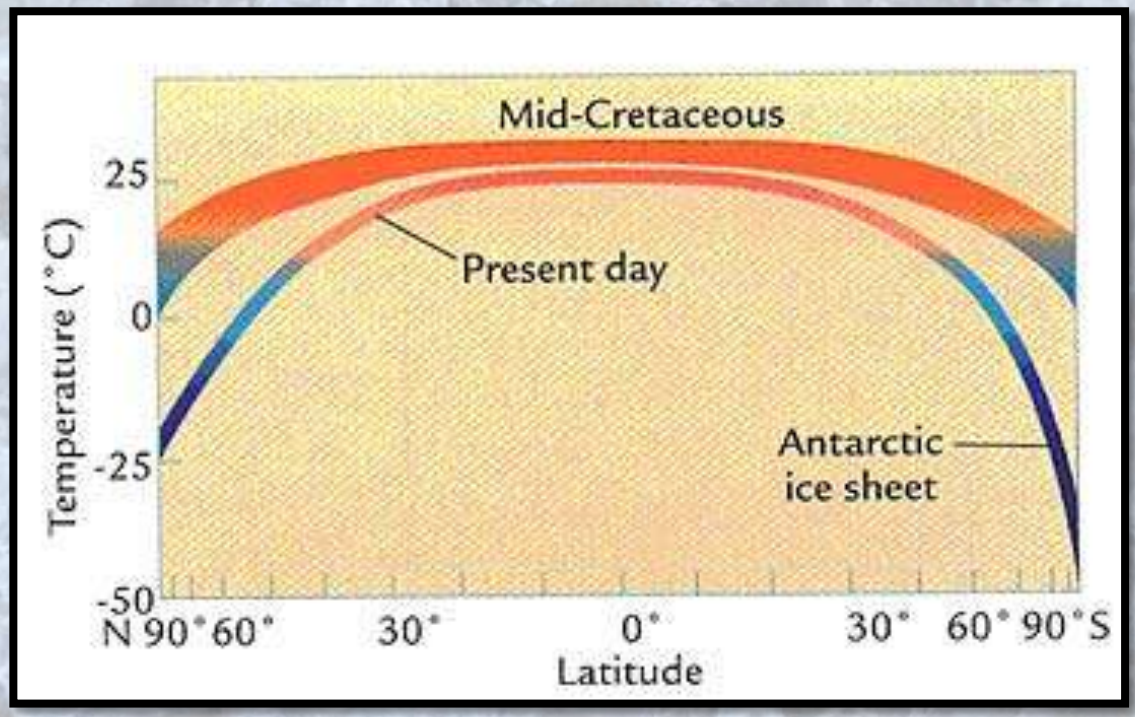
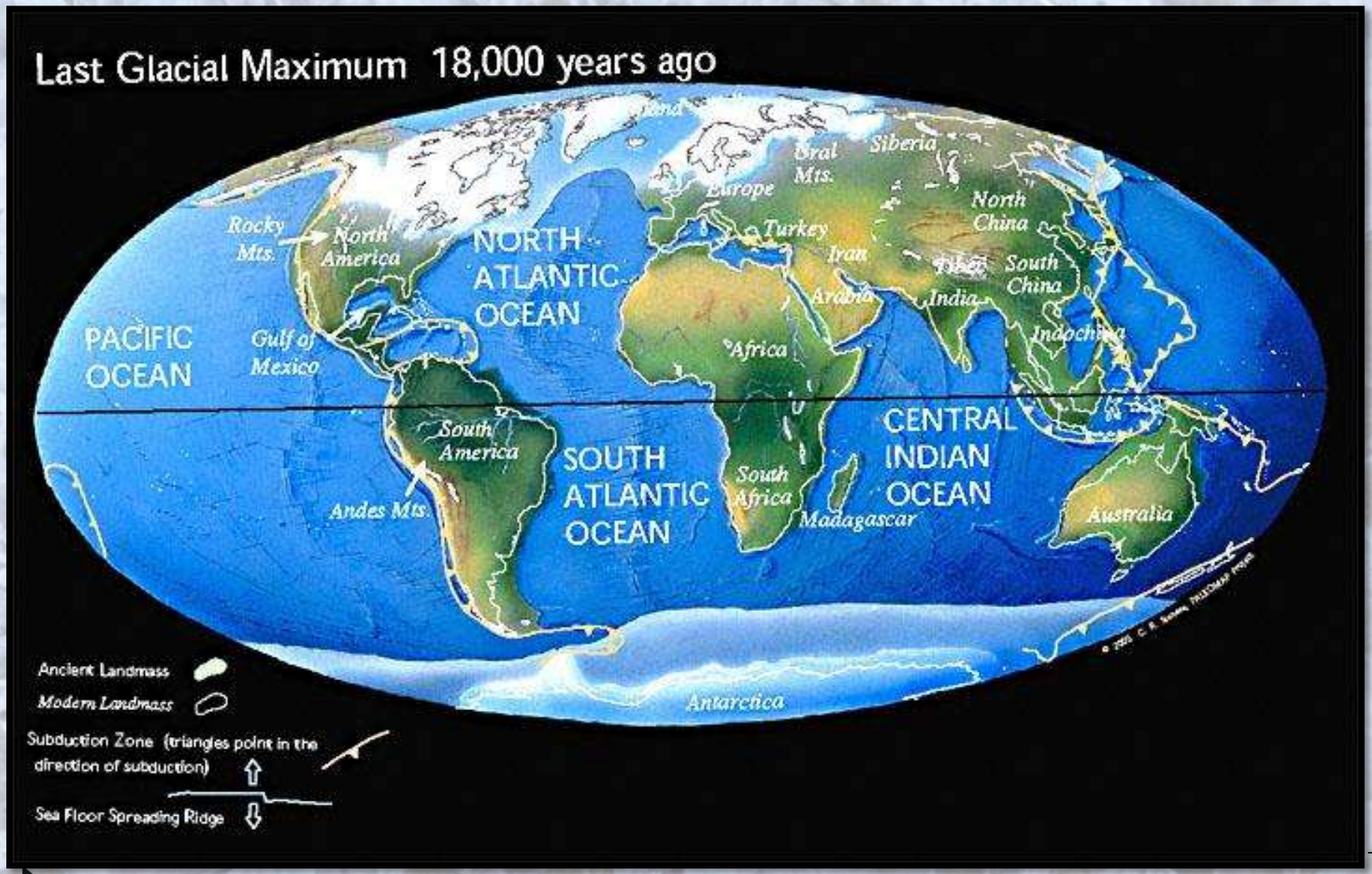
Prav tako se je veliko organske snovi zaklenilo v obsežne premogovne horizonte in umaknilo iz ogljikovega cikla. Ta redukcija CO_2 naj bi bila dovolj močna, da povzročila hladnejša poletja v katerih se sneg ni več stopil.

Sledil je pozitiven efekt zaradi povečanega albeda in….

KVARTARNE POLEDENITVE

Obdobje pleistocenskih poledenitev predstavlja višek klimatskih sprememb, ki so se začele že prej v kenozoiku.

V kredi in paleogenu je bila Zemlja brez ledenih pokrovov, povprečna letna temperatura je bila za okoli 10^0C višja od današnje, značilna pa je tudi posebnost: med poli in ekvatorjem ni bilo bistvenih razlik v temperaturi (le okoli nekaj ^{0}C).



KVARTARNA POLEDENITEV