



OCHRANA KLIMATU

JAN HOLLAN / YVONNA GAILLYOVÁ

veronica
EKOLOGICKÝ INSTITUT

Ochrana klimatu

příručka pro každého

Autoři

Jan Hollan, Yvonna Gaillyová

Čtvrté doplněné a aktualizované vydání

Dle vývoje oboru i připomínek uživatelů je dokument opakovaně aktualizován na adrese http://amper.ped.muni.cz/gw/Ochrana_klimatu/.

Neprošlo jazykovou korekturou

Vydala

ZO ČSOP Veronica (Ekologický institut Veronica), 2020

ISBN ~~978-80-87308-36-3~~



Dokument je elektronicky dostupný na adrese www.veronica.cz/klima,
kde je i doplňující metodický materiál pro lektorky a lektory.

Publikace vychází s podporou Ministerstva
životního prostředí. Materiál nemusí vyjadřovat
stanoviska MŽP



Obsah

1	Úvod.....	5
2	Skleníkový jev a jeho změny.....	8
2.1	Sálání.....	9
2.2	Sálání atmosféry na zem.....	9
2.3	Kolísání záření v cyklech den-noc.....	10
2.4	Skleníkové plyny.....	11
2.5	Sálání Země do vesmíru.....	12
2.6	Kdyby nebylo skleníkových plynů.....	12
2.7	Dávné změny skleníkového jevu – rozhodoval oxid uhličitý.....	12
2.8	Střídání ledových a meziledových dob.....	14
2.9	Co se stalo se složením ovzduší za poslední staletí?.....	15
2.10	Jaký má změněné složení atmosféry vliv na tepelné toky.....	19
2.11	Kolik tepla nevracíme do vesmíru: watt na metr čtvereční.....	21
3	Globální oteplování a klimatická změna.....	23
3.1	Oteplování není rovnoměrné, na ovzduší z něj připadá nejméně.....	25
3.2	Proměny klimatu v holocénu a nyní.....	28
3.3	Extrémně horká léta a sucho.....	29
3.4	Přivaly vod, ba i sněhu.....	31
3.5	Co způsobuje teplejší Arktida.....	31
3.6	Led a moře.....	32
4	Další dopady klimatické změny.....	37
4.1	Stoupání mořské hladiny úhrnné.....	37
4.2	Hurikány a vzestup hladiny působený větrem.....	39
4.3	Extrémně velké srážky.....	40
4.4	Sucho.....	40
4.5	Nebývalá proměnlivost stavů počasí.....	41
4.6	Migrace z nejvíce postižených chudých zemí.....	41
5	Jak změnu co nejdříve zbrzdit: mitigace.....	43
5.1	Co je to mitigace.....	43
5.2	Zdroje přidaného oxidu uhličitého.....	43
5.3	Metan, oxid dusný, halogenované uhlovodíky, saze.....	46
5.4	Mezivládní panel pro klimatickou změnu – IPCC.....	46
5.5	Dohody o ochraně klimatu.....	50
5.6	Vize razantní ochrany klimatu, „bezuhlíkové společnosti“.....	53

5.7	Vědecké práce popisující rychlou a úplnou náhradu fosilních paliv.....	54
6	Jak se na klimatickou změnu adaptovat.....	56
6.1	Co si počít se zhoršenou dostupností vody.....	56
6.2	Záchody, které neškodí.....	57
6.3	Kde brát vodu.....	58
6.4	Jak vodu „přežít“.....	59
6.5	Jak čelit horku.....	60
6.6	Kroupy, holomrazy.....	60
7	Ochrana klimatu na místní úrovni.....	62
7.1	Pakt starostů a primátorů v oblasti klimatu a energetiky.....	62
7.2	Stav klimatické nouze.....	64
7.3	Územní plán a další regulace.....	65
7.4	Uhlíková stopa.....	66
7.5	Komunitní energetika.....	67
7.6	Zvyšování resilience a adaptační plány obcí.....	67
8	Co má dělat každý z nás.....	70
8.1	Spočítejte si svou „uhlíkovou stopu“.....	70
8.2	Přírozené hospodaření s teplem a chladem.....	71
8.3	Clonění oken.....	72
8.4	Stavět a opravovat pořádně: pasivně.....	73
8.5	Cestovat jen udržitelně.....	76
8.6	Jezme jako před sto lety.....	77
8.7	Podílejme se na budování nefosilních zdrojů.....	78
8.8	Hospodaření s vodou (opakování).....	78
8.9	Ozývejme se, čím dál víc.....	79
9	Závěr.....	81
10	O autorech.....	82
11	Odkazy.....	82
11.1	Doporučené internetové stránky.....	82
11.2	Animace dat.....	83
11.3	Interaktivní mapy, grafy apod.....	84
11.4	Filmy a záznamy přednášek v češtině či s českými titulky.....	84
11.5	Vědecké odkazy z textu.....	85
11.6	Další zdroj.....	88

1 Úvod

Cílem knížky *Ochrana klimatu* je seznámit veřejnost s tématem, které je zcela zásadní pro budoucnost Země, pro její obyvatelnost. Je potřeba, aby se vývoj u nás a v celém světě dostal co nejdříve na trajektorii, která by mohla být udržitelná, a umožnit tak budoucím generacím život srovnatelně kvalitní, jako je ten náš. Je to ještě možné:

Udržitelná trajektorie, jak je dnes již naprosto jasné, je taková, **když do poloviny 21. století klesne antropogenní bilance emisí skleníkových plynů k nule**. Možné to je: „stačí“ nesmírně rychle budovat větrné a solární elektrárny a elektrická vedení, která je propojí skrz kontinenty s místy spotřeby. Jen tak lze nahradit fosilní paliva, hlavní zdroj emisí škodlivých plynů – téměř vše totiž může a musí být na elektřinu. Té bude v bohatých zemích potřeba i dvojnásobek oproti dnešku, v rozvojových mnohonásobek. Potenciál větru a slunce k tomu s velkou rezervou postačuje, technologie k tomu zejména v Evropě máme. Jiné nefosilní zdroje energie, jako biomasa, mohou hrát jen podružnou roli. Zemědělství bude během další klimatické změny stále obtížněji produkovat potraviny pro celé lidstvo a lesy by měly, pokud budou přežívat, být co nejvíce ponechány přírodě – jen tak snad budou schopny ukládat i nadále nemalou část přebytečného uhlíku z ovzduší.

K té udržitelné trajektorii „rychle k nulovým emisím“ hned na úvod máme vynikající zprávu: **jak užívání fosilních paliv skončí, skončí i oteplování**. Klimatická změna sice ne (led bude tát a vegetace se bude měnit ještě dlouho), ale například v Česku by se poté klima už valně neměnilo.

Na přelomu let 2020 a 2021 se v Česku probíral „konec uhlí“. V úzkém smyslu šlo o konec provozu uhelných elektráren, které nezásobují teplem žádné okolí. A že se jejich produkce má nahradit nějakou neuhelnou. To by byl krůček k tomu, eliminovat potřebu fosilních paliv vůbec. Cesta k tomu ovšem nespočívá v náhradě uhlí zemním plynem (fosilním metanem), jak v létě 2022 již všichni vědí, ale hlavně větrem, který v zimě fouká ještě lépe než v létě a nakonec nahradí i fosilní teplárny.

Ambicí knížky je, aby byla používána jako opora pro výuku na všech typech škol, včetně univerzit třetího věku. Studium s využitím této příručky by mělo vést ke získání základních znalostí, informací a kompetencí v oblasti ochrany klimatu. A také, a to především, získání velké a trvalé motivace se této oblasti po zbytek života věnovat. Jak svým vlastním, patřičně upraveným způsobem života, tak i působením na své posluchače, přátele, obec i stát.

Téma je ohromně široké. Nicméně jeho podstatnou část lze vystihnout slovy: *jednoduchá fyzika v běžném životě*. Bohužel takovou jednoduchou fyziku, která pomáhá pochopit jevy, které se kolem nás stále dějí a jsme na nich závislí, ve školách běžně neprobírají.

Knížka proto nejprve vysvětluje: **co to je skleníkový jev, jak je veliký** (ohromně...) a **čím je působený**; jak se zesílil a **jak roste**; k čemu jeho nárůst vede: k *oteplování Země*; proč skleníkový jev sílí a ještě sílit bude: *vinou spotřeby fosilních paliv*. Objasňuje, že globální a regionální oteplování jsou hlavní příčiny komplexu, který označujeme slovy *klimatická změna*. A že další faktory působící na tuto změnu jsou aerosoly ze spalování, které mají velký ochlazující vliv, a změna využití krajiny, která má též ochlazující vliv, ale menší.

Dále se zabývá otázkami: Jaké jsou přírodní vlivy na stav klimatického systému? Jak se jeho stav mění a bude měnit, jaké jsou dopady těchto změn? Jaké jsou cesty k tomu, aby emise skleníkových plynů přestaly růst a pak klesaly k nule? Co se označuje jako mitigace? Jak moc to spěchá? Čemu se již nelze vyhnout a máme se na to adaptovat?

Probíráme vizi dekarbonizace – cestu ke společnosti, která skleníkový jev už nezesiluje. Pak koncept udržitelného rozvoje a neudržitelnost dnešní spotřeby. Naznačíme, co může dělat každý, aby svůj příspěvek k oteplování minimalizoval. Co může a má dělat obec, firma, stát, EU, OSN. Zmíníme dobré a špatné příklady. Ukážeme, kde jak plýtváme a jak s tím přestat.

Porozumění fyzikálním základům a aspektům klimatické změny a poté fyzikálním možnostem jejího úmyslného, významného zpomalení (zastavit ji v tomto století už nelze, alespoň pokud jde o vzestup hladiny oceánu táním ledu) má být naší oporou pro diskusi o morálních aspektech ochrany klimatu. Ty by měl mít na vědomí každý jedinec a řídit se podle nich. Knižka má vést k tomu, že je budeme brát velmi vážně a že se jich nebudeme bát: radikálně snížit spotřebu fosilních paliv a produkci látek působících oteplování totiž lze, aniž bychom upadli do bídy. Vyžaduje to ale celospolečenské odhodlání a zodpovědné lídry.

Bohaté národy už srovnatelnou krizi řešily, když se začaly bránit německému a japonskému útoku za 2. světové války. Změnily tehdy rychle své továrny, místo spotřebního zboží vyráběly vše nutné pro obranu. Lidé obratem snížili osobní spotřebu, Spojené státy mohutně zásobovaly zbraněmi i potravinami i Rudou armádu. A demokratické státy válku vyhrály.

Od února 2022 jsme v situaci, kterou bohaté národy berou různě vážně – některé pomáhají Ukrajině finančně i materiálně, především výzbrojí, jiné otálejí. Evropská unie se snaží obejít bez fosilních paliv z Ruska. Krátkodobě jejich náhradou odjinud a rychlou výstavbou k tomu potřebné infrastruktury, což je ovšem do budoucna slepá cesta vedoucí k růstu emisí. Někde, například v Německu, je již patrná snaha o co největší snížení spotřeby. Chybí ale zatím řádové zvýšení tempa budování větrné a sluneční energetiky a nových elektrických propojení skrze kontinent.

Nejde přitom jen o spotřebu energie, měl by také rychle klesnout chov nepasoucího se dobytka i drůbeže. Místo krmiv je potřeba mít dostatek (rostlinných) potravin pro výživu celého lidstva – jinak bude leckde takový hladomor, který povede ke zhroucení řady států.

Světově je úkol ještě těžší. Spolupracovat musí totiž všechny státy, i ty z „globálního jihu“ včetně těch nedemokratických, a to ne pouze několik let, nýbrž trvale. Jen tak je možné, po porážce Ruska, zachránit civilizaci, v níž žijeme. Role Evropské unie je přitom klíčová: naše standardy a zvyklosti se nakonec, vlivem trhu, uplatňují všude.

Česká úloha přitom není menší než třeba anglická nebo portugalská. I když nemáme historickou vinu za rozvrat afrických zemí a ztrátu původních kultur Číny a Indie. Nebohatli jsme díky koloniím, ale „jen“ díky obrovské spotřebě fosilních paliv. Až v posledních desetiletích naše spotřeba roste i dovozem sóji pro dobytek a levných výrobků z Asie. Nicméně je i naším úkolem dát nový, dobrý příklad zemím mnohem méně bohatým: spotřebu lze hodně snížit a přitom žít lépe, zdravěji, veseleji. Samozřejmě s použitím technologií, které dříve nebyly k dispozici a které by měly být dostupné všem. Ale dost možná i s přijetím toho, že česká krajina bude muset být opět skoro celá intenzivně využívána, s velkým podílem ruční práce a zejména obyvatelstvem, které k nám přijde ze zemí, kde už přestalo být možné žít... nebo se tam vinou války nyní žít nedá.

Svět se totiž bude muset hodně proměnit a promění se. Trvalý růst spotřeby naše planeta nedokáže podporovat. Klimatická změna je jen podmnožinou takzvané globální změny, která

zahrnuje vše, co se na Zemi vlivem lidstva oproti minulosti děje. Tedy i všechno viditelné i neviditelné znečišťování, šesté masové vymírání, rozevírající se nůžky mezi bohatými a chudými, úspěch bezskrupulózních populistů nejen (donedávna) na čele USA a dosud Brazílie, ba i Maďarska... A v letech 2020 až 2022 též pandemie Covid-19, která ukazuje, jak rychle a zásadně se může chování společnosti změnit, když se lidé shodnou, co je nutno dělat. Pandemie někdy odezní, ale problém vzniklý tím, že jsme drasticky změnili složení ovzduší, sám od sebe nezmizí.

Sociologové zjistili, proč někteří lidé vnímají oteplování vinou užívání fosilních paliv jako příčinu klimatické změny, o níž se dnes již vyjadřují výmluvněji jako o klimatické krizi nebo klimatickém rozvratu – a proč to jiní tak nevnímají. *Klíčový rozdíl je v tom, zdali rozumějí skleníkovému jevu nebo ne.* To, že nerozumějí, bývá i tím, že se o něm píše zmateně. My proto začínáme tím, že onen jev a jeho proměny vysvětlíme opravdu důkladně. Bez opory o takovou znalost je totiž všechna argumentace, proč se vůbec ústupem od fosilních paliv zabývat, postavená na vodě. Jestli je nějaká část naší knížky vhodná k tomu, abyste si ji prostudovali vícekrát, je to právě ta následující kapitola...

Od studia textu, který leckdy není jednoduchý, si ale můžete občas odskočit dovnitř posledních kapitol, která nabízí i různé animace (11.2), interaktivní aplikace a řadu videí.

Pojmy „globální oteplení“ i „globální oteplování“ nejsou dostatečně výmluvné. Vztahují se k veličině, která postihuje změnu teploty těsně nad povrchem planety. Kelvin, dva, to nevypadá hrozně. Moudřejší sousloví je „**globální ohřívání**“, **global heating**. To je ten proces, který světové žaby v ohříváném hrnci nezvládnou. Od roku 2020 to má i hodnotu jdoucí přes obrovský práh: jde o celý **jeden watt na metr čtvereční** zemského povrchu získávaný od slunce, který nevracíme do vesmíru. Je to více než v uplynulých desetiletích. Je bohužel pravděpodobné, že tato Planetární zemská nerovnováha – Earth Energy Disbalance, EEI, ještě poroste.

Potřebujeme, aby se z kladné změnila na zápornou. Jinak dopadneme špatně, natož naši potomci. Zatím: [A perspective on climate change from Earth's energy imbalance](#),

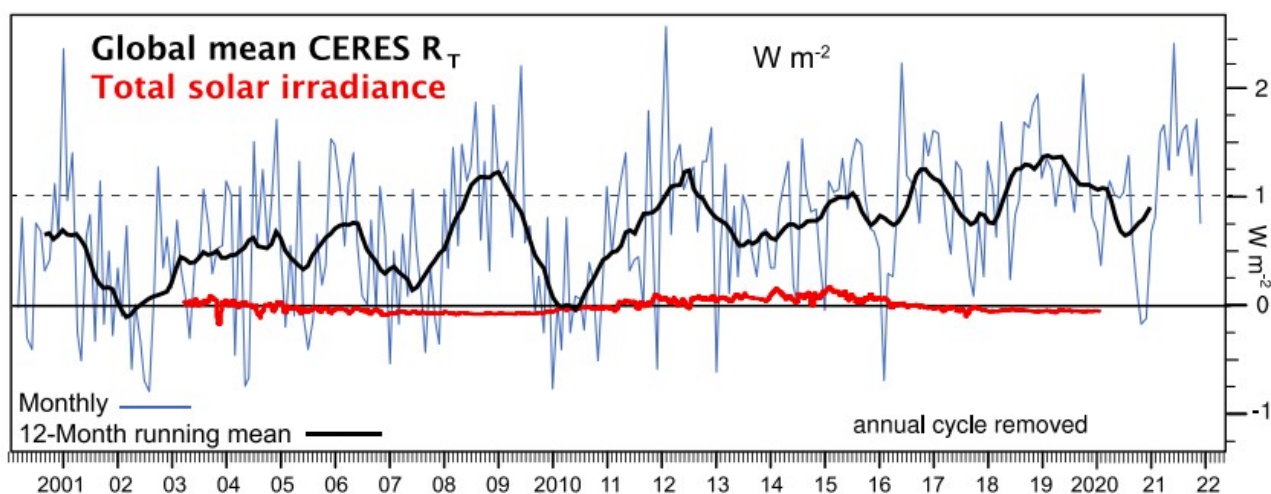
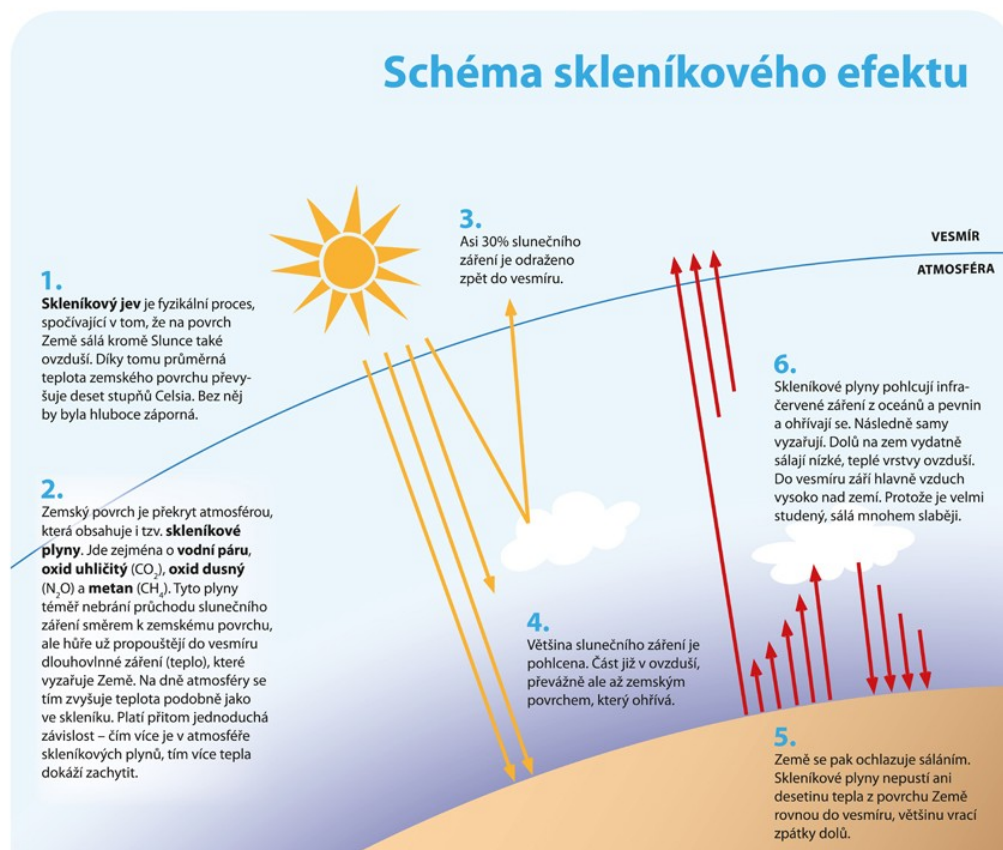


Figure 3. Monthly time series of CERES EBAF Ed4.1 net radiation at the TOA (positive down) relative to an estimated mean of 0.7 W m^{-2} for 2000–2015 (see Loeb *et al* (2018)) (blue). The mean annual cycle is removed, and the heavy black line is the 12 month running mean (includes data through 2021). The total solar irradiance contribution is in red (updated, see Coddington *et al* (2016)) with the mean (1361 W m^{-2}) removed, and converted to a radiative forcing by dividing by 4 and multiplying by 0.7 to account for the albedo.

2 Skleníkový jev a jeho změny

Proč se v posledním půl století rychle mění klima? Protože zesílil skleníkový jev. Jak moc zesílil? A jak je vlastně silný?

Skleníkový jev je fyzikální proces spočívající v tom, že na povrch Země kromě Slunce sálá také ovzduší. Díky tomu průměrná teplota zemského povrchu převyšuje deset stupňů Celsia. Bez něj by byla hluboce záporná.



Obrázek 2.1: Schéma a vysvětlení skleníkového jevu (viz i amper.ped.muni.cz/gw/jev/dobre). Jako postupně kreslené schéma s nahraným výkladem i o tom, k čemu zesílení jevu vede, viz <https://www.veronica.cz/animace-a-grafy-o-zmene-klimatu>.

Zemský povrch je překryt atmosférou, která obsahuje i tzv. skleníkové plyny (viz Skleníkové plyny). Jde zejména o vodní páru, oxid uhličitý (CO₂), oxid dusný (N₂O) a metan (CH₄). Tyto plyny téměř nebrání průchodu slunečního záření (tepla) směrem k zemskému povrchu, ale hůře už propouštějí do vesmíru dlouhovlnné záření (teplu), které vyzařuje Země. Při zemském povrchu se tím zvyšuje teplota podobně jako ve skleníku. Platí přitom jednoduchá závislost – čím více je v atmosféře skleníkových plynů, tím více tepla dokáží zachytit. (Číslo 2 v obrázku)

Asi 30 % záření je odraženo zpět do vesmíru. (Číslo 3 v obrázku)

Většina sluneční energie je pohlcena. Část již v ovzduší, většina až zemským povrchem, který se ohřívá. (Číslo 4 v obrázku)

Země se pak ochlazuje sáláním. Skleníkové plyny nepustí ani desetinu tepla rovnou do vesmíru, ale většinu z něj vrací zpátky dolů. (Číslo 5 v obrázku)

Skleníkové plyny pohlcují infračervené záření z oceánů a pevnin a *získanou energii předávají okolnímu vzduchu. Dle jeho teploty pak samy vyzařují*. Dolů na zem vydatně sálají nízké, teplé vrstvy ovzduší. Do vesmíru září hlavně vzduch vysoko nad zemí. Protože je velmi studený, sálá mnohem slaběji. (Číslo 6 v obrázku)

2.1 Sálání

Sálá... co to je? **Sálání je pěkné české slovo pro děj, kdy látka vydává elektromagnetické záření vlivem toho, že má nenulovou teplotu. Rozuměj absolutní teplotu, měřenou v kelvinech, které jsou totožné se stupni Celsia.** Rozdíl absolutní a Celsiovy teploty je jen v tom, odkud se počítá. Celsiova od bodu mrazu, absolutní teplota od hodnoty $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sálání s teplotou¹ silně roste, je úměrné její čtvrté mocnině.

Vezměme si příklad kachlových kamen, která se teprve rozehrívají. Nějaká kachle už má teplotu 390 K (čili 117 °C), jiná teprve 300 K (27 °C). Ta teplejší má tedy absolutní teplotu 1,3× vyšší ($390/300 = 1,3$). Její sálání je ale větší v poměru $1,3^4=2,8561$, tedy téměř 3× silnější.

Vrstva sluneční atmosféry, z níž k nám přichází naprostá většina sálání Slunce, se nazývá fotosféra. Ta má absolutní teplotu skoro 6000 K. Z metru čtverečního fotosféry odchází tedy téměř $160\,000 \times$ více záření než ze zdi teplé 300 K: $6000/300 = 20$, $20^4 = 400 \times 400 = 160\,000$. Polovina jejího sálání spadá do oblasti viditelného záření, je to světlo. Je to tedy „sféra světla“, kulová slupka sluneční atmosféry, kterou vidíme.

Sálání zdi o absolutní teplotě 20× nižší než fotosféra má také vlnové délky 20× delší. Z fotosféry dostáváme kromě světla a ultrafialového záření také záření krátkovlnné infračervené. Zato **záření předmětů kolem nás i našeho ovzduší je tzv. dlouhovlnné infračervené**. Dělitko mezi krátkovlnnou a dlouhovlnnou oblastí je vlnová délka 3 μm. Pod ní převažuje sluneční sálání, nad ní sálání pozemské.

2.2 Sálání atmosféry na zem

Kvantitativně lze atmosférické sálání na zem popsat s využitím pojmu efektivní teplota. **Atmosférické sálání na zem činí, v globálním průměru, asi 343 W/m², přes třetinu kilowattu na metr čtvereční.** To odpovídá sálání tzv. absolutně černého tělesa s teplotou 6 °C čili 279 K. (Členité povrchy, třeba zorané pole, sálají téměř jako „černé těleso“.)

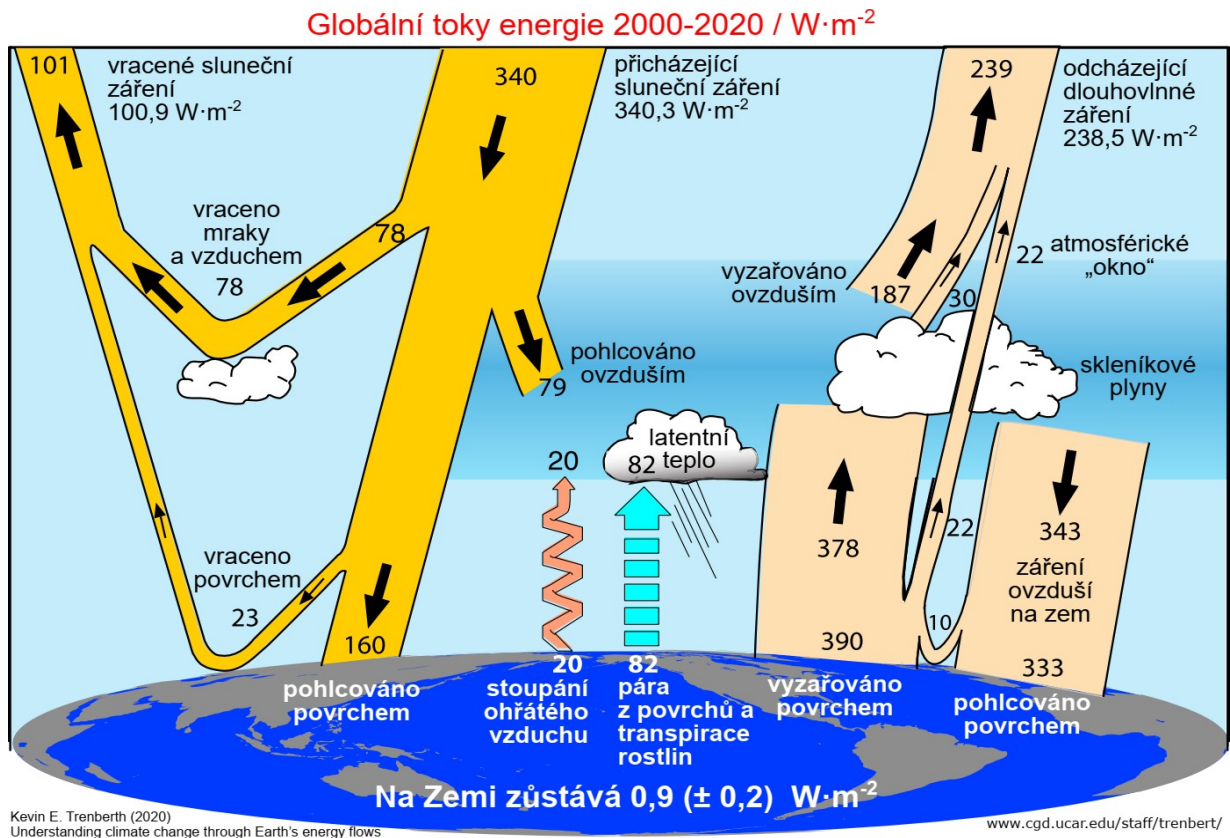
1/3 kW/m², to je velikost skleníkového jevu vztaženého na metr čtvereční povrchu. Na rozdíl od záření slunečního je sálání ovzduší téměř všechno povrchem pohlceno (pro zapamatování: jde o 333 W/m², jako stříbrných křepelek). Zemský povrch sálá ovšem více, protože je teplejší. V průměru vyzařuje téměř 400 W/m², což odpovídá teplotě 16 °C. Většina tohoto sálání pevnin a oceánů směrem vzhůru je ovzduším pohlcena, jen pět procent (kolem 22 W/m²) odejde rovnou do vesmíru. Další teplo se z povrchu Země, především z oceánů, dostává ve formě vodní páry, která pak v ovzduší z kondenzuje, čímž jej ohřeje, a jako déšť a sníh se vrací na povrch. Za slunného počasí odchází teplo z kontinentů i formou

1 Použití zkratky jednotky kelvin, K pro teplotu, neudáme-li nic dalšího, znamená, že jde o absolutní teplotu. Absolutní proto, že nic nemá teplotu nižší než 0 K. Značku K je ale vhodné užívat také pro rozdíl teplot, je to jednoznačné a krátké. Nemůže dojít ke zmatení, o jaké „stupně“ jde; v Evropě pochopitelně slovo Celsia běžně vynecháváme, neb ty druhé stupně, Fahrenheita, neužíváme. Američan ale pod slovem *degrees*, týká-li se teploty (a ne úhlu) rozumí právě ty. $1\text{ }^{\circ}\text{F} = 5/9\text{ K}$.

stoupajícího ohřátého vzduchu. Bilance takových tepelných toků probíhajících jinak než zářením činí sto wattů na metr čtvereční směrem z povrchu vzhůru.

Směrem vzhůru tedy odchází více tepla (skoro půl kilowattu na metr čtvereční), než poskytuje skleníkový jev. Je snadné přijít na to, odkud je odcházející teplo doplňováno: je to **slunečním zářením**. Toho pohlcuje zemský povrch na **sto šedesát wattů na metr čtvereční**.

Zdá se to málo... vždyť **plné slunce poskytuje celý jeden kilowatt na metr čtvereční**. Jenže ono není pořád rovnou nad hlavou, ani není pořád jasno. Země vystavuje Slunci jen „kotouč“, zatímco má tvar koule. Obsah čili velikost povrchu koule ($4 \pi r^2$) je čtyřnásobkem obsahu kruhu, kotouče (πr^2). Kromě toho třicet procent slunečního záření Země vrací do vesmíru, hlavně vlivem mraků, zasněžených oblastí a pouští.



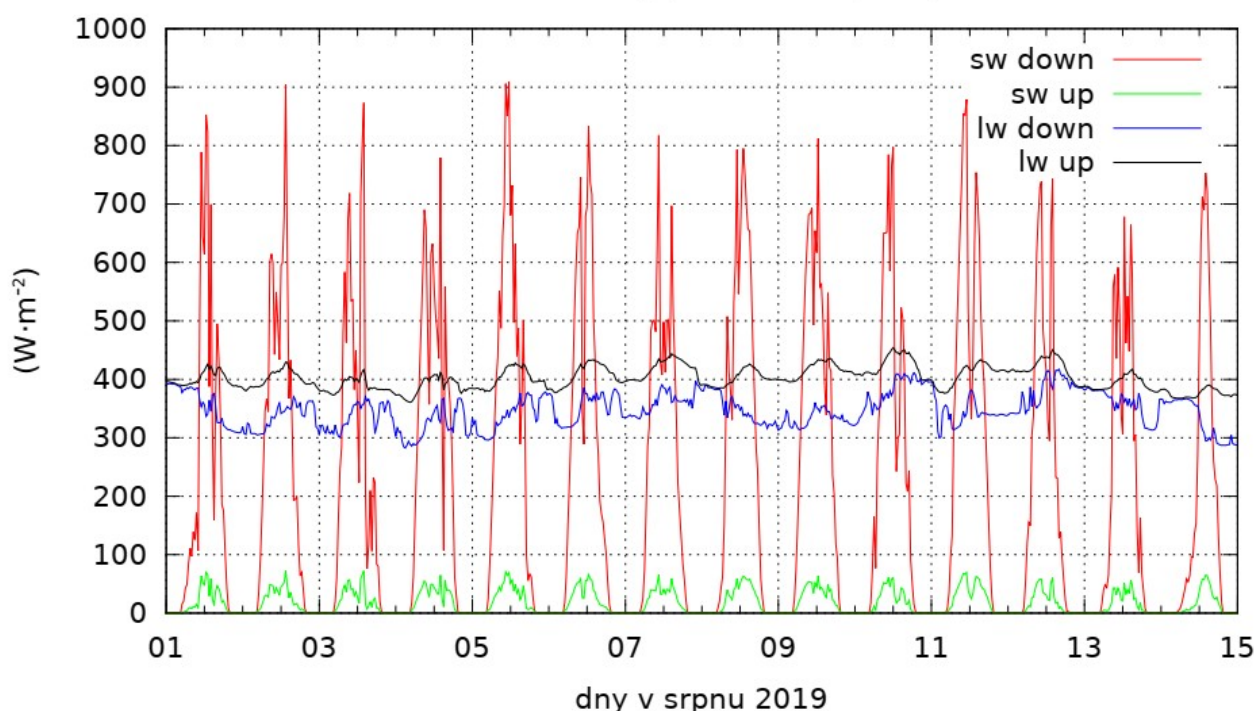
Obrázek 2.2: Toky energie ovzduším bráno globálně

Nyní už můžeme říci, **jak je skleníkový jev silný v porovnání se slunečním ohřevem zemského povrchu: je dvakrát silnější! Je to tedy jev mohutný, zcela zásadní, ne jen drobný příspěvek k tepelným tokům určujícím teplotu zemského povrchu.**

2.3 Kolísání záření v cyklech den-noc

Dlouhovlnné záření zemského povrchu i záření ovzduší, kterému též říkáme terestrické, se na mnoha stanicích měří spolu se zářením krátkovlnným, slunečním. Příklad uvádí následující obrázek. Je z něj zřejmé, že sálání atmosféry na zem kolísá obdobně jako sálání povrchu. Důvod je prostý, jak se mění teplota povrchu, tak se s mírným zpožděním mění i teplota přízemní vrstvy ovzduší nad ním.

záření na smrkový porost a z něj - Bílý Kříž



Obrázek 2.3: Měření z ekosystémové stanice Bílý Kříž, kde jsou přístroje nad smrkovým porostem na věži ve výšce 20 m.

Černě je v grafu vyznačeno dlouhovlnné (**lw**) záření směrem vzhůru (kolem 400 W/m^2), to se mění dle teploty vegetace a terénu. **Modře je sálání z oblohy na vegetaci** (mezi 300 W/m^2 a 400 W/m^2) – to je onen skleníkový jev.

Červeně jsou vyznačeny velké proměny krátkovlnného (**sw**) záření z oblohy, což je přímé i rozptýlené sluneční záření; to v noci „není“ (i při úplňku je to jen miliwatt na metr čtvereční). **Zeleně** je znázorněno krátkovlnné záření vrácené terénem do nebe. „Zubatost“ modré i červené křivky je dána chodem oblačnosti. Mraky zvyšují množství dlouhovlnného záření z nebe na zem.

2.4 Skleníkové plyny

Ne všechny látky dokáží významně sálat. Kdyby byl vzduch složen jen z dusíku a kyslíku, tak by při teplotě 200 K ani 300 K nic nevyzařoval. Za to, že sálá, vděčíme jen jeho některým příměsím, konkrétně molekulám o větším počtu atomů než 2. Jde především o vodní páru, **oxid uhličitý, metan, oxid dusný a ozón. Molekuly, které dokáží sálat, označujeme jako skleníkové plyny.**

Skleníkové plyny mají tu vlastnost, že sluneční záření (téměř) nepohlcují, zato dlouhovlnné infračervené záření ano. Skleníkový jev tak můžeme charakterizovat také tím, že se ovzduší chová velice různě k různým vlnovým délkám: sluneční záření jím z valné většiny projde až na zem, zatímco dlouhovlnné záření zemského povrchu je téměř všechno pohlceno.

Koncentrace skleníkových plynů v ovzduší je ale malá a vydatně pohlcují a vyzařují jen některé vlnové délky. Sálání ovzduší dolů na zem proto pochází z různých výšek, jak z nejnižších desítek a stovek metrů, tak i z několika kilometrů. S výškou ovšem teplota

ovzduší obvykle klesá, průměrně je to o 6 K na kilometr výšky. Není-li nad povrchem souvislá nízká oblačnost, část atmosférického sálání na zem pochází ze vzduchu o hodně chladnějšího, než je zemský povrch, zejména, je-li vzduch velmi suchý.

2.5 Sálání Země do vesmíru

Jiný pohled na skleníkový jev lze mít z vesmíru. Odtud jej můžeme popsat tak, že do vesmíru sálají převážně až vysoké vrstvy ovzduší, které jsou velmi chladné. Úhrn sálání Země do vesmíru se pak jeví, jako kdyby Země měla teplotu $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Úhrn vyzařování do vesmíru není proto větší než úhrn pohlceného slunečního záření. Teplota $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ panuje v průměru ve výšce zhruba 5,5 km. A o každý kilometr níže je vzduch asi o 6 K teplejší. Na zemském povrchu je proto asi o $5,5 \times 6 = 33$ kelvinů více...

2.6 Kdyby nebylo skleníkových plynů...

Je tedy na povrchu Země o 33 K tepleji, než kdyby skleníkový jev neexistoval? Často se to tak uvádí – že skleníkovému jevu vděčíme za to, že je průměrná přízemní teplota téměř $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$ místo $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. To by ovšem platilo jen za předpokladu, že by celá Země zůstala stejně světlá – nezměnila by se nejen oblačnost, ale ani by nezesvětľal její povrch. Jen by ony molekuly se třemi a více atomy, CO_2 , CH_4 , N_2O , O_3 atd. najednou nějak zázrakem ztratily schopnost pohlcovat a vydávat infračervené záření. Nebo by zázrakem zmizely – ovšem až na vodní páru, ta zmizet nemůže, dokud na povrchu planety existuje voda a led.

Pokud by z ovzduší rázem zmizel oxid uhličitý, metan, oxid dusný a ozón, Země by rychle chladla a ubývalo by proto vodní páry v ovzduší. Relativní vlhkost vzduchu by sice zůstávala zhruba stejná, ale s poklesem teploty by klesala vlhkost absolutní, vyjádřená např. jako počet gramů H_2O v kilogramu vzduchu. Tím by skleníkový jev dále slábl. Tempo chladnutí by bylo limitováno jen tím, že oceány představují gigantický tepelný rezervoár.

Kromě toho by se ovšem dělo ještě něco dalšího: dešťové srážky by se měnily na sněhové, zamrzal by i oceán, Země by rychle běhala. Ve výsledku by byla bílou sněhovou koulí. Odrážela by valnou většinu slunečního záření. **Bez skleníkových plynů by se Země ochladila** ne „jen“ o nějakých 33 K, ale ochladila by se třikrát více, o celou stovku kelvinů (podrobněji viz závěr textu <http://amper.ped.muni.cz/gw/jev/porovnaní/>).

2.7 Dávné změny skleníkového jevu – rozhodoval oxid uhličitý

Ze všech skleníkových plynů je jeden takový, že jeho koncentrace v ovzduší je všude téměř stejná a běžnými přírodními procesy se mění jen pomalu, přesuny mezi oceánem a atmosférou. Ten nakonec určuje, jak silný je skleníkový jev je – a v důsledku tedy i to, jaká je teplota povrchu Země. Je to oxid uhličitý. Nerozkládá se slunečním zářením, je to stabilní molekula. Ze systému oceán-ovzduší je trvale odebírán téměř jen zvětráváním minerálů², hlavně živců, které se reakcí s dešťovou vodou, v níž je oxid uhličitý rozpuštěný, mění na karbonáty – hlavně na uhličitán vápenatý. Ten se pak ukládá na dno oceánů.

Opačným procesem, kterým je oxid uhličitý do klimatického systému přidáván, je vulkanismus. V posledních miliónech let byly oba procesy téměř stejně vydatné. Na dno oceánů se ukládala asi desetina gigatuny uhlíku ročně, vulkanismem se desetina gigatuny ročně vracela.³

2 ... téměř...: malá část uhlíku se v geologickém cyklu neukládá na mořské dno ve formě karbonátů, ale jako nezoxidovaný uhlík, přeměněné někdejší živé tkáně různých organismů.

Přesněji vzato, v posledních padesáti miliónech let mírně převažuje odebírání CO₂ zvětráváním horstev vzniklých srážkou indického subkontinentu s Eurasií. Koncentrace CO₂ klesaly a Země se ochlazovala. Ochlazování bylo ale zpomalováno tím, že pomalinku rostl výkon Slunce. Ten roste už miliardy let a poroste dál.

Na rozdíl od běžného zvětrávání velehor může vulkanismus řádově vzrůst během tisíců let. A tak mohutný trvat až statisíce let. Právě to se stalo na konci prvohor i druhohor. Důsledkem bylo vymírání působené rychlou a obrovskou změnou prostředí. Emisemi SO₂, CO₂, kyselými dešti, okyselením oceánu, prudkým oteplováním a změnou klimatu, vzrůstem eroze krajiny bez vegetace a odnosu živin do oceánů, bezkyslíkatými oblastmi v nich. Viz více články na skepticalscience.com (Mason 2015a; 2015b).⁴ Nověji pak o konci prvohor a o oteplení o 5 K před 56 milióny let na rozhraní paleocénu a eocénu, což je nejbližší obdoba současného oteplování, jen desetkrát pomalejší, viz článek Foster Gavin L. et al. 2018.

Koncentrace oxidu uhličitého je tím jediným činitelem, který dlouhodobě určuje teplotu Země. Vzroste-li jeho koncentrace, vzroste i teplota.

Naštěstí je to tak, že i když oxidu uhličitého z uhlíkatých sedimentů rychle přibude a oteplí se, nevydrží tam všechn věčně. Většina se jej během desetiletí a staletí rozpustí v oceánech. Během desetitisíců let reaguje se sedimenty na oceánském dně, čímž jej může ubýt až na desetinu původně přidaného množství. A ve škále miliónů let hraje pak roli i to, že zvýšená koncentrace CO₂ znamená i jeho rychlejší odebírání z ovzduší zvětráváním běžných hornin. Pokles obsahu přebytku oxidu uhličitého v ovzduší ukazuje následující obrázek (Archer a Brovkin 2008). Pokud se už vulkanické emise ani tempo zvětrávání nemění, klimatický systém Země je tak nakonec stabilizován na úrovni odpovídající tempu emisí.

3 Proč „vracela“? Protože v mnoha oblastech světa, kde se mořské dno zasouvá pod jiné litosférické desky (kontinenty či oceánské desky), se karbonáty recyklují, uhlík v nich obsažený se odděluje jako oxid uhličitý, který pak spolu s vodou pohání explozivní vulkanické děje.

4 Emise CO₂ z oblastí pod zemskou kůrou Sibíře na konci prvohor byly asi doprovázeny emisemi z ložisek uhlí, které bylo oním vulkanismem zahřáto.

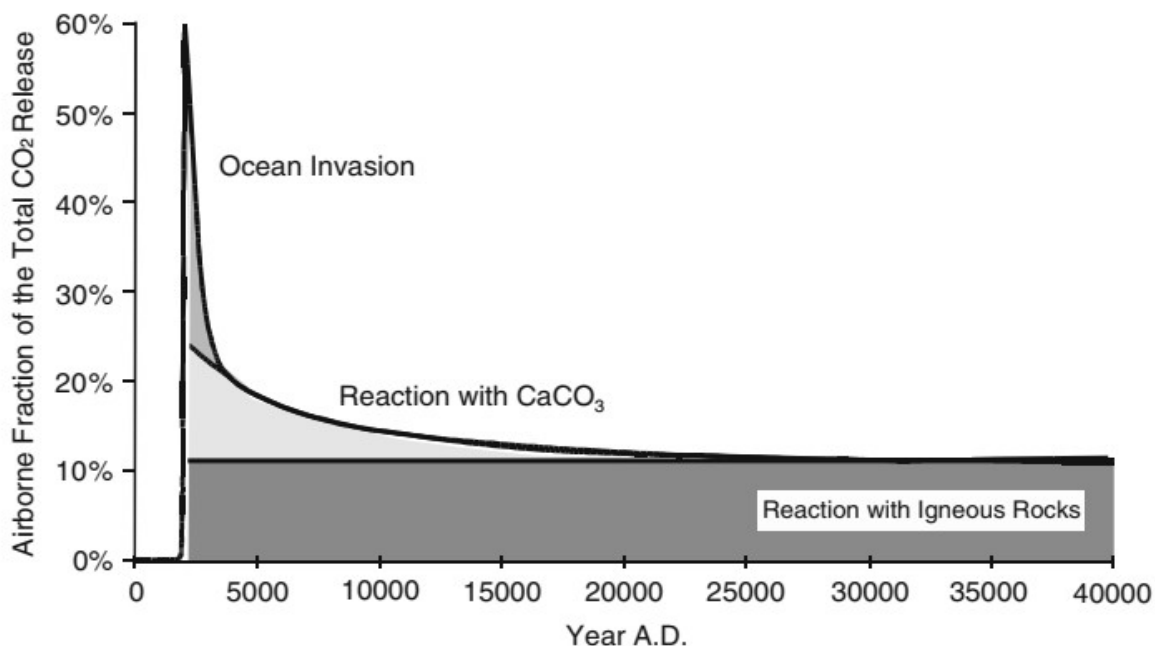


Fig. 1 Schematic breakdown of the atmospheric lifetime of fossil fuel CO₂ into various long-term natural sinks. Model results from Archer (2005)

Obrázek 2.4: Ubývání CO₂ náhle přidaného do ovzduší. Asi třetina se rozpustí v povrchových vrstvách oceánů během desítek let. Do hloubek oceánů se přebytečný oxid uhličitý dostává tisíce let, tam pak reaguje s vápenci a aragonity na dně. Po desítkách tisíců let jej v ovzduší zůstane desetina původně přidaného množství. Další úbytek probíhá už jen zvětráváním vyvřelin, což je proces na statisíce a milióny let.

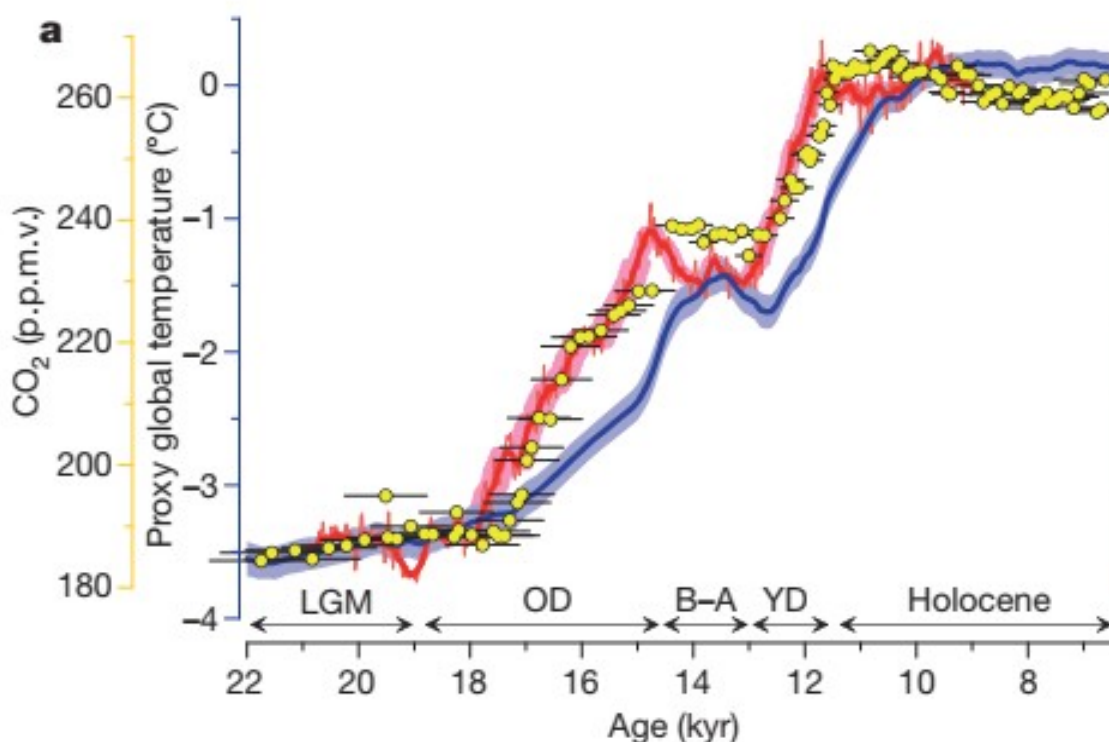
Další skleníkové plyny už teplotu Země „neovládají“, v přírodních podmínkách se jí fakticky podřizují. Obsah metanu a oxidu dusného záleží na jejich produkci v biosféře, která s teplotou roste. Pokud je teplota stálá a přírodní produkce CH₄ a N₂O se tedy nemění, v ovzduší se jejich koncentrace ustálí, protože se tam rozkládají. Molekula metanu vydrží max. desítky let, oxidu dusného staletí. Obsah vodní páry se s teplotou ovzduší mění rychle a zcela samozřejmě, neb „do teplejšího vzduchu se jí vejde více“. Jinými slovy, ostatní skleníkové plyny představují vlastně zesilující zpětné vazby. Další zesilující zpětnou vazbou je změna albeda Země: oteplení vede k úbytku sněhu a ledu a ke ztmavnutí tundry tím, jak se mění v tajgu s tmavými jehličnany.

2.8 Střídání ledových a meziledových dob

Čtvrtohory čili epocha posledních 2,6 miliónu let se vyznačovaly střídáním delších chladných a kratších teplých období. Zprvu v cyklu asi čtyřiceti tisíc let, pak v cyklu zhruba stotisíciletém. Popudům k ochlazení a oteplování dnes zcela rozumíme: šlo o snížené či naopak zvýšené oslunění severních šířek během léta. To se mění precesí zemské osy a tím, jak moc se zemská orbita kolem Slunce liší od kružnice. Čili tím, zdali je Země během severního léta ve výrazném odsluní nebo naopak přisluní. Všechna ochlazení na koncích teplejších, čili meziledových dob (interglaciálů) měla astronomickou příčinu: letní severské odsluní (a výrazná excentricita, protáhlost zemské orbity) vedlo k přibývání sněhu a ledu ve vysokých severních šířkách, v důsledku toho poklesu tamních teplot, rozpouštění oxidu uhličitého v chladnějším oceánu a následné celoplanetární ochlazení.

Je-li naopak v našem létě vzdálenost Země od Slunce zvláště malá, více sněhu a ledu roztaje, než přes rok přibude. To vede ke ztmavnutí oblastí kolem polárního kruhu, a tedy k jejich oteplování, protože pohltí více slunečního záření. Na konci poslední doby ledové to vedlo komplikovaným způsobem i k oteplení oceánu kolem Antarktidy a emisím CO_2 z oné oblasti. Rozpustnost oxidu uhličitého je totiž vyšší ve vodě studené. Pokud se oteplí, plyn z vody uniká, jak známe z teplejších sodovek. Vzrůstem koncentrace oxidu uhličitého se zesílil skleníkový jev po celé planetě a ta se v globálním průměru oteplila asi o čtyři kelviny (Annan a Hargreaves 2015). Podstatnou roli v tom hrály i již probírané zpětné vazby zesilující oteplující účinek zvýšené koncentrace oxidu uhličitého.

Oteplení z poslední doby ledové do doby poledové nazývané holocén mělo tedy také astronomickou příčinu, která vedla ke vzrůstu obsahu CO_2 v ovzduší. Momentální *globální* teplotní odchylka byla přitom vždy těsně a příčinně svázána s momentální koncentrací CO_2 (Shakun et al. 2012).



Obrázek 2.5: Změny teploty od vrcholu doby ledové do první poloviny holocénu. Modře je vyznačena globální teplotní anomálie, červeně průběh teplot v Antarktidě. Ty se mění zhruba dvakrát více, křivka je škálovaná tak, aby se konce shodovaly s globální anomálií. Žlutě jsou vyznačeny koncentrace oxidu uhličitého. Je patrné, že jejich nárůst předcházal globální oteplování a že těsně souvisel s teplotami Antarktidy. Ty byly spolu s koncentracemi oxidu uhličitého zjištěny z ledových vrtných jader z hloubky ledového příkrovu. Zkratky dole znamenají období: Younger Dryas (YD), Bølling–Allerød (B–A), Oldest Dryas (OD) a Last Glacial Maximum (LGM) (Převzato z první části obrázku práce Shakun et al. 2012 [dostupné na webu](#) hlavního autora.)

2.9 Co se stalo se složením ovzduší za poslední staletí?

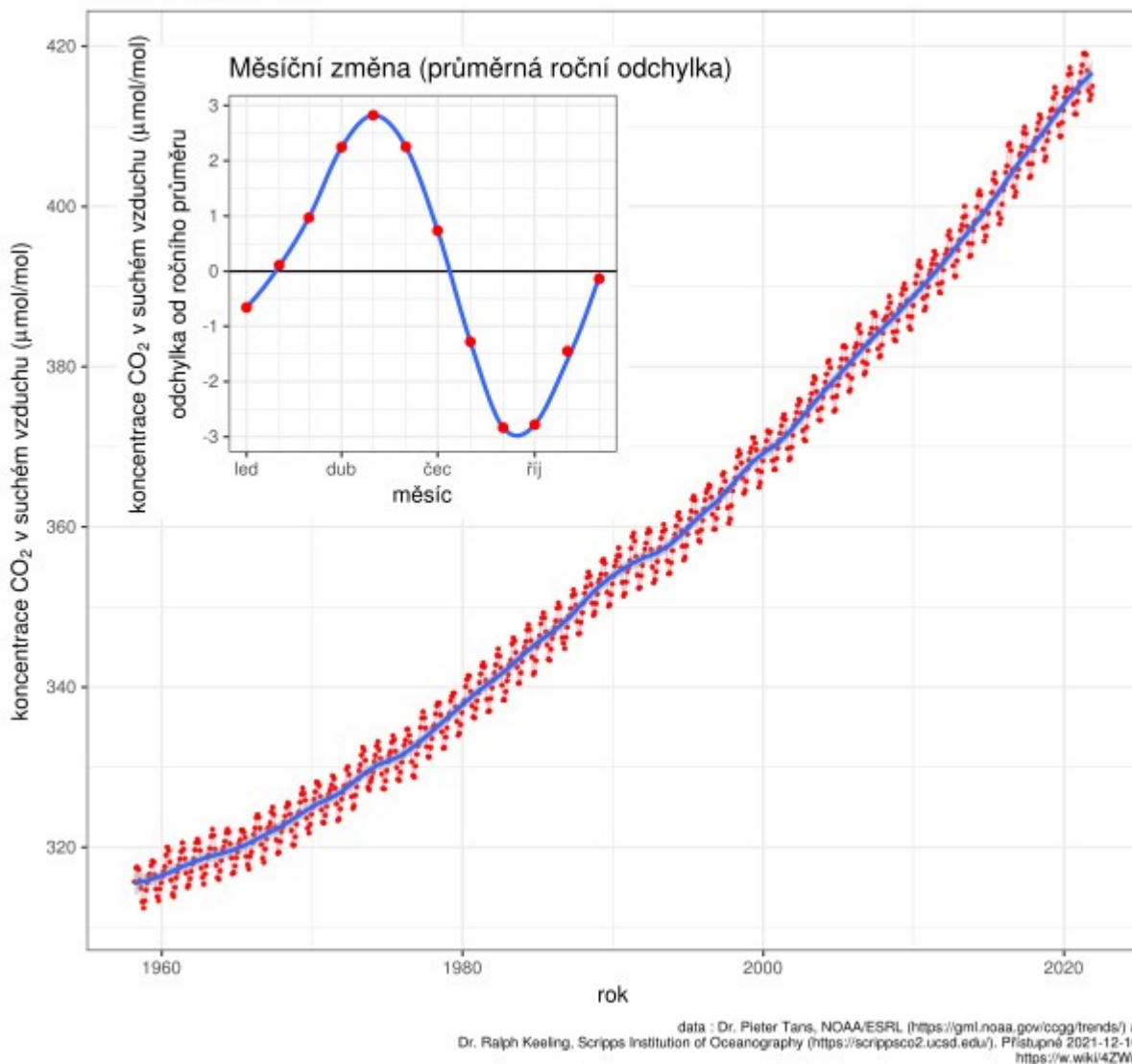
Skleníkových plynů v něm hodně přibýlo. A to především proto, že jsme začali užívat fosilní paliva a těžili a spalovali jich stále více, což pokračuje. Neoxidovaný uhlík uložený pod

povrchem kontinentů (či v případě ropy a zemního plynu i pod dnem moří) nyní přeměňujeme na oxid uhličitý. Zatímco v geologickém cyklu zmíněném výše jej vulkanismem ročně do ovzduší přibude asi 0,1 Gt a sedimentací na dno oceánů ubude rovněž 0,1 Gt, užíváním fosilních paliv jej ročně přidáme do atmosféry 10 Gt. Je to tempo podobné, jako to na konci prvohor, které vedlo k vymření naprosté většiny druhů. Rozdíl je ale v tom, že tehdejší koncentrace oxidu uhličitého byly vyšší než ty před průmyslovou revolucí, které činily kolem 280 ppm,⁵ tedy 280 molekul CO₂ v miliónu molekul vzduchu. Tempo oteplování přitom není dáno absolutním přírůstkem množství skleníkových plynů, ale přírůstkem relativním, např. o kolik procent za desetiletí.

Koncentrace CO₂ ve vzduchu nad oceány v roce 1994 byla, globálně průměrovaná, 357 ppm, v roce 2004 377 ppm, v roce 2014 už 397 ppm, roku 2020 to bylo 412 ppm. Růst tedy činí 5 % až 6 % za desetiletí. Nejreprezentativnější měřicí stanicí, fungující už od roku 1956, je observatoř na hoře Mauna Loa na Havaji, „uprostřed Pacifiku“. Ježto je na severní polokouli, odkud pochází valná většina emisí, jsou její údaje trošku vyšší než je globální průměr, jako by byly „o rok napřed“. Vlnovka zobrazující měření z Havaje se nazývá Keelingova křivka (graf pak Keelingův graf). Je to podle vědce, který přesné měření vyvinul a pak desetiletí vedl, Charlese Davida Keelinga.

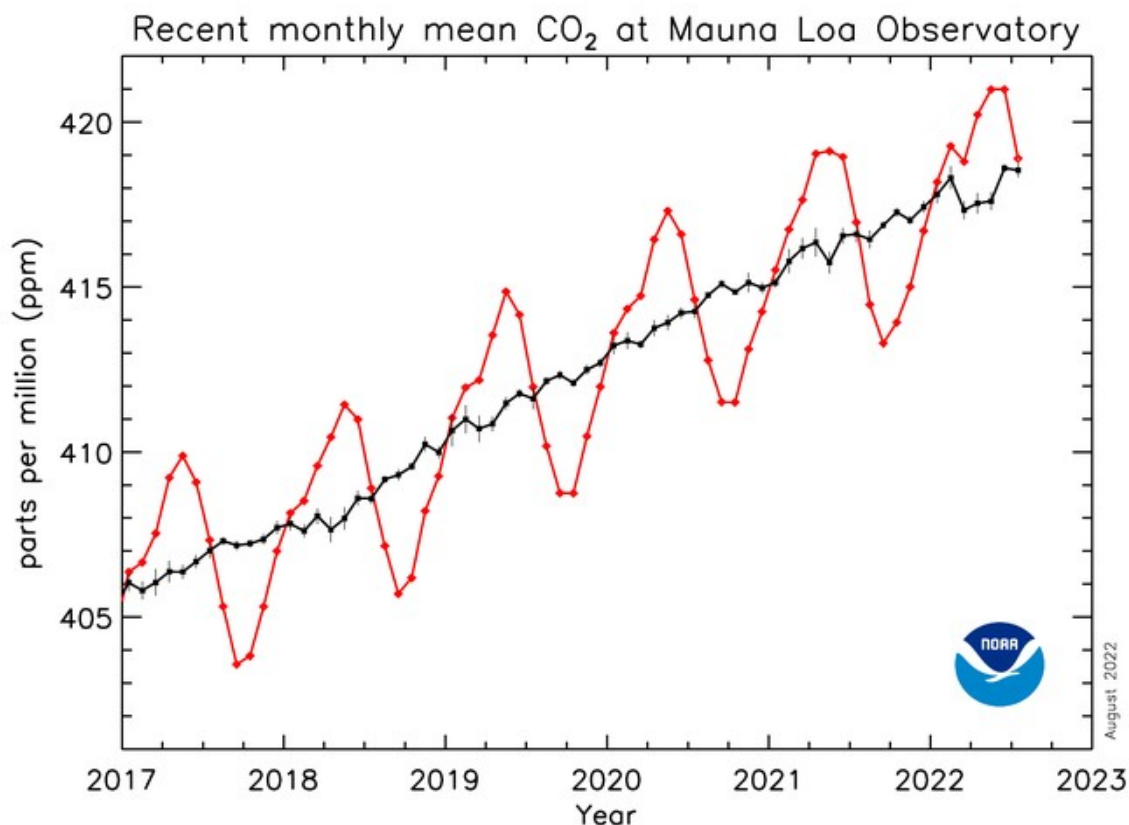
5 **ppm** je značka pro jednu milióntinu, vyslovuje se parts per million. Je to obdoba značky promile, ‰, označující jednu tisícinu (a ovšem značky %). 1000 ppm = 1 ‰. Pro udávání koncentrace metanu a oxidu dusného se užívá další značka, ppb, která má ovšem nevýhodu své závislosti na jazyku – je to jedna miliardtina; anglicky mluvící Američané (a anglicky mluvící lidé už asi všude) ovšem miliardě říkají bilión. V češtině je lepší se slovu bilión, které u nás označuje ne 10⁹, ale 10¹², vyhnout a říkat místo něj *tisíc miliard*. Vidíte-li či slyšíte-li kdykoliv bilión nebo trilión, neopakujte to bez rozmyslu. Zvažte, o jaký desítkový řád skutečně nejspíš jde.

Průměrné měsíční koncentrace oxidu uhličitého
Mauna Loa 1958 - 2021



Obrázek 2.6: Koncentrace oxidu uhličitého ve výšce 3,4 km nad Pacifikem, na Havaji. Vyjadřuje se v počtu molekul v miliónu molekul vzduchu. Převzato z Wikimedia Commons. Na stránce <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/mlo.html> najdete vždy aktuální graf.

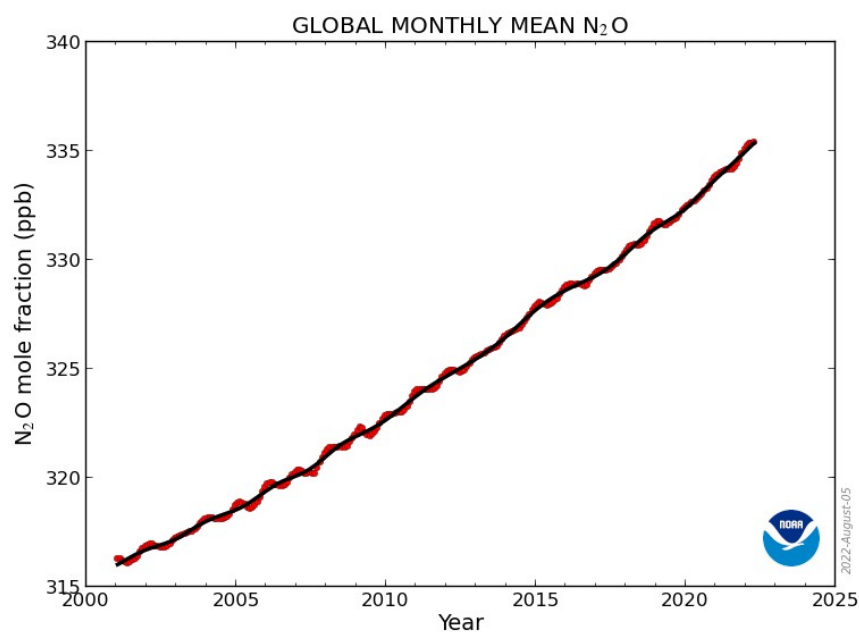
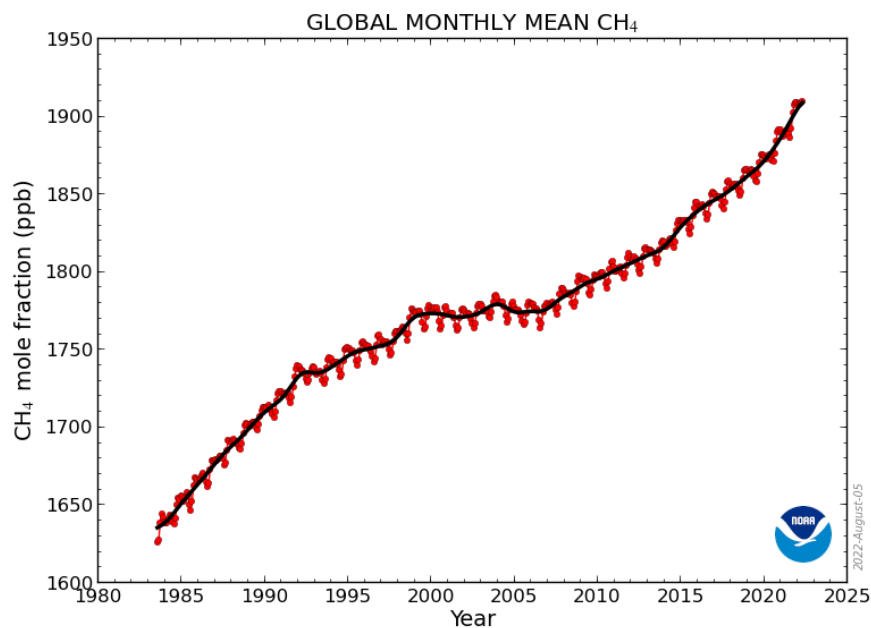
Tomu, proč Keelingova křivka stoupá, jistě rozumíme. Ale proč jde o vlnovku? Je to proto, že na severní polokouli je hodně pevnin, jejichž vegetace na jaře a v létě narůstá. Fotosyntéza, která v listech štěpí oxid uhličitý na uhlík vázaný v cukrech a kyslík uvolňovaný do ovzduší, tehdy ve dne běží naplno, mají-li rostliny dost vody. Po celý rok ale probíhá dýchání všech organismů (živočichů, rostlin, hub, bakterií), zahrnující i rozklad odumřelé biomasy. To většinu měsíců převažuje, jen v průběhu tří letních měsíců je akumulace uhlíku do biomasy, např. do mohutnějších kořenových systémů, rychlejší než jeho oxidace. Sezónní maximum koncentrace CO₂ v severním ovzduší nastává v květnu, minimum v září.



Obrázek 2.7: Průměrné koncentrace oxidu uhličitého nad Havají pro jednotlivé měsíce, graf končí listopadem 2020. Černě jsou vyznačeny hodnoty po odfiltrování obvyklých sezónních změn. Převzato ze stránky www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/mlo.html, kde je i podrobné vysvětlení.

Dalšími důležitými skleníkovými plyny, které byly v přírodě také vždy, ale nyní jich přibývá, jsou metan a oxid dusný. Koncentrace metanu má též sezónní cyklus. Pokles během léta je dán tím, že větší oslunění severní polokoule vede k větší koncentraci radikálu OH, který zajišťuje většinu oxidace metanu na CO₂ a H₂O; polovinu přidaných molekul čeká takový rozklad do deseti let. Nebýt antropogenní produkce, vrátily by se koncentrace metanu z nynější téměř 1,9 ppm během desítek let zpět na přírodní úroveň, která kdysi činila asi 0,7 ppm. Porozumění koncentracím metanu je menší než v případě oxidu uhličitého. V letech 1999 až 2007 prakticky nerostly. Mohlo to být dáno tím, že ubylo případů, kdy je při těžbě ropy metan (zemní plyn) vypouštěn bez spálení do ovzduší a naopak přibývalo případů, kdy se jímá a využívá. Nyní produkce metanu opět roste, a tím i jeho koncentrace. Je to hlavně vinou těžby zemního plynu (což je téměř samý metan) a úniků z jímacích a rozvodných systémů, ale i úniků při těžbě ropy a uhlí, dále pak vinou chovu stále většího počtu přežvýkavců a rozvoje pěstování rýže v umělých mokřadech. Může to být i oteplováním přírodních mokřadů – produkce metanu v nich s teplotou stoupá.

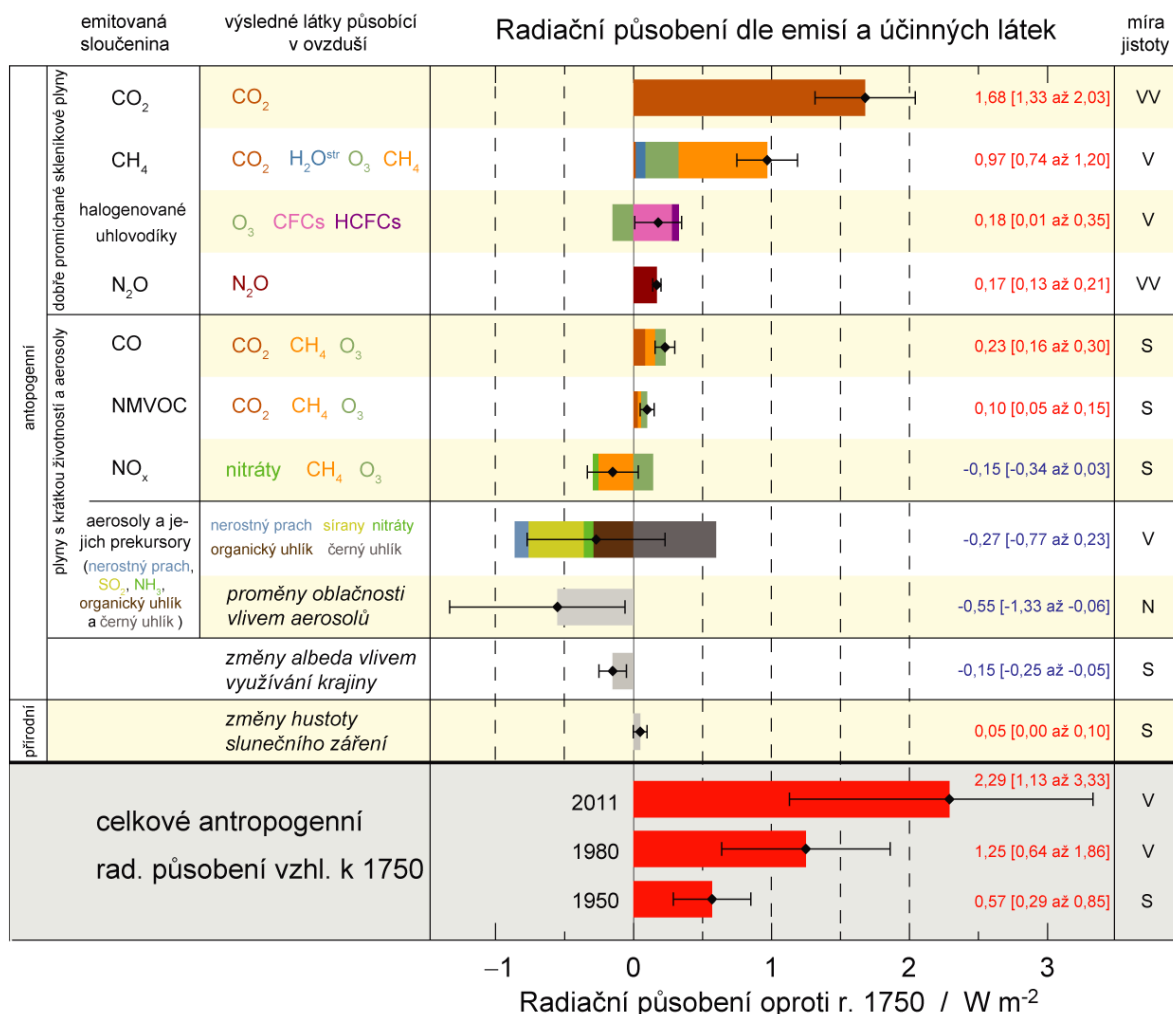
Oxid dusný výrazný sezónní cyklus nevykazuje, odbouráván je hlavně ve stratosféře rozkladem na dusík a kyslík působením UV záření. A poločas rozkladu N₂O je desetkrát větší než u metanu, takže necelý rok se v tom neprojeví. Hlavním antropogenním zdrojem, který zatím stále sílí, je užívání dusíkatých hnojiv, oxid dusný se pak uvolňuje z půd. Přírodní koncentrace N₂O v holocénu byla 0,27 ppm, v novém tisíciletí už je 0,33 ppm.



Obrázek 2.8: Koncentrace metanu má též sezónní cyklus, koncentrace oxidu dusného téměř ne.

2.10 Jaký má změněné složení atmosféry vliv na tepelné toky

Popud k oteplování vlivem různých látek, které jsme do ovzduší přidali a které jsou tam navíc oproti přírodnímu stavu, se vyjadřuje pojmem **radiační působení**. Je to pojem abstraktní: kolik wattů na metr čtvereční zemského povrchu by Země nevracela jejich vlivem do vesmíru, čili nechala by si tento kousek slunečního tepla. A to za podmínky (fiktivní), kdyby zůstala jinak stejná, pokud jde o její povrch a troposféru, tedy onu přízemní vrstvu ovzduší, v níž teplota s výškou obvykle klesá. Čili také kdyby zůstala chladná jako kdysi.



Obrázek 2.9: Oteplující vliv různých látek přidaných do ovzduší. Česká verze obrázku SPM 5 prvního dílu (Fyzikální základy) Páté hodnotící zprávy IPCC; tento a další obrázky Shrnutí pro politické představitele: http://amper.ped.muni.cz/gw/ipcc_cz/ar5/Fyzikalni_zaklady/figures_cz/.

Jak je z obrázku patrné, proti přidaným skleníkovým plynům působí síranové a nitrátové aerosoly, naopak značný oteplující vliv mají aerosoly uhlíkové, které tvoří jádro sazí. Obrázek také ukazuje, že celkový oteplující vliv změněného složení ovzduší je zhruba týž, jako vliv přebytku oxidu uhličitého samého. Jiné skleníkové plyny jsou zhruba vyváženy oněmi aerosoly. Ukazuje též, že vliv proměn Slunce či změn krajiny je zanedbatelný.

Jak porozumět tomu, že větší koncentrace skleníkových plynů vede k ohřívání Země? Vlivem zvýšené koncentrace skleníkových plynů se nyní do vesmíru dostává až záření z ještě vyšších vrstev než dříve, protože prostupnost ovzduší pro ono záření se snížila. Vyšší vrstvy jsou ale vrstvami ještě chladnějšími, čili sálají méně. Oteplování Země skončí, až i ony dosáhnou takové teploty, aby sálání do vesmíru bylo opět stejně velké jako příkon pohlcovaného slunečního záření.

Dobrá, víme proč se ze Země do vesmíru dostává méně záření než dříve. Ale jakým mechanismem roste teplota samotného zemského povrchu? Opět jde o posun oblasti, z níž záření na zem přichází. Posunula se dolů. A nižší vrstvy ovzduší jsou ovšem teplejší, sálají proto k povrchu více než vrstvy vyšší.

Kromě toho se Země za poslední století už notně ohřála a v důsledku toho přibylo vodní páry v ovzduší. To je silná zpětná vazba zesilující skleníkový jev. Také ztmavly oblasti kdysi zasněžené, což znamená větší pohlcování slunečního záření. To jsou vlivy oteplující.

2.11 Kolik tepla nevracíme do vesmíru: watt na metr čtvereční

Tím, že teplota Země vzrostla, není její sálání do vesmíru zmenšené tak moc, jako by odpovídalo samotnému radiačnímu působení. Úhrnná bilance je taková, že si Země ze slunečního příkonu nyní ponechává čili nevrací zpět do vesmíru necelý jeden watt na metr čtvereční. Složitý obrázek všech tepelných toků ovzduším v prvním dvacetiletí našeho tisíciletí, vztažených na metr čtvereční zemského povrchu, jsme už viděli na začátku kapitoly: Obrázek 2.2: Toky energie ovzduším bráno globálně (Trenberth 2020). Údaj v něm uvedený, totiž že Země si ponechává asi $0,9 \text{ W/m}^2$, se opírá především o měření teplotních změn v hloubkách oceánu, kam jde asi 93 % té energie, kterou Země nevrací do vesmíru. Teploty v hloubkách jsou nyní přesně měřeny tisíci sondami.

Skleníkový jev, jak už jsme probrali, je opravdu velice silný. A proto i jeho malá změna, kterou lidstvo způsobilo, vede k oteplování tempem, které nemá v geologické minulosti Země obdoby. Posuzováno z tohoto hlediska, ona změna – konkrétně zesílení – skleníkového jevu není vůbec tak malá. Je, přinejmenším od začátku druhohor, bezprecedentní. Tempo, kterým přidáváme uhlík z podzemí do ovzduší – a stokrát menší tempo, kterým jej přidával vulkanismus – ukazuje následující plakát.

Porozumět tepelné bilanci Země a tomu, jak ji měníme, není snadné. Stručný přehled, co si přitom uvědomit, je uveden jako vložka V *kosťce*: *Jak porozumět globálnímu oteplování a tomu, že konec emisí zajistí konec oteplování* na začátku 3. kapitoly Metodické příručky k této učebnici.



Obrázek 2.10: Geologický koloběh uhlíku tvoří vulkanické emise oxidu uhličitého, zvětvávání živců na karbonáty, subdukce mořského dna a následná sopečná činnost podporovaná obsahem CO_2 a H_2O v magmatu. Tok uhlíku ze zemské kůry do ovzduší, z něj do vody a pod zemskou kůru v tomto velmi pomalém cyklu činí kolem desetiny gigatuny ročně. Množství uhlíku uvolňované ze zemské kůry lidskou činností je stokrát vyšší, roční úhrn dosáhl již deseti gigatun. Aby obsah uhlíku v ovzduší a v oceánech přestal růst a začal naopak klesat, musí skončit užívání fosilních paliv. Ta mohou být nahrazena elektřinou z větru a slunce, jediných nevyčerpatelných zdrojů, které máme.

Zdroj obrázku: Ekologický institut Veronica, 2012. Text Jan Hollan a Yvonna Gaillyová, grafika Olga Pluháčková. Verze pro tisk: <http://amper.ped.muni.cz/gw/jev/dobre/>

Animovaná verze s nahraným výkladem: <https://www.veronica.cz/animace-a-grafy-o-zmene-klimatu>

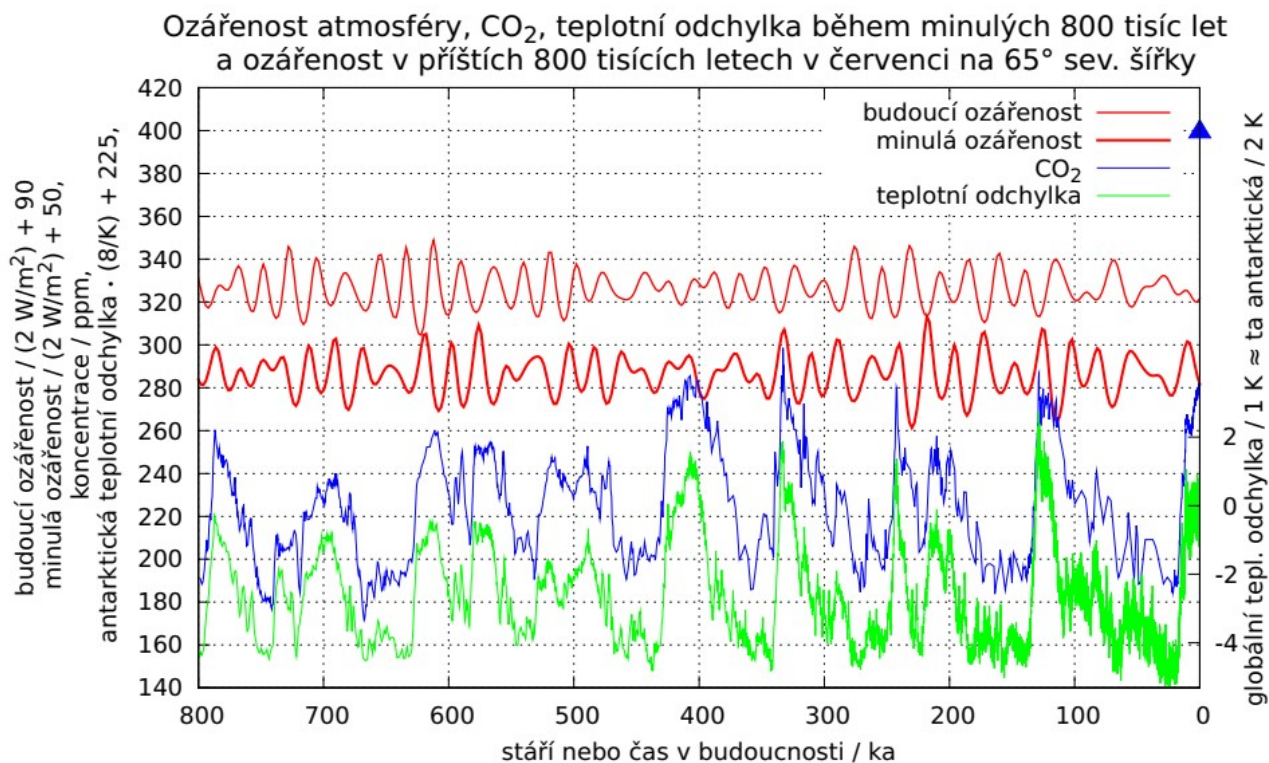
3 Globální oteplování a klimatická změna

To, že se zesílil skleníkový jev vinou přidávání oxidu uhličitého z fosilních paliv do ovzduší, má globální dopad. Z menší části se zesílil i vinou zvýšených emisí metanu, oxidu dusného a halogenovaných uhlovodíků, jako jsou freony. Tyto skleníkové plyny jsou totiž v ovzduší velmi dobře rozmíchané, jejich koncentrace vyjádřené v milióntinách či miliardtinách počtu molekul vzduchu se pro různé zeměpisné polohy a výšky liší jen málo. Celá zemská atmosféra tak tepelně izoluje více než před desítkami a stovkami let. Země jako celek se proto musí oteplovat a skutečně se bezprecedentní rychlostí otepluje.

Již před sto lety bylo některým vzdělavcům známo, že spalování fosilních paliv k oteplování povede. Museli rozumět elektromagnetickému záření vydávanému z důvodu nenulové teploty předmětů či plynů, které nazýváme **sálání** (angličtina toto užitečné slovo postrádá). Rozumět tedy i tomu, jak je takové záření pohlcováno ovzduším a jak ovzduší samo sálá. Stačilo už jen, aby se seznámili s pracemi Svante Arrhenia (mj. zakladatele fyzikální chemie, za což coby fyzik dostal Nobelovu cenu za chemii), který vliv CO_2 na teplotu Země propočítal již koncem 19. století, a udělal to pozoruhodně správně. Jeho motivací bylo pochopit, jak mohly teploty tak radikálně růst od dob ledových do teplých období mezi nimi a naopak klesat zpět. A zjistil, že mohly, pokud se obsah oxidu uhličitého v ovzduší měnil téměř v poměru 1:2. Dnes víme, že nárůst teploty, bráno globálně, z doby ledové do doby poledové činil alespoň 3 K. A že byl umožněn právě vzrůstem koncentrace skleníkových plynů.

Velmi složitý obrázek uvedený níže zobrazuje jak teplotu, tak koncentrace CO_2 a k tomu i naznačuje astronomické popudy k oteplování či ochlazování, totiž příkon slunečního záření na atmosféru v oblasti severního polárního kruhu. Ta je nyní na minimu, dalšího mělkého minima dosáhne za 60 tisíc let, hlubšího až za 130 tisíc let, ale ne tak hlubokého, jako bylo to, které zahájilo poslední ledovou dobu.

Zvláštní pozornost v grafu zasluhuje trojúhelníková značka na pravé svislé ose grafu. Ta, která uvádí koncentraci 400 ppm, jaké v globálním průměru zemské ovzduší dosáhlo v roce 2015. Kdyby taková koncentrace trvala, pak by teplota oproti předprůmyslové době stoupla ještě o další kelvin, tedy globální teplotní odchylka oproti druhé půli 19. století by dosáhla 2 K. Podobně to spočítal Svante Arrhenius již na konci onoho století a zpřesnil začátkem století 20.



Obrázek 3.1: Červené křivky udávají proměny intenzity ozáření (aneb ozáření) vodorovné plochy ovzduší poblíž polárního kruhu v červenci. Tlustě jsou vyznačeny hodnoty minulé, tenče budoucí – to je ta horní křivka, *jdoucí zprava doleva*. Koncentrace oxidu uhličitého i teplotní anomálie jsou zjištěné z ledových vrtných jader v Antarktidě; antarktické teplotní odchylky jsou zhruba dvojnásobkem anomálií globálních. Koncentrace CO₂ v r. 2015, 400 ppm, je vyznačena modrým trojúhelníkem na pravé ose.

(K popiskům: „ka“ je tisíc let, „a“ je značka pro rok z latinského *annus*; změnil-li se antarktická teplota o dva kelviny, globální se změní jen o jeden kelvin)

Složitý graf výše je opřen o data z několika prací (Laskar et al. 2004; Jouzel et al. 2007; Lüthi et al. 2008).

Co myslíte, bylo by nějak možno spoléhat na to, že teplota radikálně nevzroste vysoko nad hodnoty v posledních statisících letech, když koncentrace oxidu uhličitého, který koneckonců teplotu Země určuje, je tak ohromně vysoko nad někdejšími úrovněmi? Mohla by teplota přestat růst, kdyby oxidu uhličitého z ovzduší hodně nebylo?

Aby se při dnešním složení ovzduší, pokud jde o „stálé“ skleníkové plyny, ohřála Země natolik, že by opět vracela do vesmíru všechno sluneční teplo, z něhož si nyní téměř jeden watt na metr čtvereční ponechává, trvalo by to dlouho. Celá staletí. Jedním důvodem je, že teplota oceánů stoupá mnohem pomaleji než teplota pevnin. Průměrná hloubka oceánů je 4 km a teplo jejich pozvolným promícháváním putuje až tam. Druhým důvodem je, že jak roste teplota ovzduší, tak v něm také přibývá vodní páry, takže skleníkový jev bude sílit, aniž bychom zvyšovali koncentrace plynů, které jsme tam již uměle přidali.

Zachování dnešního složení ovzduší je ale zatím nereálné. Nyní „stálých“ skleníkových plynů přibývá a nejsou rozběhnuté mechanismy, které by tomu zabránily. Všechny státy nicméně souhlasí s tím, že by to skončit mělo a že je potřeba emise snížit natolik, aby oněch stálých skleníkových plynů v atmosféře proti dnešku o dost ubylo. Tomu se budeme věnovat později. Nyní probereme, co nevyrovnaná bilance pohlceného slunečního a vyzářeného zemského záření způsobuje, tedy kromě růstu průměrné teploty Země.

3.1 Oteplování není rovnoměrné, na ovzduší z něj připadá nejméně

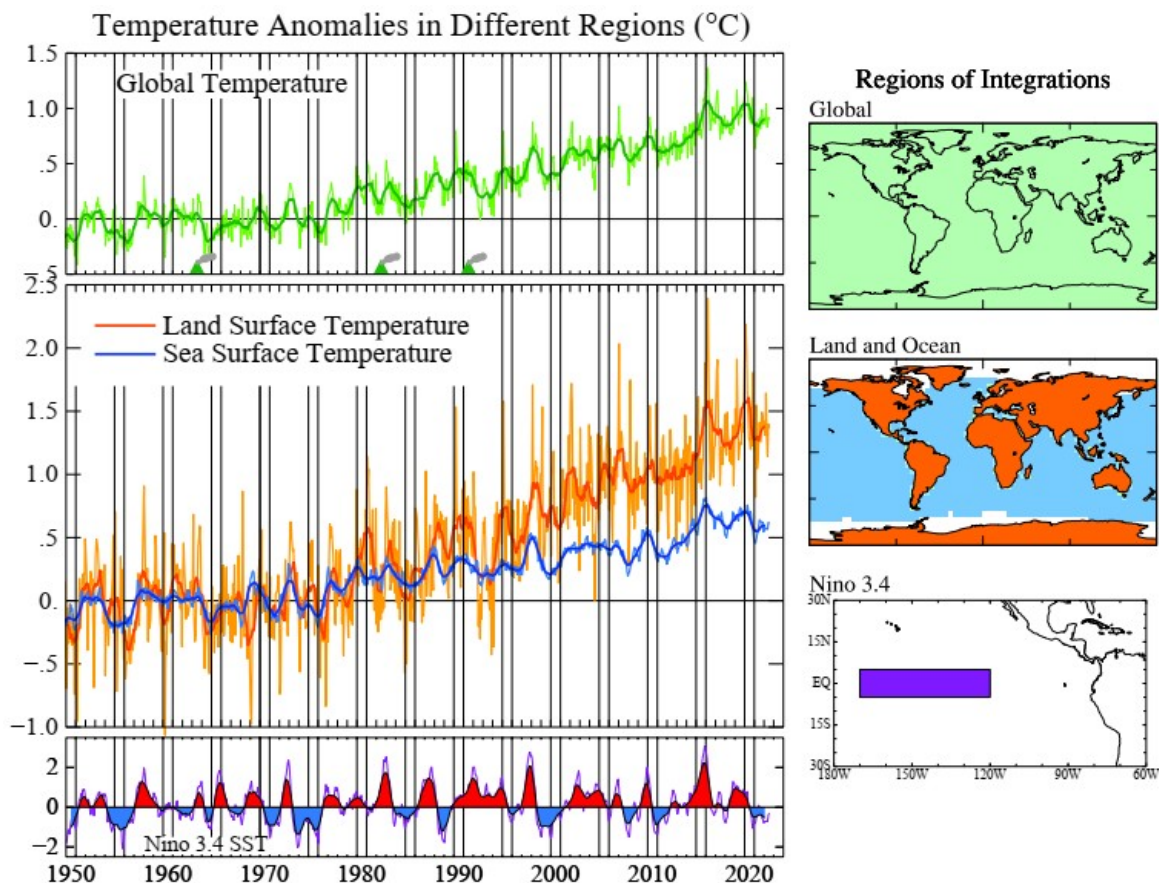
Nejběžnější veličinou, pomocí které charakterizujeme oteplování Země, je tzv. globální teplotní anomálie. Počítá se z odchylek teplot na mnoha stanicích a mnoha místech v oceánech (tam se neměří teplota vzduchu, ale vody u hladiny) oproti teplotám, které tam panovaly v minulosti, např. v období 1951-1980. Velikost oné anomálie kolísá měsíc od měsíce a rok od roku zejména v závislosti na proudění v oceánech a s ním souvisejícími proměnami oblačnosti. Výpočet provádí několik výzkumných institucí (dvě americké, jedna britská a jedna japonská) a další výzkumné kolektivy, které užívají různé množiny stanic i různé způsoby doplnění údajů z míst, kde spolehlivá měření nejsou. Výsledky různých týmů se ale liší jen málo, v posledním desetiletí jde hlavně o to, jak se vypořádávají s chybějícími měřeními v Arktidě.

Geografická nerovnoměrnost oteplování a v jejím důsledku též snížený teplotní rozdíl mezi Arktidou a našimi zeměpisnými šířkami je pravděpodobnou příčinou, proč se naše klima stává jaksi „divočejší“. Arktida byla dříve od nás značně izolovaná, nyní se ale častěji stává, že k nám přichází velmi chladný vzduch ze severu nebo naopak před nás prochází velmi teplý vzduch z jihu na sever, přičemž taková situace trvá příliš dlouho. Totéž se může týkat vzduchu velmi vlhkého s hojností srážek a naopak vzduchu horkého suchého. (Více o tom v části 3.5.) Jiným důsledkem nerovnoměrného oteplování je zvětšený teplotní kontrast mezi kontinenty a oceánem, který vede k větším bouřím.

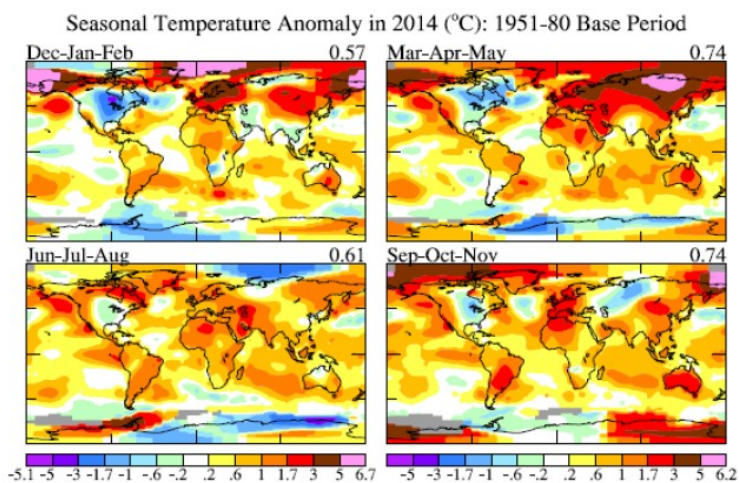
To, že se oceány oteplují pomaleji než pevnina, je samozřejmé. Mají obrovskou tepelnou setrvačnost. Růst teploty se může velmi zpomalit tím, když se oceán promíchává do hloubky. To se někdy děje i v tropech a bylo to zřejmě příčinou pomalejšího růstu teplot povrchových v letech 2002 až 2013. Celkové množství tepla, které si Země ponechávala, ale nekleslo. Jen se tolik neprojevovalo na povrchu, nýbrž ohřálo oceán v hloubkách pod 700 m. To, co nás zajímá nejvíce, totiž růst přízemních teplot ovzduší, je dáno jen drobtý tepelného přebytku, někdy i zápornými.

Přes devadesát procent (přesněji 93 %) získaného tepla jde totiž do oceánů, po třech procentech připadá na tání ledu a pomalinké prohřívání pevnin do hloubek. Na oteplení ovzduší připadá v průměru jen jedno procento tepla nevráceného do vesmíru. Pokud se ovšem povrch tropického Pacifiku ochladí promícháváním do hloubky, pak globální teplotní anomálie téměř stagnuje, ač roste teplota pevnin, jako tomu bylo první dekádu našeho tisíciletí.

Z měření teplot v oceánech vyplývá i to, kolik tepla Země nevrací do vesmíru. Od r. 1985 do roku 2020 v nich přibylo 370 ZJ. S připočtením výše uvedených sedmi procent a vydělením uplynulou dobou a obsahem Země vychází, že v průměru **na metr čtvereční si Země po těch 35 let ponechávala kolem 0,7 W.**



Obrázek 3.2: Horní graf ukazuje globální teplotní anomálii přízemní teploty ovzduší nad pevninami či ledem a teploty vody u povrchu oceánů, vč. interpolace přes oceány vysokých zeměpisných šířek. Dole jsou v něm vyznačeny největší výbuchy sopek, které vedou k ochlazení vlivem síranových aerosolů ve stratosféře. Další graf rozlišuje skutečně měřené teploty nad pevninami a vody na hladině oceánů – je zřejmé, že pevniny se oteplují více než dvakrát rychleji. Index Niño zobrazený v dalším grafu je založen na detrendované teplotě v oblasti Niño 3.4 ve východním tropickém Pacifiku. Je patrné, že záporné hodnoty indexu Niño mají za následek roky, které jsou globálně chladnější, kladné hodnoty indexu vedou naopak k rokům teplejším.



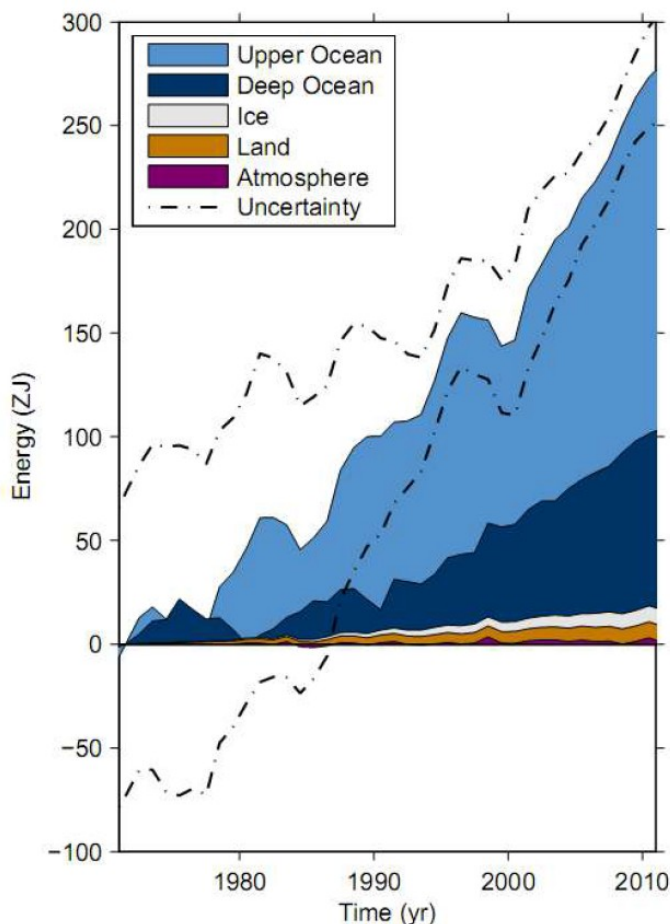
Obrázek je převzat z www.columbia.edu/~mhs119/Temperature/T_moreFigs/, tam jsou uvedeny i zdroje dat. (Index Niño 3.4 je teplotní odchylka / 1 K ve středním až východním rovníkovém Pacifiku, viz [odkaz](#).)

Čtveřice map ukazuje, jak velmi různé byly teplotní anomálie v roce 2014, který byl před r. 2015 tím nejteplejším. Jako vždy platilo, že **nejvyšší oteplení vykazuje Arktida** mimo letní období. USA zaznamenaly neobvykle nízké teploty na východě. (Hansen et al. 2015, http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2015/20150116_Temperature2014.pdf)

Nárůst entalpie Země, pomíneme-li hloubky větší než 2000 m

(v zetajoulech,
1 ZJ = 1000 EJ = 10^{21} J)

zdroj:
IPCC, AR5, první díl – The
Physical Science Basis;
Box 3.1, Figure 1



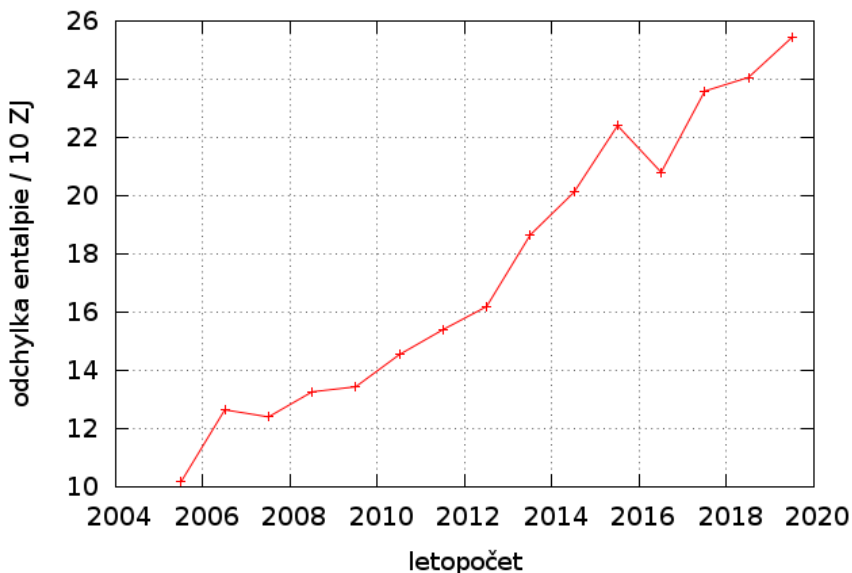
Teplu uložené do svrchních 2000 m oceánu od 80. let

Obrázky 3.3: kolik tepla Země získala

horní graf: Oceán se v letech 2000 až 2011 oteploval trvale, další teplo připadlo na tání ledu (bíle) a prohřívání pevnin (okrově). Ovzduší (tenký hnědý proužek dole) se některé roky i ochladilo... Ochlazení svrchních 700 m oceánu koncem 90. let bylo způsobeno rekordně silným El Niño, kdy teplejší povrch a ovzduší více sálaly do vesmíru.

dolní graf: Novější data pro oceán. V letech 2013 až

2015 si Země ponechala více slunečního tepla než v letech 2007 až 2012. V roce 2016 byl její povrch rekordně teplý, takže více sálal do vesmíru a oceán se v hloubkách ochladil. Standardní nejistoty pro jednotlivé roky činí asi 5 ZJ (zetajoulů, 10^{21} J), čtvrtinu dílku svislé osy grafu. Aktuální grafy a odkazy viz https://www.nodc.noaa.gov/OC5/3M_HEAT_CONTENT/index1.html (a url skriptu pro graf). Do hloubek pod 2000 m jde desetkrát méně tepla.



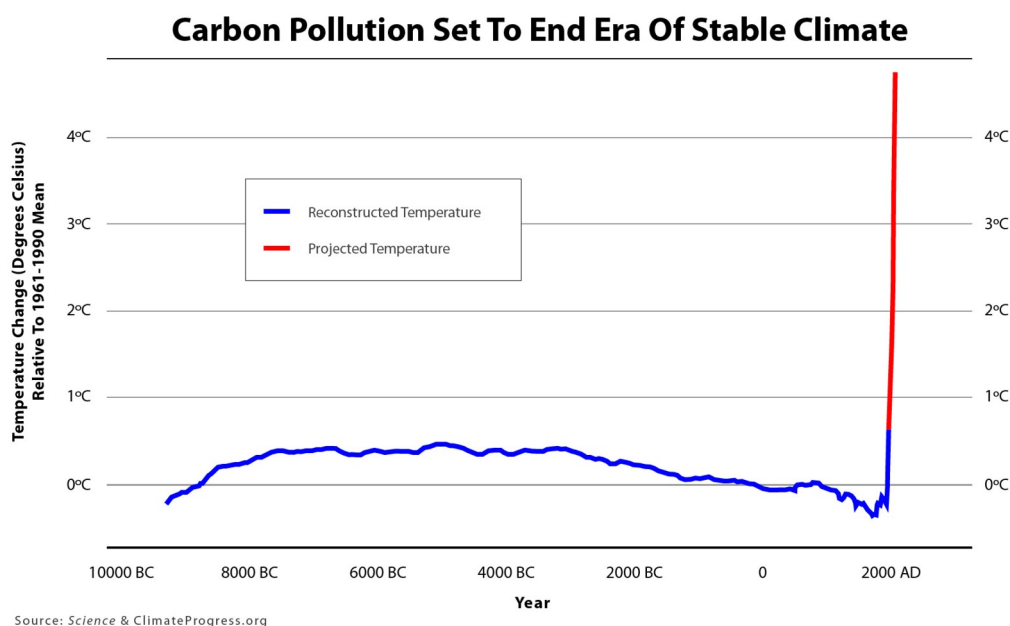
(**Entalpie** je vědecký termín pro „tepelný obsah“. Je to pohodlné jednoslovné označení. V případě oceánu je změna entalpie ani ne o desetinu promile větší než změna jeho „vnitřní energie“. Ten malinký rozdíl připadá na práci při teplotním rozpínání vody. Změna vnitřní energie vody je úměrná změně teploty, z té se počítá.)

3.2 Proměny klimatu v holocénu a nyní

Pojem klima se často chápe jen jako „statistika počasí“, ne-li pouze jako nějaká sada průměrných hodnot. V širším významu ale slovo klima znamená stav a povahu tzv. klimatického systému. Citujme z glosáře⁶ ze Čtvrté hodnotící zprávy IPCC, http://amper.ped.muni.cz/gw/ipcc_cz/gloss_en_cz.html: „**Klimatický systém je vysoce složitý systém sestávající z pěti hlavních složek: atmosféry, hydrosféry, kryosféry, povrchu země a biosféry, a vzájemných vztahů mezi nimi. ...**“ Změna klimatu tedy vlastně znamená změnu všeho kolem nás.

Proměna z doby ledové, pleistocénu do poledové, holocénu byla ohromná, ale zabrala tisíce let. Pak nastalo období klimatu neobyčejně stálého. Málo proměnné rozmezí teplot, tak jak se pohybovalo během ročních období, spolu s víceméně spolehlivým chodem srážek, umožnilo rozvoj stálého osídlení a pak i vznik civilizací před pěti tisíciletími. Posledních devět tisíc let se klima měnilo mnohem pomaleji než v minulých statisících let. Heslem k zapamatování může být *Stabilní klima je nejvýznamnější přírodní zdroj*. Regionální změny přírodního původu, jako epizody sucha, ale i v holocénu nastávaly, a vedly ke stěhování národů i zániku celých civilizací.

Následující graf (Romm 2013) užívá rekonstrukci teplot popsanou v práci v časopise Science (Marcott et al. 2013). Pokles globální teplotní odchylky za minulých šest tisíc let je dán téměř jen ochlazováním severního Atlantiku a vysokých severních šířek vůbec. Pokud se z globálního celku tyto málo obydlené oblasti vynechají, teplota se téměř neměnila. V oblasti EU a USA sice ano, ale klesla o méně než půl kelvinu. Nebo ne, dle nového výzkumu.



Obrázek 3.4: Rekonstrukce globální teplotní odchylky během holocénu a antropocénu. I pro hodnoty za poslední století jsou použity nepřímé (proxy) ukazatele, které se ale dobře shodují s měřenými teplotami. Zvýšené a dále rostoucí koncentrace skleníkových plynů povedou nutně k dalšímu oteplování; současný vývoj emisí směřuje zatím k oteplení až o čtyři kelviny během tohoto století. Tomu odpovídá nadpis obrázku, který lze přeložit např. *Uhlíkové znečištění znamená konec období stabilního klimatu*.

6 Glosář je hypertextový, uvedené pojmy jsou vysvětlené v něm. Z jeho české verze jsme vytvořili zkrácený a postupně doplňovaný, viz http://amper.ped.muni.cz/gw/Ochrana_klimatu/Klimaticky_glosar.html#klimaticky_system.

Nyní ale teplota stoupá prudce téměř všude, a to tempem řádově větším než na přechodu mezi pleistocénem a holocénem. Nejrychleji pak v oněch vysokých severních šířkách, které se po začátku holocénu ochlazovaly. Jejich tehdejšímu ochlazení rozumíme, bylo dáno klesajícím osluněním během léta, jak se datum přísluní zemské orbity posouvalo směrem do našeho podzimu a zimy. Rozumíme i tomu, proč se Arktida otepluje nejrychleji: zesílený skleníkový jev vede k úbytku sněhu a ledu, a tedy k většímu ohřívání sluncem, přestože jsme v našem létě v odsluní.

Aby během tohoto století překotné oteplování skončilo, k tomu je potřeba úplně eliminovat emise skleníkových plynů, tedy především přestat užívat fosilní paliva. A to velice rychle, jinak oteplení dosáhne přinejmenším dvojnásobku dosavadního nárůstu, který už přesáhl 1 K. Oteplení o 3 K by bylo daleko nad maximy celých čtvrtohor a velmi pravděpodobně by vyvolalo přírodní zpětné vazby, jako je únik metanu z Arktidy, které by Zemi oteplovaly dále.

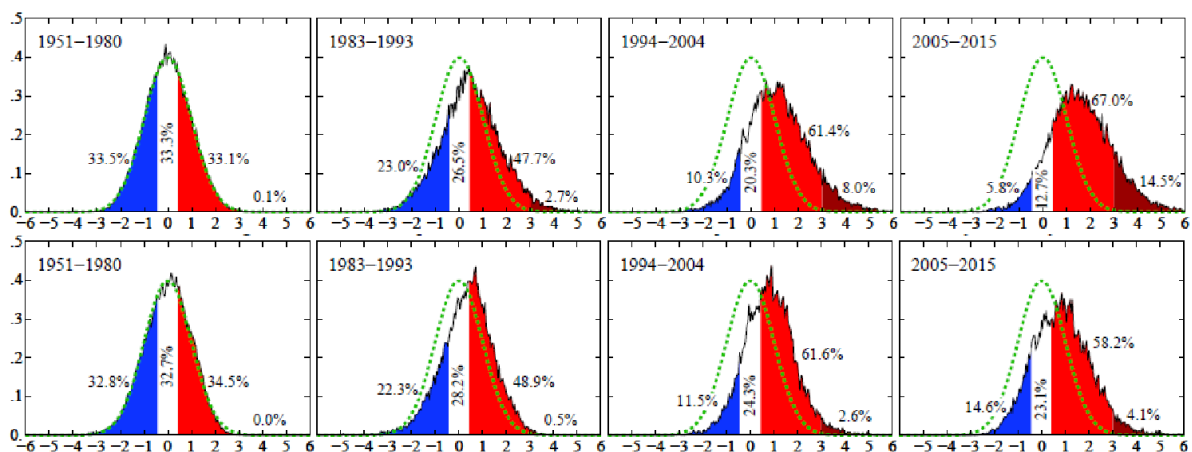
1, 2, 3 K... v průběhu dne se přece teplota mění mnohem více, jak tedy nějakém tom kelvinu může záležet? To si ilustrujme na svém vlastním těle. Teplota jeho povrchu, například rukou, se může měnit hodně, aniž by to vadilo. Ne tak teplota vnitřku těla. Většinou ale měříme jen teplotu v podpaždí, která bývá až o kelvin nižší. 36,5 °C, to je ještě normální teplota. O kelvin víc: 37,5 – to nám už nebývá dobře. O další kelvin: 38,5 °C – to už je nepříjemná horečka. 3 K nad normální teplotou: 39,5 °C. O další kelvin více: 40,5 °C ... to už je opravdu zle. Hrozí už poškození mozku, ledvin, selhání srdce. Méně při horečce, když se organismus sám přestavil se na vyšší žádoucí teplotu, jako při infekcích, více při přehřátí působeném nedostatečným odvodem tepla.

Nárůst průměrné teploty přitom nebývá, až na oblasti někdejšího věčného ledu, to, co představuje hlavní ohrožení. Největší dopady mají nebývalé extrémní teploty a spolu s nimi také extrémní bilance vody. Jak srážek, tak i výparu, stavu půd, vodních toků a podzemní vody.

Nynější rychlé oteplování je, jak si stále opakujeme, způsobeno tím, že si Země ponechává téměř jeden watt na metr čtvereční svého povrchu. Důsledků toho je mnoho. Označujeme je souslovím *climate change*, což lze přeložit souslovím *změna klimatu*, ale výstižnější je sousloví *klimatická změna*. Někdy se chápe jako změna působená všemi činiteli, přírodními i antropogenními, někdy jen jako změna působená lidstvem skrze umělou změnu složení ovzduší. Klimatická změna je termín širší než změna klimatu. Zahrnuje i proměny lidské společnosti, které vyplývají z proměněného klimatického systému. Tedy například i migraci z území, jejichž obyvatelnost se zhoršila.

3.3 Extrémně horká léta a sucho

Výskyt neobyčejně, extrémně teplých letních období není záležitostí nějaké vzdálené budoucnosti, ale realita, která je už velice nápadná. Na pozadí takových horkých lét, zasahujících už více než desetinu rozlohy pevnin severní polokoule, se samozřejmě odehrávají kratší epizody teplot ještě vyšších, nebezpečné vlny veder, jako ty, co r. 2003 zasáhly západ Evropy (a okrajově i Česko) a r. 2010 východ Evropy a zabily desítky tisíc lidí. Roku 2015 postihlo horko a sucho území hlavně střední Evropy, rok 2018 se tak projevil v celé Unii. Škody na úrodě a v lesích byly mnohem větší. Ve Středomoří bylo pak na podzim sucho vystřídáno katastrofálními srážkami. V roce 2022 je ale sucho a horko ještě o dost strašnější.



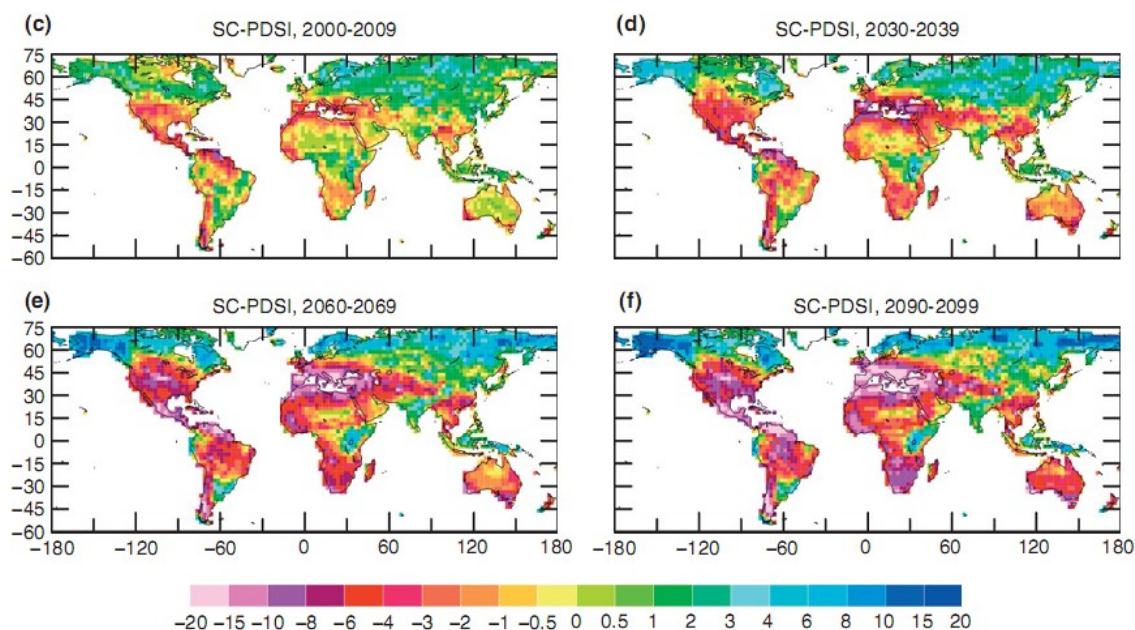
Obrázek 3.5: Nahoře: četnost výskytů různých průměrů letních teplot (tj. průměru za měsíce červen až srpen) na šesti tisících stanicích severní polokoule. Dole: totéž pro trojici zimních měsíců. Vodorovná osa představuje odchylku od dlouhodobého průměru za léta 1951 až 1980, a to v jednotkách „směrodatná odchylka“ platných pro danou stanici. V onom prvním období, které bereme jako vztažné, měly letní anomálie teploty *normální rozložení*; barevně jsou vyznačena léta chladná, normální a teplá, tehdy činící zhruba třetinu případů. Léta s teplotou převyšující průměr o tři směrodatné odchylky se vyskytovala, ve shodě s průběhem normálního rozložení, v jednom promile případů. V následujících dekádách teplých let přibývalo a chladných ubývalo. V dekádě 2005-2015 dosáhl počet případů, kdy letní teplota přesáhla průměr ze vztažného období o „3 sigma“ čili tři směrodatné odchylky tehdejšího rozdělení četností, již téměř patnácti procent. Jinými slovy, extrémně horká trojice letních měsíců, která se dříve vyskytla jen na desetíně procenta rozlohy pevnin severní polokoule, se nyní vyskytují na rozloze stopadesátinásobné. Pro měsíce prosinec až únor takových nebývale teplých období přibýlo „jen“ čtyřicetkrát. Zimní oteplení je sice větší než to letní, ale zimní teploty jsou mnohem proměnlivější.

Obrázek je převzat z http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2016/20160120_Temperature2015.pdf, zobrazení i pro střední a severní Evropu viz článek [Regional climate change and national responsibilities](#) z r. 2016. Český překlad textu z r. 2012 je v <http://amper.ped.muni.cz/gw/hansen>.

Je-li léto neobyčejně teplé, nemusí to v zásadě vadit, pokud během něj je dostatek mírných srážek, vhodně rozdělených během týdnů. Musí jich být více než v letech chladných, protože s teplotou stoupá i výpar z půd (evaporace) a z vegetace. U té, pokud jde o vodu transportovanou z kořenů, to označujeme jako transpiraci. Dohromady se přísun vody z krajiny do ovzduší nazývá evapotranspirace. Rostliny nutně přes den uvolňují vodní páru, jak otevřenými průduchy listů jímají CO_2 z ovzduší pro fotosyntézu, kromě toho se odpařováním ochlazují na prudkém slunci. A samozřejmě tokem vody z kořenů do listů transportují potřebné živiny z půdy. Bohužel v mnoha případech srážky buď nevzrostou nebo se odehrávají nevhodně – ne jako pěkné hojné „zahradnické“ dešťíky, ale jako průtrže mračen vedoucí k povodním, erozi půd atd., nikoliv ke vsaku do půd a podzemních vod.

Novodobé sucho se tak už vážně projevilo v prvním desetiletí tohoto století ve Středomoří i v obilných oblastech Spojených států, Mexika a Číny. Výhled do budoucnosti je bohužel velmi špatný, jak ukazují mapy na následujícím obrázku (Dai 2010). Ve Středomoří postihne kolébku naší civilizace. Sýrii postihlo extrémní sucho v letech 2007 až 2010 (takové se tam předtím nevyskytlo alespoň tisíc let) a vedlo k odchodu dvou miliónů hladových lidí

z venkova na periferie měst... Jejich beznaděj se tam stala rozbuškou povstání, které přerostlo v trvalou občanskou válku bez vyhlídky na její konec.



Obrázek 3.6: Index vážnosti sucha. Vypočteno na základě přízemních teplot, srážek, relativní vlhkosti, úhrnu záření a větru, jako průměr ze 22 modelů při vývoji dle SRES A1B. Sucho znamená odchylku oproti někdejšímu poměru v dané oblasti, index -4 (červená barva) a nižší značí extrémní sucho. (Aiguo Dai 2010).

3.4 Přívaly vod, ba i sněhu

Teplejší vzduch dokáže pojmout více vodní páry – to je i příčina vyššího výparu při vyšších teplotách. Ovšem je to i příčina toho, že při vyšších teplotách mohou být srážky vydatnější. Ve škole jsme se učili, že v tropech bývají extrémně velké bouřky, průtrže mračen, činící třeba i 200 mm za den – čili pětinu metru. Nyní se začínají objevovat i v našich šířkách, v tzv. mírném podnebném pásmu, jak se šířky kolem 45° tradičně označovaly. Jejich důsledkem jsou **bouřkové povodně** (běžněji označované jako **přívalové**, *nevhodně jako bleskové*). Je to fenomén, s nímž je potřeba počítat už nyní, natož v budoucnosti, a to všude mimo vysoké zeměpisné šířky.

Přichází-li vlhký vzduch a teploty jsou jen těsně pod nulou, pak obvykle nejde o přehánky či déšť, ale o sníh. Na východním pobřeží Spojených států s ním mívají v posledních letech nemalé problémy, něco podobného se týká i Británie, nezvyklé přívaly sněhu se občas vyskytly i v Česku.

3.5 Co způsobuje teplejší Arktida

Rychlejší oteplení Arktidy oproti našim šířkám vede ke zpomalení tzv. tryskového proudění oddělujícího na horním okraji troposféry náš teplejší vzduch (tzv. polární) od studeného arktického. Existence nějakého výskového proudění podél rovnoběžek na východ vyplývá z toho, že ve studenějším vzduchu klesá tlak s výškou rychleji. Teplejší vzduch ale do sousední oblasti nižšího tlaku proniknout nemůže, brání mu v tom Coriolisova síla, která jeho pohyb stáčí doprava, podél onoho rozhraní místo napříč něj. Poznání jeho často veliké rychlosti, proměnlivosti a soustředění do poměrně úzké meandrující trubice se datuje až do dob

létání v takových výškách těsně před 2. světovou válkou a během ní. Dnes umíme **tryskové proudění (jet stream)** dobře předpovídat až na dva týdny dopředu. A víme, že právě rychlost onoho proudění a jeho zákruty, kterým říkáme **Rossbyho (či planetární) vlny**, iniciují vznik a řídí pohyb tlakových útvarů, které ovlivňují počasí na dně troposféry: tlakové výše a níže a s nimi spojené fronty, čili rozhraní hlavně mezi arktickým a „naším“ vzduchem (či naším a tropickým).

Jak se Arktida otepluje, častěji se stává, že se níže s deštěm a výše se slunečným počasím nepohybují nad námi pěkně podél rovnoběžek ze západu na východ, ale že dlouho setrvávají na týchž místech. A že dál na jih než dříve může dlouho proudit ledový vzduch z Arktidy či naopak na sever horký vzduch z jihu. Na vině je to, že Rossbyho vlny slábnoucího tryskového proudění mívají větší rozkmit podél poledníků a jejich postup se pak snáze zadrhne. Nad severní polokoulí se z nich stanou stojaté vlny v počtu 6 až 8 kolem pólu. Počasí se pak nestřídá pěkně často jako dřív, ale dlouho trvá jen jeden typ počasí. Někde mají chladno a záplavy, jinde naopak trvá horko a sucho. Ve Spojených státech to dobře znají, východ kontinentu mívá totiž i po celé měsíce opačné počasí než pacifické pobřeží a Skalnaté hory. Publikace o mechanismu vzniku takových stojatých planetárních vln byla uveřejněná až roku 2013 jako výsledek Postupimského institutu pro výzkum klimatických dopadů. Ona ta práce sice byla nachystaná již deset let předtím, ale coby výsledek teoretické fyziky, o němž ještě nikdo neslyšel, ji tehdy hlavní vědecké časopisy odmítly... Až když už byly drsné důsledky stacionárních Rossbyho vln zřejmé, se to povedlo.

Evropská unie je malé území, horko a sucho či naopak záplavy postihují tudíž často značnou její část současně. Zatímco roku 2015 postihlo horko a sucho území hlavně střední Evropy, rok 2018 se tak projevil v celé Unii. Na vyhodnocení sucha 2022 ještě čekáme...

Ve Středomoří bylo sucho 2018 na podzim vystřídáno katastrofálními srážkami. Ještě větší úhrny srážek bývají v kontinentální Evropě v létě. U nás ne tak často jako blíže k moři, ale v roce 1997 a 2002 postihly velké části Česka, v jiných letech to bylo jen na plochách menších, eventuálně střídavě s nebývalým suchem.

Klimatická změna je tedy u nás charakterizována, stručně řečeno, divokým průběhem počasí. I to lze vnímat s souvislosti s většími zákrutami jet streamu.

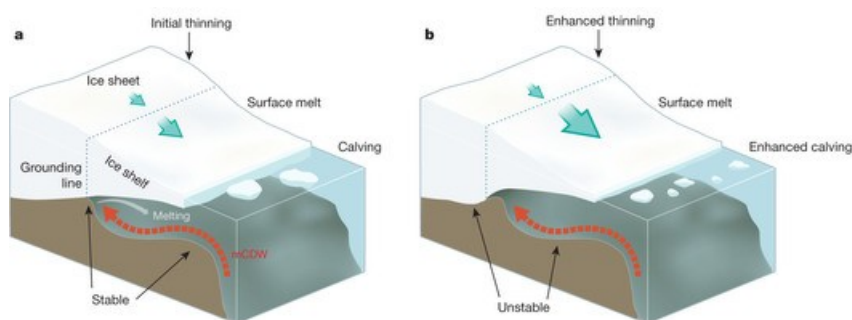
3.6 Led a moře

Oteplení vede po celém světě k rychlejšímu úbytku ledu. Leckde je to tím, že když povrch ledu začne tát, tj. dosáhne nuly Celsia, tak na jeho úbytek stačí šestina tepla oproti stavu, kdy jen za mrazu na slunci sublimuje. To se týká velehor i Grónska. V obou případech se k tomu pojí fakt, že na povrchu odtávajícího sněhu a ledu zůstávají tmavé saze, produkováné naftovými motory, požáry a v tropech i spalováním biomasy, čímž se pohlcování slunečního záření výrazně zvyšuje.

Ledové příkrovy Grónska a Antarktidy ale svými výběžky, tedy ledovci i ledovými proudy, zasahují až do oceánu. Jde o ledotoky tloušťky stovek metrů. Ty jsou zesponu ohřívány oceánem, který se v posledních desetiletích výrazně oteplil. A tak ony vrstvy ledu plovoucí na moři zesponu tají, ztenčují se. Linie, kde ledotok začíná plavat, tedy kde přestává být opřen o podloží, se tím posouvá dále do vnitrozemí, čímž klesá odpor proti sunutí ledu z nitra oněch pevnin dolů do moře. Kromě toho se plovoucí konce ledotoku snáze odlamují a jejich čelo se tím rovněž posouvá směrem do vnitrozemí. Klesá tak tření o horniny na bocích ledovce. Některé ledové proudy ústí do rozlehlé ledové desky označované jako ledový šelf,

kteřá je zapřená o ostrovy nebo výčnělky dna. Rozpad šelfu vede ke ztrátě oné opory. I snížená výška ponořené části svíslého čela ledových mas, na něž moře působí hydrostatickým tlakem, znamená snížení síly, která zpomaluje pohyb ledu z pevniny. A tak se pohyb ledu dolů zrychluje. Při současné teplotě oceánů v oněch zeměpisných šířkách se nevyhnutelně bude zrychlovat dál.

Situace je o to horší, že podloží pod mnohými ledovci vytékajícími z ledových příkrovů, hlavně ze Západoantarktického, se směrem do vnitrozemí nezvedá, ale naopak do velkých dálek klesá, takže odtávání jejich základů vlivem teplého oceánu nemůže skončit. Schémata k tomu viz obrázky níže (Hanna et al. 2013).

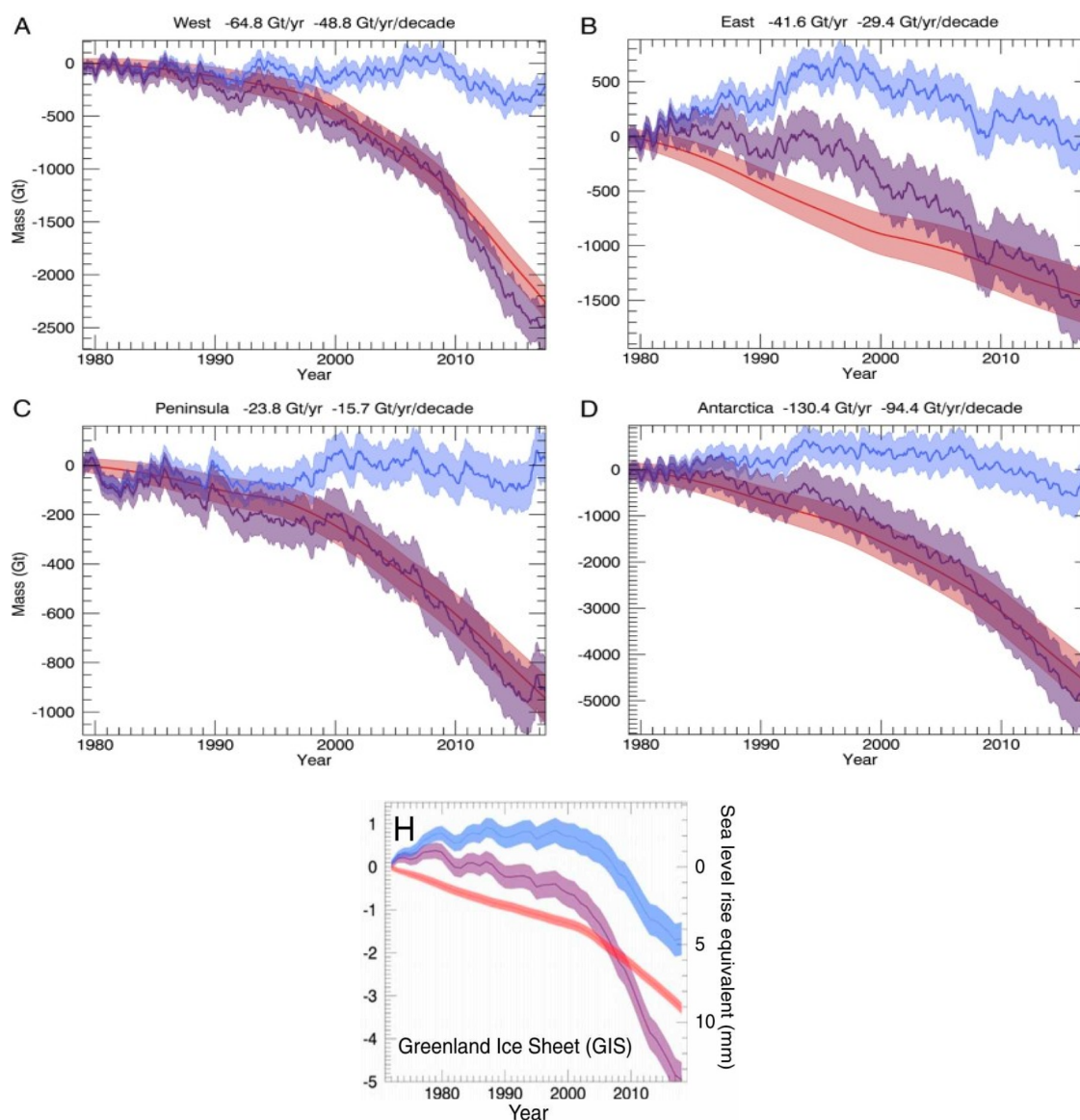


Obrázek 3.7: Podloží ledové masy směrem do vnitrozemí leckde přestává stoupat a začne klesat. Když se čára, kde se led od podloží odpoutává (grounding line), dostane vinou odtávání spodní základny ledu až do takové klesající oblasti, pak se ledová masa stává nestabilní a její pohyb do moře se zrychluje. Ztenčením ledového šelfu také klesá tlaková síla vody na jeho čelo. Tenčí šelf se samozřejmě také snáze telf. Obrázek převzat ze článku v časopisu Nature, [Ice-sheet mass balance and climate change](#).

Ledu v Grónsku i Západní Antarktadě je hodně. V minulém teplém období, před sto třiceti tisíci let, byly v Západní Antarktadě i v Grónsku jen zbytky ledu a hladina oceánů byla asi o osm metrů vyšší. Dnešní globální teplotní odchylka se už tehdejší odchylce blíží, koncentrace skleníkových plynů jsou ovšem mnohem vyšší než tehdy. Pokud by takové zůstaly, ledu z Grónska i Antarktady by ubylo ještě více. Je pravděpodobné, že zvýšení hladiny o několik metrů se již nevyhneme. Pro mnoho států v Pacifiku to znamená zánik, pro mnoho pobřežních oblastí a přístavů osídlených stamilióny obyvatel rovněž. Ovlivnit můžeme už jen tempo, jakým k tomu dojde. Jak?

Tím, že co nejdříve zastavíme oteplování ovzduší. To skončí už tehdy, když přestaneme užívat fosilní paliva, je možné to zvládnout do poloviny století (a jde o cíl Pařížské dohody). Stoupání hladiny moře tím ale neskončí, to bude probíhat ještě další staletí, ne-li tisíciletí. Je ale šance, že pokud docílíme v příštím století nejen ochlazení ovzduší, ale i horních stovek metrů oceánů kolem Grónska a Antarktady oproti dnešku, rozpad ledových příkrovů se alespoň zpomalí. V opačném případě bude ubývat mnoho ledu i z ledového štítu Východní Antarktady. Jeho zánikem by nakonec hladina stoupla o více než 50 m. I ledovce, jimiž odtéká led z nitra Východní Antarktady, se mohou brzy stát nestabilními, pokud jejich podloží také do nitra kontinentů do daleka klesá, místo aby stoupalo – jako to bylo už zjištěno pro největší z nich, Tottenův. Ztráta ledu, jehož základna je níže než současná hladina moře, by jen z této oblasti způsobila vzestup hladiny více než o 3 m.

Zrychlující se úbytky ledu za několik posledních desetiletí z Antarktidy a Grónska dokumentovaly vědecké práce (Rignot et al. 2019, Mouginot et al. 2019), z nichž níže uvádíme vybrané grafy.



Obrázek 3.8: Kumulativní změna hmotnosti ledu ležícího na Antarktidě (4 horní grafy) a na Grónsku (dolní graf). Grafy ukazují celkovou změnu hmotnosti v gigatunách (1 Gt odpovídá zhruba 1 km³ ledu) či v případě Grónska v tisících gigatun. Výsledný úbytek je vyznačen filalově. Má dvě složky. Modře jsou vyznačeny změny dané tím, kolik napadne sněhu a kolik jej zmizí sublimací či táním a odtokem skrz příkrov do oceánu. Vidíme, že ve Východní Antarktidě (graf B) tato složka až téměř do konce tisíciletí ledu na kontinent přidávala. V Grónsku to bylo v 80. a 90. letech. Výsledek této složky se označuje jako Surface Mass Balance a je proměnlivý sezónně i rok od roku.

Červeně je vyznačen proces, kdy se led horninového podloží posouvá do oceánu, ten takovou rychlou proměnlivost nemá. Všude kromě Východní Antarktidy se v tomto tisíciletí velmi zrychlil.

U grafu pro Grónsko (označeném písmenem H) je vpravo i stupnice, co úbytek ledu z pevniny znamená pro hladinu oceánu. 5000 Gt, které z Grónska zmizely, přidalo asi 14 mm, totéž lze říci i o Antarktidě. Více viz v již zmíněných pracích, odkud jsou grafy převzaty: Four decades of Antarctic Ice Sheet mass balance from 1979–2017 (<https://www.pnas.org/content/116/4/1095>, či populárně ve článku na sciencemag.org) a Forty-six years of Greenland Ice Sheet mass balance from 1972 to 2018 (<https://www.pnas.org/content/116/19/9239>).

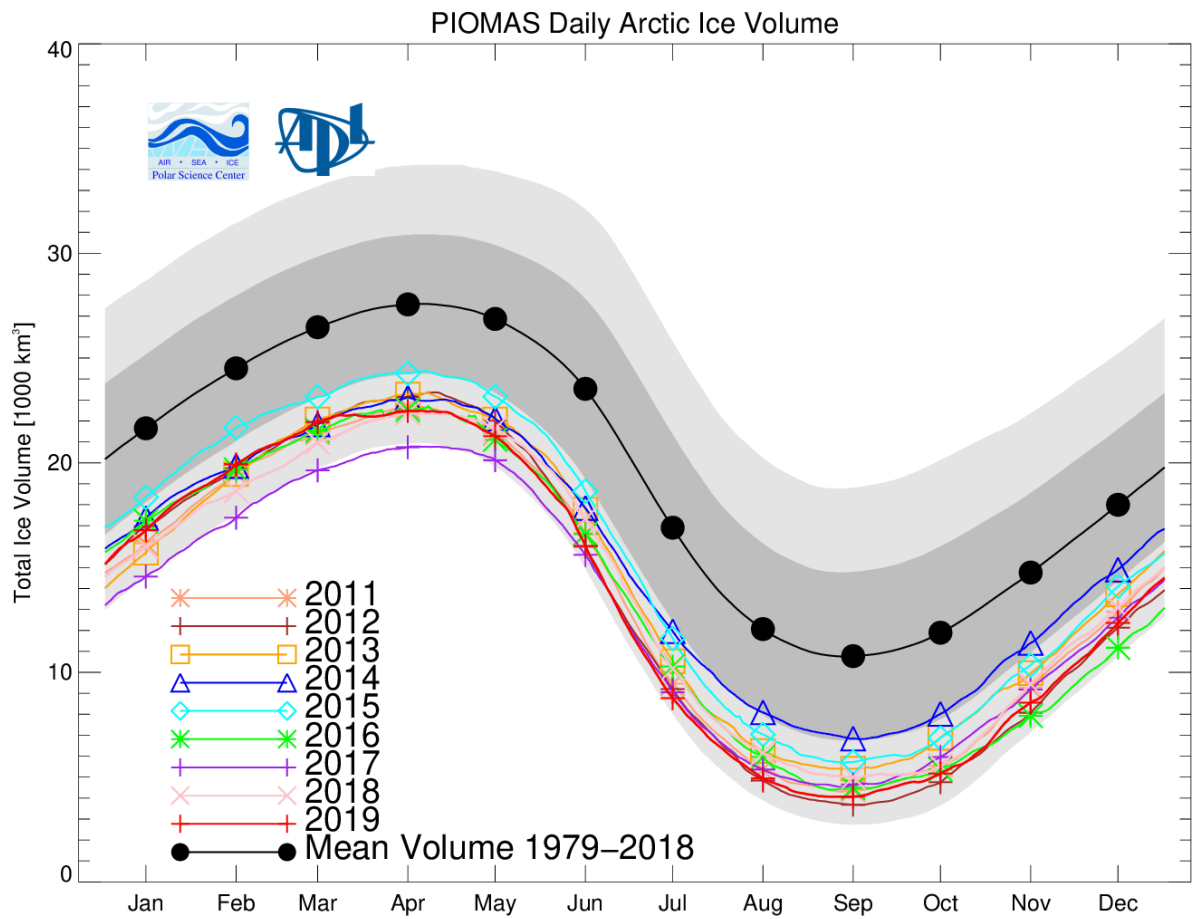
Led, který se sesouvá z pevniny do moře, má ohromnou tloušťku. Do moře se z něj odlamují **eisberg**y čili ledové hory, které poté putují oceánem celá léta. Může jít o „tabulové hory“ rozlehlé desítky kilometrů, ale i o tenké úštěpy, které se po odlomení (označovaném jako *te-lení*) položí. V každém případě ale vyčnívají vysoko nad hladinu. Kolem nich může být ledová tříšť rovněž z pevniny, ale mnohem rozsáhlejší plochy jsou pokryty ledem, který na moři v mrazivé polovině roku „vyrostl“, čili zmrzlou mořskou vodou.

Tu nazýváme **mořský led**. Nový mořský led má vždy tloušťku menší než dva metry. Na takový dobře pochůzný a pojízdný led jsou odkázáni nejen lední medvědi, ale i Inuité při lovu své základní potravy, totiž tuleňů. Přes léto jej hodně roztaje, může se ale místo toho v některých místech působením větru a mořských proudů nakupit do mocností až pěti metrů (po takovém ledu se dá putovat jen velice obtížně a pomalu). V Arktidě bývalo takového mnohaletého mořského ledu mnoho, dnes už jej jsou jen zbytky. Většina povrchu Severního ledového oceánu sice přes zimu zamrzne, ale jednorocní led se pak snadno proděraví táním odspodu i v loužích na svém povrchu. Tam, kde je ve styku s volným mořem, jej rozlamují vlny. (O arktickém mořském ledu viz na <https://nsidc.org/>, např. [článek z května 2019](#).)

Rozloha i objem mořského ledu v Arktidě stále rychleji ubývá, čímž se Arktida stává tmavší a volná mořská hladina je velkým zdrojem tepla a páry. Jak už jsme uvedli, mění se tím zásadně chování ovzduší nejen tam, ale i v našich zeměpisných šířkách.

Mořského ledu kolem Antarktidy také místy ubývá, jeho úhrn ale v protikladu k Arktidě dlouhodobě mírně roste. Vysvětluje se to jednak zesíleným větrem kolem kontinentu, který může led dopravit dále od pólu, a jednak tím, že voda na povrchu Jižního oceánu těsně kolem Antarktidy je méně slaná než dříve, vlivem roztátého ledu z pevniny. V letech 2017 až 2019 je jej nicméně méně než dříve. Aktuální přehled viz stránku NASA [Current State of the Sea Ice Cover](#).

Úbytek ledu v arktickém létě má za následek možnost plavby z Atlantiku do Pacifiku skrze souostroví na severu Kanady i kolem Sibíře, což se stále více využívá. V delším horizontu pak hrozí, že se v Severním ledovém oceánu začne těžit ropa, pokud těžební plošiny přestanou být ohroženy mořským ledem. Přehled stavu onoho ledu viz <https://www.arctic.noaa.gov/Report-Card>. Změny objemu ledu během roku a jeho úbytek v posledním desetiletí viz obrázek níže.



Obrázek 3.9: Objem mořského ledu v Arktidě v posledních 35 letech a v jednotlivých minulých letech. Šedé oblasti kolem průměru z 35 let označují pásma jedné směrodatné odchylky a dvou směrodatných odchylek (to už zahrnuje 95 % hodnot). Převzato z <http://psc.apl.uw.edu/-research/projects/arctic-sea-ice-volume-anomaly/>, kde jsou vždy aktuální grafy a popisy k nim.

4 Další dopady klimatické změny

4.1 Stoupání mořské hladiny úhrnné

Zvyšování hladiny oceánů má tři hlavní příčiny: teplotní roztažnost vody, úbytek ledu na pevninách a také úbytek podzemních vod (viz https://podaac.jpl.nasa.gov/OceanEvents/-2015_03_25_GroundwaterChanges). Nejvýraznějším současným a budoucím příspěvkem je právě úbytek ledu; polovina z něj připadá na ledové štíty, polovina na ostatní masy ledu.

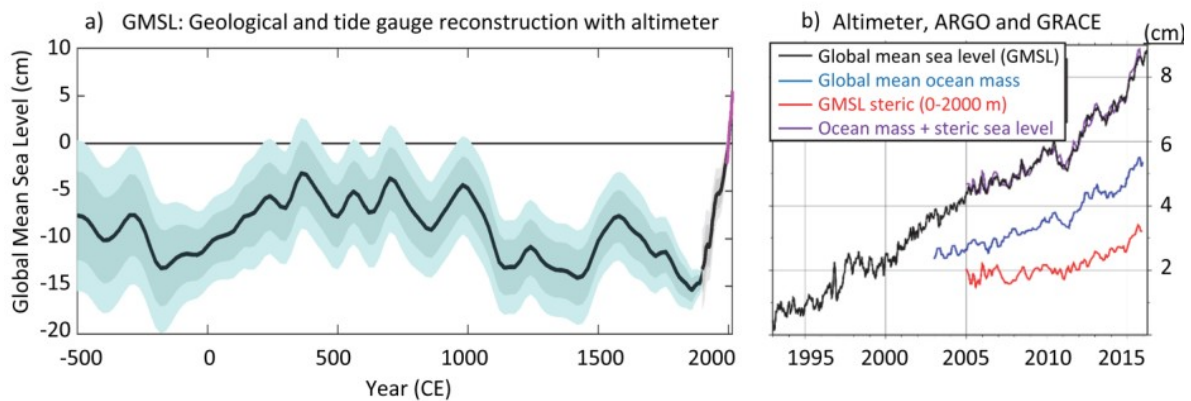
Vzestup hladiny oceánu není všude stejný, vyšší je tam, kde teplota vody stoupá rychleji. Jde i o relativní vzestup vůči pevnině, která někde klesá. To se týká např. východního pobřeží USA – severoamerická kontinentální deska se totiž od doby ledové zvedá na severovýchodě, kde byla odlehčena roztátím více než kilometrové vrstvy ledu, a tím se její jihovýchodní okraj naopak zanořuje do zemského pláště. Vzestup vůči pevnině tam za poslední století přispěl k tomu, že příliv podporovaný výjimečně silným větrem extrémně hlubokých a rozsáhlých tlakových níží může překonat hráze, jako se to stalo v New Yorku při cyklóně Sandy.

Smutnou skutečností je, že vzestup hladiny světového oceánu bude pokračovat rostoucím tempem i dále, protože ledu ze všech tří ledových štítů bude ubývat stále rychleji.

Je zjevné, že velmi plochá pobřeží budou už během tohoto století, natož ve staletích příštích, velmi ovlivněna. To se týká např. Belgie a Nizozemí, Floridy, Indie a Bangladěše, Šanghaje, delty Mekongu atd. Mnohé tichomořské atoly přestanou být normálně obyvatelné nejen vinou toho, že je moře bude při přílivu stále více zaplavovat, ale též vinou skutečnosti, že na nich přestane existovat zásoba vody. Ta tam totiž existuje v podobě čočky sladké vody z deště ležící na vodě slané, a to v porézním vápenci vzniklém z korálů. I nevelký vzestup průměrné výšky mořské hladiny vede k velkému zmenšení oné čočky vody sladké, která má jen o něco nižší hustotu. Chybí pak nejen voda pitná, ale i voda k zavlažování a vlaha pro kokosové a jiné palmy.

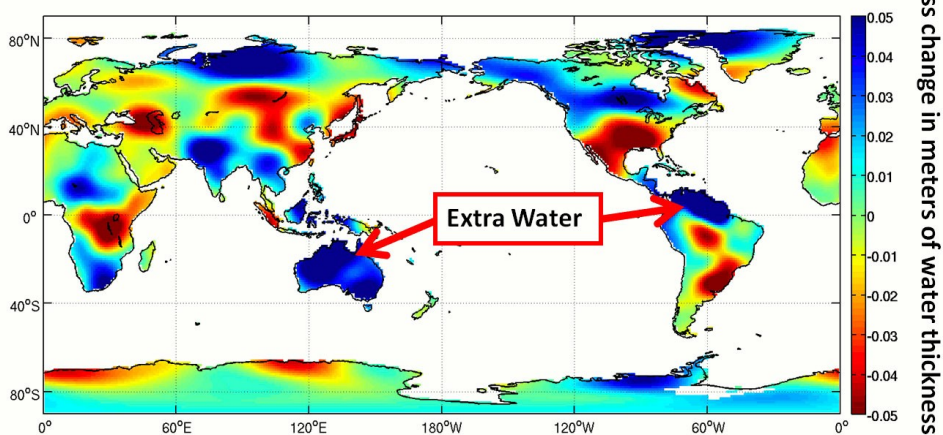
Proti stoupání hladiny moře se jen omezeně lze chránit hrázemi. V oblastech tvořených značně porézními horninami mohou hráze pomoci jen proti extrémním přílivům, ale už ne proti trvale zvýšené hladině moře.

V říjnu 2019 byla v časopise *Nature* zveřejněna práce, která opravila chybný odhad výšky terénu v pobřežních oblastech porostlých vysokou vegetací, které nejsou podrobně zmapovány. Satelitní odhady totiž fakticky udávaly výšku, do níž dosahují koruny stromů, a ne nadmořskou výšku terénu pod nimi. Odkaz na nové mapy, které ukazují rozlohu oblastí, které budou zaplavovány, viz na začátku oddílu 11.3.



**Ob-
rázek
4.1:**
Hladina
oceánu
je již vý-
razně
výše
než za
po-
sledních
1500 let
(nahore
vlevo).
Graf na-
hore
vpravo
ukazuje,

GRACE Shows Change in Water from March 2010 to March 2011

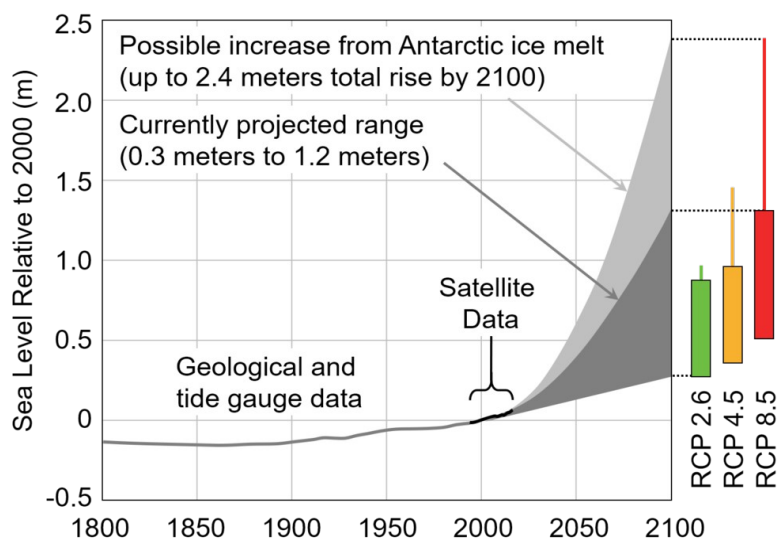


že její stoupání se zrychluje. Stoupání hladiny má dvě složky. Menší složkou je teplotní rozptínání vody, spočítané dle měření teplot projektem ARGO („steric“, červeně). Větší složkou se v tomto tisíciletí stalo přidávání vody do oceánu vlivem úbytku ledu ležícího na pevnině. Tento úbytek a přesun hmotnosti ledu a vody do moře, stejně jako obecně změnu rozložení hmotnosti na Zemi, zaznamenal projekt GRACE. Součet obou složek (fialově) velmi přesně souhlasí s pozorovaným růstem hladiny (černě). Převzato ze [zprávy NOAA z ledna 2017](#).

(Průběžný přehled o změnách výšky hladiny oceánů nadále poskytují měření ze satelitů, aktuální graf a přehled i za období starší, když hladina stoupala pomaleji, viz <https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>.)

Zajímavý je pokles hladiny mezi jarem 2010 a 2011 – ten vznikl velkými srážkami a záplavami hlavně v Austrálii a severu Jižní Ameriky, takže se hodně vody dočasně přesunulo z moře na pevninu. To ukazuje mapa převzatá ze článku z října 2012 na <https://podaac.jpl.nasa.gov/OceanEvents>.

Global Mean Sea Level History and Projections



Obrázek 4.2: Dosavadní stoupaní hladiny oceánu a jeho projekce do konce století. Graf převzatý z wikihesla [Sea level rise](#) je jen názornější verzí toho, který je ve zprávě <https://nca2018.globalchange.gov/> jako Figure 2.3. Zelené rozmezí jsou projekce pro optimistický emisní scénář RCP2.6, červené pro nejhorší scénář RCP8.5 – čísla u těchto názvů udávají velikost radičního působení na konci století (radiční působení k roku 2020 už dosáhlo oněch 2,6 W/m²). Možné velké zrychlení vzrůstu hladiny závisí na tom, jak se zrychlí úbytek ledu opřeného zatím o kontinent Antarktidy.

4.2 Hurikány a vzestup hladiny působený větrem

Teplejší oceán prohrátý do hloubky až stovek metrů dokáže uvolnit více energie, hlavně ve formě vodní páry, která pak kondenzuje v oblacích a pohání tropické tlakové níže. Ty pak mohou častěji dorůst do extrémních rozměrů a mohutností, čili do hurikánů (v Pacifiku se užívá název tajfun, v Indickém oceánu název cyklón) síly 4 či 5. Právě takové nejsilnější hurikány působí katastrofy i v oblastech, které jsou na slabší hurikány poměrně zvyklé. Jedním z ničivých faktorů je proces, kdy voda hnaná zhruba stálým směrem po dráze tisíce kilometrů může na pobřeží vystoupat do výše několika metrů. Zvláště tam, kde je mělké dno a velká zátoka, do jejíhož konce je voda nahnána. To byl případ města Tacloban na Filipínách, zničeného na podzim 2013. Tajfun Haiyan, který to způsobil, byl dosud nejmohutnější, který kdy zasáhl pevninu, viz http://en.wikipedia.org/wiki/Typhoon_Haiyan. Hladinu zvedl o 4 až 5 m, k čemuž se přidaly vlny také takové výšky.

Vzestup hladiny vlivem rozsáhlých cyklón (čili tlakových níží) doprovázený obrovskými vlnami se týká i Evropy. Týž podzim 2013 a navazující zimu tento fenomén sužoval Anglii a Wales, hráze ochránily Hamburk, ale ne s velkou rezervou. Takové cyklonální vzduť je rizikem hlavně tehdy, když se časově shodne s přílivem, a to zejména s přílivem tzv. skočným, kolem úplňku či novoluní. Je to faktor spolupůsobící se zvyšováním hladiny vlivem globálního oteplování. Ochranné stavby jsou velmi drahé a je dnes těžké říci, jak se mají plánovat, aby svou funkci plnily alespoň sto let.

Beznadějnost takové ochrany již v druhé polovině 21. století je zvláště patrná na příkladu Benátek, zvláště těžce zasažených vodou, kteřou tam nahnal vítr 12. listopadu 2019 (a pak i 15. a 17.).

4.3 Extrémně velké srážky

Mohutné tlakové níže v tropech i v našich šířkách přinášejí nejen silný vítr, ale také silné srážky. Jde pak o to, jak rychle či pomalu putují. Pokud se cyklóna v našich šířkách rychle sune k východu, pak se srážky rozloží na velké území a nedělají problém. Pokud se ale cyklóna zdržuje na zhruba témže místě dlouho, vede to k nebývale silnému vzestupu hladin a vlnobití na pobřeží, ale také ke srážkám působícím záplavy v oblastech plochých a povodně na územích svažitéch. I to byl případ Anglie, Walesu a Skotska v zimě 2013/2014. Záplavy mohou být zhoršeny zpomaleným odtokem do vzedmutého moře. To, že se pohyb tlakové níže zpomalí až zastaví, souvisí se „zadrhnutými“ Rossbyho vlnami tryskového proudění, jak jsme o nich psali v části 3.5.

Česko je od moří dál než většina zemí, ale i u nás se stagnující tlakové níže s hojností silných srážek vyskytují a k povodním a záplavám vedou. Od roku 1997 jich nastalo nebývale mnoho, na některých místech opakovaně. Je to fenomén, který se do budoucna bude velmi pravděpodobně zvyrazňovat. Nelze počítat s tím, že jde o jevy vzácné, vyskytující se v daném místě stěží jednou za sto let. Místo sta let je potřeba počítat s výskytem pětkrát, desetkrát hojnějším. To už je taková zátěž, že v dosavadním způsobu využívání ohroženého území není rozumné pokračovat.

I jiné úhrny srážek mohou být zlé. Například když se postupně od zimy do léta kumulují, jako v roce 2019 v povodí Mississipi, a záplavy postihnou rozlehlá území a na dlouhou dobu. Nebo když jsou bouřky v tzv. Meziobratníkové zóně konvergence příliš silné, jako ke konci roku 2019 ve východní Africe. Souvislost s oteplením je obecně ta, že teplejší vzduch může obsahovat více vodní páry, a tedy srážky mohou být mohutnější než dříve.

4.4 Sucho

Opačným, ale souvisejícím jevem je nedostatek srážek, případně ještě kombinovaný s vyššími teplotami vedoucími k vyššímu výparu vody z krajiny. Už zima 2013/2014 toho byla v Evropě příkladem – v Británii měli vody násobně více, než by bylo vhodné, u nás byla zima nebývale suchá. Zimní sucho sice většinou neohrožuje přímo vegetaci, ale zvyšuje riziko holomrazů. A v místech s nouzí o vláhu znamená, že nejsou doplněny zásoby podzemní vody. To pak způsobuje komplikace i na suchých místech Česka, jako na jižní Moravě, ale i od roku 2018 i na mnoha dalších místech.

Mnohem horší to bylo v letech 2007-2010 v Sýrii, kde čtveřice suchých zimních půlroků (v letních půlrocích tam takřka neprší) přinutila půldruhého miliónu lidí odejít z venkova, neboť ztratili obživu a uchýlili se před hladem do městských periferií (Zastrow 2015). Režim tomu neuměl předejít ani na to reagovat, a důsledkem je dlouholetá občanská válka s milióny uprchlíků ze Sýrie. Povstání mělo samozřejmě i další příčiny, nicméně klimatická změna, konkrétně již mnoho let probíhající aridizace Blízkého východu a Středomoří, hrála velkou roli. Pravděpodobnost, že se vyskytne takové víceleté velké sucho, zvýšila alespoň dvakrát až třikrát (Kelley et al. 2015).

Sucha doprovázená nebývale vysokými teplotami nejen přímo snižují výnosy, ale také zvyšují četnost a sílu požárů. Stromy trpící nedostatkem vláhy, zejména smrkové monokultury, se kromě toho nedokáží bránit kůrovci, kterého by jinak dokázaly zalít pryskyřicí. U smrků

je to tím, že neprší dost často a tak vydatně, aby se mělká půda, kde koření, udržela vlhká. U borovic je problém jiný: hladina podzemní vody už klesla leckde tak rychle, že k ní nestačil dorůst jejich hluboký kořenový systém. Týž problém se týká i starých dubů, které pro své mohutné koruny potřebují v horkých obdobích mnoho vody.

Od roku 2018 se to projevilo už ve velké části Česka zejména zánikem smrkových monokultur. Ale podobné gradace kůrovců nastávají i na Aljašce, v Kanadě, Švédsku. Vždy je to způsobeno příliš vysokými teplotami, včetně těch zimních, které umožňují přežívání takového hmyzu. Po zimě pak vyšší teploty vedou k vyššímu výparu i transpiraci, tedy procesu, kdy vegetace čerpá vodu z půdy a vydává ji průduchy listů. Krajina se tím vysušuje. Dosáhne-li to v kombinaci se sníženými srážkami kritického stupně, umožňuje to vznik nebývalých požárů. Rok 2022 v tom byl v EU zcela mimořádný, poprvé včetně Česka.

Dosud nejdramatičtější požáry se odehrávaly na přelomu let 2019/2020 v Austrálii – tam jde o jaro a léto. Jejich intenzita, rozloha a rychlost šíření nemá žádnou historickou obdobu. Mají už trvalé dopady na ztrátu biodiverzity, včetně zániku druhů, které jinde nejsou.

4.5 Nebývalá proměnlivost stavů počasí

Jak jsme již uvedli, klima bylo v poledové době neobyčejně stabilní. Rozsah typů počasí během ročních dob, ale i změny počasí ze dne na den či z týdne na týden, se pohybovaly v mezích, které ekosystémy i lidské společnosti snášely. Jistě, ne vždy a všude, proto také některé místní civilizace v uplynulých tisíciletích zanikly.

S klimatickou změnou se rozmezí, v němž se průběh počasí odehrává, rozšiřuje. Rychlé a velké změny teplot škodí v zimě vegetaci, zejména pokud není chráněna tlustou vrstvou sněhu. Střídání sucha a prudkých srážek zvyšuje erozi a snižuje vsakování vody do půd a spodních vod. Klima v naší zemi jsme byli zvyklí označovat jako mírné, ale ono takovou povahu stále více ztrácí a bude ztrácet.

Teplejší zimy a začátky jara vedou ke dřívějšímu nástupu vegetační sezóny, tedy časnějším fenofázím. O to horší dopad na úrodu mívají pak pozdější jarní mrazy.

4.6 Migrace z nejvíce postižených chudých zemí

Na příkladu Sýrie vidíme, že migrace začíná vždy uvnitř dané země, lidé se snaží najít lepší živobytí či alespoň přežití co nejlíže. Často to nejde, a tak se vlna uprchlíků přelévá do okolních států; samozřejmě tím spíše, když se v jejich původní vlasti bojuje. Okolní státy ale nemají kapacitu, aby se tam mohli všichni uprchlíci usídlit a opět se normálně živit, umožnit dětem dobré vzdělání, najít tam novou vlast. A tak se širší rodiny skládají na to, aby ty nejsilnější, nejodolnější a nejšikovnější své členy, většinou mladé muže, poslaly dál, do zemí bohatých a svobodných. Tedy do Evropské unie, USA, Kanady, Austrálie. Pokud tam doputují a najdou práci, jsou pak schopni své rodiny alespoň finančně podporovat; takové peněžní toky v rámci rodin stabilitu chudých zemí značně zvyšují. Mohou také dalším rodinným příslušníkům připravit zázemí, aby se jich mohlo do bezpečí přestěhovat více.

Bohaté země se ale přílivu uprchlíků brání. A ti se proto obracejí na podsvětí, aby je tam nějak propašovalo. Platí za to hodně peněz a podstupují obrovské riziko. Kdo z nás by se vydal přes moře, když ví, že s pravděpodobností deseti procent přitom zahyne? Něco takového lidé dělají jen v situaci naprostého zoufalství, když jinou naději nemají. Nejdou za blahobyt, snaží se přežít a pomoci svým blízkým.

Z Evropy lidé po staletí také migrovali, hlavně do obou Amerik. Z Česka a Slovenska to bylo zejména z celých Karpat, jejichž půda nestačila uživit rostoucí populaci. Ve Spojených státech i v Kanadě je dnes novověkých migrantů a jejich potomků mnohem více než původního obyvatelstva, jehož předkové přišli z Asie pevninským mostem, dnes Beringovou úžinou. Migrace do oněch zemí dále pokračuje, nyní více opět z Asie než z Evropy. Také do bývalých koloniálních mocností Evropy ale už řadu desetiletí migrují lidé z jejich bývalých kolonií. Do Německa a Rakouska pak přišli zejména Turci, ale i lidé z mnoha dalších, ještě chudších zemí. Jsou pro hospodářství takových západoevropských zemí přínosem, mnoho oborů by bez nich vůbec nefungovalo.

Problémem je, když se příliv migrantů zrychlí, přesáhne potřeby a kapacity bohatých zemí. A právě to se nyní děje, v roce 2015 to probíhalo velice dramaticky, mluvilo se o uprchlické krizi. Není ale ospravedlnitelné, aby se Evropa silně bránila příchodu lidí z chudých zemí, nechala je mřít či strádat na březích Středozemního moře, kam dorazili po dlouhém putování. A je nespravedlivé, aby příchozí zůstávali jen v Itálii a Řecku.

Z dnešního Česka zmizelo za války a po ní na dva milióny obyvatel, vyvražděním i vyhnáním; další pak uprchli po r. 1948 a 1968 – ti byli za hranicemi velmi slušně přijati a našli tam své místo, případně bez problémů pokračovali do dalších zemí. Měli bychom se tedy zamyslet: není na čase, aby Česko slušně přijalo taky až třeba ty dva milióny nových obyvatel – jistě ne naráz, ale řekněme během třiceti let? Nemůže to být nemožné, máme mnohem lepší technologie než před válkou... kdy Jan Antonín Baťa napsal knížku *Budujme stát pro 40 000 000 lidí* – pravda, měl tehdy na mysli celé Československo vč. Podkarpatské Rusi.

Není dnes, v létě 2022, pochyb, že se nemálo lidí nejen odtud, ale hlavně ze zničeného východu a jihu Ukrajiny, dočasně, snad někteří i nastálo, usídlí právě u nás. Buďme za to velice vděční.

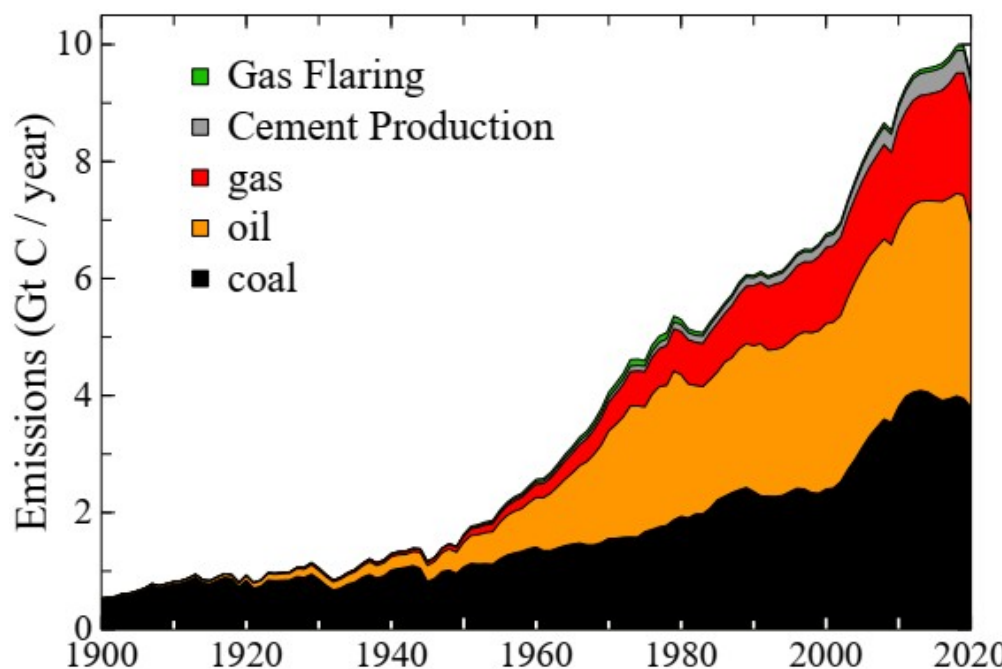
5 Jak změnu co nejdříve zbrzdit: mitigace

5.1 Co je to mitigace

V češtině se toto slovo používá téměř výhradně ve významu týkajícím se klimatické změny, jeho překlad zní **zmírňování**. Rozumí se zmírňování tempa globálního oteplování, a to tím způsobem, že **se emise látek, které k oteplování přispívají, cíleně snižují oproti vývoji, kdy by se o ně nikdo nestaral**, čili vývoji „business as usual“. Může jít o dobrovolná opatření, kdy se původci emisí rozhodnou je snížit právě kvůli ochraně klimatu, kdy snížení není jen milý doprovodný jev např. změny technologií motivované snahou o vyšší zisk. A může jít o opatření regulační, kdy stát emise zpoplatní za účelem jejich snížení oproti samovolnému vývoji nebo pro ně stanoví nějaké stropy.

5.2 Zdroje přidaného oxidu uhličitého

Zopakujme, že zcela dominantním oteplovajícím vlivem jsou zvýšené a dále **rostoucí koncentrace oxidu uhličitého** v ovzduší. A že **téměř všechny emise tohoto plynu do klimatického systému pocházejí ze spalování fosilních paliv**.



Obrázek 5.1: Kolik fosilního uhlíku se ročně zoxiduje na oxid uhličitý z fosilních paliv a výroby cementu – již jde o 10 Gt/a. Odzola nahoru jde o uhlí, ropu, zemní plyn čili metan. Nahoře je šedě uhlík z karbonátů (vápence a dolomitu), z nichž se vyrábí portlandský cement (asi půl gigatuny ročně). Zanedbatelné je množství uhlíku zoxidovaného v hořících fakulích nad ropnými zařízeními, znázorněné ještě výše. Převzato ze stránky autorů Makiko Sato a Jamese Hansena, kde uvádějí i zdroje dat a vždy aktuální grafy.

10 Gt uhlíku ročně z uhlí, ropy, zemního plynu a z karbonátů pro výrobu cementu po jeho zoxidování odpovídá $3,67\times$ větší hmotnosti CO_2 . Proč? Atomová hmotnost uhlíku je 12, kyslíku 16, molekulová hmotnost CO_2 je tedy 44, a konečně $44/12=3,666\dots$ Antropogenní emise oxidu uhličitého z fosilních paliv a cementu se tedy blíží 40 Gt/a, čtyřiceti miliardám tun za rok.

Je samozřejmě pravda, že i veškeré využití biomasy, až na případ, že je zabudována do staveb a suchem chráněná před rozkladem, vede nakonec k její oxidaci čili tvorbě CO₂ a H₂O z organických látek vytvořených díky fotosyntéze. Jenže spalováním ani jinou konzumací biomasy (potraviny, krmiva pro zvířata) žádný *nový* uhlík do klimatického systému nepřidáváme. **Kdybychom rostlinou biomasu, která naroste, nevyužili, stejně by se časem rozložila.** Do sedimentů se jí v nezoxidované formě dostává jen nesmírně málo, pravděpodobně mnohem méně než před stamilióny let – na vině může být vznik bakterií, které jsou schopny rozkládat i lignin. V době tvorby mocných uhelných slojí nejspíš ještě neexistovaly.

Jde ovšem o to, za jak dlouho by se nevyužitá biomasa rozložila... Vezmeme-li jako příklad evropskou krajinu, nelze již bohužel konstatovat, že lidská činnost z ní nepřidává žádný významný tok uhlíku do ovzduší. Ve skutečnosti přidává, a to především tehdy, když se fosilní paliva nahrazují *zvýšenou* lesní těžbou.

Hovoříme o odlesňování. Globálně vzato, připadá na ně 1 Gt mobilizovaného uhlíku ročně, což je o řád méně než z fosilních paliv. Zvláště mohutné je odlesňování již desítky let v tropech, což je problém, o němž se mluví již dlouho zejména v ohledu ztráty biodiverzity (a budeme se mu věnovat za chvíli). Bohužel k němu přibylo v novém tisíciletí také velkoplošné kácení v bohatých zemích, a to za účelem průmyslového využití dřeva jako paliva, hlavně ve formě pelet. Jak pro domácí účely (v EU hlavně ve Finsku a Švédsku) (Ceccherini et al. 2020), tak zejména pro vývoz (hlavně z Kanady) (Giuntoli et al. 2020). Děje se tak s mylným argumentem, že jde o mitigační opatření.

Taková nová těžba a navazující průmysl, to je něco zcela jiného než někdejší, málo se měnící využívání evropských lesů jako zdroje dřeva pro stavby a různé výrobky a pro tradiční vytápění palivovým dřívím z probírek a o vytápění odpady z různých výrobních podniků. Nová rozsáhlá těžba za účelem náhrady uhlí při vytápění a výrobě elektřiny je ve skutečnosti neobyčejně škodlivá, takovou náhradou se tok CO₂ do ovzduší oproti původnímu užití uhlí či zemního plynu nesníží, ale naopak zvýší. Důvody jsou 3:

1. Nemalé emise při těžbě, zpracování a dopravě.
2. Velký úbytek uhlíku v lesní půdě po holosečích (v půdě jej bývá více než ve kmenech stromů), půda po nich vyschne a ohřeje se, organické látky v ní se rychle oxidují; běžné holoseče by proto měly být v zájmu ochrany klimatu zakázány.
3. A ovšem i ještě větší emise ze spalování.

Ty poslední se leckdy opomíjejí s argumentem, že je přece vykompenzuje nový vzrostlý les. Jenže to se podaří až v průběhu sta let, a jen když ten les pěkně poroste. V horizontu jednoho až tří desetiletí, tedy období, o které nám nyní hlavně jde, žádná taková kompenzace nenastane! Ba co ještě hůř, pokud by se les nevytěžil a nechal růst další staletí, věnován divočině, představoval by významný „propad“ uhlíku, tedy jeho odebrání z ovzduší do své nadzemní hmoty i do půdy – v tom jsou nejvýkonnější právě mohutné staré stromy, pokud v lese zůstávají. Dosavadní strategie EU, která zvýšenou lesní těžbu podporuje v rámci užívání biomasy jako náhrady fosilních paliv, je již soudně, a patrně oprávněně napadána, s dobrou oporou o novou vědeckou literaturu (Moomaw, Law, a Goetz 2020). Palivo z lesů těžných za takovým účelem je z hlediska jedné generace zdrojem rozhodně *neobnovitelným*.

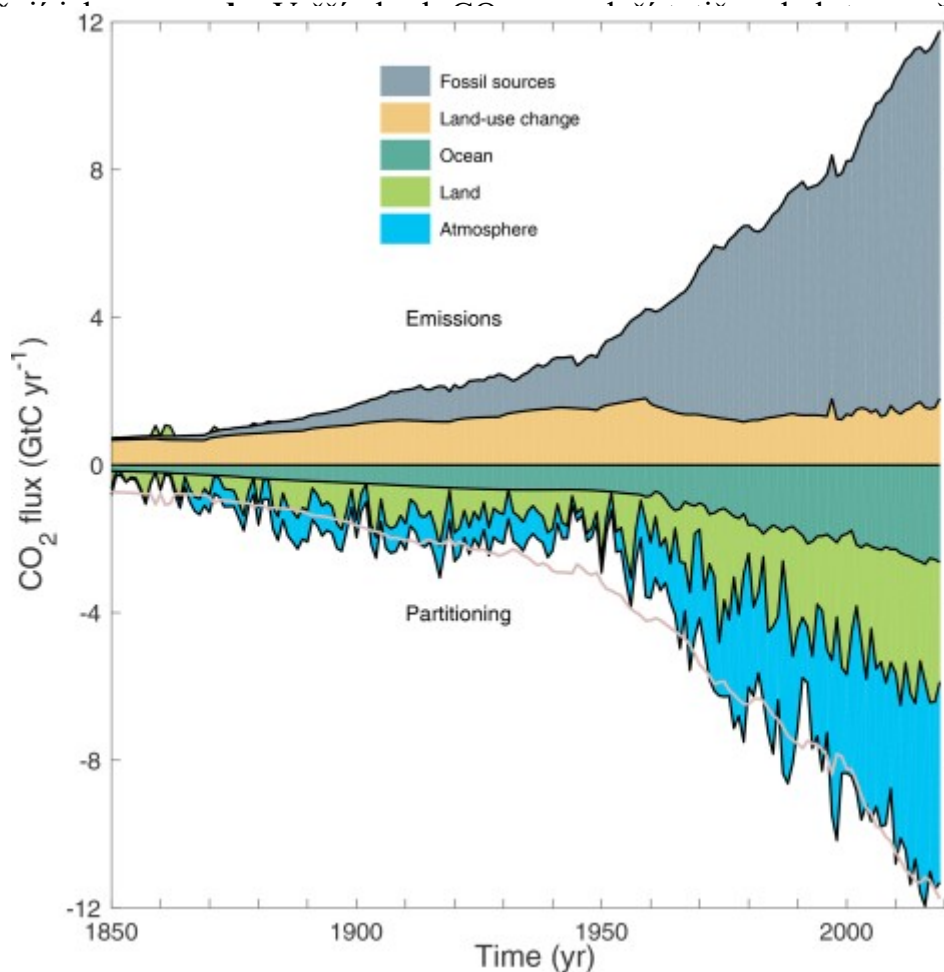
Podružným, ale rozhodně ne zanedbatelným zdrojem CO₂ je **úbytek uhlíku v půdách** vůbec, typický pro celé průmyslové zemědělství, které zatím převládá a expanduje na stále

další území. Ten škodí i jinak než svým příspěvkem k oteplování. Takové půdy hůře jímají vodu a více podléhají erozi. Snižuje se tím potenciální a budoucí produkce potravin, krmiv i vláken. Udržitelnou a hojnou produkci spojenou se **zlepšováním půd naopak poskytuje biozemědělství**. Jeho rozšíření na většinu obdělávaných ploch je velmi žádoucí; dalším benefitem takové změny by bylo vytvoření či obnovení mnoha pracovních míst, která se ze zemědělství za poslední století vytratila.

Doopravdy je ale kácení v bohatých zemích a zhoršování tavných půd méně mohutným zdrojem emisí než odlesňování v takřka všech zemích tropického pásu. Z menší části je to tam způsobeno růstem populace, která tak získává dříví na vaření a také půdu pro pěstování pro vlastní spotřebu. Z větší části je to ale přeměnou původních pralesů na plantáže olejových palem, sóji a cukrové třtiny, ne-li na pastviny pro hovězí dobytek, vše pro vývoz do bohatých zemí. Olejem z palem i lihem z fermentace třtiny sice lze nahrazovat ropu, ale bilance přeměny pralesa na takovou produkci je v řádu desítek let až století záporná. A to jak vinou spálení nadzemní biomasy pralesa, tak někde i vysušením mokřadních lesních oblastí, kde bylo původně mnoho nerozložené organické hmoty ve zvodnělé vrstvě, podobně jako v našich rašeliníštích.

Úhrn úbytku uhlíku z půd, mokřadů a lesů přímou činností lidstva se odhaduje na téměř 2 Gt ročně. Spolu s tokem z fosilních paliv (a výroby cementu) to shrnuje schematicky Obrázek 2.10. Ten také porovnává umělé emise zoxidovaného uhlíku s přírodními geologickými, které jsou stokrát menší.

Kromě toho ukazuje také významné nové toky uhlíku z atmosféry pryč – odborně se takové



Obrázek 5.2: Vývoj antropogenních emisí a přírodních propadů uhlíku, v gigatunách za rok. Emise odshora: šedě z fosilních paliv (a výroby cementu), hnědě ze změny využívání krajiny. Kam se ty emise podělí, ukazují plochy níže: rozpouštění v oceánu (tmavě zeleně), nárůst hmotnosti organického uhlíku v živé biomase a uhlíku v půdách (světle zeleně) – to nazýváme propady. Ještě níže je modře znázorněno, kolik z emitovaného uhlíku zůstává čili přibývá v ovzduší. (Z Global Carbon Budget 2020).

7 P
r
a
k
ta

řemu
íku a
ti ta-
rege-

toky
přet
větš
bior
sí. T
nezu
bud
sucl
„na
moc
Jak
202

oho
a do
oucí
mi-
t na
ne-
nou

Česká vegetace bývala až donedávna ve skutečnosti významným *propadem uhlíku*, a to hlavně růstem zalesnění záměrného i sukcesí na opuštěných plochách. Vinou sucha panujícího od roku 2015 ale došlo k úhynu ohromného množství zejména smrků. Pokud se uhynulé stromy vytěží a použijí jinak než v konstrukcích staveb či nábytku, pak se uhlík v nich obsažený v horizontu let zoxiduje, to jest spálí. Technologie stavění zdí i stropů z masivního dřeva (panely z desek lepených křížem) sice již existuje, ale u nás se ještě nerozvinula. Jen tou by bylo možné rozumně využít všechno „kůrovcové dřevo“ a docílit toho, že poptávka po dřevě dožene jeho nabídku. Na druhé straně, pokud už uschlé stromy nebyly ponechány svému osudu na místě (tam by stínily, rozkládaly se pomalu a živinami přitom zásobovaly nově rostoucí dřeviny), ale kmeny jsou už někde svezeny a nahromaděny, použít je jako místní náhradu uhlí už tolik nevádí, emise z jejich další krátké dopravy a zpracování nemusí být velké.

5.3 Metan, oxid dusný, halogenované uhlovodíky, saze

Další velké příspěvky k oteplování jsou tvořeny zvýšeným množstvím metanu a sazí, viz Obrázek 2.10. Růst koncentrací metanu je způsoben hlavně rostoucím efektivním stavem přežvýkavců, zejména hovězího dobytka. Jak tím, že dobytka je více, tak tím, že je mohutnější a tedy konzumuje více krmiv. Celulóza z krmiv se v trávicím traktu přežvýkavců mění z nějaké části na metan. Dalším zdrojem je těžba fosilních paliv; metan uniká z uhelných dolů i z ropných vrtů, a také z netěsností vrtů jímajících přímo metan (zemní plyn) a z následných rozvodů až ke spotřebičům zemního plynu. Jakýkoliv rozvoj infrastruktury pro zemní plyn znamená zpravidla nárůst úniků. Přitom už takový únik, který by činil jediné procento toho, co se nakonec (užitečně) spálí, je významný. **Molekula metanu má totiž řádově větší oteplovací účinek než molekula oxidu uhličitého.** Reálné úniky bývají spíše několik procent, čímž může být nakonec metan, pokud jde o získanou energii, dokonce horší než uhlí, poměřováno příspěvkem k oteplování.

U sazí jde o jejich jádro, totiž **černý uhlík** (black carbon) struktury blízké grafitu, označovaný též jako elementární uhlík, aneb látku tvořenou jen samotným uhlíkem.⁸ Takové částice dokonale pohlcují sluneční záření. Přímou tím přispívají k ohřevu ovzduší, ještě závažnější je pak jejich vliv na albedo oblastí pokrytých sněhem a ledem. To jsou oblasti původně velmi světlé, odrážející většinu slunečního záření zpět vzhůru. I malá příměs černého uhlíku ve sněhové vrstvě vede poté, co sníh začne tát či ztrácí se sublimací, ke ztmavnutí povrchu. Tání se tak zrychluje.

Oxidů dusných přibývá vinou intenzifikace průmyslového zemědělství, ba i chovu dobytka. A halogenované uhlovodíky unikají do ovzduší z různých chladicích systémů, v nichž se používají coby pracovní tekutina.

5.4 Mezivládní panel pro klimatickou změnu – IPCC

Potřeba mitigace (dlouhý terminus technicus je v češtině „zmírňování změny klimatu“, ale fakticky jde o potlačení emisí skleníkových plynů) je osvědčeným vědcům i státníkům známa již déle než třicet let. Aby věděli, jak moc a jak rychle je potřeba zvrátit dosavadní trend, kdy emise rostou, byl již v 1988 založen **Mezivládní panel pro klimatickou změnu**, Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC: <http://ipcc.ch/organization/organization.shtml>. Jeho úkolem je shrnout vědecké poznání toho, co se v klimatickém systé-

⁸ Kolem jádra částic sazí bývá obal z různých uhlovodíků, pak se jeví jako mastné. Bez takového obalu bývají nanočástice z motorů se vstřikováním paliva, na ty se ale přichycují různé další polutanty, zpravidla velmi jedovaté.

mu děje, může či bude dít, jaké to má dopady, kdo je jimi ohrožen, jak se na ně adaptovat i jakými způsoby klimatickou změnu brzdít – to je právě ona mitigace. V letech 2013 a 2014 vydal pátou tzv. Hodnotící zprávu. Takové zprávy jsou souborem tří tlustých knih a jedné tenké, která syntetizuje ty tři tlusté. V letech 2021 až 2022 pak zprávu šestou, Assessment Reportm, zkratkou AR6. Je samozřejmě plně dostupná elektronicky a dostupné jsou i informace o její přípravě a o připomínkách, které k jejím vývojovým verzím byly podány. Viz <http://ipcc.ch/>. Zpráva uvádí prakticky vše, co k celému rozsáhlému komplexu klimatické změny bylo známo zhruba půl roku před vydáním toho kterého dílu, s mnoha tisíci odkazů na publikace, které takové informace obsahují. Hodnotící zprávy IPCC jsou díla, která nemají v jiném oboru lidské činnosti obdobu. Jedinou analogií by snad mohly být staré naučné slovníky (u nás ten Ottův), které též měly za cíl shrnout a přehledně podat celé lidské poznání.

Pokud se ale o AR6 i předchozích Hodnotících zprávách mluví, zpravidla se jedná jen o jejich kratičká, velice hutná shrnutí pro Policymakers, řekněme veřejné činitele nebo politické představitele, ale také pro ty v pozadí, třeba uvnitř ministerstev, které různé politiky formulují a provádějí. Taková shrnutí jsou slovo od slova odsouhlasena zástupci všech vlád, a proto se drží velmi „při zemi“ – problémy rozhodně nevyhrocují, konstatují jen to, proti čemu prostě už nemůže nikdo nic fakticky namítat. Taková shrnutí z AR4 (a různé novější dokumenty IPCC, vč. obrázků ze shrnutí prvního dílu AR5) jsou v češtině dostupná na amper.ped.muni.cz/gw/ipcc_cz/. Z AR6: mzp.cz/cz/mezivladni_panel_pro_zmenu_klimatu, heslo wikipedie je cs.wikipedia.org/wiki/Šestá_hodnotící_zpráva_IPCC. Chce-li někdo ale doopravdy porozumět tomu, co o daném problému bylo před dokončením dané Hodnotící zprávy vskutku známo a naopak neznámo, musí si pročíst příslušnou kapitolu plného znění Zprávy.

Zásadním sdělením, které Pátá zpráva poskytla, byl „uhlíkový rozpočet“ světa: kolik uhlíku už lidstvo ze zemských sedimentů zoxidovalo a kolik ještě zoxidovat smí, aby byla slušná naděje, že oteplení nepřesáhne úroveň 2 K. Graficky to ukazuje následující obrázek s koláčovými grafy.

Čas zbývající pro nutné činy se rychle krátí

65 % uhlíkového rozpočtu slučitelného s cílem, aby oteplení nepřesáhlo 2 °C, již bylo vyčerpáno do roku 2012

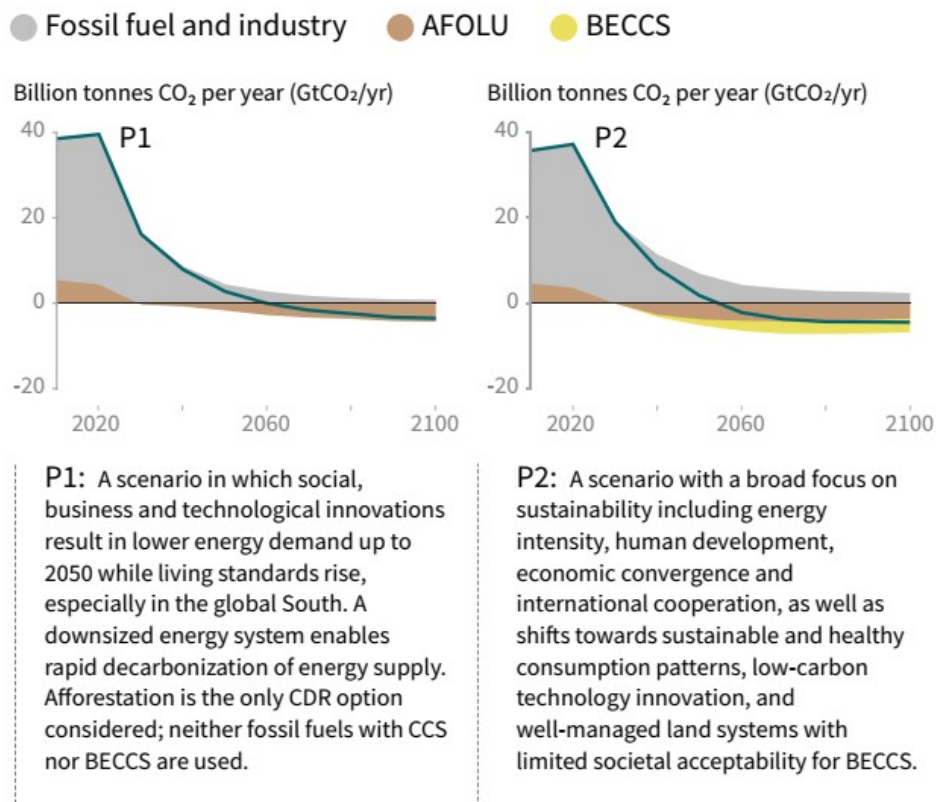


IPCC AR5 Synthesis Report

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change
WHO UNEP

Obrázek 5.3: Uhlíkový rozpočet k začátku roku 2012. K začátku roku 2021 do segmentu uhlíku již spotřebovaného přibylo dalších 90 Gt, zbývalo nám tedy jen asi 185 Gt. Jde samozřejmě o čísla přibližná, zejména pokud jde o množství, které ještě smíme vytěžit, aby oteplení dost pravděpodobně nepřesáhlo dva kelviny. Toto zbývající množství je mnohem menší než množství již vytěžené.

K podrobnějšímu studiu lze doporučit i již zmíněnou **Zvláštní zprávu IPCC o dopadech globálního oteplení o 1,5 K z října 2018**, jak je dostupná včetně doplňujících materiálů na www.ipcc.ch/sr15 nebo jako jedno pdf na http://amper.ped.muni.cz/gw/ipcc_cz/sr15/, kde je k ní i český komentář.



Obrázek 5.4: Výřez z obrázku SPM.3b zprávy **Global Warming of 1.5 °C** ukazující dvě alternativy, jak ohromně rychle by musely klesat emise oxidu uhličitého, aby nárůst teploty úroveň 1,5 K nepřekročil nebo ji překročil jen na krátkou dobu. Na svislé ose jsou emise CO₂ v gigatunách za rok.

Šedě jsou emise z fosilních paliv a výroby cementu.

Hnědě jsou vyznačeny emise z odlesňování a zhoršování půd, které by se k roku 2030 musely změnit na jímání uhlíku zalesňováním a zlepšováním půd. Tento sektor se označuje AFOLU (Agriculture, Forestry and Other Land Use). V roce 2060 by už takové antropogenní odebrání CO₂ z ovzduší mělo převážet nad emisemi ze zbytkového užití fosilních paliv a z výroby cementu, jak ukazuje modrá čára celkové globální bilance lidmi působených toků CO₂ do ovzduší či z něj.

Ve scénáři P2, který připouští větší emise z fosilních paliv, se počítá s odebráním oxidu uhličitého z ovzduší pomocí energetického využití biomasy, do níž se uhlík dostává fotosyntézou. Spaliny se ale přitom nebudou vypouštět do atmosféry, ale oxid uhličitý se z nich bude jímat a ukládat do sedimentů. Tento proces označovaný jako BECCS (BioEnergy with Carbon Capture and Storage) je vyznačen žlutě. Je otázka, kolik biomasy bude možné tímto způsobem využít, jestli se najdou cesty, jak tolik oxidu uhličitého navěky schovat do země a jestli se takové technologie rozvinou tak rychle, aby antropogenní tok CO₂ byl už před rokem 2060 směrem z ovzduší zpět do země.

Další scénáře v původním obrázku počítají s ještě větším umělým odebráním CO₂ z ovzduší tímto způsobem. Lze je považovat za nereálné, sloužící spíše coby výmluva pro pomalejší pokles emisí. Pro oba scénáře uvedené zde platí, že **do r. 2030 by musely emise klesnout na polovinu dnešních**. Odtud se bere zjednodušené tvrzení z r. 2018, že máme 12 let na záchranu planety – pokud emise neklesnou takto dramaticky, cíl 1,5 K už nepůjde splnit.

Podrobněji ke scénářům viz str. 15 a 16 Zprávy.

5.5 Dohody o ochraně klimatu

Klimatickou změnu nemůžeme v tomto století zastavit. Můžeme ale do r. 2050 zastavit oteplování a tím velmi ovlivnit, jak bude klimatická změna pokračovat poté. Dokonce to udělat musíme, jak říká Rámcová úmluva OSN o změně klimatu, UNFCCC, viz http://amper.ped.muni.cz/gw/unfccc_cz/. V roce 1992 se v ní signatáři, což jsou vlastně všechny státy světa, shodli, dle jejího článku 2, že

„Konečným cílem této úmluvy a jakýchkoli souvisejících právních dokumentů, které konference smluvních stran případně přijme, je dosáhnout, v souladu s odpovídajícími opatřeními úmluvy, *stabilizace koncentrací skleníkových plynů v atmosféře na úrovni, která by předešla nebezpečnému narušení klimatického systému vlivem lidské činnosti*. Této úrovni by mělo být dosaženo v takové lhůtě, která dovolí ekosystémům, aby se přirozenou cestou přizpůsobily změně klimatu, která zajistí, že nebude ohrožena produkce potravin, a která umožní, aby hospodářský rozvoj mohl pokračovat udržitelným způsobem.“

Dnes víme s jistotou, že se to již nepovede. *Nebezpečné narušení klimatického systému* vlivem emisí skleníkových plynů a sazí již nastalo a bude se zhoršovat. Zbývá jen předejít ještě většímu zhoršení. V roce 2009 při konferenci stran Úmluvy (tzv. COP, v pořadí 15.) v Kodani se vynořila shoda, že je určité potřeba předejít alespoň oteplení většímu než o dva kelviny; jeden kelvin z toho jsme už tehdy téměř vyčerpali. Ne že by oteplení o dva kelviny čili stupně Celsia oproti době před průmyslovou revolucí bylo neškodné, ono by přineslo nesmírné problémy a nutnost opustit mnoho dnes obydlených oblastí, ale byly by to problémy menší než při oteplení o tři, čtyři nebo více kelvinů. A byla by šance, že se ještě nerozběhnou zesilující zpětné vazby představované hlavně uhlíkem a metanem uloženým v půdách Arktidy a v tavném mělkém mořském dně – tj. že obou skleníkových plynů nezačne rychle přibývat i bez emisí antropogenních. Že jich vinou nárůstu teplot přibývat *může*, to víme z období konců ledových dob.

Oteplení o dva kelviny, pokud by vydrželo staletí, by bohužel nepochybně vedlo k rozpadu většiny grónského ledu a velké části ledu antarktického, čili i k rychlému a staletému růstu mořské hladiny. Proto většina zemí Úmluvy, kterým stoupající hladina oceánů hrozí nebo které jsou již dnes postiženy novým, nebyvalým klimatem, požadovala nepřekročit laťku 1,5 K. Velké a bohaté země, které jsou původcem oteplování, se k nim ovšem tehdy nepřidaly. On totiž i cíl nepřekročit 2 K byl na samé hranici možností světa a jeho splnění by vyžadovalo nesmírné odhodlání, úsilí a změnu mnoha dosavadních zvyklostí bohaté většiny lidstva.

Od konference v Kodani se ale dopady globálního oteplování a jím působené klimatické změny projevily velmi drsně v mnoha místech světa. Jedním z oněch dopadů je výskyt situací, kdy zákruty jet streamu vedoucí daleko na sever a pak opačně na jih setrvávají dlouho na stejném místě, jak jsme o tom psali už v části 3.5. V důsledku takových stavů je někde stále horké a suché počasí, jinde naopak deště a záplavy, což se týká právě našich zeměpisných šířek čili bohatých zemí. Stalo se zřejmé, že už dosavadní oteplení má zlé následky a že další kelvin by byl velmi zhoubný. To se projevilo při jednání COP 21 v Paříži v prosinci 2015 a vedlo to k Pařížské dohodě. Ta jako hlavní cíl deklaruje

„Udržení nárůstu globální průměrné teploty **výrazně pod hranicí 2 °C** oproti hodnotám před průmyslovou revolucí a **úsilí o to, aby nárůst teploty nepřekročil hranici 1,5 °C** oproti hodnotám před průmyslovou revolucí, a uznání, že by to výrazně snížilo rizika a dopady změny klimatu.“

Dohodu podepsaly prakticky všechny státy, které také uvedly, jak hodlají snižovat své emise oproti vývoji, kdyby se o to nesnažily. Naprostá většina z nich ji také ratifikovala, z významných znečišťovatelů to neučinilo jen Rusko, Írán a Turecko. Problém ovšem je, že úhrn oněch „nationally determined contributions“ zdaleka na splnění cíle Dohody nestačí – vedl by k oteplení alespoň o 3 K.

V letech 2015-2018 už globální oteplení oproti druhé polovině 19. století přesáhlo laťku jednoho kelvinu. Na podzim 2018 zveřejnil IPCC zprávu o důsledcích oteplení o dalšího půl kelvinu, případně o celý kelvin. Stalo se zřejmé, že to by už bylo zničující pro lidstvo i přírodu. Zpráva také ukazuje, jak nesmírně rychle by emise musely klesat, aby onen půlkelvin nebyl překročen.

Hlavně tato zpráva SR1.5 způsobila, že až do rozběhu pandemie čínského koronaviru platilo, že čím dále více mladých lidí protestuje pátečními stávkami proti nečinnosti svých vlád a požaduje, aby svými opatřeními ihned nastoupily na trajektorii, která je slučitelná s cílem nepřekročit 1,5 K celkového oteplení. Jde jim o jejich vlastní budoucnost: Fridays for Future. Jak jsme již uvedli, strany Rámcové úmluvy se opakovaně scházejí na summitu Conference of Parties, COP. Již na těch minulých vznikla dohoda, že bohaté země mají dávat ročně sto miliard dolarů na adaptaci a mitigaci v zemích chudých – ne místo jiných podpor, ale navíc k nim. Příslušný Green Climate Fund zatím získal přísliby jen na desetinu oné částky – a to ne na každý rok, ale dohromady.

Jedinou dohodou, která reálně snižovala emise, tedy měla mitigační účinek, byl Kjótský protokol, viz https://cs.wikipedia.org/wiki/Kjótský_protokol a http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/128060_cs.htm. Ten nikdy neratifikovaly USA, vystoupila z něj Kanada, nicméně měl pozitivní vliv na Evropskou unii, v níž vznikl systém obchodování s tzv. povolenkami na vypouštění oxidu uhličitého z velkých průmyslových provozů, ETS (European Trading System). Do systému se zapojilo i Japonsko. Díky prodeji nevyužitých povolenek z Česka Japonsku vznikl péčí MŽP program Zelená úsporám. Kjótský protokol se původně týkal období do r. 2012, jeho prodloužení platilo až do roku 2020. EU parametry protokolu plnila, emise z jejího území až do roku 2013 skutečně klesaly. I když pak už do r. 2020 klesat přestaly, slabý závazek EU k roku 2020 byl splněn, i s rezervou vytvořenou poklesem ekonomiky vlivem pandemie. Jiná věc jsou ovšem emise připadající na evropskou spotřebu dovozem zboží ze zemí mimo EU.

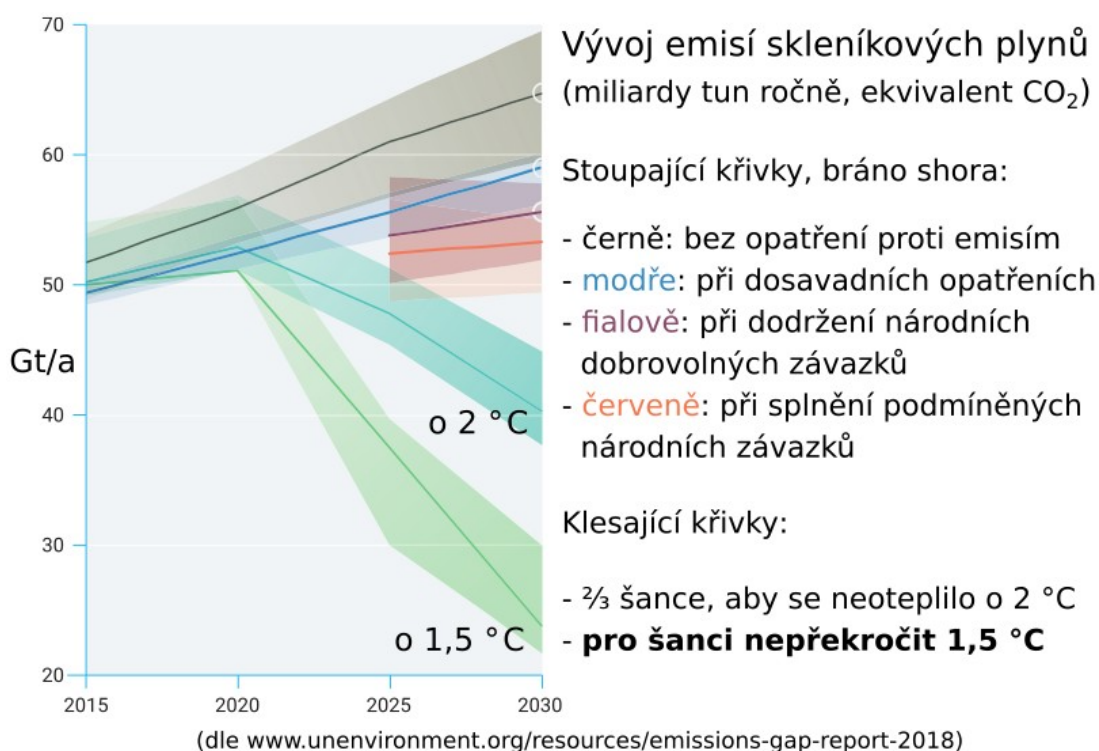
Onen závazek EU byl balíček **20-20-20**, viz <http://ec.europa.eu/clima/policies/package/>. Šlo o snížení emisí skleníkových plynů o 20 % oproti roku 1990, o zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie na 20 % a o zvýšení účinnosti využívání energie o 20 %, to vše do r. 2020. Ten poslední cíl se vztahuje na snížení potřeby energie na jednotku HDP. K jeho naplnění sloužily čtyři direktivy: o energetické účinnosti, o energetických vlastnostech budov, o štítkování a o ekodesignu. V roce 2014 se představitelé EU dohodli na cíli pro rok 2030, přičemž hlavním parametrem tohoto cíle je snížení emisí o 40 % oproti r. 1990, viz <http://ec.europa.eu/clima/policies/2030/>. Následovala i představa o cíli pro rok 2050, kdy by už bilance emisí měla být nulová, viz <http://ec.europa.eu/clima/policies/roadmap/>. Brožurka v češtině k tomu je dostupná na stránce Cílime na klimatickou neutralitu do roku 2050. Nově zvolená Evropská komise (v prosinci 2019) vyhlásila ochranu klimatu vyžadující klimatickou neutralitu do roku 2050 za svůj hlavní cíl, viz k tomu stránku Zelená dohoda pro Evropu.

Na podzim 2020 Evropská komise stanovila o něco lepší cíl k roku 2030, totiž snížit emise oproti roku 1990 ne jen o pouhých 40 %, ale o 55 %. Evropský parlament se usnesl na cíli snížení o 60 %.

Pro Česko může být inspirací německá Energiewende, týkající se původně jen elektřiny a motivovaná snahou přestat užívat atomové elektrárny. Její nynější podobu viz www.bundesregierung.de/breg-de/themen/energiewende a www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/-energiewende.html. Je to přerod, který se daří – vede k masivnímu budování větrných a solárních elektráren, které jsou pro budoucnost nezbytné, a vede i ke zlepšování světového trhu s takovými technologiemi.

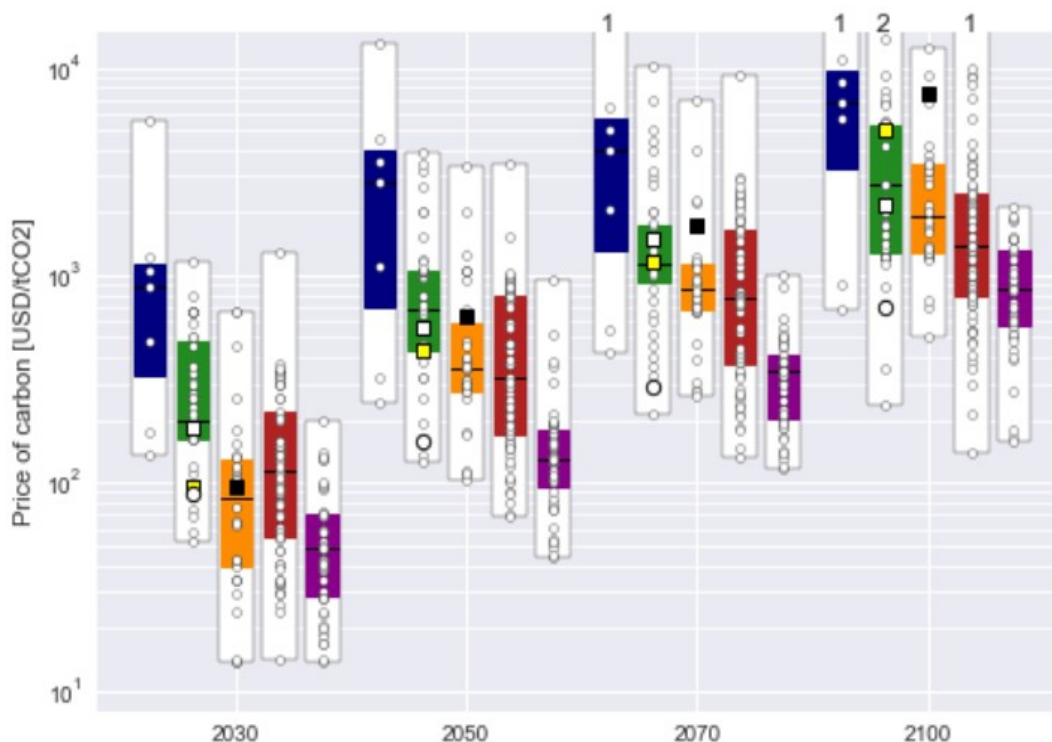
Velká Británie přijala v r. 2008 Zákon o klimatické změně, The Climate Change Act, viz stránku Committee on Climate Change www.theccc.org.uk. Jak ukazuje zpráva tohoto výboru z května 2019 „Net Zero – The UK’s contribution to stopping global warming“, britské emise skutečně výrazně klesly a je možné docílit jejich nulové bilance v roce 2050. Parlament pak s oporou o dokument vyhlásil stav klimatické nouze.

Učinil tak proto, aby se Spojené království zhostilo své role na cestě k cíli Pařížské dohody z prosince 2015, o níž jsme již psali v úvodu kapitoly. Jde o úsilí, aby oteplení nepřekročilo 1,5 K. Přispěli k tomu ovšem i britská akademická obec a hnutí Extinction Rebellion. Jak známo, dosavadní dobrovolné závazky států k tomu ani zdaleka nevedou. Viz graf ze zprávy Emissions Gap Report 2018 (novější anglicky je ES.5 z vydání 2020, viz např. jeho Executive Summary na str. 10):



Obrázek 5.5: zjednodušená verze Figure ES.3, jak je dostupná s obdobnými anglickými verzemi na <http://amper.ped.muni.cz/gw/GapReport/>. Závazky, čili příspěvky k mitigaci navržené jednotlivými státy by vedly k dalšímu stoupání emisí. Zahájit r. 2020 prudký pokles emisí, to by vyžadovalo úplný obrat v plánech hospodářského rozvoje všech států.

Málo známý fakt je, že aby se opravdu emise snižovaly tak rychle, jak státy přitakaly v Pařížské dohodě, tedy vyvinout úsilí, aby oteplení zůstalo co nejbližší 1,5 K, je naprosto nezbytné skleníkové emise zpoplatnit, a to globálně. To ukazuje schéma shrnující vědecké práce k tomu tématu, jak i jejich shrnutí IPCC zveřejnil v říjnu 2018 (a finalizoval v únoru 2019, jde tam o [obrázek 2.26](#)):



Obrázek 5.6: Modře jsou vyznačena rozmezí zpoplatnění emisí, které by umožnilo nepřekročit 1,5 K, zeleně pak ta rozmezí, kdy by překročení bylo jen krátkodobé. Pro možné nepřekročení je to k roku 2030 od tří set do tisíce dolarů za tunu CO₂, k roku 2050 od pěti set do tří tisíc.

5.6 Vize razantní ochrany klimatu, „bezuhlíkové společnosti“

Politické, natož právní závazky ke snížení emisí je těžké probjovat, a navíc nebývají dostatečně ambiciózní. Šance, že se vývoj změní, spočívá jen v tom, že veřejné mínění se postaví proti nim. Aby to nastalo, musí mít veřejnost představu, jak reálně spotřebu fosilních paliv zásadně a rychle snížit. A musí si uvědomovat, proč je to naléhavé a nezbytné.

Rozvíjející se vize, která to popisuje, je již léta projekt [Zero Carbon Britain](#). Zpracovává jej Centrum pro alternativní technologie ve Walesu. Obdobná vize by samozřejmě měla vzniknout pro celou EU plus státy spolupracující (tedy Evropu mimo Rusko). Klíčem pro dosažení nulové bilance emisí skleníkových plynů z britského území je snížení spotřeby na polovinu, a to bez zhoršení kvality života. Zbylou spotřebu je možné udržet díky masivnímu rozvoji elektroenergetiky založené hlavně na větrných turbínách. A kde se vezme elektřina, když dost nefouká? Důležitým prvkem vize je výroba vodíku elektrolýzou v dobách přebytku elektřiny, následovaná výrobou jak metanu, tak i kapalných uhlovodíků opírající se o dřevní biomasu a právě vodík z elektrolýzy. Kapalných uhlovodíků jsou potřeba pro pohon těžkých mobilních strojů, které nelze dobře pohánět elektřinou, metan se uloží v někdejších ložiscích zemního plynu a použije se v tepelných elektrárnách ve chvílích, když je o elektřinu nouze. Aby biomasy pro takové použití byl dostatek, je nutno velmi snížit

rozlohu pastvin a luk, a tedy i stavů hovězího dobytka a produkci mléka – samozřejmě tedy i konzumaci potravin na nich založených. Je to v plné shodě s doporučeními lékařů ohledně zdravého stravování. Podrobněji viz <http://amper.ped.muni.cz/gw/zcb/>.

V roce 2008 vyšla vědecká práce (Hansen et al. 2008), která poprvé uvedla, **jaká koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší by už nemusela být nebezpečná**, tedy byla by v souladu s Rámcovou úmluvou z r. 1992. Je to bohužel koncentrace, jaká byla dosažena už na konci 80. let, ještě před Rámcovou úmluvou... A je mnohem nižší než ta současná, která je dále rostoucí. Ta snad **ještě bezpečná koncentrace činí nejvýše 350 ppm**. O tento poznatek se opírá iniciativa <http://350.org/>.

Méně konkrétní, zato podstatně širší apel zahrnující celou společnost a životní prostředí Země, formulovala papežská encyklika **Laudato si'**, volně dostupná od 18. června 2015 ve všech jednacích jazycích OSN. Je to dokument zásadní důležitosti už proto, že Svatý otec František je uznávanou světovou morální autoritou. V jazycích OSN i dalších viz stránku http://w2.vatican.va/content/francesco/en/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_encyclica-laudato-si.html. Ochrana klimatu je jejím klíčovým tématem (Vaughan 2015). Video z konference, která encykliku ve Vatikánu představila, je <https://www.youtube.com/watch?v=bYibHoWrKXo>. Český překlad ve 2., opraveném vydání je k dostání v knihkupectví Paulínky na Jungmannově náměstí v Praze. Česky o encyklice viz <http://amper.ped.muni.cz/gw/encyklika/> (kamž vede i zkratka tinyurl.com/LaudatoSi-cz).

5.7 Vědecké práce popisující rychlou a úplnou náhradu fosilních paliv

Jak ubíhal čas od Pařížské dohody, která vyžaduje rychlý pokles emisí počínaje rokem 2020 až k nulové jejich bilanci v polovině století, objevily se velmi podrobné studie, které počítají, jakými cestami toho lze docílit. Jejich společným rysem je, že spoléhají jen na masivní rozvoj větrné a solární elektřiny a spolu s ním také na velké posílení dálkových elektrických vedení, včetně vedení podmořských, která vesměs užívají stejnosměrný proud velmi vysokého napětí (HVDC). Taková mají nejmenší ztráty a lze je stavět i na pevnině (evropské firmy je staví Číně a Brazílii).

Nejobsáhlejší studie tak analyzuje téměř celý svět (143 oblastí, jednou z nich je Evropa mimo Rusko). Dochází k tomu, že dekarbonizace energetiky její plnou elektrifikací by znamenalo nemalé zlevnění elektřiny – a to i přes ohromné investice do nové infrastruktury (Jacobson et al. 2019). Velkou roli v ní hraje to, že ohřev (a chlazení), na něž například v Evropě připadá největší podíl „koncové spotřeby energie“, mohou probíhat během dne i týdne jen v těch časech, kdy o elektřinu není nouze – to se nazývá flexibilita poptávky. Neopírá se proto o mohutný rozvoj stacionárních elektrických baterií.

Podrobná studie elektrifikace Evropy (bez Běloruska a Moldávie, ale naopak s Tureckem) se o použití baterií jako doplňku solární elektřiny naopak značně opírá. Poptávku po elektřině bere jako neflexibilní. Cílí na minimální náklady – a též z ní budoucí elektřina vychází levněji než dnes (Child et al. 2019).

Podstatným rysem všech vědeckých studií budoucí energetiky je, že nemodelují žádný velký rozvoj jaderné energetiky, nanejvýš počítají se zachováním její dosavadní elektrické produkce. V Evropě proto, že nemůže s dnešními technologiemi už být konkurenceschopná, ve světovém kontextu pak je její rychlé zmnohonásobení po všech stránkách nereálné. A také nepočítají s žádným podstatným nárůstem energetického využití biomasy. Jakkoliv je jistě v Česku, např. ve formě plantáží rychle rostoucích dřevin (sklizených např. po 5 letech a provozovaných jako pařeziny), zatím možný, do budoucna je pravděpodobné, že evropská

zemědělská půda bude potřeba k produkci potravin pro svět, jak bude produkce v oblastech mnohem více postižených klimatickou změnou klesat.

Obě výše uvedené studie neřeší plnou „dekarbonizaci“, tedy kromě zdrojů energie i skleníkové emise ze zemědělství a produkce potravin, které se týkají metanu a oxidu dusného.

Populárním popisem možné dekarbonizace Česka je práce McKinsey&Company, Klimaticky neutrální Česko: Cesty k dekarbonizaci ekonomiky z listopadu 2020. Ta je uvedena v rozsáhlém přehledu <https://faktaoklimatu.cz/studie/2020-reserse-transformace-energetiky>.

6 Jak se na klimatickou změnu adaptovat

Jakkoliv je rychlá a hluboká mitigace pro budoucnost přírody i lidstva zcela rozhodující, klima už hodně změnilo a měnit ještě dlouho bude. Je proto důležitá i adaptace, čili přizpůsobení se klimatu stále odlišnějšímu od minulých dob. Ta má mnoho podob. Extrémní podobou adaptace lidských i přírodních společenství je, že z dané oblasti zčásti či úplně vymizí. Je-li to možné, určitě migrací do oblastí příznivějších, kde mohou splynout s populací místní, takže přestanou být zřetelní a nechtění, či naopak postupně začít dominovat nebo využít niky, které předtím byly neobydlené, ale žít tam nějak lze. Ale také vymíráním a ztenčením zbylé setrvávající populace na počet, který tam ještě může přežít v koexistenci s ostatními populacemi či jako jejich nezřetelná příměs. „Ztenčení“ může být způsobeno nejen migrací, hladomorem, nemocemi atd., ale i vyvražďováním a asimilací novými obyvateli. To se zajisté týká lidí v podmínkách nouze.

Bráno v měřítku globálním, taková adaptace probíhá a bohaté země jí jsou a budou stále více dotčeny jako cílové země migrace i jako země, které se budou snažit, aby odliv obyvatelstva ze zemí s horšicím se klimatem zbrzdily. Především tím, že podpoří místní státní struktury, a pokud ty budou dostatečně fungovat a nebudou tam probíhat násilné konflikty, pak i přímou pomocí obcím, živnostníkům, rolníkům, atd. Bohužel, zdaleka ne všude se to podaří.

Dále se ale budeme zabývat adaptací nemigrační, čili snahám o zachování obyvatelnosti a úživnosti cizích i našich krajin.

6.1 Co si počít se zhoršenou dostupností vody

Nejčastější příčinou rozpadu lokálních civilizací byl a je nedostatek vody v podobách, které dříve byly v daném místě běžné. Naše nynější výhoda je, že trend vysušování krajiny čili aridizaci podrobně pozorujeme a víme, že bude pokračovat alespoň v nejbližších desetiletích. Další výhodou je, že známe všechny možné technologie, jak vystačit s málem vody – téměř stačí je přebírat z Izraele.

Jsou samozřejmě oblasti, kde žádné trvale udržitelné vodní hospodářství možné nebude: to je v případě, že spotřeba vody při sebevětší šetrnosti nemůže být pokryta vodou srážkovou, povrchovou a mělkou podzemní, dotovanou současnými srážkami. Tam se nyní čerpá **voda z velkých hloubek, z rezervoárů (zvodní, aquiferů) obsahujících vodu z dob před tisíci lety**. Ty se postupně vyčerpávají, nijak se neobnovují. Mohou pomoci, aby společnost nezkolabovala a z daného území nekonfliktně ustoupila dříve, než takové zdroje dojdou. Jedno takové území s neudržitelným čerpáním hlubokých zvodní je část Sýrie a Iráku, a také Turecka a Íránu (Voss et al. 2013; „NASA - NASA Satellites Find Freshwater Losses in Middle East" 2013).

Přímořské oblasti z toho mohou do nějaké míry vyváznout **odsolováním mořské vody**. To je sice energeticky velmi náročné, ale může být pokryto solární elektřinou či destilací solárním teplem. Jen to bude vyžadovat gigantické investice, čili takto získaná sladká voda nebude natolik levná, že by mohla umožnit rentabilní pěstování obilí. A samozřejmě to vyžaduje stabilní, silné a bohaté státy – nebo když ne bohaté, tak alespoň takové, jimž nebude riskantní poskytovat mocnou finanční podporu. Šance na zachování alespoň omezené obyvatelnosti a obživy má např. jižní Španělsko, kde se již nyní voda odsoluje.

Pro Česko jsou to záležitosti vzdálené a neaplikovatelné. Ohrožení suchem zde není a nebude celoplošné a ochromující. Jen musíme počítat s tím, že někdejší nejproduktivnější zemědělské oblasti, jižní Morava a Polabí, budou mít v některých letech vinou sucha podstatně sníženou úrodu dosavadních plodin. Bude-li to příliš často, možnou obranou je přejít na méně výnosné, nicméně odolnější odrůdy a plodiny. Horší situace je v lesnictví – nelze počítat s tím, že by se dnes vysázené smrkové monokultury dožily řádného mýtního věku. Adaptační opatření je nasnadě: měnit dlouhověké lesy tak, aby jejich skladba odpovídala výrazně teplejšímu klimatu s běžnými epizodami letního sucha a horka. Nebo se zaměřit na plantáže rychle rostoucích dřevin neurčených na řezivo, ale jen na produkci štěpky. Pokud přestanou prosperovat, lze takové porosty přeměnit na jiné. Pro vinaře je adaptací, pokud přecházejí na odrůdy náročnější na teplo či osazují méně osluněné polohy – to se samozřejmě už děje. Kvalita hroznů u nás, na rozdíl od Španělska, nebývá ohrožena přímo suchem, ale nebývaly vysokými teplotami – zatím se to ale netýká červených vín, ta se spíše zlepšují.

Mnohé druhy zemědělství mohou dále spolehlivě fungovat užíváním extrémně šetrných způsobů zavlažování, jako je kapénkové, v Izraeli běžné. Je to ovšem investičně nákladné.

Jiný problém je, když se v létě velmi **sníží průtoky v potocích a řekách**. Opatřením, které pomůže, aby snížené průtoky tolik nevadily, je **zabránit znečištění vod. Čili ubrat toku živin do nich** – z polí i z kanalizací. Dokud jsou průtoky velké, znečištění se naředí, když je průtok maličký, tak koncentrace rapidně vzroste.

Jak ubrat fosforu a dusíku, který do řek přichází? Odpověď hledejme v tom, jak se hospodařilo před staletími: **všechno, co se v krajině vyprodukovalo, se opět nakonec vrátilo do půd**, a to ve formě, která podporovala jejich úrodnost a bránila vyplavování do spodních vod a vodotečí. Fosforečná hnojiva se nedovázela, dusíkatá nevyráběla uměle.

6.2 Záchody, které neškodí

Bez umělých a dovážených hnojiv dokáže fungovat biozemědělství. Aby mohlo fungovat celoplošně, na to je potřeba postupně eliminovat systém, kdy se živiny z potravin, které lidé snědí, „zahazují“ v čistírnách odpadních vod (dusík, ev. zčásti i fosfor) či pouštějí dále do řek (většina fosforu). Čili **přejít na nesplachovací záchody**. Nemá přitom jít o kadibudky nad hnojišti, ale o **separační toalety, kde se moč jímá zvlášť** a po naředení se s ní zalévá. V moči je většina dusíku a alespoň polovina fosforu, jak je přijímáme v potravě (Rose et al. 2015). Výkaly ze separačních toalet se kompostují s příměsí suchého materiálu bohatého na uhlík, typicky jsou to piliny a hobliny. Kompostování vyžaduje správný poměr dusíku a uhlíku, pak kompost nepáchne a zatepla rychle zraje. Může to probíhat přímo v nádobě pod záchodem, pokud slouží jen malému počtu osob. Nádoby jsou potřeba dvě, jedna se plní, ve druhé kompost dozrává. Jinak lze odvážet částečně vysušené fekálie do kompostárny nebo **do reaktoru produkujícího biouhel**. Jako finální stabilizovaný produkt je biouhel ideální – je sterilní, bez obsahu jakýchkoliv problematických sloučenin. Lze jej kombinovat s dalšími zdroji živin (Woldetsadik et al. 2017), kupříkladu s močí.

Udržitelné separační toalety mohou být i **splachovací, pro svou fekální část, pokud se „černá voda“** (to je vskutku terminus technicus) **z nich vyváží z jímky do bioplynové stanice**. Energetický obsah fekálií se využije tvorbou metanu, zfermentované kaly se mají

vysušit a nejlépe také přeměnit na biouhel.⁹ Samozřejmě musí být doplněny systémem využití moče, která je prakticky sterilní a lze ji skladovat na vegetační sezónu.

Na venkově je ještě jedna možnost, jak mít obyčejné splachovací záchody, které neškodí. Spočívá v **domovních čistírnách, jejichž výstup se používá opět na splachování**. A přebytky z toho výstupu vznikající z koupelen a praček se užívají na zavlažování. Sice se tím ztratí do ovzduší velká část užitečného dusíku, nicméně fosfor zůstane všechen, stejně jako draslík, síra atd. Takové systémy domácího čištění jsou investičně levnější než systémy centralizované a při správném užívání zajišťují dobrou recyklaci živin bez znečišťování vod.

To, že dnešní splachovací záchody „spotřebují“ velkou část vody z obecních vodovodů, všichni vědí a berou to jako problém. Přitom o tu vodu vlastně nejde, ta se neztratí, závažné je jen zavrženíhodné zacházení s živinami. Jsou místa, která o čistou vodu nemají nouzi, a ani mít nebudou. Přesto by i tam měl dnešní sanitační systém postupně být vystřídán moudřejším. Tam, kde o vodu nouze je, což se již týká i mnoha českých obcí, je to ovšem mnohem naléhavější.

Další zásadní výhodou separačních toalet je, že látky obsažené v moči škodící v řekách a mořích, totiž estrogen z antikoncepce a zbytky léků či sloučeniny z nich vzniklé, vadí v půdě mnohem méně. V případě estrogenu to dokládá odvěká zkušenost, neb jej v nemalé míře produkují též krávy...

Poznamenejme ještě, že systém separovaného zacházení s fekáliemi zvládne i všechny nesněžené potraviny, které nelze dát prasatům či drůbeži.

6.3 Kde brát vodu

Zdaleka ne všechna voda, co užíváme, musí být pitná. Jistě ne ta na splachování. Pochází-li ta pitná z vodovodů a studní, které jí v některých ročních obdobích nedají hojnost a je riziko nebo i zkušenost, že prostě nepoteče, je nasnadě ji pro záchody, sprchy, pračky i zalévání zahrad nahradit vodou jinou. Nabízejí se místní studně, využívané případně jen občas. Znamená to mít v budovách další rozvod, nejdoucí do umývadel sloužících k odběru vody pitné. V době plastů je vybudování takového dalšího rozvodu snadnější, než když se užívaly jen pozinkované trubky a fitinky. Představa, že někde v domě či na zahradě teče nepitná voda není z říše hrůzy – vždyť v mnoha zemích, kam od nás jezdí lidé na prázdniny, vůbec žádná pitná voda ve vodovodech není, je nutno ji kupovat v PET demižonech či lahvích. Ostatně, až do r. 2015 byla voda bakteriálně znečištěná a nepitná i v novém kampusu Masarykovy university v Brně v Bohunicích...Tedy: nebojme se, obnovme staré studny i v centrech měst, dělejme nové.

Leckde ale ve studnách voda nebývá nebo je příliš tvrdá, nevhodná přinejmenším pro praní a zalévání pokojových květin. Pak se lze inspirovat ve Středomoří, v libovolném krasovém území. Tedy v oblastech, kde voda z deště uteče vápencovými horninami až do moře, aniž by vyvěrala v pramenech nebo vytvářela hladinu nehluboké spodní vody. Po tisíciletí tam lidé neměli jinou vodu než dešťovou a mořskou. Ze střech i takových prostranství u budov, po nichž se běžně nechodilo, jímali vodu a skladovali ji v podzemních jímkách, cisternách. Ty mohly být jak vyrubané v nerozpukaném vápenci, tak vyzděné. Na dalmatských ostrovech jiná sladká voda leckde nebývala ještě v 70. letech.

9 Praxe, že se do bioplynové stanice vyváží obsah žump z obyčejných splachovacích záchodů, sice existuje, ale pro generování metanu už není přínosná, protože jen na ohřev té spousty vody je potřeba příliš mnoho tepla – taková bioplynka musí být dotovaná odpady či materiály energeticky nesrovnatelně bohatšími. Nicméně i takový sanitační systém bez obecní kanalizace je mnohem správnější než kombinace kanálů a čistírny odpadních vod.

My to máme jednodušší, na vytvoření cisterny nepotřebujeme nepropustnou horninu ani pečlivé vodotěsné zdění či betonování. Máme totiž plastové fólie, ty tu nepropustnost zajistí. Při stavbě nových budov je snadné docílit, aby pod nimi či vedle nich byla cisterna dostatečné kapacity, u starých bytových domů lze cisterny vytvořit přehrazením sklepů, které dnes už lidé beztak moc nevyužívají a nechťejí za ně platit nájem. Má-li nevelký dům střechu o půdorysu např. sto metrů čtverečních a za rok na něj napadne půl metru vody, jde o padesát krychlových metrů. Už cisterna o objemu deseti metrů krychlových zajistí, že bude možné využít většinu srážek, aby voda z nich nezmizela bez místního užitku. A přebytky, které plná cisterna už nepojme, se mohou a mají zasakovat. K tomu lze užít prohlubně netěsné, odkryté, s vegetací, naplňované vodou jen občas. Lze tím dotovat místní studně čili doplňovat vodu podzemní.

Proč mají cisterny přednost před studnami? Jejich voda totiž v zásadě, ve smyslu absence škodlivého bakteriálního znečištění, vždycky pitná je. O tom svědčí ona tisíciletá středomořská praxe od mykénské kultury až doposud. Jelikož je taková voda bez minerálů, pro pití ji je vhodné doplňovat něčím, co je poskytne – nejen vínem jako v antice, ale i ovocnými šťávami. Dešťová voda je ideální pro praní, zalévání a mytí bez mýdla a šamponů. Jen pro případné vyhovění přeopatrným českým předpisům je možné ji ještě dodatečně sterilizovat UV lampou.

6.4 Jak vodu „přežít“

Sucho je věc plíživá, nepřichází ze dne na den. Jediné, v co může vyústit náhle či co může podpořit, je nečekaně velký a rychle se šířící požár, zvláště za přispění větru. Překvapivé zato bývají přívaly vod z nebývale mohutných srážek, pokud se takové srážky neposouvají rychle pryč, ale setrvávají či opakují se v témže povodí.

Povodně (tekoucí voda) a záplavy (takřka stojatá voda) nejsou ničím novým. Problémem je, když někdejší záplavové oblasti a místa, kudy se voda mohla hnát beze škod, jsou zastavěné. Nejlepší adaptací na nové, divočejší počasí je zástavbu zbourat a takové oblasti navrátit občasně vodě. Tím spíše, že lze očekávat větší povodně a záplavy než v uplynulém tisíciletí. Jinou adaptací, u mohutných starých budov, které už mnoho takových událostí přežily, je nemít v nich věci, které by mohly utrpět, v přízemí, natož ve sklepech.

Existuje ale i bezpečný způsob výstavby v zaplavovaných oblastech: přízemí se ponechá průtočné, tvořené jen betonovými (v pradávných dobách dřevěnými) sloupy, a co nemůže být v patře, odveze se včas na hráze či jiné zvýšené terény, které zůstanou nad vodou. Příkladem je rakouské sídliště Dschungeldorf, část obce Sankt Andrä-Wördern.

Kromě staveb dopadají povodně i na zemědělské plochy, pokud působí odnos půd. To jsou nevratné škody, mnohem horší než to, že se odnesená ornice ocitne na návsi či ve sklepech.

Jak se takovým škodám bránit? To všichni vědí: neorat po spádnicí ale po vrstevnici, obnovit meze nebo je alespoň nahradit „průlehy“ s travou a keři a příp. sníženinami, které mohou vést do suchých poldrů různé velikosti. Nemít rozlehlé svažité plochy porostlé jen kukuřicí. Pokud takovému moudrému hospodaření brání nevhodná držba pozemků, snažit se ji pozemkovými úpravami změnit tak, aby důležité pozemky patřily obci – např. kolem potoků, aby mohly opět meandrovat a rozlévat se, čímž se zpomalí odtok, zvětší vsakování, eliminuje se souběh povodňových vln z několika potoků současně.

V urbanizovaných územích, jak už jsme uvedli, k tomu patří také systémy jímání a vsakování dešťových vod namísto jejich rychlého odvedení do kanalizace.

6.5 Jak čelit horku

V jižních zemích, zejména dále od moře, jsou zvyklí na ohromná odpolední vedra. Jsou tehdy schovaní doma, mají zavřená okna a okenice. Horko pokud možno prospí, ven jdou opět až večer. Naše zvyky jsou ale jiné, v úřadech nebývá zvykem odpolední letní siesta. Ale moudří-moudré šéfové různých českých institucí prostě sdělí lidem, že mají za nebývalých veder už v poledne jít pryč a neseďet v horkých kancelářích.

Instituce mívají bohužel předpisy, že se po pracovní době vše zavře a teplo nashromážděné přes den se tam schová. Správně mají být ale **s večerním ochlazením okna a dveře dokořán a zůstat tak až do rána**. Je-li v budově vrátný či hlídač, který ví, že nepříjde bouřka, nebo se dívá na internet a včas vše pozavírá, je to bezpečný a dokonalý způsob, jak udržet budovu po celé horké léto příjemnou, aniž by vyžadovala umělé elektrické chlazení. Noční větrání průvanem, pokud možno i přes patra, je samozřejmě bezproblémové v rodinných domech, jde jen o věc zvyku.

Ve dne se za horka nemá větrat okny, ale jen mechanickým větracím systémem, v němž se teploty vzduchu, který jde dovnitř a který jde ven, vymění (tedy, ne zcela, ale alespoň z 90 %, mluví se o rekuperaci). Ještě lépe je, když se vzduch jdoucí dovnitř nejprve ochladí průchodem podzemním potrubím nebo v registru, který je protékáný vodou ochlazenou v podzemí – jde o systém hadic v hloubce přes 1 m nebo o vrty do hloubky, obě verze se běžně užívají pro vytápění tepelnými čerpadly. Pokud takové chladicí větrání není k dispozici, hodí se velké, pomalu se otáčející stropní ventilátory, opět něco, co je v horkých zemích běžné. Díky tomu, že u nás ve vedrech nebývá vzduch extrémně vlhký jako v tropech, nás proudění vzduchu pěkně ochlazuje, a to v kombinaci s pocením a vydatným příjmem tekutin. Pocení dokonce ani nemusí být patrné, pokud se voda z pórů pokožky odpařuje dostatečně rychle.

Jiný úkol je snižovat horko venku. Na to je jen jediný účinný a samočinný způsob, totiž mít nad ulicemi mohutné koruny listnatých stromů, které mají pod sebou dostatek vláhy v půdě.¹⁰ Jen doplňkem může být mlžení vzduchu rozstříkovači a kropení ulic – pokud je k dispozici tolik vody, raději dešťové, ta nezanechává minerální úsady. Kde takové stromy zatím nejsou, pomůže hodně světlá dlažba, ba i asfalt pečlivě pokrytý bílými kamínky, a pro posezení alespoň veliké slunečníky.

Komplikací horka je skutečnost, že za vysokých teplot a prudkého slunce se mnohem účinněji tvoří přízemní ozón z výfukových zplodin aut. Je adekvátní vjezd aut do města a jejich provoz za takového počasí radikálně omezit. To se týká hlavně hustě zastavěných městských center bez hojnosti vysoké stromové zeleně.

Pokud jde o zeleň, nepomohou nízko sečené trávníky, ale jen vzrostlá tráva. Na ní se za jasných nocí sráží hojnost rosy, která se přes den odpařuje a ochlazuje vzduch. A pokud je vzduch tak suchý, že se rosa netvoří a porost uschne, jako to bylo v srpnu 2018, slouží tráva i pak: je totiž velice světlá, na rozdíl od hlíny pod sebou. A nejímá teplo, takže večer rychle vystydne vyzařováním a ochlazuje vzduch.

6.6 Kroupy, holomrazy...

Divočejší počasí s sebou přináší i příležitostné jevy, jako je krupobití či střídání teplých a velmi chladných dní v zimě. Dopadům obého se lze v principu bránit. U holomrazů zesílených nočním ochlazením terénu za jasné oblohy existovala tradiční obrana kouřem: celé

¹⁰ Alternativou stromů ve staletých a tisíciletých městských centrech byly úzké uličky a vysoké domy, takže dolů slunce téměř neproniklo – tak se ale dnes už nestaví. Ve vápencových oblastech se kromě toho na dláždění i stavění užíval bílý kámen, který sluneční záření vrací pokud možno zpět a nerozpálí se.

údolí se zakouřilo z připravených hromad větví, nedobrého sena apod., čímž se noční vyzařování potlačilo. Dnešní obrana může být taková, že se v sadu rozprašuje jemná vodní tříšť. Její skupenské teplo, jak voda mrzne, udržuje teplotu na bodu mrazu místo hluboko pod ním. Proti kroupám se rakouští sadaři a vinaři, ale už i čeští, brání sítěmi napnutými nad vegetací. Obě technologie jsou dostupné, ale vůbec ne levné.

7 Ochrana klimatu na místní úrovni

Změna klimatu je problémem globálním. Boj s ní, ať již cestou zmírňování čili mitigace, tak přizpůsobení se dopadům čili adaptace, se musí odehrávat na všech úrovních, ve všech sektorech lidské činnosti. Města (obecněji sídla) jsou klíčovými hráči v ochraně klimatu. O něco více než polovina světové populace nyní žije ve městech a do roku 2050 to podle předpovědí vzroste na 70 procent. Městské obyvatelstvo je zodpovědné za více než 70 procent celosvětových emisí. Role sídel, v nichž se odehrává valná část aktivit společnosti, je považována za stěžejní v oblasti mitigace. Například proto, že 40 % spotřeby energie v EU připadá na budovy – obytné i administrativní, zdravotnické, školské atd., další významná část emisí připadá na mobilitu. I v oblasti adaptace stojí před sídly velké úkoly například z důvodu překonávání vln veder či problémů s nedostatkem vody v důsledku dlouhotrvajícího sucha. Tato klíčová role sídel vyústila i v **řadu iniciativ, které ochraně klimatu na místní úrovni napomáhají sdílením nástrojů a příkladů dobré praxe.**

Velmi důležitou zprávu k roli sídel vyslal v poslední době Panel Iniciativy pro směřování k evropské dekarbonizaci, který pracoval dle zadání Evropské komise pod vedením prof. Hanse Joachima Schellnhubera (zakladatel významného postupimského Ústavu pro výzkum dopadů klimatu – PIK). V listopadu 2018 vydal pro Evropskou komisi zprávu, v níž potvrdil existenci vědeckého konsenzu, který uvádí, že je obtížné dosáhnout cílů Pařížské dohody pouze s technologickými a politickými opatřeními, aniž by se řešily společenské změny. Zmíněná zpráva (Final report of the High-level Panel of the European Decarbonisation Pathways Initiative) se zabývá rolí měst i dalších obcí při dekarbonizaci Evropy. Zdůrazňuje se zde, že města jsou místem, kde se setkávají dekarbonizační strategie energetiky, dopravy, sektoru budov a dokonce průmyslu a zemědělství. Při přechodu na bezuhlíkovou společnost je zásadní schopnost místní správy zvládnout integrované plánování a mezisektorový přístup. Zpráva také konstatuje, že široká angažovanost občanů je klíčem k úspěšnému přechodu na sídla s nulovými emisemi uhlíku. Města se tak mohou stát inkubátory chování a životního stylu příznivého pro tuto změnu.

Města a samosprávné celky, ale i jiné územní struktury jako mikroregiony či místní akční skupiny mohou v oblasti ochrany klimatu v zásadě hrát dvě rozdílné role: Mohou naplňovat v oblasti mitigačních a adaptačních opatření jen to, co po nich vyžaduje legislativa, státní koncepce či podmínky dotačních programů, do kterých se promítají jak státní, tak velmi často spíše evropské požadavky plynoucí v současné době ze Zelené dohody pro Evropu.

Druhou možností, kterou má poučená samospráva k dispozici, je přijmout závazky ambicióznější a stát se příkladem pro ostatní sídla. Takové obce se často účastní nejrůznějších dobrovolných iniciativ. Nejznámější z nich je Pakt starostů a primátorů v oblasti klimatu a energetiky (Covenant of Mayors). Existují i iniciativy další – například města mířící na využívání výhradně obnovitelných zdrojů v rámci Energy Cities či hnutí 100% nefosilních komunit a uhlíkově neutrálních měst. Základní ideou těchto iniciativ je motivovat ty obce, které zatím nevnímají naléhavost ochrany klimatu a nevěnují se jí s plným nasazením a přesvědčením.

7.1 Pakt starostů a primátorů v oblasti klimatu a energetiky

Pakt (či Úmluva) starostů a primátorů je původně evropskou iniciativou a věnuje se místním klimatickým a energetickým opatřením (Covenant of Mayors for Energy and Climate,

www.eumayors.eu). Nabádá k překročení závazných cílů EU v této oblasti, čili podporuje ambiciózní mitigační závazky. Vznikl v roce 2008. Později (2016) přibyla přidružená iniciativa zaměřená na adaptaci městské infrastruktury a vytváření plánů adaptace na dopady změny klimatu – Mayors Adapt.



Co znamená členství v Paktu starostů a primátorů?

Signatáři, kterých je ke v létě 2022 přes jedenáct tisíc (z Česka jen 25 – dají se zobrazit volbou Czechia na stránce Úmluvy), se zavázali ke splnění přinejmenším (dle cíle EU) ke snížení emisí o 20 % v r. 2020 nebo – ti co přistoupili později – ke snížení o 40 % k roku 2030. Lze očekávat, že v nejbližší době (v průběhu 2021) bude cíl přeformulovaný tak, aby odpovídal současnému stavu, kdy Evropská rada schválila na sklonku roku 2020 nový cíl, aby v roce 2030 klesly emise **minimálně o 55 %** oproti roku 1990 do roku 2030. Závazky obcí jsou přitom významné, protože počet obyvatel ve městech a vesnicích, které k Úmluvě přistoupily, je třetina miliardy.

Výchozí rok si mohou signatáři stanovit takový, k němuž mají dostatek dat, obvykle je mnohem později než rok 1990, k němuž se vztahují závazky EU. To je dobře zejména v případě Česka, jehož emise již prakticky neklesají. Valná část poklesu nastala v devadesátých letech, a to bez jakéhokoliv motivu ohledně ochrany klimatu.

Postupné kroky – vstup a členství v Paktu starostů a primátorů jsou podrobně (v českém jazyce) popsány na stránce: <https://www.paktstarostuaprimatoru.eu/cs/>. (V následujícím textu citujeme také z dokumentu pro Statutární město Brno):

1. Zpracování přihlášky a její schválení zastupitelstvem (toto schválení je důležité pro zaručení dlouhodobého členství a tudíž plnění závazků, které přesahují řadu volebních období)
2. Po přijetí zpracovává samospráva SECAP - Akční plán udržitelné energetiky a ochrany klimatu (Strategic energy and climate action plan)

SECAP je klíčový dokument, který ukazuje, jak signatář Paktu dosáhne svého závazku do roku 2030. Využívá výsledky Bilance základních emisí pro určení nejvhodnějších oblastí činnosti a příležitosti pro dosažení cílů místních orgánů při snižování emisí CO₂. Stanoví konkrétní opatření na snížení, společně s časovým rámcem a přidělenými odpovědnostmi, které převádějí dlouhodobou strategii do praxe. Signatáři se zavazují k předložení svých SECAP do dvou let od přistoupení k Paktu. SECAP by neměl být považován za pevně stano-

vený a neměnný dokument, vzhledem k tomu, že okolnosti se mění a probíhající akce přinášejí výsledky a zkušenosti, a proto může být užitečné nebo nezbytné plán pravidelně aktualizovat.

Akční plán se může zabývat i adaptačními opatřeními, pokud obec přistoupí zároveň k související iniciativě Mayors Adapt.

V současné době je možné inspirovat se všemi zpracovanými Akčními plány. Jsou publikovány zde: <https://www.paktstarostuaprimatoru.eu/plans-and-actions-cz/action-plans-cz.html>. Pokud jde o dokumenty předložené českými signatáři, ty jsou dostupné na přehledu, zvolíte-li Czechia na <https://www.paktstarostuaprimatoru.eu/about-cz/cov-community-cz/signat-cz.html>.

Ke konci roku 2020 je českých signatářů 22:

Závazky ke snížení emisí o 40 % s cílem v roce 2030 (včetně adaptace): Brno, Liberec, Litoměřice, Olomouc, Písek, Praha, Tábor, Ždár nad Sázavou, Židlochovice.

Závazky k roku 2020 (snížení o 30 %) : Hlinsko, Chotěšice, Chroustov, Chrudim, Jeseník, Kněžice, Lkáň, Mezilesí, Modletice, Ostrava, Slovec, Úvaly, Záhornice.

Metodickou podporu i výzvy k žádostem o finanční podporu zpracování SECAP nabízí Ministerstvo životního prostředí: https://www.mzp.cz/cz/pakt_starostu_a_primatoru

3. Naplňování SECAP včetně nástrojů osvěty a zapojování veřejnosti

Každé dva roky pak signatáři předkládají sekretariátu Paktu zprávu o plnění SECAP. Součástí doprovázející zejména technická mitigační opatření (na budovách veřejných i obytných, v sektoru dopravy či výroby tepla a elektřiny, při osvětlování sídla apod.) jsou také akce pro veřejnost, které mají za cíl motivovat ke snižování emisí jak jednotlivé obyvatelé (domácnosti), tak soukromý sektor.

Důležitá poznámka na konec

Při přijímání závazků na snížení emisí je třeba mít vždy na paměti, že to, o co v ochraně klimatu jde, je trvalé snižování až k čisté nule. Každý přijatý závazek, byť jde o desítky procent, je tedy potřeba považovat za nějaký průběžný milník, nikoli cíl. Tím je dekarbonizace. Světově dnes hovoříme o úplné dekarbonizaci k roku 2050, je jasné, že v bohatých zemích, ke kterým se počítáme, to musí být mnohem dříve. Za zásadní příklady měst, které mají další inspirovat a motivovat a ke kterým by měli i signatáři Paktu starostů a primátorů vzhlížet, jsou ta města, která již v současné době mají plán na dosažení uhlíkové neutrality. K nim patří například Oslo, které chce snížit emise CO₂ o 95 % do roku 2030, či Kodaň, která chce být klimaticky neutrální již v roce 2025. Toto jsou spíše nedostižné mety, ovšem město, která mají jasný plán na zastavení emisí do roku 2050 stále přibývá.

7.2 Stav klimatické nouze

Vyhlášení stavu klimatické nouze představuje rozhodnutí, jímž samospráva, velmi často z popudu občanské společnosti, prohlašuje, že existuje klimatická krize a že dosavadní přijatá opatření nejsou dostatečná k jejímu vyřešení. A vydává zmocnění tento neblahý stav měnit. Liší se to od vyhlášení nouzového stavu umožňujícího razantní místní opatření proti šíření koronaviru, o jehož prodloužení o každý měsíc či týden se znovu jedná. Je to trvalé

„přehození výhybky“ na jinou cestu vývoje, která by opravdu účinně snižovala emise až k nule a zajistila adaptaci na důsledky klimatické změny, jimž se už nepůjde vyhnout.

K takovým vyhlášením přistoupila už řada států i obcí, viz hesla na wikipedii v němčině či angličtině (ta mají aktualizované přehledy), dostanete se na ně z českého hesla https://cs.wikipedia.org/wiki/Klimatická_nouze. Na rozdíl od vyhlašování vzdálených cílů (jaké emise za deset, dvacet, třicet let), umožňujících odkládat nutná opatření, by akceptace toho, že jsme v klimatické nouzi, měla vést k okamžitým akcím dalece přesahujícím dosavadní snahy. A také k vyburcování veřejnosti a vstřícnému chování k těm, co na mitigaci globálního oteplování důrazně naléhali již dříve – jako např. Extinction Rebellion, jak jsme už uváděli na příkladu Spojeného království.

Kde již stav klimatické nouze vyhlásili, tam si uvědomují, že skleníkové emise či jejich antropogenní úhrn musí nejen klesnout, ale rychle dospět k nule. Cesta k tomu je technicky zcela jasná: elektrifikace všeho opřená o větrné a sluneční elektrárny, propojené novými elektrickými vedeními skrz celé kontinenty. Tedy rychlá výstavba takové infrastruktury, která musí pokrýt nejen dnešní elektrickou spotřebu, ale **produkovat elektřiny několikrát více**, aby využívání fosilních paliva i neudržitelné využívání biomasy skončilo – i jako příliš drahé a již zbytečné. Jde to i finančně, protože elektřina ze slunce a větru je totiž většinou levnější než ta z uhlíková již dnes. Stav nouze velí překonat nechuť k oněm elektrárnám a „drátům“ a budovat je všude možně a hned, tempem stokrát vyšším než dosud (v Česku) a několikrát vyšším i v takové Británii. (Píhová a Griffith 2020)

V Česku jsme mohli v roce 2019 zaznamenat významné iniciativy kulturních institucí, které vyzývaly vedení měst k vyhlášení stavu klimatické nouze v Praze a v Brně.

7.3 Územní plán a další regulace

Podpořit všechny možnosti staveb elektrické infrastruktury by měly i územní plány. Ty by v principu mohly i požadovat, aby stavebnictví neopomínalo žádnou příležitost stlačit energetickou spotřebu budov, jak jen to je technicky možné, tedy vždy alespoň respektovat pasivní standard. V Česku to vyžaduje i změnu legislativy. (Hosnedlová 2021)

Často citovaným příkladem klimaticky uvědomělého plánování nové městské čtvrti, která je příkladná jak z pohledu mitigačních, tak adaptačních opatření, je vídeňské „město u nového jezera“ - Seestadt Aspern, častý cíl exkurzí z Česka.

Fakticky už dnes existuje směrnice EPBD II, která říká, že nové budovy mají být „zero energy“. Myslí přitom na roční úhrn – v létě by měly fotovoltaikou na svém pozemku dodat to, co si v zimě zvenčí vezmou na vytápění, osvětlení i větrání. Česká implementace direktivy je ale zatím natolik měkká, že téměř nevedla ke zlepšení dosavadní stavební praxe, na rozdíl od implementace slovenské, která vlastně znamená alespoň dodržení pasivního standardu (ač ne nulového ročního úhrnu spotřeby nemovitosti samé).

Velkou překážkou pro rozvoj solární a větrné energetiky bývá památková ochrana či ochrana krajinného rázu – ta se týká i dálkových elektrických vedení. Je potřeba si uvědomit, že tradiční vzhled sídel a krajiny odpovídal době před užíváním fosilních paliv a mnohem menšího bohatství obyvatelstva. Chceme-li si dnešní komfort uchovat bez špatného svědomí, musíme ze své krajiny získávat znovu vše, co pro sebe potřebujeme, jako tomu bylo před průmyslovou revolucí. S dnešními technologiemi, které sídla i krajinu *nemohou změnit*. Sídla dnes přítomností aut prakticky všude po městě a antén na střechách dávno opravdu památkový vzhled nemají. A moderní elektrická infrastruktura, na rozdíl například

od dálnic či různých továren, natož údolních vodních nádrží, představuje zásahy jen bodové, zabírající na půdě samé jen malé plošky (sloupky pro panely, betonové základy věží). Není tím v konfliktu se zemědělským využitím krajiny. V případě rozvolněné fotovoltaiky i větrných turbín dokonce může zemědělskou produkci podporovat, činit ji spolehlivější – mluví se o agrivoltaice. Fotovoltaika chrání před sluncem a suchem, větrné turbíny před přízemními mrazy.

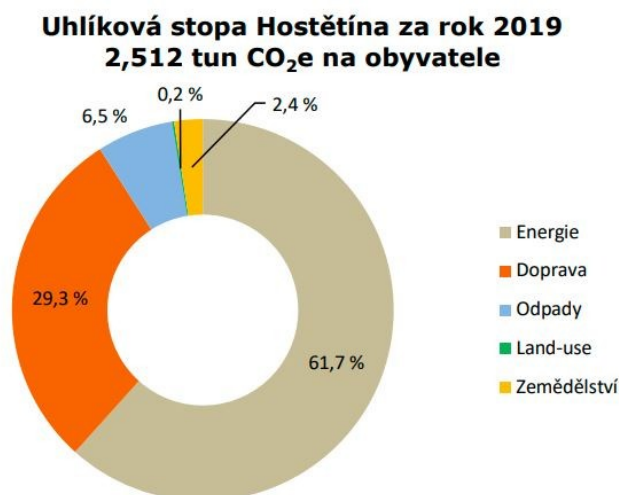
Je nezbytné, aby územní plánování podporovalo **potřeby adaptace sídla na dopady změny klimatu**, například omezení tepelného ostrova města. Územním plánem lze pojistit schopnost nočního provětrávání města neboli toho, aby se nestavěly struktury do cesty proudění například z okolních kopců či od vodní hladiny. Konceptně důležité je zachování přírodního okolí sídla ve stavu, který přispívá ke zlepšení mikroklimatu. Vynikající příklad najdeme opět ve Vídni.

7.4 Uhlíková stopa

Užitečným nástrojem pro ochranu klimatu na místní úrovni je výpočet uhlíkové stopy sídla. Metodika výpočtu vychází z metodiky základní emisní inventury (Baseline emission inventory), která je součástí stanovení emisí skleníkových plynů dle Paktu/Úmluvy starostů a primátorů v oblasti klimatu a energetiky. Výpočet uhlíkové stopy obci pomůže identifikovat a vyčíslit nejvýznamnější sektory, které ke změně klimatu na území obce přispívají a prioritizovat úsilí o snižování emisí.

Výpočtem se v Česku zabývá organizace CI2.

Pro ilustraci uveďme následující příklad: V roce 2020 byl v rámci projektu realizovaného ZO ČSOP Veronica proveden výpočet uhlíkové stopy obce Hostětín.



Obrázek 7.1: Pod "Energie" se rozumí emise připadající převážně na dodávky elektřiny. Zemědělstvím se rozumí chov skotu a ovcí. Land-use (zanedbatelná položka) je dána novou zástavbou.

Hostětín je známý využíváním obnovitelných zdrojů energie. V obci se spotřebuje dvakrát více obnovitelné energie než neobnovitelné. Díky obecní výtopně na biomasu, termosolárním systémům na ohřev vody a třem fotovoltaickým elektrárnám. Přesto zásadní díl uhlí-

kové stopy dosud představuje nákup elektřiny ze sítě. Cestou ke snížení je buď nákup elektřiny z obnovitelných zdrojů na trhu nebo posílení instalací v obci a jejím okolí. To představíme v následujícím odstavci.

7.5 Komunitní energetika

Masivní rozvoj obnovitelných zdrojů elektřiny (a tepla) a jejich decentralizace je klíčovým nástrojem rychlé dekarbonizace. Na katastrech obcí doposud u nás vznikaly zdroje obnovitelné elektřiny zejména jako projekty vnějších investorů. Pro obce mají takové zdroje malý, případně žádný ekonomický přínos, veřejnost je ve svém okolí často nerada vidí. Zcela jiný směr představuje komunitní energetika, kdy jsou větrné elektrárny či fotovoltaické instalace vlastněny tzv. energetickými společenstvími nebo obcemi, případně spoluvlastněny – zdroj spoluinvestuje samospráva s účastí/participací veřejnosti. Takové obnovitelné zdroje jsou nejen decentralizované, ale nesou řadu demokratických prvků. V současnosti je známe ze zahraničí, české legislativní prostředí jim zatím nepřeje. Snahy o jejich prosazení nicméně velice sílí a lze očekávat, že i v Česku bude komunitních energetických společenství a participace na výrobě elektřiny přibývat. Výrazným benefitem takového vývoje bude změna často odmítavého stanoviska místních lidí k výstavbě větrných turbín či fotovoltaických elektráren (na střechách či místních brownfieldech). Spoluvlastnictví a využívání obnovitelné elektřiny z vlastních místních zdrojů se na postojích k nim, jak je patrné ze zahraničních příkladů, velice kladně projevuje.

7.6 Zvyšování resilience a adaptační plány obcí

Dopady změny klimatu na životní podmínky obyvatel sídel pocítujeme už nyní. Přes naléhavost mitigace čili snižování emisí skleníkových plynů, na které jsou orientovány výše zmiňované nástroje, nutně přichází i potřeba sídel adaptovat se na nepříznivé dopady, zvyšovat odolnost své infrastruktury a zabezpečit snesitelné životní podmínky pro své obyvatele. Důležitým přístupem je cesta zvyšování resilience sídla. Resilience je schopnost systému vyrovnat se se změnou a pokračovat v rozvoji. Resilientní systém je schopen využít otřesy a zvraty (jako je například klimatická změna) k podnícení inovativního myšlení, které mu umožní obnovu a další rozvoj. Systémem můžeme rozumět jednotlivce, obec, komunitu nebo třeba ekosystém či celou ekonomiku.

Adaptační strategie **velkých sídel**, měst vznikají jako strategické materiály zpracované jak odborným aparátem města, tak externími odborníky. Optimálně s výraznou účastí veřejnosti. Součástí tvorby adaptační strategie je důkladná analýza území, která postihuje hrozby plynoucí z dopadů změny klimatu. Z této analýzy se vychází při návrhu adaptačních opatření a plánu jejich realizace. Jestliže v této publikaci klademe maximální důraz na mitigaci, dodejme na tomto místě nutnost vyvarovat se při návrhu adaptačních opatření tzv. **mal-adaptace**. Tím se rozumí taková opatření, která sice mohou mírnit dopady změny klimatu, ale například svou energetickou náročností přispívají ke zvyšování emisí CO₂. Typickým příkladem je masivní nasazení klimatizace v budovách či dopravních prostředcích v letních vedrech, která je však poháněna elektřinou z fosilních paliv. V českém prostředí lze inspiraci pro tvorbu adaptačních strategií hledat například v publikaci Zkušenosti měst...

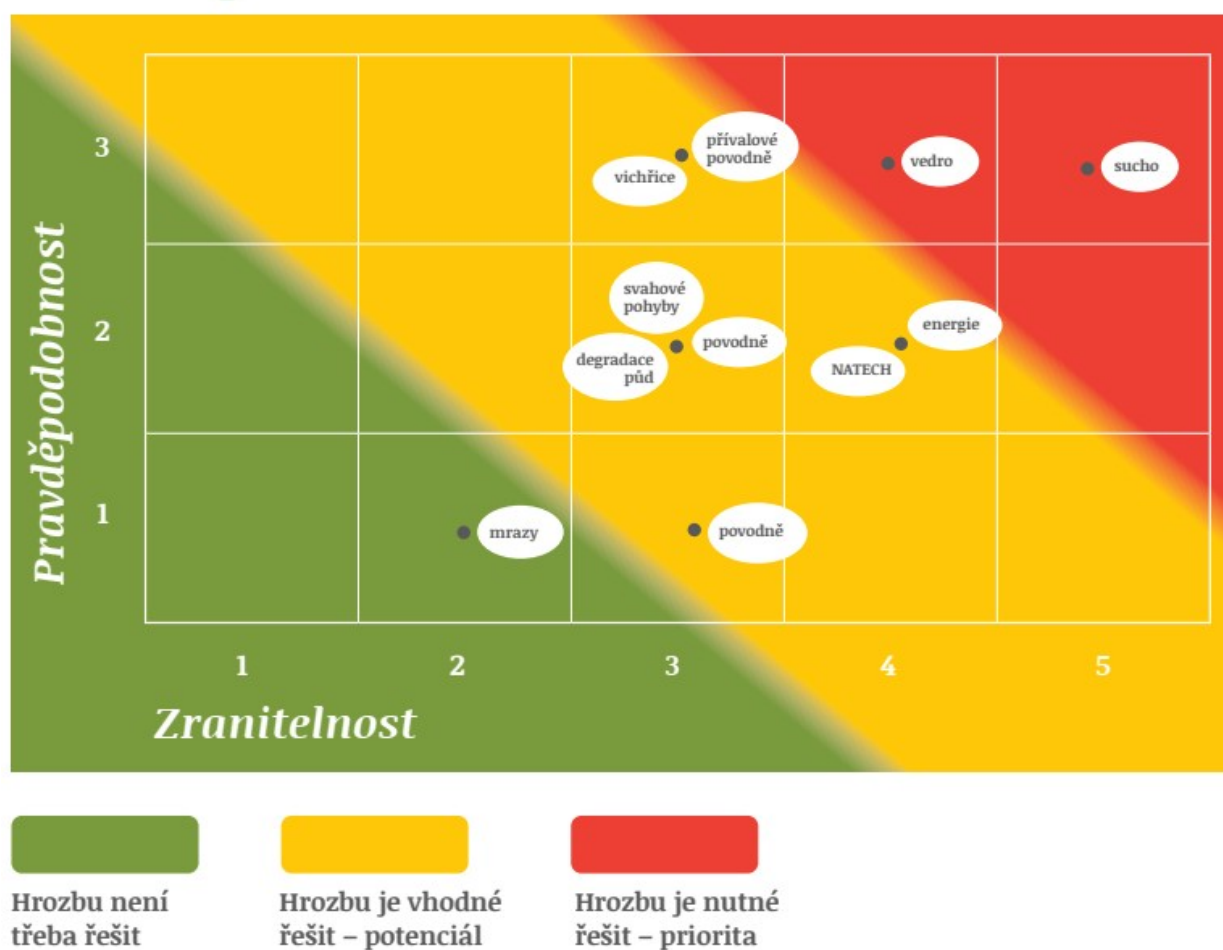
Pro potřeby menších sídel, vesnic či jejich svazků, byla vyvinuta metodika k participativnímu provedení analýzy zranitelnosti území (Dlabka et al. 2016) Při rozhovoru se zástupci samosprávy, veřejnosti, místních organizací a podnikatelů se posuzuje zranitelnost území v důsledku různých hrozeb související s projevy změny klimatu a pravděpodobnost jejich výskytu. Skupina může využít vyškoleného průvodce, obejde se však bez přítomnosti ex-

terních specialistů. Pomocí připravených karet a elektronického nástroje jsou posuzovány následující hrozby:

Povodně	Lesní požáry
Přívalové (bleskové) povodně	Narušení dodávek elektřiny a energie
Dlouhodobé sucho	Narušení dopravy nebo dopravní obslužnosti
Extrémně silný vítr	Narušení komunikačních sítí
Ledové jevy (námrazové jevy)	Narušení zemědělské produkce
Vedro	Nežádoucí změny biotopů
Mráz	Nové nemoci, epidemie, epizootie, epifytie
Nedostatek sněhu	Selhání fungování místní veřejné správy
Vysoký výskyt sněhu	Ztráta rekreační hodnoty krajiny
Degradace půd	Technologické katastrofy iniciované přírodními jevy (NATECH)
Svahové nestability	

Výsledkem analýzy zranitelnosti je matice pro prioritizaci hrozeb.

Příklad prioritizace hrozeb



Obrázek 7.2: Z publikace *Od zranitelnosti k resilienci*, str. 12

8 Co má dělat každý z nás

Klimatický systém se již hodně proměnil a rychle se bude měnit i další desítky let. Reagovat na to musí lidé všude po světě, leckde už reagují. Třeba tím, že se z Tuvalu, souostroví, které stále více podléhá mořské vodě, přestává na něm být dostupná sladká voda a odvěká produkce kokosových palm, stěhují na Nový Zéland, ač tím budou už natrvalo vykořeněni ze své kultury. Adaptace v českých poměrech často znamená, že máme podstatně snížit svou spotřebu – jde pak ruku v ruce s mitigací. A **mitigace je, na rozdíl od adaptace, nejen pro nás, ale pro celý svět.**

Než probereme, co máme dělat sami, všimněme si, co jsou u nás hlavní zdroje emisí skleníkových plynů.

Klíčové jsou emise oxidu uhličitého z fosilních paliv. Největší podíl jejich spotřeby připadá na vytápění, asi dvě pětiny. Ale v domácnostech je to až dvě třetiny, ohřev vody činí něco přes jednu šestinu, svícení, vaření atd. pod jednu šestinu (dle Českého statistického úřadu, šetření z roku 2015). V ostatních budovách až na továrny a velké obchody se to nejspíš mnoho neliší (v halách obchodů připadá více na silné, často celodenní svícení a ovšem i na chlazení potravin, v létě pak na chlazení celých hal).

Více než pětina připadá u nás na dopravu. Jak na osobní auta, tak i na přepravu zboží. Další pětiny pak na výrobu elektřiny (jejíž spotřeba připadá i na svícení a chlazení uvedené výše) a na různou další spotřebu v průmyslu a v zemědělství.

Ze zemědělství kromě toho pocházejí i emise metanu a oxidu dusného. Naše spotřeba ale využívá i zemědělství vzdálených zemí, a i když se emise připočítávají jim, jsme za ně fakticky zodpovědní sami. Ostatně stejně jako za emise z výroby věcí, které kupujeme, ač se vyrábějí zčásti nebo celé v zahraničí.

8.1 Spočítejte si svou „uhlíkovou stopu“

Rychlé a hluboké snížení úhrnu emisí skleníkových plynů až k efektivní nule nemůže nastat bez velkého angažmá podstatné části veřejnosti. Zejména té části, na jejíž spotřebu připadají emise zvláště veliké – to je i případ valné většiny českého obyvatelstva.

Budování nefosilní energetiky, dopravy a zemědělství je proces dlouhodobý, zato velké snížení vlastní spotřeby může nastat mnohem dříve. Prvním krokem je, onu spotřebu si kvantitativně rozebrat. Z čeho vznikají tuny oxidu uhličitého za rok, z čeho pouhé kilogramy. Pro mnohé z nás je tím hlavním zdrojem zimní vytápění našich obydlí. U někoho může být ještě větším zdrojem hojné užívání osobního auta, natož létání na dovolenou. Menší podíl emisí připadá na výrobu věcí, které si člověk kupuje – i když na vznik věci tak těžké a složité, jako je nové auto, jich bylo potřeba opravdu mnoho. Bylo by možné je označovat jako „šedé emise“, obdobně k pojmu „šedá energie“ (o ní viz <http://amper.ped.muni.cz/pasiv/pojmy/seda.pdf>).

Překvapivě hodně záleží i na tom, co člověk jí. Nejde přitom jen o to, že se v zemědělství používají pohonné hmoty pro stroje a že další fosilní paliva připadají na celou logistiku potravin „od sedláka na stůl“. A o to, že kromě biozemědělců používají farmy i umělá hnojiva a pesticidy, na jejichž výrobu je též potřeba fosilní paliva. Velký dopad mají emise metanu z chovu hovězího dobytka a oxidu dusného z polí, když se přepočtou na ekvivalent CO₂.

Spočítat to dohromady nebývá jednoduché a o výsledku se lze přít. Nejen vinou neznalosti přesných údajů o spotřebě takové či onaké, ale i vlivem nejistot emisí, které jsou s tou či

onou konkrétní spotřebou či vznikem výrobku v daném místě a čase spojeny. Ba i s tím, jaké ony emise měly opravdu vliv na ohřívání planety.

Takový problém už řešila řada autorských kolektivů. Dali nám k dispozici takzvané uhlíkové kalkulačky. Tedy software na výpočet „**oteplovací stopy**“, běžněji a méně přesně zvané „uhlíková stopa“ - to je název zavádějící už proto, že se neudává v tunách uhlíku, ale oxidu uhličitého, kterého je, jak víme, 3,67x víc. Po zadání řádky údajů z nich vyjde, kolik tun ekvivalentu oxidu uhličitého na vás (ročně, ale i za jiné období) připadá.

Bydlíte-li na venkově, topíte dřívím, co si z lesa sami pořídíte, i na vaření a ohřev vody užíváte jen takové dříví či slunce, jezdíte leda na kole, jídlo si skoro všechno sami vypěstujete, i valnou většinu elektřiny máte z vlastních fotovoltaických panelů, řeknete si, že vaše „oteplovací stopa“ je asi velice malinká, ne oněch 12 t ročně, jako je průměr na jednoho Čecha. Částečně máte pravdu... jenže jste asi předtím chodili do školy, byli někdy u lékaře nebo v divadle, i když jste možná nikdy nepotřebovali policii, hasiče, natož armádu. Kalkulačka vám přesto nakonec připíše nějakých pět tun emisí „neosobních“, připadajících na obyvatele prostě tím, že je součástí nějakého státu se všemi jeho službami a vymoženostmi, které jsou zatím poháněny neobnovitelně, fosilně.

Kalkulaček si vyzkoušejte několik. Jejich výběr najdete na adresách https://www.enviwiki.cz/wiki/Kalkulačka_uhlíkové_stopy a https://www.enviwiki.cz/wiki/Kalkulačky_environmentální_stopy_zahrnující_jídlo.

Některé po vás budou chtít jen málo údajů, pro jiné budete potřebovat faktury za teplo, elektřinu, zemní plyn, ne-li i litry pohonných hmot, které jste projezdili. Jistě bude zajímavé si uvědomit, kolik jakého masa kupujete, kolik mléka a výrobků z něj.

Pak už budete vědět, jaké změny vám umožní svou „oteplovací stopu“ výrazně snížit, hned či postupně. Tak moc, abyste se nemuseli stydět před svými vnuky a pravnučky... A mohli s dobrým svědomím požadovat po svém okolí, po své obci, státu, EU (po OSN to žádat nelze, ostatně ono o to prosí nás...) aby i ty emise, které přímo ovlivnit nemůžete, zmizely. Globální oteplování se totiž opravdu zastaví, až i ony emise budou mít globální úhrn 0.

8.2 Přírozené hospodaření s teplem a chladem

Hlavní adaptačně-mitigační opatření, která jsou úkolem pro opravdu každého, se týkají hospodaření s teplem a chladem. Prvním krokem k udržitelnému hospodaření s nimi je **zvyknout si na proměnlivou, v rámci dne i roku, teplotu interiérů**. Idea celoročně stálé pokojové teploty je hloupá (Gaillyová a Hollan 2015). Takové konstantní poměry škodí zdraví a jsou ve skutečnosti nekomfortní. Snaha o jejich udržení vede k plýtvání slunečním teplem, které do budov přichází skrze okna. A k nevyužívání chlazení interiéru pouhým vydatným větráním za letní noci či naopak vyhřívání budovy průvanem za teplých jarních odpolední. Nikdy v historii nebyly, až do rozmachu ústředního či dálkového vytápění i lokálního topení zemním plynem, celé interiéry za mrazů vyhřátý na dvacet stupňů, natož 24 °C, jak je v Česku nyní běžné, na rozdíl od celé západní Evropy. V bohaté Anglii má v zimě málokdo doma přes 19 °C. A v dobách, když byla chudší, mívali teploty o mnoho nižší, ještě v sedmdesátých letech byl průměr 13 °C (http://amper.ped.muni.cz/pasiv/standardy/kTeplotam_zimnich_interieru.pdf). Dnešní doporučení vize Zero Carbon Britain je, **aby průměr za zimu nepřesáhl 16 °C**. To umožňuje občas některou místnost vytopit třeba i na 20, ale ve zbytku budovy mít třeba jen těch 13. Není to nic nekomfortního. Jen musí být člověk za takového počasí i doma hodně vydatně oblečen. A samozřejmě, mít teplou peřinu. Opře-li se

do velkých oken slunce, interiér se sám vyhřeje o několik stupňů (tj. kelvinů), což je příjemná změna. Topení vypneme nebo ubereme, dokud zase dům nevychladne.

Je-li snadné si na takové teplotní poměry zvyknout doma, o to snazší je praktikovat je ve veřejných budovách, obchodech atd. Lidé tam v zimě přicházejí důkladně oblečení a úplně stačí, když se nebudou hned vysvlékat. Těžké tuhé kabáty dnes nosí málokdo, v bundách se dá snadno sedět i pracovat. A ten, kdo důstojný kabát nosí a musí si jej odložit, pod ním jistě má další teplé, důstojné oblečení. Samozřejmě, předpokládá to, že lidé, co v takové veřejně přístupné budově po celý den pracují, netrvají na tom, aby tam mohli sedět v lehoučkých letních šatech.

Jak se mění teploty interiéru z léta do zimy, člověk se na ně přirozeně adaptuje. Jako to dělal celé statisíce let, jako to dělají všechna zvířata. Zrychlí se jeho metabolismus, nevdá mu chlad ani venku. Zima se stane příjemným ročním obdobím. A jak teploty ze zimy do léta rostou, zvykne si i na ty. Letní chlazení interiérů na nepřirozené, nepříjemně nízké teploty, to je další zlozvyk, naštěstí u nás ještě zdaleka ne tak rozšířený jako v USA. Zlozvyk velice nezdravý a náročný na elektřinu. Aby v létě bylo lidem v budovách příjemně, stačí, když je tam o pár stupňů chladněji než venku. A když nejsou oblečení stejně vydatně jako v zimě – tj. nemají sako a uzavřenou obuv s ponožkami. Vyžadovat od obchodníků, úředníků a politiků celoročně stejný „dress code“ je vskutku nevhodné. Ti, kdo v letním parnu trpí v obleku a nóbl botách, nevyžaduje-li to zrovna jejich role na scéně divadla, tím nedávají najevo svou nadřazenost, ale nesamostatnost a podřízenost. Nenapodobujme je, smějme se jim. Postavil se proti nim i pákistánský president, který za letních veder zakázal státním zaměstnancům alespoň nosit ponožky... ve snaze, aby se nezhroutila elektrická síť vinou naplno puštěných klimatizací. Někdejší japonský premiér Šinzó Abe zakázal v takových dobách nosit saka.

8.3 Clonění oken

Vrátit se k praxi minulých staletí, pokud jde o interiérové teploty a větrání dle zdravého rozumu, ale nestačí. Dnešní okna bývají mnohem větší než v polovině 19. století, a také bývá vinou klimatické změny o dost tepleji. Je zcela nezbytné za horkého počasí okna clonit před sluncem, a to zvenčí. Na jihu stačí vysouvací markýza nad oknem, na východě a západě je nutné se proti slunci nízko na nebi chránit vnější žaluzií nebo roletou. Tím spíše nad střešními okny. **Pozor ale, aby takové clony nebyly zataženy trvale, i když slunce nepálí, a aby vevnitř nebylo přes den zapnuté umělé osvětlení.** Bohužel, právě taková praxe letního zakrytí oken i za zamračených dní je k vidění prakticky všude. Mimo jiné proto, že clony nejsou ovládány elektricky, automaticky, ale prostě se ručně pozatahují a tak už zůstanou.

Trvalé clonění leckdy ani není proti vedru, ale jen proto, že světlo zvenčí oslňuje lidi pracující u monitoru, a ovšem ruší při promítání. **Alternativou zaclonění celých oken jsou mobilní clony uvnitř místnosti, postavené na stolech či zavěšené na stropě.** Místnost může zůstat pěkně prosvětlená přírodním světlem, aniž by komu vadilo. V chladných dnech ji může vyhřívat slunce. Ledaskde, např. ve školách jsou okna trvale zacloněna i v zimě, takže nadále působí téměř stejně velké úniky tepla ven, ale vůbec nepřispívají k vytápění, když svítí slunce. To odporuje snaze mít domy pasivní, které fungují skoro samy – pokud překonáme svou lenost.

Zlozvykem převzatým z venkovských přízemních okýnek obrácených do ulice, za nimiž zvědavě hledí skrytá stařenka, kdože to venku chodí a s kým, **je užívání záclon** i všude jinde. Ve dne do interiéru zdálky není vidět už proto, že tam je oproti exteriéru velká tma. Skrze záclony ale není vidět pořádně ven, ubírají slunečního tepla, případně také brání teplu

z radiátorů jít do místnosti. V noci bílé záclony pohledům zvenčí nic moc nezakryjí, pokud je venku tma a vevnitř světlo. Však si toho všimněte!

Mnohem více o oknech a jejich funkcích a úpravách viz knížku *Co s okny* (Hollan 2013).

8.4 Stavět a opravovat pořádně: pasivně

Dnešní domy se často moc neliší od těch, co se stavěly v 19. století, pokud jde o jejich tepelnou izolaci a těsnost. Jen se, na rozdíl od těch dob, vytápějí celičké a na výrazně vyšší teploty. Jsou tak ohromným konzumentem fosilních paliv. Je to naprosto neudržitelné.

Přitom existuje tisíckrát ověřená praxe, podle níž se domy vybavují tlustou, výbornou tepelnou izolací, vynikajícími okny a dveřmi. Jejich „obálka“ je velice vzduchotěsná, ale přitom jsou skvěle větrané podle skutečné potřeby, kterou lze za mrazů i za horkých letních dní snadno odhadovat podle koncentrace oxidu uhličitého, který vydechujeme – otevřená okna se k větrání doopravdy hodí jen tehdy, když je venku příjemně. Příslušná soustava mechanického větrání se německy přiléhavě nazývá **Komfortlüftung**, větrání pro komfort.

Takové vlastnosti domů požaduje jediný skutečný stavební standard: **pasivní**. Na tak pohodlný a přitom velice úsporný standard lze zlepšit všechny velké staré bytové domy, přiblížit se mu je možné i u regenerací domů malých, rodinných. Viz o tom podrobně pojednává elektronická kniha *Starý dům lepší než nový* (roku 2018 vydal Ekologický institut Veronica).

8.4.1 Okna a větrání

O pasivních domech slyšel snad už každý, ale bohužel existuje spousta „odborníků“ – i mezi architekty, stavaři, topenáři a auditory – kteří se s tímto oborem dosud pečlivě neseznámili a soudí, že tak, jak to dělali doposud, to bylo dobře a nějaké novoty jsou nežádoucí. Všeobecně se stavebnictví považuje za jeden z nejkonzervativnějších oborů. Změnu klimatu reflektují jen skutečně zaujatí experti. Typickým argumentem bývá „v pasivních domech se nedají/nesmějí otvírat okna“. Samozřejmě dají, i když často ne všechna – proč by taky, vzpomeňte, která okna doma, v práci atd. otvíráváte doopravdy a která nikdy. Ale **okna se nemusejí otvírat, pokud jde o pouhé větrání**. Když je ale venku pěkně, tj. není tam hluk, prach, pyl dráždivý alergiky, horko, zima nebo víchr, tak samozřejmě bývají dokořán a mechanické větrání je vypnuté.

Označení „pasivní“ vystihuje dobře, jak takové domy fungují – v maximální míře samy od sebe. Nepouštějí dovnitř horko nebo v zimě teplo ven, jsou tak dobře izolované, že pro jejich mírné zimní dotápění musí stačit přihřívát vzduch, kterým se tak jako tak větrají, aby uvnitř nebyl zápach. Vzduch jdoucí tehdy dovnitř převezme pasivně teplo od vzduchu, který jde ven, a to přes systém membrán, které oba proudy vzduchu mechanicky oddělují. To se nazývá rekuperace.

Obdobně důležitou technologií pasivních domů je high-tech zasklení, poskytující skvělou tepelně izolační funkci. To v 80. letech neexistovalo a byl to asi důvod, proč se neaplikovaly tlusté izolační vrstvy materiálů, které už tehdy byly běžné – říkalo se, stejně by teplo uteklo okny. To už neplatí. Ta **nejlepší okna dokonce dokáží v zimě dodat často i více užitečného tepla, než jimi uteče**.

8.4.2 Tlouška a materiál izolace

Dnes se proto již nemá izolovat vrstvami tenčími než čtvrtmetrovými. Užít pro to lze různé přírodní materiály (vlno, konopí, len, dřívě hobliny a piliny), z nichž nejlevnější a dost

dobrá je sláma, ale i nové izolační pěny, jako je **lehký šedý polystyrén**. V tom se šetří na polymerním materiálu (váží jen 10 až 15 kg/m³), ale tepelný tok působený v něm infračerveným zářením je účinně, ještě lépe než hmotou polystyrénu, potlačen nanočásticemi grafitu. Lépe izoluje už jen nanoporézní fenolová pěna (díky dutinkám menším, než je volná dráha molekul vzduchu), která je ale velmi zranitelná a musí být rychle a promyšleně zabudována do stavby. No, a v místech, kde izolace nemůže být tlustá, lze užít panely s evakuovanou nanovláknitou kyselinou křemičitou. Ta snese tlak vnějšího vzduchu („kilo na centimetr čtvereční“) a je jí v daném objemu tak málo, že sama teplo vede jen malinko. Vakuum znemožňuje i vedení tepla plynem. Takové izolace jsou drahé, ale místy se vyplatí. Daleko nejvíce by se vyplatily v chladničkách a mrazicích boxech, tam je ale výrobci z podezřelých důvodů nedávají... jsou snad domluvení s výrobcem a prodejcem elektřiny?

8.4.3 Nařízení o budovách a energii

Jakákoliv regenerace budovy, byť i jen velmi částečná, by měla být provedena v téže kvalitě, jako u nového pasivního domu. Jinak se na další desítky let „zabetonuje“ či spíše „zapolystyrenuje“, zkrátka zakonzervuje dosavadní mizerná kvalita budovy a její neudržitelně vysoká potřeba vytápění nebo i umělého elektrického chlazení.

Evropské nařízení o budovách, EPBD – Energy Performance of Buildings Directive požaduje, aby od r. 2020 byly všechny budovy stavěny jen takové, jejichž úhrnná roční potřeba umělých dodávek energie zdá se blízká nule. Pro budovy, na jejichž stavbě se podílejí veřejné prostředky, to platí už od r. 2018. Nutným stavebním opatřením, aby toho bylo možné dosáhnout, je splnění pasivního standardu. Potom už může stačit doplnit budovu fotovoltaickým pláštěm na osluněných plochách, příp. stříškami a jinými panely nad okny a střechami nebo na pozemku u budovy, a roční bilance tak může vyjít. Směrnici viz např. na <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:32010L0031&from=EN>.

8.4.4 Kapalinové chlazení

Ale už dávno lze kategoricky požadovat alespoň to, že když úředníci či jiní zaměstnanci atp. trvají na instalaci klimatizace, rozuměj elektrického chlazení vzduchu, tak že bude instalováno výhradně tehdy, **když fotovoltaika na budově pokryje celý provoz takového chlazení**. Však když nesvítí slunce, elektricky chladit se nemusí. Požadavky na chlazení přitom ovšem nelze ignorovat, častější, delší a zvláště silné vlny veder už zažíváme a bude to čím dál horší. Domy vymyšlené v dávno minulých podmínkách (nebo s ignorováním podmínek už nastalých, natož budoucích...) na to nejsou stavěné.

Pro chlazení budovy, nestačí-li noční větrání průvanem, je ideální mít ve stropě systém plastových trubiček, které strop vychlazují vodou. Ta tudy může téct z jedné studny do druhé, ale může být také ochlazována tepelným čerpadlem, které přitom např. také ohřívá vodu na sprchování. A do mechanického větrání může být doplněn registr, který pasivně předchlazený venkovní vzduch dále trochu ochladí – protékat jím může např. voda ze systému plastových trubek umístěných kolem budovy metr dva pod zemí. Ze systému stejného, jaký se běžně užívá pro vytápění tepelným čerpadlem. V principu lze nějaké stropní panely protékané chladnou vodou instalovat i do budov dosavadních; ty po patřičné regeneraci budov (zaizolování až na pasivní standard) mohou též stačit i k vytápění, stejně jako „aktivní betonové stropy“ novostaveb.

8.4.5 Osvětlení zdravé a úsporné

V mnoha budovách je dnes **extrémně silné umělé osvětlení**, používané navíc i po setmění. Znamená velkou spotřebu elektřiny, ale také zhoubné důsledky zdravotní. Lidé, stejně jako celá příroda, totiž potřebují normální přírodní noc. I když u lidí jsme si jistí, že skromné svícení pomocí plamenů, jaké užívali statisíce let, jejich zdraví neškodí. Nezpůsobuje a neznemožňuje nástup noční fáze cirkadiálního rytmu, a to přestože umožňuje nutnou práci či jinou žádoucí činnost. Je totiž slabé a žluté, s minimalizovanou modrou složkou světla. No, a právě tak má vypadat **večerní pracovní osvětlení moderní, pomocí žlutých (amber čili jantarových) LED či pomocí teple bílých diod s užitím žlutého filtru**. Ty diody nemáme a nemusíme vůbec vidět, na rozdíl od všech starých světelných zdrojů umějí totiž světlo dokonale směřovat. Stačí je namířit jen tam, kde osvětlení jej potřebujeme: na knížku nebo naopak do stropu. Pro bezpečný pohyb v době, když už ostatní spí, pak stačí, aby do stropu mířila jedna slabounká dioda... aby člověk, plně adaptovaný na tmu, trefil na stejně slabě osvětlený záchod a zpět.

Silné bílé osvětlení nám ve dne může nahrazovat či za zimních temných dní doplňovat denní světlo. Ale na dobu před spánkem je v obytných budovách potřeba mít slabé žluté světlo, nejlépe spojitě tlumitelné od maximálního napětí 12 V. A na noc pak jen opravdu slabounké, klidně i bílé na případný pohyb budovou. Viz o tom i knížku Venkovní osvětlení v obcích (Hollan 2011) a starší statě speciálně o interiérech (Hollan 2007; 2009).

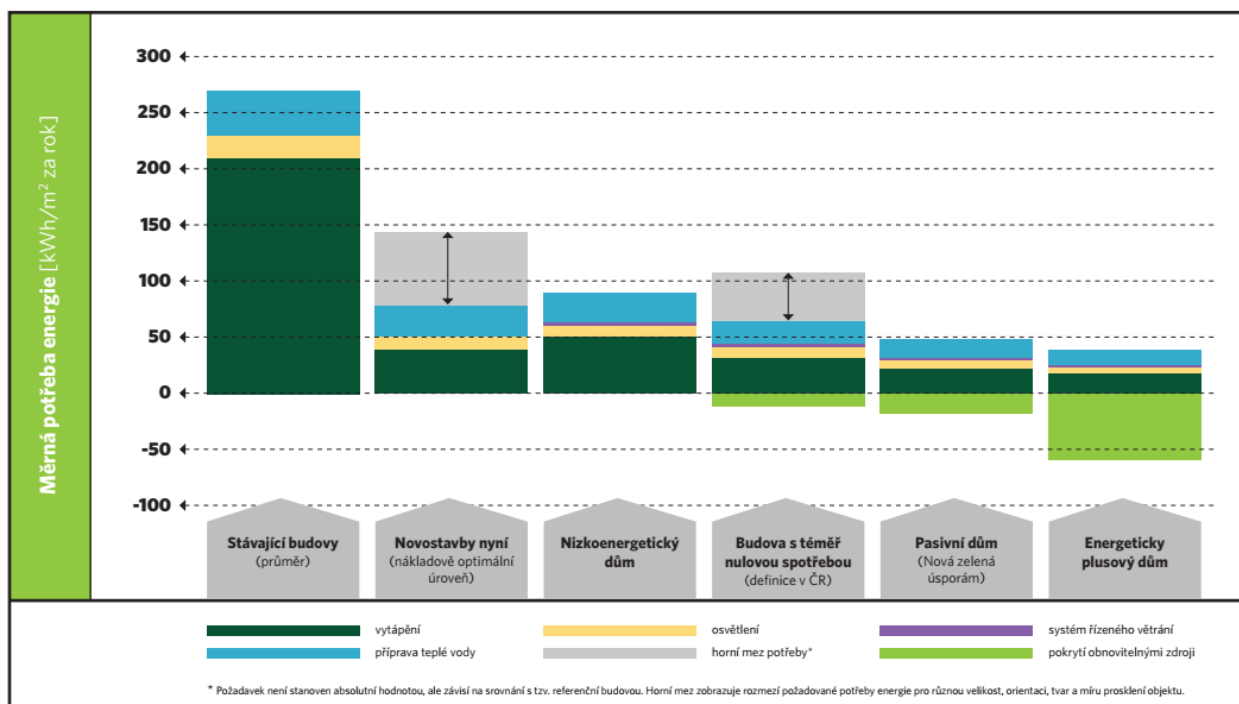
Velkovýrobci elektřiny a ti, co jsou s nimi spojeni, strašivají tím, že kdyby se dodávky zhroutily nebo elektřiny nebylo dost, tak budeme potmě. Ve skutečnosti ke slabému, komfortnímu svícení pomocí LED stačí elektřiny jen malinko. Akumulátorovou svítílnou je ostatně i každý mobilní telefon...

8.4.6 Seznamte se s pasivními domy důkladně, nespokojte se s horšími

Více o pasivních domech a regeneracích až k jejich úrovni již citovanou knížku Starý dům lepší než nový, dostupnou též na stránce www.veronica.cz/publikace-ke-stazeni?i=118, a odkazy z ní. O pasivních domech obecně pak Hollan (2008) a web Centra pasivního domu www.pasivnidomy.cz. Kromě toho určitě několik pasivních domů navštivte a promluvte si s jejich uživateli. **Když dnes dům není pasivní, je... substandardní, podřadný.**

To si ale ještě zdaleka každý neuvědomuje. A česká legislativa obešla nařízení Evropské unie tak špatnou národní implementací té direktivy, že substandardní stavění bylo i v roce 2020 legální (viz graf níže), na rozdíl od Slovenska. Chtějte proto prosím alespoň po své obci, aby z nároků pasivního standardu už neustupovala. Vždyť řada českých firem už tak dobře stavět i zlepšovat staré budovy umí, a ostatní se to naučí, pokud to po nich investoři budou chtít.

Porovnání potřeby energie budovy v ČR - rodinné domy



www.sanceprobudovy.cz

Obrázek 8.1: Ze souboru na webu Šance pro budovy z r. 2016, je k němu tam i podrobná legenda. A ke čtvrtému sloupci „s téměř nulovou spotřebou“ web nabízí i delší komentář.

8.5 Cestovat jen udržitelně

Létání letadly ve velkých výškách spotřebuje na osobu a kilometr tolik paliva, jako cesta autem na tutéž vzdálenost, jede-li v něm člověk sám. Lidé ovšem létají na mnohem delší vzdálenosti, než by se vydali autem. Takže i emise CO₂ vznikne z takového výletu hodně. Kromě toho letadlo přidá na rozhraní troposféry a stratosféry nežádoucí vodní páru a nebe většinou počmárá cirry, které sice ve dne odrážejí část slunečního záření zpět do vesmíru, ale ve dne v noci zesilují skleníkový jev. Pokud cirry vzniknou a rozšíří se, pak je cesta letadlem až čtyřikrát škodlivější, než by vyplývalo jen ze samotné tvorby oxidu uhličitého z paliva. Ve spalínách jsou kromě toho oxidy dusíku, které vedou ke tvorbě ozónu, který je v takové výšce velmi trvanlivý – jeho oteplovací účinek je stejný, jako vzniklého oxidu uhličitého. Viz web www.neletam.cz. **Nelétejte, není-li to nezbytně nutné!** A jde-li o služební cestu, trvejme na tom, že bude proplacen vlak, byť by byl i významně dražší. Cestovat vlakem je pohodlné, nemusí to být ztráta času.

O tom, že místo autem má jet člověk veřejnou dopravou, na kole, běžet nebo **jít pěšky**, ví každý. Jen aby to bral vážně a řídil se dle toho. Pokud by pravidelná cesta na obyčejném kole byla moc namáhavá či pomalá, je řešení snadné: užívejte **elektrokolo**, které k vašemu vlastnímu pedálovému výkonu přidá jednu nebo i několikrát tolik! To je i řešení pro trvale aktivní život všech lidí nad sedmdesát, ba i devadesát let, jezdí-li daleko nebo do kopce. Ve městech je pro mnoho lidí dostupnější užívat bicykly sdílené, to se může naučit každý člověk s chytrým telefonem, nejedí-li všude na kole vlastním. Ještě jednodušší je sdílení elektrokoloběžek, ne pro turisty, ale pro běžný pohyb po městě. Je povzbudivé vidět rostou-

cí oblibu malých, dokonalých koloběžek, ba i skateboardů nejen jako hraček, ale jako účinných dopravních prostředků dětí a mládeže – u té i v elektrické verzi.

Na venkově se leckdy bez auta obejít nedá a pokud jezdíte denně desítky kilometrů, správným řešením je elektroauto. Ve městech by mělo být ne vaše vlastní, ale jen jedno z mnoha v systému car sharing. Pak si můžete vzít vždycky auto právě tak velké, jaké potřebujete. V budoucnosti ne tak vzdálené to snad už bude auto bez řidiče. Města plná aut parkujících či popojíždějících v dopravním zácpách se snad promění tak, že autonomní auta budou vozit jen ty, pro něž to bude v té chvíli nejlepší způsob dopravy sebe a věcí. Skutečně *osobní* auta okupující veřejný prostor a špinící vzduch jsou nemravná a budovat pro ně další a další facility je slepá ulička. Města hledící kupředu se vyznačují tím, že parkovacích míst ubírají!

8.6 Jezme jako před sto lety

Současná konzumace masa, mléka atd. vede k pozoruhodně vysokým emisím skleníkových plynů. Jeden způsob je nasnadě: **trávení** (fermentace) bylin v **žaludcích přežvýkavců je doprovázeno velkou tvorbou metanu**. Skladbou krmiv ji lze drobně snížit, ale nijak zásadně. Zásadní snížení je možné jen tím, že prostě přežvýkavců, hlavně těch velkých, hodně ubude. Přesně vzato, musí ubýt jejich hmotnosti, musejí toho mnohem méně sníst. Dnes v Česku nemáme více hovězího dobytka než před sto lety, ale je mohutnější, poskytuje více masa a mléka.

Kromě produkce metanu z dobytka hraje velkou roli i jeho krmivo produkované pomocí umělých hnojiv, což znamená i emise oxidu dusného a spotřebu paliv, a to navíc i na plochách ve vzdálených zemích, které kvůli tomu byly odlesněny. V úhrnu lze říci, že produkce potravy, jakou nyní vyžadujeme, je odpovědná až za čtvrtinu emisí skleníkových plynů v přepočtu na ekvivalent oxidu uhličitého. Je to příliš mnoho.

Konzumace masa je kromě toho přílišná i z hlediska lidského zdraví, naopak konzumace zeleniny a ovoce je nedostatečná. Před sto lety lidé jedli především potraviny z místní produkce, hodně v závislosti na ročním období. Neměli k dispozici libovolné maso v libovolnou dobu. Jejich skladba potravy, zejména na venkově, kde měli zeleninu i ovoce vlastní, byla přitom dobrá. Chlebem, kašemi a plackami se málokdo přejídá. Zeleniny lze sníst opravdu hodně, aniž by člověk ztloustl. Masa a mléka a produktů z nich, ani libových, určitě ne. Ale když ono je to tak dobré...

Má-li se stravování vrátit do udržitelných mezí, musí se produkce i konzumace závislá na dobytku několikrát snížit. Táž výměra půdy uživí několikanásobně více lidí, pokud jedí to, co na ní vyrostě, místo aby stáli o potravní stupeň výš a jedli zvířata, která se z vypěstovaných rostlin živí. Že to jde, je zřejmé na příkladů vegetariánů, natož veganů vyhýbajících se i vejším a mléku. Není ale vůbec potřeba, aby se tak chovali všichni, stačí, když svou skladbu potravy těmito dvěma modelům co možná přiblíží. Sníst jednou týdně pěkný kousek hovězího nebo jehněčího z bioprodukce je zcela v pořádku. Už proto, že udržovat nějaké stavy pasoucího se dobytka je žádoucí i pro uchování a obnovu naší kulturní krajiny. Chovat prasata všude tam, kde jsou k dispozici zbytky, co lidé nesnědí, je rovněž moudré. Totéž platí pro drobné zvířectvo, drůbež a králíky, kdysi na venkově všude samozřejmě a i na městských periferiích běžné. Tam, kde roste tráva, mají být i její konzumenti. Ne všechnu je vhodné použít jako materiál do bioplynových stanic a následnou výrobu biouhlu. A je hloupé ji jen kompostovat. Jde o zcela obnovitelný přírodní zdroj, který lidé používali

celá staletí prakticky kompletně. Jak říkala moudrá babička jednoho z našich kolegů: **ještě není žádná krize – nejsou vysekané meze...**

Druhou důležitou změnou musí být, že se s potravinami přestane plýtvat. Nemají se zahazovat ani cestou od vypěstování ke konzumentům, ani poté, co si je lidé či restaurace koupí nebo naopak nekoupí. Statistiky bohužel říkají, že se jich v bohatých zemích takto zahodí třetina až polovina... Je to hrůza. Co se vypěstuje, má se užitečně spotřebovat. Co je na talíři, má se všechno sníst a talíř do čista vytrít chlebem – ten je tím nejlepším zákuskem.

8.7 Podílejme se na budování nefosilních zdrojů

Trendem dnešní doby je decentralizace výroby elektřiny. Fotovoltaické panely mají být nad každou vhodnou plochou střechy (v létě zabrání jejímu přehřívání) či fasády, mohou tvořit přístřešky. I bez (dosti drahých) měničů jejich stejnosměrného proudu na střídavý s nimi lze ohřívat vodu a nabíjet akumulátory. Teplovodní kolektor sice ze stejně velké plochy dodá více tepla, ale máte-li dost místa, fotovoltaika je jednodušší na instalaci, trvanlivější a dokonce už i levnější.

Fotovoltaika se hodí i do zemědělské krajiny. Může poskytnout stín na pastvinách pro ovce a menší zvířata, a díky stínu a stékání srážek po skle zajistit nějakou travu i v časech, kdy ta nezastíněná zaschne a neroste. Svisle namontované panely v širokých řadách mohou snížit větrnou erozi i vysychání pozemku, přičemž se mezi nimi dá hospodařit pomocí běžné zemědělské techniky.

Pravidla pro připojení takových „rozptýlených“ zdrojů do sítě jsou v Česku zatím nevstřícná, zejména pokud jde o cenu, kterou distributoři za dodanou elektřinu platí. Ale tak tomu nemusí být navždy – stát pod tlakem EU (a s ohledem na svou ratifikaci Pařížské dohody) časem pravidla zlepší. Dávat elektřinu do sítě je správnější než nabíjet velké místní akumulátory, které jsou nejen drahé, ale také mají krátkou životnost, tedy i velkou „uhlíkovou stopu“.

Kdo nemá na svých pozemcích a budovách, v nichž pobývá, vhodné možnosti pro fotovoltaiku, může se alespoň podílet na investicích do obnovitelných zdrojů jinde. V Rakousku a Německu jsou to velmi často větrné elektrárny. Obyvatelé tam bývají jako družstevníci, spolu s nimi i obce. Ohromně to podporuje společenskou přijatelnost takových projektů. Užívat „fosilní“ elektřinu, když je technicky možné a finančně dostupné vystačit si alespoň část doby s elektřinou vlastní, by měla být hanba.

8.8 Hospodaření s vodou (opakování)

Zde o mitigaci nejde. A navíc je voda u nás zdroj, který se skutečně obnovuje a jeho spotřeba světu nevádí. Mluvíme o něm od sucha roku 2018 už velmi mnoho. Zde jen stručně opakujeme, co už se v globálním kontextu probíralo v kapitole 6 - Jak se na klimatickou změnu adaptovat. Připomeneme tím, co máme dělat sami – téma nynější kapitoly.

Je škoda vody na splachování? Přijde na to. Ve většině Česka není zatím taková nouze o vodu, že by bylo zavrženíhodné ji odněkud vzít a pak nějakým systémem poslat „vyčištěnou“ do řek. Nečerpáme vodu z hlubokých prastarých podzemních zvodní, kde se v horizontu let a desetiletí neobnovuje. Voda u nás vřdycky nějaká během roku naprší. Přesto jsou oblasti, kde jí ubývá a bude jí nedostatek, někde už je, alespoň sezónně. Tam je jistě nutné dělat vše pro to, aby spotřeba vody klesla, zejména spotřeba, která má alternativu.

I tam kde nejde o vodu, jde o plýtvání opravdu neobnovitelným zdrojem, totiž fosforem těženým kdesi v zemích, které jsou tím společensky devastovány, jako v Západní Saahaře. I o plýtvání dusíkem vázaným do použitelné formy pomocí spousty zemního plynu. A také o znečišťování vod dusíkem, ač ten se dá v čistírnách odpadních vod z valné části „odstranit“, rozuměj zahodit z formy užitečné do formy N_2 jdoucí zpět do ovzduší. A zejména fosforem, který z většiny i po „vyčištění“ ve vodě zůstává. Co proti tomu dělat? **Snažit se o náhradu „moderního“ sanitačního systému systémem nesplachovacím, kdy se živiny z potravin, které sníme a vypijeme, vrátí v užitečné podobě do našich půd.** Náměty k tomu viz kapitulu 6.2. Proč je to úkol pro každého? Protože i ten, kdo to sám na svých nemovitostech nemůže realizovat, o tom může alespoň vzdělávat jiné, vč. hygieniků, stavebních úřadů atd.

Ostatně náhrada umělých hnojiv živinami, které poté, co projdou naším tělem, nezhodíme, ale zachytíme je a užijeme v optimální formě, je také **mitigační opatření**, a to nejen kvůli spotřebě fosilních paliv při jejich výrobě, ale i **kvůli emisím oxidu dusného** z průmyslově hnojených půd.

Jiným, nemitigačním, jen adaptačním opatřením je **využívat co nejvíce dešťové vody**. V první řadě ji zachytávat, využít na co nejvíce účelů, a jen přebytek zasakovat. Pokud by nádrž pro dešťovou vodu měla hrdlo spolehlivě nad hladinou eventuální zátopy, bude ve chvílích nouze i zcela **bezpečným zdrojem vody pro pití** a vaření – a nejspíš bude po extrémních srážkách plná, takže vystačí nadlouho.

8.9 Ozývejme se, čím dál víc

Aby užívání fosilních paliv skončilo, k tomu je potřeba společenský konsensus. Ale napřed se vůbec musí začít o nutnosti takové ohromné změny, transformational change, široce mluvit. K tomu není jiné cesty, než že se lidé, kterým takový úkol leží na srdci a sami se snaží patřičně chovat, budou viditelně sdružovat, objevovat se v médiích, tlačit na zastupitelské sbory různých úrovní, formulovat programy politických stran a uspět s nimi ve volbách. To ale není vůbec snadné, neboť po celém světě, a v Česku ještě více, pokračovaly snahy zastánců toho, neměnit vůbec nic. S Covidem19 se toho ale změnilo mnoho, a zdaleka ne vše se má vrátit do někdejších kolejí. Ale každý byznys se o to bude snažit, například ten letecký, který donedávna stále rostl. A státy jej během krize podporují. Tomu je potřeba čelit. Už i někteří zastupitelé si to už uvědomili – Praha nechce turistů stále více, ale o hodně méně než dříve. Od jara 2020 si od nich oddechla a správně trvá na tom, že se letiště nemá rozšiřovat.

Citujme jednoho z nejvýznamnějších vědců oboru Climate Science, Michaela Manna, na konci článku v Guardianu 9. listopadu 2019:

„Tvrdé popření [toho, že se otepluje a že za to můžeme my] se vyvinulo v něco škodlivějšího,“ říká. „Pozornost byla odvrácena od zavedení politických řešení a upřena na zdůraznění toho, že by se mělo změnit individuální chování – strava lidí, způsoby cestování a další životní styl. Jedná se o klasický průmyslový manévra: pověřte jednotlivce, aby se sami měnili, a ignorujte potřebu zavádět systémová řešení a provádět politické reformy.“

Individuální čin musí být samozřejmě součástí bitvy, ale nikoli jako náhrada za reformu politik. Má ji jen doplňovat. Musíme si také uvědomit, jak síly popírání využívají taková hnutí za změny životního stylu. Cílem je přimět příznivce akcí proti změně klimatu, aby se navzájem hádali a věnovali se očerňování toho, jak se chovají ostatní.“

V Česku jsme s angažmá veřejnosti teprve na začátku. Kromě již zmíněných Fridays for Future, hnutí studentek a studentů středních škol jsou to od jara 2019 i Univerzity za klima a už od roku 2015 Limity jsme my. Velice razantní je hnutí Extinction Rebellion (XR), které zahrnuje aktivisty všeho věku. Jsou to lidé, kteří si ostře uvědomují, že bez jejich nasazení se svět bude pohybovat po sebezničující trajektorii „business as usual“.

O masivním zapojení vědecké obce, jak již existuje ve Velké Británii či v Německu, zatím ale můžeme leda snít. Jeden významný krok však nastal i v Česku, totiž podání žaloby a rozhodnutí Městského soudu v Praze o ní, viz průběžně aktualizovaný web klimazaloba.cz/. Rozhodující pro ni bylo zapojení právních kapacit i dalších vědeckých autorit. Citujme ze článku z Deníku N: „zemědělci, obec či muž trpící klimatickou úzkostí se dožadovali toho, aby stát bral své závazky pro zmírnění klimatické změny a jejích dopadů vážně. Soud jim dal zapravdu, že žalovaná ministerstva nedělají dost pro omezování emisí, k němuž se zavázala v mezinárodní Pařížské dohodě.“

Odborný text viz: ilaw.cas.cz/vyzkum/class/komentujeme/klima-zaloba-soud.html. Obecně viz heslo cs.wikipedia.org/wiki/Klimatické_litigace.

9 Závěr

Země je schopna slušně uživit snad i těch současných osm miliard lidí (tolik nás je v roce 2021), ale tato její kapacita vinou lidmi způsobeného oteplování klesá, místy už téměř zanikla. Je na bohaté části lidstva, k níž patří i mnozí lidé v zemích v průměru ještě chudých, aby svou spotřebu všeho druhu velmi snížili a příjmy, které mají, přeměrovali. A to na aktivity vedoucí ke snížení emisí a adaptaci jak ve svých zemích, tak i všude tam, kde na to místní zdroje finanční, lidské ani materiální nestačí. K takovému životu je odedávna nabádají všechna světová náboženství. Ale až teď se ukazuje, že je to i nezbytnost pro přežití civilizace. Že současná spotřeba dávno překročila únosnost naší planety.

Jen když bohatí lidé budou žít mnohem skromněji, je šance, že se na jejich dnešní úroveň nebudou snažit dostat i všichni ostatní. Že přestane být módní jezdit těžkými terénními vozy po městě na nákupy a do kaváren. Létat po celém světě na dovolené. Stavět si veliké domy daleko od míst, kde člověk přes den pobývá.

Zkušenosti ze začátku 40. let ukazují, že se chování společnosti může rychle změnit, aby dosáhla toho, co považuje za nezbytné. V Británii šlo o reakci na začátek druhé světové války, kdy král (viz film *Králova řeč*) vyzval všechny k tomu, aby se plnou silou postavili Hitlerovi na odpor. Během týdnů a měsíců se továrny v zemi proměnily na takové, které místo spotřebního zboží vyráběly zbraně a zásobovaly armádu, a na vši půdě vč. městských parků se začaly pěstovat potraviny. Winston Churchill slíbil obyvatelstvu jen krev, pot a slzy, a lidé to přijali. Nejen v Británii, ale v celém britském impériu, tedy např. vč. Kanady. A poté, co Japonsko zbombardovalo lodě v Pearl Harbour, vyzval Američany k radikální změně Franklin Delano Roosevelt. Spojené státy nejenže také obratem proměnily všechn svůj průmysl, aby vyráběl masivně i válečné a dopravní lodě, ale také, ostatně stejně jako Britové, změnili své stravování tak, aby mohli zásobovat svou i evropské armády, včetně té Rudé.¹¹ Po nezměrném celonárodním úsilí trvajícím několik let byli Hitler i Japonsko poraženi. Je teď na nás Evropanech, abychom vyhnali Rusko z Ukrajiny...

Pokud se všechny země, lidé po celém světě stanou tak odhodlaní a pustí se do úkolu dnešní doby tak razantně, jako to ve svobodných zemích udělali za druhé světové války, tak mohou opět vyhrát. I když to potrvá ne pět, ale padesát let.

Těžko ale můžeme čekat, že se objeví nový Churchill či Roosevelt, přesvědčivý státník který má i velkou výkonnou moc. Veřejnost k tomu musí dospět do značné míry sama, ač třeba inspirovaná apelem papeže Františka. Opřít se může o literaturu psanou lidmi, kteří se ochraně klimatu věnují už léta. Za jiné jmenujme jednu dostupnou i česky: Zeemě viz též (McKibben 2013) http://amper.ped.muni.cz/gw/aktivity/dale_ctete/, kde jsou poznámky k její úvodní, fyzikální kapitole. Vynikající přehled energetických technologií (všechny už máme, zásadně nové nepřijdou, spotřebu musíme snížit) dává knížka Davida MacKaye, ve slovenské verzi zvaná *Obnovitelné zdroje energie - s chladnou hlavou*; odkaz na ni je rovněž v adresáři výše.

A na úplný závěr dovolte osobní názor: veškerá **spotřeba, je-li založená na fosilních palivech a není nezbytná, je mírně řečeno nemravná, silněji řečeno zločinná.**

¹¹ Chudší strava, čili brambory a zelenina místo masa atd., vedla k tomu, že lidé, kteří tím v Británii i USA v mládí prošli, byli zdravější než generace před nimi a po nich. Měli a mají např. méně cévních chorob i mozkových příhod.

10 O autorech

RNDr. Jan Hollan, Ph.D. již od roku 1990 přednáší a píše o globálním oteplování, jeho příčinách a důsledcích. Zabývá se také technologiemi snižujícími spotřebu, zejména pasivními domy. Je světovým odborníkem ohledně světelného znečištění. Ke všem těmto oblastem publikoval řadu vlastních prací a překladů, které jsou vesměs volně dostupné na internetu. K dispozici je též řada nahrávek jeho vystoupení.

Kontakt: hollan@mail.muni.cz, 606 072 563

RNDr. Yvonna Gaillyová, CSc. založila ekologické poradenství v Československu a vede Ekologický institut Veronica, jehož působištěm je i Centrum Veronica Hostětín, poskytující vzdělávání o ochraně klimatu a praktické ukázky udržitelných technologií. Díky svému dlouhodobému působení obdržela Cenu Josefa Vavrouška za rok 2005.

Kontakt: yvonna.gailly@veronica.cz, 777 323 792

11 Odkazy

11.1 Doporučené internetové stránky

Proti dezinformační kampani fosilního komplexu (a nesmyslům šířeným i neplacenými jedinci) je vhodné nahlížet do následujících zdrojů, některé i důkladně prostudovat. Jsou věrohodné a aktuální:

Infografiky se zaměřením na Česko a spousta dalších informací doplňovaných rozsáhlým mladým autorským kolektivem: <https://faktaoklimatu.cz/>

<http://zmenaklimatu.cz>, stránka Klimatické koalice.

Intersucho: <https://www.intersucho.cz/>. Týdenně aktualizovaný přehled problému nedostatku vody v Česku i střední Evropě.

www.veronica.cz/klima, publikace a přednášky Ekologického institutu Veronica; též www.veronica.cz/resilience.

<http://amper.ped.muni.cz/gw>, elektronická knihovna překladů zásadních dokumentů, též původní články a přednášky J. Hollana od r. 2005.

http://amper.ped.muni.cz/gw/aktivity/dale_ctete/, o knížce Bill McKibben, 2013: *Zeemě. Jak přežít na naší nové nehostinné planetě*, s poznámkami k její první kapitole.

<http://amper.ped.muni.cz/pasiv/MacKay/>, David J. C. MacKay: *Obnovitelné zdroje energie – s chladnou hlavou* (Sustainable Energy – without the hot air).

<http://amper.ped.muni.cz/gw/aktivity/klima.pdf>, Tomáš Milář a Jan Hollan, 2015: *Klima a koloběhy látek: jak funguje klimatický systém Země, proč a jak se klima mění*. Obdoba textu Ochrana klimatu soustředěná na přírodovědné základní poznatky, pozorování a pokusy, určená hlavně učitelům a studentům.

www.milanlapin.estranky.sk/, klimatologické informace prof. Milana Lapina, nejen o Slovensku.

www.paktstarostuaprimatoru.eu/cs/, Úmluva starostů a primátorů (o snižování emisí svých měst i menších obcí).

www.skepticalscience.com/, anglicky psaný portál věnovaný zprvu vyvracení argumentů, lží a polopravd popíračů, nyní se záběrem na všechno zásadní dění ohledně informací a dezinformací o klimatické změně; mnoho rozborů argumentů je přeloženo i do češtiny a slovenštiny.

<http://realclimate.org/>, anglický blog o nových poznacích klimatické vědy, psaný nejpřednějšími vědci tohoto oboru; jeho archiv obsahuje vysvětlení prakticky všech obtížně pochopitelných částí této vědy; některé starší články jsou přeložené i do jiných jazyků.

www.ipcc.ch, Mezivládní panel pro klimatickou změnu

www.eea.europa.eu/signals, každoroční přehled Evropské agentury pro životní prostředí (EEA) ohledně problémů a aktivit Unie; za rok 2018 je věnován vodě.

<http://amper.ped.muni.cz/gw/encyklika/>, encyklika Laudato Si (Pochválen buď) papeže Františka – informace o českých vydáních atd.

11.2 Animace dat

Rozpohybovaná schémata:

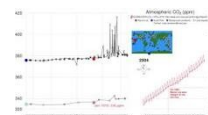
Skleníkový jev

Jak člověk přidává uhlík do atmosféry a jak s tím přestat?

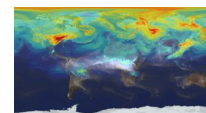
a komentované animace na stránce <https://www.veronica.cz/animace-a-grafy-o-zmene-klimatu> :

CO₂ **Pumphandle** aneb historie atmosférického uhlíku od doby před 800.000 lety

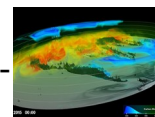
Countdown 2 °C - CO₂ hodiny



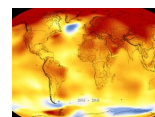
NASA | A Year in the Life of Earth's CO₂: <http://svs.gsfc.nasa.gov/11719>. Mapa světa ukazující pohyb oxidu uhličitého (i oxidu uhelnatého) v zemské atmosféře v roce 2006, Průvodní slovo k animaci je tam i k přečtení. Dole jsou odkazy na nové ještě podrobnější animace.



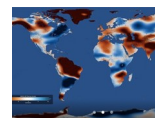
Odchyly koncentrací od necelých 400 ppm ve školním roce 2014/2015 v různých výškách v ovzduší: <https://svs.gsfc.nasa.gov/12445> dle pozorování ze satelitu Orbiting Carbon Observatory (OCO-2)



Animovaná mapa teplotních anomálií od roku 1880 do 2018: <https://svs.gsfc.nasa.gov/4626>. Jedné současné dobře rozumíme, jde o chladnou méně slanou vodu jižně od Grónska, vinou tání grónského ledu.

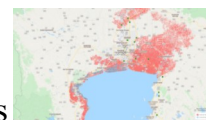


Změny v množství vody na pevninách dle měření gravitace sondami GRACE, 2002 až 2017. https://climate.nasa.gov/climate_resources/167/video-for-15-years-grace-tracked-freshwater-movements-around-the-world/

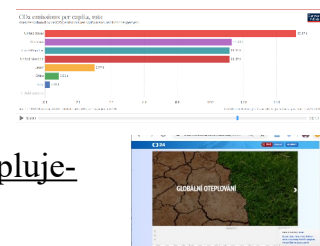


11.3 Interaktivní mapy, grafy apod.

Území, která budou zaplavována oceánem. Mapa se otevírá na příkladu Vietnamu a Thajska pro rok 2060 při RCP4.5 a cyklonálním přílivu s roční četností. Mapu lze kreslit i pro přílivy méně časté či naopak pro rychlý pokles emisí. Jihovýchodní Asie bude zvláště postižená. <https://coastal.climatecentral.org/>



Z webu Our World in data: [emise CO₂ na hlavu, 1800–2017](https://ourworldindata.org/emissions). Výběr zemí, od roku 1959 vč. Česka.



Časová osa globálního oteplování a snah s tím něco udělat: <https://ct24.ceskatelevize.cz/svet/2611145-casova-osa-a-prece-se-otepluje-kdy-vedci-zjistili-ze-zeme-zacina-doutnat>



11.4 Filmy a záznamy přednášek v češtině či s českými titulky

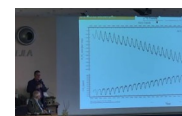
Lidská tvář změny klimatu - zkrácená verze. Emotivní výpovědi lidí z různých částí světa. <https://www.youtube.com/watch?v=HqEKcpkF23Y>. Film z roku 2008



Wake up, Freak out – studentský animovaný film z roku 2008, který obsahuje "vše". (zapněte si české titulky). Na <http://amper.ped.muni.cz/gw/films/> a <http://wakeupfreakout.org/>



„Nasucho“ - 3. národní konference environmentálního vzdělávání, výchovy a osvěty, a environmentálního poradenství, Brno 10. října 2019 – záznamy přednášek (Miroslav Trnka a další): <http://konference-evvo.cz/prezentace/>



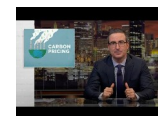
Přednášky (necelé půlhodiny) Hollan, Trnka, Nováček pro středoškoláky a hodinová debata s nimi v [HaDivadle](https://www.lipka.cz/klima) 20. září 2019, <https://www.lipka.cz/klima>. (První dvě přednášky vyžadují zvuk s dobrou reprodukcí hloubek.)



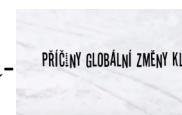
Rozhovor Respektu s Hansem Joachimem Schellnhuberem a záznam (dole) jeho přednášky v Praze 4. dubna 2019, **Klimatická změna a velká transformace**. <https://www.respekt.cz/tydenik/2019/16/klima-vstupujeme-do-temneho-veku>



Zpoplatnění emisí (Green New Deal), John Oliver, Last week Tonight :) <https://videacesky.cz/video/last-week-tonight-dohoda-o-zivotnim-prostredi> (květen 2019)



Mnoho záznamů J. Hollana na <http://amper.ped.muni.cz/gw/nahravky.html> – začít lze [trojicí výukových videí](#) pro CO₂ ligu: o příčinách klimatického rozvratu, jeho dopadech a o mitigaci a adaptaci.



3 h dialog s [Antonínem Dolákem](#) ze 3. dubna 2019, občas jen monolog. Prvních 10 min je jen o ježdění na kole ve městě.



11.5 Vědecké odkazy z textu

Abecedně uvedená vědecká literatura, použit byl formát Chicago Manual of Style 17th edition (author-date) a bibliografický nástroj Zotero. Veřejná zotero-knihovna s nimi a stovkami dalších odkazů, průběžně doplňovaná, je <https://www.zotero.org/jenikholan/library>.

- Annan, J. D., a J. C. Hargreaves. 2015. „A perspective on model-data surface temperature comparison at the Last Glacial Maximum". *Quaternary Science Reviews* 107 (leden): 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.09.019>.
- Archer, David, a Victor Brovkin. 2008. „The Millennial Atmospheric Lifetime of Anthropogenic CO₂". *Climatic Change* 90 (3): 283–97. <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9413-1>.
- Ceccherini, Guido, Gregory Duveiller, Giacomo Grassi, Guido Lemoine, Valerio Avitabile, Roberto Pilli, a Alessandro Cescatti. 2020. „Abrupt Increase in Harvested Forest Area over Europe after 2015". *Nature* 583 (7814): 72–77. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2438-y>.
- Dai, Aiguo. 2010. „Drought under global warming: a review". *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*. <http://dx.doi.org/10.1002/wcc.81>.
- Dlabka, Jakub, Pavel Danihelka, Petr Novotný, Jaroslav Rožnovský, Jan Hollan, Jiří Krist, Yvonna Gaillyová, et al. 2016. *Od zranitelnosti k resilienci : Adaptace venkovských oblastí na klimatickou změnu*. Brno: ZO ČSOP Veronica. https://www.veronica.cz/klima/resilience/Od_zranitelnosti_k_resilienci.pdf.
- Foster Gavin L., Hull Pincelli, Lunt Daniel J., a Zachos James C. 2018. „Placing our current ‘hyperthermal’ in the context of rapid climate change in our geological past". *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 376 (2130): 20170086. <https://doi.org/10.1098/rsta.2017.0086>.
- Friedlingstein, Pierre, Michael O’Sullivan, Matthew W. Jones, Robbie M. Andrew, Judith Hauck, Are Olsen, Glen P. Peters, et al. 2020. „Global Carbon Budget 2020". *Earth System Science Data* 12 (4): 3269–3340. <https://doi.org/10.5194/essd-12-3269-2020>.
- Gaillyová, Yvonna, a Jan Hollan. 2015. „Stálá pokojová teplota?" 14. březen 2015. http://amper.ped.muni.cz/pasiv/standardy/pok_teplota.html.
- Giuntoli, J., S. Searle, R. Jonsson, A. Agostini, N. Robert, S. Amaducci, L. Marelli, a A. Camia. 2020. „Carbon Accounting of Bioenergy and Forest Management Nexus. A Reality-Check of Modeling Assumptions and Expectations". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 134 (prosinec): 110368. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110368>.
- Hanna, Edward, Francisco J. Navarro, Frank Pattyn, Catia M. Domingues, Xavier Fettweis, Erik R. Ivins, Robert J. Nicholls, et al. 2013. „Ice-Sheet Mass Balance and Climate Change". *Nature* 498 (7452): 51–59. <https://doi.org/10.1038/nature12238>.
- Hansen, James, Makiko Sato, Pushker Kharecha, David Beerling, Robert Berner, Valerie Masson-Delmotte, Mark Pagani, Maureen Raymo, Dana L. Royer, a James C. Zachos. 2008. „Target atmospheric CO₂: Where should humanity aim?" *Open Atmos. Sci. J.* 2: 217–31. <https://doi.org/10.2174/1874282300802010217>.
- Hollan, Jan. 2007. „Zásady osvětlování ve veřejných institucích". STEP / <http://www.zeleneuradovani.cz/jak-nakupovat/osvetleni>. http://www.zeleneuradovani.cz/images/Studie_na_web/Studie_osvetlovani.pdf.
- , ed. 2008. *Pasivní dům II*. Brno: ZO ČSOP Veronica. http://www.veronica.cz/dokumenty/pasivni_dum_2008.pdf.

- . 2009. „Nové paradigma osvětlení v budovách, nová řešení". In . VUT v Brně, FAST. http://amper.ped.muni.cz/light/texty_pdf/paradigma.pdf.
- . 2011. *Věnkovní osvětlení v obcích*. ZO ČSOP Veronica. <http://www.veronica.cz/?id=128&i=92>.
- . 2013. *Co s okny / Upravená stará okna lepší než nová*. Brno: Ekologický Institut Veronica. <https://www.veronica.cz/co-s-okny>.
- Hosnedlová, Pavla. 2021. „Magdalena Davis: Vláda jako lídr v otázkách ochrany klimatu selhává. Budoucnost leží ve městech". *euractiv.cz* (blog). 21. leden 2021. <https://euractiv.cz/section/klima-a-zivotni-prostredi/interview/magdalena-davis-vlada-jako-lidr-v-otazkach-ochrany-klimatu-selhava-budoucnost-lezi-ve-mestech/>.
- Child, Michael, Claudia Kemfert, Dmitrii Bogdanov, a Christian Breyer. 2019. „Flexible Electricity Generation, Grid Exchange and Storage for the Transition to a 100% Renewable Energy System in Europe". *Renewable Energy* 139 (srpen): 80–101. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.02.077>.
- Jacobson, Mark Z., Mark A. Delucchi, Mary A. Cameron, Stephen J. Coughlin, Catherine A. Hay, Indu Priya Manogaran, Yanbo Shu, a Anna-Katharina von Krauland. 2019. „Impacts of Green New Deal Energy Plans on Grid Stability, Costs, Jobs, Health, and Climate in 143 Countries". *One Earth* 1 (4): 449–63. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.12.003>.
- Jouzel, Jean, V. Masson-Delmotte, O. Cattani, G. Dreyfus, S. Falourd, G. Hoffmann, B. Minster, et al. 2007. „Orbital and Millennial Antarctic Climate Variability over the Past 800,000 Years". *Science* 317 (5839): 793–96. <https://doi.org/10.1126/science.1141038>.
- Kelley, Colin P., Shahrzad Mohtadi, Mark A. Cane, Richard Seager, a Yochanan Kushnir. 2015. „Climate Change in the Fertile Crescent and Implications of the Recent Syrian Drought". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112 (11): 3241–46. <https://doi.org/10.1073/pnas.1421533112>.
- Laskar, J., P. Robutel, F. Joutel, M. Gastineau, A. C. M. Correia, a B. Levrard. 2004. „A long-term numerical solution for the insolation quantities of the Earth". *Astronomy and Astrophysics* 428 (1): 261–85. <https://doi.org/10.1051/0004-6361:20041335>.
- Lüthi, Dieter, Martine Le Floch, Bernhard Bereiter, Thomas Blunier, Jean-Marc Barnola, Urs Siegenthaler, Dominique Raynaud, et al. 2008. „High-Resolution Carbon Dioxide Concentration Record 650,000 - 800,000 |years before Present". *Nature* 453 (7193): 379–82. <https://doi.org/10.1038/nature06949>.
- Marcott, Shaun A., Jeremy D. Shakun, Peter U. Clark, a Alan C. Mix. 2013. „A Reconstruction of Regional and Global Temperature for the Past 11,300 Years". *Science* 339 (6124): 1198–1201. <https://doi.org/10.1126/science.1228026>.
- Mason, John. 2015a. „The cause of the greatest mass-extinctions of all? Pollution (Part 1)". *Skeptical Science*. 19. březen 2015. <https://skepticalscience.com/pollution-part-1.html>.
- . 2015b. „The cause of the greatest mass-extinctions of all? Pollution (Part 2)". *Skeptical Science*. 19. březen 2015. <https://skepticalscience.com/pollution-part-2.html>.
- McKibben, Bill. 2013. *Zeemě. Jak přežít na naší nové nehostinné planetě*. Praha: Paseka. <http://www.paseka.cz/mckibben-bill-zeeme-jak-prezit-na-nasi-nove-nehostinne-planete/produkt-3745/>.
- Moomaw, William R., Beverly E. Law, a Scott J. Goetz. 2020. „Focus on the Role of Forests and Soils in Meeting Climate Change Mitigation Goals: Summary". *Environ-*

- mental Research Letters* 15 (4): 045009. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab6b38>.
- Mouginot, Jérémie, Eric Rignot, Anders A. Bjørk, Michiel van den Broeke, Romain Millan, Mathieu Morlighem, Brice Noël, Bernd Scheuchl, a Michael Wood. 2019. „Forty-Six Years of Greenland Ice Sheet Mass Balance from 1972 to 2018". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116 (19): 9239–44. <https://doi.org/10.1073/pnas.1904242116>.
- „NASA - NASA Satellites Find Freshwater Losses in Middle East". 2013. Feature. 13. únor 2013. http://www.nasa.gov/mission_pages/Grace/news/grace20130212.html.
- Píhová, Dominika, a Saul Griffith. 2020. „Řešení klimatické krize už známe. Nesmíme se soustředit na voloviny, říká vědec". *Deník N*, 11. prosinec 2020, sek. Hlavní. <https://denikn.cz/511165/co-vyresi-klimatickou-krizi-masivni-elektrifikace-a-konec-pohadek-idealne-od-zitra/>.
- Rignot, Eric, Jérémie Mouginot, Bernd Scheuchl, Michiel van den Broeke, Melchior J. van Wessem, a Mathieu Morlighem. 2019. „Four Decades of Antarctic Ice Sheet Mass Balance from 1979–2017". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, leden, 201812883. <https://doi.org/10.1073/pnas.1812883116>.
- Romm, Joseph. 2013. „Must-Have High-Resolution Charts: ‘Carbon Pollution Set To End Era Of Stable Climate’". 19. březen 2013. <http://thinkprogress.org/climate/2013/03/18/1722601/must-have-high-resolution-charts-carbon-pollution-set-to-end-era-of-stable-climate/>.
- Rose, C., A. Parker, B. Jefferson, a E. Cartmell. 2015. „The Characterization of Feces and Urine: A Review of the Literature to Inform Advanced Treatment Technology". *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 45 (17): 1827–79. <https://doi.org/10.1080/10643389.2014.1000761>.
- Shakun, Jeremy D., Peter U. Clark, Feng He, Shaun A. Marcott, Alan C. Mix, Zhengyu Liu, Bette Otto-Bliesner, Andreas Schmittner, a Edouard Bard. 2012. „Global Warming Preceded by Increasing Carbon Dioxide Concentrations during the Last Deglaciation". *Nature* 484 (7392): 49–54. <https://doi.org/10.1038/nature10915>.
- Trenberth, Kevin E. 2020. „Understanding climate change through Earth’s energy flows". *Journal of the Royal Society of New Zealand* 0 (0): 1–17. <https://doi.org/10.1080/03036758.2020.1741404>.
- Vaughan, Adam. 2015. „Eight Things We Learned from the Pope’s Climate Change Encyclical". *The Guardian*, 18. červen 2015, sek. Environment. <https://www.theguardian.com/environment/2015/jun/18/eight-things-we-learned-from-the-popes-climate-change-encyclical>.
- Voss, Katalyn A., James S. Famiglietti, MinHui Lo, Caroline de Linage, Matthew Rodell, a Sean C. Swenson. 2013. „Groundwater Depletion in the Middle East from GRACE with Implications for Transboundary Water Management in the Tigris-Euphrates-Western Iran Region". *Water Resources Research* 49 (2): 904–14. <https://doi.org/10.1002/wrcr.20078>.
- Woldetsadik, Desta, Pay Drechsel, Bernd Marschner, Fisseha Itanna, a Heluf Gebrekidan. 2017. „Effect of Biochar Derived from Faecal Matter on Yield and Nutrient Content of Lettuce (*Lactuca Sativa*) in Two Contrasting Soils". *Environmental Systems Research* 6 (1): 2. <https://doi.org/10.1186/s40068-017-0082-9>.
- Zastrow, Mark. 2015. „Climate Change Implicated in Current Syrian Conflict". *Nature News*, březen. <https://doi.org/10.1038/nature.2015.17027>.

11.6 Další zdroj

Tento text čerpá některé obrázky a popisky, aniž by to vždy výslovně říkal, z knížky Tomáše Milěře a Jana Hollana, *Klima a koloběhy látek*. Ta odpovídala stavu poznání v roce 2014 a jsou v ní uvedeny podrobněji i zdroje dat obrázků atd. Je dostupná na adrese <http://amper.ped.muni.cz/gw/aktivity>.