

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životní prostředí

**Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování**



Bakalářská práce

**Vlivy globálního oteplování a znečištění prostředí na
plankton v mořích a oceánech**

Pavλίna Čápová

© 2014 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Čápková Pavlína

Vodní hospodářství

Název práce

Vlivy globálního oteplování a znečištění prostředí na plankton v mořích a oceánech

Anglický název

The effects of global warming and environmental pollution on plankton in the seas and oceans

Cíle práce

V literární rešerši popsat historický vývoj fytoplanktonu a drobných organismů v oceánech a jejich provázanost se změnami teploty, salinity a rozložení moří a oceánů na planetě. Popsat klimatické změny, které na toto mají vliv.

Metodika

literární rešerše dle osnovy.

1. Úvod 2. Obecně o globálním oteplování 3. Plankton, funkce, rozdělení 4. Vývoj planktonu a drobných organismů v oceánu 5. Vliv změny klimatu na drobné organismy a plankton v oceánu 6. Závěr

Harmonogram zpracování

Do konce XI. konzultace hrubého nástinu práce, osnova

do I. 2014 hotová základní kostra práce

do III. 2014 hotovy úpravy a konečná verze práce

Rozsah textové části

30 stran

Klíčová slova

plankton, oceánské prostředí, klimatické změny

Doporučené zdroje informací

zahraniční články týkající se tématu

Archer, D., Rahmstorf, S.: The Climate Crisis. Cambridge University Press, 2010

Cronin, T. M.: Paleoclimates. Understanding climate change Past and Present. Columbia University Press, New York, 2010

Ruddiman, W.F.: Pluhy, nemoci a ropa. Galileo Praha, 2012

Vedoucí práce

Soukupová Jana, Ing.

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.
Vedoucí katedry



prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.
Děkan fakulty

V Praze dne 20.1.2014

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Jany Soukupové, Ph.D. a že jsem všechny literární zdroje a prameny, ze kterých jsem čerpala, uvedla v závěru práce.

V Praze dne 16. 4. 2014

.....

Pavčina Čáková

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí práce Ing. Janě Soukupové, Ph.D. za odbornou pomoc, ochotu a cenné rady při zpracování této bakalářské práce. Dále mé poděkování patří mé rodině a příteli za podporu, kterou mi věnovali

Abstrakt

Tato bakalářská práce dává nahlédnout do okrajových částí problematiky globálního oteplování a procesů oceánského prostředí. Jejím hlavním tématem je vliv klimatických změn na oceánský plankton. Oceány fungují jako biologické pumpy, které odebírají velkou část oxidu uhličitého z atmosféry. Postupným oteplováním oceánů dochází k zmírnění účinku mísení vod. V ohrožení se tím ocitají vodní proudy. Následkem je snížený obsah živin pro organismy. Pokles populací způsobí spotřebování menšího množství oxidu uhličitého, což vede k zesílení účinku skleníkového efektu.

Dále se práce zabývá rozdělením planktonu, pohybem a historickým vývojem fytoplanktonu a drobných organismů. Popisuje vývoj života v mořích během jednotlivých historických období, od Prekambria až po současnost.

Klíčová slova

Oceánské prostředí, plankton, změna klimatu, globální oteplování

Abstract

This work gives insight into the peripheral part of the issue of global warming and processes oceanic environment. Its main theme is the impact of climate change on oceanic plankton. Oceans act as biological pumps, which remove a large portion of carbon dioxide from the atmosphere. The gradual warming of the oceans is to mitigate the effect of mixing water. Water currents are at risk. The effect of reducing the amounts of nutrients for organisms. Decrease stocks depletion causes a smaller amount of carbon dioxide, leading to strengthening of the greenhouse effect.

Furthermore, the work deals with the distribution of plankton, movement and historical development of phytoplankton and small organisms. It describes the evolution of life in the seas during different historical periods, from the Precambrian to the present.

Keywords

Ocean environment, plankton, climate change, global warming

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Cíle práce	13
3	Globální oteplování.....	14
3.1	Obecné informace.....	14
3.2	Atmosférické změny klimatu	14
3.3	Geofyzikální změny klimatu	14
3.4	Vliv člověka	15
3.4.1	Kjótský protokol	15
3.4.2	Globální teploty.....	16
3.5	Skleníkový efekt.....	16
3.5.1	Skleníkové plyny.....	16
3.6	Snižování emisí oxidu uhličitého	17
3.7	Rekonstrukce klimatu	18
3.7.1	Mezi tyto metody se řadí například:.....	18
3.8	Budoucí vývoj klimatu	19
4	Plankton	20
4.1	Dno moří a oceánů	20
4.1.1	Supralitorál.....	21
4.1.2	Litorál.....	21
4.1.3	Sublitorál.....	21
4.1.4	Bathyál	21
4.1.5	Abysál	22
4.2	Rozdělení planktonu.....	22
4.2.1	Fytoplankton	22
4.2.2	Zooplankton	24

4.2.3	Mikroorganismy v mořské vodě	25
5	Vývoj života v mořích.....	26
5.1	Prekambrium	27
5.1.1	Archaikum.....	27
5.1.2	Proterozoikum.....	28
5.2	Prvohory (paleozoikum).....	29
5.2.1	Kambrium	29
5.2.2	Ordovik	30
5.2.3	Silur.....	31
5.2.4	Devon	32
5.2.5	Karbon.....	33
5.2.6	Perm	33
5.3	Druhohory (Mezozoikum).....	34
5.3.1	Trias.....	34
5.3.2	Jura	35
5.3.3	Křída.....	36
5.4	Třetihory.....	37
5.4.1	Paleogén	37
5.4.2	Neogén (23 – současnost)	38
5.5	Čtvrtohory (kvartér)	38
6	Vliv změny klimatu na drobné organismy a plankton v oceánu.....	39
6.1	Plankton a globální oteplování	39
6.1.1	Koloběh uhlíku.....	40
6.1.2	Dusík v oceánech	41
6.2	Změny pohybu mořské vody	42
6.2.1	Příliv a odliv	42
6.2.2	Oceánské proudy.....	44

7	Znečištění oceánů.....	54
8	Závěr	55
9	Seznam literatury a použitých zdrojů.....	57
10	Příloha	60

1 Úvod

Globální oteplování je v současné době velmi prodiskutované téma. Na globální oteplování působí mnoho jevů. Touto problematikou se zabývají stovky vědců po celém světě. Existuje mnoho domněnek a teorií. Z médií se na nás valí nespočet informací. Často se však nezakládají na pravdě nebo jsou neúplné a vytažené z kontextu.

Změny klimatu mají různé příčiny. Můžeme je rozdělit na astronomické a geofyzikální. Mezi astronomické můžeme zahrnout například kosmické katastrofy, nestejný sklon zemské osy, změny sluneční aktivity, atd. Z geofyzikálních příčin můžeme jmenovat pohyb kontinentů, atmosférickou cirkulaci a mořské proudy.

Avšak i vliv člověka je nezanedbatelný. V současné době můžeme říci, že je dosti zásadní. Je vědecky dokázáno, že lidstvo začalo klima ovlivňovat se začátkem zemědělství - vypalováním lesů, chovem domácích zvířat. Nejvíce se antropogenní vliv začal projevovat až od konce 19. století. Spalování uhlí, těžba ropy, výfukové plyny z automobilů, to vše má za následek zvyšování skleníkových plynů v atmosféře (=> zvyšování teploty). Jaký dopad na klima to bude mít, se dozvíme časem. Zatím můžeme jen odhadovat.

Lidé se touto skutečností, že člověk má výrazný vliv na globální oteplování, začínají značně zabývat a začali spolupracovat celosvětově. Nejvýznamnějším krokem jsou asi světové konference, kterých se účastní zástupci téměř z celého světa. První se konala ve Švýcarské Ženevě roku 1988 a dále pak například také v Rio de Janeiru (jedna z největších konferencí, co se kdy konaly).

Důležitý je především spolek vzniklý v roce 1988, jenž funguje dodnes. Jedná se o Mezivládní tým pro změnu klimatu (Intergovernmental Panel on Climate Change nazývaný IPCC nebo Panel). Ten vyslal první impulz ke konání oné první konference v Ženevě. Zabývá se změnou klimatu a jeho hlavním cílem je zjistit, do jaké míry člověk světové klima ovlivňuje, a jak následně tyto faktory eliminovat.

Najdou se však i tací, co tvrdí, že na globálním oteplování člověk nemá žádný podíl. Jsou to ale pouhé 3% světových klimatologů.

To jaký postoj k tomuto tématu zaujmeme, je na každém z nás samotném. Jisté je jedno, změny klimatu probíhaly a probíhat budou neustále. Otázka však zní, do jaké míry na tom lidstvo ponese svou odpovědnost.

Globální oteplování působí změny v oceánském prostředí. Má vliv na oceánské proudění, výšku hladiny moří, teplotu a salinitu vody a v neposlední řadě na oceánský ekosystém. Za posledních 40 let se populace planktonu, následkem změny teploty vody, posunuly 1000 kilometrů směrem na sever.

Oteplením oceánů dochází ke zmírnění účinku cirkulace vod. Voda se stává méně bohatá na živiny pro organismy.

2 Cíle práce

V této literární rešerši je cílem zjistit, jaký vliv má globální oteplování na oceánský plankton. Popsat průběh historického vývoje fytoplanktonu a drobných organismů v oceánu, jeho funkce, rozdělení a klimatické změny, které na něj působí. Odhalit provázanost výskytu jednotlivých druhů planktonu na změnách teploty, salinity a rozložení moří a oceánů na planetě. Popsat oceánské proudy a jeho funkce v životě planktonních organismů. Analyzovat následky znečištění oceánského prostředí a nastínit budoucí vývoj klimatu a dopad na plankton.

3 Globální oteplování

3.1 Obecné informace

Jedná se o zvyšování průměrné teploty zemské atmosféry a oceánů. V důsledku lidské činnosti je způsobeno především zvýšením obsahu skleníkových plynů v atmosféře (CO_2 , CH_4 , N_2O , . . .). Mezi největší problémy, které se na zvýšení emisí v atmosféře podílejí, patří odlesňování a spalování fosilních paliv.

Globální oteplování nezávisí však pouze na lidské činnosti. Klimatické změny na naší planetě probíhají a probíhat budou neustále. Docházelo zde ke střídání dob ledových a meziledových. Klima je ovlivňováno více faktory. Můžeme je rozdělit na atmosférické změny klimatu a geofyzikální změny klimatu.

3.2 Atmosférické změny klimatu

Do těchto změn patří například změny klimatu způsobené kosmickými katastrofami. Mezi tyto katastrofy můžeme zařadit dopad asteroidu o průměru větším než 10 kilometrů. Při dopadu na Zemi se do ovzduší dostane obrovské množství horniny, kterou silný vítr roznese kolem celého světa. Tím by se zabránilo pronikání slunečního svitu. Země by se stala temnou a zmrzlou planetou. Až by se však usadila prachová mračna, díky uvolnění kyslíčnicku uhličitého do atmosféry, stoupla by teplota díky skleníkovému efektu až o 15 °C. Dalším nebezpečím by mohl být i výbuch supernovy nacházející se až 30 světelných let od Slunce.

Velký a důležitý vliv na naši planetu má Slunce. Bez Slunce by na Zemi neexistoval život. Dochází na něm ke změnám jeho aktivity. Největší vliv mají sluneční skvrny, jakožto viditelné projevy magnetických toků na povrchu. Při větším počtu těchto skvrn vzrůstá sluneční aktivita.

3.3 Geofyzikální změny klimatu

Asi nejvýznamnější je pohyb kontinentů. Jedná se o horizontální pohyb světadílů po celé planetě a vertikální pohyb – zdvih a pokles horstev, jež mají za následek právě změnu podnebí.

Dále můžeme jmenovat vulkanismus. Stejně jako při dopadu asteroidu se do atmosféry uvolní velké množství prachových částic. Po silných výbuších následuje prudké ochlazení. Příklad můžeme najít v nedaleké minulosti. Sopka Pinatubo v roce

1991 na Filipínách po výbuchu do ovzduší vyslala 20 – 30 milionů tun SO₂ . Následně v roce 1992 tato událost způsobila pokles průměrné globální teploty na Zemi o 0,5 °C.

Do dalších faktorů geofyzikálních změn klimatu můžeme zařadit morfologické změny mořského dna, mořských proudů, nebo atmosférické cirkulace. (Soukupová, 2009)

3.4 Vliv člověka

Na globální oteplování mají tyto faktory samozřejmě významný vliv, ale podle některých studií asi šestkrát menší než hospodářský rozvoj. Aktuálně se stav CO₂ v atmosféře nachází kolem 395 ppm (Parts per milion, znamená jednu miliontinu celku). Z měření a následného modelu růstu hodnot ekvivalentu CO₂, lze předpokládat, že se jeho hodnoty vyšplhají až na 535-590 ppm a v důsledku toho stoupne světová průměrná teplota o 2,8-3,2 °C. Při katastrofickém scénáři a zvýšení průměrné teploty o 4 až 6 °C, by na Zemi došlo k vyvolání národohospodářské ztráty mnoha bilionů dolarů a měla by za následek nevratné rozsáhlé ekologické změny. Je tedy nutno, aby bylo množství ročních emisí redukováno na co možná nejnižší hodnoty a obsah CO₂ v atmosféře začal klesat.

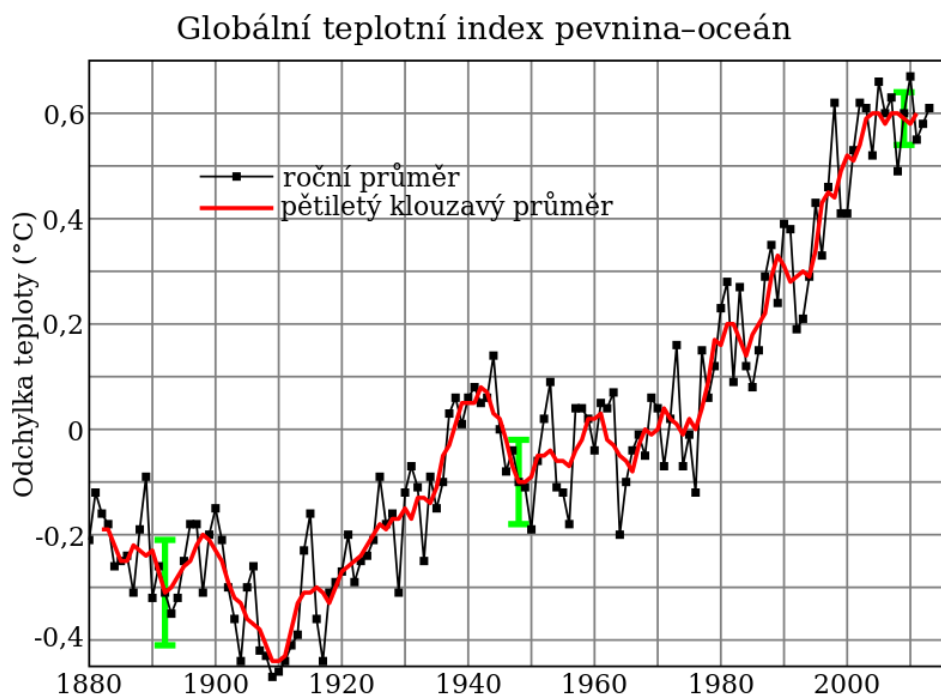
3.4.1 Kjótský protokol

Evropská unie si na základě Kjótského protokolu (Rámcová úmluva OSN o klimatických změnách) klade za cíl, snížit emise skleníkových plynů v roce 2020 oproti roku 1990 v průměru o 20%. Nejvíce se o to chce zasloužit Německo, jež má za cíl snížit své vyprodukované emise o 40%.

Nutno však dodat, že Čína a USA, jakožto největší znečišťovatelé, se podobným opatřením zarytě brání. Ve vědecké sféře se dokonce proslýchá, že velké naftové a energetické koncerny financují světové klimatické koalice, aby do světa šířily mylné informace. Z nich pak vyplývá, že člověk má na změně klimatu jen nepatrný podíl a klimatické změny téměř neovlivňuje. (Jermář, 2010)

3.4.2 Globální teploty

Na následném grafu (Graf. 1) můžeme názorně vidět, s jakou rychlostí se měnila teplota na Zemi za posledních 150 let. Černá čára ukazuje roční průměr a červená čára pětiletý klouzavý průměr



Graf. 1 : Změny střední globální teploty za posledních 133 let. (NASA)

3.5 Skleníkový efekt

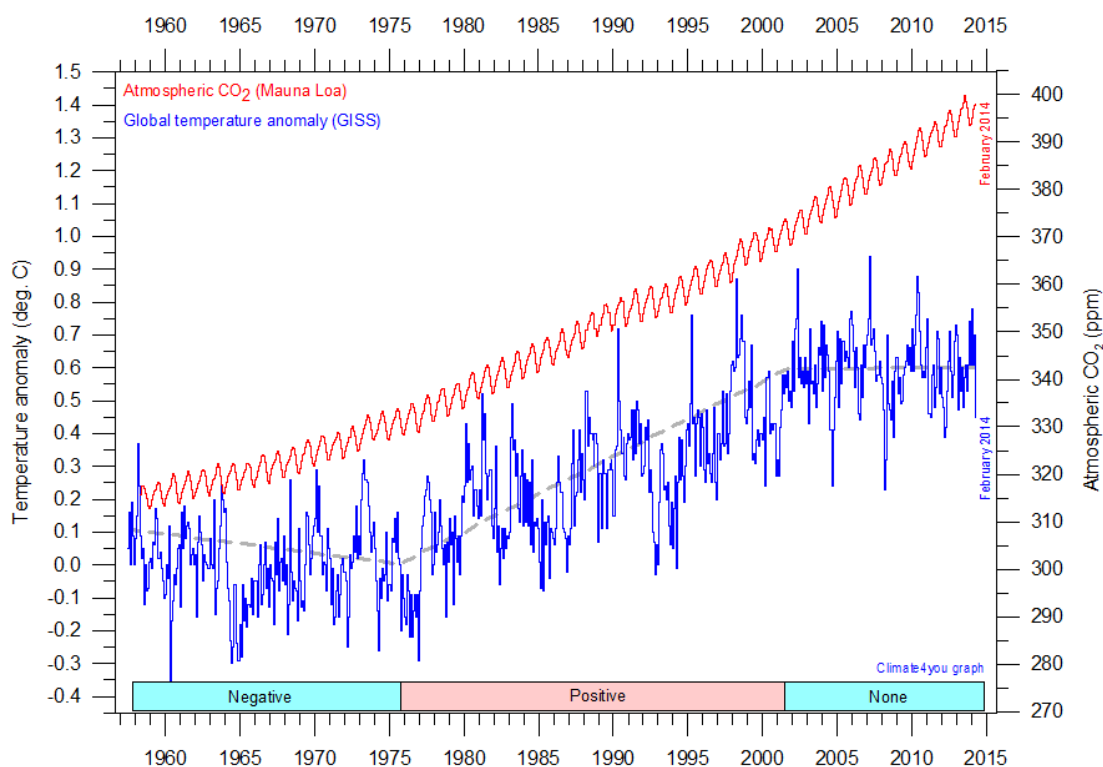
Název byl odvozen od vlastností skleněných tabulí ve skleníku. To propouští dopadající sluneční záření, podrží část unikajícího tepelného záření. Vnitřek skleníku se tak otepluje. Skleníkový efekt je mechanismus globálního oteplování. Sluneční záření pronikající atmosférou dopadá k zemskému povrchu, který je následkem tohoto děje oteplován. Energie je zpětně vysílána ve formě tepelného záření. Určitá část je však, místo vyzáření zpátky do vesmíru, absorbována molekulami skleníkových plynů. Atmosféra se tak otepluje.

3.5.1 Skleníkové plyny

Příčinou vzniku skleníkového efektu jsou skleníkové plyny. Ty jsou běžně v atmosféře přítomné. Zesílení skleníkového efektu je v poslední době způsobené lidskou činností. Do atmosféry se uvolňují skleníkové plyny, především spalováním paliv a odlesňováním.

Mezi skleníkové plyny patří oxid uhličitý CO_2 , metan CH_4 , oxid dusný N_2O , chloro-fluorované uhlovodíky CFC a ozon. Na skleníkový efekt působí plyny s nepřímým skleníkovým účinkem. Svým chemickým působením na skleníkové plyny (například metan nebo ozon), mají vliv na celkový rozsah skleníkového oteplování. Řadíme mezi ně oxid uhelnatý CO a oxidy dusíku NO a NO_2 . (Houghton, 1998)

Přirozeným faktorem, který se rovněž podílí na skleníkovém efektu, je vodní pára. V případě, že by byla jediným skleníkovým plynem v ovzduší, tvořila by ve středních zeměpisných šířkách 60 – 70% skleníkového efektu všech současných radiačně aktivních plynů (pro oxid uhličitý by hodnota byla 25%). (Kalvová, 1993)



Obr. Zvyšování oxidu uhličitého v atmosféře se změnou globálních teplot: Havaj-Mauna Loa (www.climate4you.com)

3.6 Snižování emisí oxidu uhličitého

Příspěvek antropogenních emisí, ze spalování paliv do ovzduší, se podílí na zvýšené účinnosti skleníkového efektu několika procenty v rámci veškerého obsahu oxidu uhličitého v atmosféře. Snížit množství emisí CO_2 v ovzduší se docílí zvýšením efektivity energetického systému a racionálním hospodařením s energií.

Toto opatření bude velmi drahé a obtížně použitelné v světovém měřítku. Účinek se i při takto razantním kroku projeví až za několik desetiletí. (Noskievič, 2005)

3.7 Rekonstrukce klimatu

Máme-li naměřená data za dostatečně dlouhé časové období, můžeme z nich vyčíst trendy změny klimatu. V současnosti máme k dispozici data za posledních 100-150 let. Můžeme tak pozorovat, jak se za poslední století a půl, změnily klimatické podmínky na naší planetě. Existují možnosti, jak se podívat na změny klimatu i do hluboké minulosti a to zásluhou několika metod. Jejich přesnost bohužel klesá s časem. Čím déle do historie se chceme podívat, tím jsou tyto metody méně přesné.

3.7.1 Mezi tyto metody se řadí například:

- Nálezy zbytků mikroorganismů (planktonu), jejichž zástupci se vyskytují v teplomilném nebo chladnomilném prostředí. Takovým příkladem jsou rozsivky. Plankton je tak pro rekonstrukci klimatu velmi důležitý.
- Vrtly do kontinentálních a horských ledovců
- Zjišťování obsahu stabilních izotopů kyslíku a uhlíku o biologické aktivitě a teplotě.
- Rychlost a směr vodních proudů a větrů se zjišťuje dle zrnitosti a způsobu nánosů sedimentů.
- Fungování vodních a vzdušných proudů se dozvídáme z obsahu fosforu a kadmia
- Jádrové vrtly vrtnými soupravami do oceánského dna
- Zkoumání sprašových vrstev
- Jezerní a říční sedimenty

K datování výsledků těchto jednotlivých metod se používá poločas rozpadu izotopu uhlíku C^{14} (množství radioaktivních jader se sníží za 5730 let na svou polovinu). Využívá se pro určení období v posledních 45 000 letech. Pro starší datování můžeme dále využít poločas rozpadu uranu U^{238} (poločas rozpadu 4,47 miliard let), který se postupně přeměňuje na olovo Pb^{206} . (Soukupová, 2013)

Obsah oxidu uhličitého v atmosféře se zjišťuje pomocí řady přímých i nepřímých metod. Tyto metody zahrnují množství izotopů uhlíku v oceánských

dírkovcích, rašelině, listových průduších nebo v zachycených vzduchových bublinách v ledu z dob ledových. (Cronin, 1999)

3.8 Budoucí vývoj klimatu

V budoucnu dojde k vyčerpání ekonomicky dostupných zásob ropy, zemního plynu a uhlí. Země přejde do fáze, kdy množství uvolněného oxidu uhličitého do atmosféry bude menší, než množství, které oceánský plankton dokáže CO_2 ze vzdušného obalu země odbourat. To by mělo mít za následek zmenšování obsahu tohoto skleníkového plynu v ovzduší. V oblastech velkých hloubek (okolo 4000 metrů pod hladinou) je voda více agresivní, čímž dochází k rozložení uhličitánových schránek. V těchto místech je dno pokryto hnědavou vrstvou usazenin, obsahující malé množství uhličitánu vápenatého. Naopak usazeniny bohatší na CaCO_3 (bělejší), nalezneme v menších hloubkách. Můžeme si oceánské dno představit jako hornatý terén, jehož vrcholky jsou pod sněhovou pokrývkou. Oceány by se tak díky CO_2 , vzniklého v industriální éře, staly kyselejší. To způsobí rozpouštění měkkých vápenitých usazenin (CaCO_3) uložených na dně, vzniklých ze schránek uhynulého planktonu v menších hloubkách.

Pomalým ubýváním oxidu uhličitého v atmosféře, začnou klesat globální teploty. Dosáhne-li koncentrace plynů v ovzduší přirozené hodnoty, dojde k vytvoření ledovců, například na severovýchodě Kanady. Tím by se nastartovala očekávaná doba ledová. Podle předpokladů k této změně nedojde dříve, než za několik tisíciletí.

Druhá hypotéza uvádí, že v ovzduší malá část (přibližně 15%) CO_2 , vyprodukovaného v před-industriální a industriální době, zůstane. Tím po mnoho tisíciletí nedojde k poklesu teplot na přirozenou teplotu. Ke snížení obsahu CO_2 v ovzduší nedojde ani například u metanu, z důvodu zvětšování skládek a zavlažování rýže. Díky tomu se každý rok do atmosféry dostává velké množství CH_4 , který rovněž patří mezi skleníkové plyny.

Je tedy možné, že k očekávané nové době ledové vůbec nedojde. Všechno ukáže až čas. (Ruddiman, 2005)

4 Plankton

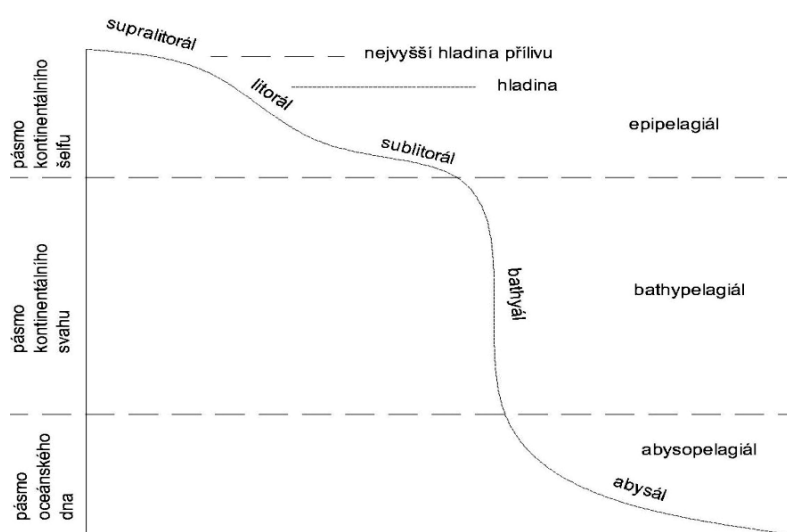
Jedná se o drobné organismy pasivně se vznášející v různých vrstvách vodního prostředí. Nezůstávají na jednom místě, ale pohybují se pomocí existence mořských a oceánských proudů. Podíl planktonu v jednotlivých částech světových oceánů není stejný. Na planetě nalezneme v oceánech místa, kde v odebíraných vzorcích nalezneme i několik stovek až tisíc organismů. Naopak existují i místa, kde téměř žádný život nenalezneme. Tropicke vody jsou pro nízké množství obsažených minerálů i rozpuštěných plynů obdobou neúrodných pouští. (Reichholf, Janke, Kremer, 1999)

Obsah planktonu ve vodě nekolísá pouze horizontálním, ale i vertikálním směrem v rámci vodního sloupce.

Plankton většinou vytváří shluky oválného tvaru o průměrné velikosti 50 x 65 kilometrů. Ty je možno pozorovat pomocí satelitů. V chladných vodách, které jsou bohaté na živiny, mají převahu rozsivky a v teplých oligotrofních vodách pak vápenatí bičíkovci. Třetí skupinu planktonních řas představují obrněnky, které jsou svými nároky mezi oběma krajními situacemi. (Pouličková, 2011)

4.1 Dno moří a oceánů

Povrch dna oceánů je rozdělen podle následujícího schématu:



Rozčlenění vodních hmot a oceánského dna

4.1.1 Supralitorál

Supralitorál se nachází v místech, kde organismy zasáhne jen malé množství vody z vln nebo prudkého přílivu.

4.1.2 Litorál

Litorálem nazýváme část u pobřeží, která se díky odlivu ocitá částečně bez vody. Nalezneme zde organismy vzdorující mechanickým silám moře a mající přizpůsobení k obojživelnému životu v moři a i při odlivu na souši. V supralitorální a litorální zóně v otevřených mořích v mírném pásmu, se nachází velké množství planktonu. Jedná se o několik set druhů mořských řas (především hnědé řasy), láčkovce, červi, měkkýše a koryše.

4.1.3 Sublitorár

Sublitorár navazující na litorál, se vyskytuje až do hloubky moře 200 metrů. Hranice mezi ním a bathyálem poznáme podle toho, kam až sahá rostlinné pásmo. Důsledkem je nedostatek slunečního světla na mořské dno, které rostliny potřebují k životu (průběh fotosyntézy). V této zóně také nalezneme početná společenstva organismů. Jelikož živočichové sublitorálu nemusí být vydáni na pospas přílivu a odlivu, nejsou vybaveny k obojživelnému životu. Druhy žijící v této zóně se tak nemohou vyskytovat v litorálu a opačně.

4.1.4 Bathyál

Bathyální zóna se rozprostírá v hlubinách oceánu v hloubce 1000 až 4000 metrů. Je poměrně chudá na potravu. Z tohoto důvodu se u hlubokomořských ryb vyvinula larvální stádia, která žijí nejdříve v mělkých vodách a teprve až v dospělosti se přemísťují do temných hlubin oceánu. V minulosti byli tito živočichové pokládáni za 3 různé nepříbuzné druhy. Nyní však víme, že se jedná o larvy, samce a samice zástupce jedné čeledi. Udržet se v tomto prostoru pomáhají organismům výstupky a výrůstky, sloužící ke snadnějšímu uchycení na povrchu nepevných usazenin. Ochranné vápnité schránky živočichů jsou v této zóně tenčí.

4.1.5 Abysál

Přechod z bathyální zóny do zóny abysální není tak jednoznačný, jako je tomu u zóny sublitorální a batyální. Rozhodujícím faktorem pro určení, o jakou zónu se jedná, je druh zde žijících živočichů. Teplota je zde trvale nízká. Množství kyseliny uhličitě obsažené v této zóně vzrůstá a prostředí tak působí zhoubně především na měkkýše. Dochází totiž k rozpouštění uhličitanu vápenatého, který tvoří jejich lastury a ulity. Některé druhy ježovek tak zcela ztratily vápnitou schránku a zůstala jim jen holá těla bez jakékoli ochrany. (Gorskij, Petr, 1964)

4.2 Rozdělení planktonu

Velké množství zástupců planktonu lze rozdělit do dvou skupin. Do první se řadí jednobuněčné a mnohobuněčné řasy a jejich rozmnožovací stádia. Nazýváme je fytoplankton. Do druhé, označené jako zooplankton, patří jednobuněční živočichové a drobní živočichové i se svými rozmnožovacími stádii.

Plankton se rovněž dělí podle velikosti na:

- Picoplankton průměr 1 μm
- Ultraplankton 5 μm
- Nannoplankton 50 μm
- Mikroplankton 500 μm
- Mesoplankton 1 μm
- Makroplankton 1 cm
- Megaloplankton přes 1 cm

Díky kvalitním výzkumným přístrojům bylo v nedávné době u skupiny ultraplanktonu a picoplanktonu objeveno mnoho nových zástupců drobných mořských organismů. Jedná se například o zelené chloroxybakterie, eukaryotické řasy, modrozelené cyanobakterie a v neposlední řadě o bezbarvé bakterie. Vyskytují se u hladiny a i v tmavých hlubinách oceánů.

4.2.1 Fytoplankton

Plankton se nenachází pouze v mořích a oceánech, ale i ve sladkých vodách (řekách, rybnících, nádržích, apod.). Rozdíl mezi nimi je především ten, že v moři bychom nenašli takové množství zástupců jednobuněčné zelené řasy, které je

druhově ve sladkých vodách velmi početně zastoupené. Ve slané vodě mají větší nadvládu hnědé a žlutohnědé pigmentované řasy. Obsahují v sobě hnědá barviva (podobné karotenu v mrkvi), která zakrývají žlutozelený chlorofyl. Mikroskopické řasy se vyskytují v moři pouze v místech, kde do něj ústí řeky. Většinou se v rostlinné formě planktonu nachází dvě významné skupiny řas. Jsou to Diatomy (křemičité řasy), třídy Bacillariophyceae a obrněnky, třídy Dinophyceae.

Křemičité řasy zaujímají z množství fytoplanktonu kolem 50 % a stávají se základem potravního řetězce. Na těle buněk se vytvářejí ochranné průhledné skořápky tvořené kyselinou křemičitou. Skořápky v moři jsou kruhového plochého tvaru, krabičkového tvaru, protáhlého jehlovitého tvaru a některé tvoří dokonce tvar podobající se houslovému pouzdru. Počet tvarů je v mořích a oceánech „nekonečný“.

Mořské řasy nejsou pevně přichyceny na dně svými kořeny, jako rostliny na pevnině. Uchycují se často na skalách četnými kořenovitými výběžky. Dojde-li k jejich odtržení, přestanou být složkou bentosu a začnou žít planktonně. Některé z nich dosahují značných rozměrů. Jmenovat můžeme třeba zástupce rodu hroznovic. Populace těchto řas se shromažďovala postupem času, účinkem vířivých proudů severního Atlantiku, a vytvořila tak nepřetržitý koberec na hladině. Tento jev je ve světě známý jako „sargasové moře“. Nalezneme ho v úseku mezi 20° - 40° severní zeměpisné šířky a od 30° zeměpisné délky k pobřeží Severní Ameriky. (Reichholf, Janke, Kremer, 1999)

V mořském prostředí nenalezneme pouze řasy. Jsou zde zastoupeny i druhy vyšších rostlin. Jedná se o skupinu krytosemenných rostlin (Angiospermophytina). Pozoruhodná je například vocha mořská - *Zostera marina*, označovaná jako mořská tráva. Objevuje se v hloubkách zhruba do 15 metrů. Se dnem je spojena pravými kořeny. Květy rostliny jsou opylovány pylovými zrny, která jsou přenášena mořskými proudy.

Jelikož u vodních rostlin probíhá fotosyntéza stejně jako u suchozemních, potřebují dostatečné množství slunečního světla. Je to způsobeno zeleným barvivem (chlorofylem), které je obsaženo u všech rostlin. Umožňuje použít světlo ke tvorbě organických sloučenin z vody a oxidu uhličitého. Z tohoto důvodu se rostliny v mořích nacházejí pouze v místech, kam dopadá sluneční svit. V temných hlubinách se vyskytují pouze živočichové, kteří se z důvodu absence vodních rostlin

přizpůsobili životu dravců nebo se živí hmotou mrtvých organismů.
(Carrington,1975)

4.2.2 Zooplankton

Mezi zástupci zooplanktonu patří vířníci, nálevníci, larvy a vajíčka různých živočichů, drobní korýši a řada jiných mnohobuněčných organismů (Gorskij, Petr, 1964). U jednotlivých druhů vznikají během jejich vývoje nezávisle na sobě značně podobná přizpůsobení. Jedná se o zabránění klesání planktonu do hlubin oceánů. Slouží k tomu dva mechanismy. První využívá lehkých molekul a iontů (jejich specifická hmotnost je nižší než specifická hmotnost vody), které mají organismy zabudovány do tělesné tekutiny nebo plazmy. Zachycují malé kapičky oleje charakteristického tvaru, čímž je zajištěna větší zásoba tuku u vyšších živočichů. Druhým způsobem udržení se v určité hloubce, jsou nejrozmanitější dlouhé výrůstky, končetiny nebo různé jiné útvary výrazně zvětšené a rozčleněné. Nadlehčují jejich těla a tím zpomalují klesání. Některé rozježené výrůstky slouží organismům k jejich ochraně před nepřáteli. Jde o dlouhé ostny, které rovněž umožňují živočichům být ve vodě neviditelní.

Tyto organismy jsou na rozdíl od fytoplanktonu méně pigmentované. S krevními barvivy, hemoglobinem a modrozeleným hemocyaninem se u živočišného planktonu nesetkáme právě z důvodu ochrany. Výjimku tvoří oční pigment. Zraková orientace je pro život ve volných vrstvách vody velmi důležitá. Využívají ji především k nalezení potravy.

Těla planktonních živočichů obsahují značnou část vody. Příkladem mohou být velké medúzy jako talířovka ušatá, v jejímž těle je podíl vody zastoupen 98%.
Rozdělení zooplanktonu:

- Holoplankton
- Meroplankton (méros = zčásti)

4.2.2.1 *Holoplankton*

Vznikl z řeckého slova hóros (v překladu = zcela). Do této skupiny zahrnujeme živočišné druhy, které se vyskytují v planktonním stádiu po celý život volně se vznášející v moři a šířeny pouze pomocí vodních proudů.

4.2.2.2 *Meroplankton*

Pochází z řeckého slova méros (v překladu = zčásti). Na rozdíl od zástupců holoplanktonu, žijí druhy meroplanktonu v planktonním období pouze určitou část svého života. Obvykle jde o larvy, či dospělá rozmnožovací stádia, které se nechávají unášet oceánskými proudy. Tento druh zooplanktonu je charakteristickou složkou příbřežního planktonu. (Wendler, 1999)

4.2.3 Mikroorganismy v mořské vodě

Vyskytují se prakticky ve všech oblastech a hloubkách. V 1 ml vody se počet buněk pohybuje mezi 10^0 - 10^6 . Nejvíce zastoupení jsou v pobřežních pásmech, z důvodu největší koncentrace živin. Snižuje se postupně se vzdáleností a rovněž s hloubkou. V mořské vodě se vyskytují psychrofilní a halotolerantní bakterie. Tvoří součást fytoplanktonu. Zástupci mořských bakterií jsou *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Vibrio*, *Flavobacterium* a *Alcaligenes*. Na širém oceánu bychom pak našli bakterie *G.* Pro zástupce rodu *Photobacterium* je typická bioluminiscence.

Z ekologického hlediska je důležitá svrchní vrstva vod. Osídlují ji fotosyntetizující mikroorganismy, jež jsou primárními producenty organické hmoty. Mikroorganismy se podílejí na změnách, které jsou nutné pro zachování kontinuity celkového života moří a oceánů. Slouží k disimilaci (rozklad organických látek na anorganické v organismech) nebo mineralizaci organické hmoty. (Němec, 1986)

5 Vývoj života v mořích

Zrod života ve světových mořích a oceánech je nejasný a existují zde čtyři možné hypotézy.

1. Vesmír je nekonečný a vždy se v něm nacházely živé buňky. Mikroorganismy se usazovaly na hvězdách ochlazených na teplotu vhodnou pro život. Putují tak od hvězdy ke hvězdě s pohonem světelného záření.
2. Životu na Zemi daly podnět nadpřirozené síly. Na tomto tvrzení jsou postavena všechna náboženství a mytologie.
3. Život vznikl náhodně a je považován jako velmi nepravděpodobný jev. Je založen na daných zákonitostech (je k dispozici dostatečné množství látek určitého typu po potřebnou dobu).
4. Za vznik života může elektrický výboj. Vychází z pokusu, při kterém mohutný elektrický výboj procházel směsí vodních par a plynů, které s velkou pravděpodobností bylo toto prostředí součástí pravěkého ovzduší Země. Po týdnu bylo zjištěno, že ve směsi se nalézá řada organických sloučenin včetně aminokyselin.

Moře je nejrozsáhlejší a nejvíce proměnlivé biologické prostředí na Zemi. Proto také vznikl život nejdříve v mořích a až po nějakém čase evoluce dovolila některým živočichům vystoupit na pevninu. (Carrington, 1975)

K určování stáří hornin nám slouží zkameněliny. Vyskytují se v usazených horninách, vyvřelých horninách a přeměněných horninách. Charakteristické pro usazené horniny jsou vrstvy. Některé bývají fosíliemi přeplněny, jiné ne. Pro zachování odumřelých živočichů a rostlin musí na planetě panovat řada příznivých podmínek. (Ziegler, 2002)

Plankton v minulosti byl a nadále bude nepostradatelnou součástí moří a oceánů. V oceánském prostředí stojí na počátku potravního řetězce. Živí se jím mnoho vodních živočichů (např. bezobratlý živočichové). Rozložení planktonu na planetě je závislé na rozmístění pevnin a k nim přilehlých moří. Moře jsou na plankton nejbohatší, s rostoucí hloubkou oceánů množství planktonu klesá.

5.1 Prekambrium

(od vzniku Země – 545 miliónů let)

Stáří Země je odhadováno na 4,7 miliard let. Po přibližně 88% z tohoto času na planetě neexistoval téměř žádný život. Toto období je souhrnně nazýváno jako Prekambrium. Jedná se o archaikum a proterozoikum.

5.1.1 Archaikum

(4 – 2,5 miliardy let)

Archaikum bývá označováno jako „období velkého bombardování“. Na jeho konci významné okysličení atmosféry.

5.1.1.1 *Postavení kontinentů a oceánů archaika*

O postavení kontinentů toho není moc známo. Začaly se pravděpodobně vytvářet před 3 miliardami let, kdy se utvářely pevniny ve větším rozsahu. První kontinent Ur se mohl vyskytovat ve vyšších zeměpisných šířkách, druhý kontinent Arktika naopak v nižších.

5.1.1.2 *Život v mořích a oceánech archaika*

Dochovalo se jen pár zkamenělin. První fosílie pocházejí z jihoafrických silicitů a jejich stáří je odhadováno na 3,4 miliard let. Jsou velké jen několik tisíc milimetrů a podobají se dnešním bakteriím. Obsahovaly v sobě pouze prokaryotické buňky. V současnosti se vyskytující pouze v zelených řasách a bakteriích. Potravu přijímaly přes buněčné stěny. Obsah živin ve vodách a v atmosféře (metan, oxid uhličitý, amoniak) se tak začal postupně snižovat. Na to však organismy zareagovaly vyráběním vlastní obživy. Začaly využívat fotosyntézu a vyrábět si tak cukry díky působení slunečního záření. Na scénu se dostávají 1,7 miliardy let po vzniku Země. Šlo o zástupce modrozelených řas. Do tohoto období se datují i nálezy sinic, patřící k prvním zástupcům oceánského planktonu, a stromatolitů vytvářejících výrazně zvlněné vrstvy. (Prehistorie, 2010) Na konci archaika sinice produkovaly takové množství kyslíku, že se začal uvolňovat do atmosféry. Prvotní organismy, které byly zvyklé na anaerobní prostředí, začali ustupovat do míst bez kyslíku, nebo vymřely. (Ziegler, 2002)

5.1.2 Proterozoikum

(2500 – 542 milionů let)

K bakteriím a archebakteriím se připojili primitivní živočichové a rostliny.

5.1.2.1 *Postavení kontinentů a oceánů proterozoika*

Probíhal vznik a rozpad různých kontinentů. Kontinent Ur se průběžně rozrůstal. Obsahoval části současného Zimbabwe, severní Indii a Yilgarnský blok Západní Austrálie. K Arktice se připojovaly další pevninské bloky, které společně vytvořily kontinent Nena. Vznikl také třetí kontinent Atlantika, k němuž se posléze připojil Tanzanský blok. Tyto tři kontinenty se spojily do jednoho velkého kontinentu Kolumbia. Ten se po čase rozpadl. Následným spojením menších pevnin se vytvořil superkontinent Rodinie. Oceán Panthalassa se začal rozevírat a Rodinie se tak po 300 milionech let od jejího vzniku rozpadla. Dalším spojením vznikl superkontinent Pannotie.

5.1.2.2 *Život v mořích a oceánech proterozoika*

První eukaryota se vyvinula teprve před 2 miliardami let. Kyslík se začal hromadit v atmosféře a hydrosféře před necelou miliardou let. Důkazem jsou nalezené zkameněliny prokaryot v Austrálii. Z tohoto období pocházejí první mnohobuněčné organismy, které se postupně vyvíjely na organismy s měkkým tělem. Jednalo se pravděpodobně o medúzy, červy, koráli nebo například o primitivní artropody. Z této doby pocházejí rovněž i stromatoliti. Jde o hlízkovitou vápnitou usazeninu bochníkového tvaru. Tvořili je první fotosyntetizující mikroorganismy, které měly velký podíl na obohacování atmosféry kyslíkem. Jejich buňky neměly jádra a rozmnožovaly se nepohlavně. Před 1500 miliony lety se vyvinula první strukturně úplná eukaryota a to pravděpodobně živočišné houby. V období před 1100 miliony lety se na naší planetě nacházely nejstarší obrněnky (nejstarší jednobuněčné eukaryotní mikroorganismy s panožkami), před milionem let pak první řasy z třídy různobrvky a první protozoa (nefotosyntetizující eukaryota). Mezi zkamenělinami byly nalezeny rovněž zástupci spriggina. Jednalo se o článkovité živočichy. Čím spriggina byla je předmětem diskuzí. Mohlo jít o mořského mnohoštětinatého červa či prvotního trilobita, čemuž nasvědčují trny na hlavě, podobné lícím trnům trilobitů.

5.2 Prvohory (paleozoikum)

5.2.1 Kambrium

(542-488 milionů let)

Rychlý pohyb litosférických desek, vzestup diverzity v živočišné říši, vytvoření pevných schránek. Ke kambrické evoluční explozi přispěla změna chemického složení oceánů, větší diverzita planktonních druhů nebo působení predátorů.

5.2.1.1 Postavení kontinentů a oceánů kambria

Geologické procesy daly vzniknout velkému pra-kontinentu Gondwana a několika menším ostrovům. Gondwana zahrnovala část dnešní Jižní Ameriky, Afriky, Madagaskaru, Indie, Austrálie a Antarktidy. Mezi Laurentií (dnešní Severní Amerika), Baltikou (severní Evropa) a Sibiří (Sibiř) se rozpínal nový oceán Iapetus. Na sever od Laurentie se nacházel oceán Panthalassa. Laurentie se z jižního pólu k rovníku přesouvala poměrně rychle. Gondwana se vlivem pohybu litosférických desek otočila o 90°.

5.2.1.2 Život v mořích a oceánech kambria

Živé organismy se nejvíce rozvíjely v teplých mělkých mořích. Početný výskyt zástupců živočichů s křemičitými schránkami, jako byli živočišné houby, koráli, měkkýši, ramenonožci, ostnokožci a členovci. Nejznámějšími a nejběžnějšími nalézánými fosíliemi z tohoto období jsou trilobiti. Zaujímalí 60 % všech živočichů obývajících mořské dno. *Protocoelodonta* měli podobné čelisti jako dravé ploutvenky. Rozšířili se po celém světě. Přinutili ostatní skupiny díky svým hrozným čelistem vytvořit si ochranné schránky. *Malá lasturovitá fauna* se vyskytovala na mořském dně, dokud se neobjevili trilobiti a jiní mrchožrouti. Trubičkovitý tvar schránek připomíná brčka. Mikroměkkýši se objevili na začátku kambria. Někteří z nich vypadali jako škeble nebo hlemýžď. Mikročlenovci se rozvinuli explozivně. Zanechali po sobě fosfatizované zbytky končetin, žaber nebo měkkých částí těl. Archeocytati jsou vymřelé organismy, které se řadí k živočišným houbám. Linguliformní ramenonožci mají dvouchlopňovou schránku a svalnatý stvol k uchycení i pohybu. Ostnokožci tvořili podstatnou část kambrické evoluční fauny. Trilobiti patřili do členovců s typicky trojlaločnou mineralizovanou schránkou a složenými očima. Udrželi se až do permu. Bezlebeční si zachovávali strunu hřbetní

až do dospělosti. Postrádali páteř. Myllokunmingidi měli dobře rozlišenou hlavu a strukturu, která podpírala žaberní šterbinu. Kopinatci byli podobní dlouhým listům

5.2.2 Ordovik

(488-444 milionů let)

Kambrická fauna byla nahrazena různorodějšími společenstvy. Teploty byly poměrně vysoké. Způsobil to vysoký obsah CO₂ v atmosféře. Ke snížení došlo až při vstoupení do chladné klimatické fáze.

5.2.2.1 *Postavení kontinentů a moří ordoviku*

Pevniny byly obklopeny mělkými moři s relativně plochým dnem. Na Zemi se nacházely 4 kontinenty: Gondwana, Laurentia, Baltika a Siberia. Siberia se posunula z jižní polokoule na sever směrem k Laurentii. Ta ležela v oblastech rovníku. Gondwana se otáčela ve směru hodinových ručiček a stále se nacházela na jižní polokouli. Nadále existoval oceán Panthalassa a Iapetus, který se nepřetržitě rozpínal. Pevniny byly pusté. Docházelo k častým erupcím a zemětřesením. Při pevninách se vyskytovala široká mělká moře, kde přežívali koráli a pestrá společenstva bezobratlých. Mnoho druhů vymizelo díky velkému vymírání na konci ordoviku. Z důvodu velkého ochlazení došlo k výraznému snížení hladin.

5.2.2.2 *Život v mořích a oceánech ordoviku*

Rozšíření života do sladkých vod a na souš. Moře začalo pronikat výrazně do pevniny. Během ordoviku proběhl bouřlivý rozvoj druhů. Trilobitům se už nikdy nepodařilo osídlit širomořské prostředí, jako tomu bylo v této době. Mechovky byly koloniální organismy tvořené drobnými měkkotělými jedinci, kteří obývali komůrky vápnitých anebo organických koster. Moderní mechovky se vyskytují v mořích i sladkých vodách dodnes. Orthidní ramenonožci stavbou schránky patřili k nejjednodušším opornatým ramenonožcům. Na mořském dně byli uchyceni pomocí stvolu. I přes značné vymírání se udrželi do konce permu. Mlži byli poměrně rozvinutí, obývali příbřežní vody. Potravu získávali filtrováním vody nebo se živili mikroorganismy z dnových sedimentů. Graptoliti představovali hlavní složku planktonu. Jejich zástupci přežili od staršího ordoviku až do středního devonu.

5.2.3 Silur

(444-416 milionů let)

Obnovení rozvoje mnoha druhů po hromadném vymírání v ordoviku. Oblasti pevnin byly osídleny prvními drobnými cévnatými rostlinami.

5.2.3.1 Postavení kontinentů a oceánů siluru

Baltika se společně s menším kontinentem Avalonie (oblast dnešní jižní Británie a Irska) pohybovala směrem k Laurentii. Tento proces vyústil ve srážku všech tří kontinentů. Mezi touto nově vzniklou pevninou a Gondwanou se začal rozevírat Rheický oceán, oceán Iapetus se naopak začal uzavírat. Gondwana se neustále otáčel směrem k jihu. Austrálie se dostala do oblasti rovníku a Antarktida na jižní polokouli. Docházelo k významným zdvihům horstev. Z odebraných sedimentů bylo zjištěno, že panovalo teplé podnebí. Následkem roztávání ledovců se zvedla mořská hladina.

5.2.3.2 Život moří a oceánů siluru

V tomto období začíná růst význam mořského planktonu. Graptoliti se zásluhou oceánských proudů významně rozšířili. Dochované fosilní rostliny z období siluru jsou poměrně vzácné. Z řas se dochovaly například ruduchy. Tabulární koráli patřili mezi jednu ze dvou z hlavních skupin prvohorních korálů. Tvořili vždy kolonie. Loděnkovití hlavonožci měli přímé zakřivení schránek (občas byly schránky spirálně vinuté). Řadili se mezi vrcholné dravce této doby. Typické pro ně byly jednoduché švy, sutury (úsek připojení vnitřních přepážek ke schránce), které jsou dobře znát na vnitřních jádrech jejich schránek. Graptoloidi se řadili mezi velmi početné a přetrvávali až do devonu. Kostru měli typicky tvořenou jedinou řadou ték (monograptidi). Kolonie byly rozsáhlé a složité. Členovci byli zastoupeni trilobity (probíhal jejich neustálý vývoj), eurypterydy (žijících v mělkých brakických vodách), nebo fylokaridními korýši. Dále bychom v tomto období našli ramenonožce, mechovky, ostnokožce, mlže a zástupce obratlovců skupin anaspidů, osteostraců, thelodontů, bezčelistnatých, trnoploutvých nebo paprskoploutvých.

5.2.4 Devon

(416-359 milionů let)

Bývá nazýván „Věkem ryb“. Rozšířily se suchozemské rostliny, které způsobily úbytek množství oxidu uhličitého v atmosféře, což bylo následováno poklesem globálních teplot.

5.2.4.1 Postavení kontinentů a oceánů devonu

Došlo k zániku oceánu Iapetus a ke střetu Baltiky a Laurentie. Následovaly rozsáhlé tektonické pochody, které neustále převážely pevniny. Vzniklo Kaledonské pohoří v dnešní Skandinávii, Grónsku a severní Británii. V nynější Severní Americe se začalo vytvářet Apalačské pohoří. Probíhala neustálá rotace Gondwany ve směru hodinových ručiček. Pevniny začaly zarůstat kapradinami a stromovými rostlinami, daly tak vzniknout lesům a močálům. Rovněž proběhly chemické změny v mořích.

5.2.4.2 Život v mořích a oceánech devonu

Období devonu bylo příznivé pro rychlý rozvoj různých druhů rostlin. Všechny pravděpodobně vznikly z jediného předka. Rozmanitost suchozemských druhů je obdobou kambrické exploze. Mezi hlavní skupiny patřily zelené řasy. Důkazy naznačují jak parožnatky a řasy podobné charofytoům byly nejbliže příbuzné suchozemským rostlinám. Do bezobratlých se v tomto období řadili živočišné houby, korálnatci, spiriferidní ramenonožci nebo eurypteridi (vodní štíři). Z měkkýšů se zde vyskytovalo početné množství mlžů. Většina se usadila u pobřeží, zbytek pak byl chráněn tenkostěnnou schránkou v hlubších částech oceánů. Na stavbách útesů se podíleli stromatoporoidi, vápnité řasy a korály. U některých členovců se objevily tracheje (orgán umožňující dýchat vzdušný kyslík). Mimo plankton se v mořích vyskytovali zástupci obratlovců. Jmenovat můžeme osteostraky (ve starším devonu vytvořili mnoho nových forem, které v mladším devonu všechny vymřely), heterostraky, arthrodiry, antiarchia, trnoploutvé, střapcoploutvé, dvojdyšné a tetrapody.

5.2.5 Karbon

(359 - 299 milionů let)

Karbonský znamená „uhlotvorný“. Po celém světě se ukládaly mocné uhelné vrstvy vznikající v bujných močálech. Ve starším karbonu byla koncentrace CO₂ o mnoho větší, než ve středním karbonu (z 1 500 ppm poklesl na 350 ppm).

5.2.5.1 Postavení kontinentů a oceánů karbonu

Došlo k procesům, které umožnily vznik černého uhlí. Euroamerika se přibližovala ke Gondwaně. Následoval postupný zánik Rheického oceánu. Vyvrcholilo vrásnění Apalačského a Variského pohoří. Paleotethydni oceán byl obklopen Euroamerikou, Gondwanou a několika dalšími ostrovy. V mladším karbonu se Euroamerika s Gondwanou spojily v jeden superkontinent Pangea. Rozšířilo se zalednění na jižním pólu. Pokračovalo rozšiřování lesů a tím se zvyšovala diverzita suchozemských živočichů. Se střídáním teplot probíhalo i kolísání hladiny moří a oceánů.

5.2.5.2 Život v mořích a oceánech karbonu

Mořské ekosystémy byly vyztřelé, tvořené především ramenonožci, drsnatými a desátými korály, lilijicemi, poupěnci, mechovkami i rybami. Běžní byli goniatiti doprovázené mlži. Osidlovali řasové útesy i černé břidlice. Docházelo k vymírání trilobitů.

5.2.6 Perm

(299 - 251 milionů let)

Pojmenován podle permské oblasti v Rusku (jeho hranice definovány ve vrstvách). Na jeho konci dochází k největšímu vymírání za posledních 500 milionů let. Ze světa vymizí 90 % suchozemských i mořských organismů. Zvýšení obsahu skleníkových plynů v atmosféře následkem výbuchu sopky na Sibirii.

5.2.6.1 Postavení kontinentů a oceánů permu

Rozsah superkontinetu Pangea má značný vliv na globální klima. Vzniklo centrální panajské pohoří, které značně ovlivňovalo proudění vzduchu. Bránilo vlhkým rovníkovým větrům přes něj přejít. Na severu Pangey se tak vytvořily pouště. V oblasti deštných pralesů naopak docházelo k uhelné sedimentaci. Na území

bývalé Gondwany se rozšířili někteří zástupci fauny na velké vzdálenosti. V oblasti Sibérie došlo k jedné z největších známých sopečných erupcí. Vyvrženo bylo obrovské množství sopečného popela a plynů (oxidu siřičitého a vodních par). To byl důvod hromadného vymírání, při kterém byly oceány ochuzeny o kyslík. Většina druhů permu tak vyhynula.

5.2.6.2 Život v mořích a oceánech permu

Pokles hladiny moří následkem permo-karbonského zalednění ve středním permu, vystřídal jejich ústup. Mořské fauně se dařilo relativně dobře. Katastrofa způsobená sopečným výbuchem v mladším permu, měla tvrdý dopad na tropické ekosystémy, jejichž jádro tvořila ramenonožco-lilijicová a mechovková společenstva. Tento úpadek trval přibližně 10 milionů let a skončil totálním zhroucením ekosystému. Vznik Pangey způsobil dalekosáhlé změny v oceánském proudění. Ponoření nečinných středo-oceánských hřbetů přineslo pokles hladin oceánů až o 280 metrů. Teplá mělká moře začala ustupovat. Obří řasové útesy se náhle ocitly daleko ve vnitrozemí. Pozůstalé velké množství solí se začalo ukládat ve formě evaporitů.

V permu se především vyskytovaly skupiny mechovek, ramenonožců, hlavonožců, amonoidů, mlžů, ostnokožců a korálnatců (Čtyř-četné korály byly nahrazeny šesti-četnými). Vyvinuly se sirovodíkové bakterie.

5.3 Druhohory (Mezozoikum)

5.3.1 Trias

(251-200 milionů let)

Období obnovy po ničivém vymírání. Obsah oxidu uhličitého strmě stoupá. Země vstupuje do tzv. skleníkového období. Globální teploty se významně zvyšují.

5.3.1.1 Postavení kontinentů a oceánů triasu

Pangea dosáhla největšího rozsahu díky nižší hladině moří. Rozpad kontinentu Pangea na menší části proběhl až na konci Triasu a pokračoval i v období mezozoika a kenozoika.

5.3.1.2 Život v mořích a oceánech triasu

Přišla nová éra vývoje organismů. Ramenonožci byli pomalu nahrazováni mlži (první ústřicovití mlži). V mořích se rovněž nalézali amoniti (zástupci hlavonožců) se silně členitým typem švu na schránce nebo desetinozí korýši. Důležitou roli zaujímaly zelené řasy vytvářející mohutná souvrství vápenců. Vyvinutí větvníkovitých korálů a kýtovkovitých, nárůst rozmanitosti hadic. Naposledy se objevili trepostomátní mechovky, ortoceratidi a ceratitidní hlavonožci. Prvohorní ježovky byly nahrazeny novými typy. Z mikroskopického světa moří můžeme uvést první kokolitky (jednobuněčné, mořské, planktonní řasy). Hojní byli v tomto období také stromatoliti.

5.3.2 Jura

(200-145 milionů let)

Název podle pohoří Jura na hranici Švýcarska a Francie. Svět obrovitých živočichů. Především dinosaurů, obrovských plazů putujících oceány nebo létajících plazů kroužících nad pevninou. Obsah CO₂ byl vysoký. Podnebí bylo teplé a stabilní.

5.3.2.1 Postavení kontinentů a oceánů jury

Rozpínání oceánu Tethys na východě. Oceánské proudění probíhalo od východu k západu. To umožňovalo migraci mnoha zvířat a rostlin. Ve střední juře se začal utvářet nový oceán Proatlantik vlivem severozápadního pohybu Ameriky. Laurasie se oddělila od Pangey. Rozsah pevninských šelfů se zvětšoval. Existovalo velké množství mělkých moří.

5.3.2.2 Život v mořích a oceánech jury

Oceány se začal šířit nový druh planktonu s vápnitými a křemitými schránkami, ze kterých se utvářely vápence a křemité sedimenty. Nejtypičtějšími živočichy jury byli amoniti (nejmladší ze skupin amonoidů) a belemniti. Rozšířené rovněž byli mlži, koráli, plži mechovky, ostnokožci a šestičetní koráli (větvníci). Lokálně hojní byli i ramenonožci, korýši a namísto pravých korálových útesů vznikaly útesy z živočišných hub. Dále se v těchto vodách vyskytovaly rozsivky (zástupci hnědých řas) a zelené řasy.

5.3.3 Křída

(145-65 milionů let)

Název dle rozsáhlých uloženin jemnozrnného bělavého vápence (tvořené schránkami drobných řas mělkých moří). Skleníkové klima s vysokým obsahem oxidu uhličitého, vysokými teplotami a hladinou oceánů. Místy vyšší o 200 až 300 metrů než v současnosti. Objevili se ptáci, kvetoucí rostliny a skupiny moderního hmyzu.

5.3.3.1 Postavení kontinentů a oceánů Křída

Svou podobu získávaly současné oceány (vznik Atlantiku). Indie se oddělila od západní Austrálie. Později se od Indie oddělil Madagaskar a Indie se pohybovala směrem na sever, kde se na konci křída střetla s asijským kontinentem. Zmenšil se oceán Tethys vlivem pohybu Euroasie, severní a jižní Číny a Indočíny. Vlivem zvýšení hladin došlo k utvoření cesty od Mexického zálivu až k nově vznikajícímu severnímu ledovému oceánu. Na konci křída se Země střetla s planetkou, která po sobě zanechala kráter Chicxulub na poloostrově Yucatán v Mexiku. Došlo k masivnímu vymírání.

5.3.3.2 Život v mořích a oceánech Křída

Výskyt vodních kapradin. Začala diverzifikace planktonních foraminifer. Většina z nich však na konci Křída vymírá. Dírkovci, patřící do mořského planktonu, dorůstali velikosti až několika centimetrů. Z bezobratlých se v mořích vyskytovali amoniti, plži, mlži, ježovky, ramenonožci, lilijice a mechovky. Odumřelá těla živočišných hub na dně vytvářela horninu zvanou spongilit. Amoniti se začali přizpůsobovat životu u dna. Na konci křída vymřeli společně s belemnity, ichtyosaury, plesiosaury, dinosaury a ptakosaury.

5.4 Třetihory

(terciér)

5.4.1 Paleogén

(65 – 23 milionů let)

Země se postupně začala ochlazovat. Proběhl významný vzestup savců. Začal pomalý pokles množství CO₂. Pravděpodobně vlivem uvolnění metanu z hlubin oceánů došlo k náhlému globálnímu oteplení.

5.4.1.1 *Postavení kontinentů a oceánů Paleogénu*

Rozmístění kontinentů bylo podobné jako v současnosti. Vzdálenosti mezi nimi se postupně navyšovaly. Vznikl Indický oceán. Začalo se utvářet nové oceánské proudění. V Atlantiku vznikl předchůdce Golfského proudu. V Americe došlo k utvoření Skalnatých hor, na styku Indické desky a asijské desky byly vyzvedávány Himaláje a Tibetská náhorní plošina. Austrálie se odtrhla od Antarktidy a pohybovala se směrem na sever, tím se začal rozpínat Jižní ledový oceán. Posunem Afriky se začaly zvedat Alpy. Vznikly velké mořské plochy, například Turgajská úžina v západním Rusku. Sahala od Kaspického moře až do arktické oblasti a omezovala tak rozšiřování živočišných populací do některých oblastí.

5.4.1.2 *Život v mořích a oceánech Paleogénu*

Došlo k malému ochlazení a zalednění Antarktidy. Mikroskopický svět přestavovali charakterističtí zástupci dírkovců, například nummuliti. V eocénu přišel vrchol diverzity obrněnek a nanofosilií. Nárůst proběhl také mezi chladnomilnými ostrakody a foraminifery. Vytvoření skutečných korálů ovlivnilo rozvoj mořských bezobratlých. Okolnosti jejich vzniku jsou: vyvinutí schopnosti tmelit se k podkladu a symbiotické řasy poskytující korálům potřebný kyslík a uhlovodíky. Na dno hlubokých moří dopadaly křemičité schránky rozsivek, čímž vznikala rozsivková bahna. Z hlavonožců přeživaly, ve větším zastoupení, pouze loděnky. Přežily vymírání a zaujaly místo uvolněné po amonitech. Dobře se dařilo třeba i ježovkám, plžům mlžům a korýšům. Nadále měly velký význam hnědé a zelené řasy.

5.4.2 Neogén (23 – 1,8milionu let)

Přetrvávalo teplejší klima. Množství oxidu uhličitého je relativně stabilní. Díky příznivému klimatu se začala ve větší míře rozvíjet vegetace. Na konci dochází k ponoření Země do doby ledové.

5.4.2.1 Postavení kontinentů a oceánů Neogénu

Došlo k zániku oceánu Tethys. V oblasti Francie a Španělska vznikly Pyreneje, na území Itálie, Francie, Švýcarska se vytvořily Alpy, v okolí Řecka Dinárské pohoří a v oblasti Arábie a Íránu vzniklo pohoří Zagros. Nově vzniklá Panamská šíje významně ovlivňovala světové klima díky změně oceánských proudů. Vytvořila se Indonésie.

5.4.2.2 Život v mořích a oceánech Neogénu

Výskyt planktonických a bentických dírkovců, mřížkoců a mechovek. Hlubší moře byly osídleny živočišnými houbami a mělká moře koráli a ježovkami. Postupně docházelo k nárůstu plžů a mlžů. Živočichové se adaptují na chlad.

5.5 Čtvrtohory (kvartér)

(1,8 milionu let - do současnosti)

Probíhalo střídání dob ledových trvajících téměř 100 let a dob meziledových trvajících 20 – 30 tisíc let. Došlo k vyhynutí pleistocenní megafauny. Mořští živočichové byli srovnatelní s těmi ze současnosti.

5.5.1.1 Postavení kontinentů a oceánů Kvartéru

Kontinenty a oceány jsou významně ovlivňovány klimatem. Hladina oceánů pravidelně stoupala a klesala. Posledních 10 000 let hladina neustále klesá a způsobuje značné geografické změny na kontinentech. Zda zalednění, které má v budoucnu následovat, překoná dopady lidské činnosti, zatím není známo.

5.5.1.2 Život v mořích a oceánech Kvartéru

Zastoupení živočichů v tomto období je stejné jako v období neogénu. Mění se pouze rozšíření vlivem růstu a ústupu ledovců. (Palmer, 1999 a Prehistorie, 2010)

6 Vliv změny klimatu na drobné organismy a plankton v oceánu

6.1 Plankton a globální oteplování

Změny v oceánech způsobují přesouvání planktonu a řas, následkem oteplování oceánských vod. V severním Atlantiku se populace planktonu, za posledních 40 let, přesunula o 1 000 kilometrů směrem na sever. Tento trend se zdá být za období posledních 1 400 let ojedinělý. Vědci vycházejí ze zkoumání jader vyvrtných do oceánského dna.

Neblahý vliv má globální oteplování, společně s nadměrným rybolovem a znečišťováním, také na korálové útesy. Teplejší voda způsobí vylučování mikroskopických řas s názvem zooxanthellae, které potřebuje pro svůj metabolismus. Korály tímto procesem ztrácí barvu, dochází k „bělení korálů“. V roce 1998 (nejteplejší rok za historii měření) došlo dosud k nejzávažnějšímu bělení korálů s následným úhynem přibližně 16 % světových korálů. (Archer, Rahmstorf, 2010)

V současné době mnoho vědců začíná vkládat naděje, jak zmenšit množství oxidu uhličitého v atmosféře, do mořského fytoplanktonu. Ten dokáže přijímat CO₂ a „pohřbít“ ho na mořském dně.

Princip tohoto mechanismu je vcelku evidentní. Uhlík se z atmosféry do organické hmoty váže v prosvětlené vrstvě vodní hladiny. Poté organická hmota klesne na oceánské dno, nebo je rozložena a opět putuje do atmosféry. Vědci z bostonského Woods Hole Oceanographic Institution se zabývají tím, jak tento koloběh probíhá v Tichém oceánu. Tento průzkum ukazuje, že v každém místě se uložení oxidu uhličitého na dno značně liší.

Nejdůležitější děje probíhají někde mezi 100 až 1 000 metry pod hladinou. Sem klesá mrtvý fytoplankton, kterým se zde živí v první řadě zooplankton, dále pak větší organismy a rozkladné bakterie. Kolik CO₂ bude uloženo na dně, záleží na množství fytoplanktonu, který projde tímto úsekem. Tento jev vědci zkoumají pomocí zařízení, které jsou umístěny v různých hloubkách.

Měření ukázalo, že například v oblasti Havaje, se odhadem 80% organické hmoty vrátí zpět k hladině (do zemské atmosféry). Naopak v severní části Tichého oceánu propadne ke dnu téměř 50%. Co přesně způsobuje tyto rozdíly, zatím není přesně známo. Mezi nejpravděpodobnější teorie patří tyto dvě.

První z nich tvrdí, že je to ovlivněno množstvím rozpuštěných křemičitanů. Z těch si plankton vytváří své schránky. Tím pádem jsou organismy těžší a rychleji se potápí ke dnu. Z toho plyne menší pravděpodobnost jejich sněžení.

Jako druhou možnost vědci uvádějí vliv teploty vody. Je-li teplota vody vyšší, organická hmota se rozkládá rychleji. Děje se tomu tak samovolně, nebo díky přítomným bakteriím. Většina organické hmoty tak opět nestihne propadnout až ke dnu. (Ruddiman, 2005)

6.1.1 Koloběh uhlíku

Uhlík je jedním z nejdůležitějších biogenních prvků. Organismy využívající k získání energie fotosyntézu, přijímají uhlík z oxidu uhličitého. V plynné formě se CO₂ vyskytuje volně a chová se agresivně. Do povrchových vod se dostává z podpovrchových minerálních vod. Množství a jeho průběh má vertikálně inverzní charakter oproti kyslíku. (Ambrožová, 2008)

Biologická aktivita je ve středních a vyšších zeměpisných šířkách každé jaro na svém vrcholu. Přes zimu se voda bohatá na živiny dostává z hloubek blíže k hladině oceánů. Na jaře se zvýší intenzita slunečního záření a dojde tak k intenzivnímu populačnímu růstu planktonu. Tento proces je nám známý jako „jarní vodní květ“. Satelity, obíhající kolem naší planety, nám tak v tuto dobu dávají možnost nahlédnout do míst, kde k tomuto jevu dochází.

Rostlinné a živočišné zbytky ze zooplanktonu a fytoplanktonu klesají ke dnu. Většina se při klesání rozkládá a ve formě živin se vracejí zpátky do oběhu. Přibližně 1 % dopadá do velkých hloubek nebo dokonce až na dno. Tato část uhlíku je tak na stovky a někdy dokonce i miliony let pohřbena na dně oceánů, čímž je vyřazena z koloběhu uhlíku. Snížení jeho obsahu v povrchových vrstvách vod, tak umožňuje odebrání více oxidu uhličitého z atmosféry. To napomáhá k obnovení povrchové rovnováhy.

Vysávání oxidu uhličitého z atmosféry do oceánů, je důležitý proces, který můžeme sledovat v záznamech z jader vrtů v ledovcích. Obsahují bubliny plynné metansulfonové kyseliny. Ta pochází z rozkládajícího se oceánského planktonu. Koncentrace této kyseliny je důležitým ukazatelem množství planktonu, který se v tu dobu na planetě nacházel. Vědcům se tak podařilo zjistit, že když v době před 12 000 lety začala stoupat teplota a došlo k ústupu doby ledové, způsobilo to pozvolný nárůst oxidu uhličitého v atmosféře. Koncentrace metansulfonové kyseliny se tak snížila. Byla tak zjištěna určitá provázanost mezi množstvím CO₂ v atmosféře a biologickou aktivitou v oceánech.

Britský oceánograf, profesor John Woods se pokusil tuto otázku, proč při dobách ledových „biologická pumpa“ funguje lépe než při teplých mezidobích, objasnit. Podle něho je důvodem zimní přemísťování živin do svrchních vrstev (studená voda má menší objem a vytlačuje tak teplejší vodu směrem k hladině). Obsahuje-li atmosféra větší množství oxidu uhličitého, dojde, v důsledku skleníkového efektu, k oteplování klimatu a tím i oceánských vod. Zpomalí se míšení oceánských vod a na něm závislé přemísťování živin do povrchových vrstev. Oceán tak přestane mít potřebu čerpat oxid uhličitý z atmosféry.

Snaha získat podrobný popis výměny uhlíku mezi oceánem a atmosférou dalo vzniknout hned několika modelům. K otestování jejich platnosti byly modely aplikovány mimo jiné i na rozptyl izotopu uhlíku ¹⁴C v oceánech. Ten se do nich dostal při nukleárních testech v padesátých letech. V modelech je zaznamenán s výraznou přesností. Z výsledků vyplývá, že oceány pohlcují z atmosféry každý rok přibližně 1,5 – 2,5 gigatun. (Houghton,1998)

Příjem CO₂ má významný vliv na chemii mořské vody. Průměrná hodnota pH vody v oceánech již klesla o 0,1 od počátku průmyslové revoluce. Odhady předpokládají, že do konce století klesne průměrné pH mořských vod o 0,2 – 0,4 (Stupnice pH je logaritmická, což znamená, že změna o 1 jednotku odpovídá změně 10 – násobnému zvýšení koncentrace vodíkových iontů.). (Rhein, Rintoul, 2013)

6.1.2 Dusík v oceánech

Dusík je základní složkou potravy pro fytoplankton a další vodní organismy. Po odumření organická hmota klesá ke dnu, během poklesu se rozkládá a uvolněný

dusík tak putuje vzhůru. Tento dusík není však dostatečný pro množství organismů. Je tedy pohlcován z atmosféry. Nejvýznamnějšími fixátory dusíku v oceánech jsou sinice. Bylo zjištěno, že fytoplankton ze vzduchu pohlcuje takové množství dusíku, které zajistí jeho dostatek pro fotosyntézu. Z atmosféry je následně odčerpáváno 1,5 miliardy tun oxidu uhličitého. Někteří vědci se tak zabývali teorií rozmnožit populace sinic, aby bylo ze vzduchu odčerpáváno více CO₂. Plankton je závislý na obsahu fosforu a železa ve vodním prostředí. Tyto prvky jsou však omezené. (Pazdera, 2005)

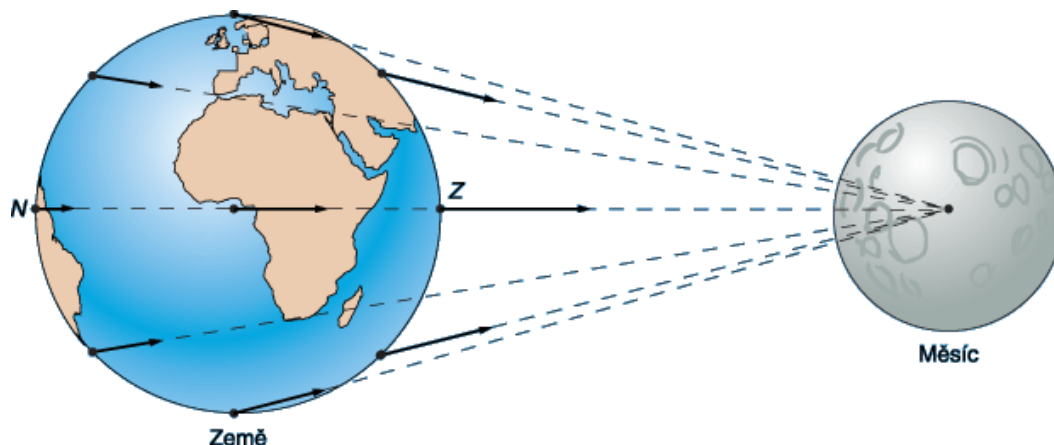
Indikátorem obsahu dusíku například ve Středomoří nahrazování korýšovitých zástupců na medúzovité. Rybolov tak v této oblasti přestává mít smysl. Korýšovití jsou základem jídelníčku větších ryb, které konzumuje lidstvo. Tento problém mají i v jiných částech světa.

6.2 Změny pohybu mořské vody

Pohyb vody na zemském povrchu je způsoben hned několika činiteli. Patří mezi ně příliv a odliv, přitažlivost Slunce a především měsíce, mořské proudy, zemská rotace a v neposlední řadě vítr.

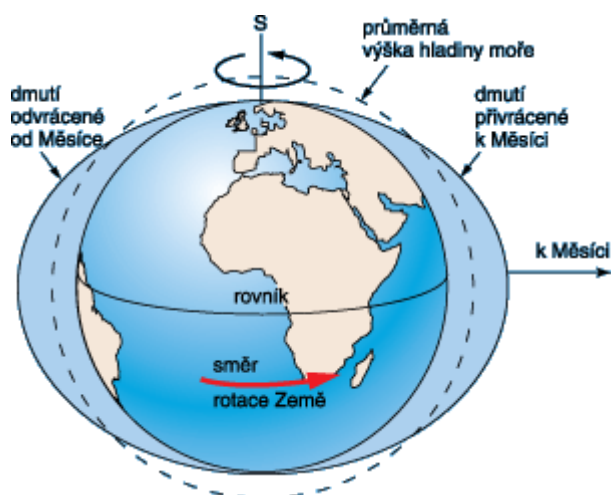
6.2.1 Příliv a odliv

Je zapříčiněn přitažlivou silou. Slunce má v naší galaxii největší hmotnost a tak svou přitažlivostí udržuje planety na svých oběžných drahách. Ve velikosti přitažlivých sil na vodu v mořích a oceánech má větší účinek Měsíc. Je sice mnohonásobně menší, avšak obíhá okolo Země ve střední vzdálenosti pouhých 384 403 kilometrů (pro zajímavost Slunce je od naší planety vzdáleno přibližně 150 000 000 kilometrů). Vyvolává tak na zemském povrchu vzduší vody a hromadí je tak směrem k Měsíci. Nejsilnější účinky Měsíce se na Zemi projeví v tzv. zenitu (v oblasti, která je k němu nejbližší). Naopak místo s nejnižším vlivem bychom našli na opačné straně planety označované jako nadir (nejvzdálenější). Názorně můžeme tento princip vidět na Obr. 1



Obr. 1: Gravitační síly Měsíce působící na Zemi (Strany potápěčské)

Na straně blíže k Měsíci převažuje přitažlivá síla nad silou odstředivou. V opačném případě je tomu naopak. Síly působí opačným směrem, avšak velikostně si jsou rovny. Výsledné dmutí hladiny je v obou případech shodné (Obr. 2). Vlivem otáčení Země kolem své osy, trvajícím 24 hodin, a výše zmíněným silám, pak na pobřeží doráží příliv dvakrát denně. (Zdrhal, 2012)



Obr. 2: Idealizované slapové dmutí (Strany potápěčské)

6.2.2 Oceánské proudy

Jedná se o přemístění množství vody z jednoho místa na druhé. Příčin vzniku oceánských proudů je hned několik. Mezi nejvýznamnější se řadí vliv teploty a salinity vody. Mají zásadní vliv na moře a oceány. Slouží k výměnným procesům vod. Ovlivňují teplotu nejen okolního vodního prostředí, ale i přilehlých pevnin. Transportují kry ledovců a mořský led. Částečně působí i na proudění vzdušných hmot v atmosféře. Důležitý je rovněž život v oceánech. Velké množství vodních živočichů využívá proudy k cestám na velké vzdálenosti. Velkou roli hrají především v životě právě oceánského planktonu, který využívá proudů k rozšiřování do různých koutů oceánů.

6.2.2.1 Vznik oceánských proudů

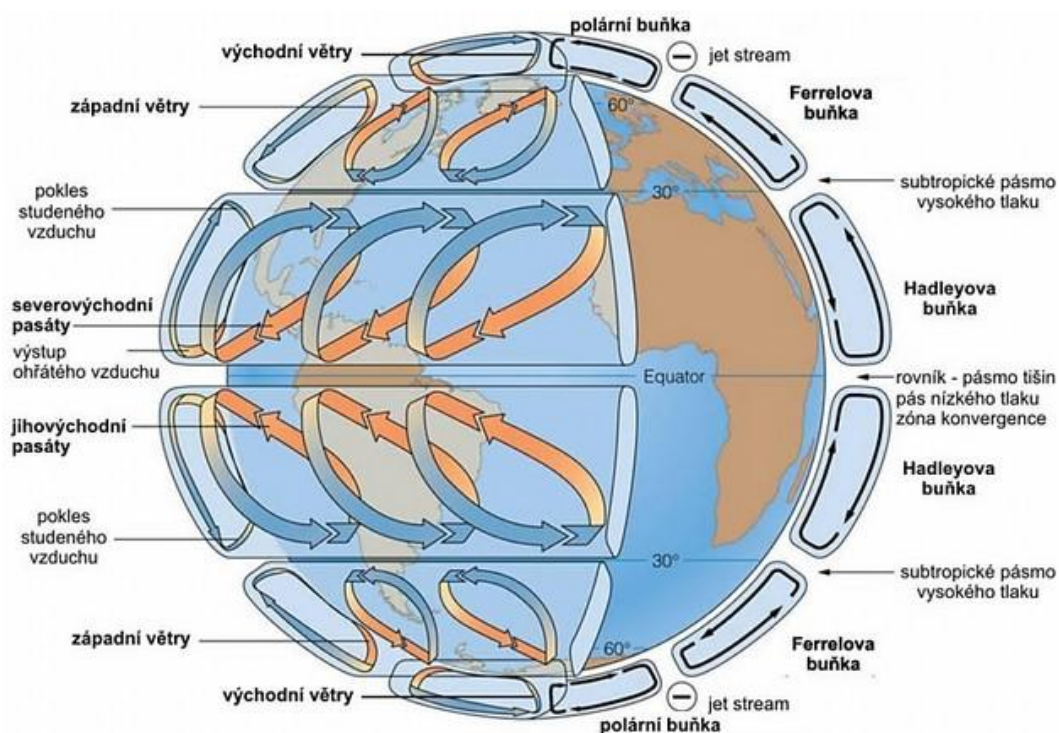
Ohřev vody v tropických oblastech způsobuje rozpínavost vody a tím pokles její hustoty. Při vysokých teplotách se voda vypařuje ve větším množství, než je tomu u chladnějších oblastí oceánů. Následkem je zvýšená koncentrace solí (vyšší salinita), vyvolávající naopak zvyšování hustoty vody, čímž působí proti rozpínavosti vod. V rovníkových oblastech je pokles hustoty zapříčiněn vysokými teplotami vyšší než její vzestup díky zvýšené salinitě. Voda v této oblasti má tedy stále nižší hustotu vody.

V polárních oblastech je voda z důvodu neustálého studeného proudění vzduchu ochlazována a dochází ke snížení hustoty vody. Voda v těchto místech vymrzá a rovněž se zvyšuje koncentrace solí ve vodním prostředí (růst hustoty vody).

Voda v tropické oblasti, z důvodu její rozpínavosti, způsobuje zdvih hladiny, zatímco větší hustota vody u polárních vod zapříčiní její pokles. Dochází tak k neustálému pohybu vod od rovníku k polárním oblastem.

Větší důležitost, při vzniku mořských a oceánských proudů, přikládáme převládajícím větrům. Při atmosférické cirkulaci dochází k značnému tření mezi vzduchem a hladinou oceánů. Při proudění větrů dlouhou dobu stejným směrem, dochází k rozpořívání masy vody. Abychom pochopili princip chování oceánských proudů, musíme nejprve zjistit fungování systému atmosférické cirkulace na Zemi.

Tento systém lze vysvětlit skrze dva základní vlivy, a to atmosférickým tlakem a rotací planety. Atmosférický tlak je úzce spjat s teplotou okolního vzduchu. V tropických oblastech je vzduch ohříván, což vede k jeho rozpínání. Nad těmito oblastmi je vzduch řidší, než v oblastech nalézající se směrem k pólům. Dochází ke vzniku tlakové níže nad tropickým pásmem a k tlakové výši nad polárním pásmem. Jelikož vzduch se pohybuje z oblasti vysokého tlaku do oblasti nízkého tlaku, měl by systém cirkulace probíhat ve směru od pólů k rovníkové oblasti. Toto proudění se zakrátko rozpadá na protiproudy a vznikají vzdušné víry se středem nízkého tlaku vzduchu. Větší množství těchto vzdušných vírů způsobí vznik tlakové níže. Tlaková výše se vyskytuje v místech mezi rovníkovou a polární tlakovou níží, což by znamenalo proudění větrů z této oblasti směrem na sever nebo na jih. Na atmosférickou cirkulaci má však také velký vliv i již zmíněná rotace planety (Obr. 3). (Carrington,1975)



Obr. 3: Všeobecná cirkulace atmosféry (<http://is.muni.cz>)

6.2.2.2 Rozdělení proudů

1. genetická klasifikace (podle vzniku):

- **Driftové větrné proudy** (Jejich vznik je zapříčiněn třením vzdušných hmot o vodní hladinu. Vytvořená energie se uvolňuje směrem k níže položeným vrstvám oceánu a tím je uvádí do pohybu. Tento proces tak ovlivňuje masu vody do hloubek 100 - 200 metrů. Vyskytují se v zónách poměrně stálých větrů ustáleného směru. Řadíme mezi ně proudy v oblasti severovýchodních a jihovýchodních pasátů.)
- **Hustotní proudy** (vznikají díky nerovnoměrnému horizontálnímu rozložení hustoty vody v jednotlivých vrstvách. Je to způsobeno rozdílnou teplotou a salinitou vody. Nalézt je můžeme například v průlivech jako Gibraltar.)
- **Odtokové proudy** (Jedná se o proudy vzniklé zvýšeným množstvím vody přitékající z vodních přítoků nebo následkem vyššího srážkového úhrnu.
- **Přilivové a odlivové proudy** (Zapříčiněny slapovými jevy na pobřeží oceánů. Dochází ke změnám výšky hladiny při přílivu a odlivu, což způsobí vznik proudů u pobřeží. Ty bývají zároveň obohacovány o působení větrů. V průlivech jsou schopny dosahovat rychlosti až 22 km/h, na volném oceánu však jejich rychlost většinou není vyšší než 1 km/h.

Poznámka: Většinou jsou proudy způsobeny z více druhů příčin. U nás nejznámější Golfský proud je hustotní, driftový i odtokový.

2. dle četnosti výskytu:

- stálé (v oblastech stálých větrů stejných směrů)
- občasné (vyvolány měnicími se větry, nerovnoměrným rozdělením srážek nebo extrémním přítokem vody z pevniny)
- periodické (charakteristické pro proudy přílivové a odlivové)

3. dle hloubky:

- povrchové
- hlubinné
- na mořském dnu
- pobřežní
- v průlivech a úžinách

4. dle charakteru pohybu a směru

- s průběhem přímým a zakřiveným
- anticyklonální (odklánějí se „po Slunci“)
- cyklonální (odklánějí se „proti Slunci“)

Poznámka: Směry oceánských a mořských proudů se určují opačně, než je tomu u větrů (západní proud se pohybuje k západu).

5. dle fyzikálních a chemických vlastností:

- teplé
- studené
- podle salinity

(Janský 1992)

Hlubinné proudy

Jedná se o proudy, jež jsou součástí proudů povrchových. Kompenzují úbytek vody při svrchní cirkulaci výstupem vodních mas k hladině. (Netopil 1984)

V minulosti byly výskyt, směr a rychlost zjišťovány pomocí fyzikálních vlastností mořských vod. Mezi prvními, kdo se touto problematikou zabýval, byl Alexandr von Humboldt. Po tomto vědci byl pojmenován jeden ze studených mořských proudů, tzv. Humboldtův proud. V současné době bývá spíše označován

jako proud Peruánský. Vycházel z předpokladu platicího i pro povrchové proudy. Narazíme-li na vodní masu s rozdílnými vlastnostmi (s rozdílnou salinitou a teplotou), než je tomu v okolním prostředí, můžeme s velkou pravděpodobností říci, že se jedná o vodní proud. U hlubokomořských proudů k jejich objevu dopomohla také hodnota množství kyslíku obsaženého ve větších hloubkách. Nalezneme-li v hlubokých vrstvách vody vysoký obsah kyslíku, narazili jsme na hlubinný proud. Jde o proud, který kyslík do větších hloubek zanesl z povrchových vrstev vod (jiný zdroj v takových hloubkách nenalezneme). V následující Tab. 1 můžeme vidět, do jakých hloubek jednotlivé proudy zasahují. (Kukal 1977)

Tab. 1 Hloubkový dosah některých povrchových proudů (Kukal 1977)

Proud	Zasahuje do hloubky
Golfský: ve Floridské úžině	800 m
u mysu Hatteras	až 4500m
Kurošio u ostrova Honšu	700 m
na 35°s.š.	200 m
Jihorovníkový proud (Atlantik)	50- 150 m
Severorovníkový a jihorovníkový proud (Pacifik)	200 m
Proud Západních větrů	400 m
Peruánský proud	150 m
Východogrónský proud	120 m

Výstupné proudy

Vyskytují se v oblastech, kde vanoucí větry směrem z pevniny nedovolí svrchním vrstvám vod (včetně proudů), dostat se až k pobřeží. Voda v oblasti Maroka, Peru, jižní Afriky, Kalifornie a Západní Austrálie, kterou tyto

proudy unáší směrem k hladině, bývá o pár stupňů studenější než okolní vody. (Netopil, 1984)

Globální oteplování má vliv na tzv. oceánský výměník. Jedná se o systém mořských proudů cirkulujících kolem celé Země. Ty mohou být narušeny přívaly sladké vody z roztátých ledovců. Sladká voda má menší hustotu než voda slaná. Dojde tak k značnému zpomalení oceánských proudů. (Flannery, 2007)

6.2.2.3 *Klimatické oscilace*

Ovlivňují globální klimatické podmínky. Hnacím motorem klimatických oscilací jsou oceánské proudy. Mezi nejvýznamnější patří Jižní oscilace ENSO, Severoatlantická oscilace NAO, Atlantická dlouhodobá oscilace AMO, Arktická oscilace AO a Pacifická dlouhodobá oscilace PDO.

- ENSO

Na naší planetě najdeme i teplé výstupné proudy. Příklad takového proudu můžeme nalézt u pobřeží Peru.

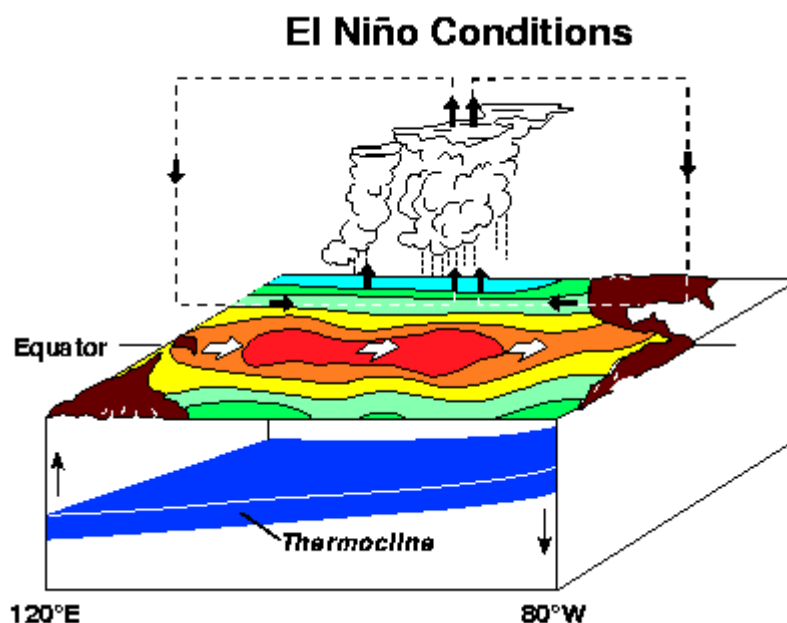
a) El Niño

El Niño je porucha jižní oscilace, způsobená klimatickými změnami na planetě. K pobřeží Peru pronikají „jazyky“ teplých vod Rovníkového protiproudu. Jejich teplota v některých místech překračuje teplotu okolních vod o 6 až 7 °C. Tento pravidelně se opakující jev probíhá v období Vánoc. Díky tomu je tento teplý výstupný proud nazýván El Niño (španělsky Jezulátko). V některých letech zesílí a zasahuje až do oblastí 12° jižní šířky. Jedná se o oscilaci Tichého oceánu. Má značný vliv na počasí na celém světě. Způsobí větší množství srážek v oblasti USA a Peru. Následkem jsou tak ničivé povodně. Naopak v západním Tichomoří nastávají období sucha, což může vést k ničivým požárům.

Jev El Niño se opakuje v intervalu 3 – 7 let s dobou trvání 1-2 roků. Pozorovat tento jev můžeme díky agentuře NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration = Národní úřad pro oceán a atmosféru), spadající pod Ministerstvo obchodu Spojených států Amerických. Provozuje síť bójí, které měří teplotu vody, rychlost proudů a větrů v rovníkovém pásmu. Tyto data jsou poté

přenášeny do řídicího střediska a následně k dispozici výzkumným pracovníkům a prognostikům po celém světě.

Na následujících obrázcích můžeme názorně vidět, jak se liší rozdělení teplot vodních mas v jednotlivých obdobích. Jsou na nich znázorněny stavy při průběhu jevů El Niño, La Niña a běžné rozložení teplých vod.

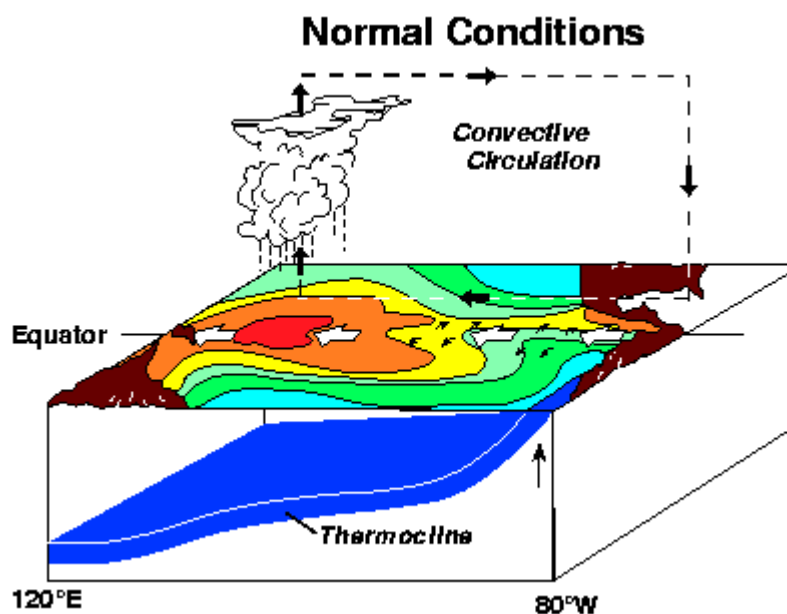


Obr. 4 Znázornění vodních mas při jevu El Niño (NOAA)

Obr. 4 ukazuje, jak vypadá rozdělení vod podle teploty v případě jevu El Niño. Během tohoto procesu se pasáty v centrálním a západním Pacifiku oslabí. Dešťové srážky se pohybují společně s teplými proudy na východ a vyvolají záplavy v oblasti Peru a rozsáhlá sucha na západě v Indonésii a Austrálii. Dojde k depresi termoklina (přechodná vrstva mezi dvěma vrstvami s různými teplotami vody) na východě a jeho zvýšení ve východní části oceánu. Sníží se účinnost studeného výstupného proudu, doprovázené úbytkem živin. Výsledným projevem je zvýšení teplot povrchových vod. Vlivem úbytku živin je v této oblasti způsoben úhyn živočichů. Je tak nepříznivě ovlivněn i místní rybolov sloužící lidem k obživě.

El-Niño neovlivňuje jen oblasti Tichého oceánu. Východním posunutím atmosférického zdroje tepla dochází ke globální změně atmosférické cirkulace. To vede k ovlivňování počasí po téměř celém světě.

b) Běžný režim proudění

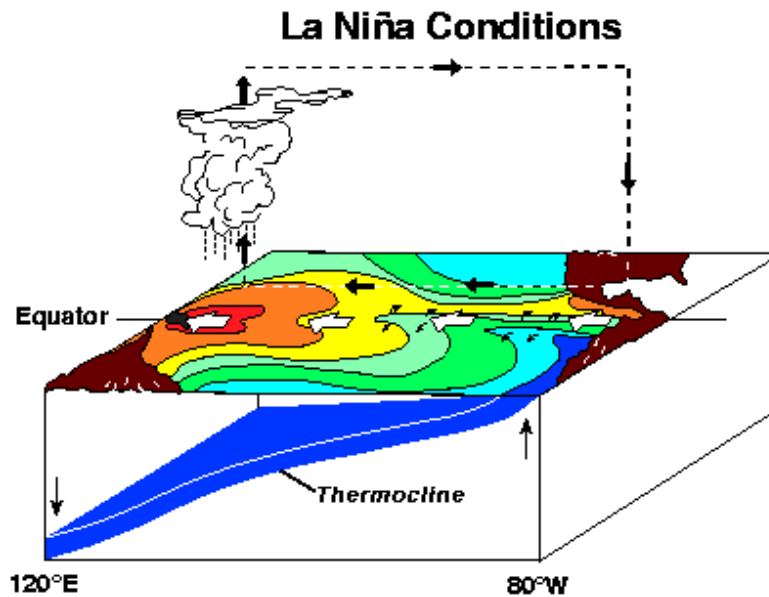


Obr. 5 Znáznornění vodních mas při normálních podmínkách (NOAA)

Na obr. 5 je vyobrazeno rozložení vodních mas dle teploty za normálních podmínek. Větry vanou směrem na západ přes tropický Tichý oceán. Hromadí teplé povrchové vody v západním Pacifiku. Hladina moře v Indonésii je přibližně o 0,5 metru výše než v Ekvádoru. Teplota povrchových vod se pohybuje přibližně o 8 °C výš na západě. Nedaleko pobřeží Jižní Ameriky je voda chladnější. Dochází zde k výstupu studených hlubinných proudů. Tato voda je bohatá na živiny, rozmanité mořské ekosystémy a je tak významnou lokalitou pro rybolov.

c) La Niña

La Niña znamená v překladu ze Španělštiny „děvčátko“. Občas bývá nazývána jako El Viejo nebo anti-El Niño. Stejně jako jev El Niño je La Niña porucha v chodu jižní oscilace. Vyznačuje se neobvykle chladnými teplotami oceánských vod v rovníkové oblasti Pacifiku. Má téměř opačné účinky než El Niño. Nejvýrazněji se projevuje v zimním období. Při jejím průběhu jsou v jihovýchodní části chladnější zimy a v severozápadní naopak teplejší. Názorné rozložení vodních mas vidíme na Obr. 6.



Obr. 6 Rozložení vodních mas při jevu La Niña (NOAA)

- NAO

Jedná se o North Atlantic Oscillation, nebo-li severoatlantickou oscilaci, která působí na klimatické změny především v oblastech Evropy. Vysoký rozdíl tlaků v místech Azorské výše a Islandské níže způsobí silné západní proudění. To přináší do střední Evropy, směrem od Atlantiku, mírné a vlhké zimy. Na území středomoří se dostaví sucha a na severo-východ USA dorazí kruté zimy a bouře. V případě malého rozdílu nabývá nad Evropou sílu Sibiřská tlaková výše. Převládá východní proudění. Zima v severní a střední Evropě je suchá a mrazivá, na jihu pak teplá a vlhká. (Soukupová, 2013)

Má důležitý vliv na teploty, dráhy cyklon, srážky, ekosystémy i rybolov v oblasti severního Atlantiku a jemu přilehlých pevnin. (Cahynová, 2005)

- AMO

Atlantická dlouhodobá oscilace (Atlantic multidecadal Oscillation) byla objevena teprve v roce 2002. Dochází při ní ke zrychlení oceánské cirkulace vod. Teplé vody z oblasti rovníku se dostávají více na sever. Jde o dlouhodobou přirozenou změnu teploty vody v Atlantském oceánu. Díky rekonstrukci změn klimatu víme, že se tato oscilace opakuje od konce poslední doby ledové. Nyní se od roku 2003 nachází Atlantik ve fázi postupného ochlazování. Při studenějším proudění vody je omezen vznik hurikánů. Hladina moře se nezvyšuje a do Evropy je

přinášena z moře vlhkost do středomořské oblasti. Mohou se tak zvyšovat počty výskytů záplav z důvodu přicházejících přívalových srážek. (Soukupová, 2013)

Kolem roku 2035 by se tato oscilace měla přehoupnout do teplé fáze. Společně se skleníkovými plyny tak způsobí rychlý nárůst globální teploty. (Cílek, 2010)

- AO

Arktická oscilace je postavena na rozdílu atmosférického tlaku nad polární oblastí a středními šířkami. Je-li tlak nad Arktidou nižší, než nad středními oblastmi, jde o pozitivní fázi a ve střední Evropě je vlhko a na jihu naopak sucho. V opačném případě se jedná o fázi negativní. Arktida je teplejší, nad Evropou vane studený vzduch ze severu a severovýchodu. Trvá dny až týdny.

- PDO

Objevení Pacifické dlouhodobé oscilace se podařilo v roce 1996 a to v souvislosti s množstvím úlovků aljašského lososa. Vyšší teploty vody v severních šířkách vedou k zvýšené produkci fytoplanktonu. Ryby mají více potravy a jejich populace se rovněž rozrůstají. V opačném případě, vyskytuje-li se zvýšené teploty v rovníkových tropických oblastech, dochází ke značnému poklesu množství populací ryb. Tato dlouhodobá oscilace se mění každých 30 – 40 let. (Soukupová, 2013)

7 Znečištění oceánů

Ročně se do oceánů dostává přes půl milionu tun odpadu. Většina skončí vyplavená na plážích působením vln a přílivu. Část spotřebují živočichové, kteří si odpad spletou s potravou. Neblahý vliv na kvalitu vody mají ropné katastrofy nebo také hnojiva splavená do moře ze zemědělských polí.

Většina činitelů znečištění pochází z pevniny. Jedním z největších zdrojů je tzv. Nonpoint. Jedná se o znečištění ze septiků, automobilů, lodí a rovněž také znečištění ze zemědělských podniků, farem, atd. Je odváděno odtokem z povodí vodními toky a podpovrchovými vodami do moří a oceánů. Mezi jednotlivé (bodové) zdroje patří například únik oleje nebo chemických látek. Mají obvykle katastrofální dopad. Vyskytují se však méně často.

Na znečištění oceánů nemusejí mít výlučný vliv pouze následky lidmi vyhozené odpady. Za znečištění se považuje i zvýšená koncentrace živin ve vodním prostředí jako je dusík a fosfor. Ty způsobují zvýšenou produkci některých druhů řas, které mají negativní vliv na živé organismy. Zastaví se přívod kyslíku, což způsobí, že pohyblivé organismy oblast opustí a nepohyblivé uhynou. Tyto místa, která by za normálních okolností překypovala životem, se v podstatě stanou biologickými pouštěmi. Dynamika změn teplot vede ke zrychlenému tání a následným povodním. Tím dojde k silnějšímu odnosu erozního materiálu do oceánů. Sesuvy půd v oblasti Arktidy a Grónska (zrychlení eroze a následná mineralizace vod) v minulosti vedly ke změně složení oceánů a následně i atmosféry.

Vodní cesty jsou znečištěny širokým spektrem trosk od plechovky limonády, plastové pytle až po opuštěné lodě.

Znečištění mořské vody může mít nepříznivý vliv na potraviny, které jíme. Těžké kovy a jiné nečistoty se hromadí v mořských rybách (více jak jedna třetina z vylovených měkkýšů u pobřeží USA je nepříznivě ovlivněno znečištěním). Instituce NOAA tuto kontaminaci sleduje a poskytuje informace o oblastech bezpečná pro rybolov. (NOAA-Ocean Pollution)

8 Závěr

Oceánský plankton je velice úzce spjat se změnou klimatu. V současné době se populace planktonu přesouvá směrem od rovníku na sever. Důvodem je snížení obsahu živin v teplejších vodách. Oceány fungují jakožto „biologické pumpy“. Fytoplankton potřebuje ke svému životu CO_2 , který se do oceánů dostává z atmosféry. Jeho malá část je ukládána na dno a vyřazena na několik stovek let z koloběhu uhlíku. Obsahuje-li atmosféra větší množství oxidu uhličitého, následuje důsledkem skleníkového efektu oteplování klimatu a tím i oceánských vod. Zpomalí se míšení oceánských vod a na něm závislé přemísťování živin do povrchových vrstev. Oceán tak přestane mít potřebu čerpat oxid uhličitý z atmosféry.

Obsah planktonu v mořích a oceánech se liší. Nejbohatší oblasti se nacházejí při pobřeží. Na širém oceánu nalezneme i oblasti, kde se téměř žádný život nevyskytuje. Plankton pro pohyb ve vodě využívá vodních proudů. Slouží nejen planktonu, ale i ostatním vodním živočichům k cestování na velké vzdálenosti. Díky výstupným proudům se do povrchových vrstev dostávají živiny.

Znečištění oceánů působí na planktonní organismy negativně. Mezi jedno z nejhorších řadíme eutrofizaci vod. Jedná se o zamoření prostředí určitým druhem, který způsobí vyčerpání živin. Nepohyblivé organismy tak umírají.

Popsané oscilace mají významný vliv na klima na Zemi. Objevují se v určitých intervalech. Pro naši severní polokouli je nejdůležitější tzv. Severoatlantická oscilace. Jedná se o přírodní jev, který se následkem lidské činnosti může porouchat. Nyní se Atlantický oceán nachází ve fázi ochlazování. Mělo by to mít pozitivní vliv na růst populací planktonu a větší „odsávání“ oxidu uhličitého z atmosféry. V roce 2035 se však oscilace přehoupne do své teplé fáze. Ve spojení s neustálým zvyšováním množství skleníkových plynů v atmosféře by došlo k nečekanému rychlému růstu teplot.

Lidé by měli přehodnotit svůj dosavadní postoj k přírodě. Člověk vždycky byl a nadále bude přírodě vydán napospas. Je tedy nutné být k přírodě šetrný a chránit ji. Do budoucna bychom tak především měli snížit emise skleníkových plynů,

které se do atmosféry dostávají následkem lidské činnosti, zabránit znečištění oceánů odpadními látkami, zemědělci použitím vhodné agrotechniky zamezit odnesu erodovaného materiálu do řek a následně do oceánů.

9 Seznam literatury a použitých zdrojů

Archer D., Rahmstorf S., 2010: The climate crisis, An introductory guide to climate change. Cambridge University Press, Edinburgh

Cahinová M., 2005: Vliv severoatlantické oscilace na sezónní teploty vzduchu ve střední Evropě. Meteorologické zprávy: 41 – 47. Online: <http://www-1.sysnet.cz>

Carrington R., 1960: A Biography of the Sea. Chatto & Windus, Londýn

Cílek V., 2010: Odložené globální oteplování?. Vesmír. Online: www.vesmir.cz

Climate4you. Onlin: <http://www.climate4you.com/>

Cronin T. M., 1999: Principles of paleoclimatology. Columbia University Press, New York

Flannery T., 2007: Měníme podnebí. Minulost a budoucnost klimatických změn. Vydavatelství Dokořán, Praha

Fyzická geografie: <http://is.muni.cz>

Gorskij N., Petr T., 1964: Tajny okeana. Izdatělstvo Akademii nauk SSSR, Moskva

ICPP, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Online: <http://www.ipcc.ch>

Jermář M. K., 2011: Globální změna – cesta ze současného chaosu do budoucnosti, nakladatelství Aula, Praha

JOHN H., 1995: Global Warming. Lion Publishing, Oxford

Kalvová J., 1993: Pokroky matematiky, fyziky a astronomie – Skleníkový efekt a změny klimatu. Online: <http://project.dml.cz>

Kolektiv autorů, 2010: Prehistorie: Obrázkový průvodce vývojem života na Zemi. Euromedia Group, k.s. – Knižní klub, Praha

National Aeronautics and Space Administration: <http://data.giss.nasa.gov>

National Oceanic and Atmospheric Administration: <http://www.pmel.noaa.gov>

National Oceanic and Atmospheric Administration: La Niña Information. Online: <http://www.pmel.noaa.gov>

National Oceanic and Atmospheric Administration: What is an El Niño? Online: <http://www.pmel.noaa.gov>

Němec M., 1986: Ekologie mikroorganismů I. Státní pedagogické nakladatelství Praha, Praha

Noskovič P., 2005: Energetika a klimatické změny. Stavebnictví a interiér

Palmer D. H., 1999 Atlas of the Prehistoric World. Discovery Books, Virginia

Pazdera J., 2005: Sinice „krmí“ oceány a zachraňují nás před skleníkovým efektem. Online: <http://www.osel.cz>

Pouličková A., 2011: Základy ekologie sinic a řas. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc

Reichholf J., Janke K., Kremer B. P., 1999: Moře a pobřeží. Ikar, Praha

Ruddiman W. F., 2011: Pluhy, nemoci a ropa: jak lidé ovlivnili klima. Academia, Praha

Říhová Ambrožová J., 2008: Mikrobiologie v technologii vod. Vydavatelství VŠCHT Praha, Praha

Soukupová J., 2009: Atmosférické procesy (základy meteorologie a klimatologie). Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha

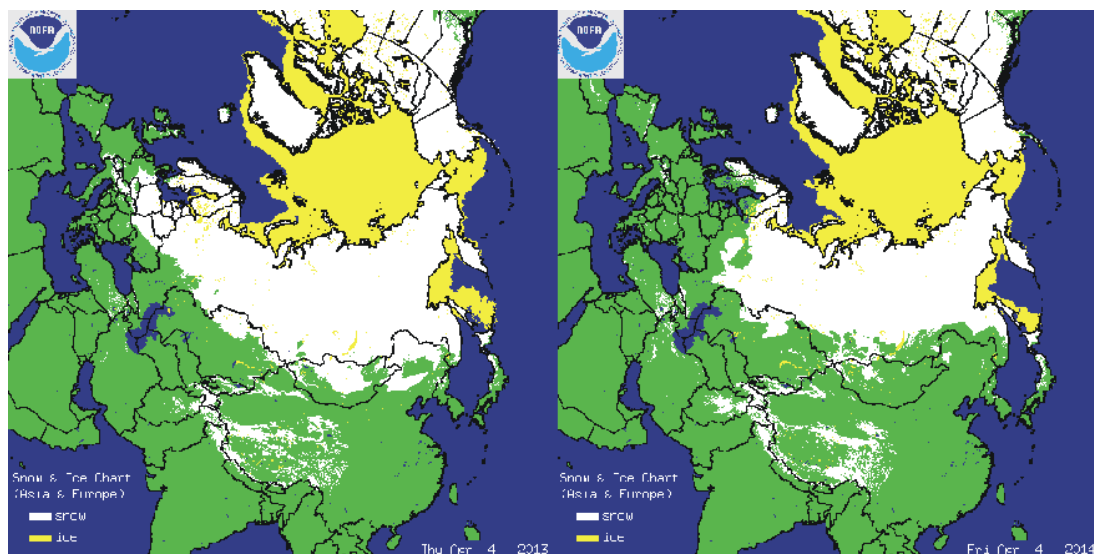
Soukupová J., 2013: Metody paleoklimatologie a historické klimatologie a vývoj klimatu na Zemi. Powerprint, Praha

Strany potápěčské: <http://www.stranypotapecske.cz>

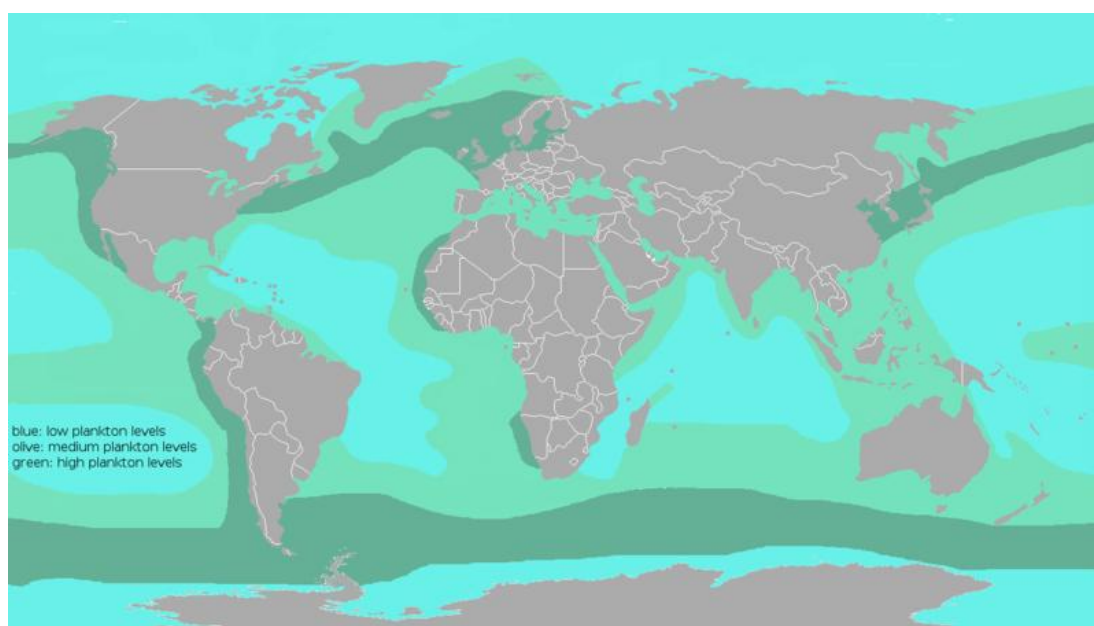
Zdrhal J., 2012: Využití přílivu a odlivu moře k výrobě elektřiny. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň. Online: <https://otik.uk.zcu.cz>

Ziegler V., 2002: Země a život. Dějiny naší planety. ISV nakladatelství, Praha

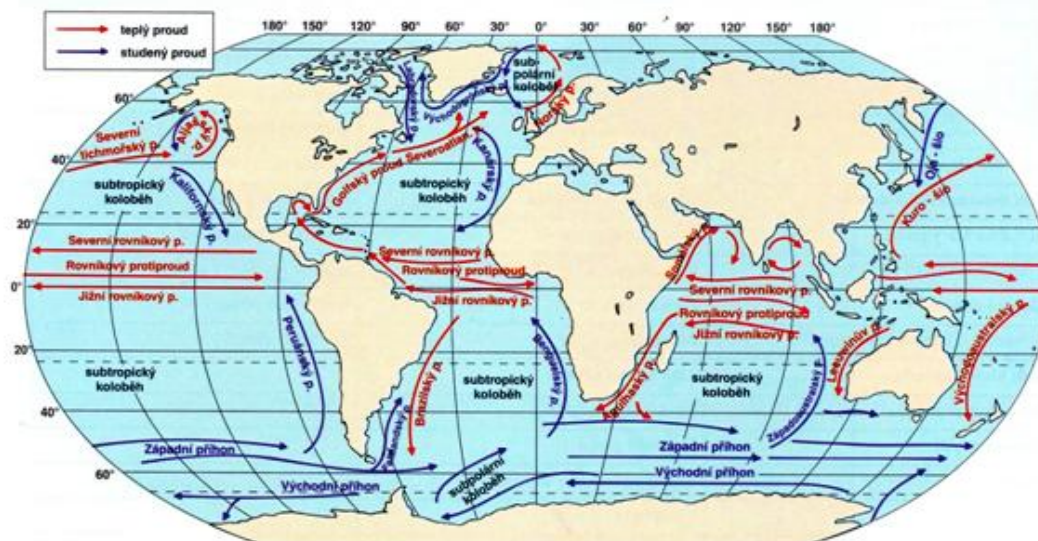
10 Příloha



Obr. 1 Změna sněhové a ledové pokrývky v severní Euro-Asii ve dny: 4. dubna 2013 vlevo a 4. dubna 2014 vpravo (www.noaa.gov)



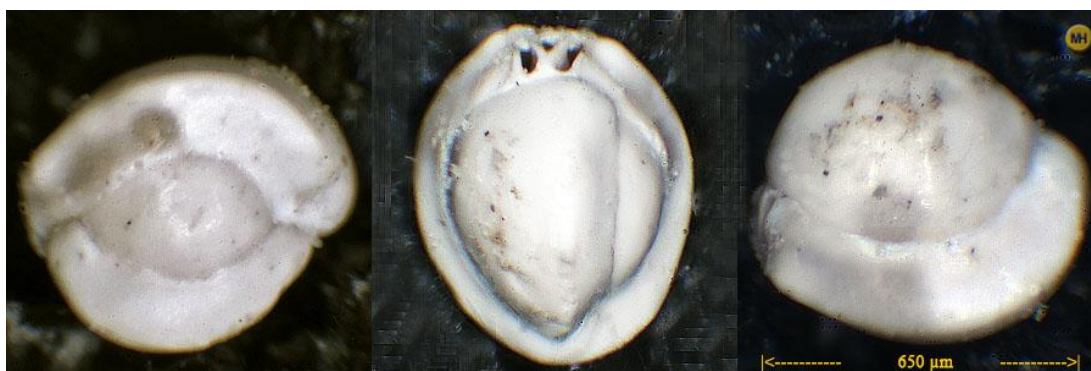
Obr. 2 Zastoupení planktonu na naší planetě – nejtmaší místa jsou oblasti s největším zastoupením planktonu, světle modrá pak s nízkým zastoupením. (en.wikipedia.org)



Obr. 3: Znáornění oceánských proudů – červeně jsou znázorněné teplé proudy a modře studené proudy (Thurman, Trujillo, 2005)



Obr. 4: *Elphidiella subnodosa* – patří mezi foraminifera vyskytující se na naší planetě v období oligocénu (<http://www.foraminifera.eu>)



Obr. 5: *Triloculina* – řadíme ji rovněž mezi foraminifera vyskytující se na naší planetě v období pleistocénu (<http://www.foraminifera.eu>)



Obr. 6: Rozsivky (<http://estuaries.noaa.gov>)



Obr. 7: larva polycheate (<http://estuaries.noaa.gov>)



Obr. 8: Zástupce klanonožců – menší organismy tvořící součást planktonu (<http://estuaries.noaa.gov>)



Obr. 9: Mořské řasy (<http://www.seascapestudio.net>)



Obr. 10: bioluminiscence fytoplanktonu (<http://geekyapar.com>)



Obr. 11: Odebírání vzorků planktonu (oceanexplorer.noaa.gov)



Obr. 12: žralok velrybí - žíví se živočišným planktonem (<http://vtm.e15.cz>)