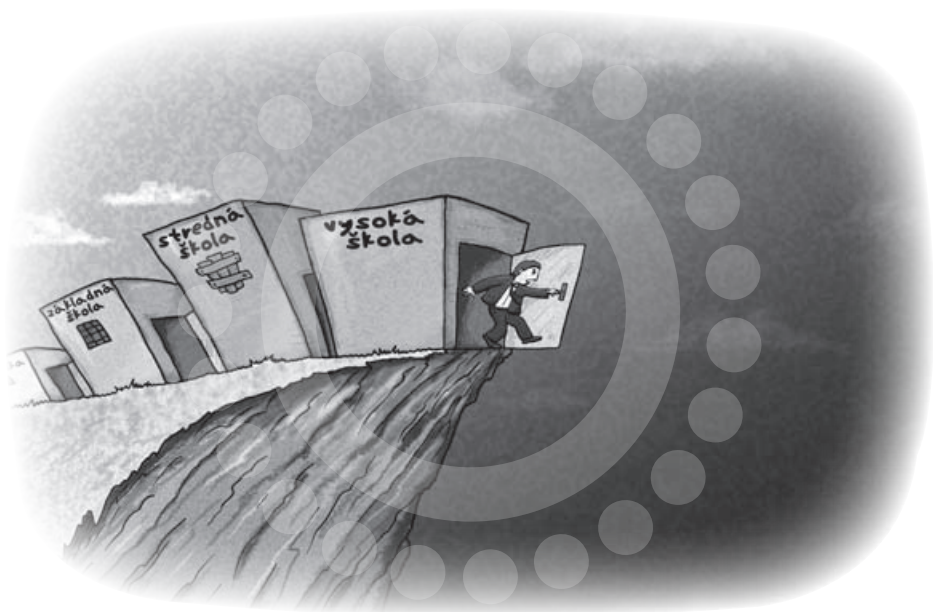


# Zmeny klímy a moja budúcnosť

Juraj Mesík



**Priatelia  
Zeme**  
CEPA

2013

Určené najmä pre žiakov stredných škôl.

**Autor:** Juraj Mesík  
**Spolupracovali:** Juraj Zamkovský, Andrea Miklošová a Alexander Ač  
**Grafická úprava:** Richard Watzka, RWdesign

**Priatel'ia Zeme-CEPA, občianske združenie**

Sídlo: Nám. Pod križom 65, 976 33 Poniky – Ponická Huta, tel./fax: 048/419 3718  
Pobočky: Komenského 21, 974 01 Banská Bystrica, tel./fax: 048/412 3859  
Karpatská 11, 811 05 Bratislava, tel./fax: 02/5244 2104  
Email: [cepa@priateliazeme.sk](mailto:cepa@priateliazeme.sk)  
Web: [www.priateliazeme.sk/cepa](http://www.priateliazeme.sk/cepa)

Tento materiál je súčasťou projektu *VAMOS – Act Now! Kids Together 4 Climate Justice*, ktorý finančne podporila Európska únia. Vylučnú zodpovednosť za jeho obsah nesú Priatel'ia Zeme-CEPA, preto za nijakých okolností nemožno obsah materiálu pokladať za stanovisko Európskej únie.



## Otázka za milión: čo je naozaj dôležité pre život?

Aj keď to je niekedy ťažké uveriť, ľudia nevymysleli školy preto, aby žiakov a študentov trápili alebo unudili k smrti. Ich skutočným poslaním nie je ani vydávať vysvedčenia a diplomy o ukončení štúdia, aj keď mnohí žiaci aj učitelia sa občas správajú tak, akoby šlo práve o tie kúsky popísaného papiera. Tie majú svoj význam, ale, verte alebo neverte, to najdôležitejšie, prečo ľudia školy vymysleli a nútia do nich chodiť svojich nie vždy nadšených potomkov, je odovzdávanie poznatkov a – v tých skutočne dobrých školách – aj zručností.

Podstatou dobrej školy a zmyslom práce dobrých učiteľov je pripraviť žiakov na budúci život. Aký však bude život o desať, dvadsať alebo tridsať rokov? To mnohí ešte nebudete ani tak starí, ako sú dnes vaši rodičia! Je to ale veľmi ťažké predvídať. Nikto pred 30 rokmi presne nevedel, ako bude vyzeráť svet dnes a aj dnes je ťažké predvídať, ako bude vyzeráť o 30 rokov.

Má to tri dôsledky: Ten prvý je, že nás v škole učia najmä poznatky a skúsenosti, ktoré sa zdajú byť užitočné a dôležité z dnešného pohľadu. Druhý je, že sa v škole učíme aj množstvo vecí, ktoré nikdy v živote nebudeme potrebovať. A je tu ešte tretí dôležitý dôsledok. Ten vyplýva z našej neschopnosti presne predvídať, aká bude budúcnosť: mnoho vecí, ktoré budeme v živote naozaj o desať či dvadsať a viac rokov potrebovať, sa v škole nedozviete a nenaučíte. Dúfajme, že vaša školská príprava na skutočný život, ktorý je pred vami, nedopadne tak ako na obrázku na titulnej strane.

Príkladov, keď sa ľudia v školách učili more zbytočností a nenaučili sa naozaj potrebné veci, je obrovské množstvo: vaši starí rodičia sa v školách odmatička až po univerzity učili nekonečné množstvo vecí o komunistickej ideológii a obrovskej a mocnej krajine, ktorá sa volala Sovietsky zväz. V roku 1989 ale väčšinu sveta úplne prekvapila nečakaná revolúcia – spoločenský systém sa zrazu radikálne zmenil a skoro všetko, čo sa v rámci vtedajšej ideológie dovtedy vyučovalo, bolo z večera do rána úplne zbytočné. O dva roky neskôr sa rovnako nečakane rozpadol aj Sovietsky zväz: tam, kde bola v lete roku 1991 svetová supervelmoc, bolo v decembri 1991 už len 15 štátov zmieta-ných hlbokou krízou.

Naopak, vaši starí rodičia sa v škole nemohli učiť o mnohých veciach, ktoré vy dnes považujete za samozrejmé. Často to bolo jednoducho preto, že pred 20 až 30 rokmi ľudia o nich nič nevedeli a mnohé veci buď ešte neboli, alebo existovali len vo vedeckých laboratóriách. Používať laptopy, mobily, tablety, rozličné softvéry a mnoho ďalších vecí sa naučili „za pochodu“ až dávno potom,

čo opustili školské triedy. Tieto technológie sú pritom len špičkou ľadovca v ľudskom poznaní. Pred 500 rokmi mohol mať renesančný génius Leonardo da Vinci – ale aj iní, menej známi ľudia – univerzálny prehľad skoro o všetkých poznatkoch, ktorými vtedajšie ľudstvo (aspoň v Európe) disponovalo. Dnes objem poznatkov rastie tak rýchlo, že aj tí najinteligentnejší a najpracovitejší ľudia majú problém udržať si úplný prehľad čo i len v jednom vedeckom odbore.

Všetci sa dnes učíme po celý život, nielen v školách. V niektorých rýchlo sa rozvíjajúcich oblastiach musia ľudia znovu a znovu chodiť do škôl a na školenia, lebo to, čo sa kedysi naučili v školách a na univerzitách, je už dávno prekonané. Dobrým príkladom sú lekári: stále sa musia doučovať nepretržite narastajúce množstvo vyšetrovacích metód a liečebných postupov.

Pri tom obrovskom prílive poznatkov je ťažké rozlišovať, ktoré informácie sú dôležité a ktoré nie. Každý z vás si asi spomenie na to, že firmy s bombastickou reklamou rok čo rok uvádzajú na trh nové „revolučné“ typy výrobkov – napríklad áut alebo mobilov – len preto, aby už ďalší rok boli zabudnuté a prekryté novými, ešte „revolučnejšími“ modelmi. Vidíme, že vôbec nie všetko nové, čo sa vydáva za „revolučné“ a dôležité, aj skutočne dôležité je. Často je to len prázdna reklama usilujúca sa nalákať ľudí, aby zahodili dobré a fungujúce staré veci a kúpili si novšie. Firmy, ktoré dokážu ľudí takto manipulovať k novým a novým nákupom zbytočností, majú zisky, ich majitelia bohatnú a zamestnanci majú prácu. Má to háčik: pri výrobe týchto harabúrd ľudstvo na úkor vašej a ďalších generácií stráca nenahraditeľné zdroje energie a materiálov.

## **Klíma sa otepľuje**

Jedna z oblastí vedy, ktorá prináša zásadne dôležité poznatky, je veda o klíme – klimatológia. Ako už možno viete, klíma (podnebie) je dlhodobý režim dejov v atmosfére nad určitým územím. Použitím rozličných metód a zariadení – od jednoduchých teplomerov a zrážkomerov až po špeciálne prístroje umiestnené na podmorských sondách alebo satelitoch vznášajúcich sa na obežných dráhach okolo Zeme – dokážu klimatológovia veľmi podrobne sledovať a vyhodnocovať, čo sa s klímou našej planéty deje. Použitím iných metód sa vedci dokážu pozrieť aj do hlbokej minulosti Zeme a rekonštruovať, aké boli na Zemi teploty v minulosti, aké druhy rastlín a živočíchov kde žili alebo aké bolo chemické zloženie atmosféry.

Zistenia klimatológov sú varovné. Keby sa to slovo tak často nepoužívalo v bulvárnej tlači, mohli by sme ich označiť ako šokujúce. Ale nechajme si tento výraz v rezerve.

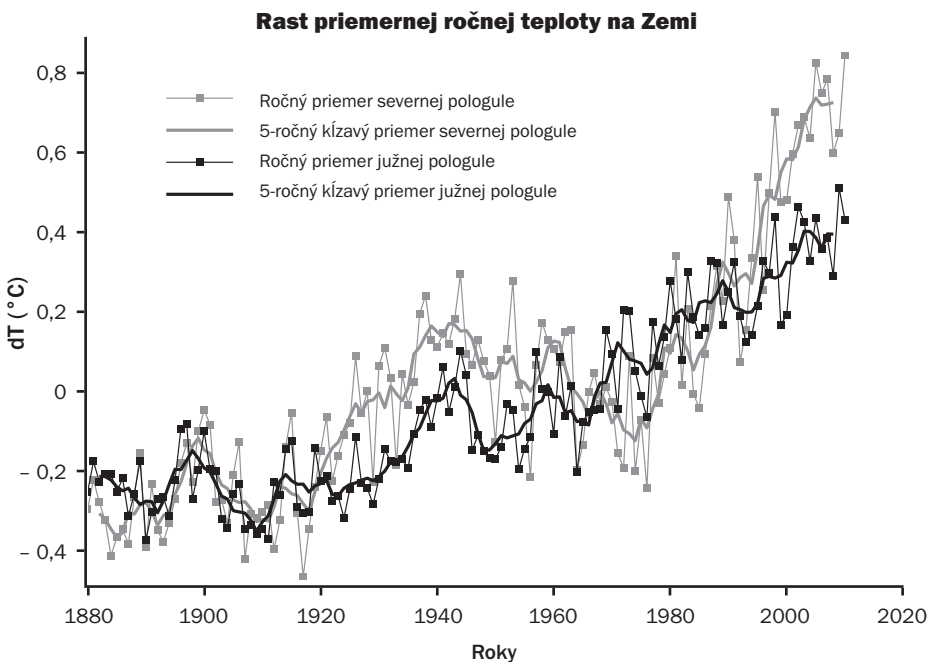
Čo také teda klimatológovia zistili?

Klíma na našej planéte sa otepľuje a mení. A deje sa to veľmi rýchlo.

Prvé, čo vás možno napadne, je – no a čo? Čo je šokujúce na tom, že je teplejšie? Nie je to dokonca lepšie? Ušetríme na kúrení, v zime nebude treba posypať cesty ani odhŕňať sneh, v lete nebudeme musieť cestovať za slnkom k moru, lebo si letné horúčavy a opaľovanie užijeme na kúpalisku či jazere za mestom... Prečo sa tým vzrušovať?

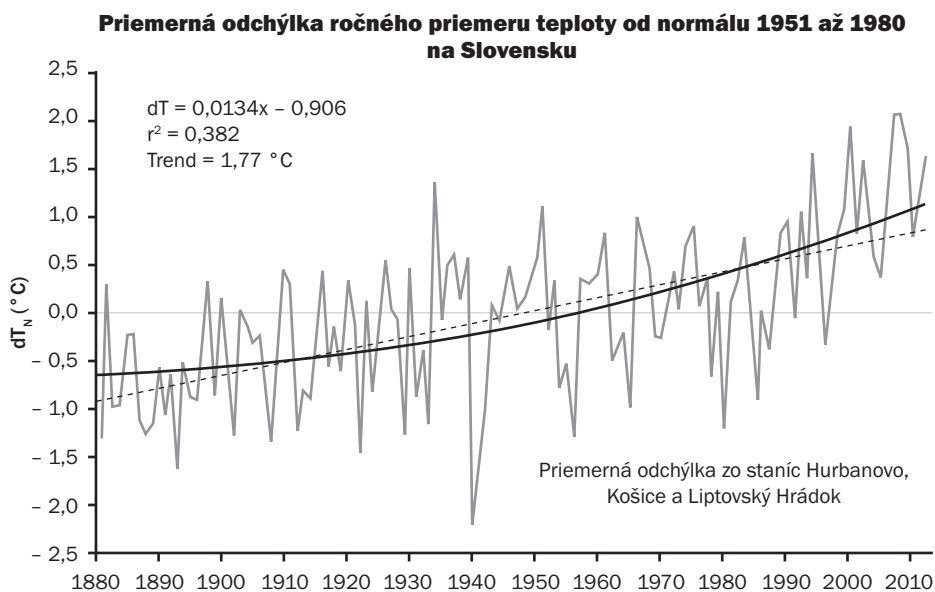
To všetko by možno platilo, keby sa otepľovanie klímy zastavilo tam, kde dnes sme. Lenže ono sa nezastaví – dnes sme ešte len na začiatku cesty k oveľa teplejšej klíme, pri ktorej už pôjde o viac iba ako o zimnú údržbu ciest alebo letné dovolenky. Ďalej na juh od nás – v oblastiach subtropického a tropického klimatického pásma – ide o veľa už dnes.

Za posledných asi 100 rokov stúpla priemerná teplota na Zemi o 0,8 stupňa Celzia. Na prvý pohľad sa to naozaj nezdá veľa, ale nezabudnite, že hovoríme o priemernej teplote na celej planéte.



Platí, že čím bližšie sme k rovníku, tým je zmena teploty menšia a čím bližšie k pólom, tým je vyššia. Takže u nás v strednej Európe stúpla priemerná teplota zhruba dvojnásobne – asi o 1,6 °C. A ďalej na sever v polárnych krajoch až o 2-3 °C. Ani to sa vám ešte nemusí zdať až tak veľa – ale zdanie klame! Hovoríme o priemerných teplotách: v priemeroch sa strácajú extrémne horúčavy, ktoré sa vyskytujú čoraz častejšie. A s nimi prichádzajú aj iné extrémny, napríklad extrémne suchá alebo extrémne dažde.

Na ďalšom grafe vidíte, ako sa vyvíja priemerná ročná teplota na Slovensku. Graf vychádza z meraní teplôt v staniciach Hurbanovo, Košice a Liptovský Hrádok od roku 1881 do súčasnosti. Aj na tomto grafe si môžete všimnúť zrýchlenie tempa rastu teploty po roku 1980.



Horúčavy, suchá a búrky boli aj v minulosti – lenže dnes sú častejšie a intenzívnejšie. A to už vznikajú problémy... Zatiaľ pomerne malé (ak môžeme za malý problém považovať povedzme hurikán Sandy v New Yorku, extrémne sucho v USA počas roku 2012 alebo povodne, ktoré v roku 2010 vyhnali z domovov 20 miliónov Pakistancov a zničili im jeden milión domov...). Ale ako uvidíte ďalej, problémy budú narastať. A nebudú sa týkať len Američanov alebo Pakistancov, ale aj nás v Európe a na Slovensku.

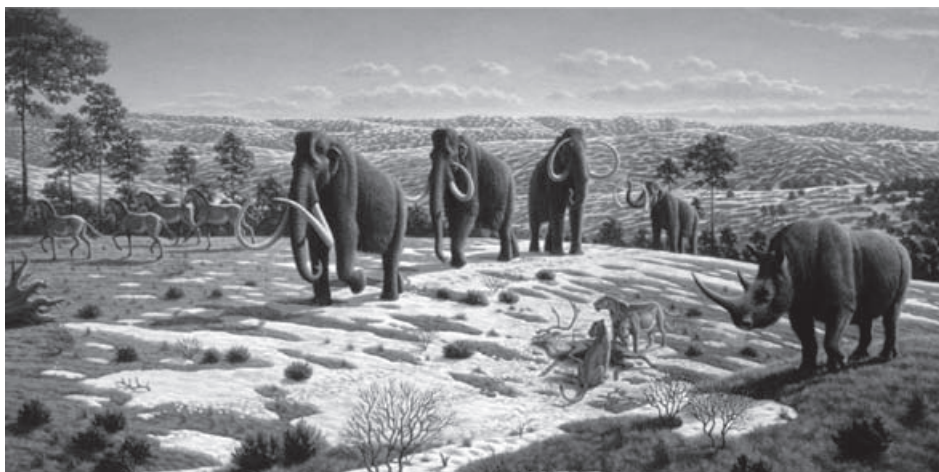
## Ako vieme, či je 0,8 °C veľa alebo málo?

Vráťme sa k vzostupu priemernej teploty na Zemi. O koľko sa vzduch nad jej povrchom ohrial za posledných sto rokov? O 0,8 °C. Ako vieme, že je to veľa? Nie je to len malá a bezvýznamná odchýlka? Ved' rozdiel medzi teplotou v noci a cez deň býva bežne aj desať a viac stupňov, takže prečo to „vzrúšo“ kvôli mizerným ôsmim desatinám stupňa?

Pustíme teraz na chvíľu k slovu paleoklimatológov – teda tých klimatológov, ktorí skúmajú vývoj klímy v dávnej minulosti. Iste viete, že v minulosti bola na Zemi doba ľadová. Vtedy sa napríklad po území, kde je dnes Slovensko, preháňali mamuty, srstnaté nosorožce, soby, jaskynné levy a iné dnes už vymreté zvieratá, po ktorých nám ostali len kostrové pozostatky. Juh strednej Európy bol vtedy pokrytý mrazivou tundrou a na severe Slovenska a Čiech začínal obrovský kontinentálny ľadovec, ktorý ďalej na sever pokrýval celé Poľsko a Škandináviu, a pokračoval až k severnému pólu. Tam sa stretal s ďalším obrovským ľadovcom – ten z druhej strany pokrýval celú dnešnú Kanadu až po sever Spojených štátov amerických. Tieto gigantické ľadovce – Európsky a Laurentický (to je ten, čo pokrýval Kanadu a Aljašku) – boli miestami hrubé až 5 tisíc metrov a keď sa po skončení doby ľadovej roztopili, vyteklo z nich toľko vody, že svetové oceány stúpili o 110 metrov.

Mapa sveta vtedy vyzerala úplne inak ako dnes – a nielen mapa, ale aj ekosystémy, ktoré pokrývali Európu či severnú Ameriku a druhy rastlín a zvierat, ktoré ich obývali.

### Krajina a fauna strednej Európy počas doby ľadovej



A teraz dve dôležité čísla:

Svet takto vyzeral iba pred 20 tisíc rokmi. To sa môže zdať dávno, ale z pohľadu dejín Zeme je to okamih.

A druhé číslo, ktoré by ste mali vedieť, je, že teplota na Zemi bola vtedy v priemere len o asi 6 °C nižšia ako je dnešná priemerná teplota na Zemi (14,6 °C)! Ešte raz – hovoríme o celosvetovej priemernej teplote: na území Slovenska bolo počas doby ľadovej v priemere chladnejšie o 10 až 12 °C. Takže ak dnes priemerná ročná teplota na nížinách Slovenska kolíše medzi 9 až 11 °C, tak počas doby ľadovej to bolo okolo mínus 1 až mínus 2 °C. Taká je dnes priemerná ročná teplota v južnej Sibíri. Leto bolo aj vtedy, ale bolo krátke a oproti dnešku chladné a po ňom prichádzala zima, ktorá bola oveľa chladnejšia a trvala dlhšie.

Globálne sa priemerná teplota vzduchu zmenila len o 6 stupňov – týchto zdánlivo nepatrných globálnych mínus 6 stupňov je práve to, čo dnešný svet delí od doby ľadovej!

Koľko sme si to povedali, že stúpila teplota na Zemi za posledných 100 rokov? Ešte stále sa vám zdá oteplenie o **0,8 °C** málo? Keď ho porovnáte so **6** stupňami, ktoré svet delia od doby ľadovej, tak možno začnete chápať, že to vôbec nie je bezvýznamné číslo. Aká vážna je dnešná situácia, začnete tušiť, keď sa dozviete (už ste si to možno všimli na grafe), že o **0,5 °C** stúpila priemerná teplota na Zemi len za posledných **30 rokov**, zatiaľ čo „veľké topenie“ (tak sa niekedy nazýva prechod z doby ľadovej do doby medziľadovej, v ktorej sa vyvinula ľudská civilizácia) – teda rast priemernej globálnej teploty o oných 6 °C, ktoré stačili na roztopenie kontinentálnych ľadovcov v Európe a Amerike – trvalo **10 tisíc rokov**.

Z toho plynie poznanie, že klíma sa dnes zohrieva mnohonásobne rýchlejšie, ako sa ohrievala počas „veľkého topenia“. Vieme, že na rýchlosti veľmi záleží – nielen v športe a na cestách, ale aj v prírode. Na pomalé zmeny sa rastlinné a živočíšne druhy aj celé ekosystémy dokážu prispôbiť. Napríklad tak, že migrujú ďalej na sever alebo do vyšších nadmorských výšok. Alebo tak, že sa v rámci druhov vyselektujú jedinci a populácie, ktorí dokážu zmenené podmienky prežiť a rozmnožovať sa v nich. Keď sú ale zmeny príliš rýchle, nemajú na migráciu ani adaptáciu čas. A v takom prípade – ak je zmena príliš veľká – môžu vyhynúť.



## Môže za to človek?

Tak dobre: čísla sú presvedčivé a dokazujú, že sa dnes klíma zohrieva nebezpečne rýchlo. Ale prečo je to tak? Kto za to môže? Človek? Veď doby ľadové a medziľadové sa striedali aj dávno predtým, ako Zem ovládol ľudský druh.

Väčšinu našej histórie sme prežili na jedinom kontinente – v Afrike. Len pred asi 70 tisíc rokmi naši predkovia vykročili z Afriky do Ázie, odkiaľ pred asi 40 tisíc rokmi začali postupovať aj do vtedy ľadmi spútanej Európy, a nakoniec – pred asi 14 tisíc rokmi, keď sa konečne roztopil ľadovec pokrývajúci Severnú Ameriku – prešli cez severovýchodný cíp Ázie aj do Ameriky<sup>1</sup>. Ale aj vtedy, keď sa ľudský druh rozšíril po celej Zemi (s výnimkou Antarktídy), žili ľudia v malých skupinkách ako lovci a zberači a ich celkový počet na planéte ešte pred 10 tisíc rokmi neprekročil 10 miliónov. Dnes žije viac ľudí vo veľkomestách ako sú New York, Peking, Istanbul, Tokio a ďalšie!

Sústredme sa teraz na otázku, ako sa prirodzene menila klíma medzi dobami ľadovými a medziľadovými v dobách dávno predtým, než naši predkovia zaľudnili Zem a mohli na nej čokoľvek vážnejšie pôsobiť.

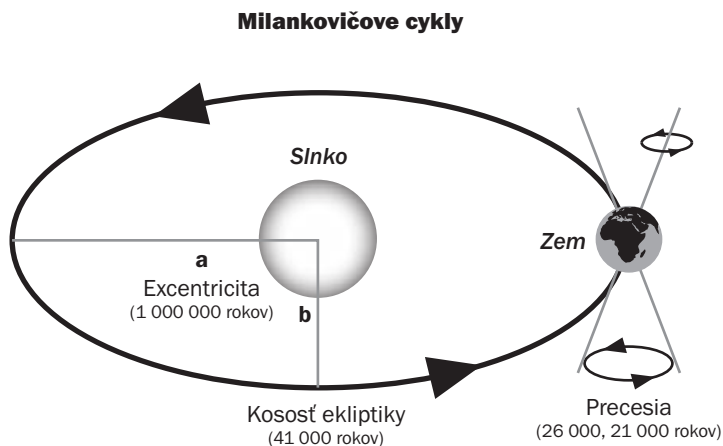
Prakticky všetko teplo, ktoré cítime a meriame na povrchu Zeme, pochádza z našej hviezdy – Slnka. Pri sopečných výbuchoch sa síce na povrch vylieva horúca roztavená láva, ale množstvo tepla, ktoré sa na povrch Zeme takto dostane, je zanedbateľne malé. Sopečné výbuchy dokonca väčšinou pôsobia na klímu ochladzujúco, pretože mračná sopečného prachu oslabujú prenikanie žiarenia zo Slnka na povrch Zeme.

Aj príčinu striedania dôb ľadových a medziľadových treba preto hľadať v Slnku, či presnejšie v nepravidelnostiach v pohybe našej planéty okolo neho. Od 15. storočia, keď slávny Poliak Mikuláš Kopernik uverejnil závery svojich výskumov a vyslovil názor, že Zem sa točí okolo Slnka, vieme, že Zem vykonáva svoj pohyb okolo Slnka približne po kruhovej dráhe. Vieme ale aj to, že dráha Zeme – orbita – nie je dokonalý kruh, ale podlieha určitým malým, pravidelne sa opakujúcim nepravidelnostiam. Rozdiel medzi maximom a minimom predstavuje len 6 percent priemeru orbity, ale aj tých 6 percent má z pohľadu množ-

---

1. Dokonca dávno predtým, ako náš druh vôbec vznikol. Podľa vykopávok vieme, že najstaršie nálezy kostier anatomicky moderného človeka – druhu *Homo sapiens*, ku ktorému my všetci patríme – sú staré „iba“ 195 tisíc rokov. Nedajte sa pomýliť tým, že v Európe a Ázii žili neandertálc, denisovania, jávski a pekinskí ľudia dávno predtým. Boli to iné druhy ľudí, ktoré vznikli skôr a dnes sú vyhynuté. Aj keď moderné genetické štúdie naznačujú, že aspoň časť génov neandertálcov by mohla byť zachovaná v genóme súčasných ľudí – to by znamenalo, že v čase, keď v Európe a Ázii žili naraz dva druhy ľudí, moderný človek a neandertálec, mohlo aspoň občas dochádzať k ich kríženiu.

stva slnečného žiarenia prenikajúceho cez atmosféru a dopadajúceho na Zem obrovský význam. Celý cyklus (od minima k maximu a naspäť) trvá 96 tisíc až 127 tisíc rokov – a práve také sú časové rozostupy medzi medziľadovými dobami. Nemení sa ale iba orbita. Nestabilný je aj uhol zemskej osi k ekliptike, teda roviny obehu Zeme okolo Slnka. Tento uhol sa nazýva sklon zemskej osi a kolíše medzi 22,1 a 24,5 stupňami a čas prechodu medzi týmito dvomi sklonmi trvá Zemi 42 tisíc rokov. A je tu ešte jeden pohyb zemskej osi – ona sa totiž neskláňa len v jednom smere, ale oba konce zemskej osi vykonávajú krúživý pohyb ako os na detskom víčkovi. Len pomalšie. Tento pohyb sa odborné volá precesia a trvá 25 700 rokov.



Tieto tri cyklicky sa opakujúce zmeny v obehu Zeme okolo Slnka sa volajú Milankovičove cykly podľa srbského fyzika a matematika, ktorý ich dokázal a vysvetlil počas prvej svetovej vojny. Graficky ich zobrazuje obrázok.

Matematici však vypočítali, že zmena pohybu Zeme okolo Slnka by zďaleka nestačila na to, aby dochádzalo k tak veľkým odchýlkam v teplote vzduchu nad povrchom Zeme. V hre musí byť ešte nejaký ďalší, dokonca silnejší faktor. Dnes vieme, ktorý faktor to je.

Sú ním takzvané skleníkové plyny obsiahnuté v atmosfére. Najdôležitejšie z nich sú oxid uhličitý  $\text{CO}_2$ , metán  $\text{CH}_4$  a oxidy dusíka  $\text{NO}_x$ . Oproti dusíku (78 %), kyslíku (21 %) a argónu (0,9 %) sú skleníkové plyny v atmosfére Zeme zastúpené len vo veľmi malých množstvách, ale majú obrovský fyzikálny význam. Pôsobia podobne ako sklo na skleníku: slnečné žiarenie cez ne preniká, ale časť žiarenia odrazeného od povrchu oceánov a pevniny neprepúšťajú naspäť do vesmíru a zadržiavajú ho v atmosfére. Zadržané teplo potom zvyšuje teplotu

na Zemi. Planetárni fyzici vypočítali, že bez skleníkových plynov by bola priemerná teplota na Zemi až o 33 °C nižšia! Spomínate si, aká je dnes priemerná teplota zemskej klímy? Plus 14,6 °C! Bez skleníkových plynov v atmosfére by priemerná teplota klesla k mínus 18 stupňom Celzia!

Naša susedná planéta Venuša má v atmosfére až 97 % oxidu uhličitého. Viete, aká je na Venuši priemerná teplota? 460 °C. Je to viac, ako je teplota na Merkúre, hoci Venuša je od Slnka skoro dvakrát ďalej. Venuša je naozaj „hot“. A vďaka za to CO<sub>2</sub>.

Vráťme sa ale z rozpálenej Venuše na našu rodnú planétu. Menila sa v minulosti koncentrácia CO<sub>2</sub> a metánu v atmosfére? A dá sa to vôbec nejako zistiť? Veď atmosféra sa neustále mení a mieša...

Odpoveď je – vieme to. Na Zemi sú miesta, kde ostala atmosféra spred stoviek tisíc, ba až miliónov rokov zakonzervovaná a dnes sa k týmto „konzervám“ vieme dostať, otvoriť ich a urobiť potrebné chemické analýzy. Tými najstaršími konzervami sú ľadovce v Antarktíde a v Grónsku – a menej staré údaje vieme získať aj z horských ľadovcov napríklad v Alpách, Andách alebo Himalájach. Gigantické ľadovce v Grónsku a Antarktíde – pre ich veľkosť ich nazývame pevninské – v sebe obsahujú ľad, ktorý je starý aj viac ako milión rokov.

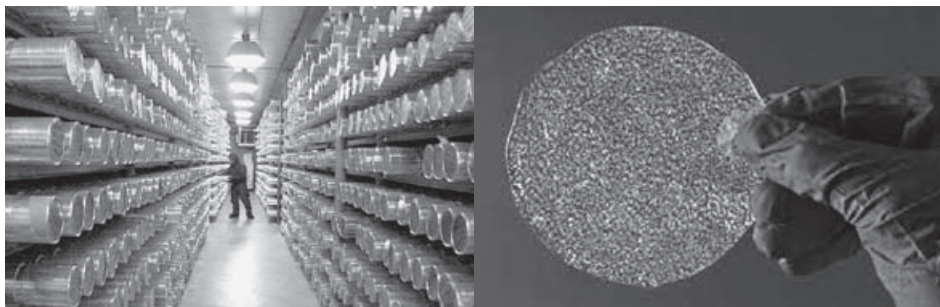
K tomu ľadu sa polárnici dokážu prevrtať a pomocou dutých vrtákov vytiahnuť z hĺbok stoviek a tisícok metrov ľadovcové valce (volajú ich ľadovcové jadrá – po anglicky „ice cores“). Podľa hĺbky, z ktorej ich vytiahli, vedia určiť, ako staré sú jednotlivé úseky jadier, a potom ich dokážu chemicky analyzovať. Z nejakého úseku jadra – povedzme starého 200 tisíc rokov – vyrežú priečny rez, ten hermeticky uzavrú, zohrejú a chemicky analyzujú vzduch, ktorý sa uvoľní z roztopeného ľadu. Ľad v ľadovcoch totiž vzniká tak, že sa postupne stláčajú vrstvy ďalšieho a ďalšieho napadnutého snehu, a ako viete z vlastnej skúsenosti, sneh obsahuje veľa vzduchu. V podobe zamrznutých vzduchových bubliniek ho môžeme vidieť aj voľným okom v kusoch ľadu. V skutočnosti to vyzerať asi takto:

*Vyberanie jadra z vrtáku*



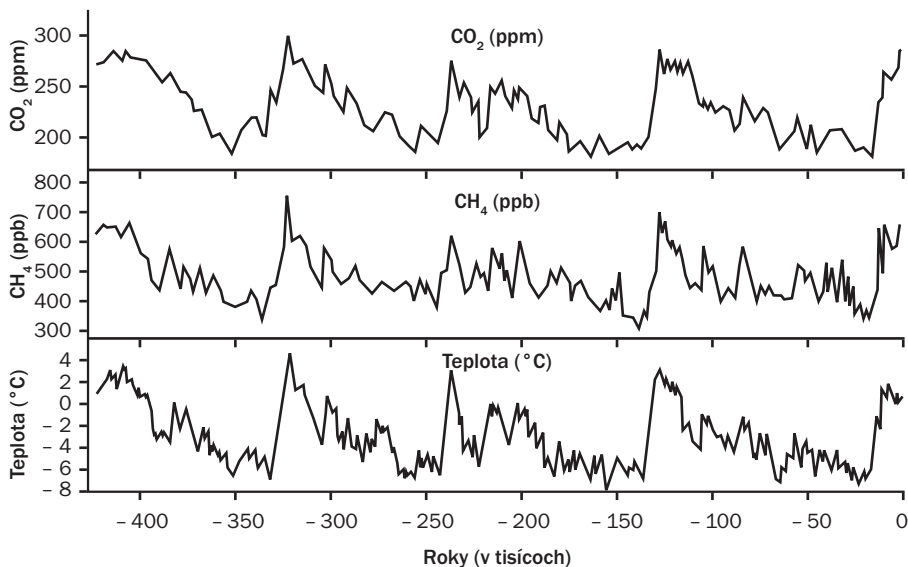
*Rezanie ľadovcových jadier v laboratóriu*





Keď vedci analyzovali vývoj chemického zloženia atmosféry Zeme za uplynulé stovky tisíc rokov, zistili veľmi zaujímavú vec: koncentrácia  $\text{CO}_2$  aj  $\text{CH}_4$  sa v atmosfére v pravidelných intervaloch mení presne tým istým tempom, ako sa striedali doby ľadové a doby medziľadové. V grafickom vyjadrení si pozrite tri krivky vývoja  $\text{CO}_2$  (horná), metánu (stredná) a teploty (dolná) za posledných 400 tisíc rokov:

#### **$\text{CO}_2$ , $\text{CH}_4$ a teplota na základe analýzy ľadových jadier v Antarktíde**



Os x znázorňuje čas v mierke po desaťtisíc rokoch, os y vyjadruje hore koncentráciu  $\text{CO}_2$  v zmrznutých bublinách vzduchu vyjadrenú v počte častíc  $\text{CO}_2$  na milión (parts per million – ppm), v strede koncentráciu  $\text{CH}_4$  vyjadrenú v počte

častíc na miliardu (parts per billion – ppb) a dole odchýlku teploty v stupňoch Celzia od dnešnej priemernej teploty na Zemi.

Krivky sa svojím tvarom skoro presne kopírujú: keď stúpa teplota, stúpajú aj koncentrácie  $\text{CO}_2$  a  $\text{CH}_4$  a keď koncentrácie týchto skleníkových plynov klesajú, klesá aj teplota.

Lenže čo z toho je vajce a čo sliepka? Spôsobuje rast koncentrácie  $\text{CO}_2$  stúpanie teploty, alebo naopak, rast teploty vedie k rastu koncentrácie oxidu uhličitého a metánu?

Keby sme mali k dispozícii oveľa podrobnejšie merania času (a vedci ich majú), zistili by sme, že teplotná krivka na koncoch dôb ľadových začína stúpať vždy o trochu skôr ako krivky koncentrácie  $\text{CO}_2$  a  $\text{CH}_4$ . Tento vzostup je spôsobený dlhým Milankovičovým cyklom. Preto sa medziľadové doby – to sú tie krátko trvajúce ostré hroty na krivke – opakujú každých 100 tisíc rokov. Zem postupne začne krúžiť po orbite bližšie k Slnku, na povrch začne dopadať o niečo málo viac žiarenia a teplota nepatrne stúpane.

Až vtedy vstúpia do hry  $\text{CO}_2$  a  $\text{CH}_4$ . Spomínate si, pri akej teplote je lepšie otvoriť fľašu kofoly? Odporúčam studenú. Pri teplej riskujete, že skončíte obliati bublinami, ktoré budú z fľaše pod tlakom prskať. Prečo je to tak? Pretože plyny sú lepšie rozpustné v kvapalinách pri nižšej teplote. Z teplej kvapaliny majú plyny tendenciu unikať.

Platí to aj vtedy, keď je tou kvapalinou voda morí a oceánov a plynom  $\text{CO}_2$ , ktorý je v morskej vode rozpustený. Kým je voda chladná, udrží viac rozpusteného oxidu uhličitého. Ale len čo sa Zem priblíži k Slnku a oceány sa len o maličký zlomok stupňa ohrejú, začína sa z nich prebytočný  $\text{CO}_2$  uvoľňovať – a dostáva sa do atmosféry, kde pôsobí ako skleníkový plyn. Vďaka tomu, že vo vzduchu stúpne koncentrácia  $\text{CO}_2$ , stúpne teplota oceánu o ďalší krôčik, uvoľní sa ďalší oxid uhličitý a takto celý cyklus pokračuje, až sa všetok oxid uhličitý z oceánov „nevyparí“ pri najvyššej dosiahnutej teplote do atmosféry. Tento mechanizmus poznáte z iných predmetov – hovorí sa mu pozitívna spätná väzba.

Čosi veľmi podobné sa deje aj s metánom, ktorého obrovské množstvá sú viazané napríklad vo večne zamrzutej pôde (permafroste) v polárnych oblastiach. Ako sa zóna permafrostu v dôsledku oteplenia zmenší,

jej okraje sa roztopia a začínajú uvoľňovať metán. Ten v nej vznikol počas rozkladu organických látok (napríklad machov, lístia, dreva) bez prístupu kyslíka.

Keď sa uvoľnený metán dostane do atmosféry, začne sa prejavovať jeho skleníkový efekt. Metán je mnohonásobne účinnejší skleníkový plyn než oxid uhličitý: kilogram metánu má v prepočte na 100 rokov pôsobenia približne 20-krát vyšší skleníkový účinok ako kilogram  $\text{CO}_2$ . Metán má však v atmosfére oproti  $\text{CO}_2$  oveľa kratší polčas rozpadu (čas, za ktorý sa polovica z neho premení na inú zlúčeninu – v atmosfére metán spravidla oxiduje práve na  $\text{CO}_2$ ) a vyskytuje sa ho v nej oveľa menej. Celkovo sa teda metán podieľa na skleníkovom efekte v atmosfére Zeme len 4 až 9 percentami, zatiaľ čo podiel  $\text{CO}_2$  je 9 až 26 percent. Pre úplnosť, skleníkový účinok majú aj mnohé iné zlúčeniny – napríklad ozónu sa pripisuje podiel 3 až 7 percent.

Pýtate sa, kde sú zvyšné percentá skleníkového efektu atmosféry? Možno budete prekvapení: za zvyšných 36 až 72 percent celkového skleníkového účinku nesú zodpovednosť vodné pary v atmosfére. Na rozdiel od skleníkových plynov sa však v atmosfére udržiavajú len veľmi krátky čas, asi 9 dní. Oproti vode sa životnosť  $\text{CO}_2$  v atmosfére odhaduje na 30 až 95 rokov a asi 10 – 20 percent molekúl  $\text{CO}_2$  sa v nej dokonca udrží celé tisícročia. Teda keď raz vďaka otepleniu všetok  $\text{CO}_2$  z oceánov „vybubľe“, polovica jeho uvoľnených molekúl bude zosilňovať skleníkový účinok ešte aj o sto rokov.

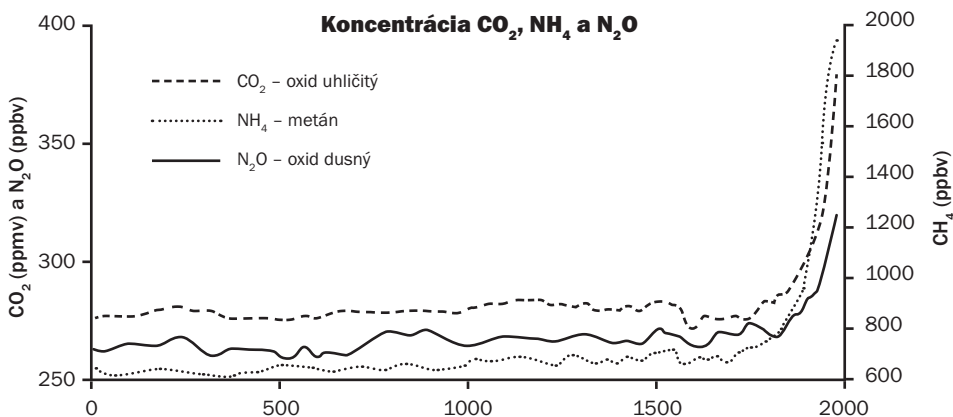
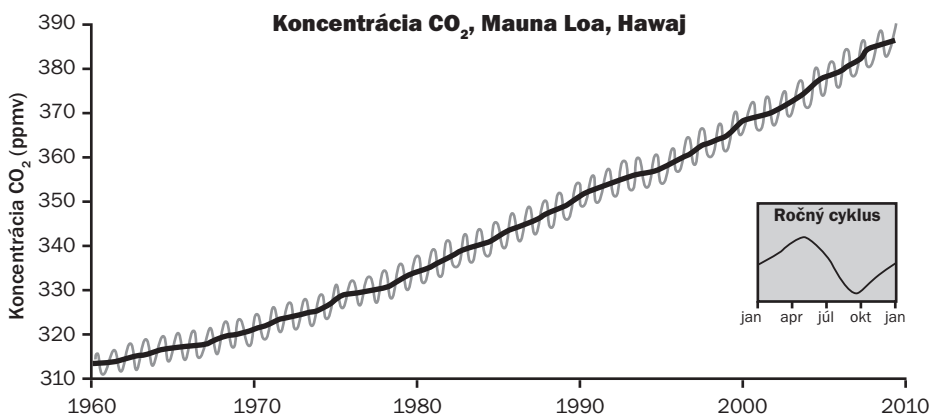
Takže Milankovičove cykly pôsobia ako spúšťač striedania dôb ľadových a medziľadových (a tiež veľkých výkyvov teplôt, ktoré sa odohrávali počas dôb ľadových a ktoré vidíme na grafe ako hrbolatú čiaru medzi medziľadovými dobami), ale ich fyzikálny efekt by bol mnohonásobne menší: skutočnú silu zmenám klímy dávajú skleníkové plyny, najmä  $\text{CO}_2$  a  $\text{CH}_4$ . Obrazne povedané, zmena obežnej dráhy Zeme je ako spúšť na zbrani: malou energiou prsta na nej uvádzate do pohybu mnohonásobne väčšiu energiu projektilu.

Pozrite sa teraz bližšie na vertikálne osi na predošlom grafe. Teplotu sme si už pozerali – tá kolísala v priemere o asi 6 °C. Medzi akými hodnotami kolísali koncentrácie oxidu uhličitého a metánu? Na krivke  $\text{CO}_2$  nájdeme najhlbšie minimá na hodnote okolo 180 ppm a najvyššie

maximá na vrcholoch medziľadových dôb na hodnote okolo 280 ppm. Koncentrácia metánu kolíše medzi 300 a 700 ppb. Možno väčšinu z vás čísla nebavia, ale skúste si týchto pár zapamätať – sú dôležité pre pochopenie toho, aký asi bude život, keď budete o niečo starší.

Že za ostatných 100 rokov stúpila priemerná teplota na Zemi o 0,8 °C sme si už povedali. Aj to, že z toho 0,5 °C bol vzostup za ostatných 30 rokov. Tieto zdanlivo malé čísla sme si porovnali so vzostupom priemernej globálnej teploty medzi poslednou dobou ľadovou a dneškom. Spomínate si? Teplota stúpila v priemere o 6 °C a táto zmena trvala asi 10 tisíc rokov.

Porovnajme si teraz koncentrácie CO<sub>2</sub> a metánu v atmosfére. Tu sú grafy – prvý zobrazuje vývoj koncentrácie CO<sub>2</sub> za uplynulých asi 50 rokov, druhý vývoj koncentrácie trojice plynov za posledných tisíc rokov.



Koncentrácie všetkých troch plynov jasne stúpajú. Všimnite si ale dosiahnuté hodnoty na vertikálnej osi. Koncentrácia CO<sub>2</sub> sa dnes rýchlo blíži k 400 ppm<sub>v</sub>, koncentrácia metánu je okolo 1 700 ppb<sub>v</sub>.

Či je to veľa alebo málo, si uvedomíme až vtedy, keď si tieto čísla porovnáme s číslami získanými z ľadovcových jadier. Z nich vieme, že maximálne koncentrácie CO<sub>2</sub> v ovzduší v dobách medziľadových boli... koľko?

280 až 300 ppm! Dnes sme na 400 ppm.

A metánu? 700 ppb. Dnes sme na 1 700 ppb.

V atmosfére je dnes o 120 ppm CO<sub>2</sub> viac, ako bolo na konci poslednej medziľadovej doby. Je to viac CO<sub>2</sub>, ako vždy stačilo na prechod z doby ľadovej (180 ppm) do doby medziľadovej (vrchol na 280 ppm).

Pri metáne, ktorý kolísal medzi 300 a 700 ppb, je rast koncentrácie na dnešných 1 700 ppb dokonca viac než trikrát vyšší.

**V medziach neúprosných zákonov fyziky to znamená iba jedno: Zem a jej obyvatelia stoja ešte len na začiatku veľkého otepľovania.**

## **Svet, v ktorom budete žiť**

Teraz by ste si možno niektorí mohli povedať: „Nevadí, ušetríme na kúrení a dovolenkách pri mori!“ Keby bol svet až tak jednoduchý, možno by to bolo fajn – ale nie je.

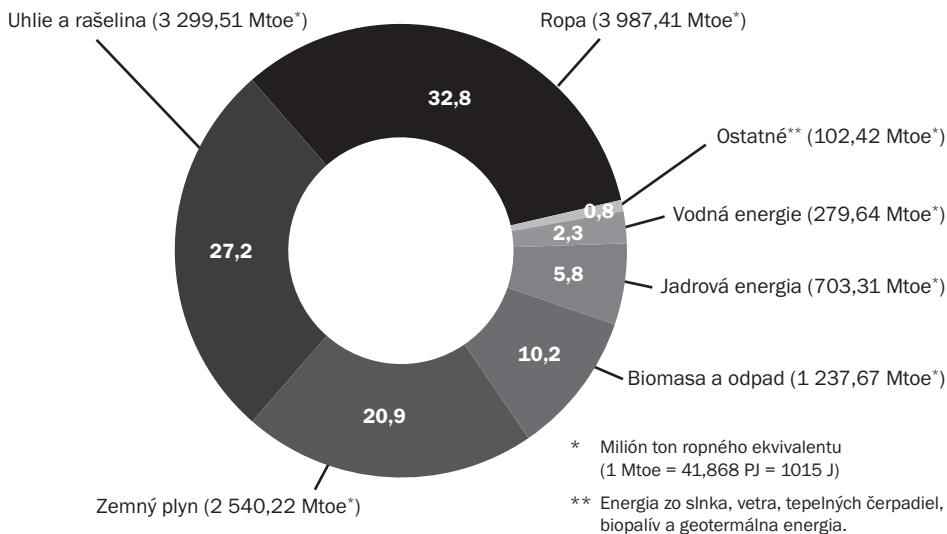
Skôr než začneme uvažovať o tom, čo ďalší rast teplôt znamená pre vašu budúcnosť, je tu ešte jedna nezodpovedaná otázka: kde sa všetok ten CO<sub>2</sub> a metán v ovzduší za posledných sto až dvesto rokov vzal? Odpoveď poznáme: jeho veľká väčšina pochádza zo spaľovania fosílnych palív, najmä ropy, uhlia a plynu.

Práve ich energia stála pri zrode priemyselnej revolúcie – najprv energia uhlia na pohon parných lokomotív a lodí, neskôr energia ropy poháňajúca motory s vnútorným spaľovaním a prúdové motory, a neskôr aj energia plynu poháňajúca elektrárne alebo vykurojúca naše domácnosti. Tieto tri druhy palív dnes poskytujú ľudstvu vyše 80 percent všetkej energie, ktorú spotrebúvame a umožňujú nám žiť tak, ako žijeme



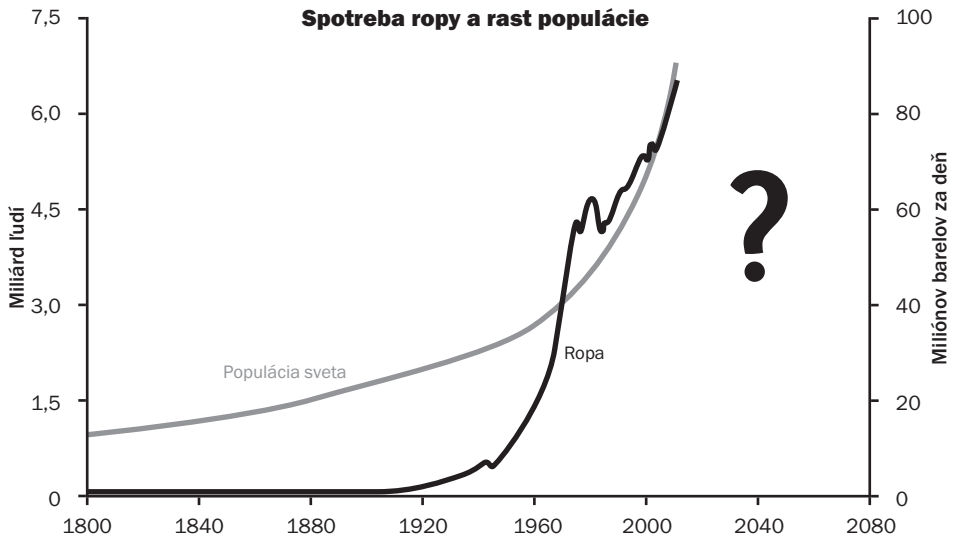
– pohodlne, bezpečne, s obrovskou spotrebou všetkého možného aj nemožného. A aj s veľkým plytvaním zdrojov.

### Globálna spotreba energie (2009)

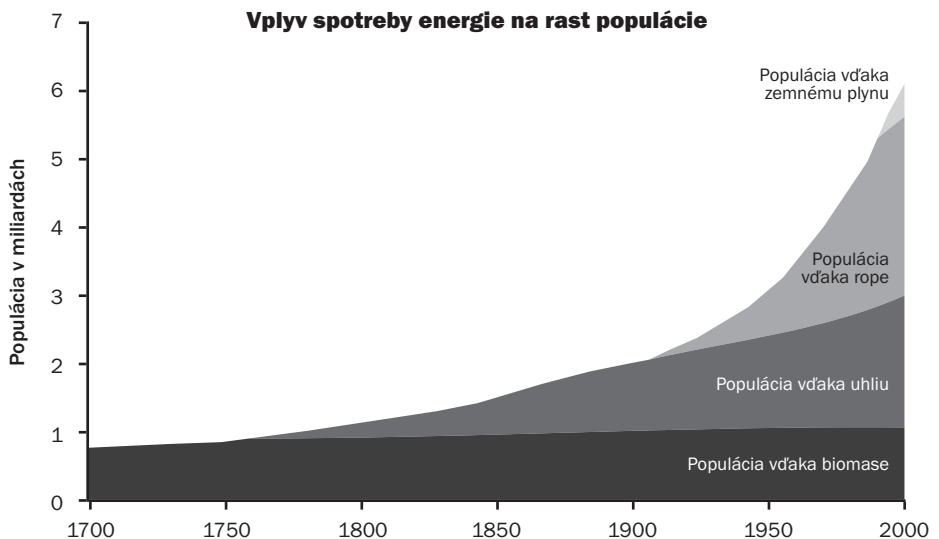


Už by ste mali vedieť, že ropa, uhlie a plyn vznikli premenou tiel rastlín a živočíchov, ktoré žili na Zemi pred sto a viac miliónmi rokov. Ich organizmy počas života ukladali vďaka fotosyntéze získanú energiu slnečného žiarenia do svojich tiel a tie sa po smrti po státisíce a milióny rokov ukladali v močiach vrstva na vrstvu. Bez prístupu vzduchu sa v močiach a plyninách nerozkladali a neskôr sa vďaka geologickým pohybom dostali pod hrubé vrstvy hornín. Tam boli tieto organické látky vystavené obrovským tlakom a teplotám a podľa miestnych pomerov v tej- ktorej lokalite z nich vznikli sloje uhlia alebo ložiská ropy či plynu.

Vznik fosílnych – doslova to znamená skamenených – palív je teda výsledkom procesov, ktoré trvali desiatky až stovky miliónov rokov a ich ložiská obsahujú slnečnú energiu nazhromaždenú a „zakonzervovanú“ v telách tisícok generácií rastlín a živočíchov. Čo si väčšina ľudí neuvedomuje je, že fosílna palivá (najmä ropa), predstavujú neuveriteľne „husto“ koncentrovanú energiu. Práve preto je také pohodlné používať ich – a ťažké nahradiť ich. Jeden barel (160 litrov) ropy obsahuje toľko energie, koľko by bol priemerný človek schopný prácou vytvoriť za 10 až 12 rokov!



Ale uvedomte si, že ani keby auto tlačilo po rovnej ceste sto najlepších atlétov na svete, nedokázali by ho ani zďaleka tlačiť rýchlosťou 100 km za hodinu. Hravo to však dokáže liter benzínu vyrobeného z ropy. A ani milión atlétov nezdvihne do vzduchu 560 tonový airbus a neprevezie 500 pasažierov za pár hodín z Európy do Ameriky. Dokáže to ale energia 60 ton leteckého benzínu.



Ropa a iné fosílné palivá nám teda umožnili robiť veci, ktoré boli predtým úplne nemysliteľné. A práve preto, že ich dnes spaľujeme takým obrovským tempom (rýchlosťou 1 000 barelov za sekundu), sme vyhnali koncentráciu CO<sub>2</sub>, ktorý vzniká pri ich spaľovaní, do úrovne, aké atmosféra Zeme nezažila už dlhé milióny rokov.

Dávno predtým, ako teplota Zeme klesla natoľko, že sa na jej póloch vytvorili ľadovce, boli aj obdobia, keď bolo na Zemi oveľa teplejšie ako dnes. Pred 55 miliónmi rokov – na rozhraní dôb, ktoré sa volajú Paleocén a Eocén – bolo na Zemi o 10 až 12 stupňov Celzia viac než dnes. Tej dobe vedci hovoria príznačne „Paleocén–Eocén Termálne Maximum“, v skratke PETM. Vieme to z analýz rozličných izotopov v usadeninách starých desiatky miliónov rokov. Hladiny oceánov boli oproti dnešku vtedy vyššie asi o 70 metrov (na Zemi prakticky nebol ľad).

Použitím podobných analýz vieme napríklad to, že keď bolo naposledy v atmosfére toľko CO<sub>2</sub> ako dnes – teda asi 400 ppm – boli hladiny oceánov a morí o 20 až 25 metrov vyššie ako dnes. Tak to bolo naposledy pred 3 miliónmi rokov v období, ktoré sa nazýva Pliocén – dávno predtým, než vznikol náš druh.

Tento poznatok má ale veľmi vážne dôsledky pre náš vlastný život: predurčuje, že v dôsledku emisií CO<sub>2</sub> a CH<sub>4</sub> spôsobených človekom stúpne teplota na Zemi natoľko, že sa rozpustí značná časť Grónskeho a Antarktického ľadovca, čo spôsobí vzostup hladiny oceánov o 20 až 25 metrov. Že sa to stane, je fyzikálne dané: nevieme iba to, ako rýchlo sa budú ľadovce topiť a ako rýchlo budú stúpať oceány. Niečo o možnej najväčšej rýchlosti stúpania hladín oceánov nám hovoria poznatky o tom, ako rýchlo stúpali hladiny pri prechode z ostatnej doby ľadovej do súčasnej medziľadovej doby. Pred asi 15 tisíc rokmi dosahovalo tempo stúpania hladín oceánu 4 až 5 metrov za jedno storočie. Alebo ak chcete, 1 meter za 20 rokov.

1 meter za 20 rokov sa niekomu môže zdať slimačie tempo. Lenže z pohľadu adaptačnej schopnosti ľudí je to strašidelná rýchlosť valiaceho sa rýchlika. Pozrite si v školskom atlase, koľko svetových veľkomiest stojí na brehoch oceánov. Žijú v nich stovky miliónov ľudí. Už dnes sú niektoré z týchto miest veľmi zraniteľné slanou vodou z morí – a každý centimeter navyše ich zraniteľnosť zvyšuje.

V roku 2005 vzdul hurikán Katrina hladinu Mexického zálivu a voda vzápätí pretrhla hrádze a zaplavila štyri pätiny mesta New Orleans. V tejto kolíske džezu vtedy zahynulo 700 ľudí, v štáte Louisiana až 1500. Mesto, ktoré malo pred hurikánom vyše 450 tisíc obyvateľov, ich dnes žije o 100 tisíc menej.

Koncom roku 2012 zaplavila voda zdvihnutá morským prílivom a hurikánom Sandy veľké časti mesta New York, zaplavila metro a cestné tunely na ostrove Manhattan. Hurikán Sandy spôsobil len v meste New York škody za skoro 20 miliárd dolárov, väčšinu z nich zapríčinili záplavy zo vzdutého mora.

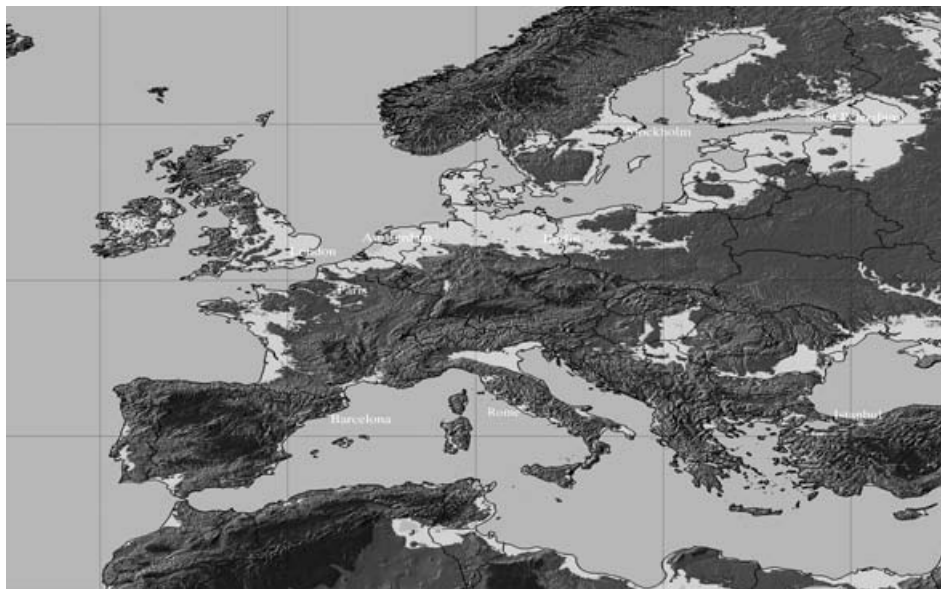
V oboch prípadoch ide o veľké pohromy, ale odohrali sa v jednej z najväčších a najbohatších krajín na svete. Mnoho štátov a veľkomiest ľahko zraniteľných zvýšenými hladinami mora sa ale nachádza v chudobných a husto osídlených krajinách. Ľudia z nich nemajú kam utiecť a na obnovu zaplavených miest nebudú mať prostriedky. Hovoríme o Karáči (13 mil. obyvateľov) v Pakistane, Dháke (7 mil. obyvateľov) v Bangladéši, Lagose (8 mil. obyvateľov) v Nigérii, Káhire (7 mil. obyvateľov) v Egypte a mnohých ďalších veľkomestách na všetkých kontinentoch sveta s výnimkou Antarktídy.

Slovensko je vnútrozemská krajina, a tak si môžete povedať: nás sa to netýka! Máte pravdu – ale len do istej miery. Ľudia, ktorí budú musieť opustiť zaplavené pobrežia, budú totiž nútení hľadať pevnú zem pod nohami a budú migrovať do vnútrozemia kontinentov. Spomeňte si, kam nedávno vyhnali problémy z Líbie desiatky tisíc utečencov – do Talianska. Hranice-nehranice, či si to Taliani želali alebo nie! Keď vám ide o život, niekam musíte utiecť.

Pokiaľ by sa napríklad rozpustil všetok ľad v Grónsku a v Antarktíde, hladiny morí by stúpili asi o 70 metrov a zaplavili by celé Belgicko, Dánsko, Holandsko, ale aj skoro polovicu Nemecka, Anglicka a asi tretinu susedného Poľska. Takže vzostup hladiny oceánov nebude zanedbateľný ani pre budúce generácie Európanov.

Ale oveľa skôr sa prejaví úplne opačný dôsledok stúpania teploty klímy ako sú povodne. Totiž suchá. A budú to práve horúčavy a suchá, čo veľmi výrazne zasiahnu už do života vašej generácie.

## Európa po rozpustení polárnych ľadovcov



Teraz si musíme položiť dve otázky: Prečo by rast teploty mal viesť k suchám? A prečo by mali byť suchá tak nebezpečné pre život a civilizáciu?

Vyššia teplota znamená vyššie odparovanie vody – o tom sa asi nemusíme presvedčať. Vyššie teploty na planéte teda povedú k tomu, že sa bude viac odparovať voda z pôd na pevninách, aj z jazier, riek, morí a oceánov. Vieme ale, že vodná para sa v atmosfére udrží v priemere len asi 9 dní – takže viac vodnej pary v ovzduší bude viesť k väčším zrážkam. Nebude to teda tak, že síce sa viac vody odparí, ale jej aj viac naprší, takže v konečnom výsledku sa až tak veľa nezmení?

Nie. Pripomeňme si dve veci, ktoré poznáme z fyziky. Prvá je, že čím je vzduch teplejší, tým viac vodnej pary udrží. Pri teplote 0 °C je vzduch maximálne nasýtený parami (teda má 100-percentnú relatívnu vlhkosť), keď je v 1 kilograme vzduchu asi 5 gramov vodnej pary. Pri 20 °C už ale udrží asi 15 gramov pár, pri 30 °C ich už udrží asi 28 gramov a pri 40 °C je v úplne nasýtenom vlhkom vzduchu v jednom kilograme až 50 gramov vodných pár. Takže teplejšia atmosféra Zeme udrží viac odparenej vody – menej sa jej vyzráža a spadne naspäť v podobe zrážok.

Dôležitejšie ale je, kde a kedy sa voda vyzráža a spadne v podobe dažďov na povrch. Už sme spomínali, že sa klíma zohrieva rýchlejšie v blízkosti pólův ako okolo rovníka. Znamená to, že rozdiel medzi priemerou teplotou na rovníku a teplotou vo vyšších zemepisných šírkach sa postupne znižuje. To má veľmi vážne dôsledky pre intenzitu prúdenia vzdušných mäs nad oceánmi aj pevninami medzi chladnejšími oblasťami smerom k pólom a teplejšími smerom k rovníku. To, čo tieto obrovské prúdenia poháňa, je totiž práve takzvaný teplotný gradient – rozdiel ich teplôt. O tomto princípe sa presvedčíte veľmi jednoducho.

Čo sa stane, keď v mrazivej zime aj pri úplnom bezvetrí otvoríte okno v triede? Do triedy sa vám dolnou polovicou okna začne valiť studený vzduch zvonka a cez hornú uniká von teplý vzduch z miestnosti. Nepotrebuje k tomu žiadny ventilátor, tento pohyb vzduchu dnu a von sa deje bez vašej pomoci – poháňa ho práve teplotný rozdielom medzi vykúrenou triedou s +20 °C a mrazivým vzduchom vonku. Čím väčší mráz je vonku, tým rýchlejší bude vpád studeného vzduchu do triedy. Horná časť okna sa zahmlí, lebo sa na nej zráža voda z teplého vzduchu z triedy, ktorý udržiava oveľa viac vodných pár ako studený vzduch vonku. A môžete pozorovať aj to, ako sa čiara rosenia okna pri výmene vzduchu bude postupne posúvať na otvorenom krídle okna čoraz vyššie.

Na takomto istom princípe sa hýbu aj obrovské masy vzduchu v atmosfére Zeme. Pri veľkom rozdielom teplôt medzi rovníkom a polárnymi oblasťami je pohyb vzdušných mäs intenzívnejší, pri menšom teplotnom rozdielom bude menej intenzívny. Pri vyššej teplote sa vďaka tomu veľké masy vlhkého vzduchu dostávajú sponad morí a oceánův hlboko nad kontinenty a prinášajú so sebou dažďové zrážky. To je zdroj monzúnových dažďův v Afrike a Ázii. Keď sa teplotný gradient zmenší, naruší sa aj pohyb týchto mäs: nezastaví sa, ale dá sa predpokladať, že sa naruší pravidelnosť prúďov a vzdušné prúdenia nebudú mať takú energiu, aby prinášali blahodarné dažde hlboko do vnútrozemia kontinentův. V teplejšom svete sa veľa vyparenej vody vyparí ešte nad oceánmi a je pravdepodobné, že kým vnútrozemia kontinentův budú vysychať a niekde sa meniť na púšte, niektoré pobrežné oblasti budú naopak viac ako doteraz vystavené privalovým dažďom a povodňiam.

A teraz tá druhá otázka: prečo by nás mali „vzrušovať“ suchá? Pravdu povediac, túto otázku položí najmä ten, kto v živote nevidel púšť alebo polopúšť. Ten, kto púšte a polopúšte videl, alebo o nich aspoň čítal, vie, že sú to pre človeka veľmi nehostinné a preto skoro neobývané územia. Pusté sú práve preto, že im chýba to, čo človek nevyhnutne a stále potrebuje k životu: voda.

Skúste si spomenúť, koľko vody ste dnes použili. Možno poviete, že ste vypili asi pol litra. Niektorí zaráta aj pár litrov vody, ktorú použil na spláchnutie záchoda, ranné umývanie a tí, čo sa ráno sprchujú, možno dospejú k záveru, že spotrebovali 30 alebo 40 litrov vody. Všetci sa mýlia! Každý z nás spotrebuje oveľa viac vody, než si myslí – len väčšiny z nej sa nedotkol priamo. Bez vody by neboli potraviny ani nápoje, ktoré ste dnes od rána zjedli. Dali ste si ráno dvojdecový pohár mlieka? Na jeho výrobu bolo potrebných 200 litrov vody. Dali ste si šálku kávy? Na jej vypestovanie bolo treba 140 litrov vody. Vajíčko? Ďalších 140 litrov vody. 30 gramový kus chleba s 10 gramami syra? 90 litrov. K tomu jedno jablko? 70 litrov vody...

Také veľké množstvá vody sú potrebné na dopestovanie potravín. V rastlinnej potrave je tejto „virtuálnej“ vody o niečo menej, v mäse niekoľkonásobne viac. Ale tak či onak ide o obrovské kvantá životodarnej tekutiny, ktorá je nevyhnutná na dopestovanie a spracovanie všetkého, čo zjeme. Prečo? Lebo tak ako my, ani žiadny rastlinný alebo živočíšny organizmus nemôže žiť ani rásť bez vody. Sú živočíchy a rastliny, ktoré sú oveľa odolnejšie voči suchu ako my – ale keby sme sa mali nimi živiť, dlho by sme nevydržali alebo by nás muselo byť mnohonásobne menej.

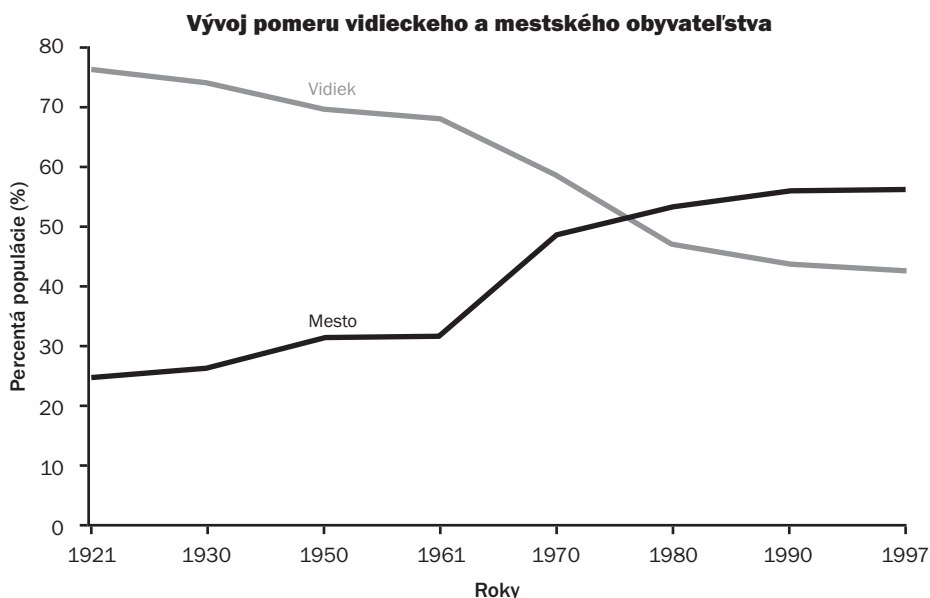
Púšte sú skoro bez rastlín a živočíchov a prakticky ľudoprázдне preto, lebo majú málo vody. Tak málo, že väčšie organizmy nedokáže vôbec užiť.

Mnohí ľudia si myslia – možno aj vy –, že veľkosť civilizácie určujú veľkolepé stavby, moderné technológie, kultúrne diela. Lenže v skutočnosti celá naša civilizácia s jej počítačmi, mobilmi, autami, lietadlami a všetkým, čo nás v mestách obklopuje, závisí od poľnohospodárstva. Ľudská civilizácia by pokojne prežila bez áut, diaľnic, bánk aj telefónov – absolútne však nemôže existovať bez polí a poľnohospodárov. Na poľ-

nohospodárstve stojí a padá celý moderný svet. Dokonca aj slovo kultúra pochádza z latinského slova „agricultura“ (obrábanie pôdy).

Význam poľnohospodárstva pre existenciu našej civilizácie si dnes väčšina ľudí vôbec neuvedomuje. Na roľníkov sa dnes zväčša pozerá zhora a s pokrčeným nosom, málokto z mladých ľudí túži pracovať v poľnohospodárstve. Viac ako polovica ľudí na svete a tri štvrtiny obyvateľov Európskej Únie dnes žije v mestách, odtrhnuto od pôdy. V poľnohospodárstve u nás pracuje len 3 až 5 percent obyvateľov. Ani nečudo, že si význam poľnohospodárstva pre existenciu našej civilizácie mnohí neuvedomujeme.

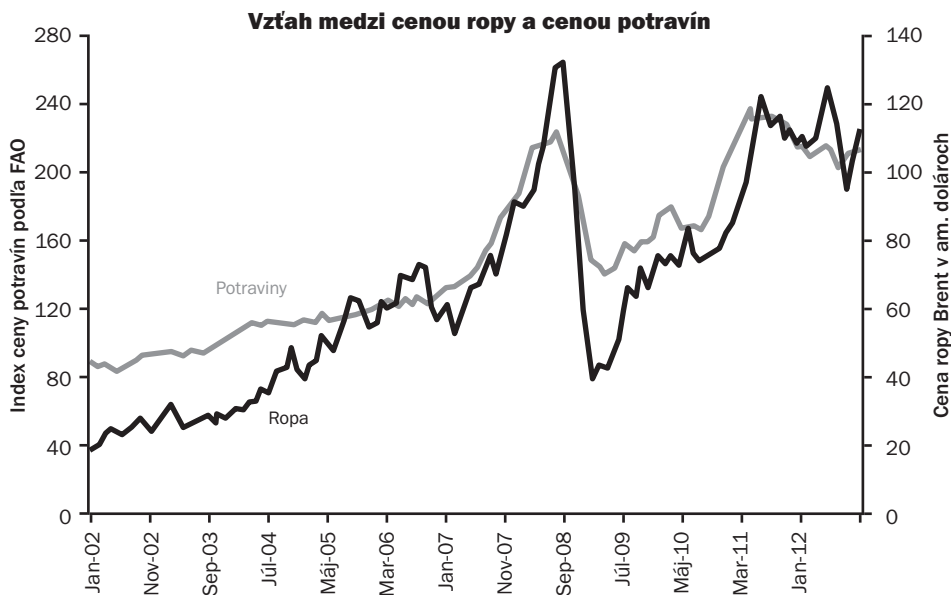
Lenže všetok luxus a život v mestách si môžeme dovoliť len a len preto, že tých 5 percent roľníkov dokáže vyrobiť dostatok potravín pre všetkých. Ešte veľmi nedávno – okolo roku 1800 – žilo v strednej Európe v mestách menej než 5 percent všetkých obyvateľov: zvyšných 95 percent ľudí žilo na dedinách a drvivá väčšina z nich živila seba aj tých 5 percent mešťanov prácou na poliach. Dokonca ešte v rokoch 1920 – 1930 (keď už boli na svete vaši starí rodičia a prarodičia) žila na Slovensku v mestách len štvrtina ľudí. A skoro všetky tie mestá boli maličké. Vývoj na Slovensku zachytáva nasledujúci graf:





A vrátme sa k fosílnym palivám – práve oni (a spomedzi nich na najmä ropa) umožnili vznik sveta, v ktorom 3 percentá poľnohospodárov živia 97 percent ľudí, ktorí robia niečo iné. Spomeňte si na obrovské množstvo energie obsiahnuté v každom litri ropy: práve táto energia poháňa traktory, kombajny, nákladné autá a celý poľnohospodársko-potravinársky komplex, ktorý nás všetkých živí. Vďaka rope dokáže hrstka farmárov obrobiť európske aj americké polia, vychovať stáda dobytky a dodať nám na stoly lacné potraviny – a my vďaka nim môžeme žiť náš pohodlný mestský život.

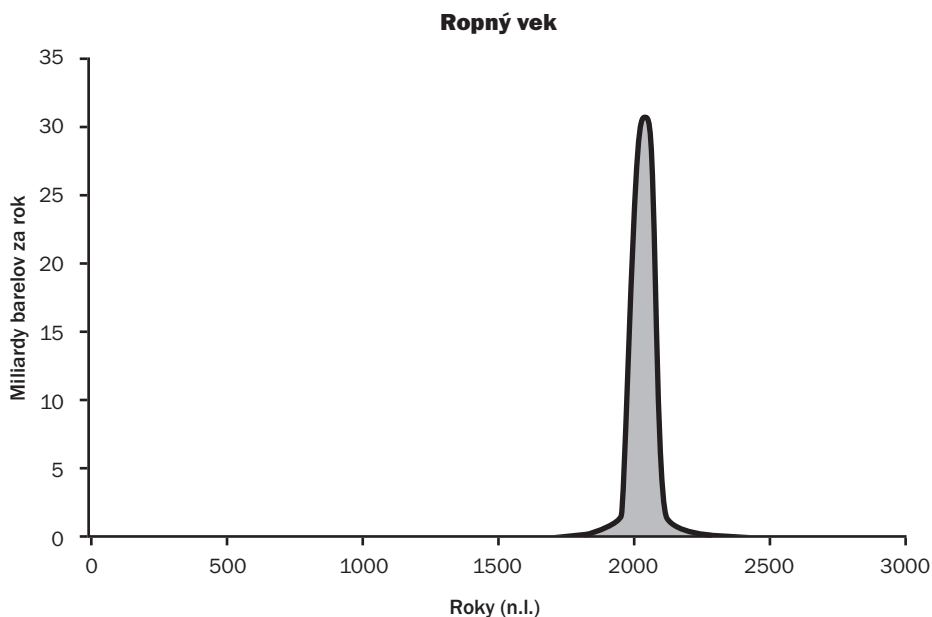
Ropa samozrejme nie je jediný faktor, ktorý umožnil rozvoj výkonného intenzívneho poľnohospodárstva. Je to ale faktor úplne nevyhnutný a nenahraditeľný. To je aj dôvod, prečo sú svetové ceny ropy a ceny potravín tak úzko previazané. Ukazuje to nasledujúci graf: keď stúpa cena ropy, rastú aj ceny potravín. Keď je ropa lacnejšia, ceny jedla klesajú.



Lenže ako už vieme, ropa je požehnaním a prekliatím súčasne. Čím viac jej spolu s uhlím a zemným plynom spaľujeme, tým viac oxidu uhličitého je v atmosfére a tým viac bude stúpať teplota na Zemi. Čím bude vyššia teplota na Zemi, tým bude v niektorých oblastiach na kontinentoch suchšie. A čím bude suchšie, tým ťažšie bude dopestovať dosť potravín pre 7 miliárd ľudí.

Než sa začneme hovoriť o suchách, ostaňme ešte chvíľku pri rope – tejto krvi modernej ekonomiky. Už sme si povedali, ako ropa, uhlie a zemný plyn vznikli a že sú čímsi ako konzervami slnečnej energie uloženej pomocou fotosyntézy do tiel rastlín a živočíchov a potom skoncetrovanej za pôsobenia zemského tlaku a teploty. Ich zásoby sú ohraničené – ako bol konečný počet rastlín a zvierat, z ktorých vznikli. Keď je niečo konečné, niekde musí mať koniec: otázka je len kde a kedy. To je síce dobrá správa pre atmosféru (lebo onedlho už nebude čo spaľovať a oxid uhličitý prestane stúpať), ale veľmi zlá správa pre ľudí (keďže celý náš život, výroba aj spotreba tak veľmi od ropy závisia).

S veľkosťou svetových zásob ropy je to ale zložitejšie: nie všetky ložiská ropy sú rovnako veľké, kvalitné a rovnako dostupné. Ako so všetkým, aj s ropou ľudia narábajú ekonomicky: to znamená, že najprv spotrebujú ropu, ktorá je najkvalitnejšia a ktorá sa najľahšie a najlacnejšie ťaží. Dnes, viac ako sto rokov od prvej ťažby ropy, sme už všetku ľahko dostupnú a najkvalitnejšiu ropu vyťažili – v zemi jej síce ešte stále ostáva veľa, ale len tej menej kvalitnej, uloženej v hlbokých morských alebo iných veľmi ťažko a draho dostupných ložiskách.



Na to, aby sme túto hlbokú a nekvalitnú ropu vyťažili, potrebujeme stále viac energie. Aby sme energiu získali, musíme nejakú energiu investovať. Čím viac energie spotrebúvame na ťažbu palív, tým menej energie nám ostáva pre vlastnú spotrebu. Parameter, ktorý sleduje pomer investovanej a získanej energie, sa volá EROI (Energy Return on Energy Invested, v preklade energetická návratnosť investovanej energie).

Čím je kvalitnej ropy menej, čím komplikovanejšie je vyťažiť ju a čím je EROI ťažby ropy nižší, tým drahšia je v konečnom dôsledku ropa, ktorá sa dostáva na trh. Za 10 rokov od roku 2003 stúpla cena za barel ropy viac ako trojnásobne. Ale ani tento obrovský rast jej ceny nevedol k tomu, aby sa zvýšila jej svetová produkcia. Tá od roku 2005 stagnuje. Zdá sa, že schopnosť svetového ropného priemyslu dosiahla vrchol a pred nami je fáza trvalého poklesu ťažby ropy. Ropa v nasledujúcich rokoch a desaťročiach, teda počas vašich životov, bude nielen oveľa drahšia ako dnes, ale bude jej aj podstatne menej.

Čo to znamená z pohľadu produkcie potravín? Na to, aby sme ich dopestovali, budeme mať k dispozícii stále menej energie – aby sme sa užívali, v poľnohospodárstve bude musieť robiť oveľa viac ľudí ako dnes a potraviny budú oveľa drahšie. Bez potravín sa ale žiť nedá, takže ľudia budú nútení vydávať na potraviny oveľa väčšiu časť svojich príjmov ako dnes. Tí, čo sú dnes chudobní a nedokážu si jedlo dopestovať sami, budú v takých podmienkach hladovať, v chudobných krajinách aj zomierať. Aj mnohí z tých, čo sú dnes na tom finančne pomerne dobre, nebudú mať dosť peňazí na spotrebu iných tovarov – elektroniky, áut, kozmetiky, dovoleníek, jedla z reštaurácií a iných luxusných výdavkov. To ale znamená, že mnohí ľudia, ktorí sa dnes živia napríklad turistickým ruchom, predajom elektroniky a kozmetiky alebo výrobou automobilov, časom prídu o prácu. Keď ľudia nie sú schopní nakupovať, nie je dôvod predávať ani vyrábať...

Keby bola naša kapacita vyrábať rovnaké množstvá potravín ako v minulosti obmedzená len rastúcimi cenami a nedostatkom ropy, boli by sme na tom ešte pomerne dobre. Do hry však vstupuje viacero ďalších faktorov. A jeden z najhrozivejších z nich je stúpajúca teplota na Zemi a rastúca frekvencia a intenzita sucha.

Na vyradenie časti svetovej produkcie potravín a na to, aby ich ceny začali raketovo rásť, nie je nevyhnutné, aby sa polia premenili na púšte. Na zničenie úrody celkom postačuje niekoľko mesiacov horúčav a sucha. Také horúčavy a suchá postihli napríklad západné Rusko v lete 2010. V ich dôsledku klesla úroda pšenice v Rusku zo 100 miliónov ton v roku 2009 na 65 miliónov ton v roku 2010, teda asi o tretinu. V roku 2009 bolo Rusko po USA druhým najväčším exportérom pšenice na svete a na svetové trhy jej dodalo asi 20 percent. V roku 2010 však Rusko v záujme potravinovej bezpečnosti svojich vlastných občanov vyhlásilo embargo na vývoz pšenice do zahraničia. Svetové trhy na to zareagovali okamžitým rastom cien – rástli nielen ceny pšenice, ale aj ostatných potravín. Tento prudký rast svetových cien potravín v druhej polovici roka 2010 môžete vidieť na krivke cien potravín na grafe na strane 23.

Na začiatku roka 2011 už svetové ceny potravín lámali historické rekordy. Neostalo to bez sociálnej odozvy. Ľudia v krajinách závislých od dovozu väčšiny potravín sa začali búriť. Nemalo by vás prekvapiť, že najviac zasiahnutí boli práve obyvatelia púštnych a polopúštnych krajín severnej Afriky a Blízkeho východu. Vo veľmi krátkom čase prepukli krvavé revolúcie a násilné konflikty v Tunisku, Egypte, Jemene, Líbyi, Sýrii a v ďalších arabských krajinách. Politici nazvali tieto udalosti „Arabská jar“, aj keď príliehavejšie by bol názov „horúce arabské leto“. Lebo mnohé z týchto konfliktov budú pokračovať ďalej. Revolúciou môžete zvrhnúť vlády a diktátorov, ale nevyrobíte ňou žiadne potraviny ani keby na námestia vyšlo protestovať sto miliónov ľudí.

V roku 2012 zasiahlo mimoriadne sucho aj veľkú časť územia USA – krajiny, ktorá je výrazne najväčším svetovým exportérom kľúčových potravín (najmä pšenice a kukurice). Sucho v roku 2012 bolo svojím rozsahom a intenzitou tak mimoriadne, že začalo historikom pripomínať éru tzv. „Dust Bowl“. Toto obdobie trvalo od roku 1930 skoro až do začiatku druhej svetovej vojny a patrí medzi najtragickejšie v dejinách USA. Niekoľkoročné suchá vtedy premenili polia v centrálnych štátoch USA (severnom Texase, Oklahome, Kansase a v priľahlých štátoch) na prachové púšte. Ľudia zomierali v prachových búrkach, tisícky fariem úplne zbankrotovalo a pochoval ich prach (pozri obrázok) a milióny ľudí muselo opustiť zasiahnuté územie a odsťahovať sa do iných štátov v USA.

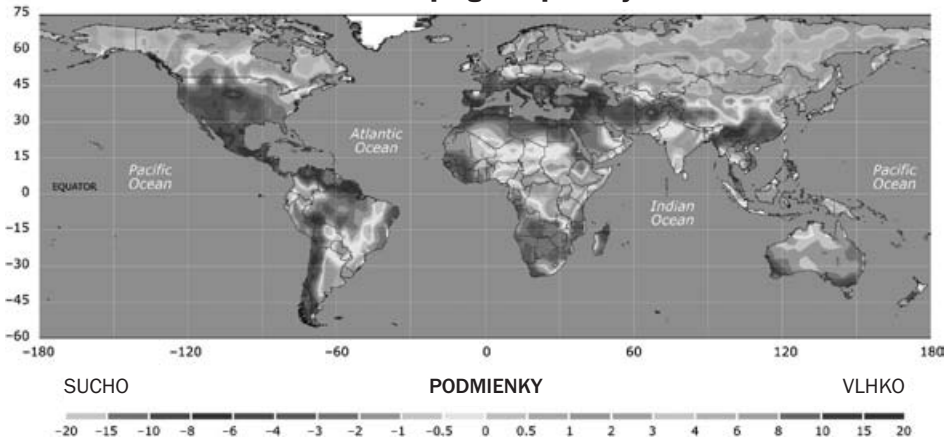
## Región Dust Bowl (1930 – 1936)



Suchá nakoniec poľavili a na území Dust Bowl bola dokonca objavená najväčšia zásobáreň podzemnej vody v severnej Amerike, ktorá sa volá Ogalala. Dnes z nej pumpujú miliónom studní vodu na zavlažovanie polí. Ale hladina vody v rezervoári Ogalala rýchlo klesá. Ak sa budú opakovať suchá, aké stred USA postihli v roku 2012, bude klesať ešte rýchlejšie, lebo farmári jej budú musieť čerpať stále viac. Koniec sa dá domyslieť – jediná otázka je, kedy v rezervoári dôjde voda. Isté je jedno: bude to skôr, ako sa väčšine z vás narodí prvé dieťa.

Ako teda bude vyzeráť svet vašej mladosti z pohľadu sucha a zrážok? Podľa amerického vedca Aiguo Daia asi tak, ako ho zachytáva nasledujúca mapka. Tá mapka zobrazuje prognózu vývoja Palmerovho indexu závažnosti sucha (PDSI – Palmer Drought Severity Index). Vyplýva z nej, že intenzívne suchá zasiahnu najvýznamnejšie oblasti produkcie potravín na svete: napríklad rozsiahle centrálné oblasti USA, južnú Čínu, celú oblasť Stredozemného mora (vrátane južných krajín Európskej Únie a Balkánu). Aby ste si vedeli urobiť predstavu o tom, akú intenzitu

## Palmerov index sucha: prognóza pre roky 2030 – 2039

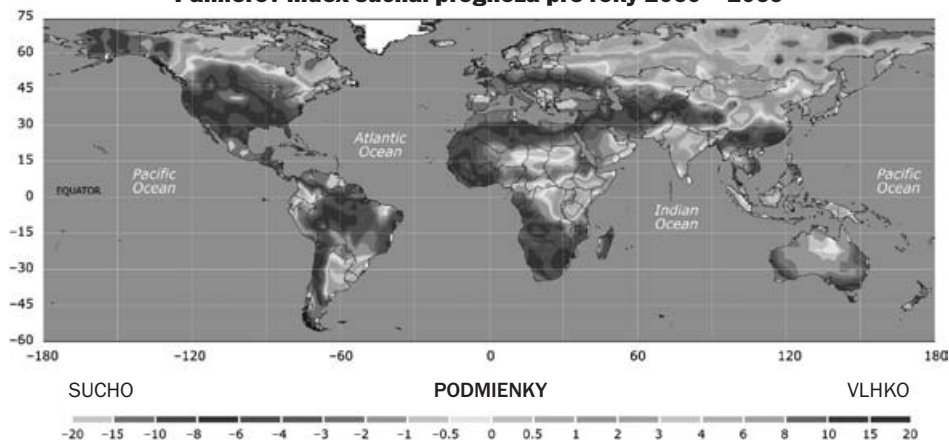


sucha Dai na základe svojho výskumu predpovedá, prezradíme vám, že počas obdobia Dust Bowl bolo sucho vyjadrené indexom PDSI väčšinou na úrovni mínus 3 až mínus 4 a len krátkodobo na úrovni mínus 6. Na tejto úrovni PDSI by podľa Daia mali byť približne o 20 rokov veľké časti Číny (najľudnatejšej krajiny na svete) a skoro celé Spojené štáty (krajiny, ktorá je dnes najväčším svetovým exportérom potravín). Očakávané suchá v celej oblasti okolo Stredozemného mora by mali byť ešte intenzívnejšie a mali by dosahovať hodnoty až mínus 10. To by znamenalo premenu častí Španielska, Grécka a Talianska na polopúšte a púšte.

Ak sa pán Dai vo svojich analýzach a prognózach zásadnejšie nezmyšľal, o ďalších 30 rokov (teda okolo roku 2060, keď už aj vy budete staršie dámy a páni) bude svet vyzerať ešte oveľa horšie. Z mapy pre toto obdobie vidíte, že Sahara „preskočí“ Stredozemné more a bude sa šíriť v južnej Európe a podobný púštny osud postihne aj dnes zelené polia centrálnych USA a južnej Kanady a niektoré iné regióny sveta, ktoré v súčasnosti produkujú prebytky potravín.

Predpovedať s istotou budúcnosť je veľmi ťažké. Ale nemali by sme sa vzdávať úsilia pochopiť a predvídať, kam vývoj smeruje a aké to bude mať dôsledky. Len ak budeme budúcnosť správne predvídať, môžeme sa na ňu nejakým spôsobom pripraviť. Môžeme samozrejme dúfať, že sa klíma Zeme bude meniť pomalšie, než varujú prognózy vedcov a že suchá nebudú tak kruté, rozsiahle a devastujúce.

## Palmerov index sucha: prognóza pre roky 2060 – 2069



Ale je prakticky isté, že horúci a suchý svet s nedostatkom ropy bude svetom, v ktorom bude oveľa ťažšie a pravdepodobne nemožné dopestovať dostatok potravín pre 7 miliárd ľudí. V takom prípade ľudstvo čakajú hladomory a obdobie dlhých konfliktov o ostávajúce životne dôležité zdroje – vodu, pôdu a zvyšok ropy.

Aj keby sa nám vyhli tie najhoršie možné scenáre budúcnosti, je isté, že potraviny budú z roka na rok drahšie a ich nákupy pohltia z roka na rok väčšiu časť rodinných rozpočtov. Ten, kto sa dnes naučí dopestovať si aspoň časť potravín sám, v budúcnosti celkom iste veľa ušetrí a uvoľní si zdroje na iné dôležité veci. Ten, kto dokáže vypestovať viac než spotrebuje jeho rodina, bude na tom ešte lepšie. Ten, kto sa naučí pestovať druhy rastlín odolné voči vyšším teplotám a suchu alebo kto sa naučí zachytávať a uskladňovať čo najviac dažďovej vody, bude na tom oveľa lepšie ako ten, kto si dnes myslí, že v dospelosti bude úradníkom, právnikom či bankárom s pohodlným životom.

Škola má žiakov čo najlepšie pripraviť na ich budúci život. Dúfame, že mnohým z vás táto publikácia pomôže urobiť v živote veľa správnych rozhodnutí. Ak už máte ako generácia padať, nech je to pád s dobrým padákom a mäkkým doskokom!

## **O autorovi**

Juraj Mesík (MUDr.) je absolvent Lekárskej fakulty UK v Martine. Dlhé roky sa venoval problematike ekológie ako poradca ministra vo Federálnom výbore pre životné prostredie v Prahe a neskôr ako riaditeľ Nadácie Ekopolis v Banskej Bystrici. V rokoch 2003 až 2008 pracoval vo Svetovej banke vo Washingtone a podieľal sa na rozvojových projektoch v Tanzánii, Keni, Nigérii, Thajsku a ďalších krajinách. V súčasnosti učí o globálnych problémoch a výzvach na Univerzite Palackého v Olomouci a na Univerzite Komenského v Bratislave. Je otcom troch synov.