

## ***Vlivy geografických podmínek***

K medicínsky významným faktorům patří především tyto geografické vlivy:

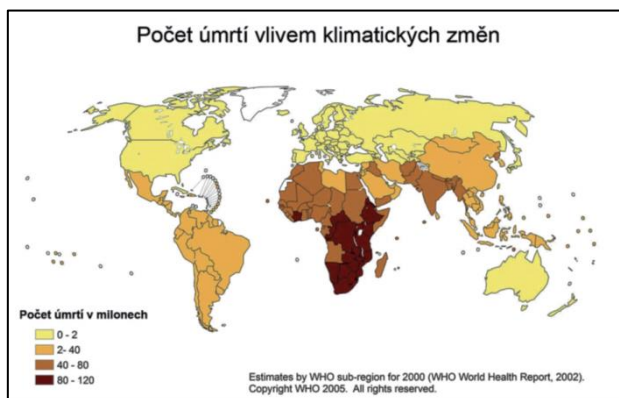
- zeměpisné souřadnice vymezující klimatická pásma (tropické, subtropické, mírné, chladné).
- nadmořská výška (pokles atmosférického tlaku, vyšší intenzita slunečního záření v horských oblastech, nízká teplota). Vznikají tak projevy akutní horské nemoci (dechové obtíže, nevolnost, únava a nespavosti), bolest hlavy, bušení srdce nebo podchlazení, sněžná slepota, omrzliny. Při selhání aklimatizace v důsledku vyčerpání organismu může vzácně dojít k životu nebezpečnému stavu označovanému jako Mongeho choroba.

V dospělém věku se lidé aklimatizují nejlépe mezi 40 až 50 lety. Trvalá aklimatizace se však nerozvine nad výškou 6 000 metrů a ani ve výšce 5 000 metrů nemůže člověk žít trvale. Všechny malé děti do jednoho roku na této výšce umírají pravděpodobně na akutní distressový syndrom. U dospělých i aklimatizovaných jedinců může dojít při nadměrné zátěži k akutnímu výškovému otoku plic. Vzniká celkově areaktivní stav, mizí reakce na infekci, klesá tepová frekvence a tělesná teplota. Jde o kritický stav, ve kterém postižený obvykle rychle, tiše a klidně umírá.

Lidé žijící trvale ve velehorách jsou aklimatizováni dědičně. V této populaci se vyvíjí typ nevelkého vzrůstu s rozšířeným hrudníkem, s trvale zvýšeným počtem červených krvinek (neklesá ani po dlouhodobém pobytu v nížině a nedochází u nich k obvyklým degenerativním změnám odpovídajícím věku; hypertenze a postižení koronárních cév s infarktem jsou relativně vzácné).

## ***Vlivy klimatu***

Lidstvo ohrožují zejména náhlé změny klimatických podmínek, výkyvy teploty (ochlazení, anomální vedra) a prudké větry, ničivé bouře, hurikány, cyklony a tornáda.



Obr. 25: Počet úmrtí vlivem klimatických změn.

## **Klimatické změny**

### *Klimatické změny v geologické historii*

V geologické historii Země se cyklicky opakují období (řádově stovky milionů let), která jsou v anglicky psané literatuře označována termíny „greenhouse“ a „icehouse“, což je možné přeložit jako období skleníková a ledová. V teplých skleníkových obdobích se výrazně oteplovalo (se všemi souvisejícími důsledky), naopak v ledových se Země pokrývala velkými ledovými štíty o síle 2 až 5 km a hladiny oceánů klesaly. Dnes se nacházíme v období ledovém, i když je registrováno globální oteplování. Před cca 900 miliony lety např. začalo období 300 milionů let, kdy ledovce mohly existovat i v oblastech blízko rovníků a život byl reprezentován především bakteriemi a řasami. V dobách prahistorie Země totiž v atmosféře nebylo dostatek skleníkových plynů, takže se sluneční záření odráželo do okolí (při malé absorpci). Odhaduje se, že bez skleníkových plynů by byla průměrná teplota povrchu planety v dnešní době  $-18^{\circ}\text{C}$ . Navíc rozsáhlé ledové štíty zvyšovaly odrazivost sluneční energie. Předpokládá se, že toto období skončilo díky vulkanické činnosti, která způsobila obohacení atmosféry skleníkovými plyny ( $\text{CO}_2$  ad.).

Po skončení tohoto superledového období před cca 540 miliony let (počátkem prvohor) nastartoval ve světových oceánech rozvoj nových organizmů, např. láchovců, měkkýšů a členovců. Další nové organizmy produkovaly kyslík a měnily tím i složení atmosféry. V karbonu a permu (před 350 až 240 miliony let) došlo k zalednění hlavně na kontinentech blízko jižního pólu.



Obr. 26: Maximální rozšíření kontinentálního a horského zalednění (tmavé plochy) v Evropě před cca 450 tisíci lety.

V následujících druhohorách působil naopak rostoucí skleníkový efekt s postupným navýšením mořských hladin až o 250 metrů nad dnešní úroveň. Nebyl to však zjevně jediný faktor navýšení mořských hladin, neboť pokud by roztály všechny současné ledovce, hladina moří by stoupla "jen" o 70 metrů. Uplatnit se mohl vliv vyklenutí oceánské kůry, na něhož mj. navazovalo i zvýšené vypařování vody; vodní pára tak, jako jeden z nejagresivnějších skleníkových plynů, urychlila proces oteplování. Mladší druhohory jsou proto typickým obdobím (i obřích) plazů vlivem příznivých podmínek druhohorního skleníku. Počátkem třetihor před 65 miliony let začalo postupné ochlazování, zřejmě zejména následkem pohybu litosférických desek s kontinenty s pokračujícím rozeviráním nových oceánů – např. Atlantského. Postupně zanikla mělká druhohorní kontinentální moře. Změnil se též systém oceánské proudění a tudíž i odpovídající přenos tepla. Třetihorní ledové období vyvrcholilo střídáním dob ledových (glaciálů) a meziledových (interglaciálů) ve čtvrtohorách, tj. v průběhu posledních 2,6 milionu let naší planety.

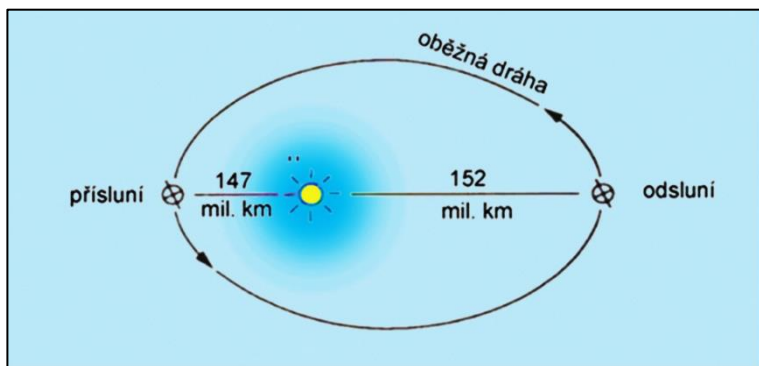
### *Příčiny klimatických změn ve čtvrtohorách*

#### Dlouhodobé klimatické periody

V 18. stol. neušlo pozornosti geologů v Anglii a v dalších severských zemích, že na jejich území jsou uloženy sedimenty s valouny a balvany hornin, pocházejících z končin vzdálených stovky, někdy i tisíce kilometrů. Uvažovalo se o důsledku eventuální rozsáhlé potopy (vzniku tzv. diluviálních sedimentů). V roce 1833 Charles Lyell předpokládal, že horniny byly transportovány zamrzlé v ledových horách, plujících po mořské hladině, a po jejich roztátí se uložily. U nás (např. dle J. Krejčího) se vyskytují na severní Moravě a severu Čech.

Ve třicátých letech 19. stol. přišel Švýcar Louis Agassiz, původně zoolog, s odvážnou myšlenkou, že ve čtvrtohorách byly rozsáhlé části severní Evropy a severoamerického kontinentu zakryty kontinentálním ledovcem, který poté, co roztál, po sobě zanechal zmíněné záhadné sedimenty. Toto chladné období nazval Johann Wolfgang Goethe dobou ledovou. Před koncem 19. stol. a dále následovaly nálezy obdobných sedimentů v severní Americe, a dále pak sedimentů zalednění Alp. V podhůří Alp se podařilo (Penck a Brückner) identifikovat ledovcové uloženiny čtyř ledových dob, které pojmenovali podle řek Günz, Mindel, Riss a Würm. Později byla přidána ještě jedna starší doba ledová - Donau. Vznikl tak středoevropský systém členění čtvrtohor na doby ledové a meziledové, který je používán dodnes.

Zároveň s doklady o dobách ledových se objevují snahy vysvětlit příčiny změn klimatu. První, kdo vyslovil názor, že změny klimatu ve čtvrtohorách souvisí s variacemi přijímané sluneční energie, byl v r. 1842 francouzský matematik Joseph Adhemar. Tuto představu rozšířil ve druhé polovině 19. stol. skotský přírodovědec James Croll. Teorii počátkem minulého století upřesnil a matematicky rozpracoval srbský matematik Milutin Milankovič. Vyšel ze známého faktu, že Země obíhá kolem Slunce po mírně eliptické dráze. Nejbližší pozice u Slunce se nazývá přísluní (perihélium) a nastává 3. ledna. V přísluní se Země díky gravitaci Slunce pohybuje po oběžné dráze rychleji. Pozice nejvzdálenější od Slunce je označován jako odsluní (aphélium) a nastává 5. července. Země se zde pohybuje o něco pomaleji. K tomu, aby naše planeta stihla oběhnout kolem Slunce za jeden rok, musí na oběžné dráze urazit za každou sekundu v průměru 30 km, což představuje rychlost více jak 100 000 km za hodinu.



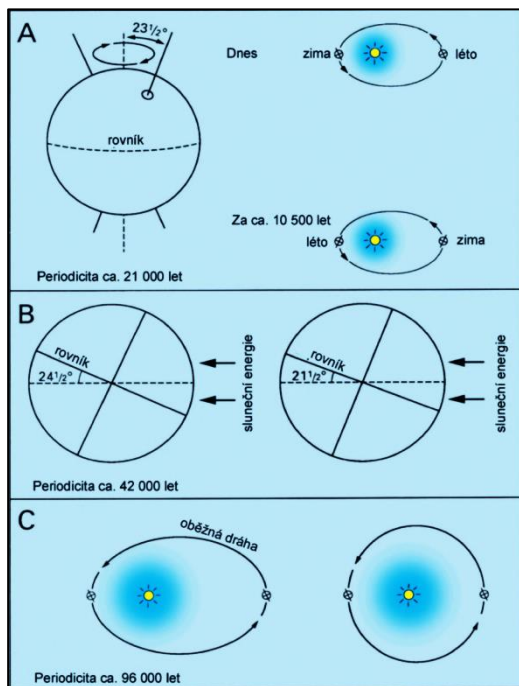
Obr. 27: Oběžná dráha Země kolem Slunce.

Milutin Milankovič stanovil tři základní cykly, vznikající díky měnící se pozici Země vůči Slunci. Cykly řídí množství sluneční energie, přijímané zemským povrchem mezi 60. a 75. stupněm severní zeměpisné šířky, tj. v místech, kde se v dobách ledových začínají tvořit kontinentální ledovce. Důležitým momentem je náklon zemské osy rotace, což způsobuje mírně excentrické umístění Země v rovině oběžné dráhy kolem Slunce (ekliptice). Naše planeta je také v důsledku rotace kolem vlastní osy mírně zploštělá. Průměr v rovině rovníku je o 20 km větší, než průměr v rovině pólů. Tyto faktory společně s gravitačním působením Měsíce, Slunce a velkých planet sluneční soustavy způsobují pomalé kolébatvé pohyby Země ve vesmírném prostoru a změny tvaru oběžné dráhy Země, které mají quasi-periodický charakter.

Nejkratší Milankovičův cyklus trvá v průměru 21 tisíc let a spočívá v pohybu osy rotace Země po plášti kuželu. Tento jev se nazývá precese zemské osy a má na svědomí rozdíly v množství přijímané sluneční energie na severní a na jižní polokouli. Dnes máme na severní polokouli zimu v době, kdy je Země v přisluní. Naše zimy jsou proto relativně teplejší. Avšak před 10,5 tisíci roky byla severní polokoule v důsledku precese v odsluní právě v období zimy. Naše končiny přijímaly málo sluneční energie z důvodu odsluní umocněného ještě odkloněním od naší hvězdy. Není náhodou, že v tomto období nastala výrazně studená oscilace poslední doby ledové, označovaná jako mladší dryas. Sezonní kontrasty jsou největší, když je léto na severní polokouli v přisluní a zima v odsluní. Celkové roční množství tepla přijaté naší planetou se však nemění.

Druhý Milankovičův cyklus je dlouhý 42 tisíc let a dochází při něm ke změně úhlu mezi zemským rovníkem a ekliptikou. Velikost úhlu kolísá mezi 21,5° a 24,5°. Následkem je zvětšování nebo zmenšování množství přijímané sluneční energie ve vysokých zeměpisných šířkách, kde v dobách ledových vznikají kontinentální ledovce. Mění se také teplotní gradient mezi tropy a polárními oblastmi. V současné době se úhel mezi zemským rovníkem a ekliptikou zvětšuje každým rokem o 0,5 úhlové minuty. To, že k tomu skutečně dochází, je jednoznačně doloženo z Tchaj-wanu. Zde byl v roce 1908 u města Jia-Yi vztyčen monument na místě obratníku Raka. Díky současnému zvětšování úhlu mezi rovníkem a ekliptikou se dnes obratník Raka nachází o 1,3 km jižněji než monument. Vzdálenost se bude zvětšovat ještě dalších 9 300 let až na konečných 90 km. Poté se začne obratník vracet zpátky k severu.

Třetí, nejdelší Milankovičův cyklus, trvá zhruba 96 tisíc let a spočívá ve změně tvaru oběžné dráhy Země kolem Slunce z mírně eliptické na kruhovou. Jedná se o tzv. excentricitu. Je-li dráha maximálně eliptická, dosahuje celkový rozdíl v množství přijaté sluneční energie na kontinentech mezi přísluním a odslním až 27 %. Roční variace v oslunění jsou pak 4× větší, než je tomu dnes. Jelikož se kontinenty ochlazují rychleji než oceán, je snížení teploty patrné více na severní polokouli, kde je soustředěna větší kontinentální hmota. Proto tady při deficitu sluneční energie začínají vznikat ledovcové štíty.



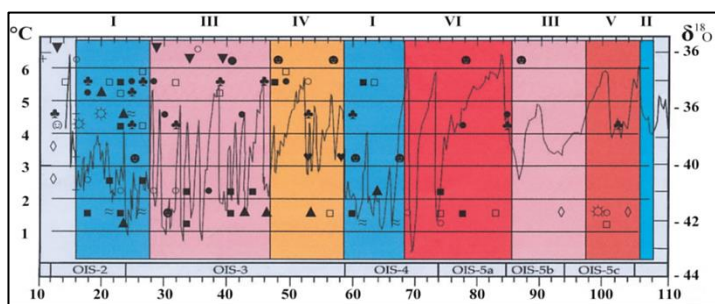
Obr. 28: Milankovičovy cykly.

K dalšímu ochlazování přispívají i tzv. zpětné vazby. Například rozšiřování plochy ledovce zvyšuje albedo, čímž dochází ke snižování přijímané sluneční energie v zaledněném území. Ale také nárůst tloušťky ledovce způsobuje snížení teploty o  $6^\circ\text{C}$  na každý kilometr mocnosti ledu. Dalším významným faktorem je rozšiřování ploch bez vegetace během ochlazení na počátku doby ledové, což má za následek zvýšenou produkci prachu z obnaženého povrchu. V období glaciálu byla ve vyšších zeměpisných šířkách 10× vyšší prašnost než dnes, nad Grónskem dokonce až 70× vyšší. Dokládá to koncentrace prachových částic v grónském ledovci. Prach je také větrem a řekami odnášen do oceánů, kde slouží jako příspěvek výživy mořského planktonu. Větší množství mořských mikroorganismů spotřebuje více kyslíčnicku uhličitého a tím dochází k poklesu koncentrace tohoto skleníkového plynu v atmosféře a k urychlení

dalšího ochlazování. Při postupném poklesu teploty neroztaje na kontinentech během léta v zeměpisných šířkách 60° až 75° všechny sníh a jeho plocha se tak postupně zvětšuje. Tento proces trvá mnoho tisíc let a končí vytvořením ledovcových štítů o rozloze milionů km<sup>2</sup>.

Dnes víme, že existují ještě delší cykly spojené s excentricitou, trvající 0,412; 1,3; 2 a 3,5 milionu let. Ve starší části čtvrtohor (před 2,6–0,8 milionem let) trvaly glaciální cykly zhruba 40 tisíc let v důsledku dominujícího prostředního Milankovičova cyklu. Před necelým jedním milionem let se délka glaciálních období prodloužila na 100 let a od té doby převažuje třetí nejdelší cyklus excentricity Země. O příčině této změny se stále spekuluje.

Nutno připustit, že z počátku ne všichni Milankovičovými argumentům uvěřili. Situace se však změnila v 70. letech 20. stol., kdy byla objevena velmi dobrá shoda mezi Milankovičovými cykly a variacemi poměru izotopů kyslíku v karbonátových schránkách mořských planktonních mikroorganismů, zaznamenávajících oscilace mořské hladiny ve čtvrtohorách v závislosti na klimatických změnách. Dnes většina odborníků soudí, že hlavním motorem střídání dob ledových a meziledových jsou především cykly propočítané Milutinem Milankovičem.

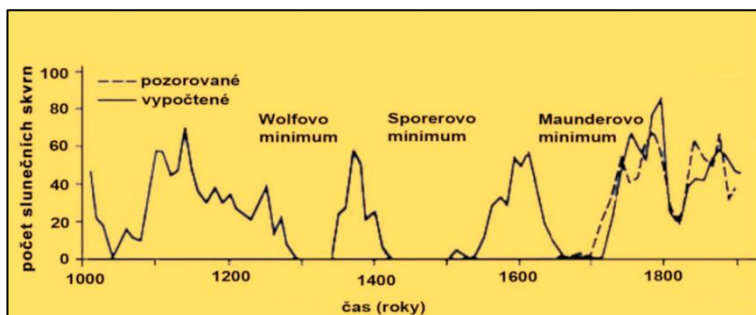


Obr.29: Teplotní změny v posledním glaciálu na základě poměru <sup>18</sup>O a <sup>16</sup>O v grónském ledovci.

### Krátkodobé klimatické periody

Začátek současné doby meziledové (označované jako holocén) byl na základě izotopů kyslíku z grónského ledovce stanoven na období před 11,5 tisíci lety. Pro střední Evropu však máme k dispozici ještě jiné záznamy s detailním ročním rozlišením. Obecně jsou takovéto záznamy, ze kterých lze nepřímo rekonstruovat klimatické podmínky, označovány jako tzv. proxy záznamy nebo proxy data. Například jezerní sedimenty nebo letokruhy stromů naznačují, že holocén začal uprostřed evropského kontinentu přibližně o 500 let později než v Grónsku. Izotopické záznamy v ledu také ukazují, že dnešní interglaciál je po klimatické stránce poměrně klidným a vyrovnaným obdobím ve srovnání s poslední dobou ledovou. Přesto lze v holocénu identifikovat oscilace klimatu dlouhé 1500 let a označované po svém objeviteli jako Bondovy cykly. Cykly byly identifikovány v hlubokomořských sedimentech a jejich příčinou jsou rozdíly v množství přijímané sluneční energie hlavně ve vysokých zeměpisných

šířkách. Z kontinentálních archivů nelze ve většině případů vyčíst tak detailní informace. Víme pouze, že ve starší části holocénu (11 až 9 tisíc let před současností) teplota v našich končinách mírně narůstala až ke klimatickému optimu (9 až 5 tisíc let před současností). Od té doby se pomalu ochlazuje hlavně v důsledku druhého Milankovičova cyklu. V případě nejmladších klimatických oscilací, kterými jsou středověké klimatické optimum (700–1300) a tzv. malá doba ledová (1350–1860) je velmi pravděpodobné, že jejich příčinami byly variace sluneční aktivity, doložené změnami počtu skvrn na Slunci a zvýšená vulkanická činnost.



Obr. 30: Variace počtu slunečních skvrn v průběhu posledního tisíciletí. Čárkované – skutečně pozorované skvrny, plnou čarou – počet skvrn konstruovaný na základě změn koncentrace izotopu  $^{14}\text{C}$  v letokruzích stromů.

Aktivita Slunce vrcholí zhruba každých 11 let a ve stejném cyklu se objevují i sluneční skvrny. Někdy se tato perioda zkrátí na 9 let, jindy se protáhne až na 14 let. Nikdo zatím nedovede tyto odchylky vysvětlit. Víme však, že tato perioda souvisí s magnetickým polem Slunce. To je jednak globální, jednak existuje řada menších magnetických polí s rozdílnou polaritou. Největší skvrny v uplynulém století byly pozorovány v r. 1947; za poslední období se skvrny objevily okolo r. 2000 a 2012.

V krátkodobém měřítku hrají vulkanické erupce důležitou roli. Během sopečné erupce se do atmosféry dostává popel a prach a velké množství kyslíčnicku siričitého. Částice popela a prachu odrážejí sluneční záření, což vede ke snížení teplot na zemském povrchu v průměru o desetiny stupňů Celsia po dobu několika let. Kyslíčnick siričitý ve vzduchu oxiduje a slučuje se s vodou přítomnou v atmosféře. Vzniká kyselina sírová, která se v podobě mikroskopických kapiček aerosolu může udržet v atmosféře i několik let. Aerosol odráží sluneční záření, čímž způsobuje ochlazení

Největší erupcí druhé poloviny 20. stol. byl výbuch filipínské sopky Pinatubo v r. 1991. Při explozi se do atmosféry dostalo 3–5 km<sup>3</sup> popela a 20 milionů tun kyslíčnicku siričitého. Sopečná událost měla za následek chladné léto r. 1992 a krátkodobé globální snížení teploty o 0,3 °C. (Naši vinaři vzpomínají na r. 1992 jako na velmi špatnou sezonu produkce vína.)

Silná a dlouho trvající erupce sopky Laki na Islandu v r. 1783 zapříčinila chladné počasí, neúrodu a hlad v Evropě, které byly ve Francii jednou z roznětek Francouzské revoluce. Podobně exploze Tambory v indonéském souostroví Malé Sundy, ke které došlo v r. 1815, a následující neúroda v Evropě vyvolaly hladové bouře v Německu a první celosvětovou pandemii cholery. Sopečná činnost v Indonésii je vůbec významná z

hlediska vlivu na klima ve čtvrtohorách. Exploze sumatránského vulkánu Toba před 71 tisícem let je považována za vůbec nejsilnější v celých čtvrtohorách. Tato událost údajně způsobila ochlazení trvající 1000 let. Ještě markantnějším důsledkem exploze je možná souvislost s výrazným globálním poklesem teplot do podmínek opravdové doby ledové (tzv. pleniglaciálu), k čemuž krátce po explozi Toby opravdu došlo. Na klima má v krátkodobém měřítku vliv také magnetické pole Země. Tyto procesy jsou však stále předmětem odborných diskuzí.

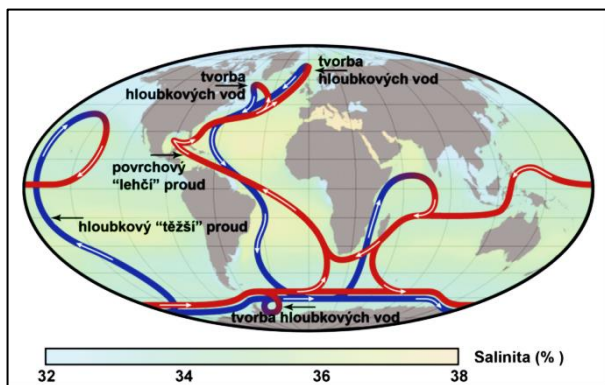
### *Záznam klimatických změn ve čtvrtohorách*

#### Vliv moří

Mořské prostředí – 2/3 povrchu naší planety; je v něm uložen záznam zejména čtvrtohorních klimatických změn.

Voda v oceánech absorbuje mnohem více tepla než kontinenty, mořské proudy ho rozvádějí. Golfský proud sahá od Karibiku do severozápadní Evropy, ohřívá v severním Atlantiku vzduch, který v důsledku rotace Země proudí nad Evropu.

Golfský proud je součástí systému proudění, propojujícího všechny oceány. Hnacímotorem celého systému je teplota mořské vody a její hustota, závislá na obsahu rozpuštěných solí. Říká se mu též "termohalinní cirkulace". V tropech se voda ohřívá a povrchově cirkuluje (ve velkých vírech v průměru několik stovek kilometrů). Teplo získává Golfský proud zčásti v tropickém pásmu Indického oceánu a zčásti v Karibské oblasti. V Severním moři odevzdává tepelnou energii atmosféře, hustota vody se zvyšuje a ta klesá do hlubin, kterými nastupuje svoji zpáteční cestu. Na povrch vystupuje uprostřed Indického oceánu a Pacifiku (částečně i Atlantiku), celkové proudění zahrnuje však též významné větve podél Antarktidy. Odhaduje se, že k celkové výměně vod dochází během 1 – 2 tisíce let.



Obr. 31: Systém termohalinní cirkulace mořských proudů. V místech, kde se noří povrchový proud do hlubin a dochází k tvorbě hlubokých vod, je uvolňována tepelná energie na principu výměníku

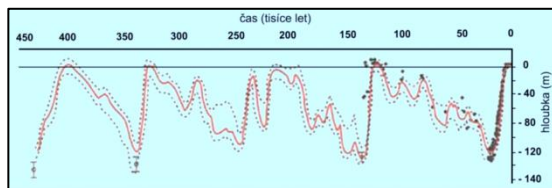
Kromě popsané cirkulace vod dochází v některých oblastech ještě k dalším periodickým projevům interakce oceánu a atmosféry. Nejznámějším takovým jevem je El Niño nebo správněji ENSO (El Niño Southern Oscillation), k němuž dochází opakovaně za 3 až 8 let v jižním Pacifiku. Jev je řízený změnami tlaku vzduchu nad Indonésií. Za normální povětrnosti je nad indonéskou oblastí tlaková níže s častými

bouřkami. Pasáty proudící nad oceánem do oblasti tlakové níže tak odtlačují vodní masu Tichého oceánu od pobřeží Jižní Ameriky. Při příchodu El Niño dojde k zeslabení pasátů a prohráté vody západního Pacifiku se přesouvají zpět k pobřeží Jižní Ameriky. Odpařující se teplá voda je zdrojem srážek, které na pobřeží Jižní Ameriky vyvolávají katastrofální záplavy a sesuvy půdy. V Austrálii a v západním Pacifiku zatím panuje suché a horké počasí. La Niña je opačnou situací, kdy dochází k zesílení pasátů a k výstupu chladných oceánských vod u Jižní Ameriky, na jejímž pobřeží je sucho. Austrálii zatím sužují anomální srážkové události.

Obavy související s Golským proudem:

Tání ledu v Arktidě a v Grónsku zvýší přísun sladké vody z ledu, která vytvoří vrstvu s menší hustotou na povrchu slané vody, a tím zpomalí popsané proudění. Mohlo by tak dojít k výraznému ochlazení Evropy, a to paradoxně v důsledku globálního oteplování. Přesvědčivé důkazy zatím o takovémto procesu nejsou, panuje však domněnka, že v nedávné minulosti k němu čas od času docházelo. Poslední takováto událost nastala patrně před 12,8 až 11,5 tisíci roky. Jedná se o poslední chladné období doby ledové – tzv. stadiál mladší dryas. V průběhu této periody je doložen pokles teplot o 5–15 °C, jak ukazují např. studie brouků, zachovaných v souvrstvích rašeliny ve Skotsku, nebo izotopy kyslíku z Grónského ledovce. Doklady o této chladné oscilaci pocházejí i z dalších částí světa.

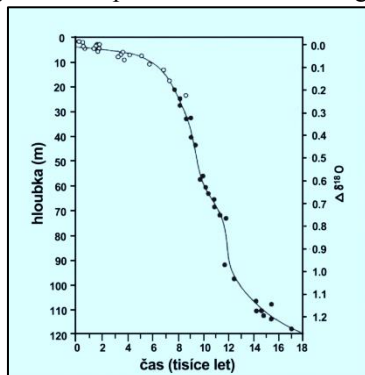
Hladiny oceánů klesaly v dobách ledových v závislosti na narůstání velkých ledovcových štítů na kontinentech. Např. v době vrcholu poslední doby ledové před 25 tisíci roky byla hladina světových moří minimálně o 120 m níže, než je tomu dnes. Při přechodu dob ledových do meziledových období kontinentální ledovce tály a hladiny oceánů stoupaly. Ukazatelem výšky hladiny moří ve čtvrtohorách jsou korálové útesy, které vznikají několik metrů pod mořskou hladinou. Jestliže se výška hladiny změní, vznikne nový útes v úrovni nové hladiny. Datováním takových sekvencí útesů lze rekonstruovat pohyby mořské hladiny v minulosti.



Obr. 32: Rekonstrukce změn úrovně mořské hladiny v průběhu posledních 450 tisíc let (čtyři glaciální cykly).

Na přelomu poslední doby ledové a současné doby meziledové nastal rychlý výzdvih hladin oceánů měl v různých oblastech světa jak katastrofální, tak blahodárné dopady. Např. Černé moře bylo do doby před sedmi a půl tisíci roky sladkovodním jezerem. V důsledku vzestupu hladin světových oceánů došlo k naplnění Středozemního moře a k přelití mořské vody úžinami Bospor a Dardanely do černomořské pánve. Tato mořská záplava měla opravdu katastrofální průběh. Hladina v Černém moři stoupala rychlostí 20 cm za den a březní linie na severu postupovala do vnitrozemí rychlostí až jeden a půl kilometru denně. Sídla lidí, která se tehdy nacházela na pobřeží jezera, nenávratně zmizela pod hladinou. Není vyloučeno, že se tato událost stala základem mýtu o potopě světa. Na druhé straně stejný vzestup hladiny Středozemního moře způsobil zhruba před 6 tisíci roky zmenšení spádu řeky Nilu, což vedlo k ukládání jemných hlinitých sedimentů v nilské deltě. Na těchto sedimentech se začalo výtečně dařit zemědělským

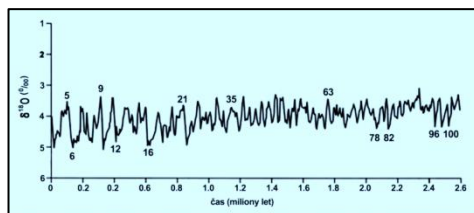
plodinám a tak geologické procesy, řízené klimatem, přispěly k rozvoji zemědělství a k urychlení vývoje předdynastické společnosti ve starém Egyptě.



Obr. 33: Výzdvih mořské hladiny na Barbadosu během přechodu posledního glaciálu do interglaciálu a v holocénu. Kolečka – korálové útesy pod mořskou hladinou radiometricky datované metodou U/Th; body – datování pomocí poměru izotopů  $^{18}\text{O}$  a  $^{16}\text{O}$ .

Současné globální oteplování vede k vzestupu mořské hladiny. Za 20. stol. činil vzestup 10 až 15 cm., v současné době je odhadován na 1 až 3 mm za rok. Souvisí to i s táním horských ledovců. Potenciálním rizikem v relativně krátké době je však antarktický ledovcový štít, který by mohl být postupným táním destabilizovaný. Mohlo by následovat tání šelfového ledu během století a roztání celého ledovce v průběhu několika staletí. Tavné vody by způsobily vzestup oceánů o 5 m. Zřejmě k obdobné situaci došlo zhruba před 100 tisíci roky během poslední doby meziledové. Jednoznačně to dokládá březní linie z této doby, zachovaná v Antarktidě ve výšce +6 m nad současnou hladinou moře. Na druhé straně je třeba poznamenat, že v poslední době antarktické ledovce vykazují přírůstky ledu, způsobené zvýšenými srážkami v důsledku většího výparu ze teplejší mořské hladiny.

Moře jsou historií i ukladištěm materiálů, mikrofosilií, planktonu atd. a spousty materiálů přinášných řekami. Sedimentační rychlost v Atlantiku je vyšší než v Tichém oceánu. Vápenité schránky planktonu přinášejí např. informace díky poměrům izotopů  $^{18}\text{O}$  a  $^{16}\text{O}$ . Ubývá-li voda v oceánech (např. s narůstáním ledovců), zvyšuje se přebytek těžšího  $^{18}\text{O}$  a naopak. Zjistilo se tak, že během 2,6 milionů let prošla Země střídáním 52 chladných a teplých období.



Obr. 34: Variace izotopů kyslíku v hlubokomořských sedimentech v průběhu posledních 2,6 milionů let.