

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

**Fakulta vodního hospodářství a
environmentálního modelování**



Bakalářská práce

Arktida a Antarktida – vývoj klimatu

Michal Nemrava

© 2015 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Michal Nemrava

Vodní hospodářství

Název práce

Arktida a Antarktida – vývoj klimatu

Název anglicky

Arctic and Antarctic – the climate evolution

Cíle práce

Práce bude zahrnovat literární rešerši – vznik a vývoj Antarktidy jako kontinentu, vývoj polárních oblastí v historickém měřítku a jejich zalednění. Dále budou použity řady měření – jak sopečného signálu v ledových jádrech, tak také teploty, získané prostřednictvím NOAA. Práce bude tedy souhrnem dnešního vědění o klimatu polárních oblastí.

Metodika

1. Úvod
2. Metody zkoumání klimatu minulosti Arktidy a Antarktidy
3. Antarktida – vznik a pohyb kontinentu
4. Arktida – počátky a průběh zalednění
5. Velké ledové epochy, glaciály a interglaciály
6. Dnešní stav Arktidy a Antarktidy
7. Budoucnost

Student si může rámcovou osnovu přizpůsobit své práci.

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčová slova

arktida, antarktida, klimatická změna, vývoj zalednění, tání ledovců

Doporučené zdroje informací

Datové řady NOAA

Fahrbach, E.

Mayewski, P.

Soukupová, J.: Metody paleoklimatologie a historické klimatologie a vývoj života na Zemi. Monografie. Power Print Praha, 2013

Turner, J. et al.: Antarctic climate change and Environment. SCAR 2007-2008

Vaughan, D.G.

Zahraniční články zejména od autorů:

Závěrečná zpráva IPCC

Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

Vedoucí práce

Ing. Jana Soukupová, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 30. 3. 2015

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 31. 3. 2015

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 12. 04. 2015

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci „Arktida a Antarktida – vývoj klimatu“ vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a že jsem uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal. Veškeré informační zdroje a odborné literatury jsem citoval a uvedl na konci práce v seznamu literatury. Jako autor bakalářské práce prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.4.2015

Michal Nemrava

Poděkování:

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Janě Soukupové, Ph.D. za vedení, rady a pomoc při zpracování mé práce. Dále bych také poděkoval všem, kteří mi s prací nějakým způsobem pomáhali a poskytli věcné připomínky a nápady.

Abstrakt:

Cílem práce bude rešerše o vzniku a vývoji Arktidy a Antarktidy, polárních pólů, jejich historie a zalednění.

Za využití odborné literatury se v úvodu zabývám metodami zkoumání klimatu z minulosti, především pak v oblasti Arktidy a Antarktidy. Dále se zabývám samotným vznikem Arktidy a Antarktidy jako kontinentu. Především jak se posouval kontinent a jak vzniklo zalednění těchto polárních oblastí. Popisuji také zámořské cesty mořeplavců a jejich historické dobývání pólů, které do značné míry i ovlivnilo nynější politický stav v Arktidě a Antarktidě. Následně popisuji velké ledové epochy, glaciály a interglaciály. Jejich příčiny a katastrofální dopady. Především z vědeckých organizací zkoumám současný stav, ve kterém i popisuji nynější globální oteplování a jeho účinky a v závěru se zabývám otázkou nad budoucností obou pólů.

Vyhodnocením dat z výzkumných stanic v Arktidě i Antarktidě je zjištěno, že mají naprosto rozdílné klima. Nově se Antarktický led rozpíná na své maximum, zatímco Arktida stále taje. Všem vědcům tak selhal model globálního oteplování do budoucna a zatím se nepodařilo najít příčinu vzniku tohoto rozdílného klimatu. Nelze předpokládat, že by modely klimatu díky datům z minulosti dokázaly předpovídat budoucnost. Klima zde na Zemi je totiž složitý systém, který se neustále mění vlivem mnoha nejrůznějších faktorů, které jej ovlivnily i v minulosti, abychom na planetě mohli mít prostředí pro život, jaké známe dnes.

Klíčová slova: Arktida, Antarktida, klimatická změna, vývoj zalednění, tání ledovců

Abstract:

The aim of this bachelor thesis is research of the formation and evolution of the Arctic and Antarctic, polar poles and their history and glaciation.

I am researching climate methods from the past utilizing specialized literature in the introduction, especially in the Arctic and Antarctic. I also deal with the formation of the Arctic and Antarctic as a continent. Especially how the continent drifted and how the glaciation started in these polar regions. I describe sailors overseas trips in both areas and their historic conquest of the poles, which influence the current political situation in the Arctic and Antarctic. After that it is followed by large ice epoch, glacials and interglacials. Their causes and catastrophic consequences. Primarily from scientific organizations is researched current state, which describes the current global warming, its effects and the future.

By evaluating data from observations in the Arctic and Antarctic is found the differences between climate. Newly Antarctic ice reached to its maximum, while the Arctic still melts. All scientists have failed about the modeling the global warming and so far nobody can find the cause of this difference in climate. Can not be assumed that the climate models would be able to predict the future. The climate here on Earth is a complex system that is constantly changing due to many different factors, which influenced it in the past to live in the environment we know now.

Key Words: The Arctic, Antarctica, climatic change, glacial evolution, glacier melting

Obsah

Metodika	9
1. Úvod.....	9
1.1 Cíle práce	9
2. Metody zkoumání klimatu minulosti Arktidy a Antarktidy.....	10
2.1 Jádrové vrty.....	10
2.2 Sedimenty.....	11
2.3 Izotopy	12
2.4 Pylová zrna.....	12
3. Antarktida – vznik a pohyb kontinentu	13
3.1 Geografické údaje	13
3.2 Vznik kontinentu.....	15
3.2.1 Zámořské plavby a objevení Antarktidy.....	18
3.2.2 Smlouva o Antarktidě	20
4. Arktida - počátky a průběh zalednění	22
4.1. Geografické údaje	22
4.2 Zalednění severní polokoule	22
4.3 Zámořské plavby.....	24
4.4 Politika	25
5. Ledové epochy, glaciály a interglaciály.....	27
5.1 Zalednění v prvohorách.....	28
5.2 Druhohory	29
5.3 Třetihory.....	29
5.4 Čtvrtohory	30
6. Dnešní stav Arktidy a Antarktidy	32
6.1 Výzkumné stanice	33
6.2 Globální oteplování.....	35
7. Budoucnost.....	37
Diskuse a závěr	38
Použitá literatura	40
Přílohy.....	44

Metodika:

Po zvolení tématu své práce jsem si rozvrhl hrubou osnovu s jednotlivými kapitolami. Následně jsem si zapsal jednotlivé pojmy k tématům a kapitolám, které mě pak odkázaly na další zdroje a udělal tak rešerši práce. Stanovil jsem si rozsah práce a upravil si její strukturu. Začal jsem vypracovávat jednotlivá témata od úvodu, přes historii klimatu na Zemi a vývoj Arktidy a Antarktidy až po současnost. Nejvíce používaná publikace byla *Metody Paleoklimatologie* (Soukupová, 2013) či *The Climate Crisis* (Archer et Rahmstorf, 2010). Literaturu jsem čerpal i z internetových odborných článků a webových stránek vědeckých organizací (NOAA, NASA, NSIDC...). Následně jsem vypracoval grafickou část v podobě tabulek, grafů a ilustrací. Vyhodnotil jsem celkový přínos práce a její výsledky shrnul na konci společně se zdroji literatury.

1. Úvod

Země je pozoruhodná planeta, která vznikla díky náhodným událostem, které Zemi utvořili do stádia, jakou ji známe dnes. Díky impaktům, vulkanismu, posunům kontinentů a dalším příčinám máme nyní možnost na planetě existovat. Události přišli v přesném časovém sledu a právě to umožnilo složitý vývoj na Zemi. Klima je tak nesmírně křehký systém a je nedílnou součástí Země, protože umožňuje život (Soukupová, 2013). Jak se tvořily kontinenty a s tím související klima, vytvářela se i Arktida a Antarktida jako místa severního a jižního pólu, kde vládou kruté klimatické podmínky pro život lidstva, ale přesto umožňují existenci několika tvorů, kteří bez těchto arktických oblastí nemohou existovat. Jako lidstvo máme v povaze zvědavost a ta nás dovedla i do těchto míst objevovat nové a neprobádané. V dnešní době díky stanicím a zámořským cestám můžeme sledovat tato místa a zjišťovat věci, které nám ještě nebyly odhaleny.

1.1 Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je vytvořit soubor dokumentů, věnovaných vzniku a vývoji Antarktidy jako kontinentu, vývoj polárních oblastí v historickém měřítku a jejich zalednění. Úvodní část je věnována metodě zkoumání minulosti klimatu a následně obecné charakteristice vzniku a vývoje Arktidy a Antarktidy. Dále budou použity řady teplot, získané prostřednictvím NOAA. V závěru je zhodnocen

současný stav těchto dvou oblastí, globální oteplování a budoucnost klimatu na Zemi.

2. Metody zkoumání klimatu minulosti Arktidy a Antarktidy

Klima se na Zemi vyvíjí již miliardu let a díky vědeckému bádání máme možnost nahlédnout zpět do minulosti a přibližně zjistit jaké bylo podnebí, co jej zapříčinilo a jaké dopady mělo na vyvíjející se život na Zemi.

Takové údaje, díky kterým můžeme nahlédnout do klimatu několik milionu let zpět, nám dokazují objevy v horizontech půdních typů, mořském dnu, zkamenělinách, ledovcových vrtech a pylových zrnech vyšších rostlin. Pomocí vědeckého zpracování máme možnost vidět, že se Země po celou dobu vyvíjela až do současnosti, kdy čelíme globálnímu oteplování. Víme, že panovala horší a nepříznivější podnebí než máme dnes a naopak, že bylo i příznivější klima, které dnes na Zemi neznáme. Střídaly se doby ledové tzv. glaciály a interglaciály (doby meziledové), které měly dobu trvání několik stovek let (Soukupová, 2013).

2.1 Jádrové vrty

Nejběžnějším vědeckým pokusem jsou jádrové vrty, které nám vrstvu po vrstvě získají vzorek dna o určité hloubce. Z nich pak vědci zkoumají, jak se jednotlivé vrstvičky sedimentů na dně ukládaly, formovaly a především co se v dané vrstvičce nachází.

Vrty podobné těm na mořském dně se provádí i v ledovcích (viz obr.č.1). Z nich můžeme určit mocnost přírůstkových vrstev. Podle přítomnosti sopečného popela můžeme odhalit výbuchy sopek v daném místě či sluneční aktivitu z izotopu Be^{10} a nebo podle iridia zaznamenat blízkost impaktu.(Soukupová, 2013)

Obr.1: Jádrový vrt z ledovce o průměru 10cm. (Walton, 2013)



Nahromaděné sněžné srážky v polárních oblastech poskytují cenný záznam paleoklimatických podmínek. Tyto podmínky jsou studovány podrobnými fyzikálními a chemickými analýzami ledu a firnu (což je sníh, který postupně roztává a zamrzá – přežil letní sezónu) v jádrech získaných z vysokých nadmořských výšek na ledové ploše. V těchto místech je totiž sněhové tání či sublimace extrémně nízká, takže sníh se akumuluje nepřetržitě, v některých oblastech až několik tisíc let. V současné době bylo získáno několik desítek jader s množstvím více než 1000 let záznamů z ledovců na obou polokoulích. (Bradley, 1999)

2.2 Sedimenty

Půdy, které vznikají na spraších a prachovnicích jsou dobrým a důležitým indikátorem změny prostředí. Prach byl unášen větrem a následně byl usazován. Vznikly tak půdy zvětráváním podloží. Prach vytvořil různé vrstvy, ze kterých lze datovat, avšak poněkud obtížně. Například pokud se z prachu vyvinul půdní profil, bylo teplé období. Podle koster a skořápek různých živočichů posuzujeme také teplotu. Písčité vrstvy nám říkají, že panovalo sucho, chladno a písečné bouře a proto nebyl vytvořen půdní profil. Složení minerálů a jejich tvar ukazují přibližné síly a směry větrů (Svoboda et al., 2003; Chlupáč, 1999).

Ze sedimentů na dně jezer, řek a zvláště pak kráterových jezer se můžeme pomocí vrtů dostat hluboko v čase až přes celý holocén. Mořské dno nám velmi dobře poskytuje informace o teplotě například, kdy ve dně lze nalézt zbytky mikroorganismů a to jak teplomilných tak chladnomilných. Zrnitost a způsob nánosů sedimentů nám ukazuje rychlost a směr mořských proudů (Soukupová, 2013).

Jezera hromadí usazeniny a sedimenty ze svého okolního prostředí a tak sediment ze získaných vrtných jader může poskytnout záznam o změnách životního prostředí. Akumulace sedimentů bývá velice vysoká a tak nabízí potenciál pro vysoké rozlišení záznamů z klimatické minulosti. Sedimenty v jezerech se skládají ze dvou sedimentů. Jeden je nepůvodní materiál, pocházející z okolí mimo jezerní pánve a druhý je původní materiál, který se vytvořil přímo v jezeře. Nepůvodní materiál je transportován do řek a potoků. Většinou je to pyl, rozpuštěné soli, makrofosílie atd. Původní materiál je buď biogenního původu, nebo může být i anorganického původu ze srážení vodního sloupce. Oba tyto sedimenty jsou velice užitečné v paleoklimatických rekonstrukcích. (Bradley, 1999)

2.3 Izotopy

Podle izotopů kyslíku a uhlíku lze vypočítat teplotu mořské vody v minulých dobách. Tuto metodu vynalezl americký nositel Nobelovy ceny Harold C. Urey v roce 1947. Právě voda obsahuje dva typy atomů kyslíku, které mají různý počet neutronů a oba dva jsou zastoupeny v poměru v závislosti na teplotě (Behringer, 2010).

Radiokarbonové datování (^{14}C), neboli uhlíkové datování se ukázalo jako jedno z nejvíce užitečných. Vzhledem k tomu, že izotop uhlíku je všudypřítomný na světě, byl použit pro datování vzorků rašeliny, dřeva, kostí, mušlí, půdy, jezerních a mořských sedimentů. Radiokarbonové datování je také ideální pro datování vývoje člověka od paleolitu do nedávné minulosti, a proto je tato metoda neocenitelná v archeologických studiích. Kromě toho, změny v obsahu ^{14}C v atmosféře jsou zajímavé samy o sobě, protože mají důsledky na solární a geomagnetické kolísání v průběhu času a tím i vliv na klimatické výkyvy. (Bradley, 1999)

Vědci z Curyšského institutu pro astrologii používají metodu ledovcových vrtů v Grónsku, která zjišťuje aktivitu Slunce v minulosti. Metoda zkoumá izotop berylia¹⁰ v ledu. Takový izotop vzniká kosmickým zářením a z jeho koncentrace lze zjistit, kolik záření se dostalo například do vrstev atmosféry. Tento izotop je ovlivňován především silou slunečního větru, který vane od Slunce rychlostí až 500 m/s. A právě vlivem slunečních skvrn se tato síla mění. Díky beryliu v ledu tak lze odhadnout sluneční aktivitu v minulosti. (Soukupová, 2013)

2.4 Pylová zrna

Věk pylových zón byl původně určen konvekční datovací metodou ^{14}C (Cronin, 1999). Podle zachovalých pylových zrn, můžeme určit, jaká vegetace pokrývala dané území v určité době. Pyl má rozdílná zrna, která se liší svým tvarem, velikostí a buněčnou blánou. Zrna mohou vydržet bez poškození ve vhodném prostředí až miliony let. Taková pylová zrna se nacházejí v chronologicky uložených sedimentech rašelinišť, jezer a některých půdních profilů. Klimatické změny se pak určují podle náročnosti rostliny na teplo. (Soukupová, 2013)

Vegetace, ze které pyl pochází, se může přizpůsobovat náhlé změně klimatu až několik set let. Výrazné změny v klimatu se pravděpodobně odrazí v pylových seskupeních i s meziročním rozlišením v pylových záznamech, stejně jako vegetaci

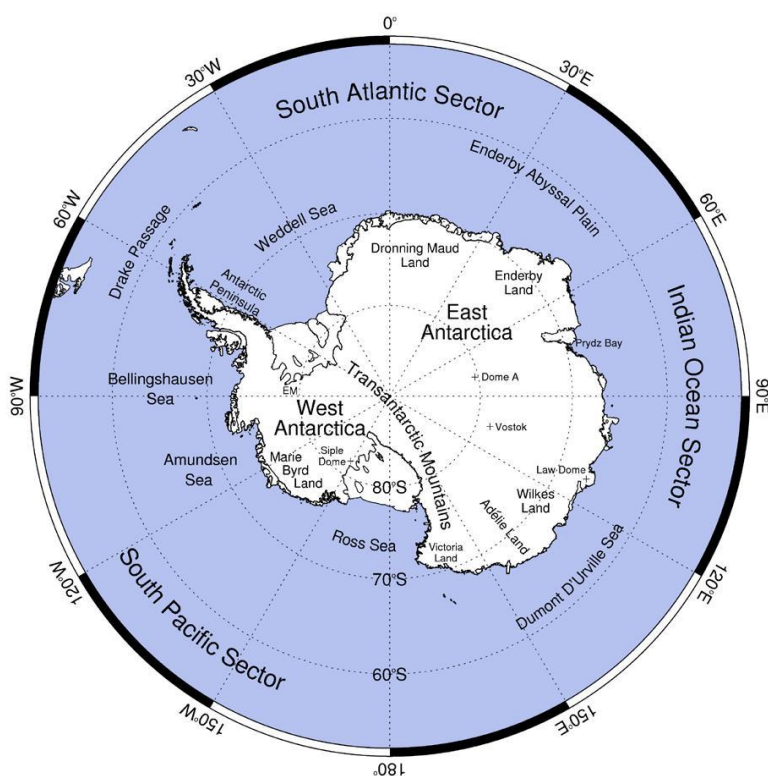
může trvat mnoho staletí, aby se přizpůsobila novému klimatickému stavu. (Bradley, 1999)

3. Antarktida – vznik a pohyb kontinentu

3.1 Geografické údaje

Antarktida jako kontinent zaujímá přibližně 8,8% souše na Zemi o rozloze 13,2 mil. km². Kolem kontinentu se rozprostírají moře Tichého oceánu (Amundsenovo a Rossovo moře), Atlantského oceánu (Weddelovo moře) a Indického oceánu. Mezinárodní hydrologická organizace (IHO) nově uznala Jižní oceán na jaře roku 2000, který obklopuje Antarktidu a jako hranice byla zvolena 60 rovnoběžka jižní šířky (Šobr, 2014). Nejvyšším bodem je Vinson Massif (4 897 m n.m.). Průměrná nadmořská výška se pohybuje kolem 2300 m. Podnebí Antarktidy je velice drsné, chladné a větrné. Střední roční teplota se pohybuje kolem -56°C (na pobřeží kolem -10°C). Absolutní rekord v minimu byl naměřen ve známé sovětské stanici Vostok 21.7.1983 a to -89°C. (CSPZP, 2003)

Obr.č.2: Geografie Antarktidy (Turner et al., 2009)



Název Antarktidy je odvozený z řečtiny. Ante znamená proti a Arktida nese název podle souhvězdí velké medvědice nad severní polokoulí Arktos. Poprvé tento název použil Charles Wilkes v roce 1840 a následně jej užil skotský kartograf John George Bartholomew v 90. letech 19. století ve svých mapách. (Fňukal, online 2015)

Antarktický ledovec pokrývá 98% kontinentu o objemu 24,9 mil. km³. Je to největší ledovec na Zemi. Ledovec je sice v průměru 1,6 km tlustý, ale může být až 4 km tam, kde překrývá hluboký pevninský základ pod ledovcem. Ledovec je rozdělený na dvě části a dělí jej Transantarktické hory („Transantarctic Mountains“). Archer a Rahmstorf (2010) tvrdí, že je Antarktida dělená na tři ledovce. Na západě je menší ledovec „West Antarctic Ice Sheet“ a na východě větší „East Antarctic Ice Sheet“. Východní ledovec se zdá být také stabilnější a právě v této části Antarktidy je z odhadů a měření patrné narůstání ledového příkrovu a ten západní je připojený k pevnině pod hladinou moře, což nejspíše způsobil nárůst ledovce nad pevninou a následné její snížení (Archer et Rahmstorf, 2010). Kontinent obsahuje okolo 90% celosvětového objemu ledovců, což je okolo 70% veškeré sladké vody na Zemi (Vícha, 2003, udává 80 %). Pokud by roztála celá Antarktida, moře by se zvedlo celosvětově o zhruba 60 m. (Bennet et Glasset, 2009)

Antarktické ledovce jsou naštěstí natolik pevné, aby zabránily povrchovému tání do moře. V centru Antarktidy se nachází nejhlubší pokles pevniny podobně, jako jsem psal výše o západním ledovci. Tento pokles pevniny vede k obavám o spodní odtok ledu. Led urychluje tok do moře blízko hranice mezi ledem, který je připojený na skalní podloží a plovoucím ledem (zemská linie – grounding line). Vzhledem k tomu, že se led ztrácí na okrajích, zemní linie ustupuje hlouběji do prolákliny v centru ledového příkrovu. Hlubší zemní linie pak dává prostor k vyššímu odtoku a díky sloupci ledu se urychluje objem toku ledovce do oceánu. Na západě antarktického ledovce proudy tečou do Rossova moře, zátoky Pine Island (Pine Island Bay) a Amundsenova moře. Díky nespočetně studiím je zdokumentováno urychlení v ledových proudech pod západním antarktickým ledovcem. Ztenčení ledového šelfu v Amundsenově moři usnadňuje proudění a to se díky tomu zrychluje.

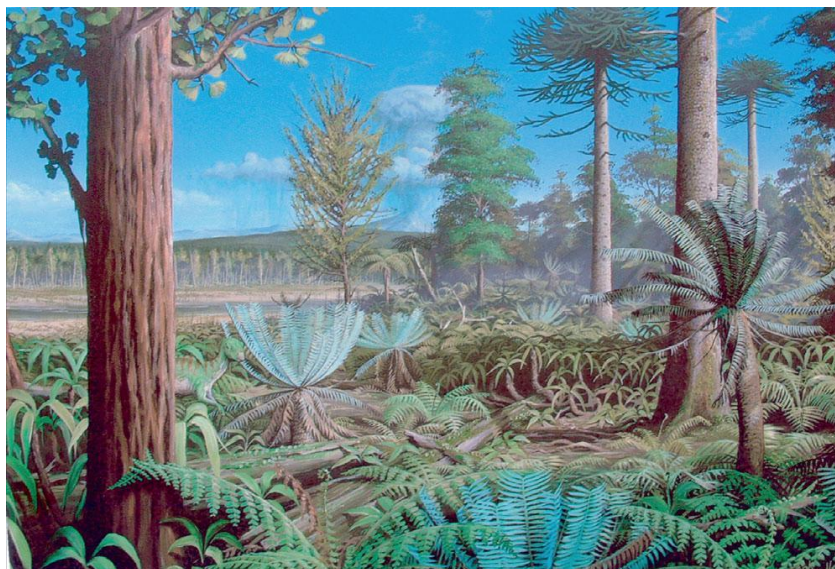
Třetí a nejmenší ledovec v Antarktidě je arktická Peninsula, což je výběžek kontinentu. Antarktická Peninsula byla prohlášena za jednu z oblastí s nejvíce tajícím trendem na Zemi, oproti zbytku Antarktidy, která je ledová už několik miliónů let. Ledové odtoky a ledovce samotné v Peninsule také zrychlily své tání či

odtok během několika let. Ledový šelf, který měl největší trend tání, se v Peninsule rozbil od jihu k západu, důsledkem oteplování. (Archer et Rahmstorf, 2010)

3.2 Vznik kontinentu

Když se utvářela naše planeta, kontinenty měly naprosto jinou podobu. Pevnina se stále posouvala a formovala. Vznikl tzv. superkontinent Gondwana. To se událo někdy před 200 miliony lety. V tu dobu se nacházela Antarktida právě někde zhruba ve středu Gondwany. Zhruba před 180 Ma (milion years ago) se Antarktida začala od Gondwany oddělovat. Tato perioda spadá do období jury v druhohorách. Antarktida se posunula k jihu až v následujícím období křídý, což bylo před asi 100 až 65 Ma. V tu dobu se i rozpadala Gondwana díky rozpínání oceánského dna (Turner et al, 2009). Superkontinent Gondwana se začal rozpadat v období Jury na Jižní Ameriku, Afriku, Indii, Austrálii, Nový Zéland a právě Antarktidu.

Obr.č.3: Antarktida v období křídý (Walton, 2013)



Úroveň CO_2 v atmosféře v období 130Ma do 45Ma vedla ke globálním teplotám o 6 až 7 °C teplejším, než jsou v současnosti. Taková teplota byla nejspíše důsledkem sopečných plynů. V období křídý někteří vědci odvozovali změnu hladiny až o desítky metrů z izotopů kyslíku, i když zatím není žádný geologický důkaz. Teplota dosáhla vrcholu v období střední a pozdní křídý, kdy subtropické podnebí zvítězilo nad pólem. Na hranici paleocénu a eocénu nám hlubinné sedimenty

poskytují důkaz o katastrofálním úniku více než 2000 gigatun uhlíku do ovzduší z hydrátu metanu a to zhruba 55 Ma.

Bohatý záznam rostlinných a živočišných fosilií ze svrchní křída a brzkého terciéru byl nalezen na ostrovech Antarktidy Seymour a Alexander. To nám dokazuje, že i přes to, kde se Antarktida v té době nacházela, panovalo mírné a příjemné klima, které umožnilo růst lesů. Analýza měnící se biodiverzity v lesích a záznam o klimatu, který je dochovaný v listí naznačuje, že ochlazování klimatu začalo ve středním eocénu, což je před asi 45 Ma, kdy se teplomilné rostliny ztratily z Antarktidy a byly nahrazeny druhy, které by mohly studené klima tolerovat (Turner et al, 2009). V terciéru byla teplota na pólech nejspíše ještě 6 - 8°C. Když se Antarktida odděluje od Austrálie kolem 60 Ma v paleogénu, kontinent se začíná ochlazovat a vzniká nejspíše i první zalednění. Klima se postupně ochlazovalo a proměnlivě střídalo teploty, hladiny moří kolísala. Antarktida se odděluje od Austrálie a tím vznikají cirkumatlantické (cirkumpolární – Antarctic Circumpolar Current, ACC) proudy kolem Antarktidy díky volnému moři, které na konci eocénu usnadňují zalednění. Tyto proudy obepínají Antarktidu a točí se v hlubinách do velkého oválu. Na počátku čtvrtohor se Antarktida výrazně posunula k jižnímu pólu a ostatní litosférické desky se stále pohybují. Dvě hlavní příčiny umožnily vznik cirkumpolárního proudu. První příčinou byl vznik Tasmánského moře mezi Antarktidou a Austrálií, ke které podle tektoniky a mořské geologie došlo zhruba před 35 Ma. Druhou příčinou bylo otevření Drakeova průlivu mezi Jižní Amerikou a Antarktickým poloostrovem (Peninsulským ledovcem). Rozvoj cirkumpolárních proudů se tak odhaduje na 40 a 17 Ma. V poslední době, za použití izotopů neodymia pro detekci přítomnosti tichomořské vody v oblasti Atlantiku, navrhli vědci otevření Drakova průlivu na 41Ma. Změny klimatu ze skleníkového efektu na zalednění probíhaly v pozdním eocénu před 42Ma. Z počátku silné zalednění ale krátkého trvání se shoduje s časovými údaji tvorby Drakova průlivu. Další drastická změna nastala v eocénu a oligocénu před 34 Ma, což vedlo k pokrytí vrstvou ledu v rozsahu, který se přibližuje současnosti. Z paleoklimatických záznamů se vědci domnívají, že tyto klimatické události ovlivnily i Jižní oceán a rybí faunu.

První období, kdy se na Antarktidě utvořil kontinentální ledovec, se datuje okolo 34 Ma. Hlubokomořské data izotopů odpovídají tomu, že byly podobné co o velikosti těm dnešním. První Antarktický ledovec se zřejmě utvořil v době, kdy klesla koncentrace CO₂ pod kritickou hranici. Tento pokles byl dokumentován a byl

připsán sníženým aktivitám sopečné činnosti. Pokles hladiny CO₂ v atmosféře je patrný v 1 km nánosů vápníku na dně tropického Tichého oceánu.

Nedávné studie starověké krajiny Olympus Range (Viktoriina země, Antarktida) odhalily teplé báze ledovcových usazenin, které byly překryty hřebeny studených bází štěrkovitých usazenin, z nich každá nese známku sopečného popela z doby přibližně 14 Ma. Krajina se změnila jen málo od té doby a nedostatek změn připsal přetrvávající mráz tomuto kontinentu. Popel ležící v proglaciálních jezerech (jezero hrazené morénovým materiálem a s vodou z ledovce), také datovaný na 14 Ma, obsahuje faunu lasturnatek, pyl předchůdce buku a mechový porost a jsou považovány za poslední pozůstatky této fauny a flory v tomto regionu. Dobře zachovalá flora buků nám dokazuje existenci hub, mečů, zakrslých keřů, koberců květin, brouků, měkkýšů, ryb a much. Transarktické hory jsou také dobrým důkazem pro podmínky tundry v této oblasti, jen 300 km od jižního pólu. Tyto fosílie jsou zachovány v glaciofluvial-paleosolní vrstvě (vrstva půdy vzniklá táním ledovců či usazováním půdních sedimentů nebo vulkanického prachu, vlivem geologických vkladů), která představuje teplejší interval, který dal vzniknout ledovcovému ústupu mezi chladnějšími intervaly, během nichž byly ledovce přítomny v tomto místě.

Prudké ochlazení ve středním Miocénu bylo již dlouho známé ze studií izotopů z hlubokomořského dna a pravděpodobně způsobilo rostoucí tepelnou izolaci Antarktidy související i s cirkumpolárními proudy, doprovázenou poklesem CO₂ v atmosféře. To zahustilo ledovce více či méně svým uspořádáním, které dalo vzniknout i myšlence přetrvání ledovců přes oteplování v brzkém pliocénu od 5 Ma do 3 Ma.

Během Pliocénu byly zaznamenány globální teploty o 2-3°C vyšší než dnes a s mořskou hladinou o 15 až 25 m vyšší než v současnosti. Okraje Antarktidy také zaznamenaly teplotu v pliocénu několik stupňů teplejší než dnes díky rozsivkám v pobřežních sedimentech a hlubinných vrtů. Nicméně geomorfologické záznamy a starověké vysoko položené oblasti v Transarktických horách spolu s modelováním pliocenních ledových příkrovů potvrzují přetrvání ledovce východní Antarktidy během této doby. Nový ledový model Pollarda a DeConta (2009) potvrzuje toto přetrvání ledovců na východní Antarktidě a zmizení ledovce západní Antarktidy během teplého období pliocénu a dokonce i nedávno v interglaciálu něco málo před 1 miliony lety. (Turner et al, 2009)

Ve čtvrtohorách začalo střídání tzv. glaciálů a interglaciálů. Doby ledové a meziledové. V glaciálu byla průměrná teplota například pro střední Evropu okolo 0°C a v interglaciálu to bylo 10°C - 15°C. Dnešní průměrné teploty se ve střední Evropě pohybují okolo 9°C. Tyto cykly trvaly několik let, ale Antarktidu jako zamrzlý kontinent už neovlivnily. Na začátku pleistocénu, 2,5 Ma, se Antarktida výrazně ještě posunula k jihu, jak ji známe v současnosti (Soukupová, 2013). Tyto cykly, kdy se střídaly doby ledové a doby meziledové popíší až v dalších kapitolách níže.

3.2.1 Zámořské plavby a objevení Antarktidy

Antarktida je kontinent, který byl objeven až jako poslední. Před více než 2000 lety řecký filozof Aristoteles naznačil, že existuje ještě jeden neznámý a nespářený kontinent, protože viděl potřebu vyvážit hmotnost severních kontinentů i přímo oblasti zvané Arktos, podle hvězdného uskupení na severu. Tak tvrdil, že musí existovat země na jihu, které začal říkat Antarktos.

Ve druhém století, egyptský geograf Ptolemaios souhlasil s tím, že jižní země existuje a nazval ji Terra Australis Incognita a řekl o ni, že je to úrodná a obyvatelná země. Ptolemaios předpokládal, že byla oddělena od zbytku světa zemí ohně a někteří věřili, že to obývalo strašné monstrum. Tyto domněnky odradily další zkoumání antarktické oblasti po mnoho staletí.

Středověký text od Pomponiuse Mela a Juliuse Solinuse, který byl publikován v Římě v roce 1519, objasnil argument, že známé pevniny na severní polokouli, musí mít protinožce k jejich vyrovnání. Mela a Solinus začlenili do mapy světa obrovskou pevninu kolem jižního pólu. Tato domněnka o pátém kontinentu byla významným krokem pro historický vývoj.

Přes více než dvěma tisíci lety tato myšlenka o Terra Australis, neznámé jižní zemi, nedá spát kosmografům a kartografům. Tyto spekulace o bohaté jižní zemi byly vyvráceny v 18. století kapitánem Jamesem Cookem. Jeho loď Endeavour byla první, která se plavila po antarktických vodách, což je patrné podle jeho zachovalého deníku ze 17. Ledna 1773. Během své druhé plavby byli James Cook a Tobias Furneaux prvními, kteří obepluli jižní polární kruh kolem Antarktidy. Cook dosáhl nového nejvzdálenějšího jižního rekordu 71°10' jižní šířky a dokázal, že jeho předchozí pozorování při plavbách představovalo Antarktidu. Cook zakotvil na Jižní

Georgii a objevil Jižní Sandwichovy ostrovy, které také pojmenoval. Cook nemohl potvrdit, že tam někdy byl kontinent v těchto ledových mořích, ale věřil, že země musí být v okolí.

Bylo to téměř 50 let, než první člověk spatřil Antarktidu. Pravděpodobně to byl admirál Fabian Gootlieb von Bellingshausen během ruské expedice 1819 – 1821. Mapoval pobřeží Jižní Georgie a objevil 27. ledna 1820 další Sandwichovy ostrovy, pravděpodobně je spatřil díky ledovému spojení s pevninou. Objevil také ostrov Petra I. a Alexandrův ostrov. Fabian jako druhý obeplul Antarktidu a podle jeho lodí se nyní jmenují dvě výzkumné ruské stanice Vostok a Mirnij (Fňukal, online 2015)

V únoru roku 1821, americký mořeplavec John Davis se stal pravděpodobně prvním člověkem, který vstoupil na Antarktidu. Další kotvení následovalo v prosinci, kdy s Nathanielem Palmerem a Britem Georgem Powellem objevil Jižní Orkneje (South Orkney Islands). Další slavná plavba v Antarktidě byla britská, pod vedením kapitána Jamese Weddella, známého lovce tuleňů, který navštívil Jižní Shetlandy a Jižní Orkneje v letech 1821 – 1821. Podle Weddella je pojmenováno i moře u Antarktidy. Když následovala další plavba v letech 1822 – 1824, dostali se k Antarktidě v roce, kdy led značně ustoupil a moře bylo otevřené. Tak nespátřili zemi a založili nový nejvzdálenější rekord 74°15' jižní šířky.

Návnada biologicky bohatých moří a počet velryb, tuleňů a tučňáků pro kůže brzy přilákala odvážné mořeplavce a lovce, kteří riskovali svůj život a pouštěli se do ledového království. Cesta kapitána Jamese Clarka Rosse v letech 1839 – 1842 byla asi nejdůležitější od doby, kdy Cook obeplul Antarktidu. V první sezóně jeho dvě lodě pronikly skrz kry do Rossova moře. Objevil Transantarktické hory a několik ostrovů – Coulmanovy, Franklinovy, Beaufortovy a Rossovy. Spatřil Rossův šelf a zakotvil na Possessionově a Rossových ostrovech. Během jeho druhé plavby Ross zlepšil svůj nejvzdálenější dosažený bod na 78°. Ve třetí sezóně objevil další ostrovy spolu s mysem Seymour, které se později jmenují Seymourovy ostrovy a obsahují jedno z nejlepších nalezišť fosilií na kontinentu. Na pobřeží ostrova Jamese Rosse má Česká republika i svou výzkumnou stanici Johanna Gregora Mendela. James Ross následně vedl v Antarktidě několik botanických, magnetických a zoologických výzkumů. Cockburnský ostrov je jeden z nejvíce historicky významných míst. Přesto se však vědcům v té době nepodařilo rozpoznat geologický význam Antarktidy. Kdyby však zakotvili na Seymourských ostrovech, možná by zjistili mnohem více.

Až do konce 19. století se ale výzkumy omezovaly jen na pobřeží a od počátku 20. Století probíhalo soustavnější mapování a později i boj o dosažení zeměpisného pólu, který nakonec vyhrál Nor Roald Amundsen, který na pól dorazil 15.12.1911. Boj vedl s výpravou Brita Roberta Falcona Scotta, který ale se svou expedicí výpravu nepřežil. (Stilwell et Long, 2011; Walton, 2013)

3.2.2 Smlouva o Antarktidě

Po druhé světové válce se obnovila spolupráce v oblasti Antarktidy. V roce 1945 byla na tomto kontinentu vybudována první výzkumná stanice a následně o 4 roky později došlo k mezinárodní spolupráci v Antarktidě, kdy se vyhlásil mezinárodní geofyzikální rok, ve kterém mimo jiné byl zahrnut i výzkum Antarktidy. 64 států spolupracovalo na programech a z toho 12 se zapojilo přímo do výzkumů vysláním vlastní expedice nebo vybudováním výzkumné stanice. Vznikla tzv. gentlemanská dohoda, která mimo jiné měla držet politikaření stranou od vědecké činnosti. Tato smlouva nabrala nový směr v roce 1958, když se Spojené státy americké pokusili uzavřít smlouvu o Antarktidě. V následujícím roce 1959 1. prosince byla smlouva podepsána a vstoupila v platnost 23. června 1961.

Smlouva zahrnuje mezinárodní právní postavení kontinentu, zároveň i vědeckou a mírovou spolupráci. Zakazuje budování základen na jejich území či provádět jakékoliv vojenské manévry. Z Antarktidy se tak stal tzv. mezinárodní prostor, který si nesmí přivlastnit žádný ze států. Během 40 let smlouva pomohla pro rozvoj právního režimu známého Antarktický smluvní systém (The Antarctic Treaty Systém – ATS), který reguluje vztahy mezi státy v oblasti kontinentu. ATS se skládá ze smlouvy o Antarktidě (Washington, 1959), různých jiných doporučeních přijatých stranami smlouvy, tzv. Madridského protokolu o ochraně životního prostředí Antarktidy (Madrid, 1991), Smlouvy o zachování antarktických tuleňů (CCAS, Londýn 1972) a Úmluvy o zachování antarktických mořských živých zdrojů (CCAMLR, Canberra, 1980). Smlouva o úpravě činnosti týkající se nerostných zdrojů Antarktidy (CRAMRA, Wellington, 1988) nebyla přijata žádným státem a nevstoupila proto tedy v platnost a nelze ji považovat za součást ATS.

Smlouva o Antarktidě má tři kategorie. První z nich je kategorie, která tvoří 12 států, které se podíleli na výzkumu Antarktidy nejaktivněji těsně před podpisem Smlouvy o Antarktidě. Druhá kategorie je tvořena státy, které ke smlouvě přistoupily

dodatečně a projevují zájem tím, že na Antarktidě vyvíjejí vědeckou a výzkumnou činnost. Tyto dvě kategorie Smlouvy o Antarktidě představují tzv. konzultativní strany, které mají hlasovací právo a tak mohou měnit a působit na veškeré záležitosti, týkající se Antarktidy. Třetí kategorií tvoří státy, které jsou smluvními stranami Smlouvy, ale jejich vědecká činnost není podstatná či žádná. Mohou se podílet pouze na rozhodovacím procesu v rámci Konzultativních schůzek. Mezi tyto státy patří i Česká republika. (MZP, online 2015)

Několik států si nárokuje území v Antarktidě v podobě kruhových výsečí se středem v jižním pólu a poloměrem k 60 rovnoběžce jižní šířky. Postupem času totiž začaly jednotlivé země vynášet nároky o části Antarktidy. V první polovině 20. století vneslo sedm států požadavek na nárok na jednotlivá území. Mezi prvními byla Velká Británie mezi roky 1908 a 1917, která si nárokovala území na základě královského dekretu. Británie pak předala část území Novému Zélandu v roce 1923 (tzv. Rossova dependence) a v roce 1933 Austrálii. Mezi dalšími byla Francie, která požadovala nárok na území prezidentskými dekrety z roku 1908 a 1917 na všechny ostrovy a na pevninu Antarktidy mezi 136° a 142° východní délky (tzv. Adéline země). Další zemí je Norsko, které je spojené s královským prohlášením z let 1939 (tzv. Bouventův sektor). Německo bylo další zemí, která požadovala nárok na území, ale v rámci výsledků 2. světové války nárok zanikl. Dalšími státy, které si nárokují území je Chile a Argentina. Jejich území se kryje s britským a ve 40. a 50. letech to vedlo k napětí a hrozícímu konfliktu. Státy si nárokovaly území podle různých právních titulů, nebo podle objevu a prohlášení o nabytí či jen podle příležitosti a blízkému sousedství s kontinentem. Právě Smlouva o Antarktidě všem státům zakazuje vytváření nových území či suverenity na území. Roku 1998 vstoupil v platnost dodatkový (tzv. Madridský) protokol o ochraně přírodního prostředí Antarktidy, dohodnutý už v roce 1991. Protokol nově zavádí pravidla pro nakládání s odpadem, upřesňuje ochranu přírody a na dalších 50 let zakazuje těžbu a zavádí omezení rybolovu. (Vícha, 2003)

Nově má Česká republika za své vědecké výzkumy v Antarktidě právo hlasovat a již nepatří do třetí kategorie Smlouvy o Antarktidě. Je tak 29. státem, který má právo rozhodovat o budoucnosti tohoto kontinentu. Česká republika provádí výzkumy již od roku 1994 a od roku 2006 má i vlastní výzkumnou stanici Johanna Gregora Mendela na ostrově Jamese Rosse. Takovéto vyšší postavení získala 29. května 2013, tvrdí ministerstvo zahraničních věcí. (MZV, online 2013)

4. Arktida - počátky a průběh zalednění

4.1. Geografické údaje

Arktida se nachází na severní polokouli a je tak nazvána oblast na sever od polárního kruhu, který leží na rovnoběžce $66^{\circ} 32'$. Zabírá tedy oblast přibližně o rozloze 27 mil km^2 . V mezinárodním centru sněhových a ledových dat se dočteme, že hranice Arktidy jsou hned tři. Jedna je podle zalesnění, jedna podle izočáry o 10°C průměrné teploty v nejteplejším měsíci a třetí právě ohraničená rovnoběžkou (NSIDC, online 2015). Polární kruh je nejpoužívanějším vymezením arktické oblasti. Oblast povrchu Země, která je v zimním období odcloněna od Slunce a naopak v letním období kde Slunce nezapadá, dosahuje právě $66^{\circ}33'$ severní šířky, tvrdí Josef Ester (2011).

Arktická oblast se skládá především z větší části z moře. Zahrnuje také přilehlé části kontinentů Severní Ameriky, Asie a Evropy společně s ostrovy a mělkými moři. Arktida tak zaujímá přibližně šestinu zemského povrchu. Rozloha je třikrát větší než Evropa a 1,5krát větší než Rusko. (Archer et Rahmstorf, 2010)

Především je známé Grónsko, které patří do Arktické oblasti. V dnešní době se na jeho povrchu nachází takové množství ledu a sněhu, že při jeho roztátí by to zvedlo hladinu moře o 6 m. Archer a Rahmstorf (2010) uvádí, že by hladina moře stoupla dokonce až o 7 m. Ledovec v Grónsku obsahuje 11% z celkového objemu všech současných ledovců na planetě. Několik vědců se také domnívá, že v Grónsku nalezené stopy organického uhlíku, pomocí jádrových vrtů, by mohly být stopy první známky života na Zemi. (Soukupová, 2013)

4.2 Zalednění severní polokoule

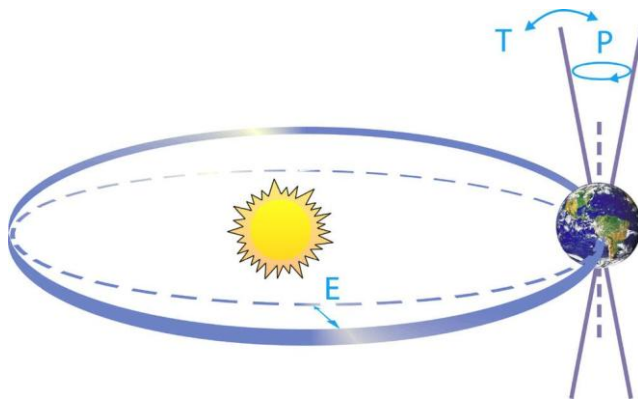
Jak se planeta po milionů let utvářela a formovala, zažívala pády meteoritů a komet, výbuchy vulkánů a posun litosférických desek. Vytvářela se gravitace, magnetické pole a atmosféra, oceány a kontinenty. Jak bylo řečeno výše, všechny tyto aspekty hrály velkou roli při vývoji klimatu, nejen na pólech ale na celé planetě.

Hlavním a důležitým bodem v oblasti Arktidy je Severní ledový oceán, kde již od dávné minulosti existuje výměna energie akumulované v mořské vodě mezi arktickým a mírným-tropickým pásmem, která je ale klimaticky nestabilní. Hladina Severního ledového oceánu má vysoký výpar a ten se následně přenesse s oblačností do severních poloh a vede to ke zvýšeným srážkám a k akumulaci vody ve formě

ledu. Když dojde k této transformaci vody z moří do formy kontinentálního zalednění, hladiny oceánu poklesnou a dojde i k částečnému přerušení spojení proudů mezi mírným-tropickým pásmem a arktickou oblastí. Ochlazování se začne ještě stupňovat a pokrytí oceánu a pevniny ledovci vyvolává suché cyklóny a oblasti se začnou vysušovat. Takové suché klima přeruší nárůst ledovců, změní se klimatický cyklus, kdy ledovce začnou ustupovat a celá oblast se opět otepluje.

Takovýto cyklus je opakován a jeho periodicitu má stupňující charakter a to především v kvartéru. Významnou roli zde hrají Milankovičovy cykly (Milankovičův model, viz obr.č.4), které rozluštil zákonitosti střídání glaciálních a interglaciálních cyklů. Perioda tohoto střídání je zhruba 120 000 až 150 000 let. V tomto modelu hrají roli tři proměnné: změny polohy osy Země, změny úhlu osy Země vůči Slunci a změny tvaru oběžné dráhy Země kolem Slunce. Právě analýzy například izotopů kyslíku, vodíku a sedimentů, pylových zrn a jiných fosilních zbytků, nám ukazují, že Milankovičův model je do značné míry opodstatněný a střídání ledových a meziledových dob se především projevuje v klimatu v arktické a antarktické oblasti a ve změně hladin oceánů.(Ester, 2011)

Obr.č.4: Milankovičovy parametry (Walton, 2013)



Hypotézy o různých kosmických katastrofách a tělesech, díky kterým začala zamrzat Arktida, je několik. Posuny kontinentů a desek měnily celosvětové klima a proudy v oceánech, které hrály důležitou roli v oteplování či ochlazování pevnin. A tak zhruba před 4 000 miliony lety, kdy docházelo k těmto klimatickým změnám, se Arktida nakonec stala zaledněnou oblastí, jakou známe nyní.

První ledovce podle Josefa Estera (2011) nejspíše vznikly v arktické oblasti v severní Americe, v Grónsku a na severním pobřeží Sibíře v pliocénu, tedy asi před 5 – 1,8 mil. lety. (Elster, 2011)

Hlavním aktérem při zalednění Arktidy jsou malé doby ledové, glaciály a interglaciály vlivem slunečních minim, Milankovičových cyklů a slunečních cyklů, které se začaly střídat na Zemi ve čtvrtohorách neboli kvartéru. Soukupová (2013) uvádí například před asi 11 000 lety v holocénu teplotní skok až o 7°C, který je znám se sedimentů a pylových zrn vrtů ve Švédsku či z Grónska. Díky všem těmto událostem, jak se střídaly glaciály a interglaciály, vznikla nakonec na severním pólu Arktida, jakou ji známe dnes. Země se ale nezastavila a mění se dál a s ní i kontinenty, ostrovy, různé cykly ať už sluneční, Milankovičovy nebo klimatické a s tím i právě zaledněné oblasti, jako je severní pól.

4.3 Zámořské plavby

Arktida dostala svůj název po řeckém mořeplavci. Nejspíše to byl dějepisec Herodotos kolem 450 let př.n.l. Informace o Arktidě později doplňuje další Řek, astronom a cestovatel Pytheas kolem roku 350 př.n.l. za dob Alexandra Velikého. Pytheas se domníval, že je Země kulatá, ale neměl představu o její velikosti a tak se vydal na sever v malé plachetnici. Dodnes se neví, kde Pytheas přesně zakotvil. Někteří badatelé tvrdí, že u Shetlandů. Pytheas následně jako první podává zprávy a informace o moři pokrytém ledem.

V 8. století se objevují Vikingové, kteří osidlují Island a zakládají dnešní Reykjavík. Orientující se pouze podle hvězd a Slunce dokázali spolehlivě doplout až do Grónska. Nejznámějším mořeplavcem Vikingů je Erik Rudý (Centkiewicz et Centkiewiczova, 1958). Svou přezdívku si získal podle svých rudých vlasů či díky vznětlivé povaze a krutosti. Díky rvačkám a vraždám byl Erik s rodinou vyhoštěn na Island. Díky dalším potyčkám byli nakonec vyhoštěni i z Islandu. Erik měl tušení, že je na západě další země a zanedlouho narazil na Grónsko, které díky svým zeleným planinám pojmenoval „Greonland“. Také pojmenoval Eriksfjord. Po vyhnanství se vrátil na Island a navrhl osídlit novou zem. Byly založeny osady jako je Nuuk, dnešní hlavní město. (Sephton, 1880)

Kolem roku 1000 odplouvá Erikův syn Leif Eriksson do Ameriky do Vinlandu (země vína), kde zakotvil na pobřeží Labradoru. Zdá se, že byl také prvním Evropanem, který vstoupil na Ameriku. V 11. a 12. století zažívají Vikingové rozmach. Panovalo příjemné a teplejší klima. Obchodovali s kůžemi a kly mrožů s Evropou, která jim zase dodávala zboží jako látky a jiné, které si v Grónsku

neopatřili. Ve 13. století však dochází ke změně. Vikingové jsou na pokraji vymření. Vlivem měnícího se klimatu začali mít i nedostatek dobytka, který potřeboval pastviny. Trávu ve velkém množství Vikingové spotřebovávali na stavby, které museli i obměňovat a rekonstruovat. Nedostatek surovin jako je dřevo, dokonce i kov je přivedli k začátku záhuby. Nakonec je i možné, že díky obchodu se do Grónska přenesla nemoc jako neštovice, která Vikingy postihla. Mohl skončit obchod mezi Evropou a konečnou ránu zasadili schopní domorodí obyvatelé Inuité. Znalí arktických končin věděli přesně, co dělat, jak lovit a se svými zkušenostmi vedli útoky proti Vikingům. Inuité nejspíše přišli ze severu od kanadských ostrovů a rychle se rozrůstali. Nakonec Vikingové vymírají a dávají prostor domorodým obyvatelům zde rozvíjet svá sídla. (Centkiewicz et Centkiewiczova, 1958; Diamond, 2005)

Dalším zajímavým krokem v oblasti Arktidy je objevení magnetického pólu v roce 1831. Znamý James Clarke Ross, jakož i dobyvatel Antarktidy, objevil magnetický pól na $70^{\circ}5'$ severní šířky a $96^{\circ}46'$ západní délky. Expedice nakonec ztroskotala a jejich loď uvízla v ledu po dalších skoro 200 let, dokud ji nenalezla kanadská expedice v roce 2004. Ve 20. století se podniklo ještě mnoho výprav k severnímu pólu, především kvůli dobrodružství a výzvě, kterou cesta nabízela. Na přelomu 19. a 20. století se uskutečnil dokonce let balónem, který byl ale neúspěšný a po ztroskotání celá posádka zemřela. Lidé se snaží dostat k pólu na saních se psy, dokonce i vzducholodí. Následně začátkem 20. Století začali lidé spolupracovat s Eskymáky a Inuity a především za pomoci saní se psy se snažili dosáhnout severního pólu. Nejbliže se pravděpodobně pólu přiblížil, či jej zcela dosáhl podle zachovalých deníků, R. E. Pear, který se o dobytí pólu pokoušel několikrát a založil dokonce i „Arctic Club“, který sháněl peníze na expedice. (Inuru, 2014)

4.4 Politika

Polární průzkumné výpravy byly podniknuty již od počátku století například Brity, Američany, Nory a nebo Rakušany, především za účelem dosažení severního pólu. Státy spolu začaly soupeřit o severní pól a o jeho dobytí. Například Kanada v roce 1907 stanovila, že všechno území, které se nachází mezi 141° a 60° západní délky spadá pod její suverenitu (Šanc, 2011). Souostroví Špicberků a Grónska bylo pro státy důležitou oblastí z hlediska kvalitního uhlí a dalších nerostných surovin. Vedl se několikaletý spor, který byl nakonec ukončen Smlouvou o Špicberkách z roku

1920, která souostroví nechala pod vládou Norska, avšak s podmínkou odstoupení jakékoliv armády v oblasti a ponechání přístupu všem státům, které smlouvu ratifikovaly (Miller, 1925). Obdobný spor byl veden i o Grónsko, které počátkem 20. století bylo Amerikou, Evropou a Asií vnímáno jako důležité strategické místo v případě vypuknutí války. Spor byl nakonec vyřešen u soudního dvora v Haagu a ten roku 1933 přisoudil Grónsko Dánskému království. (Fogelson, 1989)

V průběhu 2. Světové války byla oblast severního polárního kruhu důležitá co do strategické oblasti. Díky krátké vzdálenosti především mezi Ruskem a Amerikou zájem o tuto oblast narůstal i po válce. Důležitou událostí byla řeč Michaela Gorbačova v říjnu 1987, tzv. Murmanská řeč. V této řeči Gorbačov označil Arktidu za mírovou zónu. Budoucnost této oblasti tak ležela arktickým národům a především pak jejich spolupráci, která měla vést k využívání zdrojů Arktidy. Jeho myšlenky podpořil i Alexej Raionov, což byl sovětský velvyslanec v Kanadě. Raionov také řekl, že by arktické státy měly rozšířit svoji působnost a spolupráci nejen v rozvoji zdrojů, které Arktida nabízí, ale také v ochraně životního prostředí, vědeckého výzkumu a sociálních a ekonomických práv domorodých obyvatel. (Sale et Potapov, 2010)

Mezi arktické státy se považuje tzv. arktická pětka, tedy USA, Kanada, Rusko, Dánsko (skrz Grónsko) a Norsko (skrz Špicberky). Do arktických států patří ovšem i Švédsko, Finsko a Island, přestože jejich pobřeží není omýváno vodami Severního ledového oceánu. Těchto osm států je stálých v tzv. Arktické radě a tvoří její jádro, jakožto státy, jejichž území sahá do oblastí severně od polárního kruhu. (MZV, 2010)

Poté, co se rozpadl Sovětský svaz, význam Arktidy poklesl a veškeré napětí mezi státy zmizelo. Díky takové situaci začali státy spolupracovat, což vedlo právě v roce 1996 k založení Arktické rady. (IISS, 2010)

Rada byla založena Ottawskou deklarací. Orgán by měl spolupracovat a interagovat se zúčastněnými státy především v otázce životního prostředí. Rada je stále spíše jen diskusním fórem než orgánem s nějakými většími pravomocemi. Zakládajícími státy byly USA, Kanada, Island, Dánsko, Norsko, Finsko, Švédsko a Rusko. Tedy země, které právě zasahují do arktické oblasti. Mimo těchto států jsou také v radě zastoupeny organizace domorodých obyvatel. (Arctic Council, 1996)

Arktická oblast a její mezinárodní režim na rozdíl od Antarktidy vycházejí z mezinárodních fór a nezávazných dohod. Arktida je dnes tak posledním regionem

na planetě, která z hlediska mezinárodního práva nemá vymezený status a je regulována jen zákony arktických států, jejich smlouvami a mezinárodními dohodami. V současné době se v této oblasti prolíná mnoho práv, jako jsou například mezinárodní právo, evropské právo nebo národní právní systémy arktických států. (Šanc, 2011)

Důležitým bodem byla deklarace arktických států v roce 2008, ve které se státy zavazují, že budou nadále uplatňovat tzv. mořské právo. Základním dokumentem tohoto práva je Konference Organizace spojených národů o mořském právu (UNCLOS). Byla podepsána v Montago Bay roku 1982 (RUSI, 2010). Kdysi bylo moře děleno na teritorium a společné zóny, kdy si státy nárokovaly, především po druhé světové válce, zemní zdroje a přímořská teritoria. Vznikla tak nová mezinárodní úprava UNCLOS, ve které jsou stanoveny dvě normy. Výlučná ekonomická zóna, která je stanovena na 200 námořních mil od pobřeží státu, a kontinentální šelf, který státy musí do 10 let od ratifikace smlouvy zmapovat a předložit komisi. (Berkman, 2012; Elliot, 2009)

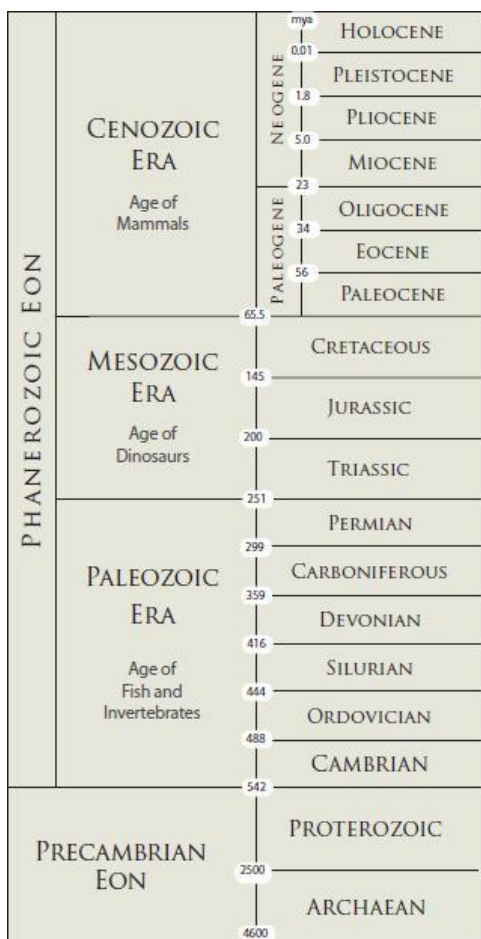
V roce 2013 v květnu schválila rada pozorovatelský status šesti zemím a to Číně, Indii, Itálii, Japonsku, Jižní Koreji a Singapuru. Zájem o Arktickou oblast v době globálního oteplování je především v pozici otevřeného Severního ledového oceánu a to například v rámci lodní dopravy a hlubokomořských zdrojů především pak ropy. Těchto dalších šest států může díky pozorovatelskému statusu v Radě ovlivnit své šance k využití nových námořních cest touto oblastí či získat přístup k arktickým surovinovým zdrojům. Arktická rada není jediným orgánem, ale je tím nejvýznamnějším (Arctic Council, 2013). Je možné, že v budoucnu by mohly státy opět vést boj o tuto oblast a tak byla v roce 2013 přijata Kirunská deklarace, ve které se státy shodují, že je důležité udržet mír a stabilitu v oblasti (Arctic Council – Kiruna declaration, 2013)

5. Ledové epochy, glaciály a interglaciály

S klimatem, s jakým se setkáváme právě dnes, především úzce souvisí rozpad superkontinentu Pangea a posunutím do polárních oblastí. Tyto posuny vedly k velké změně klimatu, protože akumulace energie v oceánech a mořích byla narušena a tak začalo vznikat zalednění. Celé období historie naší planety se klima

stále mění. Pravděpodobně během vývoje naší planety postihlo 7 velkých ledových dob, které se lišily dobou, silou a velikostí. (Elster, 2011)

5.1 Zalednění v prvohorách



Obr.č.5: Geologické éry Země (Stilewell et Long, 2011)

V prekambriu v tehdejší polární části superkontinentu Gondwana vědci našli několik stop, které dokazují první rozsáhlé zalednění na planetě zhruba před 2200 miliony let (Kutílek, 2007). Stopy po této době se nachází v Austrálii, Evropě, Africe i severní Americe. Hypotéz o příčině tohoto zalednění je mnoho. Jedna z hypotéz například tvrdí, že vlivem vulkanismu a jiných mechanismů, utvářející kontinenty, se zatemnila obloha vlivem prachu. Další hypotéza například mluví o možném průchodu planety mračnem mezihvězdného plynu. Soukupová také tvrdí, že v prekambriu vznikl skleníkový efekt a

atmosféra založená na CO₂ se zhroutila. Organismy začaly vymírat a nestabilita atmosféry přinesla globální ochlazení. Další doba ledová přišla později zhruba před 650 miliony lety. Supermasy tehdejšího superkontinentu Rodinia se shromáždily kolem rovníku a tím se zvýšilo albedo (Soukupová, 2013). Tzv. „Snowball Earth“, tedy zalednění v pozdějším prekambriu bylo tak velké, že ledovce dosahovaly až k rovníku. (Pokorný, 2008)

V prvohorách máme záznamy o několika ledových dobách či menších zaledněních. V ordoviku, zhruba kolem 438 Ma, začala malá doba ledová. Příčinou nejspíše byla rotace Gondwany, kdy její jižnější část zasahovala Jižní pól. Tato doba ledová byla katastrofou pro organismy, především pak mořské, které vymíraly ve

velkém měřítku. Vymřelo zhruba 57 % rodů. V devonu pak byla doba ledová podstatně menší. Jižní část Gondwany je stále studená a chladná. Stopy se našly v Brazílii, Peru a Bolívii. Počasí a klima na planetě bylo nestabilní a z vědeckých pozorování jsou patrné chladné výkyvy. V karbonu je patrné zalednění v Jižní Americe, na jihu Afriky a Indie. Gondwana byla zaledněná nejspíše až po 30° jižní šířky. Nakonec v permu je známé i zalednění a to opět na Jižním pólu, do jehož blízkosti se pevnina opět dostala. Dokonce i hladiny oceánů poklesly. (Soukupová, 2013)

5.2 Druhohory

V druhohorách nejspíše panovalo příjemné klima, které se nějak výjimečně neměnilo a bylo stabilní. Rozšířené byly polopouštní a pouštní oblasti. Vlivem Milankovičových cyklů se střídalo teplé a chladné klima v cyklu zhruba 100 000 let. I přes krátká chladná období nevydržely póly trvale zaledněné. Známa je katastrofa na konci křídly zhruba kolem 70 Ma, tedy i druhohor, která poznamenala celý vývoj organismů a živočichů. Dnes se o této katastrofě hovoří jako o pádu velkého vesmírného tělesa, které způsobilo nejspíše i silnou vulkanickou činnost. Prachové částice po dopadu asteroidu se nejspíše rozptýlily v atmosféře a tak zaclonily na delší dobu Slunce a Země se prudce ochladila až o 40°. Po prudkém ochlazení však nastalo zase silné oteplení, kdy odpařená voda z dopadu tělesa začala pohlcovat infračervené záření a vznikl tak skleníkový efekt. (Soukupová, 2013)

5.3 Třetihory

V terciéru již mají kontinenty podobu dnešního stavu. Klima se začíná postupně ochlazovat, kontinenty se ještě trochu posouvají. Evropa se z průměrných 20° ochladí na 12°. Vznikly již známé cirkumpolární proudy kolem Antarktidy, se kterými souvisí ochlazení.

Už v třetihorách nejspíše začal cyklus střídání glaciálů a interglaciálů a to počátkem oligocénu. Střídavý styl zalednění Antarktidy na přelomu oligocénu a brzkého miocénu je dobře zaznamenán v 1,5 km nánosů sedimentů v jihozápadním Rossově moři, na ostrově King George a ostrovech Shetland. Na mysu Roberts (v Rossově moři), sedimenty vzniklé z 55 glaciálních a interglaciálních cyklů se hromadily blízko hladiny moře na klesajícím kraji Viktoriiny země v období 33 až 17

Ma. Místo bylo blízko k okraji kontinentálního ledovce a vědci odtamtud zaznamenali cyklické střídání glaciálu a interglaciálu v závislosti na Milankovičových cyklech. Změny v druhu sedimentu, které charakterizují cykly (od ledovcových usazenin přes pobřežní písek až po bahno a znovu písek) ukazují změny hladiny moře na stupnici desítek metrů. (Turner et al, 2009)

5.4 Čtvrtohory

Glaciály a interglaciály nastavily vývoj v evoluci lidí a utvořily nejspíše krajinu do podoby, jakou ji známe dnes. V průběhu těchto cyklů například odtál ledovec na severu Ameriky a Evropy. Nejvíce intenzivní ledová doba byla před 20 000 lety. Díky tomu, že se cykly střídaly v nedávné době, jsou vědci schopni tyto doby zrekonstruovat poměrně dobře na rozdíl od jiných klimatických změn v dávné minulosti. Na tyto cykly mají vliv především Milankovičovy parametry. Další vliv na glaciály a interglaciály má podíl CO₂ v atmosféře, který v interglaciálech rostl a naopak v glaciálech klesal. Nikdo zatím neví, co způsobovalo poklesy a růst CO₂ v atmosféře ale vědci se domnívají, že hlavní příčinou byl oceán, který jako jediný zdroj s tak velkým obsahem CO₂ mohl změnit klima. Z ledovcových vrtů v Antarktidě je patrné, že CO₂ začalo narůstat až po té, co začala narůstat teplota. Je ale jasné, že narůstající CO₂ oteplení také přispívalo. Poslední interglaciál trval 10 000 let a byl nazván právě jako holocén a přivádí nyní myšlenku, že by Země mohla naopak zase hrozit dlouhá doba ledová, tedy glaciál. (Archer et Rahmstorf, 2010)

Hlavními změnami v glaciálních cyklech byl posun klimatických pásem v severojižním směru. Zároveň je i ovlivněné oceánské podnebí ve směru západ – východ. Hladiny oceánu kolísaly. Pevnina díky tíze ledu klesala či se zdvihala. Je to patrné například ve Skandinávii, kde se pevnina zvedla až o 250 metrů. (Soukupová, 2013)

Ledovcové vrty v Antarktidě nám ukazují změny klimatu v osmi glaciálních cyklech v průběhu posledních 800 ka (tisíc let) s CO₂ v atmosféře od 180ppm (parts per milion – jedna miliontina celku) a teplotami 10°C v glaciálech do 330ppm a 15°C v interglaciálech. Vrty jak v Antarktidě tak i Grónsku nám také ukazují, že teplota se pohybovala mezi 2 – 5°C výš, než dnes. Moře také bylo o 4 – 6m vyšší, než je dnes. Zatímco některé změny z glaciálu a interglaciálu jsou do určité míry

předvídatelné díky oběžné dráze Země, jiné nejsou. Patří mezi ně náhlé ochlazení Grónská a Antarktidy, které se objevilo v posledním glaciálu (tzv. Dansgaard-Oeschger event - velké klimatické výkyvy v posledním glaciálu). Původ těchto náhlých změn je zřejmě v oceánském proudění, atmosférické cirkulaci, albedu a sluneční aktivitě. Jejich vytrvalost v čase, která byla silnější v glaciálech a nižší v interglaciálech, lze očekávat i do budoucna. Data ledovcových jader z posledního glaciálu v Grónsku nám ukazují, že změna v té době mohla být rychlá, s více než 10°C rozdílem během deseti let. Porovnané změny v Antarktidě byly menší. (Turner et al., 2009)

Ve čtvrtohorách je znám jeden silný výkyv klimatu. Nazýváme jej mladší dryas podle rostlinky dryádky osmiplátečné (*Dryas octopetala*), která v té době byla hojně rozšířena po Evropě. V Mladším Dryasu zhruba před 13 000 lety se díky podílu ^{14}C v sedimentech v jádrových vrtech v ledovcích podařilo zaznamenat výkyvy teploty v Grónsku, která klesla až o 10°C. Je dost pravděpodobné, že byla velmi slabá sluneční aktivita, což vědci zaznamenali z obsahu Be^{10} . (Soukupová, 2013)

Co způsobilo náhlé ochlazení v mladším dryasu vysvětluje ve svém článku Stanislav Mihulka (2010). Tvrdí, že právě tento vysoký pokles teplot způsobila blízká exploze nebo náraz komety. Několik nárazů celé řady ledových komet či křehkých uhlíkatých chondritů zasáhl atmosféru nebo přímo zemský povrch v severní Americe. Další hypotézou tvrdí, že došlo nedaleko Země k rozpadu ohromné komety a její části pak dopadly na zem a způsobili požáry a následnou změnu klimatu. Dnešním pozůstatkem po této události by měla být Enckeova kometa, která se ke Slunci vrací každé 3,3 roky. Zbytky dopadů těles a důkazy jsou viditelné asi na více jak 50 míst po severní Americe, které obsahují iridium, nanodiamanty a další neobvyklé minerály a látky. (Mihulka, 2010)

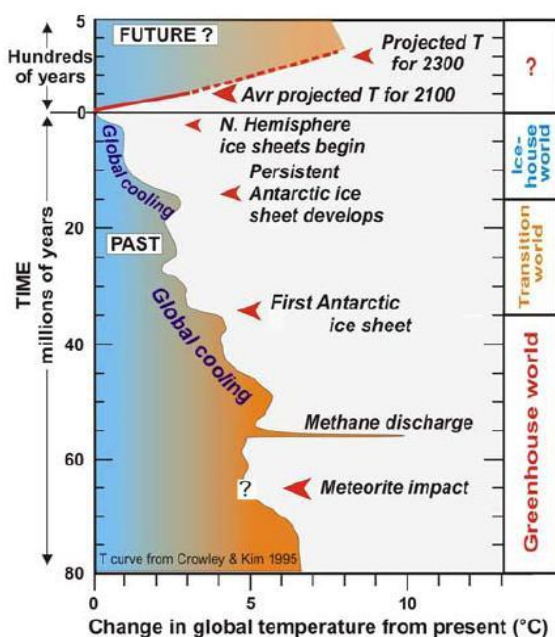
Další prameny ochlazení v mladším Dryasu vysvětlují tak, že došlo k protržení několika jezer na severu Ameriky, která byla přehrazena ledovci. Větry roztátou sladkou vodu neodehnaly a teplé proudy nevystupovaly na povrch. Za pár století proudy pravděpodobně zeslábly, protože odpar ze severního Atlantiku, který tímto skončil, je nemohl dál popohánět. Toto zřejmě způsobilo ochlazení, které trvalo téměř tisíc let.

Část holocénu, která trvá do dnes, se nazývá subrecent. Trvá od roku 600 našeho letopočtu a právě o dalších 600 let nastává další malá doba ledová a to

v letech 1300. Této doby si všiml Francois Matthes, který zaznamenal nárůst ledovců ve 13. a 19. století v Alpách, Skandinávii a Severní Americe. Dokonce je ze záznamů patrné, že se rozvíjely i ledovce v Antarktidě. Tato doba ledová má dvě části. První z nich nastala nejspíše důsledkem sluneční aktivity, která byla na minimu, tzv. Wolfovo minimum. Ledové době nejspíše i přispívala zvýšená vulkanická činnost. V letech 1315 – 1316 dokonce zamrzalo Baltské moře. Spohrerovo minimum, které bylo výraznější v letech 1420 – 1510 zároveň i přispělo k zániku Vikingů v Grónsku. Další chladno vrcholí v Maunderově minimu (1645 – 1715). V tomto období zřejmě nebyly na Slunci žádné skvrny a zřejmě tedy zesláblo sluneční záření. Toto minimum se označuje jako „grand minimum“ a záznamy ^{14}C v letokruzích nám ukazují, že k takovému výkyvu mohlo dojít několikrát v posledních 10 000 let. (Soukupová, 2013)

6. Dnešní stav Arktidy a Antarktidy

Několik států má dnes po Arktidě a Antarktidě postaveny výzkumné stanice, díky kterým mohou zkoumat tamější prostředí. Vědci zkoumají především prostředí ledu, surovinové zdroje, měří teplotu, částice v ovzduší, zkoumají ekosystém a vše zaznamenávají, aby později z toho mohli vytvořit nějaký ucelený záznam, ze kterého lze čerpat nějaké další poznatky.



Obr. č.6: Globální ochlazování v minulosti (Turner et al., 2009)

6.1 Výzkumné stanice

V Arktidě nyní existuje sdružení SAON (Sustaining Arctic Observing Networks - podporující arktické pozorovací sítě), což je síť stanic, které se snaží svůj výzkum navzájem podporovat předáváním a sdílením dat. Účelem této sítě je zlepšit arktické výzkumné činnosti a usnadnit partnerství a spolupráci mezi stávajícími stanicemi. SAON začalo vznikat již v Kanadě v roce 2009. Po roce 2009 byla sestavena vláda Kanady jakou součástí iniciativy s názvem FINeST (Federal integrated Network of Science and Technology – federální integrované síť vědy a technologie). V roce 2013 Kanada představuje seznam arktických výzkumných stanic a jejich vzájemné ucelení. Klíčové prvky arktických stanic zahrnují pozorování týkající se atmosféry, vodního a suchozemského ekosystému, kryosféry a lidského zdraví. Všechny strany, které projevují zájem o sledování arktické oblasti tvrdí, že stávajícímu monitorovacímu systému sítě chybí koordinace mezi jejich různými funkcemi. V současné době jsou pozorovací programy rozptýleny a rozmístěny v mnoha organizacích. Odpovědnost je nedílnou součástí vedení dat a součástí všech pozorovacích stanic. Agentury odpovědné za pozorování mají odpovědnost i za správu a šíření údajů, jakož i analýzu dat. Ochota k užší spolupráci mezi stanicemi zatím roste a vědci doufají, že spoluprací budou moci získávat i dotace a peníze na správu dat. (SAON, 2013)

Zajímavým výzkumným místem v Arktidě je souostroví Svalbard, které je spravováno Norským královstvím. Svalbardská smlouva umožňuje všem státům, které se na smlouvě podílely, zde provádět vědeckou výzkumnou činnost. Česká republika je právě jedním ze signatářů této smlouvy. V 80. letech na tomto souostroví působilo několik československých expedic. Expedice byly organizovány Masarykovou univerzitou v Brně a Slovenskou akademií věd. Na začátku 21. století začalo Česko spolupracovat například s Japonskem a projekty se začaly hradit i jinými univerzitami jako byla Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Následně norský polární institut nabídl České republice zapůjčení některých terénních základů v Svalbardu. Cílem české expedice bylo především studium biologické a klimatické diverzity souostroví. (Josef Elster, 2014)

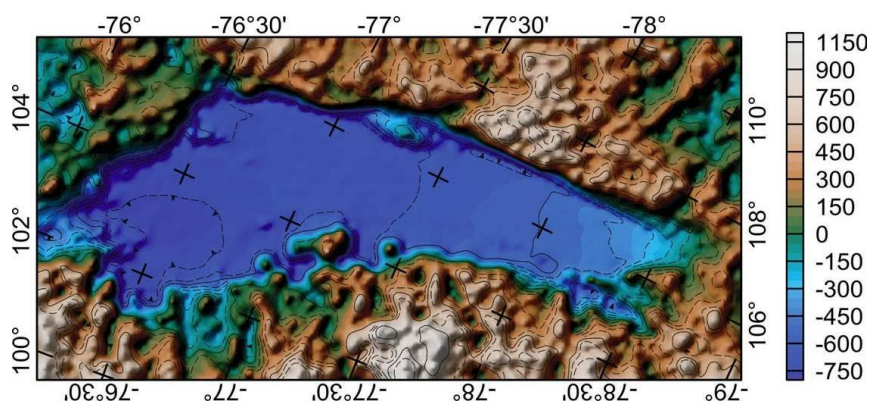
V Antarktidě je vědecká aktivita větší vzhledem k tomu, že jde o neprobádaný velký kontinent. Počet obyvatel v zimě je až 5000 a v létě až 1000. Mezi zajímavé stanice patří Norská stanice Freimheim, která byla první na pobřeží a zkoumala vnitrozemí. Francouzská stanice Port Martin je hlavní meteorologickou

stanicí na kontinentu. Další známou stanicí je norskobritskošvédská stanice Maudheim, která vede své výzkumy především v oblasti meteorologie, geologie, glaciálů a nové i v pozorování živočichů. Jako další zajímavou stanicí je australská stanice Mawson, kde se provádí výzkumy meteorologické a geofyzikální. (Šebesta et al., 2013)

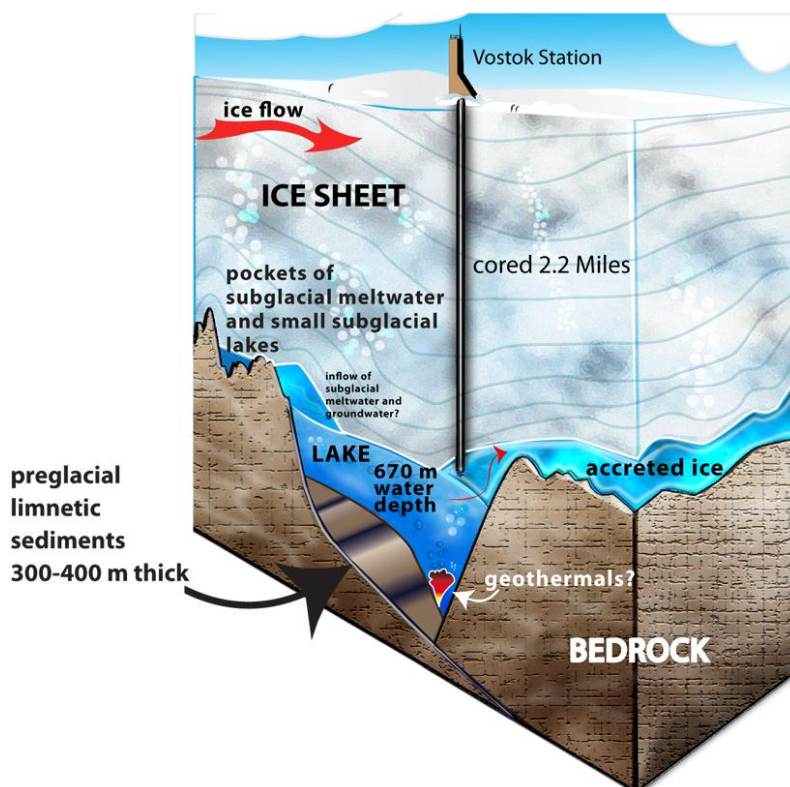
Stejně jako v Arktidě i v Antarktidě působí několik organizací z mnoha států z celého světa. Známa je stanice Amundsen-Scottova, která se nachází přímo na Jižním pólu. Název nese od dvou mořeplavců, kteří se předháněli v dosažení Jižního pólu. Stanice je položena kolem 2,8 km nad mořem. Byla vybudována v roce 1956 8 člennou posádkou námořnictva USA. Stanice vede výzkumy především v oblasti geofyziky, glaciologie, meteorologie, atmosféry, astronomie a biomedicíně. (online: Amundsen-Scott station)

Asi nejzajímavějším místem v Antarktidě je místo ruské stanice Vostok a podzemního jezera se stejným názvem. Dlouhodobá snaha o jádrový vrt ve stanici Vostok zajistila 400 000 let vývoje klimatu a životního prostředí, spolu se záznamem nejhlubšího ledového jádra vůbec a to 3,6 km pod sněhovým povrchem. Dnes víme, že pod ledovým povrchem Antarktidy se vyskytuje více než 300 jezer. Jezero Vostok je právě největší. Je přibližně 250 km dlouhé a 50 km široké. Průměrná hloubka je 344 m (Walton, 2013). Jezero má tedy rozlohu přibližně 14 000 km². Taková jezera se nazývají subglaciální díky své poloze pod ledovcem. Jezera vznikají tlakem sloupce ledu nad nimi a ledovcovými proudy se voda postupně dostane na dno k pevnině pod ledovcem. Voda v jezeře má okolo -3°C a obsahuje mnoho bakterií a mikrobů. Vznikají zde otázky ohledně prvních známek života na Zemi. Díky těmto poznatkům se i vědci domnívají, že by mohl být život na měsíci Jupitera zvaného Europa, který je pokrytý ledem. (Stuđinger, online 2015)

Obr.č.7: Subglaciální jezero Vostok (Stuđinger, online 2015)



Stanice Vostok v roce 1983 naměřila rekordních $-89,2^{\circ}\text{C}$ na planetě. Nově je však ve stanici Dome 10. srpna 2010 naměřen rekord $-93,2^{\circ}\text{C}$. (NASA, 2013)



Obr.č.8:
Jezero Vostok
 (Online:
<https://tothepoles.wordpress.com/2013/10/07/earths-icy-biome/>)

Česká republika v těchto oblastech nezůstává pozadu a má samostatnou českou výzkumnou Mendelovu polární stanici. Nachází se na pobřeží ostrova Jamese Rosse a byla založena Pavlem Proškem. Stanice je nyní majetkem Masarykovi univerzity v Brně. Stanice se začala stavět v letech 2005 a postavena byla na jaře roku 2006. energii stanice čerpá ze solárních panelů a větrných turbín. Na stanici probíhá několik výzkumu v oblasti vulkanismu, geologie, klimatu, atmosféry, ekologie a biodiverzity. (Prošek, 2013)

6.2 Globální oteplování

Již několik let se hovoří o globálním oteplování, které způsobují lidé. Globální oteplování tu dnes skutečně je a máme jasná fakta k tomu, abychom to mohli s jistotou tvrdit. V posledním závěrečném reportu IPCC (mezivládní panel pro změny klimatu) se dočteme, že i kdybychom dnes omezili vypouštění plynů, které způsobují globální oteplování, tedy přesněji skleníkový efekt, již bychom jej rozhodně nestihli zastavit. Lineární trend oteplení v období 2003 – 2012 je $0,78^{\circ}\text{C}$ (viz příloha č.1a). Každé z posledních tří desetiletí byly také teplejšími, než

kterékoliv předchozí od roku 1850. Nejteplejším třicetiletím pak bylo období 1983 – 2012 za posledních 1400 let. Dále vědci v reportu tvrdí, že se zmenšuje hmotnost ledovců po celém světě, zejména v Grónsku a Antarktidě. Rychlost úbytku ledu v letech 1971 až 2009 podle IPCC reportu dosahovala až v průměru kolem 226 Gt za rok. Především rychlost úbytku Grónského ledovce se velice zvýšila a to z 34 Gt za rok v období 1992-2001 na 215 Gt za rok v období 2002 - 2011. Úbytek je sledován i v Antarktidě a to od roku 2000 do roku 2011, kdy se úbytek ledu pravděpodobně zvýšil až o 117 Gt za rok. Táním ledovců se snižuje albedo Země, protože led je jeden z nejvíce odrazujících povrchů na planetě. Oceány a volné moře naopak sluneční energii pohlcují a akumulují v sobě. Jsou to tak velké zásobárny, že právě ovlivnit měnící se klima snížením CO₂ v atmosféře by bylo velice obtížné. Oceány dominují v nárůstu energie. Představují zhruba 90% energie akumulované v letech 1971 – 2010. Mořská hladina do 75 m se oteplila rychlostí 0,11°C za dekádu a hladina díky táním ledovců stoupá. Od roku 1901 do roku 2010 vzrostla globální střední výška hladiny oceánu o 0,19 m (viz příloha č. 1b). Je velice pravděpodobné, že se i zvýšila salinita v některých oceánech, kde dominuje výpar. (IPCC, 2014)

Díky atmosférickým cirkulacím se vnitřek ledových pokrývek většinou sestává z napadaného sněhu na povrchu. Postupně vrstvy sněhu a následně ledu tlačí na spodní vrstvu, a když je led zahřátý dostatečně, stane se z něj řídká kaše, která zdeformuje písek a kameny a funguje pro led jako mazivo. Hlavním viníkem celého procesu tekoucího ledu je roztátý povrch ledovce během léta, který má tendence prosakovat až ke dnu. Nečekanou událostí bylo například odtrhnutí velkého ledového šelfu Larsen B v roce 2002 v květnu na antarktickém poloostrově, který se rozpadl na několik částí během několika dnů. Dalším příkladem byl v květnu roku 2008 Wilkinsův šelf. (Archer et Rahmstorf, 2010)

NASA v roce 2013 však přinesla nové zprávy. Antarktický led dosáhl 22. září 2013 své nové maximum od roku 1979 (viz příloha č.2). Na jejich internetových stránkách se můžeme dočíst, že má led nově naopak rostoucí tendenci (viz příloha č.5). Něco jiného vidíme u Arktidy (viz příloha č.4), kde je patrné, že její trend tání je jasnější a teplotní rozdíly jsou v posledních pár letech zřetelnější a vyšší, než jinde na Zemi (NASA, 2013). Antarktida si díky své poloze, vysoké nadmořské výšce, pevnině a cirkumpolárním proudům udržuje teplotu mnohem nižší, než je tomu na Arktidě, která je z větší části jen zamrzlý povrch moře.

Největší teplotní rozdíl za posledních pár let zaznamenala především Arktida, kde je úbytek ledovců největší na planetě. Američtí vědci nejspíše na severovýchodě Grónska objevili tzv. horkou skvrnu. Je to bod, kde ze zemského pláště vyvěrá přílišné množství tepelné energie. Zatím není více důkazů, ale je jisté, že by teplo pod zmrzlou vodou urychlovalo tání. Je i možné, že by pod povrchem byla sopka, řekl profesor Ralph von Frese na Státní univerzitě v Ohio. V roce 1991 byl blízko této skvrny detekován do té doby neznámý ledovcový proud, který ke Grónsku odváděl led z vnitrozemí. Podezřelou příčinu proudu zatím vědci studují. (Gorder, online 2015)

7. Budoucnost

Poslední interglaciál trval okolo 10 000let. Díky střídání glaciálů a interglaciálů také vzniká myšlenka, že by brzy měla přijít nová etapa glaciálu, tedy doby ledové. 4. report z IPCC však tvrdí, že je velice nepravděpodobné, aby přirozený průběh klimatu Země klesl ke glaciálu v blízké budoucnosti. Oběžná dráha Země kolem Slunce je v dnešní době téměř kruhová a to znamená, že jsou cykly poměrně slabé. Naposledy byla oběžná dráha v této podobě před 400 tisíci let, což bylo také období velice dlouhého interglaciálu. Je velice nepravděpodobné, aby přirozené ochlazování, jako například nástup glaciálu, doby ledové, zpomalilo oteplování z emisí CO₂.

Pokud by měl roztát všechn led, který na naší planetě je, hladiny moří a oceánů by mohly stoupnout až o 70 m. V dnešní době led netaje tak rychlým způsobem, abychom se toho měli obávat, ale otázku je, co by mohlo nastat v budoucnu. Vědci mají k dispozici několik modelů, kterými se díky datům z minulosti snaží simulovat nynější stav a předpovídat, co by mohlo nastat za pár let. Navíc zde v minulosti máme několik událostí, u kterých stále nejsou jasné příčiny, jako je Henrichova událost (rozpad několika ledovců během posledního glaciálu) či Dansgaard-Oeschgerova událost. (Archer et Rahmstorf, 2010)

V NSIDC (National Snow and Ice Data Center – národní centrum sněhových a ledových dat) se dočteme, že v únoru, kdy Arktida dosahuje svého největšího plošného rozměru, letos v roce 2015 dosáhla rekordního minima v tomto měsíci (viz příloha č.3). David P. Stone (2015), podle modelů a klesajícího trendu rozlohy Arktidy odhaduje, že by v létě zhruba v letech 2040 mohla být Arktida úplně bez ledu.

Antarktida představuje velké množství surovinových zdrojů, o které by v budoucnu mohl být i boj mezi státy, které si i přes Antarktickou smlouvu budou chtít nárokovat svoje území.

Diskuse a závěr:

Existují různí skeptici, kteří tvrdí, že o globální oteplování nejde, nebo že dokonce nyní probíhá globální ochlazování. Je pravdou a faktem, že Slunce se nyní nachází ve svém minimu. Na jeho povrchu nenajdeme téměř žádnou skvrnu a skeptici tvrdí, že se můžeme opět dostat do Maunderova minima, které tu proběhlo přelomem 17. a 18. století. Tvrdí i oproti reportu z IPCC, že vývoj globálních teplot má klesající trend v podobě měření od roku 2001 do roku 2011. Existuje dokonce i NIPCC (Nevládní mezinárodní panel pro změny klimatu), který také vydal report 2014. Vědci z NIPCC tvrdí, že ziskové organizace typu OSN s IPCC spolupracují a falšují zprávy o zvyšující se teplotě. Tzv. Climategate je aféra, kdy se hacker naboural na emaily vědců z OSN a IPCC a zjistil, že vědci udávají nepravé a nepodložené důkazy o stoupající teplotě. Pokud se však podíváme na stránky NASA či jiných organizací vidíme, že teplotní trend stoupá. (Kremlík, online 2015; NIPCC, 2014; Globální ochlazování, online 2015)

Arktická a Antarktická oblast se vyvíjela po mnoho miliónů let vlivem několika faktorů, které na Zemi působily a stále působí. Všechny tyto faktory mají určité cykly, jako jsou sluneční a milankovičovy, které jsou měřitelné a částečně předvídatelné. Ne vždy však dochází k pravidelnosti těchto cyklů či k opakování minulosti, abychom se mohli vyvarovat nadcházejícím katastrofám či přílišným změnám klimatu. Může nastat spousta různých situací, stejně jako tomu bylo v posledním glaciálu, které si nedokážeme objasnit. Budou nepředvídatelné a zničí veškeré modely, které vědci pro budoucnost sestavili. Tak lze s téměř nulovou pravděpodobností utvářet klima pro další generace, ale dnes víme, že lidstvo může klima do značné míry ovlivnit.

Díky antropogenním plynům, které vypouštíme do atmosféry, vzniká oteplování planety v globálním měřítku. Dnes je však pozdě na to, aby se omezením vypouštění těchto látek globální oteplování zastavilo. Trend tání ledovců se začíná zvyšovat a dosahuje až 300 Gt za rok. Teplotní řady z výzkumných stanic v Arktidě nám naznačují, že je tu skutečně globální oteplování (viz přílohy č.9 – 11).

Překvapením je nynější stav Antarktidy, která se naopak rozpíná i přesto, že má teplota stoupající trend ale menší, než v Arktidě (viz přílohy č.6 – 8). V Antarktidě byl nově naměřen rekord v nejnižší teplotě na Zemi a největší rozloha ledu od roku 1979. Severní pól je na tom podstatně hůře, nejspíše díky své poloze zmrzlého moře, proudů v oceánech a nadmořskou výškou. Nově se dozvídáme i o možnosti vulkanismu právě pod Grónskem, které by tání Arktidy značně vysvětlilo. Hladina moře se zvedá zatím ne tak rychle, avšak pro další generace to může mít katastrofální dopad. Pokud by všechnen led roztál, přispělo by to ke změně planety, než jakou zažíváme dnes.

Použitá literatura:

1. AMUNDSEN-SCOTT Station, online: <http://www.southpolestation.com>, cit. 4.4.2015.
2. ARCHER D. et RAHMSTORF S., 2010: *The climate crisis: an introductory guide to climate change*. University Press, Cambridge.
3. ARCTIC COUNCIL, 1996: *Declaration on the Establishment of the Arctic Council*, online: WWW: <http://www.arctic-council.org/index.php/en/document-archive/category/5-declarations>, cit. 19.3.2015.
4. ARCTIC COUNCIL, 2013: *The Growing Importance of the Arctic Council*, online: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail?vid=3&sid=66710836-abc6-45d0-85df-4bfbbdb3abe8%40sessionmgr115&hid=117&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=bth&AN=89052509>, cit. 19.3.2015.
5. ARCTIC COUNCIL, 2013: Kiruna declaration, online: <http://www.arctic-council.org/index.php/en/document-archive/category/5-declarations>, cit. 20.3.2015.
6. BEHRINGER W., 2010: *Kulturní dějiny klimatu*. Paseka, Praha.
7. BENNETT M. R. et GLASSER F. N., 2009: *Glacial geology: ice sheets and landforms*. Wiley-Blackwell, Hoboken.
8. BERKMAN P. A., 2012: *Our Common Future in the Arctic Ocean*. The Round Table: The Commonwealth Journal of International Affairs, 123 – 135.
9. BRADLEY R. S., 1999c: *Paleoclimatology: reconstructing climates of the quaternary*. Elsevier Academic Press, San Diego.
10. CENTKIEWICZOWA A. et CENTKIEWICZ C. J., 1958: *Dobývání Arktidy*. Mladá Fronta, Praha.
11. CORNIN T. M., 1999c: *Principles of paleoklimatology*. Columbia University Press, New York.
12. DIAMOND J., 2009: *Collapse: How societies choose to fail or succeed*. Penguin Groupe, New York.

13. ELLIOT M. E., 2009: *Politics, Pride, and Precedent: The United States and Canada in the Northwest Passage*. Ocean Development & International Law, 204 – 232.
14. ELSTER J., 2011: *Center for polar ecology*, České Budějovice, online: <http://polar.prf.jcu.cz/docs.htm>, cit. 25.1.2015.
15. FOGELSON N., 1989: *Strategic Base on a Northern Defense Line*. The Journal of Military History: 51 – 63.
16. FŇUKAL M.: *Regionální geografie austrálie a oceánie: Antarktida*. Přírodovědecká fakulta UPOL, Olomouc, online: http://geography.upol.cz/soubory/lide/fnukal/AU_12.pdf, 1.3.2015.
17. GLOBÁLNÍ OCHLAZOVÁNÍ: online: <http://www.globalni-ochlazovani.cz/globalni-ochlazovani.php>, cit. 6.4.2015.
18. GORDER P. F.: *Earth's heat adds to climate change to melt Greenland ice*. The Ohio State University. Online: <http://researchnews.osu.edu/archive/hotgreen.htm>, cit. 6.4.2015.
19. CHLUPÁČ I., 1999: *Vycházky za geologickou minulostí Prahy a okolí*. Academia Praha.
20. IISS – International Institute for Strategic Studies, 2010: *Diplomatic Shift in the warming Arctic*. Strategic Comments.
21. INURU M., 2014: *Mezník vědy: severní pól, Arktida, stručná historie objevování*. Inuru, online: <http://www.inuru.com/index.php/planeta/mezniky-vedy/121-severni-pol-arktida-historie%202014>, cit. 10.1.2012.
22. IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Švýcarsko.
23. KREMLÍK V., online: <http://www.klimaskeptik.cz>, cit. 6.4.2015.
24. KUTÍLEK M., 2007: *Globální oteplování a klimatické změny v minulosti II*. Deník: Neviditelný pes 1996, online: http://neviditelnypes.lidovky.cz/veda-globalni-oteplovani-a-klimaticke-zmeny-v-minulosti-ii-pav-/p_veda.aspx?c=A070402_103244_p_veda_wag, cit. 4.3.2015.
25. MIHULKA S., 2010: *Záhadná kometa původcem náhlého ochlazení v mladším dryasu*. Redakce OSEL – Objective Source E-Learning, online: <http://www.osel.cz/index.php?clanek=5025>, cit. 2.3.2015.

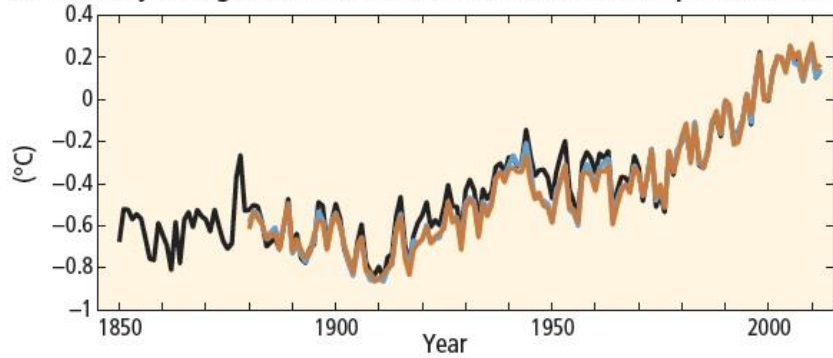
26. MILLER D. H., 1925: *Political Rights in the Arctic*. Foreign Affairs: 47 – 60.
27. MZV, 2010: Význam arktické oblasti v mezinárodních vztazích pro zájmy ČR, online:
http://www.mzv.cz/file/625949/RM_03_02_10_Arkticka_oblast.pdf, cit. 25.3.2015.
28. MZV, 2013: *Česká republika získala pravomoc rozhodovat o dění na Antarktidě*. online:
http://www.mzv.cz/jnp/cz/udalosti_a_media/archiv_zprav/rok_2013/x2013_05_29_ceska_republika_ziskala_pravomoc_rozhodovat_o_deni_na_antarktide.html, cit. 12.3.2015.
29. MŽP: *Smlouva o Antarktidě*, online:
http://www.mzp.cz/cz/smlouva_o_antarktide, cit. 12.3.2015.
30. NASA - National Aeronautics and Space Administration, 2013: *The Coldest Place in the World*. Online: http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2013/09dec_coldspot, cit. 5.4.2015.
31. NIPCC – Nongovernmental International Panel on Climate Change, 2014: *Climate Change Reconsidered II: Biological Impacts*. Online: <http://climatechangereconsidered.org>, cit. 6.4.2015.
32. NSIDC – National Snow and Ice Data Center, online: <http://nsidc.org>, cit. 3.4.2015.
33. POKORNÝ R., 2008: *Historická geologie* [přednáška]. Ústí nad Labem: UJEP, 18.2.2015.
34. POLLARD D. et DECONTO R., 2009: *Modelling West Antarctic ice sheet growth and collapse through the past five milion years*. Nature.
35. PROŠEK et al., 2013: *Facilities of J. G. Mendel Antarctic station: Technical and technological solution with a special respect to energy sources*. Czech polar reports. Masarykova univerzita, Brno, online:
<http://www.sci.muni.cz/CPR/5cislo/Prosek-web.pdf>, cit. 5.4.2015.
36. SALE R., POTAPOV E., 2010: *The Scramble for the Arctic: Ownership, Exploitation and Conflict in the Far North*. Frances Lincoln, London.
37. SAON – Sustaining Arctic Observing Networks, 2013. Online: <http://www.arcticobserving.org/>, cit. 4.4.2015.

38. SEPHTON J., 1880: The Saga of Erik the Red. Icelandic saga database, online: http://www.sagadb.org/eiriks_saga_rauda.en, cit. 2.4.2015.
39. SOUKUPOVÁ J., 2013: *Metody paleoklimatologie a historické klimatologie a vývoj klimatu na Zemi*. POWERPRINT, Praha
40. STILWELL D. J., et LONG A. J., 2011: *Frozen in time: Prehistoric life in Antarctica*. CSIRO publishing, Collingwood.
41. STONE D. P., 2015: *The Changing Arctic Environment: The Arctic Messenger*. Cambridge University Press, New York.
42. STUDINGER M., *Subglacial Lake Vostok*. Columbia University, online: <http://www.ldeo.columbia.edu/~mstuding/vostok.html>, cit. 4.4.2015.
43. SVOBODA J., VAŠKŮ Z., CÍLEK V., 2003: *Velká kniha o klimatu zemí koruny české*. Regia Praha.
44. ŠANC D., 2011: *Mezinárodní management Antarktidy a Arktidy*. In: Piknerová L. et Naxera V.: *Globální vládnutí: vybrané problémy*. Aleš Čeněk, Plzeň.
45. ŠEBESTA D., FŇUKAL M., TLÁSKAL M., 2013: *Regionální geografie anglosaské Ameriky, Austrálie a Antarktidy*. Univerzita Palackého, Olomouc.
46. ŠOBR M., 2014: *Jižní oceán*. Přírodovědecká fakulta UK, Praha, online: <https://www.prirodovedci.cz/zepetejte-se-prirodovedcu/480>
47. TURNEJ J., et al., 2009: *Antarctic climate chase and Environment*. Victoire Press, Cambridge.
48. VÍCHA O., 2003: *Antarktické právo: Mezinárodněprávní a vnitrostátní aspekty ochrany životního prostředí Antarktidy*. České právo životního prostředí, Praha, online: http://www.cspzp.com/dokumenty/casopis/cislo_09.pdf, cit. 12.3.2015.
49. WALTON W. H. D., 2013c: *Antarctica: global science from a frozen continent*. Cambridge University Press, Cambridge.

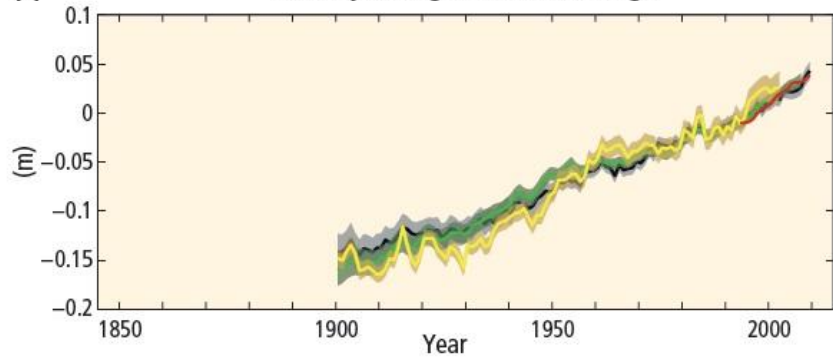
Přílohy:

Příloha č.1: a)Odchylka globální teploty od současnosti b)Odchylka globálního zvýšení hladiny od současnosti (IPCC, 2014)

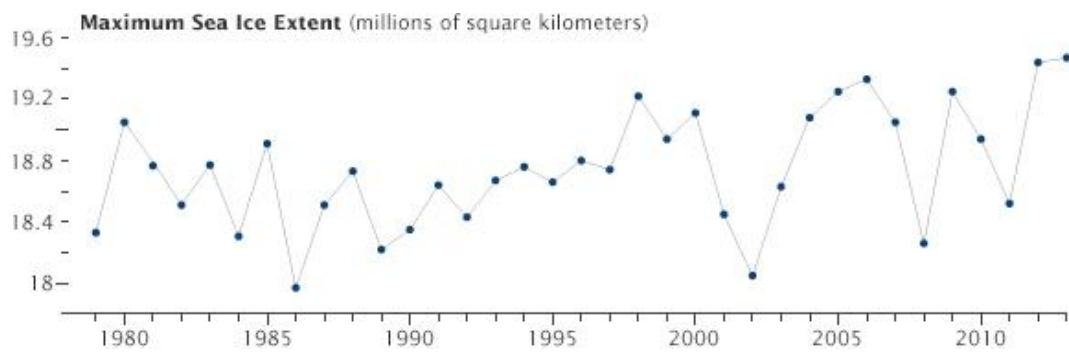
(a) Globally averaged combined land and ocean surface temperature anomaly



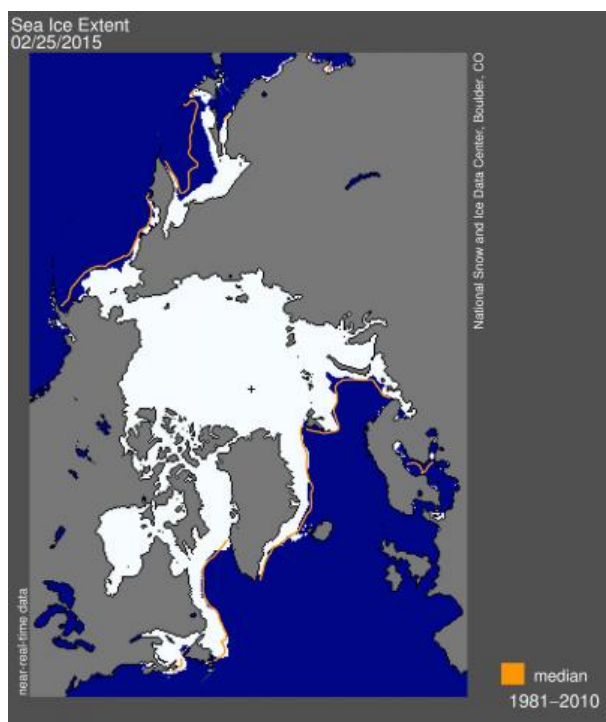
(b) Globally averaged sea level change



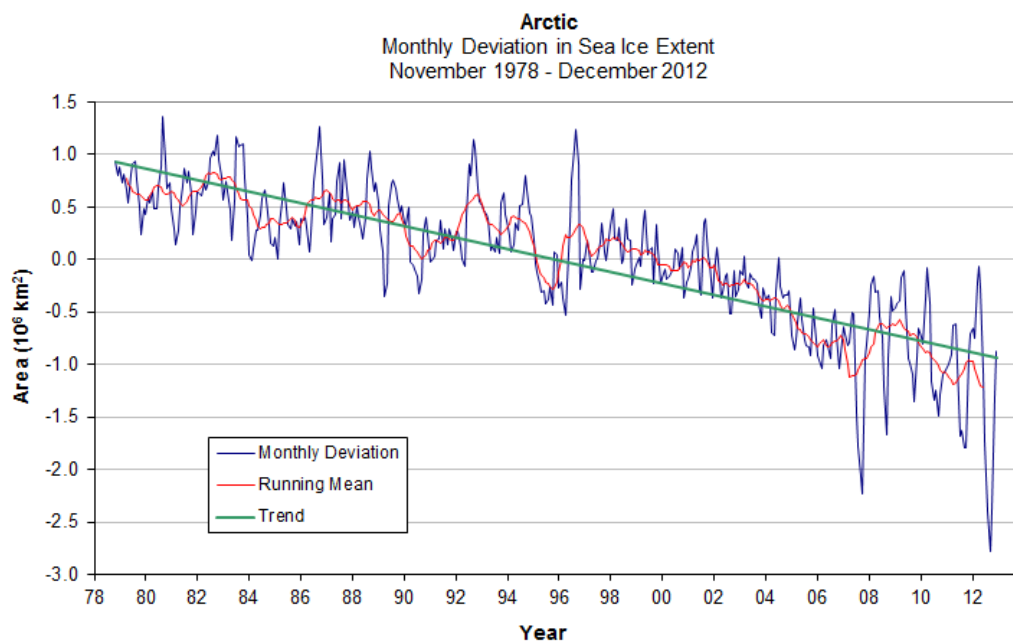
Příloha č.2: Maximální rozsah mořského ledu v Antarktidě (NASA, 2013)



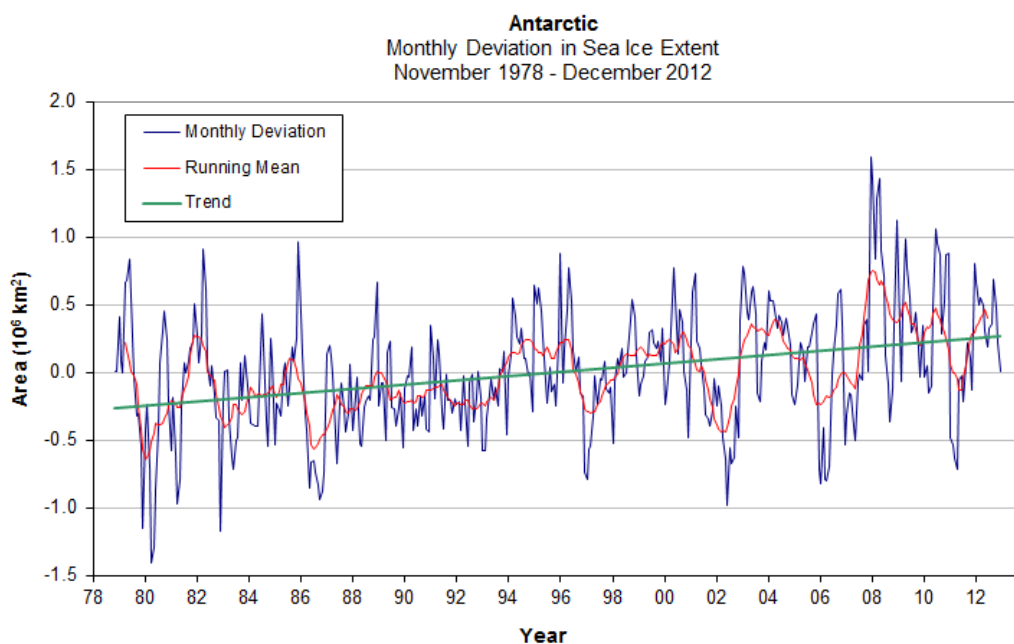
Příloha č.3: Rozsah mořského ledu v Arktidě oproti průměru z let 1981-2010 (NSIDC, online 2015)



Příloha č.4: Rozloha arktického ledu od roku 1979 (NASA)

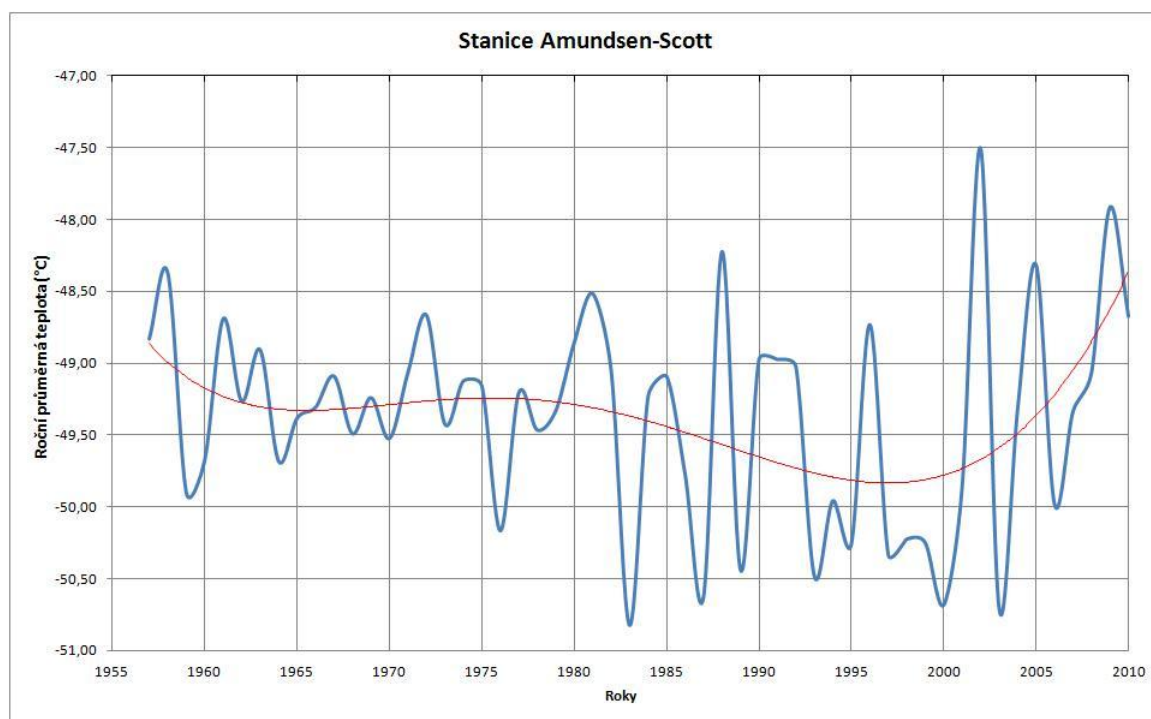


Příloha č.5: Rozloha Antarktického ledu od roku 1979 (NASA)



Příloha č.6: Výzkumná stanice Amundsen-Scott, Antarktida (NOAA, online <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo>).

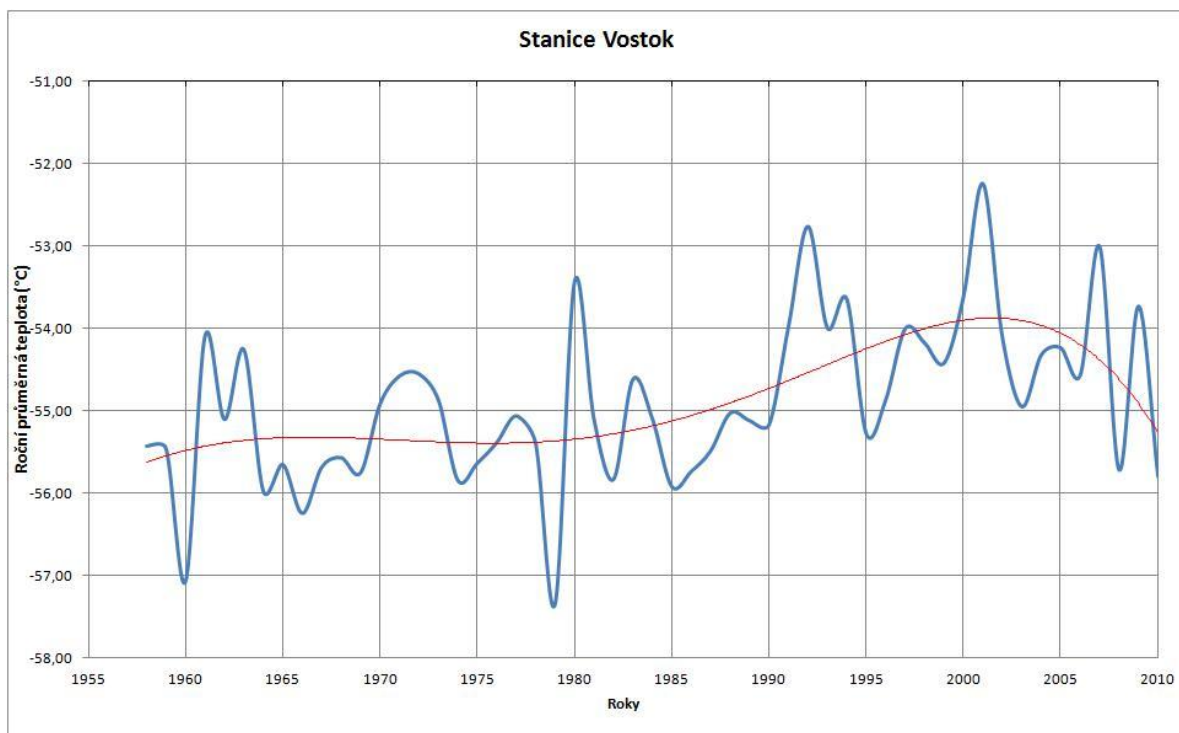
Graf popisuje závislost roční průměrné teploty na čase. Křivka trendu (červená linie) nám ukazuje značný vzestup teplot v poslední dekádě měření. Graf je sestrojený z řad měření poskytnutých organizací NOAA.



Příloha č.7: Výzkumná stanice Vostok, Antarktida (NOAA, online

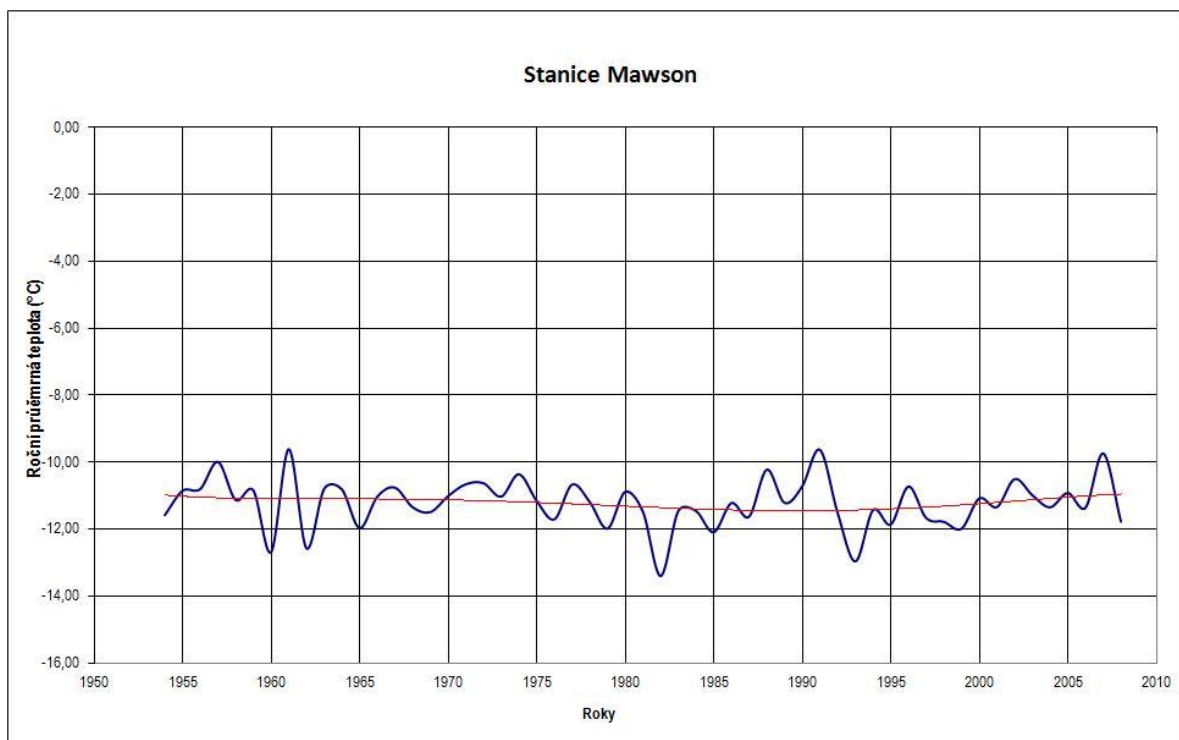
<ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo>)

Graf popisuje závislost roční průměrné teploty na čase. Na rozdíl od stanice Amundsen-Scott je vidět značný pokles teploty v posledních pěti letech měření, tedy od roku 2005 do roku 2010. Graf je sestrojený z řad měření poskytnutých organizací NOAA.



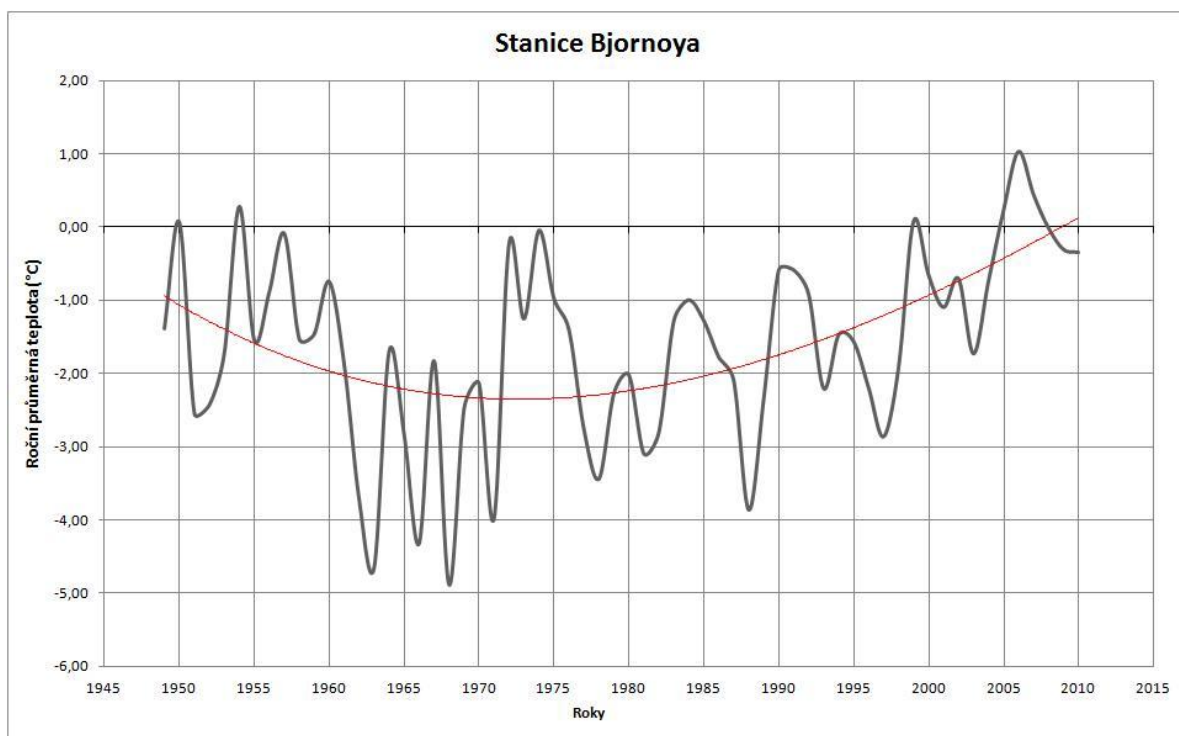
**Příloha č.8: Výzkumná stanice Mawson, Antarktida (NOAA, online
<ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo>)**

Graf nám popisuje závislost roční průměrné teploty na čase. Křivka trendu má po celou dobu měření neměnný charakter a je vidět, že průměrná roční teplota neměla po celou dobu tak značné odchylky jako měli například stanice Amundsen-Scott či Vostok. Graf je sestrojený z řad měření poskytnutých organizací NOAA.



Příloha č.9: Výzkumná stanice Bjornoya, Arktida (NOAA, online <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo>)

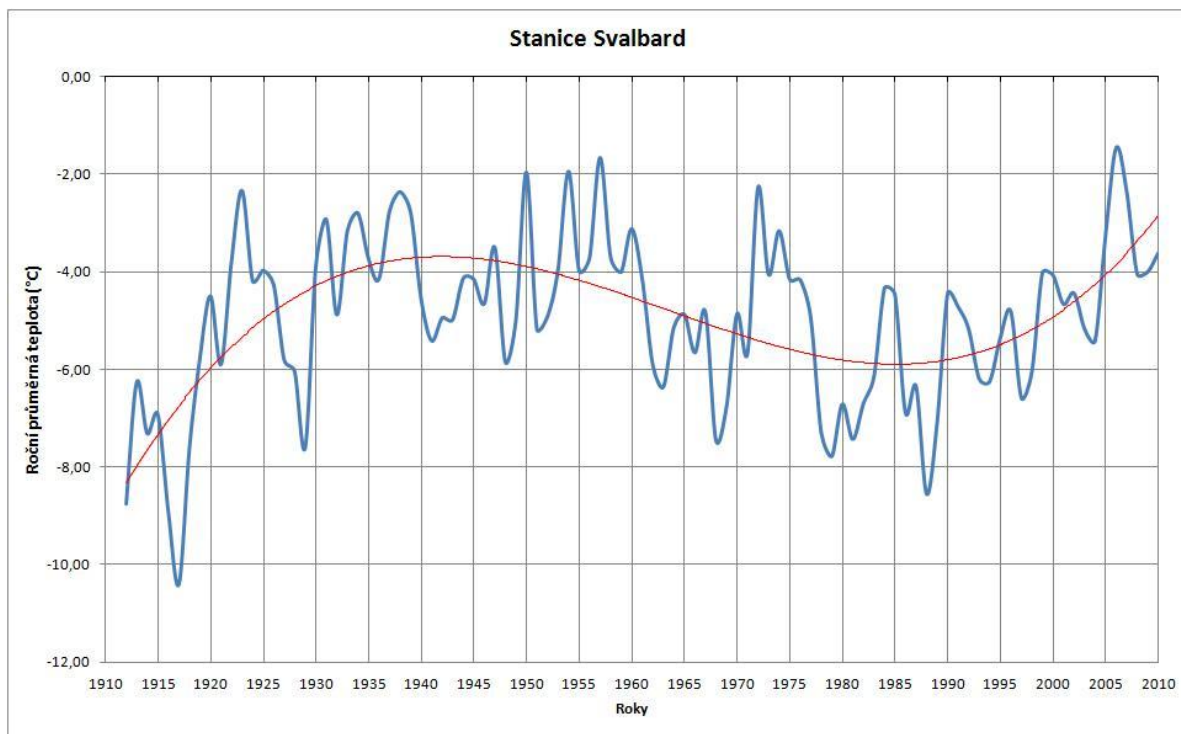
Graf znázorňuje závislost průměrné roční teploty na čase. Z křivky trendu lze vidět stoupající charakter v druhé polovině měření. Graf je sestrojený z řad měření poskytnutých organizací NOAA.



Příloha č.10: Výzkumná stanice Svalbard, Arktida (NOAA, online

<ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo>)

Graf znázorňuje závislost průměrné roční teploty na čase. Z křivky trendu lze vyčíst stoupající charakter od roku 1985. Graf je sestrojený z řad měření poskytnutých organizací NOAA.



Příloha č.11: Výzkumná stanice Dikson, Arktida (NOAA, online

<ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo>)

Graf popisuje závislost průměrné roční teploty na čase. Z křivky trendu lze vidět cyklické stoupání a klesání, kdy v roce 2008 se teplota přiblížila ke stejné hodnotě, jako v roce 1935. Graf je sestrojený z řad měření poskytnutých organizací NOAA.

