

Slunce na Zemi

Cyklus Slunce na Zemi zahrnuje několik dílčích aktivit, jejichž prostřednictvím se studenti seznámí s osudem slunečního záření na Zemi, konkrétně s čistou radiací a jejími jednotlivými složkami a dozvědí se, jak vegetace a jiný rostlinný povrch ovlivňuje počasí a jak přispívá k chlazení ekosystémů a malému cyklu vody. Pochopí také fyzikální princip skleníkového efektu, který brání okamžitému vyzáření sluneční energie do vesmíru, a tím udržuje vhodné klima pro život na Zemi. V praxi si studenti ověří některé informace měřeními a pomocí výpočtů si uvědomí, o jaké energii se v ekosystémech jedná. V neposlední řadě se v rámci aktivity studenti setkají s běžným populárně naučným textem v angličtině a rozšíří si slovní zásobu. Znalosti si studenti zopakují v poslední aktivitě, která je navíc přiměje přemýšlet o problematice v širším socio-ekonomickém kontextu.

Cílová skupina/náročnost:

Aktivity jsou určeny studentům čtyřletých gymnázií nebo vyššího stupně víceletých gymnázií, především ve vyšších ročnících.

Autor:

Mgr. Alena Dostálová, Ph.D.

Všechny uvedené texty, obrázky a videa jsou vlastní, není-li uvedeno jinak. Autory Youtube embed videí lze nalézt při kliknutí na znak Youtube ve videu během přehrávání.

K plnohodnotnému využití této studijní opory je nutný přístup k on-line zdrojům a materiálům.

Tento materiál vznikl z finanční podpory Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky v rámci projektu „Popularizace vědy a badatelsky orientované výuky“, reg .č. CZ.1.07/2.3.00/45.0007.

1 Slunce na Zemi

Anotace

Cyklus Slunce na Zemi zahrnuje několik dílčích aktivit, jejichž prostřednictvím se studenti seznámí s osudem slunečního záření na Zemi, konkrétně s čistouradiací a jejími jednotlivými složkami a dozví se, jak vegetace a jiný rostlinný povrch ovlivňuje počasí a jak přispívá k chlazení ekosystémů a malému cyklu vody. Pochopí také fyzikální princip skleníkového efektu, který brání okamžitému vyzáření sluneční energie do vesmíru, a tím udržuje vhodné klima pro život na Zemi. V praxi si studenti ověří některé informace měřeními a pomocí výpočtů si uvědomí, o jaké energii se v ekosystémech jedná. V neposlední řadě se v rámci aktivity studenti setkají s běžným populárně naučným textem v angličtině a rozšíří si slovní zásobu. Znalosti si studenti zopakují v poslední aktivitě, která je navíc přiměje přemýšlet o problematice v širším socio-ekonomickém kontextu.

Ačkoli můžete ve výuce využít jen některé dílčí aktivity cyklu Slunce na Zemi, doporučuji pro komplexní pochopení problematiky, zařadit do výuky všechny, pokud možno v pořadí, v jakém jsou v cyklu za sebou řazeny:

1. Anglický článek Earth's Energy Budget

Studenti se prostřednictvím anglického populárně naučného textu seznámí s osudem slunečního záření na Zemi, s energetickou bilancí Země a s vlivem skleníkových plynů na energetickou bilanci Země. Součástí aktivity je seznam anglických termínů, které rozšíří slovní zásobu o odborné termíny z této problematiky.

2. Prezentace Slunce na Zemi

Prezentace navazuje na předchozí aktivitu a seznamuje studenty s osudem té části slunečního záření, která výrazně ovlivňuje terestrické ekosystémy. Důraz je kladen na vliv bioty na změnu poměrů hlavních energetických toků – především latentního tepla a pocitového tepla, včetně vazby na malý cyklus vody.

3. Mikroklimatická měření

Mikroklimatickým měřením na různých stanovištích si studenti ověří, že různé krajinné povrchy transformují sluneční záření do různých složek, a některé pokrivy se tedy více zahřívají než jiné.

4. Kdesi v hlubokém vesmíru – revize znalostí studentů

Aktivita formou příběhu proloženého otázkami reviduje znalosti studentů o tématu a nutí je uvažovat o problematice v širokém socio-ekonomickém kontextu.

Cíle a cílové výstupy

Cíle:

1. Seznámit studenty s osudem slunečního záření na Zemi.
2. Seznámit studenty s jednotlivými složkami radiační bilance a vštípit jim základní představu o tom, jak různé krajinné pokrivy ovlivňují jednotlivé složky radiační bilance.
3. Pochopit, jak změny v radiační bilanci mohou měnit klimatické podmínky na Zemi, biotu i jak mohou ovlivňovat socio-ekonomické prostředí. Cílové výstupy:

ad 1.

- studenti ví, co je solární konstanta a znají jednotlivé složky radiační bilance Země;
- studenti rozumí proč je solární záření především ve viditelném spektru a proč je odražené záření Země především v dlouhovlnném infračerveném záření a rozumí vlivu skleníkových plynů v atmosféře na celkovou radiační bilanci planety;
- studenti znají klíčové odborné termíny týkající se tématu anglicky.

ad 2.

- studenti chápou, jak mohou různé krajinné pokrivy ovlivnit jednotlivé složky radiační bilance;
- studenti rozumí tomu, jak změny v distribuci slunečního záření mezi jednotlivými složkami ovlivňují energetickou bilanci krajiny, jak jsou propojeny s malým cyklem vody, jak ovlivňují mikroklima a mezoklima daného území a jaký mohou mít vztah k některým klimatickým jevům (přivalovým srážkám, vichřicím, kroupám...).

ad 3.

- studenti dokáží přemýšlet o důsledcích změn v tocích energie na Zemi a dokáží dedukovat možné dopady těchto změn na socio-ekonomické prostředí společnosti.

Cílová skupina

Aktivity jsou určeny studentům čtyřletých gymnázií nebo druhému stupni víceletých gymnázií, především ve vyšších ročnících.

Časová náročnost

ad 1. Anglický článek Earth's Energy Budget

- 1 až 2 vyučovací hodiny (při domácí přípravě překladu 1 vyučovací hodina, bez ní 2 vyučovací hodiny).

ad 2. Presentace Slunce na Zemi

- 1 až 2 vyučovací hodiny (dle míry diskuse problému a hloubce komentářů učitelem).

-

ad 3. Mikroklimatická měření

- minimálně 2 vyučovací hodiny na terénní část aktivity (demonstrace měření, přesun na plochy, vlastní měření, přesun do školy);
- minimálně 1 vyučovací hodina, lépe 2 vyučovací hodiny na zpracování a interpretaci dat.

ad 4. Kdesi v hlubokém vesmíru – revize znalostí studentů

- 2 vyučovací hodiny (i déle v závislosti na hloubce diskuse problematiky), část časové dotace lze přenést na domácí přípravu studentů.

-

Pomůcky, přístroje a materiál

ad 1. Anglický článek Earth's Energy Budget

- příslušný počet kopií článku a seznamu slovíček pro studenty (dokument earth_energy_budget.pdf; slovíčka z dokumentu slunce_na_zemi_earths_energy_budget.pdf – str. 12-13);
- projekční technika pro přehrání videí k článku (dokumenty: NPP_Ceres_Longwave_Radiation.ogv.720p.webm, NPP_Ceres_Shortwave_Radiation.ogv.720p.webm);
- předpokládaná úroveň znalosti angličtiny učitele Upper Intermediate, je však možné spojit hodinu biologie s hodinou angličtiny s tím, že jazykovou stránku problému bude řešit angličtinář.

-

ad 2. Presentace Slunce na Zemi

- projekční technika schopná prezentovat prezentaci ve formátu .pptx.

3. Mikroklimatická měření

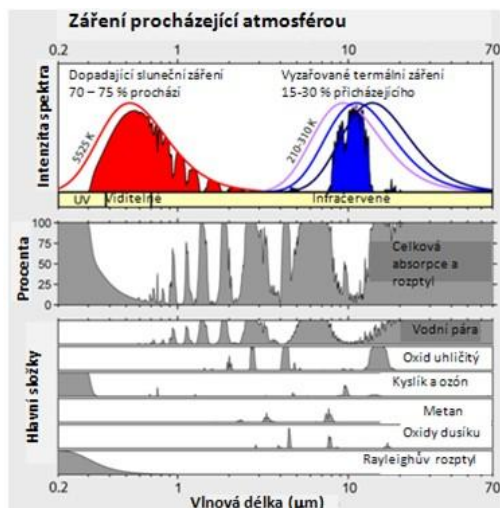
- několik sad teploměrů a vlhkoměrů, případně měřičů intenzity slunečního záření. Důležité je, aby se jednalo o stejné přístroje. Počet sad musí odpovídat počtu měřících stanovišť;
- případně tyč a upínák pro upnutí čidla měřiče intenzity slunečního záření;
- tužka a papír pro každou měřící skupinu;
- počítač s tabulkovým procesorem (např. Microsoft Excel, VisiCalc OpenOffice) a projekční technika, případně tužka a milimetrový papír a pastelky pro prezentaci výsledků měření.

ad 4. Kdesi v hlubokém vesmíru – revize znalostí studentů

- u varianty 1: velké papíry nebo flipcharty, případně notebooky s prezenční technikou pro každou půlku třídy - pro zaznamenávání odpovědí na otázky v textu;
- u varianty 2: tabule nebo notebook s projekční technikou pro celou třídu.

Úvod do tématu

Prakticky veškerá energie, která je na Zemi dostupná pro potravní řetězce pochází ze Slunce (další energetické zdroje, např. sírné nebo metanové bakterie, z hlediska primární produkce můžeme zanedbat). Sluneční energie také pohání cirkulaci atmosféry, mořské proudy a koloběh vody. Z tohoto důvodu je porozumění těmto energetickým tokům klíčové pro pochopení celé řady dějů na úrovni biomů¹ a ekosystémů.



Obr. 1. Hustota toků záření pro dopadající záření – červeně, a záření vyzařované Zemí – fialová, modrá a černá křivka (v závislosti na teplotě povrchu). Za „vykouslé“ části spektra můžou absorpce jednotlivých plynů atmosféry. Absorbanční křivky jednotlivých plynů jsou znázorněny v části grafu „Hlavní složky“. Za absorpci přicházejícího UV záření může stratosférický ozón, za pohlcení některých vlnových délek dopadajícího záření především voda a kyslík. Spektrum vyzařovaného dlouhovlnného záření mění především vodní pára, z dalších plynů je významný oxid uhličitý, který absorbuje i v části, kde je vodní pára málo účinná. Z dalších skleníkových plynů jsou znázorněny oxidy dusíku a metan. Na horním grafu je patrné tzv. „atmosférické okno“ – modré pole v píku dlouhovlnného IR, čili ta část dlouhovlnného infračerveného záření, která není atmosférou pohlcena a je tedy volně vyzařována do vesmíru.

Zdroj: Wikipedia („Atmospheric Transmission“. Licencováno pod CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmospheric_Transmission.png#mediaviewer/File:Atmospheric_Transmission.png; 23.2.2015). České popisky autorka textu.

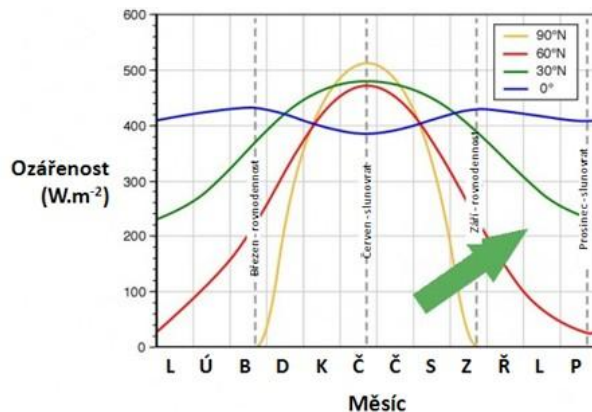
Na vrchní část atmosféry přivracenou ke Slunci dopadá neustále téměř stejné množství energie, mluvíme o tzv. **solární konstantě**, která činí $1\,373\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Odchylky od této hodnoty v průběhu roku² i během delších cyklů (např. Milankovičových) jsou malé. Většina záření je ve viditelném spektru (viz Obr. 1), tu část, která je v UV spektru z větší části pohltí ozónová vrstva ve stratosféře. Část sluneční energie se odrazí od atmosféry a mraků (průměrně ca 23 %) a na zemský povrch se vůbec nedostane. Část energie pohltí atmosféra – především vodní pára a kyslík, takže na zemský povrch dopadá upravené spektrum oproti vrcholu atmosféry, viz Obr. 1.³

Zbýlých ca 77 % celkového záření dopadne na zemský povrch – mluvíme o **dopadajícím záření (ozáření)**. Energie však dopadá jen na osluněnou část Země, a to v plné výši jen pokud je úhel dopadu blízký 90° , při větších úhlech, je odrazivost atmosféry mnohem větší. To je důvod, proč se počítá s průměrnou hodnotou 55 %. Pochopitelně, na rovníku jsou rozdíly v čisté radiaci během roku minimální. Čím více je dané místo vzdálené od rovníku na sever nebo na jih, tím je větší rozdíl v čisté radiaci v létě a v zimě s tím, že nejvyšších hodnot dosahuje čistá radiace v době letního slunovratu, nejméně naopak v době zimního slunovratu (viz Obr. 2).

¹ dílčí oblast biosféry, charakterizovaná určitým typem biotických a abiotických podmínek (tj. klimatickými a hydrologickými faktory a půdními a geologickými poměry, které dávají vznik určitým charakteristickým typům rostlinných a živočišných společenstev). Např. biom tropických deštivých lesů, temperátních opadavých lesů, tundra...

² $1\,438 - 1\,345\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ (Pokorný 2011)

³ stejný obrázek, ale v anglickém originále je použit v prezentaci Slunce na Zemi



Obr. 2. Závislost čisté radiace na zeměpisné šířce pro severní polokouli. Zdroj Lindeke (2014), české popisky autorka textu. Česká republika se nachází mezi 48° 33' 06,50807" a 51° 03' 20,53724" s.s., čili mezi červenou a zelenou křivkou.

Po dopadu záření na zemský povrch, se část energie odrazí – mluvíme o **albedu**. Dopadající energie očištěná o albedo se nazývá **čistá radiace (R_n)**.

V důsledku Wienova posunovacího zákona, je maximum vlnových délek odraženého záření v dlouhovlnné infračervené oblasti (viz Box. 1). Část tohoto záření zůstává v atmosféře nebo se vrací na zemský povrch po absorpci a následném vyzáření skleníkovými plyny (např. vodní pára, oxid uhličitý, oxidy dusíku, metan – viz Obr. 1).

Albedo závisí na odrazivosti povrchu, na který záření dopadne. Bílá plocha odrazí téměř veškeré záření, zatímco černá plocha většinu záření pohltí – typické hodnoty pro vybrané povrchy viz Tabulka 1. Protože se krajinné pokrývky mohou měnit během roku, mění se albedo s ohledem na ročním období (např. u nás v přírodě v létě je albedo ca 25 %, v zimě na sněhové pokrývce až 90 %) Pro globální pohled na průměrná albedu viz <http://cimss.ssec.wisc.edu/wxwise/gifs/ALBALL.mpg>.

Box. 1. V jaké části spektra září Slunce a v jaké části spektra je odražené záření?

Každý objekt ve vesmíru vyzařuje energii. Maximální tok vlnové délky je závislý na teplotě tělesa – tuto závislost popisuje Wienův posunovací zákon:

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T}$$

[mm],
kde

b - Wienova konstanta ~2,9 mm.K; T – Termodynamická teplota [K]

Teplota povrchu Slunce je zhruba 5 800 K, proto $\lambda_{max} = 2,9 / 5\,800 \text{ mm} = 0,0005 \text{ mm} = 500 \text{ nm}$. Maximální tok záření Slunce tedy leží ve viditelném spektru (viz Obr. 3).

Teplota povrchu Země je přibližně 293 K, proto $\lambda_{max} = 2,9 / 293 \text{ mm} = 0,0099 \text{ mm} @ 10 \text{ mm}$. Maximální spektrální hustota odraženého záření od zemského povrchu leží tedy v dlouhovlnné infračervené oblasti (viz Obr. 3).



Obr. 3. Typ záření v závislosti na vlnové délce a frekvenci. Maximální spektrální hustota Slunce je 500 nm, tedy ve viditelné části spektra, maximální spektrální hustota odraženého záření od zemského povrchu je ca 10 mm, tedy v oblasti dlouhovlnného infračerveného záření.

Zdroj: Wikipedia („ElmgSpektrum“ od Original uploader was Kf at cs.wikipedia – Originally from cs.wikipedia; description page is/was here. Licencováno pod Volné dílo via Wikimedia Commons - <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ElmgSpektrum.png#mediaviewer/File:ElmgSpektrum.png>)

Tabulka 1. Typické hodnoty albeda různých povrchů (dle 1) Wikipedia: <http://en.wikipedia.org/wiki/Albedo>; 2) Presentace Radiation Balance⁴; 3) Radiation and Climate, Iowa State University⁵, veškeré odkazy ze dne 23.2. 2015).

Typ povrchu	Typické albedo (%)
čerstvý asfalt	4 ¹⁾
opotřebovaný asfalt	12 ¹⁾
jehličnatý les v létě	(8) 9-15 ¹⁾
holá půda	17 ¹⁾
zelená tráva	25 ¹⁾
pouštní písek	40 ¹⁾
nový beton	55 ¹⁾
ledová kra	50-70 ¹⁾
čerstvý sníh	80-90 ¹⁾
světlá střecha	35-50 ²⁾
tmavá střecha	8-18 ²⁾
vodní plocha (dle úhlu dopadu záření)	10-60 ²⁾
suché zorané pole	5-20 ³⁾

Část energie ohřeje vzduch – mluvíme o **pocitovém** nebo také **zjevném teple (H)**. Vzduch se může sekundárně ohřát i od povrchu, který se zahřál pohlcením záření. Teplo, které ohřeje povrch Země nazýváme **tok tepla do půdy (G)**. Pochopitelně se také zahřívá i vegetace, na níž záření dopadá (Q). Energie spotřebovaná na ohřev vegetace je však ve srovnání s pocitovým teplem malá.

Rozdíly v teplotě jednotlivých vzdušných mas, a tedy i jejich tlaku, vedou k pohybu vzdušných mas a tedy k vzniku větru. Čím větší teplotní rozdíly mezi jednotlivými masami vzduchu panují, tím prudší vítr vznikne⁶. Podobně ohřátá voda oceánu v tropických oblastech se snaží vyrovnat teplotu chladných mas v polárních oblastech a vznikají tak mořské proudy.⁷

Významná část energie se může spotřebovat na výpar vody, a to buď z volné hladiny vody, nebo z půdy – mluvíme o **evaporaci**; nebo skrze průduchy rostlin – **transpiraci** (viz Box. 2); souhrnně pak o **evapotranspiraci**. Toto teplo v radiční bilanci nazýváme **latentní teplo (LE)**. Energie spotřebovaná na výpar vody, je-li tato k dispozici, je značná, protože voda má vysoké měrné skupenské teplo (2 257 kJ.kg⁻¹). Teplo, které se spotřebuje na výpar vody, neohřeje vzduch – tak evapotranspirace snižuje teplotu prostředí. Odhaduje se, že transpiraci se v Evropě dostává do ovzduší až 70 % vodní vlhkosti (Šantrůček 2008). Typické hodnoty evapotranspirace pro různé porosty viz Tab. 2.

Tabulka 2. Typické hodnoty evapotranspirace pro různé vegetace (dle Larcher 1995).

Společenstvo	Evapotranspirace	
	[mm.rok ⁻¹]	[% ročních srážek]
Les		
opadavý středoevropský	600	67
jehličnatý středoevropský	730	60
horský středoevropský	1 000	43
Travní porosty		
středoevropská rákosina	800	>150 ⁸⁾
středoevropská pastvina	700	62
východoevropská step	500	95
Pouště a polopouště		
subtropická polopoušť	200	95
subtropická poušť	50	>100
severoamerická tundra	180	55

⁴ dostupná online:

<http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=13&ved=0CIEBEBYwDA&url=http%3A%2F%2Fwww.uky.edu%2F~jast239%2Fcourses%2Fclimate%2FRadheat.ppt&ei=CKjwVPiiPMnYPcGKgYg>

⁵ <http://agron-www.agron.iastate.edu/courses/Agron541/classes/541/lesson03b/3b.3.html> (odkaz ze dne 23.2. 2015)

⁶ Na usměrňování větrů a především vzniku pravidelných větrů (např. pasátů, převládajícího západního proudění v temperátních oblastech apod.) má vliv i rotace Země a ovlivňují je i další vlivy (např. reliéf souše).

⁷ jejich proud je také ovlivňován pevninami a slapovými jevy.

⁸ hodnota větší než 100 % je umožněna přisunem vody z okolí.

Jak již bylo v úvodu této kapitoly nastíněno, část záření pohltí rostliny a využijí ji v rámci **fotosyntézy** na výrobu cukrů z oxidu uhličitého a vody. Tento tok je však velmi malý.

To, že **čistá radiace (R_n)** přechází do některých z výše uvedených toků, lze vyjádřit pomocí **radiční bilance**:

$$R_n = A + Q + G + H + LE, \text{ kde}$$

R_n - čistá radiace; R_a - albedo (procento odraženého záření); A – fotosyntéza (vyjádřená v energetických tocích); Q - teplo spotřebované na ohřev vegetace; G

- tok tepla do půdy; H - pocitové teplo; LE - latentní teplo výparu

Teplo na ohřev vegetace (Q) a fotosyntéza (A) se zpravidla, kvůli jejich malému podílu na celkových tocích, zanedbávají, radiční bilance pak bývá vyjadřována vztahem:

$$R_n = G + H + LE$$

Významným ukazatelem hlavních toků radiční bilance je **Bowenův poměr (β)** - pro zjednodušení probírané látky, není tento ukazatel zmiňován v materiálech pro studenty, je však možné jej v rámci výuky zařadit:

Ten ukazuje, jak velký podíl energetického toku směřuje do evapotranspirace a jak velký podíl do pocitového tepla. Hodnoty Bowenova poměru výrazně menší než 1 indikují krajinný pokryv dobře zásobený vodou (např. mokřady), naopak hodnoty blízké 1 nebo vyšší jsou typické pro krajinné pokryvy, v nichž prakticky chybí voda (např. pouště, asfaltové plochy apod.) nebo, kde je rychlost evapotranspirace limitována jinými faktory, např. teplotou v případě tundry. Běžné hodnoty Bowenova poměru uvádí Tab. 3.

Tabulka 3. Typické hodnoty Bowenova poměru. (zdroje: 1) Wikipedia⁹, 2) Chapin a kol. 2012¹⁰)

Typ krajinného pokryvu	Bowenův poměr
Volný oceán v tropech	0,1 ¹⁾
Mesický trávník	0,5 ²⁾
Opadavý les	0,2-0,5 ²⁾
Jehličnatý les	0,5-1,1 ²⁾
Tundra	0,7- 1,2 ²⁾
Smrčina	2 ²⁾
Polopoušť	2 - 6 ¹⁾
Poušť	>10 ¹⁾

Jednotlivé složky radiční bilance jsou tradičně měřeny pomocí mikroklimatických měření (viz prezentace Slunce na Zemi, 10. snímek), i když v posledních letech se hojněji využívá automatizovaných stanic (např. Eddy Covariance¹¹). Nevýhodou tohoto způsobu měření je:

- bodové měření dat, které je jen limitně aplikovatelné na širší okolí;
- velká časová a prostorová náročnost.

V poslední době se stále více uplatňuje dálkový průzkum Země. Především snímky z infračervených kanálů a snímky ve viditelném spektru družic umožňují analyzovat teplotu zemského povrchu, odrazivost apod. a modelovat radiční bilanci na velkých plochách¹². Jejich výhodou je pokrytí velkých ploch zemského povrchu najednou a možnost automatického zpracování dat. Nevýhodou je menší přesnost měření, poměrně značná generalizace na větší plochu, potřeba dat z meteorologických stanic pro kalibraci parametrů používaných modelů a případné nedostatky dané metodou (např. chybějící data pro místa zastíněná oblačností, nepřesnosti dané georeliéfem terénu, omezení bilance na dobu snímkování povrchu atd.).

⁹ http://en.wikipedia.org/wiki/Bowen_ratio (odkaz ze dne 23.2. 2015)

¹⁰ dostupné online:

https://books.google.cz/books?id=68nFNpceRmIC&pg=PA97&lpg=PA97&dq=sensible+latent+heat+flux+deciduous+conifer+forest&source=bl&ots=V1CVdv9nvn&sig=nudRfoIoiNeBPQagUTPmLdQc7bU&hl=cs&sa=X&ei=mlv9VPCeBsb3PP6_gYgJ&ved=0CE8Q6AEwBQ#v=onepage&q=sensible%20latent%20heat%20flux%20deciduous%20conifer%20forest&f=false (odkaz ze dne 9.3. 2015)

¹¹ viz např. http://en.wikipedia.org/wiki/Eddy_covariance (odkaz ze dne 23.2. 2015)

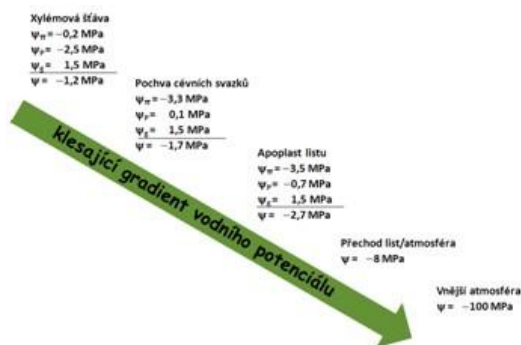
¹² viz např. <http://www.slideshare.net/GISITR/2013-asprs-track-developing-an-arcgis-toolbox-for-estimating-evapotranspiration-of-vegetation-using-remote-sensing-approach-automation-of-surface-energy-balance-model-reset-by-aymn-elhaddad> (odkaz ze dne 23.2. 2015)

Box. 2. Transpirace.

Transpirace je klíčový fyziologický děj, který v rostlině udržuje pohyb vody (a tedy i tok rozpuštěných minerálních látek) z kořenů do nadzemních částí rostliny. Voda s rozpuštěnými minerálními látkami (řada z nich je aktivně čerpána z půdy) přechází kořenovými vlákny do primární kůry kořene a dále dovnitř kořene do vodivých pletiv. Zde přechází do cév a/nebo cévic – xylému, které vedou vodu rostlinným tělem. Proud je poháněn čtyřmi hlavními mechanizmy:

- **kořenový tlak** – aktivně „tlačí“ vodu v xylému směrem vzhůru;
- **kapilární síla** – „šplhá“, voda ve vodivých pletivech drží kapilárními silami, kam během života rostliny vrostla;
- **vypařování vody v listech** – „táhne“ transpirační proud v důsledku nedostatku vody v listech;
- **vlastnosti vody:**
 - osmóza – osmotický tlak je jednou ze složek vodního potenciálu;
 - adheze – přilnavost vody k vodivým elementům;
 - koheze – soudržnost vody udržující sloup vody ve vodivých pletivech.

Proud v xylému teče po směru klesajícího gradientu vodního potenciálu (ψ) – viz Obr. 4 a obrázek na snímku 10 v prezentaci Slunce na Zemi. Voda se v mezofylu listu vypařuje – v mezibuněčných prostorách listu je 100 % relativní vlhkost vzduchu. Vodní pára na základě gradientu vodního potenciálu uniká průduchy ven z rostlinného těla. Tím je v listu relativní nedostatek vody, čímž klesá vodní potenciál pletiv, a transpirační proud je táhnut směrem k těmto místům.



Obr. 4. Typické hodnoty vodního potenciálu (ψ) a jeho složek (osmotického potenciálu ψ_{π} , tlakového potenciálu ψ_p a gravitačního potenciálu ψ_g) v jednotlivých částech rostlin a ve vnějším prostředí. Vodní potenciál (ψ) je součtem ψ_{π} , ψ_p a ψ_g .

Mírou **otevření průduchů** rostlina reguluje svůj výdej vody – pokud má rostlina vody nedostatek, průduchy zavírá. Tím ale výrazně zpomaluje nebo zastavuje xylémový tok a tedy i rozvod látek po rostlinném těle, rostlina vadne, případně umírá.

Xylémový tok a floémový tok jsou navíc propojeny. Zastavením xylémového toku tedy také dochází ke zpomalení toku floémového, ačkoli ten je převážně poháněn aktivním transportem a tedy osmotickým tlakem, ale voda je doplňována vodou z xylému. Více k floémovému toku viz např. Strnad (2009).

Více k teoretickému pozadí transpirace viz např. Katedra experimentální biologie rostlin (neuvedeno).

Radiační bilance a její změny mají vliv na biotu dané oblasti, produktivitu a úrodnost. Z tohoto důvodu historicky koreluje období stability a rozkvětu s teplotními optimy (např. středověké teplotní optimum 950 – 1250 n.l.¹³), naopak doby bouří, válek a velkých společenských změn s ochlazením klimatu (např. malá doba ledová mezi 14. a 19. stol. s vrcholem v 17. stol. – třicetiletá válka)¹⁴. Kromě globální změny klimatu na socioekonomické poměry společnosti má i vliv využívání krajiny a jeho dopady na krajinný pokryv, toky energií a živin v přírodě. Typickým příkladem sebezníčujícího chování změnou využívání krajiny a exploatací zdrojů představuje Mayská civilizace. Ačkoli jednoznačný konsenzus o důvodu pádu mayské civilizace neexistuje, vědci se dnes kloní k tomu, že právě nadměrné využívání zdrojů, které také způsobilo změnu mezoklimatu, vedlo k úpadku této technicky a společensky vyspělé americké civilizace (viz **Stöckli 2011**, který navrhuje případně zařadit do výuky v rámci tohoto cyklu).

Několik poznámek ke skleníkovému efektu/globálnímu oteplení/globální klimatické změně.

Ačkoli bych se raději této části tématu vyhnula, v rámci dané aktivity se nelze nezmínit o politickém rozměru problematiky změny radiační bilance Země.

V předchozích částech bylo vysvětleno, jak skleníkový efekt vzniká a proč některé plyny označujeme za skleníkové. Termínem

¹³ více viz např. http://cs.wikipedia.org/wiki/St%C5%99edov%C4%9Bk%C3%A9_klimatick%C3%A9_optimum

¹⁴ více viz např. http://cs.wikipedia.org/wiki/Mal%C3%A1_doba_ledov%C3%A1

skleníkový efekt nebo **globální oteplování**, v modernějším pojetí **globální klimatická změna**, se zpravidla rozumí **antropicky zvýšený přísun skleníkových plynů do atmosféry** (především spalováním fosilních paliv a deforestací), který mění radiční bilanci Země a vede ke globálnímu zvýšení teploty (oteplení). V posledních letech se spíše používá termín **globální klimatická změna** (aj. global climate change), neboť změna v energetické bilanci planety nemusí nutně ústít v oteplení ve všech jejích částech. Na základě některých klimatických modelů se změna v energetických tocích může projevit i ochlazením na určitém území.

Navíc změna radiční bilance nevede jen k oteplení klimatu, které samo o sobě by mohlo být vnímáno kladně (v dobách teplotního optima docházelo k rozvoji lidských kultur, viz výše), ale provází ji i další klimatické jevy, především zvýšená pravděpodobnost extrémních klimatických událostí, např. víchřic, přívalových dešťů, záplav apod. a také riziko zvýšení mořské hladiny po odtátí ledovců.

Koncentrace skleníkových plynů v atmosféře se skutečně v posledních desetiletích výrazně zvýšila (viz Obr. 5). Nejasný je podíl antropických činností a přírodních sil na tomto trendu, i když lidské aktivity bezesporu k nárůstu přispívají.

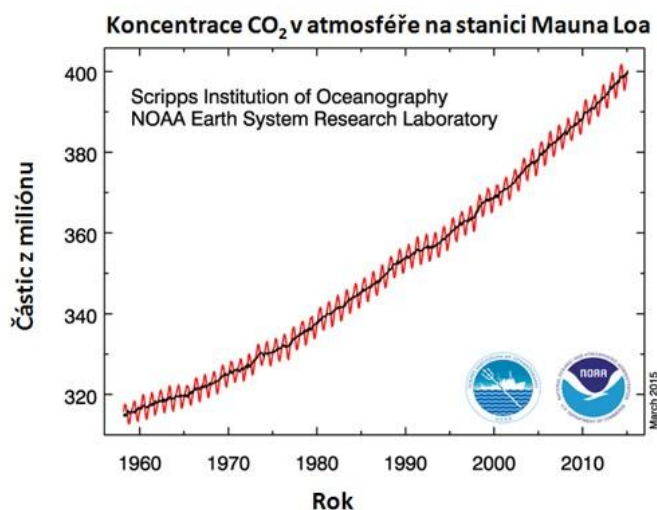
Ačkoli souvislost mezi koncentrací skleníkových plynů a průměrnou globální teplotou bývá zpochybňována, studie především ledovcových vrstů ukazují těsnou souvislost – viz např. Petit a kol. (1999)¹⁵. Bohužel vzhledem k nedostatku dlouhodobých studií na jiných planetách, které by nám mohly dát přesnější představu, jsou veškeré modely budoucího vývoje klimatu spekulací, a tedy snadno napadnutelné.

Při diskusích i čtení různých názorů je také potřeba mít neustále v paměti, že klima na planetě nikdy nebylo konstantní – viz např. střídání dob ledových a meziledových v kvartéru¹⁶. Ani poslední interglaciál - holocén, ve kterém nyní žijeme, nebyl klimaticky homogenní a vyskytovaly se v něm teplejší a vlhčí období než nyní (atlantik) i chladnější a sušší období (subboreál) než nyní (viz např. Treml 2009).

Ačkoli se mohou zastánci globální klimatické změny přit s jeho odpůrci, fyzikální principy, které určují osud slunečního záření na Zemi (viz dílčí aktivity tohoto cyklu), nepřestanou energetickou bilancí ovlivňovat.

Zejména vzhledem k různým výpadům a osočováním z obou táborů, stejně jako účelového využívání dat a argumentů, které pravidelně vyplňují běžně dostupná média, je důležité, aby studenti znaly principy a síly, které tyto jevy ovlivňují a byly tedy snáze schopni odhalit, kde jde o věrohodné argumenty a kde již autoři přecházejí do ryze spekulativní roviny. Objektivně je nutné přiznat, že účelové jednání a emocionální zabarvení diskusí lze pozorovat v obou znepřátelených táborech.

Ačkoli je téma široce veřejně diskutováno, většinou v něm postrádám tu část problematiky související se změnou využívání krajiny, která je proto v rámci tohoto cyklu akcentována.



Obr. 5. Koncentrace oxidu uhličitého – měřeno na Mauna Loa. S laskavým souhlasem: *Dr. Pieter Tans, NOAA/ESRL (www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/)* and *Dr. Ralph Keeling, Scripps Institution of Oceanography (scrippsco2.ucsd.edu/)*, dostupné online: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/index.html> (13.3. 2015)

Od roku 1960 je na stanici Mauna Loa měřena koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu – ta je globálně vyrovnávána cirkulací atmosféry, a proto tyto hodnoty můžeme bez problémů použít i pro naši oblast. Koncentrace oxidu uhličitého vykazuje v průběhu roku sezónní variabilitu – vyznačenou v grafu červenou křivkou. Černá křivka znázorňuje spojnicí ročních průměrných hodnot. Zatímco v roce 1959 (začátek měření na stanici) byla průměrná koncentrace CO₂ 315,97 ppm (viz ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2_annmean_mlo.txt), v roce 1969 již 324,62 ppm, v roce 1979 – 336,78 ppm, v roce 1989 – 353,07 ppm, v roce 1999 - 368,33 ppm, v roce 2009 – 387,37 ppm a poslední dostupný údaj z roku 2014 – 398,55 ppm. Za 55 let měření tedy průměrná koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře vzrostla o 26 %!

¹⁵ klíčový graf je dostupný online na stránkách UNEPu: <http://www.grida.no/publications/vg/climate/page/3057.aspx> (odkaz ze dne 13.3. 2015).

¹⁶ např. http://cs.wikipedia.org/wiki/Doba_ledov%C3%A1

Podrobný popis aktivit

1. Anglický článek Earth's Energy Budget

Studenti jsou seznámeni s osudem slunečního záření na Zemi prostřednictvím článku z Wikipedie - viz samostatné soubory vygenerované z článku Earth's energy budget dne 20.2. 2015. Český překlad včetně odborných komentářů je k dispozici učitelům v samostatném dokumentu „Slunce na Zemi: Earth's Energy Budget“, společně se seznamem významných odborných termínů včetně jejich výslovnosti. Součástí aktivity je také výběr užitečných anglických termínů, které by se měli studenti naučit.

S článkem můžete pracovat různými způsoby, zde navrhuji dva možné přístupy:

a) článek se studenty přečtete v hodině:

- studenti se střídají ve čtení, každý student čte jednu větu a učitel opravuje případné výslovnostní chyby;
- stejný student rovnou větu přeloží do češtiny. Pozor, anglické věty nelze často překládat doslova, doporučuji tedy studenta nejdříve nechat větu přeložit co nejpřesněji doslova a následně nechat studenta větu přeformulovat do vhodné české věty;
- po přečtení každé dílčí části některý ze studentů stručně shrne důležité informace, které se z textu dozvěděl.

b) článek rozdělíte na dílčí části a zadáte jej jako překlad studentům buď jako práci ve dvojicích v hodině nebo za domácí úkol. Následně každý student nebo dvojice studentů:

- přečte svůj text;
- navrhne vhodný překlad;
- upozorní na překladatelské problémy (např. neexistující vhodný termín v češtině, větná konstrukce do češtiny nepřeložitelná apod.) – v diskusi je možné následně překlad upravit.

2. Presentace Slunce na Zemi

V Presentaci Slunce za Zemi (slunce_na_zemi_radiacni_bilance.pptx) se studenti dozví (nebo si zopakují) klíčové vědomosti o radiační bilanci a jejich jednotlivých složkách.

Součástí aktivity je **podkladový text pro učitele** (slunce_na_zemi_prezentace_text_pro_ucitele.pdf), který učiteli umožní prezentaci doplnit vhodným doprovodným slovem a který jej odkáže na případné další zdroje informací, které je možné k tomuto tématu využít.

Presentace je koncipována v krátké variantě (bez rozšiřujících komentářů) na zhruba jednu vyučovací hodinu. Pokud budete prezentaci podrobněji komentovat a diskutovat se studenty, je nutné počítat s dvouhodinovou náročností.

3. Mikroklimatická měření

Tato aktivita je nejnáročnější z organizačních důvodů, protože **musí probíhat ve dni s radiačním počasím**: žádná nebo velmi malá oblačnost, a žádný nebo velmi slabý vítr. Za jiného počasí nemá smysl aktivitu provádět!

Je také náročná na vybavení, a to jak na množství, tak na kvalitě přístrojů. Důležité je, aby jednotlivé měřicí skupinky byly vybaveny **přesně stejnými měřicími přístroji**, které je potřeba před měřením venku **zkalibrovat**. Před vlastní aktivitou zjistíte odlišnosti v měření jednotlivých měřících přístrojů v interiéru a např. v chladničce. Odchyly si pro jednotlivé sady přístrojů poznamenejte a o tyto odchyly korigujte naměřené hodnoty venku. Na měření budete potřebovat minimálně teploměry (doporučuji kalibrované rtuťové teploměry, ačkoli dnes se již prakticky nedají zakoupit, jejich přesnost je nejlepší), optimálně s vlhkoměry (pozor na kvalitu přístrojů, zejména u vlhkoměrů jsou nepřesnosti měření velké). Pokud máte ve škole zakoupeny měřiče intenzity slunečního záření (nikoli luxmetry určené pro interiéry), bude měření o to zajímavější.

Vyberte v okolí školy nebo např. na školním výletě (využit lze i lyžařský výcvik) několik zcela odlišných krajinných pokryvů, např. vlhkou louku, zastavěný a vyasfaltovaný intravilán města, vyschlý rozsáhlý trávník (např. golfové nebo fotbalové hřiště); v zimě např. údolní nivu a vršek kopce. Důležité je, aby krajinný pokryv byl relativně velký a měl tedy šanci mikroklima ovlivnit. Není vhodný interiér lesa, pokud nebudete mít kontrolní plochu vně interiéru – pak naopak výsledky měření mohou být velmi zajímavé. Pozor také na srovnatelné nadmořské výšky, a pokud nechcete demonstrovat právě tyto rozdíly, také na expozici a sklon svahu.

Rozdělte studenty do měřících skupinek dle množství měřících stanovišť a vybavte je přístroji. Každá skupinka musí mít také k dispozici časomíru srovnanou na „velitelský čas“, tak aby měření probíhala opravdu v přesně stejný okamžik. Dále každá skupinka musí mít k dispozici papír a tužku pro zapisování měřených hodnot.

Ještě před vlastním měřením na měřícím stanovišti demonstруйте způsob měření všem studentům najednou a ověřte, že každý ví, co přesně má dělat. Instruuje také studenty, aby protokol z měření splňoval všechny formální náležitosti, především v něm musí být uveden: datum a čas měření, autor měření, naměřená hodnota včetně jednotek, významné jsou také poznámky (např. malý mráček na obloze, rozbití přístroje...).

Na měřicím stanovišti zaznamenávejte:

- teploty/vlhkosti ve dvou výškách (např. 2 cm nad povrchem a 200 cm nad povrchem) v pravidelných 10ti minutových intervalech. Dbejte na zastínění čidla/teploměru (například archem bílého papíru, ale tak, aby vzduch mohl k čidlu/teploměru);

- pokud měříte intenzitu slunečního záření, je optimální mít vždy dva přístroje na jednom stanovišti a jedním měřit dopadající záření, druhým odražené záření (čidlo je namířeno kolmo k zemskému povrchu – pozor na přesné umístění čidla ověření např. olovnicí). Pochopitelně pokud máte nedostatek přístrojů, můžete vždy těsně po sobě odečíst hodnotu dopadajícího a hodnotu odraženého záření, ale jen za naprosto jasného počasí. Důležité je, aby čidlo nebylo nijak zastíněno, proto jej raději umístíte pomocí upínáku na samostatnou tyč zabodnutou do země a hodnoty odečítejte zpovzdálí (např. v podřepu). Stejně tak, čidlo musí být umístěno v dostatečné vzdálenosti od všech překážek (např. domů, stromů, sloupů...).

Měření provádějte alespoň jednu hodinu, čím delší čas, tím lépe. Pokud budete provádět měření ve vegetačním období, doporučuji měřit kolem poledne, kdy budou rozdíly mezi měřicími stanicemi nejmarkantnější. Zajímavé jsou ale i výsledky z brzkého rána a podvečera, kdy dochází k postupnému oteplení/ochlazení stanoviště a rozdíly mezi jednotlivými stanovišti budou také dobře patrné. Pokud byste prováděli měření v zimním období, je optimální začít mezi 6 a 7 hodinou ranní, kdy je vyzařování tepla ze zemského povrchu maximální, a kdy získáte největší rozdíly mezi jednotlivými měřicími místy (i 10-15°C rozdílu na vzdálenosti několika set metrů při vhodně zvolených stanovištích).

Doporučuji naměřené hodnoty po korekci odchylek měřicích přístrojů zpracovat v tabulkovém procesoru (např. Microsoft Excel, VisiCalc OpenOfficu), v němž snadno vypočtete rozdíly mezi jednotlivými stanovišti a v němž můžete rovnou vytvořit grafy – doporučuji vytvořit bodové grafy se spojnicemi jednotlivých měření, kde na ose x bude čas, na ose y měřená hodnota (teplota, vlhkost, ozáření). V jednom grafu můžete vynést výsledky měření ze všech měřicích stanovišť – rozdíly budou dobře graficky patrné. Pokud nemáte k dispozici počítač s tabulkovým procesorem, je možné data vynést do grafu na milimetrovém papíru s použitím různé barevných pastelek.

Pokud jste zároveň měřili dopadající a odražené sluneční záření, můžete vypočítat hodnotu albeda (poměr mezi odraženým a dopadajícím zářením) a porovnat albeda jednotlivých ploch. Pokud jste prováděli delší měření, do samostatného grafu také můžete vynést hodnoty ozáření v průběhu měření.

Nejvýznamnější část aktivity představuje závěrečná **interpretace dat**. Porovnejte naměřené hodnoty na různých stanovištích a snažte se se znalostmi, které jste získaly z předchozích dvou aktivit vysvětlit rozdíly v naměřených hodnotách. Pozor, za některé rozdíly může být také zodpovědná např. chyba měření nebo rozdíly v počasí (pokud není ideálně radiační počasí), i toto při interpretaci výsledků zohledněte. Kritická analýza dat a jejich interpretace je klíčovou dovedností, kterou by se měli studenti touto aktivitou naučit.

Bohužel tím, že naměřené hodnoty budou při každém měření unikátní, není možné v tomto textu podat učitelé jednoduchý návod na to, jak data interpretovat a tato aktivita tedy klade zvýšené nároky na pochopení problematiky učitelem. Z tohoto důvodu také je velmi obšírná kapitola Úvod do tématu a doporučuji si ji dobře před vlastní aktivitou prostudovat společně s prezentací a podkladovým textem pro učitele. Obecně:

- pokud budete měřit ve vegetačním období, vyšší teploty naleznete na místech špatně zásobených vodou a nebo s malým vegetačním pokryvem (např. intravilán obce, vysychavý trávník). Naopak místa s bujnou vegetací dobře zásobená vodou budou mít teploty nižší. Jejich ohřívání nebo ochlazení ráno či večer bude pozvolnější než u ploch s řídkou nebo žádnou vegetací a nebo špatně zásobených vodou. Důvodem je, že u ploch porostlých vegetací a dobře zásobených vodou, významná část energie je využita na evapotranspiraci a neproudí tedy do ohřevu vzduchu. Podobně pokud budete měřit vlhkosti – vlhčí vzduch naleznete na plochách dobře zásobených vodou porostlých vegetací než na vysychavých plochách s řídkou nebo žádnou vegetací.

- měření ve 2 cm nad povrchem budou odlišná od výšky 2 m. Ve 2 cm je často měření ovlivněno okolní vegetací (pokud je přítomna), která stíní a zároveň zvyšuje vlhkost. U obnažených ploch je tato část významně ovlivněna ohřevem od povrchu (tok tepla do půdy částečně jde na ohřev vzduchu). Naopak ve 2 m se již atmosféra více mísí a je méně ovlivněna povrchem.

- pokud budete mikroklimatické měření provádět v zimním období, nižší teploty ráno naleznete v depresích, obzvláště pokud je v nich voda (vodní tok, rašeliniště apod.). Důvodem je, že v tuto chvíli bylo nejvíce tepelného záření vyzářeno pryč ze zemského povrchu, vzduch se výrazně ochladil a studený vzduch, který má vyšší hustotu, „stekl“ do terénní deprese. Tyto rozdíly mohou být značné (až 10-15°C oproti sousednímu návrší), pochopitelně takové mikroklimatické podmínky výrazně ovlivňují vegetaci, a proto typicky údolní nivy nebo mrazové kotliny mívají jiné druhové složení – např. v nich přirozeně dominuje smrk i v nižších vegetačních stupních, objevují se mrazové formy (viz Obr. 6.) apod.

- pokud byste srovnávali bezlesou plochou s interiérem lesa (jen ve vegetačním období!), zjistíte chladnější, vlhčí a temnější podmínky v interiéru lesa než na kontrolní bezlesé ploše. Denní výkyvy v teplotě i vlhkosti budou také mnohem menší než u kontrolní plochy. Důvodem je jednak zastínění korunovým zápojem, jednak evapotranspirace vegetace, která udržuje toto mikroklima lesa. Pochopitelně v takových podmínkách rostou jiné druhy rostlin – uzpůsobené nízkým ozářením (viz Box. 3) než na osvětlených stanovištích a tyto rostliny jsou také mnohem více náchylné na výkyvy teplot nebo na vyschnutí, které se mohou objevit např. po vykácení lesa.

Box. 3. Uzpůsobení rostlin nízkým ozářením (např. v lesním podrostu) - sciofyty

- listy jsou tmavší. Důvodem je vyšší koncentrace fotosynteticky aktivních barviv, které umožňují zachytit i to málo světla, které do interiéru lesa dopadá. V chloroplastech je také velký podíl světloerných antén (LHC), které zachycují fotony a jejich energii následně předávají do reakčních center fotosyntézy;

- uvnitř buněk je sice méně chloroplastů, ty ale obsahují více tylakoidů v granech a více chlorofylu (viz také výše);

- listy mají méně vyvinut palisádový parenchym, který má často čočkovitý tvar. Palisádový parenchym je typickým

ekologickým uzpůsobením ozářených stanovišť. Tím, že buňky palisádového parenchymu na sebe bezprostředně nasedají, je mezi nimi málo mezibuněčných prostor, kam se může vypařovat voda, která by mohla difundovat ven. Rostlina tak snižuje ztráty vody. Sciofyty vzhledem k nižším teplotám a relativně dobré zásobovanosti vodou takové uzpůsobení nepotřebují, a proto je palisádový parenchym méně vyvinut;

- velká část rostlin v místech se střídáním ročních období, situuje svůj růst a generativní fázi do vhodného období. U nás typicky do brzkého jara před olistění korun – tzv. **jarní efekt**.



Obr. 6. Mrazová forma smrku po pozdním mrazu (květen) na rašeliništi, kdy došlo k omrznutí nových letorostů (rezavě zbarvené dolů otočené výhony).

V tomto roce tedy smrk prakticky nepřirostl. Opakované omrznutí v různých letech vede ke kompaktní, relativně nízké formě – tzv. mrazové formě, smrku. Takový jedinci mohou být i velmi staří.

4. Kdesi v hlubokém vesmíru – revize znalostí studentů

Aktivita formou odpovědí na otázky v textu příběhu Kdesi v hlubokém vesmíru... (viz samostatný dokument Slunce na Zemi: Kdesi v hlubokém vesmíru...; slunce_na_zemi_kdesi_v_hlubokem_vesmíru.pdf) reviduje znalosti studentů získané z předchozích aktivit a nutí je přemýšlet o důsledcích změn krajinného pokryvu v socio-ekonomických souvislostech. Ačkoli je příběh pohádkou s černobílým viděním světa, jak je pro žánr typické, snaží se studentům ukázat, že pohled na takovou problematiku jen z jedné strany může znamenat celou řadu problémů do budoucna, které bude potřeba řešit. Snaží se také ukázat, že jednoduchá a elegantní řešení dle ideologie jedince nebývají ta nejlepší možná.

Jednoduchý příběh je proložen otázkami a úkoly pro studenty vždy ohraničenými šedým polem (stupeň šedi slouží jen k odlišení dvou skupin otázek pro skupinovou práci, viz dále) s místem pro odpovědi studentů. Autorské řešení otázek a úkolů je v závěru dokumentu.

Navrhuji dva možné metodické přístupy:

1) Skupinová práce v hodině:

Rozdělte třídu na dvě skupiny, které budou pracovat samostatně formou diskuse ve skupině. Každá skupina dostane za úkol zodpovědět půlku otázek – z tohoto důvodu jsou v textu otázky zvýrazněny různými pozadími: jedna skupina bude odpovídat na dotazy s tmavým pozadím a druhá na dotazy se světlým pozadím. Na práci ve skupině dejte studentům 30 min.

Při práci ve skupině mohou studenti použít velký balicí papír nebo flipchart na poznamenávání si důležitých bodů diskuse. Důležité je, aby se na řešení problému podíleli všichni členové skupiny, a aby za závěry skupiny stála celá skupina. Vybraný zástupce skupiny prezentuje druhé skupině výstupy diskuse své skupiny. Na prezentaci má dotyčný 10 min. (dbejte na to, aby byly časové limity dodržovány). Druhá skupina může navrhnout doplnění nebo změnu řešení první skupiny.

Následně se role obrátí a své závěry prezentuje druhá skupina (opět s časovým limitem 10 min.) a první skupina je oponuje a doplňuje.

Až po této části vstupuje se svými připomínkami a náměty učitel. Ten dosud fungoval jen jako facilitátor diskuse: dohlížel na to, aby studenti opravdu pracovali na zadaném úkolu, aby diskuse směřovala k cíli a aby v diskusi nebyly používány nevhodné prostředky (např. zesměšňování oponenta).

V závěru shrňte (např. opět vybraní zástupci skupin, kteří prezentovali první verzi výstupů) finální verzi odpovědí na otázky. Každému účastníkovi by v tuto chvíli mělo být zřejmé, proč právě tato verze je ve finálním dokumentu a proč některé z předchozích odpovědí byly chybné nebo nepřesné.

2) Domácí příprava a práce v hodině

Zadejte studentům vypracování úloh v textu za domácí úlohu – doporučuji, abyste jim dali dostatek času (např. týden) a upozornili je na náročnost úkolu. Případně můžete půlce třídy zadat světle šedé úkoly, druhé půlce tmavě šedé.

V hodině postupujte úlohu po úloze a nechte vždy prezentovat jednoho studenta svou odpověď. Zeptejte se ostatních studentů, jestli dospěli ke stejnému závěru nebo nikoli, jestli mají něco navíc nebo jestli se domnívají, že má dotyčný student odpověď nesprávně. Postupně u každé úlohy vypracujte finální řešení úlohy – např. na tabuli, nebo elektronicky a výsledek promítněte.

Ať již zvolíte jakoukoli výše uvedenou nebo svou vlastní metodu, doporučuji při hledání některých odpovědí umožnit (a dokonce jim to doporučit) studentům hledání informací na internetu.

Literatura

Chapin III F.S., Matson P. A., Vitousek P. (2012): Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. Springer Verlag, Berlin.¹⁷

Katedra experimentální biologie rostlin (neuveďeno): Teoretický úvod: Vodní režim rostliny. Praktikum fyziologie rostlin. Dostupné online:
http://kfrserver.natur.cuni.cz/lide/edmunz/praktika_fr/mb130c14/navody/4_vodnirezim_odbornici.pdf
(odkaz ze dne 2.3. 2015)

Larcher W. (1995): Ecophysiology. Springer-Verlag, Berlin.

Petit J. R., Jouzel J., Raynaud D., Barkov N. I., Barnola J.-M., Basile I., Bender M., Chappellaz J., Davis M., Delaygue G., Delmotte M., Kotlyakov V. M., Legrand M., Lipenkov V. Y., Lorius C., Pépin L., Ritz C., Saltzman E., Stievenard M. (1999): Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. Nature 399: 429-436.

Pokorný J. 2011: Slunce, voda, rostliny. Vodní hospodářství 7: 284-286.¹⁸

Stöckl P. (2011): Mayové - civilizace, která se snědla. National Geographic Česko. Dostupný on-line:
<http://www.national-geographic.cz/clanky/mayove-civilizace-ktera-se-snedla.html#.VQLF6o7-aaw> (odkaz ze dne 13.3. 2015).

Strnad M. (2009): Floémový transport. Prezentace v rámci projektu Inovace studia botaniky prostřednictvím e-learningu. Dostupné online: <http://ibotanika.upol.cz/Pages/Webcast.aspx?id=60>. (odkaz ze dne 2.3 2015)

Šantrůček J. (2008): Rostliny v měnícím se světě. Stres. Sekundární metabolity. Prezentace kurzu Fyziologie rostlin Přírodovědecké fakulty, Jihočeské univerzity. Dostupná online: <http://kebr.prf.jcu.cz/?act=2#KEBR562>. (odkaz ze dne 2.3.2015)

Tremli V. (2009): Středoevropská krajina v holocénu. Geologické rozhledy 5/08-09:6-7.¹⁹

Obrázky, pokud není plná citace v popisku obrázku:

Lindeke B. (2014): Chart of the Day: Daily Incoming Solar Radiation (By Latitude). streets.mn! dostupný online:
<http://streets.mn/2014/11/04/chart-of-the-day-daily-incoming-solar-radiation-by-latitude/> (odkaz ze dne 2.3. 2015)²⁰.

Zdroj obrázků je vždy citován v záhlaví příslušného obrázku. Není-li citace uvedena, byl obrázek vytvořen autorkou speciálně pro tuto aktivitu nebo se jedná o autorské foto.

¹⁷ dostupné online:

<https://books.google.cz/books?id=68nFNpceRmIC&pg=PA97&lpg=PA97&dq=sensible+latent+heat+flux+deciduous+conifer+forest&source=bl&ots=V1CVdv9nvn&sig=nudRfolOiNeBPQagUTPmLdQc7bU&hl=cs&sa=X&e>

¹⁸ dostupný ke stažení: <http://www.enki.cz/cs/publikace/ke-stazeni> (odkaz ze dne 2.3. 2015)

¹⁹ dostupné online: <http://geography.cz/geograficke-rozhledy/wp-content/uploads/2009/06/6-7.pdf> (odkaz ze dne 13.3. 2015)

²⁰ V zápatí stránky: This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 United States License.

Vazba na RVP

Cyklus se vztahuje k následujícím cílům RVP pro gymnázia:

Klíčové kompetence:

všechny s výjimkou kompetence k podnikavosti

Environmentální výchova:

Přínos průřezového tématu k rozvoji osobnosti žáka

V oblasti postojů a hodnot má průřezové téma žákovi pomoci:

- uvědomovat si specifické postavení člověka v přírodním systému a jeho odpovědnost za další vývoj na planetě;
- projevovat pokoru, úctu k hodnotám, které neumí vytvořit člověk, oceňovat hodnotu přírody, vnímat a být schopen hodnotit různé postoje k postavení člověka v přírodě a k chování člověka vůči přírodě;
- pochopit, že člověk z hlediska své existence potřebuje využívat přírodní zdroje ve svůj prospěch, ale vždy tak, aby nedošlo k nevratnému poškození životního prostředí;
- uvědomit si, že k ochraně přírody může napomoci každý jedinec svým ekologicky zodpovědným přístupem k běžným denním činnostem;
- vnímat místo, ve kterém žije, a změny, které v něm probíhají, a cítit zodpovědnost za jeho další vývoj, a to nejen z hlediska životního prostředí.

V oblasti vědomostí, dovedností a schopností má průřezové téma žákovi pomoci:

- poznat složitou propojenost přírodních systémů a pochopit, že narušení jedné složky systému může vést ke zhroucení celého systému;
- znát z vlastní zkušenosti přírodní a kulturní hodnoty ve svém okolí, uvažovat o nich v souvislostech a chápat příčiny a následky jejich poškození;
- hledat příčiny neuspokojivého stavu životního prostředí v minulosti i současnosti a hledat možnosti dalšího vývoje;
- pochopit velkou provázanost faktorů ekologických s faktory ekonomickými a sociálními a být schopen vybrat optimální řešení v reálných situacích;
- nahlížet různé aspekty ekologických problémů, vytvářet si vlastní názor a postoj k nim;
- propojit poznatky a dovednosti z jednotlivých vzdělávacích oblastí a využívat je při řešení environmentální problematiky.

Tematické okruhy průřezového tématu

PROBLEMATIKA VZTAHŮ ORGANISMŮ A PROSTŘEDÍ

- ▶ Jak ovlivňuje prostředí organismy, které v něm žijí, a které abiotické/biotické vlivy na organismus působí
- ▶ Jak probíhá tok energie a látek v biosféře a v ekosystému

ČLOVĚK A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

- ▶ Jak ovlivňuje člověk životní prostředí od počátku své existence po současnost a jaké je srovnání těchto forem ovlivňování z hlediska udržitelnosti
- ▶ Jaké jsou příčiny a důsledky globálních ekologických problémů a jaký postoj k tomu zaujímají zainteresované skupiny
- ▶ Jaké jsou prognózy globálního rozvoje světa na podkladě současného environmentálního jednání lidstva

Cizí jazyk

RECEPTIVNÍ ŘEČOVÉ DOVEDNOSTI

Očekávané výstupy

žák

- ▶ porozumí hlavním bodům a myšlenkám autentického čteného textu či písemného projevu složitějšího obsahu na aktuální téma
- ▶ identifikuje strukturu textu a rozliší hlavní a doplňující informace
- ▶ vyhledá a shromáždí informace z různých textů na méně běžné, konkrétní téma a pracuje se získanými informacemi
- ▶ odvodí význam neznámých slov na základě již osvojené slovní zásoby, kontextu, znalosti tvorby slov a internacionalismů

KOMUNIKAČNÍ FUNKCE JAZYKA A TYPY TEXTŮ

- **čtený či slyšený text** – jazykově nekomplikované a logicky strukturované texty, texty informační, popisné, faktografické, dokumentární, imaginativní i umělecké
- **informace z médií** – tisk, rozhlas, televize, internet, film, audionahrávky, videonahrávky, veřejná hlášení, telefon

TEMATICKÉ OKRUHY A KOMUNIKAČNÍ SITUACE

- **oblast společenská** – příroda, životní prostředí, ekologie, globální problémy, věda a technika, pokrok

Biologie

EKOLOGIE

Očekávané výstupy

žák

- ▶ používá správně základní ekologické pojmy
- ▶ objasňuje základní ekologické vztahy

Fyzika

FYZIKÁLNÍ VELIČINY A JEJICH MĚŘENÍ

Očekávané výstupy

žák

- ▶ měří vybrané fyzikální veličiny vhodnými metodami, zpracuje a vyhodnotí výsledky měření

Učivo

- **elektromagnetické záření** – elektromagnetická vlna; spektrum elektromagnetického záření
- **vlnové vlastnosti světla** – šíření a rychlost světla v různých prostředích; stálost rychlosti světla v inerciálních soustavách a některé důsledky této zákonitosti; zákony odrazu a lomu světla, index lomu; optické spektrum; interference světla
- **vlastnosti látek** – normálové napětí, Hookův zákon; povrchové napětí kapaliny, kapilární jevy; součinitel teplotní roztažnosti pevných látek a kapalin; skupenské a měrné skupenské teplo

Geografie

PŘÍRODNÍ PROSTŘEDÍ

Očekávané výstupy

žák

- ▶ objasní mechanismy globální cirkulace atmosféry a její důsledky pro vytváření klimatických pásů
- ▶ objasní velký a malý oběh vody a rozliší jednotlivé složky hydrosféry a jejich funkci v krajině

ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Očekávané výstupy

žák

- ▶ zhodnotí některá rizika působení přírodních a společenských faktorů na životní prostředí v lokální, regionální a globální úrovni

Matematika

PRÁCE S DATY, KOMBINATORIKA, PRAVDĚPODOBNOST

Očekávané výstupy

žák

- ▶ volí a užívá vhodné statistické metody k analýze a zpracování dat (využívá výpočetní techniku)
- ▶ reprezentuje graficky soubory dat, čte a interpretuje tabulky, diagramy a grafy, rozlišuje rozdíly v zobrazení obdobných souborů vzhledem k jejich odlišným charakteristikám

Informatika a informační a komunikační technologie

ZDROJE A VYHLEDÁVÁNÍ INFORMACÍ, KOMUNIKACE

Očekávané výstupy

žák

- ▶ využívá dostupné služby informačních sítí k vyhledávání informací, ke komunikaci, k vlastnímu vzdělávání a týmové spolupráci
- ▶ posuzuje tvůrčím způsobem aktuálnost, relevanci a věrohodnost informačních zdrojů a informací

ZPRACOVÁNÍ A PREZENTACE INFORMACÍ

Očekávané výstupy

žák

- ▶ zpracovává a prezentuje výsledky své práce s využitím pokročilých funkcí aplikačního softwaru, multimediálních technologií a internetu
- ▶ aplikuje algoritmický přístup k řešení problémů

Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech

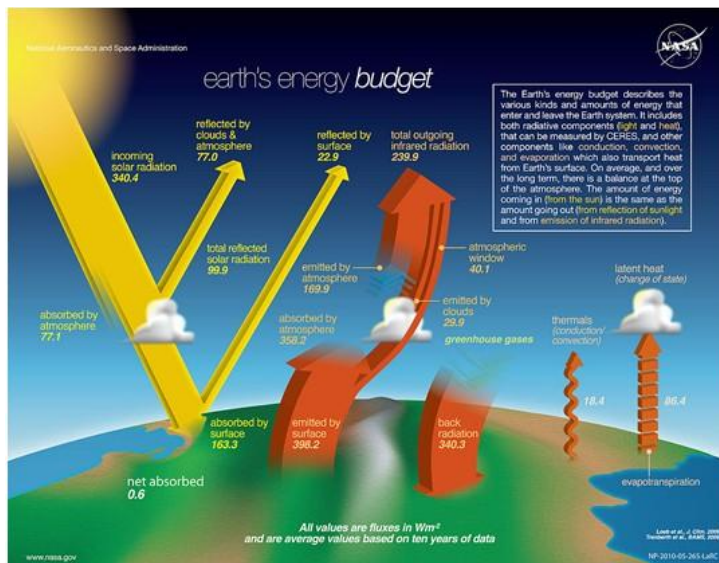
V oblasti vědomostí, dovedností a schopností má průřezové téma žákovi pomoci:

- myslet systémově a hledat souvislosti mezi jevy a procesy;
- spolupracovat aktivně a efektivně s jinými lidmi, vcítit se při poznávání a posuzování jejich názorů do situace a prostředí, ze kterého vycházejí jejich přístupy;
- vytvořit si na základě osvojených informací vlastní názor, umět ho vyjádřit a obhajovat ho argumentací v diskusích o politických, ekonomických a sociálních problémech v kontextu s evropskými a globálními vývojovými tendencemi;
- umět přijmout názor ostatních a korigovat své původní pohledy na danou problematiku;
- vnímat a hodnotit lokální a regionální jevy a problémy v širších evropských a globálních souvislostech;

2 Earth's Energy Budget - článek

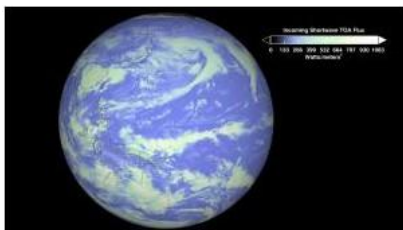
Earth's energy budget

From Wikipedia, the free encyclopedia (downloaded on February 20 2015; last modified on 9 February 2015)



Earth's climate is largely determined by the planet's energy budget, *i.e.*, the balance of incoming and outgoing radiation. It is measured by satellites and shown in W/m^2 .^[1]

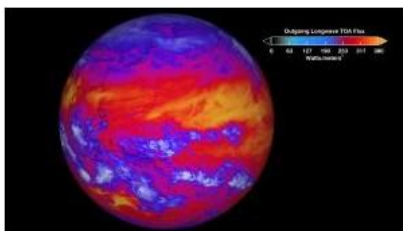
Earth's energy budget or Earth's radiation balance describes the net flow of energy into Earth in the form of shortwave radiation and the outgoing infrared longwave radiation into space.^[2] Thus, the energy fluxes are important to understand climate change, defined by changes in Earth's energy balance.^[3]



video [NPP_Ceres_Shortwave_Radiation.ogv.720p.webm](#)

Incoming, top-of-atmosphere (TOA) shortwave flux radiation, shows energy received from the sun (Jan 26–27, 2012).

Received radiation is unevenly distributed over the planet, because the Sun heats equatorial regions more than polar regions. Energy is absorbed by the atmosphere and hydrosphere, known as Earth's heat engine, coupled processes which constantly even out solar heating imbalances through evaporation of surface water, convection, rainfall, winds, and ocean circulation, when distributing heat around the globe. When incoming solar energy is balanced by an equal flow of heat to space, Earth is in radiative equilibrium and global temperatures become relatively stable.



video [NPP_Ceres_Longwave_Radiation.ogv.720p.webm](#)

Outgoing, longwave flux radiation at the top-of-atmosphere (Jan 26–27, 2012). Heat energy radiated from Earth (in watts per square metre) is shown in shades of yellow, red, blue and white. The brightest-yellow areas are the hottest and are emitting the most energy out to space, while the dark blue areas and the bright white clouds are much colder, emitting the least energy.

Disturbances of Earth's radiative equilibrium, such as the rise of heat-trapping gases, change global temperatures in response, because of the greenhouse effect, since energy radiated back to space is in part absorbed by greenhouse gas molecules.^[4] However, Earth's energy balance and heat fluxes depend on many factors, such as the atmospheric chemistry

composition (mainly aerosols, and greenhouse gases), the [albedo](#) (reflectivity) of surface properties, cloud cover, and vegetation and land use [patterns](#). Changes in surface temperature due to Earth's energy [budget](#) do not occur instantaneously, due to the inertia (slow response) of the oceans and the cryosphere to react to the new energy [budget](#). The [net heat](#) flux is buffered primarily in the ocean's [heat](#) content, until a new [equilibrium](#) state is established between incoming and outgoing radiative forcing and climate response.^[5]

1. Energy [budget](#)

Incoming radiant energy (shortwave)

The total amount of energy received by Earth's [atmosphere](#) is normally measured in watts and determined by the [solar constant](#). Earth's incoming [solar radiation](#) depends on day-night cycles and the [angle](#) at which sun rays strike, thus calculated by its cross section and distribution on the planet's [surface](#), calculated with $4 \cdot \pi \cdot RE^2$, in sum one-fourth the [solar constant](#) (approximately 340 W/m^2 , plus or minus 2 W/m^2).^{[1][6]} Since the absorption varies with location as well as with [diurnal](#), seasonal, and annual variations, numbers quoted are long-term [averages](#), typically [averaged](#) from multiple [satellite measurements](#).^[1]

Of the $\sim 340 \text{ W/m}^2$ of [solar radiation](#) received by the Earth, an [average](#) of $\sim 77 \text{ W/m}^2$ is reflected back to [space](#) by clouds and the [atmosphere](#), and $\sim 23 \text{ W/m}^2$ is reflected by the surface [albedo](#), leaving about 240 W/m^2 of [solar](#) energy input to the Earth's energy [budget](#).

Earth's internal [heat](#) and other small effects

The geothermal [heat](#) flux from the Earth's interior is estimated to be 47 terawatts.^[7] This comes to 0.087 watt/square metre, which represents only 0.027% of Earth's total energy [budget](#) at the surface, which is dominated by 173,000 terawatts of incoming [solar radiation](#).^[8]

There are other minor sources of energy that are usually ignored in these calculations: accretion of interplanetary dust and [solar wind](#), light from distant stars, the thermal [radiation](#) of [space](#). Although these are now known to be negligibly small, this was not always obvious: Joseph Fourier initially thought [radiation](#) from deep [space](#) was significant when he discussed the Earth's energy [budget](#) in a paper often cited as the first on the [greenhouse effect](#).^[9]

Longwave [radiation](#)

Longwave [radiation](#) is usually defined as outgoing infrared energy, leaving the planet. However, the [atmosphere absorbs](#) parts initially, or cloud cover can reflect [radiation](#). Generally, [heat](#) energy is transported between the planet's surface layers (land and ocean) to the [atmosphere](#), transported via [evapotranspiration](#), and latent [heat](#) fluxes or conduction/convection processes.^[1] Ultimately, energy is radiated in the form of longwave infrared [radiation](#) back into [space](#).

Recent [satellite](#) observations indicate additional [precipitation](#), which is sustained by increased energy leaving the surface through [evaporation](#) (the latent [heat](#) flux), offsetting increases in longwave flux to the surface.^[3]

Earth's energy [imbalance](#)

If the incoming energy flux is not equal to the outgoing thermal (infrared) [radiation](#), the result is an energy [imbalance](#), resulting in [net heat](#) added to the planet (if the incoming flux is larger than the outgoing). Earth's energy [imbalance measurements](#) provided by Argo [floats](#) detected accumulation of ocean [heat](#) content (OHC) in the recent decade. The estimated [imbalance](#) is $0.58 \pm 0.15 \text{ W/m}^2$.^[10]

Several [satellites](#) have been launched into Earth's [orbit](#) that indirectly measure the energy [absorbed](#) and radiated by Earth, and by inference the energy [imbalance](#). The NASA Earth [Radiation Budget Experiment](#) (ERBE) project involves three such [satellites](#): the Earth [Radiation Budget Satellite](#) (ERBS), launched October 1984; NOAA-9, launched December 1984; and NOAA-10, launched September 1986.^[11]

Today the NASA [satellite instruments](#), provided by CERES, part of the NASA's Earth Observing System (EOS), are especially designed to measure both [solar-reflected](#) and Earth-emitted [radiation](#) from the top of the [atmosphere](#) (TOA) to the Earth's surface.^[12]

2. Natural greenhouse effect

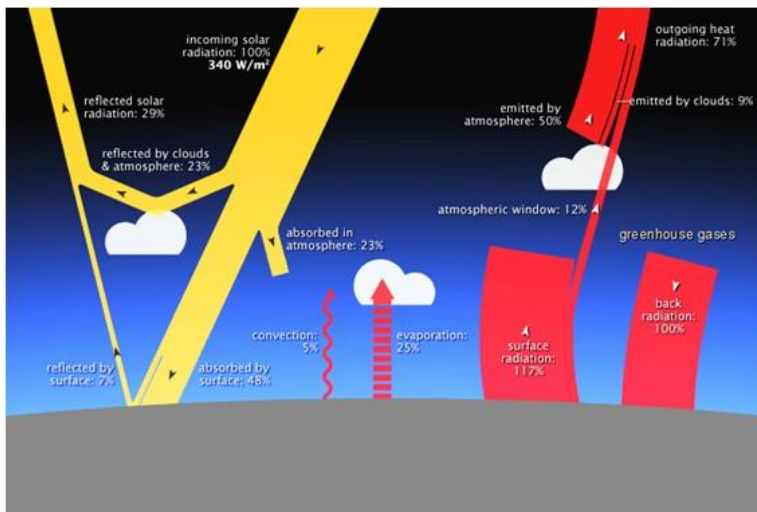
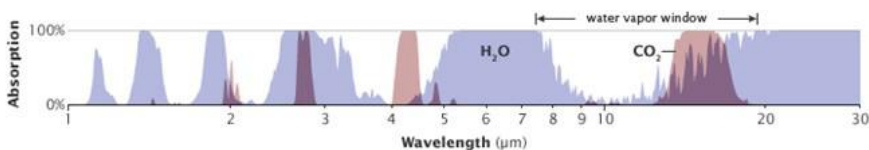


Diagram showing the energy budget of Earth's atmosphere, which includes the greenhouse effect. See also: [Greenhouse effect](#)

The major atmospheric gases (oxygen and nitrogen) are transparent to incoming sunlight, and are also transparent to outgoing thermal infrared. However, water vapor, carbon dioxide, methane, and other trace gases are opaque to many wavelengths of thermal infrared energy. The Earth's surface radiates the net equivalent of 17 percent of incoming solar energy as thermal infrared. However, the amount that directly escapes to space is only about 12 percent of incoming solar energy. The remaining fraction—a net 5-6 percent of incoming solar energy—is transferred to the atmosphere when greenhouse gas molecules absorb thermal infrared energy radiated by the surface.^[13]

When greenhouse gas molecules absorb thermal infrared energy, their temperature rises. Like coals from a fire that are warm but not glowing, greenhouse gases then radiate an increased amount of thermal infrared energy in all directions. Heat radiated upward continues to encounter greenhouse gas molecules; those molecules absorb the heat, their temperature rises, and the amount of heat they radiate increases. At an altitude of roughly 5–6 kilometres, the concentration of greenhouse gases in the overlying atmosphere is so small that heat can radiate freely to space.^[13]



Atmospheric gases only absorb some wavelengths of energy but are transparent to others. The absorption patterns of water vapor (blue peaks) and carbon dioxide (pink peaks) overlap in some wavelengths. Carbon dioxide is not as strong a greenhouse gas as water vapor, but it absorbs energy in wavelengths (12– 15 micrometres) that water vapor does not, partially closing the "window" through which heat radiated by the surface would normally escape to space. (Illustration NASA, Robert Rohde)^[14]

Because greenhouse gas molecules radiate infrared energy in all directions, some of it spreads downward and ultimately comes back into contact with the Earth's surface, where it is absorbed. The temperature of the surface becomes warmer than it would be if it were heated only by direct solar heating. This supplemental heating of the Earth's surface by the atmosphere is the natural greenhouse effect.^[13]

3. Climate sensitivity

Main article: Radiative forcing

A change in the incident or radiated portion of the energy budget is referred to as a radiative forcing.

The climate sensitivity is defined as the steady state change in the equilibrium temperature as a result of

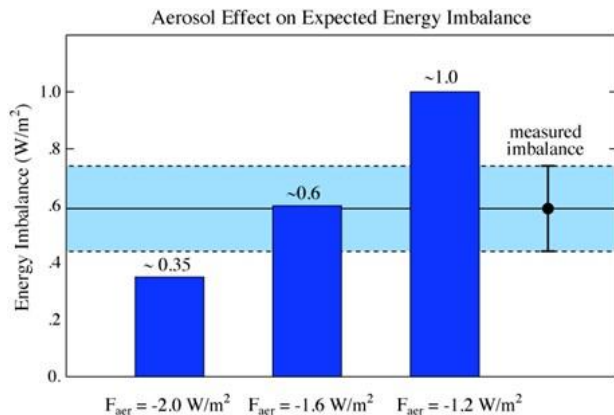
changes in the energy budget. **Climate forcings and global warming**

Changes in Earth's climate system that affect the energy which enters or leaves the system alters Earth's radiative equilibrium, and thus can force temperatures to rise or fall, are called climate forcings. Natural climate forcings include changes in the Sun's brightness, Milankovitch cycles (small variations in the shape of Earth's orbit and its axis of rotation that occur over thousands of years), and large volcanic eruptions that inject light-reflecting particles as high as the stratosphere. Man-made forcings include particle pollution (aerosols), which absorb and reflect incoming sunlight; deforestation, which changes how the surface reflects and absorbs sunlight; and the rising concentration of atmospheric carbon dioxide and other greenhouse gases, which decrease heat radiated to space.

A forcing can trigger feedbacks that intensify (positive feedback) or weaken (negative feedback) the original forcing. For

example, loss of ice at the poles, which makes them less reflective, is an example of a positive feedback.^[14]

The observed planetary energy imbalance during the recent solar minimum shows that solar forcing of climate, although significant, is overwhelmed by a much larger net human-made climate forcing.



Expected Earth energy imbalance for three choices of aerosol climate forcing. Measured imbalance, close to $0.6 W/m^2$, implies that aerosol forcing is close to

$-1.6 W/m^2$. (Credit: NASA/GISS)^[10]

Today, anthropogenic perturbations in greenhouse gas concentration are responsible for a positive radiative forcing which reduces the net longwave radiation loss out to space, hence the radiative equilibrium is disturbed. It has been suggested to reduce atmospheric CO_2 content to about 350 ppm, in order to stop further global warming. The data also show that climate forcing by human-made aerosols is larger than usually assumed, hence more global aerosol monitoring would improve people's understanding of interpretation of recent climate change.^[10]

4. See also

Planetary equilibrium temperature
 Clouds and the Earth's Radiant Energy System

5. References

- [1] "The NASA Earth's Energy Budget Poster". NASA.
- [2] Chiacchio, Marc; Solomon, Fabien; Giorgi, Filippo; Stackhouse, Paul, Jr. (April 2013). *The global energy budget with a regional climate model over Europe*. Copernicus. Bibcode:2013EGUGA..15.6581C.
- [3] Graeme L. Stephens, Juilin Li, Martin Wild, Carol Anne Clayson, Norman Loeb, Seiji Kato, Tristan L'Ecuyer, Paul W. Stackhouse Jr, Matthew Lebsock and Timothy Andrews (September 23, 2012). "An update on Earth's energy balance in light of the latest global observations". *Nature Geoscience*. Bibcode:2012NatGe...5..691S. doi:10.1038/NGEO1580.
- [4] Lindsey, Rebecca (2009). "Climate and Earth's Energy Budget". *NASA Earth Observatory*.
- [5] M, Previdi et al. (2013). "Climate sensitivity in the Anthropocene". *Royal Meteorological Society*. Bibcode:2013QJRMS.139.1121P. doi:10.1002/qj.2165.
- [6] Wild, Martin; Folini, Doris; Schär, Christoph; Loeb, Norman; Dutton, Ellsworth; König-Langlo, Gert (2013). *The Earth's radiation balance and its representation in CMIP5 models*. Copernicus. Bibcode:2013EGUGA..15.1286W.
- [7] Davies, J. H., & Davies, D. R. (2010). Earth's surface heat flux. *Solid Earth*, 1(1), 5–24.
- [8] Archer, D. (2012). *Global warming: Understanding the Forecast*. ISBN 978-0-470-94341-0.
- [9] Connolley, William M. (18 May 2003). "William M. Connolley's page about Fourier 1827: MEMO IRE sur les temperatures du globe terrestre et des espaces planetaires". William M. Connolley. Retrieved 5 July 2010.
- [10] James Hansen, Makiko Sato, Pushker Kharecha and Karina von Schuckmann (January 2012). "Earth's Energy Imbalance". NASA. [11] Effect of the Sun's Energy on the Ocean and Atmosphere (1997)
- [12] B.A. Wielicki, et al. (1996). "Mission to Planet Earth: Role of Clouds and Radiation in Climate". *Bull. Amer. Meteorol. Soc.* **77** (5): 853–868. Bibcode:1996BAMS...77..853W. doi:10.1175/1520-0477(1996)077<0853:CATERE>2.0.CO;2.
- [13] Edited quote from public-domain source: Lindsey, R. (January 14, 2009), *The Atmosphere's Energy Budget (page 6)*, in: *Climate and Earth's Energy Budget: Feature Articles*, Earth Observatory, part of the EOS Project Science Office, located at NASA Goddard Space Flight Center

6. External links

NASA: The Atmosphere's Energy Budget
Clouds and Earth's Radiant Energy System
(CERES) NASA/GEWEX Surface Radiation
Budget (SRB) Project

7 Text and image sources, contributors, and licenses

Text

• **Earth's energy budget** *Source:* <http://en.wikipedia.org/wiki/Earth%27s%20energy%20budget?oldid=646422485> *Contributors:* BryanDerksen, Heron, William M. Connolley, Julesd, Zoicon5, Dragons flight, Alan Liefing, Sj, Peruvianllama, Wwoods, Bobblewik, Andyjcp, Thincat, Neutrality, Rich Farmbrough, Vsmith, Dave souza, Berkut, Bender235, Art LaPella, Plumbago, Stillnotelf, Ultramarine, Kmg90, GregorB, Mandarax, Josh Parris, Tomtheman5, RexNL, Bgwhite, Wavelength, Huw Powell, DarkPhoenix, Daniel C, Arthur Rubin, Geoffrey.landis, SmackBot, C.Fred, ASarnat, Ohnoitsjamie, Chris the speller, RDBrown, Hibernian, AussieLegend, AstroChemist, Blouis79, Mierlo, A876, Poodleboy, Bob Stein - VisiBone, Res2216firestar, Enquire, Icseaturles, Coppertwig, KylieTastic, Enescot, Amikake3, CrossoverManiac, Kr-val, SieBot, Virtual Cowboy, Jason Patton, JSpung, Duae Quartunciae, ImageRemovalBot, ClueBot, Mild Bill Hiccup, NuclearWarfare, N p holmes, Muro Bot, Nathan Johnson, MystBot, Addbot, Battye, Eivindbot, BepBot, Tide rolls, Lightbot, Yobot, Veteran0101, Slow entrophyy, AnomieBOT, Jim1138, MaterialsScientist, Citation bot, AdmiralHood, FrescoBot, Menwith, D'ohBot, Citation bot 1, Cutelyaware, Tbhotch, Jfmantis, Marknutley, Giorgiopp2, Heracles31, RIS cody, ClueBot NG, Vacation9, Tideflat, Frietjes, Widr, Bibcode Bot, NewsAndEventsGuy, BattyBot, Frosty, Malerooster, Faizan, Metadox, Prokaryotes, NottNott, Bkilli1, Monkbot, Nidarshana Pandey, Itisnotthecriticwhocounts and Anonymous: 97

Images

• **File:CO2_H2O_absorption_atmospheric_gases_unique_pattern_energy_wavelengths_of_energy_transparent_to_others.png**

Source: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/CO2_H2O_absorption_atmospheric_gases_unique_pattern_energy_wavelengths_of_energy_transparent_to_others.png *License:* Public domain *Contributors:* <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/EnergyBalance/page7.php> *Original artist:* NASA, Robert Rohde

• **File:Commons-logo.svg** *Source:* <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/4/4a/Commons-logo.svg> *License:*

? *Contributors:* ? *Original artist:* ?

• **File:Diagram showing the Earth's energy budget, which includes the greenhouse effect (NASA).png** *Source:*

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e5/Diagram_showing_the_Earth%27s_energy_budget%2C_which_includes_the_greenhouse_effect_%28NASA%29.png *License:* Public domain *Contributors:* global_energy_budget_components.png, on: The Atmosphere's Energy Budget (page 6), in Climate and Earth's Energy Budget (author: Lindsey, R.), Feature Articles. Publisher: Earth Observatory, part of the EOS Project Science Office, located at NASA Goddard Space Flight Center *Original artist:* Robert Simmon

• **File:Folder_Hexagonal_Icon.svg** *Source:* http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/4/48/Folder_Hexagonal_Icon.svg *License:* Cc-bysa-3.0 *Contributors:* ? *Original artist:* ?

• **File:NASA Hansen Aerosol effect on expected energy imbalance Earth budget.gif** *Source:* <http://upload.wikimedia.org/>

[wikipedia/commons/0/0a/NASA_Hansen_Aerosol_effect_on_expected_energy_imbalance_Earth_budget.gif](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0a/NASA_Hansen_Aerosol_effect_on_expected_energy_imbalance_Earth_budget.gif) *License:* Public domain *Contributors:* http://www.giss.nasa.gov/research/briefs/hansen_16/ *Original artist:* NASA/GISS

• **File:NPP Ceres Longwave Radiation.ogv** *Source:* http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3b/NPP_Ceres_Longwave_Radiation.ogv *License:* Public domain *Contributors:* Goddard Multimedia *Original artist:* NASA/Goddard Space Flight Center

• **File:NPP Ceres Shortwave Radiation.ogv** *Source:* http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b9/NPP_Ceres_Shortwave_Radiation.ogv *License:* Public domain *Contributors:* Goddard Multimedia *Original artist:* NASA/Goddard Space Flight Center

• **File:The-NASA-Earth's-Energy-Budget-Poster-Radiant-Energy-System-satellite-infrared-radiation-fluxes.jpg** *Source:* <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bb/The-NASA-Earth%27s-Energy-Budget-Poster-Radiant-Energy-System-satellite-infrared-radiation-fluxes.jpg> *License:* Public domain *Contributors:* http://science-edu.larc.nasa.gov/energy_budget/ *Original artist:* NASA

Content license

• Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0

3 Earth's Energy Budget - překlad, slovíčka a doprovodný text

Anotace

Dokument je součástí cyklu Slunce na Zemi a je určen jako podkladový text pro učitele pro aktivitu Anglický článek Earth's Energy Budget. Dokument obsahuje:

- překlad anglického článku z Wikipedie Earth's Energy Budget (ze dne 20.2. 2015) včetně komentářů k překladu a k užívání odborných termínů v českém jazyce (kurzívou nebo formou poznámek pod čarou);
- seznam odborných anglických termínů pro učitele, který umožní učitelům se střední pokročilostí znalostí angličtiny porozumět tomuto populárně naučnému textu a tento text použít při výuce;
- seznam 47 odborných anglických termínů pro studenty, které by se měli studenti s článkem naučit. Vlastní text článku pro výuku naleznete v následujících souborech:
 - earth_energy_budget.pdf – článek Earth's Energy Budget stažený z Internetu. V článku jsou podtržena slovíčka, jež by se studenty měli s článkem naučit (viz seznam v tomto dokumentu);
 - earth_energy_budget_podtr_i_pro_ucitele.pdf – dokument viz výše, u něž byly navíc zvýrazněny červeným přerušovaným podtržením slovíčka pro učitele;
 - NPP_Ceres_Longwave_Radiation.ogv.720p.webm – video k článku Wikipedie;
 - NPP_Ceres_Shortwave_Radiation.ogv.720p.webm – video k článku Wikipedie

Český překlad článku:

kurzívou nebo formou poznámek pod čarou jsou uvedeny poznámky k překladu nebo užívání českých termínů. Číselné odkazy formou horního indexu jsou zachovány dle anglického originálu, v němž odkazují na příslušné literární zdroje.

Popisky obrázků (i uvnitř obrázků) byly také přeloženy.

Energetický rozpočet Země²¹

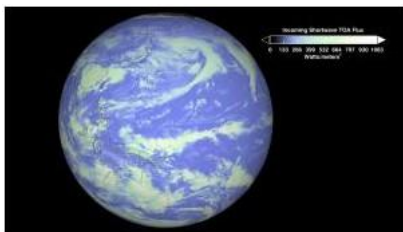


Zemské klima je převážně ovlivňováno zemskou energetickou bilancí, tedy rovnováhou mezi přicházejícím a vyzařeným zářením. Měří jí satelity a vyjadřuje se ve W.m⁻².

Z Wikipedie, internetové encyklopedii, kterou může každý upravovat²² (staženo 20.2. 2015; poslední úprava 9.2. 2015)

²¹ tento termín se v češtině prakticky nepoužívá. Ustáleným termínem je „energetická bilance“ Země

²² použitá doslovná formulace z české Wikipedie, původní termín free v angličtině znamená jak volný, tak zadarmo.

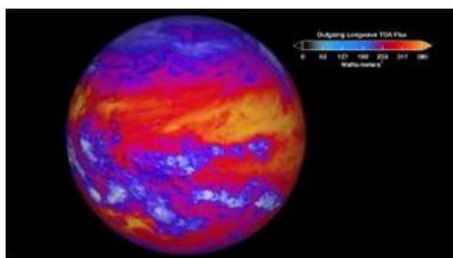


video NPP_Ceres_Shortwave_Radiation.ogv.720p.webm

Dopadající záření, krátkovlnné záření dopadající do horní části atmosféry (TOA) ukazuje záření, které bylo přijato ze Slunce (26.-27.1. 2012).

Energetický rozpočet Země nebo také energetická bilance Země (*doslovný překlad: zemská radiační bilance, v českém překladu byl použit ustálený termín*) popisuje čistý tok energie na Zemi ve formě krátkovlnného záření a infračerveného dlouhovlnného záření, které je vyzařováno do vesmíru^[2]. Porozumění energetickým tokům nám umožňuje porozumět klimatické změně, která je definována jako změna v energetické bilanci Země^[3] (*pozn. anglická věta je uvozena anglickým slovem „thus“, které se dá přeložit jako parazitické „tedy“ - bylo vypuštěno*).

Dopadlá (*doslova přijatá, pro překlad byl použit ustálený český termín*) energie je na planetě distribuována nerovnoměrně, protože Slunce ohřívá více rovníkové než polární oblasti. Energie je absorbována atmosférou a hydrosférou, která se též nazývá zemským tepelným strojem (*tento termín se však v češtině vůbec neuvádí; věta rozdělena*). To je doprovázeno procesy, které neustále vyvažují výkyvy v solární záření skrze výpar (*odborně evaporaci*) povrchové vody, vedení tepla, dešťovými srážkami, větrem a oceanickou cirkulací (*myšleno cirkulací mořských proudů*), aby se tepelná energie rozmístila po zemské kouli. Když je vyrovnán poměr mezi přijatou energií a výdejem tepelné energie do vesmíru, Země je z hlediska záření v rovnováze a teploty v planetárním měřítku jsou relativně stabilní.



video NPP_Ceres_Longwave_Radiation.ogv.720p.webm

Vyzářené záření, dlouhovlnné záření opouštějící horní část atmosféry (26.-27.1. 2012). Tepelná energie ze Země (ve wattch na m²) zobrazená v odstínech žluté, červené, modré a bílé. Nejžárivější žluté oblasti jsou nejteplejší a vyzařují nejvíce energie do vesmíru, zatímco tmavě modré a bílé oblasti jsou mnohem chladnější, vyzařující nejméně energie.

Zásahy (*doslova rušivé vlivy*) do relativní rovnováhy radiační bilance, jako je např. nárůst skleníkových plynů (*doslova teplo lapajících plynů*) mění celosvětovou teplotu z důvodu skleníkového efektu neboť energie, která by byla vyzářena do vesmíru, je částečně pohlcena molekulami skleníkových plynů^[4]. Zemská energetická bilance a tepelné toky závisí na mnoha faktorech, jako jsou chemické atmosférické depozice (především obsahu aerosolů a skleníkových plynů), albedu (odrazivosti) zemských částí, oblačnosti a vegetačního pokryvu a využití krajiny (*anglická věta je uvozena problematickým termínem however, zde v tomto použití majícím význam přibližně „ale je nutné si uvědomit“*). Změny teploty na povrchu Země v důsledku změny energetické bilance Země se nemusí bezprostředně projevit kvůli jejich zpoždění (*věta byla kvůli srozumitelnosti a požadavcích češtiny rozdělena*). To je způsobeno oceány a ledovci, které jsou schopny reagovat na nový přísun energie. Tepelný tok je vyrovnáván (*doslova pufován*) především ohříváním oceánů, a to až do doby, kdy je dosaženo nového rovnovážného stavu mezi přicházející a odcházející energií, která způsobí klimatickou změnu.

1. Energetická bilance (*anglicky doslova energetický rozpočet – termín se ale v češtině neuvádí, viz výše*)

Dopadající krátkovlnné záření (*doslova přicházející energie krátkovlnného záření*)

Celková energie dopadající na atmosféru se zpravidla vyjadřuje ve wattch a nazývá se solární konstantou²³. Dopadající záření závisí na cirkadiálním rytmu a na úhlu pod nímž sluneční paprsky dopadají, proto se počítá jako přísun energie na příslušnou část zemského povrchu, kam dopadne, který se vypočítá jako $4 \times \pi \times r^2$ (*RE v anglickém originále odpovídá poloměru rotujícího globu*), a činní souhrnně jednu čtvrtinu solární konstanty²⁴ (přibližně $340 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \pm 2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$).^{[1][6]} Protože absorpce závisí na lokalitě i na fázi dne, ročním období a meziročních výkyvech, uvedené hodnoty odpovídají dlouhodobým průměrům typicky získaných z různých satelitních měření.^[1]

Z přibližných $340 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ záření, které dopadne na zemský povrch, průměrně $77 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ je odraženo zpět do vesmíru od mraků a atmosféry a dalších $23 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ je odraženo zemským povrchem – nazýváme je albedo. Zbývajících $240 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ solárního záření vstupuje do zemského rozpočtu (*tím je myšleno, že představuje toky v zemských ekosystémech*).

²³ $1\,373 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

²⁴ anglický text je tu až příliš zjednodušený a nevyplývá z něj, jak se autoři k výsledné průměrné hodnotě dostali. Chcete-li se na to podívat podrobněji, viz např. http://shadow.eas.gatech.edu/~jean/paleo/Lectures/Lecture_2.pdf

Zemské teplo a další malé vlivy

Geotermální teplo produkované uvnitř Země je odhadem 47 TW^{25} . [7] To odpovídá $0,087 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ²⁶, což představuje jen 0,027 %²⁷ celkové energie, která je na povrchu k dispozici, v níž dominuje $173\,000 \text{ TW}^{28}$ dopadajícího slunečního záření. [8]

Existují i další minoritní zdroje energie, které se zpravidla v těchto výpočtech zanedbávají: přísun vesmírného prachu a sluneční vítr, světlo ze vzdálených hvězd, tepelné vesmírné záření. Ačkoli dnes víme, že jsou zanedbatelně malé, toto nebylo vždy zřejmé: Joseph Fourier se nejdříve domníval, že záření z hlubokého vesmíru je významné, když poprvé diskutoval radiální bilanci Země v článku, který bývá citován jako první práce týkající se skleníkového efektu. [9]

Dlouhovlnné záření

Dlouhovlnné záření bývá definováno jako dlouhovlnné záření opouštějící planetu. Přestože atmosféra část záření nejdříve pohltí nebo mraky část záření mohou odrazit, obecně se tepelná energie přesouvá mezi jednotlivými zemskými povrchy (pevninou a oceány) do atmosféry skrze evapotranspiraci²⁹, latentní teplo³⁰ nebo vedením či zářením (zde byly původní dvě věty spojeny do jedné). Na konci je energie vyzářena jako dlouhovlnné infračervené záření zpátky do vesmíru.

Nedávné satelitní pozorování indikují také vliv srážek na zvýšení toku dlouhovlnného záření do vesmíru, to je způsobeno energií opouštějící povrch ve formě evaporace (tok latentního tepla).

Energetická nerovnováha Země³¹

Pokud není příjem energie a výdej energie ve formě tepelného (infračerveného) záření stejný, výsledkem je energetická nerovnováha, která se projevuje nárůstem tepla na planetě (pokud jsou přicházející toky vyšší než odcházející). Měření energetické nerovnováhy Země prováděné „Argo floats“ (plováky Argo) zjistili v posledních dekádách akumulaci tepla oceány (OHC – obsah tepla v oceánech). Odhadovaná nerovnováha je $0,58 \pm 0,15 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. [10]

Několik satelitů měřících nepřímo energii absorbovanou a vyzářenou Zemí bylo vypuštěno na zemskou orbitu, z rozdílů těchto měření i energetickou nerovnováhu. Projekt (doslova pokus) ERBE (The NASA Earth Radiation Budget Experiment – Pokus NASA: Zemská energetická bilance) zahrnuje tři takové satelity: ERBS (The Earth Radiation Budget Satellite – Satelit energetické bilance Země) vypuštěný v říjnu 1984; NOAA-9 vypuštěný v prosinci 1984 a NOAA-10 vypuštěný v září 1986. [11]

Dnes satelitní přístroje NASA poskytované CERESem, který je součástí světového observačního systému NASA EOS, jsou speciálně navrženy k měření jak sluneční energie odražené zpět na zemský povrch i energie vyzářované Zemí ve vrchních částech atmosféry (TOA). [12] (anglická věta má velmi složitou konstrukci, bohužel pro tento typ textů zcela typickou, která musela být při překladu do češtiny zcela změněna.)

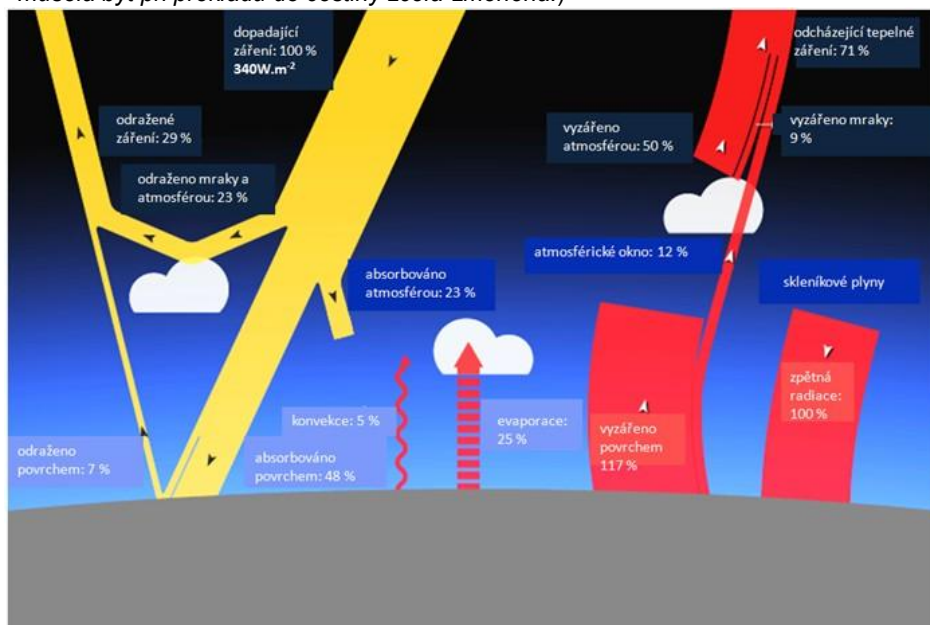


Schéma ukazující energetickou bilanci zemské atmosféry se zahrnutím skleníkového efektu.

²⁵ terawatt - 10^{12} W

²⁶ doporučuji upozornit na rozdíly psaní desetinných čísel v angličtině a češtině.

²⁷ doporučuji upozornit na rozdíl mezi psaním procent v angličtině – mezi číslo a znak procenta se mezeru nekládá, a češtině – mezi číslici a znak procenta se vkládá pevná mezeru (Ctrl+Shift+mezerník)

²⁸ doporučuji upozornit na rozdíly v oddělování řádů, v angličtině se oddělují čárkou (případně pevnou mezerou – vzácně), v češtině pevnou mezerou, případně tečkou.

²⁹ evapotranspirace – souhrnné označení pro výpar vody z volné vodní hladiny (příp. půdy) a skrze transpiraci rostlin.

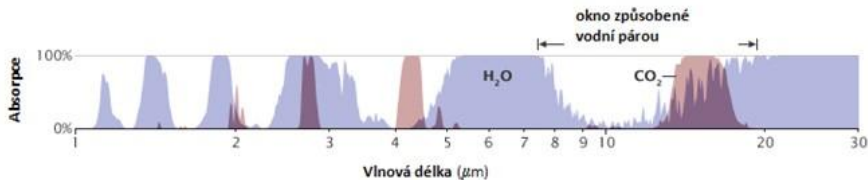
³⁰ latentní teplo = teplo spotřebované na výpar vody.

³¹ energetická nerovnováha Země není pojem běžně užívaný v češtině z důvodu nedostatku vhodných textů v českém jazyce, ale doslovný překlad v tomto případě nezní v češtině cizě.

2. Přírozený skleníkový efekt Viz také Skleníkový efekt.

Hlavní atmosférické plyny (kyslík a dusík) jsou pro sluneční záření průchozí, stejně tak jsou průchozí i pro odcházející dlouhovlnné infračervené tepelné záření. Na druhou stranu, vodní pára, oxid uhličitý, metan a další stopové plyny jsou pro mnohé vlnové délky tepelného infračerveného záření neprostupné. Zemský povrch vyzařuje průměrně (*net equivalent - doslova čistý podíl*) 17 % dopadajícího slunečního záření ve formě tepelného infračerveného záření. Přesto jen zhruba 12 % dopadajícího záření přímo unikne do vesmíru. Zbývající podíl 5-6 % dopadajícího slunečního záření je přeneseno do atmosféry, v níž skleníkové plyny absorbují tepelné infračervené záření vyzařované povrchem.

Když molekula skleníkového plynu absorbuje (*pohlť*) tepelné infračervené záření, její teplota vzroste. Podobně jako žhavé uhlí, které je teplé, ale nezáří (*ve smyslu nesvítí*), skleníkové plyny vyzařují větší podíl tepelného infračerveného záření do všech směrů. Teplota vyzařené vzhůru dále naráží na molekuly skleníkových plynů, tyto molekuly absorbují teplo, jejich teplota vzroste a tím se zvýší množství vyzařovaného tepla. Ve výšce zhruba 5-6 km je koncentrace skleníkových plynů v atmosféře tak malá, že teplo může volně vyzařovat do vesmíru.^[13]



Atmosférické plyny absorbují jen některé vlnové délky (*vlnová délka koreluje s energií, která je uvedena v anglickém originálu*), ale pro jiné jsou průchozí. Absorpce vodní páry (modré vrcholy) a oxidu uhličitého (růžové vrcholy) se v některých vlnových délkách překrývají. Oxid uhličitý není tak silným skleníkovým plynem jako vodní pára, ale absorbuje energii vlnových délek (12-15 mm), které vodní pára nepokrývá, zejména poblíž „okna“ skrz něž by teplo z povrchu normálně uniklo do vesmíru. (Obrázek NASA, Robert Rohde)^[14]

Protože molekuly skleníkových plynů vyzařují energii v infračerveném spektru do všech směrů část z ní se šíří dolů a nakonec přichází opět do kontaktu se zemským povrchem, kde je absorbována. Teplota povrchu bude teplejší (*doslova se stává teplejší*) než kdyby byla ohřívána jen přímým slunečním ohřevem. Toto dodatečné ohřátí zemského povrchu atmosférou je přírozeným skleníkovým efektem.^[13]

3. Citlivost klimatu

Hlavní článek: Radiative forcing [*Radiační působení*]³²

Rozdíl mezi příchozí a vyzařovanou energetickou bilancí se nazývá radiační působení.

Citlivost klimatu je definována jako změna trvalého stavu rovnovážné teploty, která je výsledkem změn v energetické bilanci.

Klimatická zpětná vazba³³ a globální oteplování

Climate forcings [*Klimatickou zpětnou vazbou*] nazýváme změny v zemském klimatickém systému ovlivněné změnami v energiích, které do systému vstupují nebo vystupují, které mění rovnováhu energetické bilance Země, a mohou tedy způsobit zvýšení nebo snížení teploty. Přírozenou klimatickou zpětnou vazbou zahrnuje např. změny ve sluneční aktivitě (*doslova jasnost Slunce, při překladu byl užít ustálený český termín*) Milankovičovy cykly (malé výkyvy v tvaru zemské oběžné dráhy a její osy otáčení, které se vyskytují v řádech tisíců let³⁴), a velké sopečné erupce vyvrhující světloodrážející částice vysoko do stratosféry. Člověkem způsobené síly zahrnují znečišťující částice (aerosoly³⁵), které pohlcují a odrážejí dopadající záření; odlesňování, které mění schopnost zemského povrchu záření odrazit nebo pohltnout; a zvyšování koncentrace oxidu uhličitého a dalších skleníkových plynů v atmosféře, které snižují množství tepla vyzařovaného do vesmíru.

Působení³⁶ (*klimatických sil*) může vyvolat zpětné vazby, které zesílí (pozitivní zpětná vazba) nebo zeslabí (negativní zpětná vazba) původní sílu *působící na klima*. Např. ztráta ledovců na pólech, která sníží odrazivost těchto oblastí je příkladem pozitivní zpětné vazby.^[14]

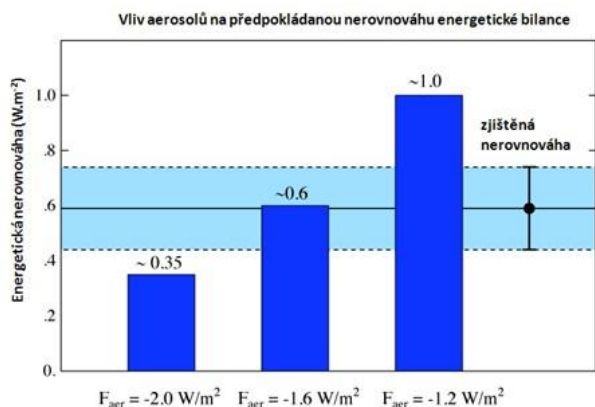
³² stránka existuje i na české Wikipedii: http://cs.wikipedia.org/wiki/Radia%C4%8Dn%C3%AD_p%C5%AFsoben%C3%AD

³³ původní termín forcing v tomto použití nejlépe odpovídá českému zesílení. V kontextu celého článku je však myšlen komplexní systém zpětných vazeb v klimatických silách, jehož výsledkem je změna klimatu (v kontextu pozorovaných změn zpravidla pojmenovaná jako oteplování). Protože můj překlad není v češtině ustálen, je u překladu definice termínu jako první ponechán anglický termín a navržený překlad je kurzívou v hranaté závorce.

³⁴ viz např. http://cs.wikipedia.org/wiki/Milankovi%C4%8Dovy_cykly

³⁵ heterogenní směs malých pevných nebo kapalných částic v plynu

³⁶ forcing je v tomto textu opravdu velmi ošemetné slovo pro překládání do češtiny, vyjadřuje jak sílu, která na něco působí, tak reakci na nějakou sílu, která na něco působila i mechanismus této reakce; také znamená vliv. Snažila jsem se užít co nejvýstižnější české termíny a zároveň se držet formulace původního anglického textu. Pokud bych článek překládala pro publikaci, byl by překlad méně doslovný, ale češtinářsky snesitelnější



Očekávaná nerovnováha v energetické bilanci pro tři možné síly vlivu aerosolů. Zjištěná nerovnováha blízko $0,6 W \cdot m^{-2}$ implikuje, že síla vlivu aerosolů je blízko $-1,6 W \cdot m^{-2}$. (dle: NASA/GISS)^[10]

Pozorovaná nerovnováha v radiační bilanci během posledních solárních minim ukazuje, že i když je klima významně ovlivňováno změnami v solární aktivitě, vliv člověkem způsobených změn nad nimi významně převažuje.

Dnes člověkem způsobené vychýlení koncentrace skleníkových plynů je zodpovědné za pozitivní zpětnou vazbu, která snižuje vyzařování dlouhovlnného záření do vesmíru, a tedy je narušena energetická (*doslova radiační, ale protože záření je energie, jedná se o lepší překlad*) rovnováha. Bylo navrženo snížit koncentraci atmosférického CO_2 alespoň na $350 ppm$ ³⁷, aby se zamezilo dalšímu globálnímu oteplování. Data také ukazují, že vliv člověkem vytvářených aerosolů je větší než se obvykle předpokládá a tedy lepší celosvětový monitoring aerosolů by zlepšil lidské pochopení stávající klimatické změny.

4.Odkazy³⁸

Planetary equilibrium temperature [*Rovnovážná teplota Země*]

Clouds and the Earth's Radiation Energy System³⁹[*Mraky a zemský energetický systém*]

5.Literatura⁴⁰

viz zdrojový článek

6.Externí odkazy viz zdrojový článek

7.Text a zdroje obrázků, příspěvatelé a licence⁴¹

Text

překlad slov kurzívou:

Source – zdroj

Contributor – příspěvatel

Obrázky

překlad slov kurzívou:

Source – zdroj

Contributor – příspěvatel

Original artist – původní umělec

Licence – licence

Licence obsahu⁴²

³⁷ ppm = parts per milion, čili milióntina, jinak 1 000 ppm je 1 ‰. Jedná se o běžnou jednotku používanou v anglických textech.

³⁸ *doslova podívejte se také na*

³⁹ zkratka CERES

⁴⁰ doporučuji ukázat studentům způsoby citací různých zdrojů a probrat/zopakovat pravidla citací zdrojů.

⁴¹ zde doporučuji pohovořit o tom, kdy je legální některá díla (text, obrázky, program, film apod.) převzít a jaká pravidla je potřeba dodržet.

⁴² podmínky uvedené licence Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 viz <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/cz/>

Slovička pro učitele

seznam obsahuje seznam odborných termínů nebo méně frekventovaných anglických výrazů včetně jejich výslovnosti. Tučně jsou slovička, která jsou také v seznamu slovíček pro studenty

absorb	[əb'zɔ:b]	absorbovat, pohltnout
accretion	[ə'kri:ʃən]	v článku přísun, běžně
aerosol	[ˈeəɹə,sɒl]	aerosol
albedo	[æl'bi,dou]	albedo, odrazivost
altitude	[ˈæltɪ,tju:d]	nadmořská výška
angle	[ˈæŋgəl]	úhel
atmospher	[ˈætməs,frə]	atmosféra
average	[ˈævɹɪdʒ]	průměr
balance	[ˈbæləns]	bilance
budget	[ˈbʌdʒɪt]	rozpočet
buffer	[ˈbʌfə]	pufrovat
carbon dioxide	[ˈkɑ:bən daɪ'ɒksaɪd]	oxid uhličitý
climate change	[ˈklaɪmɪt tʃeɪndʒ]	klimatická změna
cloud cover	[klaʊd 'kʌvə]	oblačnost
content	[ˈkɒntent]	obsah, také ve smyslu koncentrace
convection	[kən'vekʃən]	přenos, vedení (odborně též konvekce)
couple	[ˈkʌpəl]	v článku: spojovat, ve smyslu mít společného
deforestation	[di,foʊrɪs'teɪʃən]	odlesňování
diurnal	[daɪ'ɜ:nəl]	denní
emit	[ɪ'mɪt]	emitovat, zářit, vydávat
equatorial	[ekwə'tɔ:riəl]	rovníkový
equilibrium	[i:kwi'lɪbrɪəm]	rovnováha
evaporation	[ɪ,væpə'reɪʃən]	výpar (odborně též evaporace)
evapotranspiration	[ɪ,væpə'ou,tran'spə'reɪʃən]	evapotranspirace (souhrnné označení pro evaporaci=výpar a transpiraci)
even out	[i:vən aʊt]	vyvažovat
feedback	[ˈfi:d,bæk]	zpětná vazba
float	[fləʊt]	plovák
flow	[fləʊ]	tok
flux	[flʌks]	tok (spíše fyzikálně)
global warming	[ˈglɔ:bəl wɔ:mɪŋ]	globální oteplování
globe	[glɔ:ʊb]	zeměkoule
greenhouse effect	[ˈɡri:n,haus ɪ'fekt]	sklekový efekt
heat	[hi:t]	teplo (fyzikálně)
heat-trapping gas	[hi:t træpɪŋ gæs]	skleníkový plyn
imbalance	[ɪm'bæləns]	nerovnováha, výkyv
incident radiation	[ɪn'sɪdɪnt ,reɪdɪ'eɪʃən]	dopadající záření (myšleno záření přicházející ze Slunce na Zemi)
infrared	[ɪnfrə'red]	infračervené
instrument	[ɪnstrʊmənt]	přístroj
land use	[lənd ju:s]	využití krajiny
latent heat	[ˈleɪtənt hi:t]	latentní teplo = teplo spotřebované na výpar vody
launch	[lɔ:ntʃ]	vypustit
longwave	[lɒŋweɪv]	délhovělné
measurement	[ˈmeʒəmənt]	měření
methan	[ˈme:θən]	metan
molecule	[ˈmɒlɪ,kju:l]	molekula
negligibly	[ˈneglɪdʒɪbli]	zanedbatelně
net	[net]	čistý (např. zisk)
nitrogen	[ˈnaɪtrədʒən]	dusík
obvious	[ˈɒvɪʊs]	zřejmý
orbit	[ˈɔ:brɪt]	orbita, oběžná dráha
overwhelm	[əv.və'welɪm]	zaplavit, v textu ve smyslu významně převažuje
oxygen	[ˈɒksɪdʒən]	kyslík
pattern	[ˈpætən]	do češtiny prakticky nepřeložitelné slovíčko (proto se často užívá jako převzatý výraz), nejbližší je český termín vzor nebo dezén, čili opakující se prvky, které vytvářejí charakteristický dojem
perturbation	[ˌpɜ:tə'beɪʃən]	odchylka od normálního stavu
polar	[ˈpəʊlə]	polární
precipitation	[prɪ,sɪprɪ'teɪʃən]	srážky
radiation	[ˌreɪdɪ'eɪʃən]	záření
rainfall	[ˈreɪn,fɔ:l]	dešťové srážky
references	[ˈrefrənsɪs]	literatura
reflect	[rɪ'flekt]	odrazit
reflective	[rɪ'flektɪv]	odrazivý
satellite	[ˈsætə,lart]	satelit
shortwave	[ʃɔ:tweɪv]	krátkovělné
solar	[ˈsəʊlə]	sluneční
solar constant	[ˈsəʊlə 'kɒnstənt]	solární konstanta
space	[speɪs]	vesmír (kromě dalších významů)
stratosphere	[ˈstrætə,sfrɪə]	stratosféra
thermal	[ˈθɜ:məl]	tepelné
trace gas	[treɪs gæs]	plyn vyskytující se v atmosféře ve stopovém množství (<1 %) transparent
trigger	[ˈtrɪgə]	v článku průchozí (hl. význam ale průhledný)
unevenly	[ʌn'i:vənli]	spustit
vapor	[ˈveɪpə]	nerovnoměrně
wavelength	[ˈweɪv,leŋθ]	pára
		vlnová délka

Slovíčka pro studenty

seznam obsahuje 47 odborných termínů, které by se měli studenti naučit.

absorb	[əb'zɔ:b]	absorbovat,
albedo	[æ'l'bi,dou]	albedo,
altitude	[ˈæltɪ,tju:d]	nadmořská
angle	[ˈæŋɡəl]	úhel
atmosphere	[ˈætmos,frə]	atmosféra
average	[ˈævərɪdʒ]	průměr
balance	[ˈbæləns]	bilance
budget	[ˈbʌdʒɪt]	rozpočet
carbon dioxide	[ˈkɑ:bən daɪ'ɒksaɪd]	oxid uhličitý
climate	[ˈklaɪmɪt tʃeɪndʒ]	klimatická
change		změna
deforestation	[dɪ,fɔɪs'teɪʃən]	odlesňování
diurnal	[daɪ'z:nəl]	denní
emit	[ɪ'mɪt]	emitovat, zářit, vydávat
equatorial	[ˌekwə'tɔ:riəl]	rovníkové
equilibrium	[ˌi:kwi'libriəm]	rovnováha
evaporation	[ɪ,væpə'reɪʃən]	výpar (odborně též evaporace)
evapotranspirati	[ɪ:væp'ou,tran'spə'reɪ·f]	evapotranspirace (souhrnné označení evaporaci=výpar a transpiraci)
feedback	[ˈfi:d,bæk]	zpětná vazba
float	[fləʊt]	plovák
flow	[fləʊ]	tok
global warming	[ˈgləʊbəl wɔ:mɪŋ]	globální oteplování
globe	[gləʊb]	zeměkoule
greenhouse	[ˈɡri:n,haus ɪ'fekt]	sklekový efekt
heat	[hi:t]	teplo (fyzikálně)
heat-trapping	[hi:t træpɪŋ gæs]	skleníkový plyn
imbalance	[ɪm'bæləns]	nerovnováha, výkyv
instrument	[ˈɪnstɪmənt]	přístroj
measurement	[ˈmeʒəmənt]	měření
methan	[ˈme:θən]	metan
molecule	[ˈmɒlɪ,kju:l]	molekula
net	[net]	čistý (např. zisk)
nitrogen	[ˈnaɪtrədʒən]	dušík
orbit	[ˈɔ:bit]	orbíta, oběžná dráha
oxygen	[ˈɒksɪdʒən]	kyslík
pattern	[ˈpætən]	do češtiny prakticky nepřeložitelné se často užívá jako převzatý výraz), český termín vzor nebo dezén, čili prvky, které vytvářejí charakteristický
polar	[ˈpəʊlə]	polární
precipitation	[prɪ,sɪpɪ'teɪʃən]	srážky
radiation	[ˌreɪdɪ'eɪʃən]	záření
rainfall	[ˈreɪn,fɔ:l]	dešťové srážky
references	[ˈrefrənsɪs]	literatura
satellite	[ˈsætə,laɪt]	satelit
solar	[ˈsəʊlə]	sluneční
solar constant	[ˈsəʊlə 'kɒnstənt]	solární konstanta
space	[speɪs]	vesmír (kromě dalších významů)
stratosphere	[ˈstrætə,sfrɪə]	stratosféra
vapor	[ˈveɪpə]	pára
wavelength	[ˈweɪv,lɛŋθ]	vlnová délka

4 Slunce na Zemi – prezentace: Podkladový text pro učitele

Úvod:

Technické informace:

prezentace je vytvořena v programu Microsoft Powerpoint 2007, formát souboru je .pptx. V prezentaci jsou použity animace – doporučuji uživatelům před první výukou si projít jednotlivé snímky v režimu „Prezentace“ pro zjištění animací; případně jejich vypnutí v režimu „Vlastní animace“; v prezentaci nejsou použity videa ani aktivní odkazy na internet.

Prezentace je určena studentům čtyřletých gymnázií nebo druhému stupni víceletých gymnázií a navazuje na aktivitu 1. Anglický článek Earth's Energy Budget.

Obsah staví na základních vědomostech a znalostech studentů:

- základních fyzikálních znalostech elektromagnetického záření: co to je, termíny: vlnová délka, druhy elektromagnetického záření dle vlnové délky, absolutně černé těleso; Wienův posunovací zákon (zkrátě, v prezentaci je zopakován), vztah vlnové délky a energie;

- znalost fyzikálních veličin Watt, Wh;

- základních znalostech z anatomie a fyziologie rostlin: stavba průduchů, vedení vody rostlinou, vodní potenciál, transpirace;

- znalosti velkého a malého cyklu/koloběhu vody.

Naopak nepředpokládá větší znalosti týkající se osudu slunečního záření na Zemi, energetické bilance, hlavních ekologických tocích a jejich ovlivnitelnosti krajinným pokryvem (typem vegetace).

Vyučovací metoda:

frontální výuka s diskusí. Na tuto prezentaci by měly navazovat další dílčí aktivity 3. a 4. bloku „Slunce na Zemi“.

Popis a komentáře jednotlivých snímků:

Prezentace je členěna do pěti kapitol, které oddělují předělovací snímky s osnovou prezentace. Při kliknutí názvy kapitol, které nebudou následovat, zesvětlají.

3. snímek: Energetická bilance Země

- schéma je totožné s prvním obrázkem v anglickém článku;

- shrňte osud sluneční energie na Zemi z globálního pohledu a zopakujte vědomosti získané článkem Earth's Energy Budget;

- doporučuji snímek prezentovat formou řízeného dotazování studentů na jednotlivé části schématu. Při tom je možné také zopakovat anglické termíny, které se studenti z článku naučili (nebo minimálně měli naučit J).

- **obrázky:**

první obrázek z článku Earth's Energy Budget: zdroj Wikipedia contributors (2015)⁴³

5.-7. snímek: Skleníkový efekt

- proč je sluneční záření ve viditelném spektru a proč je naopak odražené záření v dlouhovlnném infračerveném spektru vysvětluje Wienův posunovací zákon⁴⁴. Ten je studentům stručně připomenut na 5. snímku;

- na 6. snímku jsou výpočty maximálního toku pro Slunce a Zemi dle Wienova zákona a znázorněna část spektra, kam maximální tok spadá: pro sluneční záření viditelné spektrum na obrázku vpravo nahoře, pro Zemi na schematickém znázornění typu záření a vlnové délky na obrázku vpravo dole (vypočtená hodnota maximálního toku – v oblasti dlouhovlnného infračerveného záření je zvýrazněna červeným oválem);

- 7. snímek ukazuje absorpční křivky významných skleníkových plynů. Na tomto grafu demonstřujete, proč právě tyto plyny fungují jako skleníkové – pohlcují (absorbují) infračervené tepelné záření, které tedy nemůže být vyzářeno do vesmíru. Na schématu je také patrné tzv. „atmosférické okno“, čili část dlouhovlnného infračerveného záření, které není atmosférou pohlceno, a které Země volně vyzařuje do vesmíru (viz také 3. snímek). Obrázek byl záměrně ponechán v anglickém originále – můžete na něm zopakovat anglickou slovní zásobu. Případně jej můžete nahradit upraveným obrázkem s českými popisy.

- **obrázky:**

⁴³ The-NASA-Earth's-Energy-Budget-Poster-Radiant-Energy-System-satellite-infrared-radiation-fluxes" by NASA - http://science-edu.larc.nasa.gov/energy_budget/. Licensed under Public Domain via Wikimedia Commons - <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:The-NASA-Earth%27s-Energy-Budget-Poster-Radiant-Energy-System-satellite-infrared-radiation-fluxes.jpg#mediaviewer/File:The-NASA-Earth%27s-Energy-Budget-Poster-Radiant-Energy-System-satellite-infrared-radiation-fluxes.jpg>

⁴⁴ podrobněji k Wienovu posunovacímu zákonu viz např. http://cs.wikipedia.org/wiki/Wien%C5%AFv_posunovac%C3%AD_z%C3%A1kon

6. snímek – graf závislosti vyzařování tělesa dané teploty ze stránky Techmánie⁴⁵, rovnice pro Wienův posunovací zákon byla vytvořena v textovém editoru Microsoft Word;

7. snímek - graf závislosti vyzařování tělesa dané teploty stejný jako na předchozím snímku

- elektromagnetické spektrum z Wikipedie^{46 47}

8. snímek – absorpce významných plynů (shora: celková absorpce, vodní pára, oxid uhličitý, kyslík a ozón, metan, oxidy dusíku, Rayleighův rozptyl⁴⁸). Červeným oválem je na spektrální křivce znázorněno „atmosférické okno“.

9.-11. snímek: Základní pojmy, Cimrmanovský úkrok stranou

- 9. a 10. snímek seznamuje studenty se základními termíny radiační bilance, které budou dále používány. Více informací k jednotlivým složkám radiační bilance získáte v dokumentu Slunce na Zemi v části Úvod do tématu.

Fotosyntézu lze z celkové radiační bilance vynechat, protože činí ca 1 % dopadlé sluneční energie. Je však nutné si uvědomit, že toto 1 % energie živí nejen rostliny, ale i veškeré další trofické úrovně potravního řetězce.

Teplu na ohřev vegetace je ve srovnání s teplem na ohřev vzduchu zanedbatelně malé, proto jej lze v rovnici vyjadřující čistou radiační zanedbat. Čistá radiace je tedy závislá na poměru mezi třemi základními toky: toku tepla do půdy (G), tepla na ohřev vzduchu = pocitového tepla (H) a latentním teplem, čili teplem spotřebovaným na evapotranspiraci (LE). Pokud je jedna ze složek omezena – např. LE při nedostatku vody, musí se sluneční energie transformovat do některé z dalších dvou složek nebo do obou z nich (např. výrazně se ohřeje vzduch).

- 10. snímek opakuje základní znalosti z fyziologie rostlin vztahující se k transpiraci. Transpirace je klíčový děj, který přispívá k chlazení ekosystémů (v Evropě ca 70 % veškeré vlhkosti se do atmosféry dostane transpirací nikoli prostou evaporací, Šantrůček 2008) a k malému koloběhu vody. Transpirace je proces, kterým rostlina udržuje tok vody v těle, a která přispívá i k toku asimilátů – floémový tok (poháněný osmotickým tlakem) a xylémový tok (poháněný transpirací) se navzájem doplňují. Transpirační tok je rostlinou veden xylémem. Tok je poháněn gradientem vodního potenciálu - jak je naznačeno na obrázku v pravé polovině snímku.

- obrázky:

10. snímek – vlevo dole fotografie průduchu (z rajčete) stažená z Wikipedie⁴⁹

- schéma vytvořené pro tuto prezentaci, foto Alena Dostálová.

12. snímek: Jak měříme radiační bilanci?

- snímek formou jednoduchého schématu představuje měření, které je potřeba provést, aby bylo možné identifikovat jednotlivé složky čisté radiace (viz snímek č. 11):

- dopadající záření měříme, abychom věděli, kolik energie do systému vstupuje. Dopadající záření také slouží k výpočtu albeda, pocitového tepla, latentního tepla (tepla na evapotranspiraci) a toku tepla do půdy;

- odražené záření měříme, abychom zjistili albedo systému;

- teplota měřená ve dvou různých výškách (např. 2 cm a 2 m) slouží k výpočtu pocitového tepla (H) a latentního tepla (LE, tepla spotřebovaného na evapotranspiraci);

- vlhkost měřená ve dvou výškách (např. 2 cm a 2 m) slouží k výpočtu latentního tepla (LE);

- teplota půdy měřená ve dvou hloubkách půdy (např. 5 a 10 cm) se používá na výpočet toku tepla do půdy (G).

14. - 16. snímek: Vliv krajinného pokryvu na jednotlivé složky energetické bilance

- tyto snímky formou zjednodušeného schématu představují typický podíl jednotlivých složek čisté radiace ve třech typizovaných krajinných pokryvech: vodní ploše, asfaltové ploše a dostatečně vodou zásobené mesické⁵⁰ louce. Při prezentaci se vždy postupně zobrazují jednotlivé energetické toky. Každý snímek začíná dopadajícím zářením, které je uvažováno stejné.

⁴⁵ http://www.techmania.cz/edutorium/art_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=4b76616e746f76e12066797a696b61h&key=1051

⁴⁶ "ElmgSpektrum" od Original uploader was Kf at cs.wikipedia – Originally from cs.wikipedia; description page is/was here.. Licencováno pod Volné dílo via Wikimedia Commons - <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ElmgSpektrum.png#mediaviewer/File:ElmgSpektrum.png>

⁴⁷ obrázek s českými popisy naleznete v dokumentu Slunce na Zemi, v kapitole Úvod do tématu

⁴⁸ viz např. http://cs.wikipedia.org/wiki/Rayleigh%C5%AFv_rozptyl

⁴⁹ "Tomato leaf stomate cropped and scaled" od derived by me – based on File:Tomato leaf stomate 1-color.jpg, which is actually based on <http://remf.dartmouth.edu/images/botanicalLeafSEM/source/16.html>. Licencováno pod Volné dílo via Wikimedia Commons - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tomato_leaf_stomate_cropped_and_scaled.jpg#mediaviewer/File:Tomato_leaf_stomate_cropped_and_scaled.jpg

⁵⁰ ani zamokřená, ani vysychavá, ani málo živin, ani moc; zkrátka něco mezi.

Pochopitelně na poměrné rozložení energie mezi jednotlivé složky čisté radiace má vliv roční období a počasí v daný den. Pro zjednodušení jsou jednotlivé složky čisté radiace uvažovány pro období blízko letního slunovratu (maximální oslunění) a slunný den (radiální počasí).

- 14. snímek – vodní plocha. Kvůli špatné dostupnosti dostatku relevantních měření, jsou údaje u tohoto krajinného pokryvu velmi přibližné. Obecně, energie může:

i) se odrazit od vodní hladiny – průměrná hodnota albeda pro mořskou hladinu je uváděna ca 6 %⁵¹. Množství odraženého záření závisí především na úhlu dopadajících paprsků – největší odraz bude při velkém odchýlení od 90 %. Na snímku je uvedena přibližná hodnota 10 % albeda, která vychází z toho, že velkou část dne slunce nedopadá pod úhlem 90° (a to předpokládáme den blízko letního slunovratu, kdy je slunce v nadhlavníku).

ii) být využita rostlinami pro fotosyntézu – průměrná hodnoty se pohybují kolem jednoho procenta (max. účinnost zjištěná ca 5 %). Protože se jedná o vodní biotop, většinu primárních producentů představují řasy a sinice.

iii) ohřát vzduch (pocitové teplo - H) – ca 20-30 % dopadlé sluneční energie ohřeje vzduch nad vodní hladinou.

iv) ohřát vodu – vzhledem k tomu, že voda má vysokou tepelnou kapacitu ($4\,180\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), ohřev vody probíhá dosti pomalu, na druhou stranu voda dlouho vydrží teplá i při změně počasí a může ohřívát vzduch. To je důvod, proč okolí rozsáhlých vodních ploch má menší výkyvy teplot mezi dnem a nocí i mezizimou a létem.

v) vypařit vodu=evaporace (latentní teplo) – vzhledem k tomu, že sluneční paprsky dopadají přímo na vodní hladinu, není tok do evaporace nijak omezen. Protože však na vodní hladině nejsou plovoucí listy, jedná se výhradně o evaporaci – transpirace nemůže probíhat. Pokud by na hladině byly plovoucí listy vodních makrofyt (např. leknínu), nebo kdybychom příklad situovali do litorálu vodní plochy, transpirace by se významně podílela na tomto toku.

- 15. snímek – asfaltová plocha. Obecně, energie může:

i) se odrazit od asfaltu – vzhledem k černé barvě asfaltu je odrazivost relativně nízká (mezi 5 % - čerstvý asfalt, a 12 % - opotřebovaný asfalt). Pokud bychom snímkem demonstrovali vliv betonové plochy, bylo by albedo vyšší (až 55 %), a to na úkor toku tepla do půdy a především pocitového tepla.

ii) ohřát asfalt a jeho podloží – svrchní vrstva asfaltu se sice intenzivně ohřívá, ale vzhledem k relativně malé tloušťce asfaltu a podloží, které již tak dobře teplo nevede (štěrkové lože), není tok do půdy majoritním energetickým tokem radiální bilance. Hodnota však byla jen odhadnuta kvůli nedostatku dostupných studií.

iii) ohřát vzduch (pocitové teplo) – valná většina sluneční energie ohřeje vzduch nad asfaltovou plochou (ten je ohříván i horkým asfaltem). Tuto skutečnost všichni zajisté dobře znají – v horkém letním dni je povrch a okolí např. silnice natolik rozpálený, že to nelze přehlédnout. Důvodem je, že na asfaltu není dostupná žádná voda, a proto žádná energie nemůže téci do latentního tepla.

V případě asfaltové plochy jsou toky do fotosyntézy a do evapotranspirace nulové – na asfaltu nerostou žádné rostliny, které by mohly fotosyntetizovat nebo transpirovat ani zde není žádná voda, která by se mohla odpařit (a i když náhodou zaprší, tak voda rychle odteče a do asfaltu se nevsákne).

- 16. snímek – mesická louka. Obecně, energie může:

i) se odrazit – průměrná odrazivost vegetace je ca 20-25 %;

ii) být využita rostlinami pro fotosyntézu – průměrná hodnoty se pohybují kolem jednoho procenta (max. účinnost zjištěná ca 5 %). Pochopitelně tok do fotosyntézy je ve vegetačním období, v zimě je rychlost fotosyntézy prakticky nulová (s výjimkou jehličnanů při oteplení, ale příklad je situován na louku).

iii) ohřát vzduch (pocitové teplo) – jen ca 15 % dopadlé sluneční energie přímo ohřívá vzduch, protože většina energie se spotřebuje na výpar vody – evapotranspiraci (latentní teplo - LE) – viz dále. To je důvod, proč plochy porostlé vegetací se tolik nepřehřívají jako obnažená stanoviště.

iv) tok do půdy je také relativně malý a pohybuje se kolem 10 %. Tok tepla do půdy je však závislý na struktuře půdy a obsahu vody v půdě.

v) vypařit vodu – většina vody se do vzduchu vypařuje skrze průduchy – transpirace, v Evropě se takto do atmosféry dostává až 70 % vlhkosti. Transpirace je pro rostliny naprosto zásadní. Bez transpiračního proudu nemohou po těle rozvádět vodu a minerální látky a nefunguje správně ani floémový tok, který přenáší asimiláty z místa vzniku do místa spotřeby. Transpirací vegetace významně přispívá k chlazení ekosystémů a k udržování malého vodního cyklu. Vypařená/vytranspirovaná voda může po ochlazení opět z kondenzovat (při tom odevzdá kondenzační teplo vzduchu, který ohřeje) a tím se vrátit zpět do ekosystému a být znovu využita rostlinami (nebo jinými organismy). Tím nedochází k výrazným teplotním výkyvům v ekosystému, které jsou pro většinu organismů nepříznivé a zároveň se v ekosystému udržuje voda.

Rostliny významně také přispívají k tvorbě půdy (opadem biomasy, vylučování látek do rhizosféry), která je schopna vodu udržet – především kapilárními silami, a neodtéká z ekosystému pryč.

⁵¹ <http://nsidc.org/cryosphere/seaice/processes/albedo.html> (ze dne 27.2. 2015)

17.-18. snímek: Velký a malý koloběh vody

- 17. snímek – velký koloběh vody. Před další částí prezentace zopakujte se studenty velký koloběh vody – doporučuji formou řízené diskuse/dotazování se studenty. Důležité je, aby v této části zazněla informace, že celý koloběh vody je poháněn sluneční energií. Zdůrazněte také významnou část cyklu zprostředkovanou transpirací – po klíknutí je evapotranspirace ohraničena červeným oválem.

- 18. snímek – shrnuje význam vegetace pro malý cyklus vody. Evapotranspirace v porostech vegetace dobře zásobených vodou představuje ca 55 % energie, která ze slunce do ekosystému vstupuje. Dospělý strom ve vrcholu vegetačního období v teplém dni může vytranspirovat až 100 l vody! Voda, která se zde vypaří nebo vytranspiruje zde také často díky malému cyklu vody znovu spadne a znovu se vypaří a znovu zkondenzuje a spadne... Tím je ekosystém chráněn před přehřátím a vyschnutím.

Na tomto místě můžete zmínit, že pokud dojde k destrukci vegetace (např. vykácením lesa, vypasením apod.), tento tok je narušen, je tedy také narušen malý vodní cyklus a krajina vysychá – v extrémním případě se může změnit v poušť (jak se na mnohých místech Země děje – např. v subsaharské Africe, na Pyrenejském poloostrově, ve Střední Asii...). Tento proces je navíc umocněn změnami v půdě, které změnu vegetace doprovázejí – typicky dojde ke snížení obsahu organického uhlíku v půdě, čímž dojde ke snížení retenční kapacity půdy. Půda již není schopna zadržovat tolik vody a více vody při srážkách odtéká z ekosystému pryč (v nižších částech povodí může způsobovat záplavy). Tato voda není k dispozici pro evapotranspiraci, více sluneční energie putuje dopocitového tepla, více se ekosystém přehřívá... Jedná se tedy o pozitivní zpětnou vazbu.

20.-21. snímek: Změna využívání krajiny

- snímek shrnuje hlavní důsledky změny využívání krajiny. V poslední době významně měníme krajinný pokryv na velkých plochách. Je nutné si uvědomit, jaké důsledky tyto změny mají z hlediska energetických toků a klimatických jevů. Většina změn v člověkem intenzivně využívané krajině vede k redukci vegetace (tedy ke snížení evapotranspirace a nárůstu pocitového tepla), snížení retenční schopnosti krajiny (především důsledek odvodňování – např. meliorace, napřimování toků, ale také odlesňování a hnojení), která vede k odvodňování krajiny, tedy ke snížení toku energie do latentního tepla a nárůstu toku do pocitového tepla. Tyto změny vedou k přehřívání takovýchto ploch. Velké rozdíly v teplotách mezi jednotlivými vegetačními pokryvy vedou k velkým větrům (vichřice až orkány) a přivalovým srážkám (rychlé ochlazení vodou nasyceného vzduchu při přesunu nad chladné plochy). Protože je snížena retenční kapacita půdy, tato voda se příliš nevsakuje a rychle z ekosystémů odtéká – může tedy způsobit záplavy. Více k možným vlivům na člověka viz Úvod dotématu v dokumentu Slunce na Zemi a aktivita Slunce na Zemi: Kdesi v hlubokém vesmíru.

- snímek 21 doplňuje snímek 20 tím, že ukazuje, že relativně malá změna v krajinném pokryvu (např. výstavba 100 km dálnice) představuje velké změny z hlediska energií. Pro lepší představu je tepelná energie vyprodukovaná 100 km dálnice (která není využita na evapotranspiraci) srovnána s produkcí jaderné elektrárny Temelín a se spotřebou elektřiny – jako příklad město Kroměříž (28 921 obyvatel leden 2014 dle ČZÚ).

- obrázky:

vpravo nahoře: jaderná elektrárna Temelín, zdroj Wikipedia (dne 25.2. 2015)⁵²; vpravo dole: Kroměříž, foto Alena Dostálová (2007).

- obrázek 22. snímek:

Středozemní moře, Černá hora, Alena

Dostálová, 2009. **Literatura:**

Šantrůček J. (2008): Rostliny v měnícím se světě. Stres. Sekundární metabolity. Prezentace kurzu Fyziologie rostlin Přírodovědecké fakulty, Jihočeské univerzity. Dostupná online: <http://kebr.prf.jcu.cz/?act=2#KEBR562>. (odkaz ze dne 2.3.2015)

Wikipedia contributors (2015): Earth's energy budget. Wikipedia, The Free Encyclopedia. February 9, 2015, 23:57 UTC. Available at: http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Earth%27s_energy_budget&oldid=646422485.

Zdroj obrázků je vždy citován u příslušného obrázku. Není-li citace uvedena, byl obrázek vytvořen autorkou speciálně pro tuto aktivitu nebo se jedná o autorské foto

⁵² „JETE-chladici veze“ od User:Japo – Fotografie je vlastním dílem. Licencováno pod Volné dílo via Wikimedia Commons - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:JETE-chladici_veze.jpg#mediaviewer/File:JETE-chladici_veze.jpg

5 Slunce na Zemi: Kdesi v hlubokém vesmíru...

Kdesi v hlubokém vesmíru...

Kdesi v hlubokém vesmíru bylo jedno velkoknížectví zahrnující nepočítaně planet. Moudrý, mocný a spravedlivý velkokníže mu vládl dobře. Velkokníže byl spokojený i se svým životem. Měl vše, nač jen pomyslí, k tomu krásnou ženu a dva syny: Techka a Naturala. Synové byli sice chytří a šikovní, ale jako by je jejich jména předznamenala ke zcela opačným povahám. Teček se od malička zajímal o kolečka, šroubky, motory a podobné technické záležitosti. Natural se nejraději procházel přírodou, pokoj měl samou kytičku a k nemalé potěše velkovévodkyně i plný brouků, stonožek, pavouků a jiné havěti, které vždy tajně ze svých vycházek propašoval. A tak se již od mala kluci hádali o tom, jak jednou bude nejlepší spravovat dědictví po otci. Teček na to šel vědecky; měl v hlavě plán na pravidelné uspořádání produktivních a výrobních částí planety, který postupem času zdokonaloval. Natural naopak chtěl ponechat řízení přírodním silám a do ekosystémů co nejméně zasahovat. Pochopitelně se ti dva nikdy nemohli shodnout. Zpočátku se tomu velkovévoda smál, později, když odborné disputace nabírali na síle i délce, doufal, že je to přejde, až jednoho dne, po obzvláště těžkém pracovním dni, to nevydržel a zvolal:

„A už toho mám dost! Je vám patnáct let, takže dostanete každý svou planetu třídy M⁵³, která je dosud neobydlená, dva miliony obyvatel a dvacet milionů fufníků a dělejte, jak umíte. Za deset let se podíváme na výsledek!“

A jak pravil, tak udělali.

Teček okamžitě započal planetu měnit. Její povrch rozčlenil na pravidelné plochy přibližně 100×100 km, a v rohu každé plochy zbudoval město s průmyslovým areálem o poloměru 10 km.

Proč byly plochy jen přibližně 100×100 km velké a ne přesně, jak bychom mohli od Techka odčekávat?

A mohla být sídla opravdu přesně v rozích pravidelné sítě? Proč?

Natural naopak povolil výstavbu maximálně dvou domů v sousedství, které souhrnně nezabíraly plochu větší než 500 m² a minimálně 10 km od další zástavby. Každý dům musel mít svůj zdroj energie a být v maximální míře soběstačný produkcí potravin, protože na planetě byl jediný přistávací terminál pro mezihvězdné lety.

Zpočátku to vypadalo, že se oběma planetám dobře daří a že souboj bratrů dopadne nerozhodně. Techkova planeta se mohutně rozvíjela, její HDP vykazovalo dvojciferný růst, špičkový výzkum, který Teček zahájil, přinesl celou řadu objevů, jejichž význam přesahoval hranice planety.

Co je to HDP? Co HDP tvoří? A co znamená, že vykazuje dvojciferný růst?

Naturalova planeta se stala oázou klidu a harmonie a na dovolenou k ní přilétali hvězdolety boháčů i z planet mimo velkoknížectví. Dokonce jednou sem na víkend zavítala samotná princezna Kheilla. Mimochodem, Naturalovi se vůbec nelíbila, protože měla velký nos a malá prsa.

Pohoda a radost však netrvaly dlouho.

Techmanovu planetu začaly soužit sucha, přívaly dešťů a prudké větry, které ničily úrodu, města i průmysl. Růst HDP se zastavil, stagnoval a dokonce se propadl. Ve městech vzrostla nezaměstnanost, tím také kriminalita a státní výdaje na její potlačení a na sociální dávky. Celkově vzrostlo sociální napětí ve společnosti, které se projevovalo častými stávkami, protesty, demonstracemi včetně násilných projevů během těchto protestů (rozbíjení výloh, aut, rabování, útoky na policisty a politiky...).

Proč vzrostlo sociální napětí ve společnosti a proč jej doprovázely násilné projevy?

⁵³ viz klasifikace Star Treku (např. http://cs.wikipedia.org/wiki/Klasifikace_planet_ve_Star_Treku)

Techman se musel zadlužit. Protože byl ale chytrý zadal svým vědeckým pracovníkům, aby zjistily, proč se klima na jeho planetě změnilo a co je potřeba udělat, aby se vše vrátilo do původního stavu.

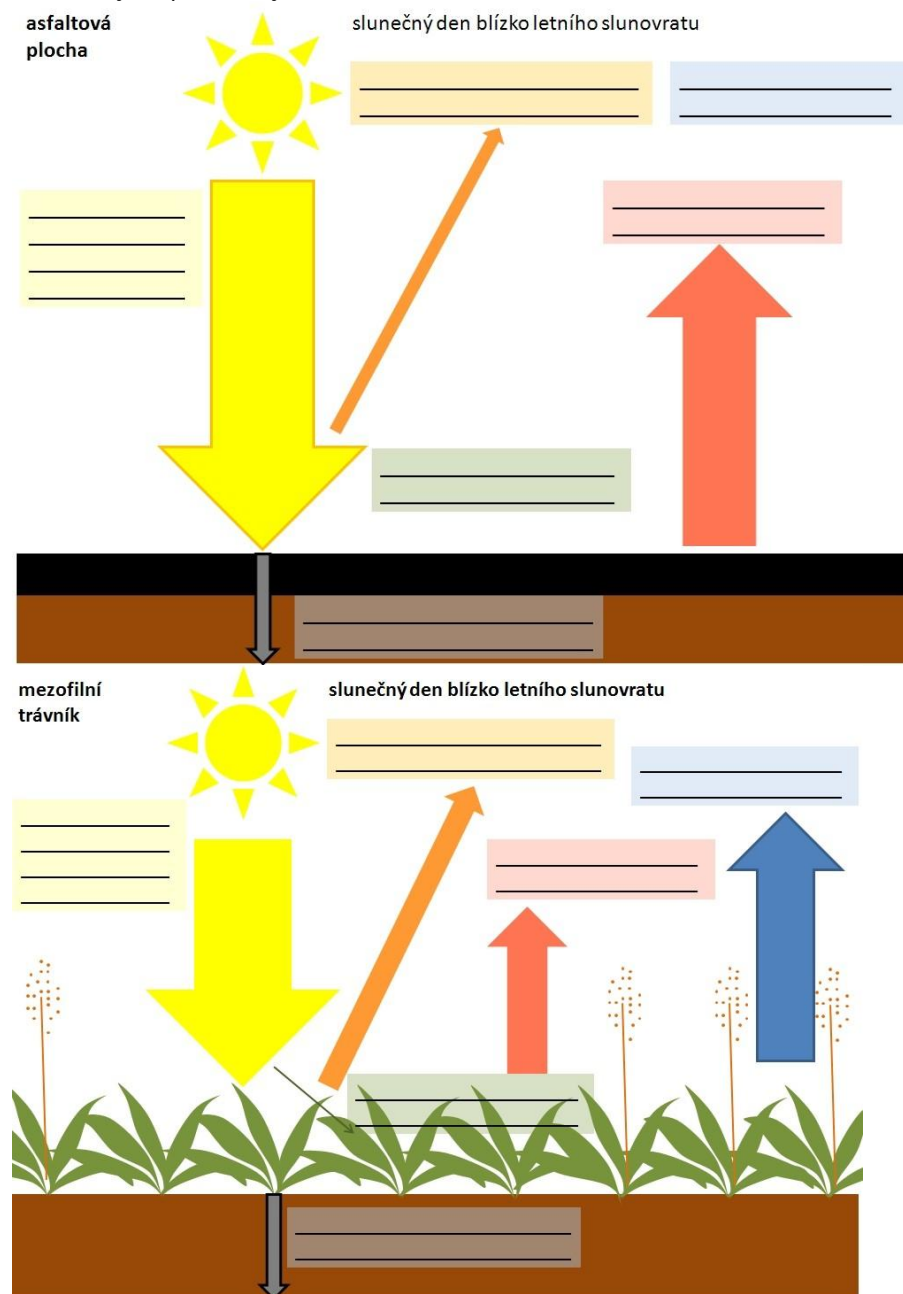
Dlouze si vědci lámaly hlavy proč to tak je, měřily hodnoty na zemi, měřily hodnoty pod zemí, měřily hodnoty z orbitální dráhy. Až jednou jeden mladý vědec na to přišel. Nejdříve se zamyslel:

„Jak vznikají prudké větry, které lámou stromy a odnášejí střechy našich továren a skladů?“ *Pomožte mu s odpovědí:*

„A jak to, že je často doprovázejí prudké lijáky?“ *Zvládnete i tuto otázku?*

Tyto úvahy ho přivedly k úvaze v širších souvislostech a musel se zamyslet nad tím, co se vlastně děje se slunečním zářením na planetě. Nakreslil si dvě jednoduchá schémata:

Zvládnete je doplnit také jako on?



Počítal a přemýšlel, počítal a přemýšlel a zjistil, že za problémy na planetě jsou následující lidské aktivity: *Zvládnete je také vymyslet?*

Svému pánu proto navrhl následující doporučení: *Jaká to asi byla?*

Ani Naturově planetě se problémy nevyhnuly. Nadšení z nové destinace ve vesmíru brzy ochladlo a turisté se v souladu s novými trendy vydaly raději za sopkami Mbudu a teplými prameny s fluoreskujícími rybami Žbdulu. Tím také vyhasl významný přísun peněz pro místní ekonomiku a planeta se musela vypořádat s mnoha ekonomickými problémy.

Jaké problémy to byly?

Jak to tak bývá, ekonomické problémy za sebou nenechaly ani společenské problémy. *Co asi lidé Naturově vládě vyčítali?*

Došlo to tak daleko, že se obyvatelé pokusili Naturovu vládu ukončit. Nejdříve apelovali u jeho otce. Ten však odmítl desetiletý pokus ukončit, a proto sepokusily s využitím vojenské pomoci cizího vévody Natura svrhnout a připojit svou planetu k sousednímu vévodství. Naštěstí se v poslední chvíli cizí vévoda roztržky s velkoknížetem zalekl a povstání přestal podporovat. Osamocené skupinky obyvatel neměly šanci uspět proti organizované armádě, kterou Natur vybudoval a povstání potlačil.

A jak příběh končí? Protože je to pohádka, končí dobře. Teček i Natur byli inteligentní a rozumní mladíci, kteří se ze svých chyb poučili, a když jejich otec umřel, vládli společně moudře a spravedlivě celému velkoknížectví. Rozdílné povahy jim umožnily včas rozeznat limity svého vidění světa a i když občas jejich diskuse byly bouřlivé, vždy se dokázali domluvit na nejlepším řešení pro velkoknížectví.

Řešení úkolů:

Proč byly plochy jen přibližně 100×100 km velké a ne přesně, jak bychom mohli od Techka odčekávat?

Planeta má přibližně tvar koule, její povrch tedy nelze rozčlenit na pravidelné pravoúhlé čtyřúhelníky. *Doporučuji při této příležitosti se studenty probrat různá kartografická zobrazení povrchu v mapách (u nás např. nejčastěji používané Křovákovo) a ukázat na jejich nedostatky – především zkreslení v polárních oblastech na mapách světa (ohromné Grónsko apod.). Více k problematice viz*

http://cs.wikipedia.org/wiki/Kategorie:Kartografick%C3%A11_zobrazen%C3%AD

A mohla být sídla opravdu přesně v rozích pravidelné sítě? Proč?

Techek musel směrem k pólům plochy ubírat oproti oblastem blíže k rovníku. Z tohoto důvodu nemohly být sídla v rozích pravidelné sítě, ale musely být vždy trochu posunuty, případně mohl vždy v určitých intervalech plochu vynechat.

Co je to HDP? Co HDP tvoří? A co znamená, že vykazuje dvojciferný růst?

HDP = hrubý domácí produkt, je celková peněžní hodnota statků a služeb vytvořená za dané období na určitém území.

HDP = Produkce minus Mezispotřeba plus Daně z produktů minus Dotace na produkty

Více viz např. http://cs.wikipedia.org/wiki/Hrub%C3%BD_dom%C3%A1c%C3%AD_produk

Dvojciferní růst – meziroční změna HDP je kladná a to minimálně 10 % (alespoň dvě platné cifry)

Zde doporučuji diskutovat výhody a nevýhody ukazatele HDP, je možné se podívat na HDP států na Zemi a porovnat je...

Proč vzrostlo sociální napětí ve společnosti a proč jej doprovázely násilné projevy?

Špatná ekonomická situace je obecně pro lidi důvod k nespokojenosti, nejvíce jí bývají postiženi sociálně slabí členové společnosti (staří, nemocní, nevdělaní, ale také mladí lidé bez praxe). Nedostatek prostředků vyúsťuje v nepokoje – protesty, demonstrace apod. Frustrovaní lidé snadněji sáhnou k radikálnímu přístupu, dav se navíc snadno nechá strhnout jediným impulzem – např. někdo hodí kámen do výlohy, ostatní se přidají, následuje ničení věcí, rabování, násilné střety s policií... Lidé v takovéto situaci také snáze věří „siláckým“ řečem charismatických osob, které snadno dav ovládnou a s jeho pomocí se dostanou k moci.

„Jak vznikají prudké větry, které lámou stromy a odnášejí střechy našich továren a skladů?“ Pomožte mu s odpovědí:

Velká sídla propojená dopravní infrastrukturou se velmi přehřívají oproti okolním převážně zemědělským porostům – tím vznikají velké gradienty teplot mezi vzdušnými masami, které vyrovnávají větry. Rychlost větru závisí na rozdílu teplot vzdušných mas – čím větší rozdíl, tím rychlejší vítr.

Více viz např. <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7n.html>

Zde doporučuji zopakovat nebo probrat Beaufortovu stupnici větru (zdroj: http://cs.wikipedia.org/wiki/Beaufortova_stupnice, ze dne 12.3. 2015)

stupeň	rychlost větru		tlak větru v kg/m ² odpovídající měření v 10 m	slovní označení 1	slovní označení 2	znaky na souši	znaky na moři
	m/s	km/h					
0	0–0,2	0–1	0	bezvětří		Kouř stoupá svisle vzhůru.	Moře je zrcadlově hladké.
1	0,3–1,5	1–5	0–0,1	vánek		Kouř už nestoupá úplně svisle, korouhev nereaguje.	Malé šupinovitě zčeřené vlny bez pěnových vrcholků.
2	1,6–3,3	6–11	0,2–0,6	větrík	slabý vítr	Vítr je cítit ve tváři, listí šelestí, korouhev se pohybuje.	Malé vlny, ještě krátké, ale výraznější, se sklovitými hřebeny, které se nelámou.
3	3,4–5,4	12–19	0,7–1,8	slabý vítr	mírný vítr	Listy a větvičky v pohybu, vítr napíná prapory.	Hřebeny vln se začínají lámat, pěna převážně skelná. Ojedinelý výskyt malých pěnových vrcholků.
4	5,5–7,9	20–28	1,9–3,9	mírný vítr	dostí čerstvý vítr	Vítr zvedá prach a papíry, pohybuje větvičkami a slabšími větvemi.	Vlny ještě malé, ale prodlužují se. Hojný výskyt pěnových vrcholků.
5	8,0–10,7	29–38	4,0–7,2	čerstvý vítr		Hýbe listnatými keři, malé stromky se ohýbají.	Dostí velké a výrazně prodloužené vlny. Všude bílé pěnové vrcholy, ojedinelý výskyt vodní tříště.
6	10,8–13,8	39–49	7,3–11,9	silný vítr		Pohybuje silnějšími větvemi, telegrafní dráty sviští, používání deštníku se stává obtížným.	Velké vlny. Hřebeny se lámou a zanechávají větší plochy bílé pěny. Trochu vodní tříště.
7	13,9–17,1	50–61	12,0–18,3	mírný víchř	prudký vítr	Pohybuje celými stromy, chůze proti větru obtížná.	Moře se bouří. Bílá pěna vzniklá lámáním hřebenu vytváří pruhy po větru.
8	17,2–20,7	62–74	18,4–26,8	čerstvý víchř	bouřlivý vítr	Láme větve, vzpřímená chůze proti větru je již nemožná.	Dostí vysoké vlnové hory s hřebeny výrazné délky od jejich okrajů se začíná odtrhávat vodní tříšť, pásy pěny po větru.
9	20,8–24,4	75–88	26,9–37,3	silný víchř	vichřice	Vítr působí menší škody na stavbách (strhává komíny, tašky ze střechy).	Vysoké vlnové hory, husté pásy pěny po větru, moře se začíná valit, vodní tříšť snižuje dohlednost.
10	24,5–28,4	89–102	37,4–50,5	plný víchř	silná vichřice	Na pevnině se vyskytuje zřídka, vyvrací stromy a ničí domy.	Velmi vysoké vlnové hory s překlápějícími a lámajícími se hřebeny, moře bílé od pěny. Těžké nárazovité valení moře. Viditelnost ztlačena. Omezena vodní tříšť.
11	28,5–32,6	103–117	50,6–66,5	vichřice	mohutná vichřice	Rozsáhlé zpuštění plochy.	Mimořádně vysoké pěnové hory. Dohlednost znehodnocena vodní tříšť.
12	32,7 a více	118 a více	66,6 a více	orkán		Ničivé účinky odnáší domy, pohybuje těžkými hmotami.	Vzduch plný pěny a vodní tříště. Moře zcela bílé. Dohlednost velmi snížena. Není výhled.

“A jak to, že je často doprovázejí prudké lijáky?” Zvládnete i tuto otázku?

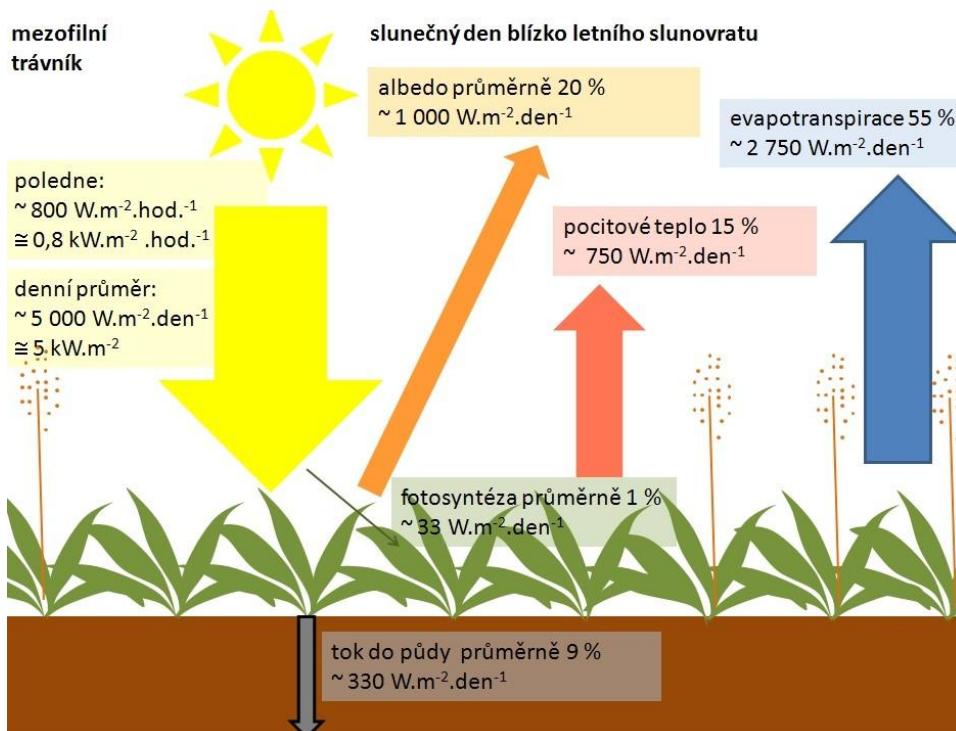
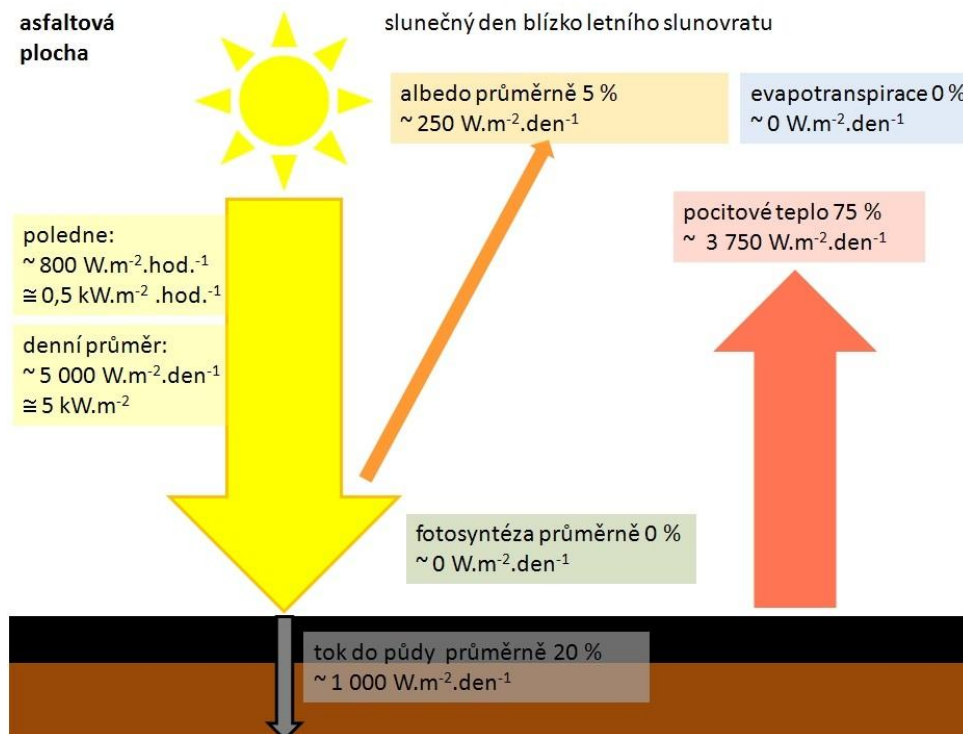
Studený vzduch (vyšší hustota, a tedy i vyšší tlak) proudí do míst s teplejším vzduchem (řidší vzduch a tedy i nižší tlak), tím jej ochlazuje. Teplý vzduch pojme více vlhkosti (viz např. http://cs.wikipedia.org/wiki/Vlhkost_vzduchu), jeho ochlazením dojde ke kondenzaci vodní páry, kterou již vzduch nepojme a ta vypadne formou srážek. Obsahoval-li vzduch velké množství vody a rychle se ochladil, dojde k prudké kondenzaci velkého množství vody – přivalovým srážkám.

Více informací ke klasifikaci srážek apod. naleznete např. na stránkách Českého hydrometeorologického ústavu: <http://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/om/sivs/dest.html>

Doporučuji také téma rozvinout o negativní vlivy přivalových srážek, především odtok vody z ekosystémů (při přivalových srážkách většina vody odtéká vodními toky a jen malý podíl se vsákne do půdy), vodní eroze (především na obnažených půdách – vliv zemědělství, aj. lidských aktivit), vznik záplav a povodní (možno upozornit na rozdíl v pojistných podmínkách)...

Nakreslil si dvě jednoduchá schémata: Zvládnete je doplnit také jako on?

Schémat odpovídají snímkům 15 a 16 prezentace Slunce na Zemi:



Studenti si pochopitelně nemusí pamatovat absolutní hodnoty záření, důležité je, aby byly schopni identifikovat a pojmenovat hlavní toky a znaly přibližné poměry jednotlivých složek radiční bilance.

...Počítal a přemýšlel, počítal a přemýšlel a zjistil, že za problémy na planetě jsou následující lidské aktivity:

Zvládnete je také vymyslet? Hlavní:

- **izolované velkoplošné využívání krajiny.** Na jedné straně velká sídla s dopravní infrastrukturou – zde se energie transformuje téměř výhradně do pocitového tepla. Na druhé straně velkoplošné zemědělské hospodaření – vyrovnanější, ale i tak nepříznivá energetická bilance a další (viz dále).

- velkoplošné zemědělství má celou řadu negativních efektů, především: **degradaci půdy** (hl. snižování organického uhlíku v půdě, snižování obsahu živin) a **erozi půdy** (vodní i větrná) – tím klesá retenční kapacita půdy, a tedy roste odtok vody v povodí a zvyšuje se tím riziko povodní a záplav.

- **intenzivní zemědělství klade velké nároky na infrastrukturu, těžbu nerostných surovin** (např. na výrobu hnojiv, strojů...) a tedy vede ke zvyšování zpevněných a obnažených ploch, které jsou z hlediska malého koloběhu vody nepříznivé.

- velkoplošné odlesnění a odvodnění přírodních ekosystémů vede ke snížení organického uhlíku v půdě a tím ke snížení retenční kapacity půdy (další příspěvek ke snížení retenční kapacity půdy je intenzivní obhospodařování, které vede k utužení půdy).

- **malý podíl přírodních ekosystémů** – které podporují malý koloběh vody v přírodě, a tím krajinu chladí a udržují vodu v krajině, a tedy také snižují riziko povodní a záplav.

Případně např.:

- nárůst skleníkových plynů produkovaných průmyslem (především oxid uhličitý), dopravou (především oxid uhličitý a oxidy dusíku) a zemědělstvím (především metan) vede k narušení ustavených klimatických sil, které se mění. Celkově se počasí stává neprediktabilním s vyšším podílem extrémních klimatických jevů (přívalové srážky, prudké větry...) a celkově se planeta otepluje.

...Svému pánu proto navrhl následující doporučení: Jaká to asi byla?

Hlavní:

- zmenšit velikost intenzivně využívaných ploch;
- zvýšit podíl přírodních a přírodě blízkých ekosystémů (především lesů);
- zvýšit podíl zeleně v sídlech;
- méně odvodňovat krajinu a regulovat vodní toky – tím přispět k zadržování vody v krajině a snížit riziko záplav a povodní.

... planeta se musela vypořádat s mnoha ekonomickými problémy. Jaké problémy to byly?

Hlavní:

- snížení příjmů z turistického ruchu do státního rozpočtu;
- snížení turistického ruchu vedlo ke zvýšení nezaměstnanosti a snížení příjmu státního rozpočtu o daně nyní nezaměstnaných osob;
- nárůst výdajů státního rozpočtu na podporu v nezaměstnanosti a dalších sociálních dávek, které se jim vyplácely;
- nedostatek finančních prostředků na nákup zboží produkovaných mimo planetu. Protože tato planeta nebyla z hlediska produkce soběstačná (sázela na turistiku), velké množství základních surovin a potravin dovážela. Ty teď na trhu chybí;
- nižší koupěschopnost obyvatel (nižší výděly v důsledku snížení turistického ruchu) snižují příjmy státního rozpočtu;
- nižší příjmy státního rozpočtu a vyšší výdaje státního rozpočtu vedou k zadlužování planety a ke škrtům nemandatorních výdajů – především na kulturu, ochranu životního prostředí, sociální dávky.
- celkově špatná ekonomická situace planety vede k nedůvěře věřitelů a rostou úroky úvěrů, které si planeta bere, tím jsou dluhy dražší, a tedy jsou i vyšší výdaje státního rozpočtu na dluh.

Jak to tak bývá, ekonomické problémy za sebou nenechaly ani společenské problémy. *Co asi lidé Naturově vládě vyčítali?*

Hlavní:

- špatnou ekonomickou situaci planety;
- snížení životní úrovně;
- vysokou nezaměstnanost, ztrátu zaměstnání;
- snížení sociálních výhod a zvýšení daní;
- nedostatek zboží;
- vysoké ceny dováženého zboží;
- špatnou perspektivu mladých (vysoká nezaměstnanost, nemohou si dovolit bydlení, založit rodinu...). *Kromě toho i spoustu dalších věcí, např. neúspěch v rodinném životě apod.*