

Obsah



Globální koloběh uhlíku	3
Přehled aktivit	10
Jak uhlík putuje (zásobníky a toky)	12
Poznáváme globální koloběh uhlíku	12
Hra: Uhlík cestuje	14
Kolik uhlíku je v lese?	17
Proč vědci nemusí kácet stromy	20
Jednotky biomasy: Výpočet biomasy učebny	22
Vědci a králíci	25
Jaká je biomasa stromů na vašem stanovišti? Kolik je v ní uloženo uhlíku?	27
Rostliny a koloběh uhlíku	29
Slovníček pojmů	35



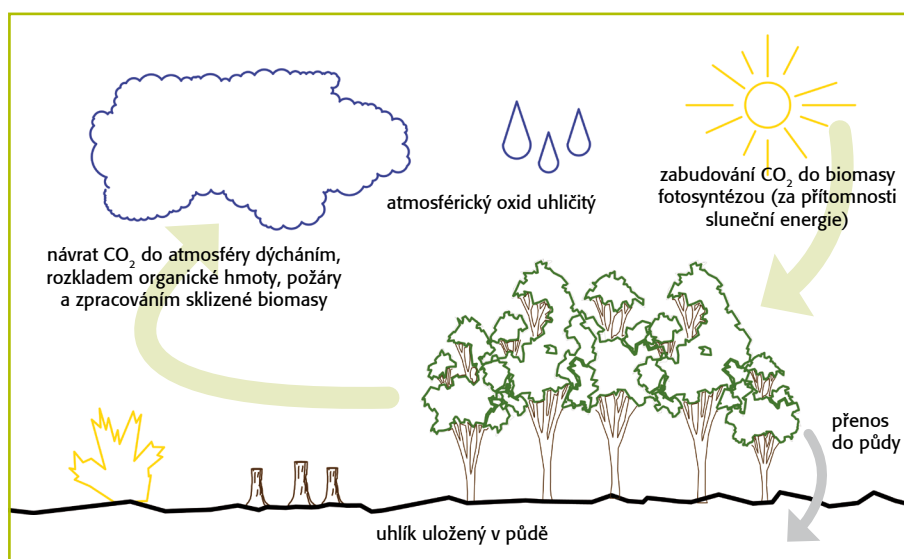
Globální koloběh uhlíku

Proč zkoumáme koloběh uhlíku

V GLOBE zkoumáme vodu, vzduch, oblaka, půdu, vegetaci, ... Proč se ale máme zabývat uhlíkem? Proč máme najednou zkoumat osamocený chemický prvek? O uhlíku se říká, že je to základní stavební kámen všeho živého. Najdeme ho téměř všude, i když není vidět. To, co vidíme, nejsou atomy uhlíku, ale třeba dřevo, včela nebo člověk. Uhlík se pohybuje všude okolo nás, ale i v nás. Spolu s kyslíkem, vodíkem, dusíkem, vápníkem a fosforem patří mezi nejhojnější prvky biosféry. Vytváří nepřehledné množství sloučenin, má úžasnou schopnost vázat se s jinými prvky a vytvářet složité látky jako jsou cukry, škroby, tuky a bílkoviny. Tyto podoby uhlíku dohromady tvoří přibližně polovinu sušiny v hmotnosti živých organismů.

Země je propojený a živý systém, který se neustále mění a pro člověka je velmi těžké ho studovat. Proto si při popisu přírodních jevů pomáháme modely a simulacemi. Podobně jako třeba v koloběhu vody mluvíme i u koloběhu uhlíku o tzv. **zásobnících**¹, protože skladují obrovské množství uhlíku. Jakýkoli pohyb uhlíku mezi zásobníky označujeme jako **tok**. Zásobníky a toky se navzájem ovlivňují a vytvářejí zpětnovazebné smyčky.

Obrázek 1.
Příklad dílčího koloběhu uhlíku v koloběhu globálním. Uhlík se neustále přemísťuje mezi atmosférou, rostlinami a půdou v procesech fotosyntézy, dýchání rostlin i půdních organismů, v důsledku požárů či rozkladu organické hmoty.

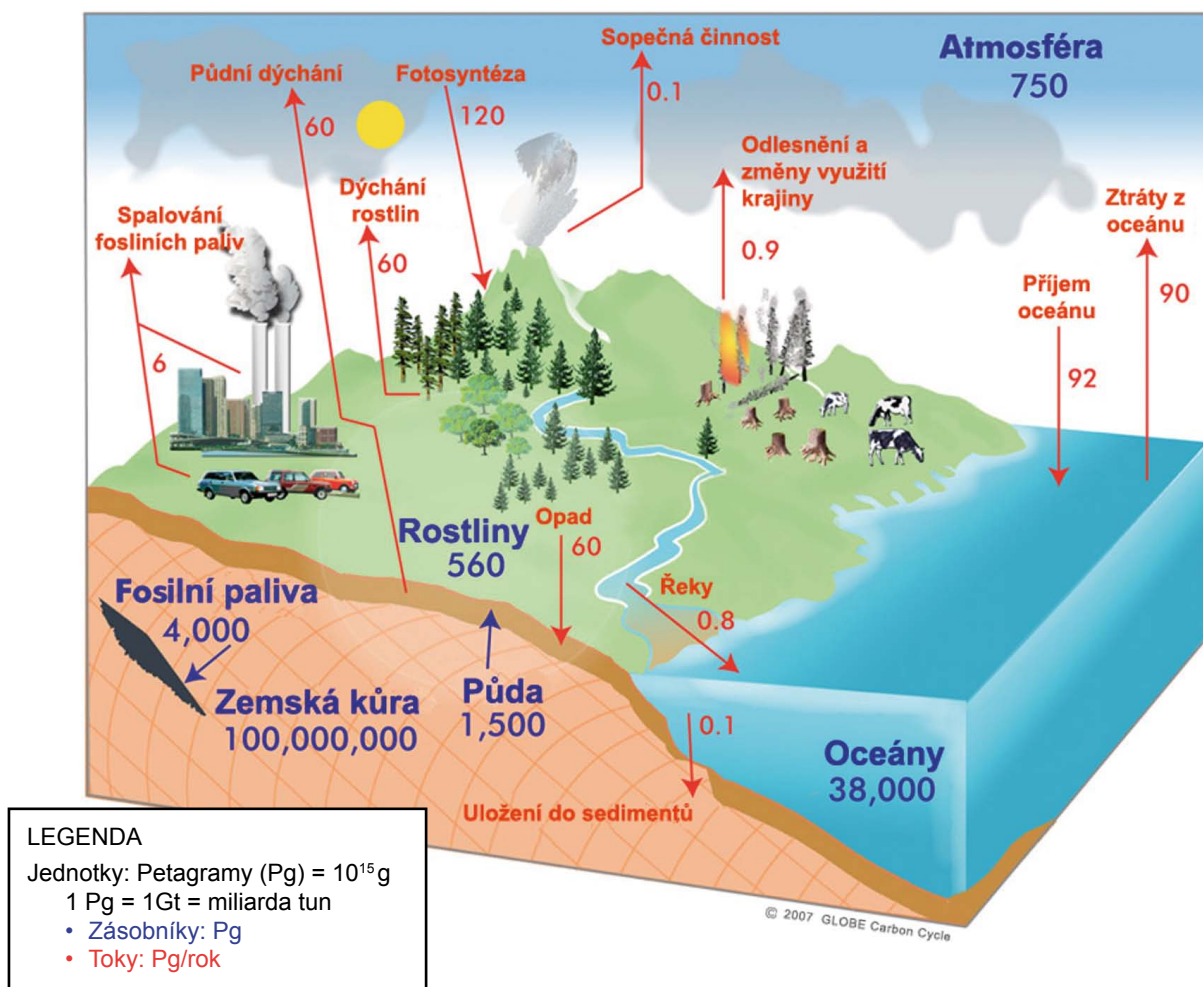


Například v koloběhu na Obrázku 1. je uhlík z atmosféry (= zásobník) využíván při fotosyntéze (= tok) rostlinou (= zásobník) k tvorbě nového rostlinného materiálu. V globálním pohledu přemísťují procesy jako fotosyntéza obrovská množství uhlíku z jednoho zásobníku (z atmosféry) do jiného (do biomasy rostlin). Po čase tyto rostliny odumřou a rozloží se, jsou sklizeny lidmi nebo spáleny při získávání energie nebo při přirozených požárech. Všechny tyto procesy jsou toky, kterými proudí uhlík zpět do atmosféry. Koloběh atmosféra-vegetace je propojen s dalšími v různých prostorových a časových rovinách a dohromady tvoří propojený globální koloběh uhlíku (obrázek 2).

¹ Někdy též zásoba, úložiště, rezervoár. V anglicky psané literatuře se používá slovo „sink“, které znamená v doslovném překladu dřez, umyvadlo, výlevka, žumpa, vyčerpanost, propad a další. V tomto textu používáme termín „úložiště“.

Protože množství uhlíku v hlavních zásobnících na Zemi je obrovské, nebylo by zrovna praktické používat běžné jednotky, jako jsou kilogramy. Proto používáme petagramy (Pg) neboli gigatuny (Gt). Jedna Gt se rovná 1 000 000 000 000 000 neboli 10^{15} gramů nebo také miliardě tun. Na každý pád je vyjadřování v petagramech/gigatunách² o dost jednodušší než počítání s tolika nulami.

Globální cyklus uhlíku



Obrázek 2. Zjednodušený diagram globálního koloběhu uhlíku
 Objemy zásobníků (modře) jsou udávány v petagramech (Pg) = gigatunách (Gt) uhlíku, velikosti toků (červeně) v petagramech (Pg) = gigatunách (Gt) uhlíku za rok.

V krátkém čase několika sekund se v rostlinách odehrává příjem uhlíku fotosyntézou a výdej uhlíku zpět do atmosféry při dýchání. V delším časovém období je uhlík z odumřelého rostlinného materiálu zabudováván do půd, kde může být uložen po celá desetiletí a staletí, dokud není rozložen půdními mikroorganismy a vypuštěn zpět do atmosféry. Ještě déle trvá, než je organická hmota, která byla pohřbena v hlubokých sedimentech bez přístupu kyslíku (a tak ochráněna před rozkladem), postupně přeměněna v ložiska uhlí, ropy a zemního plynu, která dnes využíváme. Při spalování těchto látek se dostává uhlík, který zde byl uložen po milióny let, zpět do atmosféry ve formě oxidu uhličitého (CO_2).

² V dalším textu budou objemy uhlíku v zásobnících a tocích uváděny jen v Pg.

Rovnováha koloběhu uhlíku v atmosféře

Koloběh uhlíku má obrovský efekt na fungování a udržování takového stavu planety, který je příznivý pro život na Zemi v dnešní formě, a tedy i pro blahobyt člověka. Koloběh uhlíku hraje klíčovou roli při regulaci klimatu Země tím, že určuje koncentraci oxidu uhličitého v atmosféře.

Oxid uhličitý (CO_2) spolu s jinými plyny přispívá k zesilování **SKLENÍKOVÉHO EFEKTU**, který způsobuje, že část tepla vzniklého působením slunečního záření na zemský povrch je zachyceno v atmosféře. Skleníkový efekt je sám o sobě přírodní jev a bez něj by Země byla daleko chladnější. Ale jak se říká: všeho s mírou – nahromadění skleníkových plynů v atmosféře může způsobit ohřívání planety.



V posledních letech se dostává CO_2 do centra pozornosti, protože jeho koncentrace v atmosféře vzrostla o 40%, ve srovnání s předindustriálním obdobím okolo roku 1850. Předpokládá se, že koncentrace CO_2 v nejbližší budoucnosti dále poroste. Vědci ukázali, že tento nárůst je důsledkem lidských činností (především spalování fosilních paliv a odlesňování), které probíhají v posledních 150 letech. Protože je CO_2 skleníkovým plynem, vědci se domnívají, že jeho nárůst vede k nárůstu průměrných teplot na Zemi. Tento nárůst teplot je primární příčinou změn klimatu a je to také hlavní důvod, proč se zajímat o koloběh uhlíku.

Zásobníky uhlíku fungují přirozeně jako zdroje, které dodávají uhlík do atmosféry, ale i jako úložiště uhlíku, které uhlík z atmosféry aktivně odstraňují. Pokud jsou toky uhlíku ze zdrojů a do úložišť vyrovnané, dá se říci, že koloběh uhlíku je v rovnováze, takže nedochází ke změnám ve velikosti zásobníků v čase. Udržování stálého množství CO_2 v atmosféře pomáhá udržovat v globálním měřítku stálou průměrnou teplotu. Protože však spalování fosilních paliv a odlesňování zvýšily vstupy uhlíku do atmosféry, aniž by došlo k nárůstu přirozených úložišť (oceánů, lesů atd.), která by odčerpávala CO_2 z atmosféry, vedly tyto činnosti k nárůstu atmosférického zásobníku uhlíku. Tento mechanismus je zodpovědný za současné nahromadění CO_2 v atmosféře a pravděpodobně způsobuje pozorovaný trend rostoucích globálních teplot. O kolik vzrostou hodnoty CO_2 v budoucnosti? Odpověď je závislá na tom, kolik CO_2 budou lidé nadále vypouštět a také na budoucím množství uhlíku, které bude pohlcováno a vypouštěno přírodními úložišti a zdroji.

Nejdůležitější zásobníky a toky uhlíku na zemi

Aby vědci porozuměli koloběhu uhlíku a tomu, jak se v budoucnosti změní množství atmosférického CO₂, musí důkladně studovat místa, kde je uhlík uložen, dobu, po kterou v nich setrvává, a procesy, kterými je převáděn mezi zásobníky.

Globální koloběh uhlíku zahrnuje každou rostlinu, živočicha a mikroba, každý fotosyntetizující list i padlý strom, každý oceán, jezero, rybník i louži, každou půdu, sediment a uhličitánovou horninu, každý nádech čerstvého vzduchu, výbuch sopky i bublinu stoupající k povrchu rašeliniště a ještě mnoho dalšího. Protože si jinak nedokážeme poradit s tak složitým jevem, shrnují vědci při popisu koloběhu uhlíku navzájem podobné předměty a prostředí do jednodušších skupin (les, travní porost, atmosféra, oceán) a zaměřují se jen na ty procesy, které jsou nejdůležitější z globálního hlediska (obrázek 2).

ZEMSKÁ KŮRA: Nejvíce uhlíku je uloženo v horninách v zemské kůře. Tyto horniny vznikly buď zpeříváním jílovitých usazenin (obsahujících organickou hmotu) a jejich přeměnou v břidlice, nebo usazováním vápnatých schránek a kostí mořských živočichů, jako např. vápenec. Tyto usazené a přeměněné horniny celkem obsahují 100 000 000 Pg uhlíku. To je opravdu obrovské množství – připomeňme si, že 1 Pg (= Gt) je rovný miliardě tun! Další 4 000 Pg uhlíku jsou uloženy v zemské kůře jako uhlovodíky vytvořené během milionů let z odumřelých organismů za vysoké teploty a tlaku. Tyto uhlovodíky obecně nazýváme fosilní paliva.

OCEÁNY: Oceány obsahují 38 000 Pg uhlíku, většina z tohoto množství je uložena ve velkých hloubkách ve formě rozpuštěného anorganického uhlíku a setrvává tam dlouhou dobu. Mnohem menší část, přibližně 1 000 Pg, se nachází u povrchu oceánu. Tento uhlík je rychle vyměňován mezi oceánem a atmosférou prostřednictvím fyzikálních procesů (jako je rozpouštění CO₂ ve vodě) a biologických procesů (jako je růst, odumírání a rozklad planktonu). Ačkoli většina tohoto povrchového uhlíku velmi rychle koluje mezi oceánem a atmosférou, může se část dostat do hlubšího oceánu a tam zůstat uložena po dlouhou dobu.

ATMOSFÉRA: Atmosféra obsahuje přibližně 750 Pg uhlíku, většina je ve formě CO₂ a daleko menší množství ve formě methanu (CH₄) a dalších sloučenin. Ačkoli se jedná o výrazně menší množství uhlíku, než je obsaženo v oceánu nebo v zemské kůře, je uhlík v atmosféře velmi důležitý, protože ovlivňuje skleníkový efekt a klima. Vzhledem k relativně malému množství uhlíku je atmosféra značně citlivá k výkyvům v tocích z nebo do ostatních zásobníků. Ve skutečnosti je dnešní množství (750 Pg) podstatně vyšší než to, které bylo v atmosféře před nástupem používání fosilních paliv. Atmosféra tehdy obsahovala okolo 560 Pg uhlíku.

Rámeček 1 – FOSILNÍ PALIVA

Fosilní paliva jsou **přeměněné zbytky pravěkých organismů**: suchozemských rostlin a planktonu, který se kdysi vznášel v oceánech a jezerech. Pro jejich vznik jsou nezbytné procesy pohřbení bez přístupu vzduchu a chemické přeměny, které trvají milióny let, a zvláštní podmínky, které dnes nejsou zdaleka tak ideální, jako byly v obdobích, kdy fosilní paliva vznikala. Dnes je většina organické hmoty rozložena na zemském povrchu, ačkoli také může docházet k jejímu ukládání v prostředích bez přístupu kyslíku, jako jsou mokřady nebo sedimenty v pánvích oceánů a jezer. V průběhu miliónů let dochází k chemickým změnám, které vedou ke vzniku toho, co my teď nazýváme fosilními palivy.

Všechna energie, kterou fosilní paliva obsahují, byla původně zachycena rostlinami či planktonem při fotosyntéze a posléze koncentrována v kapalné nebo pevné podobě. **Nejčastější formy jsou ropa, uhlí a zemní plyn**, ale byly už rozpoznány a pojmenovány také jiné zásoby uhlovodíků (ropné břidlice a písky, hydráty methanu).

Spalováním fosilních paliv se uvolňuje obrovské množství energie, proto je využíváme v dopravě, průmyslové výrobě, vytápění a výrobě elektřiny. Přibližně tři čtvrtiny vyrobené elektřiny pochází z fosilních paliv. **Primárním produktem tohoto spalování uhlovodíků je vždy oxid uhličitý.**

SUCHOZEMSKÉ EKOSYSTÉMY: Suchozemské ekosystémy obsahují uhlík v tělech rostlin, živočichů, v půdách a mikroorganismech. Z výše jmenovaných obsahují nejvíc uhlíku rostliny a půdy, zatímco ostatní zásobníky (organismy) můžeme při globálním pohledu zanedbat. Na rozdíl od zemské kůry se uhlík vyskytuje v suchozemských ekosystémech většinou v organické formě. V tomto kontextu slovo „organický“ označuje látku vyprodukovanou živými organismy.

Výměna uhlíku mezi rostlinami a atmosférou probíhá relativně rychle prostřednictvím fotosyntézy a dýchání. Dohromady je ve všech rostlinách na Zemi uloženo přibližně 560 Pg uhlíku, přičemž největší množství je ve stromech. Kmeny stromů mají ze všech možných rostlinných pletiv největší schopnost ukládat velké množství uhlíku, protože dřevo má vysokou hustotu a stromy dosahují značných rozměrů.

Celkové množství uhlíku uložené v půdách je odhadováno na 1500 Pg. Měření obsahu **uhlíku v půdě** může být obtížné, ale za určitých předpokladů jej lze odhadnout. Nejčastěji se uhlík v půdě vyskytuje v organické formě a pochází z odumřelých rostlinných těl a mikroorganismů. S rostoucí hloubkou půdy množství uhlíku klesá. Standardní půdní měření se provádějí do hloubky 1 m. Ve většině případů takové měření postihne většinu přítomného uhlíku, pouze ve výjimečných případech je půda podstatně hlubší. Většina uhlíku se do půdy dostává ve formě odumřelého rostlinného materiálu, který je dále rozkládán mikroorganismy. Při procesu rozkladu se také uhlík uvolňuje do atmosféry.

Nejdůležitější toky uhlíku na zemi

Jakýkoli pohyb materiálu z jednoho místa na jiné může být označován jako tok a my považujeme za tok uhlíku přenos uhlíku z jednoho zásobníku do jiného. Toky jsou popisovány jako rychlost (množství uhlíku, které je přeneseno za jednotku času).

Stejně jako průtok vody v řece může být vyjádřen jako objem vody, který proteče korytem za určitý čas (v litrech za sekundu), mohou být **toky uhlíku vyjádřeny** např. v $\text{g/cm}^2/\text{s}$ nebo $\text{kg/km}^2/\text{rok}$.

Jeden zásobník uhlíku může být spojen s řadou dalších zásobníků pomocí mnoha toků, které do něj současně uhlík přivádí a zase jej odvádí. Velikost jednotlivých toků se může značně lišit.

FOTOSYNTÉZA: Během fotosyntézy používají rostliny energii ze Slunce k zabudování atmosférického CO_2 do organických látek. Nejjednoduššími produkty fotosyntézy jsou cukry (např. glukóza), ale obecně tvoří organické látky produkované rostlinami velmi rozmanitou škálu sloučenin. Tímto způsobem je CO_2 odstraňován z atmosféry a ukládán ve vegetaci. Všechna organická hmota na Zemi původně vznikla tímto procesem. Uhlík je v rostlinách poután neboli sekvestrován relativně dlouhou dobu, protože rostliny mohou žít desítky a stovky let. Poté, co rostliny odumřou, rozkládají se jejich pletiva různě rychle. Například listy, které jsou kvalitním substrátem pro rozkladače, se rozkládají rychle, zatímco odolnější části, jako je dřevo, přetrvávají déle. Podle současných odhadů odstraňuje fotosyntéza z atmosféry 120 Pg C/rok.

DÝCHÁNÍ ROSTLIN: Rostliny vypouštějí CO_2 zpět do atmosféry při dýchání. K dýchání dochází ve chvíli, kdy buňky rostlin využívají cukry vyrobené při fotosyntéze jako zdroj energie. Dýchání rostlin představuje přibližně polovinu (60 Pg C/rok) CO_2 , který je navrácen do atmosféry v suchozemské části koloběhu uhlíku.

OPAD: Kromě odumírání celých rostlin dochází každým rokem také k opadu listů, kořenů a větví. Protože většina rostlinných částí je tvořena uhlíkem, můžeme považovat tuto každoroční ztrátu za tok uhlíku směrem od rostlin do půdy. Když se mrtvý rostlinný materiál ocitne na zemi, začíná se rozkládat.

DÝCHÁNÍ PŮDY: Vypouštění CO_2 prostřednictvím dýchání není výsadou rostlin, ale dochází k němu u všech organismů, včetně půdních mikroorganismů. Při rozkladu organické hmoty je CO_2 v globálním měřítku vypouštěn do atmosféry průměrnou rychlostí 60 Pg C/rok. Uhlík je v organické hmotě v půdě dočasně uložen, protože může trvat celá léta, než se např. dřevo zcela rozloží.

VÝMĚNA MEZI OCEÁNEM A ATMOSFÉROU: Anorganický uhlík je pohlcován a vypouštěn na rozhraní mezi povrchem oceánu a okolním vzduchem difúzí. Plyny se běžně ve vodě rozpouštějí, nebo se naopak uvolňují z rozpuštěné formy. Například na povrchu vody ve sklenici, kterou necháme delší dobu stát, se začnou tvořit bublinky. Vzduch v těchto bublinkách obsahuje CO_2 a přesně stejný proces je prvním stupněm při příjmu uhlíku v oceánech. Oxid uhličitý rozpuštěný ve vodě reaguje s vodou a vzniká kyselina uhličitá. Od ní je odvozen uhličitánový anion CO_3^{2-} . Vznik uhličitanu v mořské vodě umožňuje oceánům přijímat a ukládat daleko víc uhlíku, než by bylo možné, pokud by byl jen rozpuštěn ve vodě jako oxid uhličitý. Uhličitany jsou také důležité pro obrovské množství mořských živočichů, kteří je využívají pro tvorbu svých schránek. Uhlík koluje v oceánu také při fotosyntéze, dýchání a rozkladu vodních rostlin. Rychlost rozkladu u mořských organismů je velmi odlišná od rychlosti rozkladu suchozemské vegetace. Protože mořské rostliny nemají velké stonky ani kmeny, které by se rozkládaly celá léta, běží zde proces rozkladu mnohem rychleji – často je záležitostí několika dní. Z tohoto důvodu je v oceánech uloženo velmi málo uhlíku prostřednictvím biologických procesů. Celkové množství příjmu (92 Pg C/rok) a výdeje (90 Pg C/rok) uhlíku z oceánu je závislé na rovnováze mezi organickými a anorganickými procesy.

GEOLOGICKÉ PROCESY: Geologické procesy řídí globální koloběh uhlíku v časovém měřítku stovek milionů let. Hlubší rozbor tohoto tématu by byl nad rámec tohoto úvodu, ale hlavní procesy zahrnují vznik sedimentárních hornin a jejich vyzdvižení při deskové tektonice, zvětrávání a sopečnou činnost.

Toky uhlíku, které jsme dosud probírali, se týkají přirozených procesů, které pomáhaly udržovat koloběh uhlíku a úroveň atmosférického CO_2 v rovnováze po milióny let. Dnešní koloběh uhlíku však navíc obsahuje několik důležitých toků, které pramení z činnosti člověka:

SPALOVÁNÍ FOSILNÍCH PALIV: Uhlí, ropa

a zemní plyn obsahují uhlík, který byl zachycen živými organismy během miliónů let a byl uložen na různých místech v zemské kůře (viz rámeček 1 – Fosilní paliva). Od nástupu průmyslové revoluce byla tato paliva stále rychleji těžena a spalována a sloužila jako primární zdroj energie, která pohání moderní industriální společnost. Protože vedlejším produktem spalování fosilních paliv je CO_2 , můžeme tyto aktivity vnímat v geologickém smyslu jako nový a relativně velmi rychlý tok velkého množství uhlíku do atmosféry.

V současné době představuje spalování fosilních paliv tok 6–8 Pg C/rok do atmosféry.



ZMĚNA VYUŽÍVÁNÍ KRAJINY: Další lidskou činností, která způsobuje tok uhlíku do atmosféry, je změna ve využívání krajiny, zejména ve formě odlesňování či přeměny přirozených ekosystémů na zemědělskou půdu či zastavěné plochy. Původní lesy byly na mnoha místech vytěženy kvůli dřevu nebo vypáleny a přeměněny na zemědělskou půdu a travní porosty (louky a pastviny). Protože lesy a další původní ekosystémy zpravidla obsahují více uhlíku (v rostlinných pletivech i v půdách) než typy ekosystémů či zastavěné plochy, které je nahradily, vedly tyto změny k čistému toku 1,5 Pg C/rok do atmosféry. V některých oblastech může růst lesa na místech, kde byl dříve vytěžen, představovat úložiště (sink) uhlíku. I přes to ale čistý efekt všech člověkem způsobených změn v krajině představuje pro atmosféru zdroj uhlíku.

Uhlíkové rozpočty: rovnováha mezi zdroji a úložišti (sinky)

Koloběh uhlíku je stále v pohybu. Různými procesy, které probíhají v časové škále vteřin, dní, let i tisíciletí, se uhlík neustále přesouvá mezi jednotlivými zásobníky, kterými jsme se zabývali výše. Ale co to vlastně znamená pro velikost jednoho konkrétního zásobníku? Samotný fakt, že se uhlík přesouvá mezi souší, atmosférou a oceány, neznamena, že se tyto zásobníky v čase mění. Ve skutečnosti může zůstat velikost zásobníku konstantní, pokud se z něj a do něj dostává stejné množství uhlíku. Pokud by byly tyto podmínky splněny, znamenalo by to, že je globální koloběh uhlíku ve stavu, který nazýváme dynamická rovnováha; "**dynamická**", protože se uhlík pohybuje, a "**rovnováha**", protože díky stejné velikosti všech vstupů a výstupů se udržuje systém v rovnováze. Velikost všech uhlíkových zásobníků zůstává nezměněna.

Pokud vědci zkoumají, jestli je systém ve stavu změny nebo rovnováhy, začínají typicky tím, že sestavují rozpočet. Stejně jako při sestavování finančního rozpočtu, **uhlíkový rozpočet** je jednoduše seznam všech zásobníků spolu s odhady jejich velikosti a všech toků, které představují vstupy a výstupy (tedy příjmy a výdaje). V současnosti má rozpočet globálního koloběhu uhlíku daleko k tomu, aby mohl být označován za vyrovnaný. Zatímco náhodná variabilita v přirozených procesech jako jsou klima a lesní požáry způsobuje často jistý stupeň nerovnováhy v měřítku let, dnešní obrovská nerovnováha rozpočtu koloběhu uhlíku je způsobena dlouhodobými procesy spalování fosilních paliv a změn ve využití krajiny (viz výše). A to nás přivádí k zajímavé otázce, na kterou dnes vědci hledají odpověď. Ačkoli se CO₂ opravdu hromadí v atmosféře, rychlost tohoto hromadění je nižší než rychlost, kterou je vypouštěn. Tento rozdíl se dá jen obtížně vysvětlit na základě dnešních odhadů příjmu ekosystémy souše a oceánů. Vědci dnes ověřují hypotézu, že příjem uhlíku ekosystémy je větší, než bylo původně odhadováno a že hromadění uhlíku v rostlinách a půdách brání ještě rychlejšímu nárůstu uhlíku (a tedy koncentrace CO₂) v atmosféře. Ale pokud je to správná úvaha, proč jsou tedy současné odhady příliš nízké, a do kterých zásobníků se vlastně ten uhlík ztrácí? Tato záhada podnítila velký zájem o další výzkum ekologických aspektů koloběhu uhlíku a stojí také za velkou částí zkoumání, kterého se účastní studenti zapojení do programu GLOBE.

Přehled aktivit

Souhrnná tabulka příloh:

METODIKA	PRACOVNÍ LISTY PŘÍLOHY	Elektronicky	Elektronicky i tištěné v manuálu	Kde se práce odehrává	POPIS AKTIVITY
Kapitola: JAK UHLÍK PUTUJE (zásobníky a toky)					
Poznáváme globální koloběh uhlíku	Diagram globálního koloběhu uhlíku	*		ve třídě	Úvodní aktivita k tématu koloběh uhlíku, díky níž žák pochopí význam zásobníků a toků uhlíku.
	Poznáváme globální koloběh uhlíku_PL	*	*		
	Poznáváme globální koloběh uhlíku_odpovědi	*			
	Plakát Koloběh uhlíku	*	*		
Hra: Uhlík cestuje	Názvy stanovišť	*		ve třídě	Žák si v této aktivitě prožije cestu atomu uhlíku různými zásobníky a odhalí různou délku doby setrvání v jednotlivých zásobnících prostřednictvím hry.
	Pokyny ke stanovištím	*			
	Cestovní tabulka	*			
	Zásobníky – informace	*			
	Plakát Koloběh uhlíku	*	*		
Kapitola: KOLIK UHLÍKU JE V LESE					
Proč vědci nemusí kácet stromy	Řezy kmeny stromů_fotky kuláčů	*		ve třídě	Při této aktivitě budou žáci sledovat a zkoumat vztah mezi obvodem a průměrem řezů kmenů.
	Proč vědci nemusí kácet stromy_PL	*	*		
	Proč vědci nemusí kácet stromy_odpovědi	*			
	Potíže při měření obvodu	*			
Jednotky biomasy: výpočet biomasy učebny	Biomasa ve třídě_PL	*		ve třídě	Aktivita vede k porozumění konceptu biomasy přes konkrétní příklad – žáci počítají biomasu třídy.
	Tabulka světových biomů	*	*		
	Kolik uhlíku je v lese_prezentace	*			
	Světové biomy_fotoprezentace	*			
	Biomasa ve třídě_příklad	*			
Vědci a králíci	Vědci a králíci_PL	*	*	ve třídě	Aktivita vysvětlující alometrii je zaměřena na propojení dvou předchozích aktivit, zabývajících se pojmy výčetní tloušťka stromu a biomasa.
	Porozumění alometrii (Excel)	*			
	Kolik uhlíku je v lese_prezentace	*			

METODIKA	PRACOVNÍ LISTY PŘÍLOHY	Elektronicky	Elektronicky i tištěné v manuálu	Kde se práce odehrává	POPIS AKTIVITY
Jaká je biomasa stromů na našem stanovišti? Kolik je v ní uloženo uhlíku?	Biomasa na stanovišti_výpočet	*		v terénu a ve třídě	Aktivita využívající znalosti z předchozích třech aktivit. Žáci vyhodnotí terénní data na základě alometrických rovnic v programu Excel a stanoví tak zásobu uhlíku na stanovišti.
	Biomasa na stanovišti_výpočet_návod	*			
	Kolik uhlíku máme uloženo na stanovišti_PL	*	*		
	Kolik uhlíku je v lese_prezentace	*			
	Kolik uhlíku máme uloženo na stanovišti_odpovědi	*			
	Záznamový list obvodu stromu	*	*		
	Kategorie dřevin	*	*		
	Co jsme zjistili	*	*		
Co jsme zjistili_odpovědi	*				
Kapitola: ROSTLINY A KOLOBĚH UHLÍKU					
(metodika obecná)	Klíčení obilek	*	*	ve třídě	Pokusy, jejichž záměrem není provést „jen“ pokus samotný. Jejich cílem je použít kroky, kterými při zkoumání postupují vědci. Pokus vždy slouží jako prostředek k ověření hypotézy, zodpovězení výzkumné otázky, kterou si žák s pomocí učitele naformuluje.
	Skližeň rostlin	*	*		
	Rostliny a CO ₂ _PL	*	*		
	Rostliny a CO ₂ _záznamový list	*			
	Rostliny a voda_PL	*	*		
	Rostliny a voda_záznamový list	*			

Pozn. V elektronické verzi najdete všechny pracovní listy a přílohy pod stejným názvem, který je uveden v tabulce.

Jak uhlík putuje (zásobníky a toky)



Poznáváme globální koloběh uhlíku

Tato aktivita slouží jako úvod k tématu koloběhu uhlíku a v širším slova smyslu k biogeochemickým cyklům, skleníkovému efektu a změně klimatu.

KLÍČOVÉ OTÁZKY

Kde se uhlík na Zemi nachází a jak se přemísťuje?

Jakou úlohu mají v globálním uhlíkovém cyklu lidé a jejich činnost?

OČEKÁVANÉ VÝSTUPY

Žák:

- uvede příklad zásobníku a toku uhlíku a vysvětlí, proč jsou důležité;
- vytvoří schéma představující koloběh uhlíku;
- popíše, proč globální cyklus uhlíku není v rovnováze.

ČAS

70 minut

POMŮCKY

- *diagram globálního cyklu uhlíku* – kopie pro každého žáka nebo powerpointová prezentace (el. příloha)
- *pracovní list Poznáváme globální koloběh uhlíku*
- *odpovědi k pracovnímu listu Poznáváme globální koloběh uhlíku*
- *plakát Koloběh uhlíku*

KROKY

A	celá třída	15 minut
	<ul style="list-style-type: none"> • brainstorming: Kde všude se dá najít uhlík? • diskuse • tok a zásobník – pochopení významu a jejich role v zobrazování koloběhu uhlíku 	
B	malé skupiny	30 minut
	<ul style="list-style-type: none"> • třídění a sdružování zásobníků • načrtnutí vlastního schématu uhlíkového cyklu • představení schématu ostatním • porovnání vlastního schématu s <i>Diagramem globálního cyklu uhlíku</i> 	
C	celá třída	15 minut
	<ul style="list-style-type: none"> • diskuse na téma „Mé schéma vs. Diagram globálního cyklu uhlíku“ • zodpovězení otázek žáků (např. Proč nejsou v diagramu lidé?) 	
D	různé	různé
	<ul style="list-style-type: none"> • hlubší porozumění tématu – viz hra <i>Uhlík cestuje</i> (str. 14 a el. příloha) 	



E	jednotlivě	10 minut
	<ul style="list-style-type: none"> • diskuse – souvislosti koloběhu uhlíku se životem žáků • co se o uhlíku dozvíme v další hodině • zadání průzkumu – články o uhlíku 	

POSTUP:

- A** Řekněte žákům, že jste dnes chtěli učit o uhlíku, ale že jej nevidíte. Zeptejte se žáků, zda někdo z nich neviděl uhlík cestou do školy. Zapište nápady na tabuli. Otázkami navedte žáky, aby toho vyjmenovali co nejvíce: Co je uhlík? Kde se nachází? Jak se přenáší z jednoho místa na druhé? Jakých forem může nabývat? Zapisujte jinou barvou zásobníky a jinou toky a po skončení brainstormingu nechte žáky přijít na to, co značí různé barvy. Měli by sami přijít na to, že jedna barva reprezentuje místa, kde je uhlík uložen, a druhá jsou cesty, kterými se uhlík přemísťuje.



- B** Žáci ve skupinách nejdříve utřídí pojmy, které jsou zapsány na tabuli. Sdruží zásobníky, které spolu souvisí nebo spadají pod jeden hlavní. Dále načrtnou koloběh uhlíku, ve kterém použijí pojmy z tabule. Pokud si žáci s konstrukcí svého schématu nevědí rady, udělejte první krok dohromady – nakreslete na tabuli dva zásobníky a tok mezi nimi. Zaveďte pravidlo, že zásobníky značíme rámečkem a toky šipkou.
- Pokud jsou žáci samostatní, mohou pracovat podle pokynů v části 1 pracovního listu *Poznáváme globální koloběh uhlíku*.
- Jakmile žáci dokončí svá schémata, předvedou je třídě a objasní, jak je sestavovali, proč tam něco zahrnuli a něco ne. Diskutujte se žáky jejich otázky či pochybnosti.
- Žáci porovnají své vlastní schéma s *Diagramem globálního cyklu uhlíku*. Pro celou třídu ho můžete promítnout na plátno nebo rozdat do skupin. Žáci opět mohou pracovat dle pokynů v části 2 pracovního listu *Poznáváme globální koloběh uhlíku*.
- C** Vysvětlete, co znamenají petagramy a objasněte legendu diagramu. Objasněte žákům, proč vědci používají ke zkoumání složitých globálních koloběhů zjednodušená schémata. Dále můžete s žáky

diskutovat, z čeho se koloběh skládá (suchozemská vs. oceánská část), které toky/zásobníky jsou největší, ve kterých zásobnících se uhlík zdržuje dlouho a kde krátce, které toky jsou důležité z hlediska rovnováhy koncentrace CO₂ ve vzduchu, jaký je příspěvek člověka do koloběhu uhlíku. K tomu vám pomůže powerpointová *prezentace Diagram globálního koloběhu uhlíku*, kde můžete vše ukázat krok za krokem na snímcích.

- D** V návaznosti na tuto aktivitu doporučujeme zahrát si se žáky hru *Uhlík cestuje* (viz *další kapitola a el. příloha*), kde se žáci stávají součástí globálního koloběhu uhlíku a cestují jako atomy uhlíku různými zásobníky.
- E** Diskutujte se žáky, jak jim znalost koloběhu uhlíku pomůže lépe rozumět okolnímu světu. Zeptejte se žáků, která část koloběhu uhlíku je nejvíc zajímavá, a představte, co se mohou ještě dozvědět (role rostlin, koloběh uhlíku a klimatické změny, kolik uhlíku je v lese, ...)

Důkaz o učení

Na další hodinu žáci vyhledají článek o uhlíku a připraví si krátké slovní shrnutí, jak článek souvisí s tím, co se dozvěděli v hodině.



Hra: Uhlík cestuje

Žák si prožije cestu atomu uhlíku různými zásobníky a odhalí různou délku doby setrvání v jednotlivých zásobnících prostřednictvím hry.

KLÍČOVÉ OTÁZKY

Které zásobníky a toky v globálním koloběhu uhlíku jsou nejdůležitější?

Jak dlouho setrvává uhlík v jednotlivých zásobnících?

Jak se liší dnešní koloběh uhlíku od koloběhu uhlíku před rokem 1700?

OČEKÁVANÉ VÝSTUPY:

Žák:

- představí svým spolužákům jeden zásobník uhlíku, který zkoumal do hloubky;
- vyjmenuje všechny hlavní zásobníky a toky v globálním koloběhu uhlíku;
- vysvětlí pojem doba setrvání a uvede aspoň jeden příklad z koloběhu uhlíku;
- porovná a uvede rozdíly v koloběhu uhlíku před rokem 1700 a po něm.

ČAS

90 minut

POMŮCKY

- pomůcky a materiál pro výrobu posterů (na 8 posterů)
- *názvy a pokyny ke každému stanovišti* (el. přílohy)
- *cestovní tabulky* (el. přílohy)
- *21 hracích kostek* (3 na každé ze 7 stanovišť)
- *informace k tokům a zásobníkům* – 6 krát A4 (el. přílohy)
- *plakát Koloběh uhlíku*

KROKY:

A	celá třída	10 minut
	<ul style="list-style-type: none"> odlišení zásobníků a toků (kroužek, šipka) seskupení nápadů žáků k hlavním uhlíkovým zásobníkům 	
B	7 skupin	15 minut
	<ul style="list-style-type: none"> vytváření plakátů k zásobníkům uhlíku 	
C	celá třída	15 minut
	<ul style="list-style-type: none"> sdílení informací z vytvořených plakátů diskuse – objasnění otázek a nejasností 	
D	celá třída	20 minut
	<ul style="list-style-type: none"> vysvětlení pravidel hry hraní hry – žáci se jako atomy uhlíku pohybují mezi zásobníky 	
E	celá třída, skupiny	30 minut
	<ul style="list-style-type: none"> rozběr hry – jak kdo cestoval, co se dělo na stanovištích apod. diskuse – rozdíl mezi podmínkami do roku 1700 a po roce 1700 nakreslení schématu koloběhu uhlíku porovnání schématu s <i>Diagramem globálního koloběhu uhlíku</i> 	

POSTUP:



Pokud zařazujete hru v průběhu nebo po lekci *Poznáváme globální koloběh uhlíku*, začněte rovnou od bodu B.

- A** Řekněte žákům, že jste dnes chtěli učit o uhlíku, ale že jej nevidíte. Zeptejte se žáků, zda někdo z nich neviděl uhlík cestou do školy. Zapište nápady na tabuli. Otázkami navedte žáky, aby toho vyjmenovali co nejvíce: Co je uhlík? Kde se nachází? Jak se přenáší z jednoho místa na druhé? Jakých forem může nabývat? Zapisujte jinou barvou zásobníky a jinou toky, a po skončení brainstormingu nechte žáky přijít na to, co značí různé barvy. Měli by sami přijít na to, že jedna barva reprezentuje místa, kde je uhlík uložen, a druhá jsou cesty, kterými se uhlík přemísťuje. Seskupte se žáky jejich nápady k hlavním uhlíkovým zásobníkům.
- B** Rozdělte žáky do skupin. Do každé rozdejte *informace k zásobníkům* a tokům v jedné části koloběhu uhlíku (atmosféra, suchozemské organismy, půda, mořské organismy, chemické reakce v oceánu, fosilní paliva – el. příloha). Úkolem každé skupiny je připravit si na základě poskytnutých informací krátký text/plakát (1 stranu), kterým představí svou část koloběhu ostatním. Vyzvěte žáky, aby si zapsali otázky, pokud narazí na nejasnost nebo něco, čemu nerozumí. Zatímco si žáci připravují svůj text, rozvěste po místnosti *názvy stanovišť a pokyny k nim* (el. příloha) a kostky. Pokud budete hrát dvě kola (před a po roce 1700), využijte oboustranný tisk stanovišť, v druhém kole stačí vše jen obrátit na druhou stranu. Pokud rozdělíte žáky ve třídě na poloviny (před

a po roce 1700) a budete hrát obě části paralelně ve stejnou dobu, dbejte na to, ať se stanoviště před a po roce 1700 a hlavně instrukce k nim nezamění!

- C Žáci krátce představí výsledky své práce a pověsí svůj poster. Žáci si zaznamenají nejdůležitější informace o jednotlivých zásobnících z prezentací svých spolužáků.

Pomozte žákům najít odpovědi na otázky a nejasnosti o zásobnících a tocích uhlíku, které si zaznamenali během přípravy popisu svého zásobníku.

- D Rozdějte *cestovní tabulky* (el. příloha), vysvětlete pravidla hry a instrukce, co mají žáci do tabulky zapisovat. Zaznamenáváme každý hod kostkou, i když se ze stanoviště žák nehne³. Hra se nejdříve odehrává v podmínkách před rokem 1700 (před průmyslovou revolucí).

Žáci mohou začít kdekoli v koloběhu, nedoporučujeme pouze stanoviště

Usazeniny na dně oceánu a Fosilní

paliva před rokem 1700, jsou slepými uličkami, ze kterých se žák nedostane.

Pohybují se od stanoviště ke stanovišti dle instrukcí pro daný zásobník a zapisují svou cestu do tabulky.

Po deseti kolech se postaví stranou, aby bylo jasné, že jsou hotovi. Diskutujte se žáky výsledky této části hry (před rokem 1700).

Změňte instrukce u zásobníků na ty po roce 1700 a začněte druhou část hry (po průmyslové revoluci). Žáci hrají dalších deset kol v nových podmínkách.

Máte-li velkou třídu a méně času, využijte možnosti, kdy polovina třídy hraje hru před rokem 1700 a druhá po roce 1700.

- E Diskutujte: Jak se lišila hra před a po roce 1700? Čím jsou způsobeny tyto rozdíly? (Je to spalováním fosilních paliv a změnami ve využívání krajiny.)

Požádejte žáky, aby se podívali do svých *cestovních tabulek* a zjistili, jak dlouhou dobu strávili v jednotlivých zásobnících. Jak se tato doba lišila?

Pro lepší orientaci v této diskuzi můžete na tabuli umístit (nadepsat) zásobníky a vyzvat žáky, aby nakreslili svoji vlastní cestu mezi nimi. Každý žák přikreslí několik spojnic mezi zásobníky podle toho, jak se v roli atomu uhlíku pohyboval při hře. Vznikne tak společný propojený koloběh uhlíku, který žáci vytvořili na základě své „cesty“.

Rozdělte žáky do skupin a vyzvěte je, aby nyní nakreslili již ucelené schéma globálního koloběhu uhlíku.

Představte žákům *Diagram globálního koloběhu uhlíku*.



Důkaz o učení

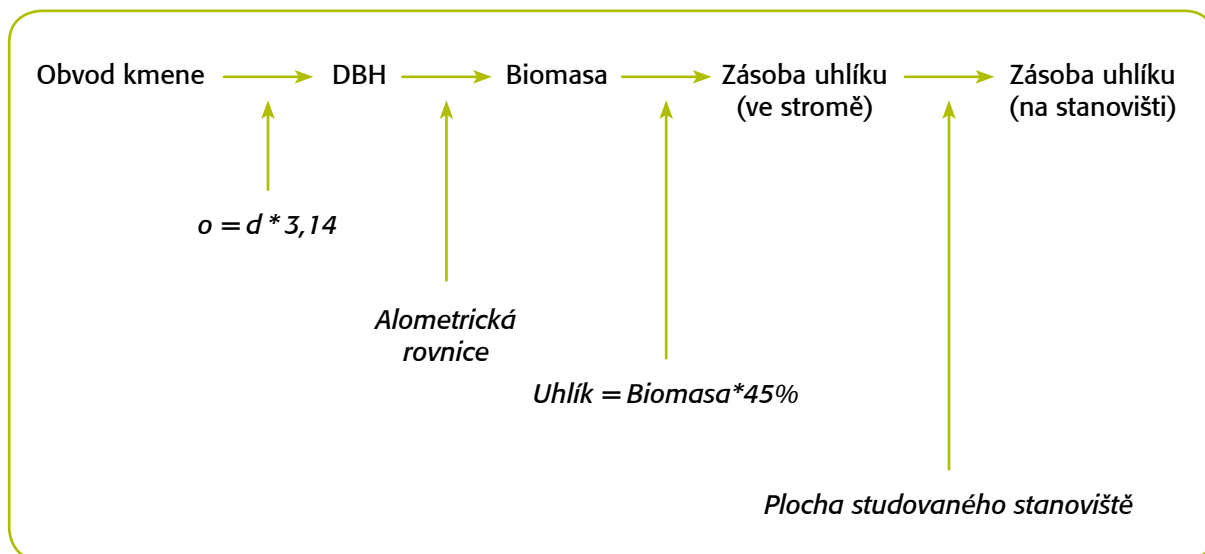
- Žáci ve skupinách vytvoří velký plakát s diagramem koloběhu uhlíku.
- Žáci napíší příběh, který popisuje jejich cestu koloběhem uhlíku. Tvůrčím způsobem zapracují srovnání stavu před a po počátku průmyslové revoluce a vysvětlí také dobu setrvání.

³ Pro lepší pochopení konceptu doby setrvání rozmištěte ke každému stanovišti barevné pastelky. Žáci budou mít za úkol vybarvit vždy políčko v *Cestovní tabulce* danou barvou při každém hodu kostkou. Po deseti kolech požádejte žáky, aby prozkoumali pořadí barev ve své *tabulce* a pořadí barev ostatních žáků. Co lze z tohoto pořadí usoudit?

Kolik uhlíku je v lese

Jak vědci zjišťují množství uhlíku v ekosystému

Schéma *Od obvodu stromu k uhlíku* (níže) ukazuje sled postupů používaných ke stanovení množství ukládaného uhlíku v lesních ekosystémech, který žáci potřebují pochopit, než půjdou zjišťovat zásoby uhlíku do terénu.



Legenda k obrázku:

DBH = (z angl. *diameter at breast height*) = výčetní tloušťka stromu = průměr kmene ve výšce 1,35 m od paty stromu.

V následujících třech aktivitách objasňujeme vždy jednu část schématu:

Aktivita	Část schématu, ke které se aktivita váže
Proč vědci nemusí kácet stromy	Měření stromů, vztah mezi obvodem a průměrem
Alometrie	Jak z průměru stromu vypočítáme hmotnost (= biomasu)
Biomasa třídy	Jak se počítá množství uhlíku z biomasy Proč vyjadřujeme množství biomasy/uhlíku vždy vztažené k jednotce plochy

Než se s žáky pustíte do jednotlivých aktivit, přečtěte si text o měření stromů. Pomůže vám zorientovat se v zásadních principech, které vědci používají při měření stromů, používání alometrie, výpočtu biomasy nebo zásoby uhlíku.

Měření stromů – výčetní tloušťka

Vědci používají standardní metodu měření velikosti stromů, tzv. výčetní tloušťku stromu. Průměr či obvod stromu je vždy měřen „v prsní výšce“ (DBH = diameter at breast height), která je definována jako výška 1,35 m od nejvyššího bodu povrchu země u paty stromu. Zde odkazujeme na GLOBE manuál, kde je v oblasti *Vegetační pokryv* vysvětlen postup měření v aktivitě *Obvod stromu*.

Jak tedy mohou lesníci a vědci změřit průměr stromu, aniž by jej pokáceli? Vědci měří obvod kmene a průměr pak počítají pomocí rovnice $d = o / \pi$. Někdy vědci používají měřicí pásy, které jsou kalibrovány tak, že na nich lze odečíst přímo průměr kmene.



Při získávání terénních dat v rámci GLOBE budou žáci měřit místo průměru kmene jeho obvod; proto je důležité, aby znali vztah mezi obvodem a průměrem.

Odhad biomasy pomocí alometrických vztahů

Jelikož biomasa je z hlediska pochopení ekosystémů klíčovou měrnou jednotkou, je nezbytné, abychom znali způsob, jak ji měřit. Z praktických důvodů pochopitelně nemá smysl, abychom hmotu stromů měřili tak, že je pokácíme a zvážíme je na váze. To by nám moc stromů v lese nezbylo. Právě proto vědci v průběhu času pokáceli a změřili mnoho stromů různých velikostí i druhů, aby našli vztahy mezi různými částmi stromů, které lze snadno změřit (například vztah mezi výčetní tloušťkou či výškou stromu a biomasou celého stromu). Výzkum tohoto typu se nazývá **alometrie**.



Foto: ZŠ Dubňany

Alometrie je výzkum růstu organismu, který se používá k popisu vztahu mezi velikostí celého organismu a velikostí jakýchkoliv jeho jednotlivých částí.

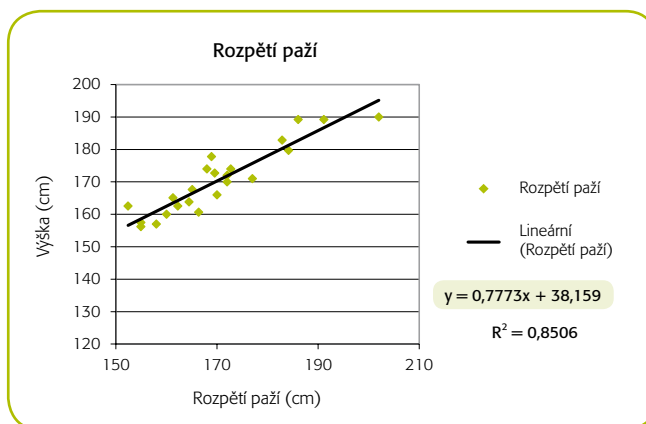
Alometrické vztahy lze studovat v průběhu růstu konkrétního organismu, jako srovnání mezi organismy stejného druhu nebo i mezi organismy různých druhů. Alometrické vztahy lze nejlépe zobrazit v podobě grafu, v němž je velikost těla organismu znázorněna na ose y a velikost části těla je na ose x. Po zanesení jednotlivých měření do grafu vzniká určitý rozptyl hodnot. Průměr získaný z takového rozptylu hodnot (regresní křivka) určuje alometrickou rovnici.

Alometrické rovnice jsou často ve tvaru:

$$y = mx + b$$

(lineární rovnice), kde:

- y = velikost těla,
- x = velikost části těla,
- m = sklon
- b = hodnota úseku y přímkou



Biomasa a uhlík

Biomasa je celková hmotnost živých organismů, zpravidla měřená na určité ploše. Protože živé organismy obsahují vodu (čerstvá hmotnost) a procentuální obsah vody může mezi jednotlivými druhy výrazně kolísat, počítá se biomasa jako hmotnost sušiny (suchá hmotnost). Hmotnost sušiny je hmotnost živého organismu po odstranění veškeré vody, asi jako když vyždímáme mycí houbu. U rostlin vědci používají k odstranění vody z rostlinného materiálu sušárny.



Celková biomasa představuje součet hmotností sušiny všech organismů v dané oblasti, například biomasa stanoviště, ekosystému, biomu, učebny atd. Aby bylo možné srovnávat biomasu z různých lokalit, používají vědci standardizované vyjádření biomasy na jednotku plochy (g/m^2 nebo kg/m^2).

Znalost biomasy ekosystému je užitečná v zemědělství, lesnictví či ochraně přírody. Dále z biomasy můžeme odhadnout, kolik uhlíku se v ekosystému ukládá⁴. Jak ale vědci vědí, kolik uhlíku je ukládáno? Všechny živé organismy (biomasa) se skládají z molekul uhlíku a obsah uhlíku je u nich přibližně 50% hmotnosti sušiny. To znamená, že pokud známe hodnotu biomasy, obsah uhlíku bude přibližně polovina této hodnoty⁵.

⁴ Pochopení pochodů ukládání uhlíku v suchozemských ekosystémech a jeho přenosu do atmosféry a z ní je klíčové pro pochopení změn klimatu, proto je biomasa často převáděna na jednotky zásoby uhlíku.

⁵ Tato hodnota byla stanovena vědci z Mezivládního panelu pro klimatickou změnu (IPCC) a používá se k odhadování zásob uhlíku po celém světě. V některých zdrojích se nicméně můžete setkat i s hodnotou 45%.



Proč vědci nemusí kácet stromy

Při této aktivitě budou žáci sledovat a zkoumat vztah mezi obvodem a průměrem řezů kmenů.

KLÍČOVÉ OTÁZKY

Jak vědci měří stromy?

Jaký je vztah mezi obvodem a průměrem (stromu)?

OČEKÁVANÉ VÝSTUPY

Žák:

- porovná odhady průměru provedené na základě měření obvodu (a naopak);
- popíše, jak se měří stromy, a vysvětlí, co je to výčetní tloušťka.

ČAS

45 minut

POMŮCKY

- řezy kmeny stromů – buď opravdové dřevěné kuláče nebo jejich fotky (el. příloha *Řezy kmeny stromů_fotky kuláčů*)
- pracovní list *Proč vědci nemusí kácet stromy*
- *Proč vědci nemusí kácet stromy_odpovědi* (el. příloha)
- *Potíže při měření obvodu* (el. příloha)
- schéma *Od obvodu stromu k uhlíku* (el. příloha *Kolik uhlíku je v lese* – prezentace)
- krejčovský metr nebo ohebné měřítko
- kalkulačka
- tyčky či pevné pruty výšky min. 1,35 m
- lihový fix

KROKY:

A	práce ve skupinách	10 minut
	<ul style="list-style-type: none"> • přemýšlení nad otázkou „Jak to, že nemusíme kácet stromy, když chceme zjistit zásobu biomasy⁶ v lese?“ • pozorování kuláčů stromů 	
B	práce ve skupinách	10 minut
	<ul style="list-style-type: none"> • měření rozměrů kuláčů – obvodu a průměru • počítání obvodu z naměřených průměrů a naopak 	
C	celá třída	10 minut
	<ul style="list-style-type: none"> • analýza naměřených a vypočtených hodnot • diskuse o zásadách měření, přesnosti a chybách měření 	

⁶ Pokud žáci nemají zažitý pojem „biomasa“, nahraďte jej pro ně srozumitelným výrazem, např. zásoba dřeva, hmotnost stromů. Připomeňte, že jako biomasu lesa bereme stromy, respektive kmeny stromů, protože ostatní podrost, jakož i listy a větve, jsou v porovnání s obrovskou masou kmenů zanedbatelné.

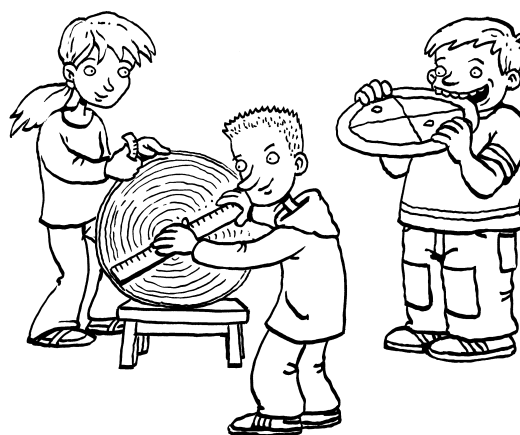


D	celá třída	15 minut
	<ul style="list-style-type: none"> příprava na terénní měření – pravidla výroba měřicí tyčky 	

POSTUP:

A Žáci si ve skupinách pracují s kuláči stromů nebo fotografiemi kuláčů (el. příloha *Řezy kmeny stromů*) podle instrukcí v pracovním listu. Nejdříve navrhují, jak by mohli zjistit hmotu kuláčů (úkol 1). Diskutujte s žáky o jejich návrzích.

Na tabuli napište otázku Jak to, že nemusíme kácet stromy, když chceme zjistit zásobu biomasy v lese? Souvisí to nějak s kuláči? Nechejte je chvíli přemýšlet, pak si jejich návrhy vyslechněte. Objasněte, že lesníci běžně používají k odhadu masy stromu jeho tloušťku (tj. průměr), ze které pak spočítají celou hmotnost (tomu se budete podrobněji věnovat v aktivitě zaměřené na alometrii).



- B** Žáci teď však mají za úkol vyzkoušet, jak přesné je měření stromů, když počítáme průměr z obvodu, nebo když průměr měříme přímo. Postupují dále podle pracovního listu. Pokud je to pro ně moc náročné, vedte je úkolem krok za krokem:
1. Obtočte měřicí pásku pevně kolem stromového kuláče a zaznamenejte jeho obvod do tabulky v pracovním listu. Měření opakujte ještě dvakrát; nechte měření provádět různé členy skupiny.
 2. Změřte průměr stromového kuláče a запиšte jej do tabulky. Opakujte měření průměru ještě dvakrát – změřte průměr v několika směrech po celém povrchu stromového kuláče, protože nemá průřez perfektně kulatý.
 3. Vypočtete průměrnou hodnotu obvodu a průměrnou hodnotu průměru stromového kuláče.
Průměrná hodnota = součet všech hodnot vydělený počtem hodnot.
- C** Žáci odpovídají na otázky **2A–2D**. Diskutujte s nimi o odpovědích, vyjasněte případné pochyby. Zde je vhodné místo, abyste se zmínili o tom, co všechno může mít vliv na chybu v měření: přesnost, s jakou člověk měří, použitý nástroj, osoba, která měří, počet opakování měření, zaokrouhlování atd.
- D** Závěrečnou část hodiny věnujte přípravě na terénní měření (část 3 pracovního listu). Zaměřte se na možné problémy *Potíže při měření obvodu* (el. příloha) a zopakujte, jaká pravidla je dobré při měření stromů v terénu dodržovat (viz GLOBE manuál, oblast Vegetační pokryv, aktivita Obvod stromu).
- Pokud se brzy chystáte na měření stromu v terénu (viz aktivita *Kolik uhlíku je na stanovišti*), vyrobte si s žáky měřicí tyčky, které budou používat ke stanovení výšky 1,35 m. Tuto výšku si na tyčku poznačí nesmyvatelným fixem. Tyčku můžete vyrobit z dřevěné latky, bambusu, rovného klacku, ...

- E Představte, co dále budou žáci dělat. Použit k tomu můžete *Od obvodu stromu k uhlíku* (el. příloha *Kolik uhlíku je v lese*). Ukažte žákům, kde v schématu se nacházíte teď, co už se dozvěděli a co je čeká.

Důkaz o učení

- Žáci by měli samostatně odpovědět na základní otázku „Proč vědci nemusí kácet stromy, když chtějí zjistit zásobu biomasy v lese?“ a objasnit, co nového se v hodině dozvěděli.



Jednotky biomasy: výpočet biomasy učebny

Aktivita vede k porozumění konceptu biomasy přes konkrétní příklad – žáci počítají biomasu třídy.

KLÍČOVÉ OTÁZKY

Co je biomasa a jak se měří?

Jaká je souvislost mezi biomasou a uhlíkem?

Jak se liší množství biomasy v různých ekosystémech na Zemi?

OČEKÁVANÉ VÝSTUPY

Žák:

- stanoví biomasu modelového ekosystému (třída) a vysvětlí, jak postupoval;
- odhadne, jak se změní biomasa ekosystému, pokud se změní velikost území nebo složení jeho obyvatel (opět na příkladu třídy);
- vysvětlí souvislost mezi zásobou uhlíku biomů Země a typem vegetace, která se zde vyskytuje.

ČAS

80 minut

PŘÍPRAVA A POMŮCKY

- interaktivní tabule/dataprojektor
- pracovní list *Biomasa ve třídě* (el. příloha)
- *Tabulka světových biomů*
- schéma *Od obvodu stromu k uhlíku* (el. příloha *Kolik uhlíku je v lese* – prezentace)
- *Světové biomy_fotoprezentace* (el. příloha)
- *Biomasa ve třídě_příklad* (el. příloha)
- kalkulačka
- pásma nebo metr (pro každou skupinu)

KROKY:

A	celá třída	10 minut
	<ul style="list-style-type: none"> co je to biomasa a k čemu se používá vymyšlení postupu, jak určit biomasu třídy 	
B	jednotlivě/dohromady – dle pokročilosti žáků	15 minut
	<ul style="list-style-type: none"> spočítání biomasy třídy vysvětlení rozdílu mezi čerstvou hmotností a hmotností sušiny 	
C	celá třída	15 minut
	<ul style="list-style-type: none"> diskuse nad výsledky a vyjasnění dotazů výpočet množství uhlíku uloženého ve třídě 	
D	jednotlivě	30 minut
	<ul style="list-style-type: none"> světové biomy – představení seřazení biomů podle toho, kolik v nich je biomasy 	
E	celá třída	10 minut
	<ul style="list-style-type: none"> diskuse k porovnávání biomů závěr 	

POSTUP:

- A** Napište na tabuli zvědavé otázky k tématu, např.: Kolik váží strom? Jak vědci mohou změřit, jaké množství živých organismů žije na daném území, v daném ekosystému? Žáci nabízejí své odpovědi, vytvoříte tak třídní zásobník nápadů.
- Seznamte žáky s klíčovým pojmem biomasa. Vysvětlete, co to znamená a k čemu se používá. Třída se teď stává ekosystémem, ve kterém chceme spočítat biomasu. Dejte s žáky dohromady proměnné veličiny, které potřebujete k výpočtu biomasy třídy (musí zaznít: plocha učebny a hmotnost sušiny žáků). Ještě než žáci otevřou pracovní list *Biomasa ve třídě*, vyzvěte je, ať vymyslí alespoň část postupu výpočtu biomasy učebny. Dohodněte se na společném postupu.
- B** Promítněte třídě elektronický pracovní list v programu Excel. Projděte s nimi postup, co kam budete zadávat, abyste vypočítali celkovou hmotnost čerstvé hmoty a biomasy třídy.
- Nejprve určí každý svou hmotnost v gramech. Jednotlivé hmotnosti všech žáků sečtěte, abyste získali celkovou hmotnost čerstvé hmoty třídy. Aby byla zachována anonymita žáků, můžete je nechat, ať své hmotnosti napíší na lístky a vhodí je do krabice. Poté údaje z lístků sečtěte a nahlaste třídě pouze celkovou hmotnost.
- Dále potřebujete z čerstvé hmotnosti stanovit hmotnost sušiny. Ptejte se žáků, kolik asi člověk obsahuje vody. Je to přibližně 60%⁷ celkové hmotnosti lidského těla. S touto hodnotou budou žáci počítat. Žáci dále změří rozměry učebny a vypočtou její plochu.
- Vzorový příklad najdete v el. příloze *Biomasa ve třídě_příklad*.

⁷ Jedná se o průměrnou hodnotu – procentuální obsah vody se může lehce lišit u mužů a žen, závisí na tělesné stavbě nebo věku.

- C Diskutujte s žáky o otázkách: Co znamená biomasa třídy, kterou jsme vypočetli? Co by mohlo způsobit, že se biomasa ve skutečnosti bude lišit od námi vypočtené hodnoty? Jak souvisí měření biomasy třídy s měřením biomasy v lese nebo na louce? Co nám její znalost může říct o ekosystému? (Poskytuje nám informace například o zásobě uhlíku, množství dostupného dřeva a zdravotním stavu lesa).
Žáci by již z předchozí aktivity měli vědět, že uhlík tvoří asi 50 % suché biomasy. Posledním krokem je tedy vypočtení, kolik uhlíku je uloženo ve třídě (v živých organismech).
- D Promítněte žákům fotoprezentaci *Světové biomy* (el. příloha). Pokud žáci ještě neznají koncept biomů/ekosystémů, pomozte jim spolu s promítnutými obrázky identifikovat a pojmenovat alespoň některé. Pro názornost si je můžete ukázat na mapě světa (viz *Mapa světových biomů*).
Představte žákům *Tabulku světových biomů*, objasněte, co znamenají jednotlivé sloupce a podle kterých hodnot poznáme, ve kterém biomu je nejvíce biomasy. Upozorněte, že biomasu poměříme vždy vztaženou na jednotku plochy. Žáci pak mají za úkol sestavit žebříček biomů od těch, kde je biomasy nejvíce až po ty, kde je jí nejméně. Pro urychlení se můžete spokojit se třemi prvními a třemi posledními biomy. Dále urč, kterému biomu by byla hodnotou biomasy nejvíce podobná jejich třída.
- E Diskutujte o tom, čeho si žáci všimli ohledně rozdílů v biomase (na jednotku plochy) mezi jednotlivými biomy. Vytvořte seznam nápadů žáků, jak asi vědci měří biomasu biomů.

Důkaz o učení

- 1) Změna biomasy: Rozumí žáci oběma složkám výpočtu biomasy – hmotnosti a ploše?
Žák vypočítá, jak by se biomasa změnila, pokud by se změnila plocha učebny, počet žáků ve třídě nebo její složení. Popíše svůj výpočet a prezentuje svůj výsledek ostatním. Níže jsou uvedeny některé možné nápady, které můžete při sestavení úkolu použít:
- Změna plochy: fotbalové hřiště, tělocvična, šatna⁸.
 - Změna hmotnosti: skupina prváků, skupina hokejistů, skupina dětí ze školky.
- Návodné otázky: Jaký nový scénář jste zvolili, když se podmínky změnily? Ukažte, jaká součást biomasy se ve vašem scénáři změnila (plocha nebo hmotnost). Jaká je biomasa nyní? Jaký výpočet jste použili? Příklady výpočtů pro různé scénáře najdete v el. příloze *Biomasa ve třídě_příklad*.
- 2) Odhad zásoby uhlíku: Chápu žáci pojmy biomy, biomasa a zásoba uhlíku?
Žáci použijí získané znalosti a souvislosti k vytvoření hypotézy o zásobě uhlíku ve vegetaci v okolí jejich školy. Situaci můžete modelovat následovně:
Představte si okolí vaší školy. Jaký typ vegetace zde najdete? V jakém rozsahu pokrývá vegetace povrch země? S použitím *Tabulky světových biomů* a svých základních znalostí odhadněte množství zásoby uhlíku v g/m² pro plochu s vegetací v okolí vaší školy. Zapište odhad i jeho zdůvodnění.

⁸ Pro lepší představu můžete žáky na chvíli zavést na hřiště, do šatny: uvidí, kde se mačkají a kde mají víc místa.



Vědci a králíci

Aktivita vysvětlující alometrii je zaměřena na propojení dvou předchozích aktivit, zabývajících se pojmy výčetní tloušťka stromu a biomasa.

KLÍČOVÉ OTÁZKY

Lze z rozměru části organismu usuzovat na velikost celého organismu?

Dají se alometrické vztahy využít při výpočtu biomasy lesa?

Jak fungují alometrické rovnice?

OČEKÁVANÉ VÝSTUPY

Žák:

- změří a zanesou do grafu hodnoty o výšce postavy a rozpětí paží sebe a svých spolužáků;
- spolu s učitelem ověří platnost alometrické rovnice, která vznikla z naměřených hodnot;
- využije znalost alometrie ke studiu biomasy a zásoby uhlíku ve stromech;
- vysvětlí, proč jsou alometrické rovnice odlišné pro různé druhové skupiny stromů.

ČAS

60 minut

PŘÍPRAVA A POMŮCKY

- interaktivní tabule/ projektor
- pracovní list *Vědci a králíci*
- el. pracovní list *Porozumění alometrii* (Excel) – obsahuje již zcela připravené podklady pro práci ve třídě (příklad s již naměřenými daty, prázdnou šablonu pro vaše data, šablonu pro tisk)
- schéma *Od obvodu stromu k uhlíku* (el. příloha *Kolik uhlíku je v lese* – prezentace)

KROKY

A	celá třída	10 minut
	<ul style="list-style-type: none"> • diskuse o alometrických rovnicích a jejich využití k odhadu biomasy lesa • použití alometrických rovnic u lidí 	
B	malé skupiny	20 minut
	<ul style="list-style-type: none"> • měření výšky a rozpětí paží • vytvoření grafu závislosti výšky a rozpětí paží 	
C	celá třída	10 minut
	<ul style="list-style-type: none"> • diskuse nad hodnotami v grafu a přímkou, která je propojuje • vysvětlení alometrické rovnice, která z grafu vyplývá 	
D	jednotlivě / celá třída	10 minut
	<ul style="list-style-type: none"> • dopočítání výšky „králíků“ dle alometrické rovnice • porovnání výšky změřené a vypočtené z alometrické rovnice 	



E

celá třída

10 minut

- diskuse postupu a objasnění paralely této aktivity s výpočtem biomasy pomocí výčetní tloušťky stromu

POSTUP:

- A** Připomeňte, že existuje způsob, jak mohou vědci vypočítávat biomasu, aniž by bylo nutné stromy kácet. Využívají k tomu rovnice, kterým se říká alometrické. Vysvětlete žákům princip alometrie a pak se ptejte, zda existují alometrické vztahy také u lidí. Žáci mohou uvádět příklady.
- B** Žáci postupují podle pokynů v pracovním listu *Vědci a králíci*. Měří a zaznamenávají svou výšku a rozpětí paží. Změřené hodnoty zapisují do tabulky v pracovním listu (zvlášť pro „vědce“ a „králíky“). Králíci by neměli vědět, jaká výška jim byla naměřena. V excelovém souboru *Porozumění alometrii* (dále jen Excel) vytvoří učitel nebo žáci graf závislosti výšky a rozpětí paží všech vědců – zadáváte pouze výšku a rozpětí paží vědců, protože data králíků budou později použita pro odhad pomocí alometrické rovnice.
- C** Excel po vložení naměřených výšek a rozpětí paží generuje automaticky graf. Hodnoty v grafu prokládá přímkou, která se dá popsat lineární rovnicí (= alometrická rovnice). Diskutujte s žáky nad rozložením dat v grafu a vysvětlete, co znamená příмка a jak souvisí s rozptylem hodnot. Žáci odpovědí na otázku 4 v pracovním listu.
- D** Učitel zhodnotí, zda je rovnice přímkou vhodná (viz poznámky níže) pro odhad výšky králíků. Žáci dosadí do alometrické rovnice rozpětí paží každého králíka a spočítají pro něj výšku. Porovnají výšku vypočtenou z alometrické rovnice s dříve naměřenou výškou (otázka 6 v pracovním listu).
- E** Diskutujte o tom, jakou má tato aktivita souvislost s výpočtem biomasy pomocí výčetní tloušťky stromu (otázka 7 v pracovním listu). Aby přišli na správnou odpověď, musí žáci použít své znalosti získané v části *Proč vědci nemusejí kácet stromy*. Měření výčetní tloušťky stromu nám může pomoci odhadnout biomasu, pokud existují příslušné rovnice.

Alometrické měření lidského těla – poznámky**Rozptyl dat a proložení přímkou**

Ve vzorových datech není velký rozptyl hodnot, protože všichni účastníci měření byli dospělí. Mezi rozpětím paží a výškou u dospělých osob je silný lineární vztah, blíží se poměru 1:1. Jak se zvětšuje rozpětí paží, stejně se zvětšuje i výška. Žáci 2. stupně základní školy jsou stále ve fázi růstu, proto se u nich ve vztazích mezi rozpětím paží a výškou pravděpodobně budou vyskytovat větší rozptyly.

Pokud se příмка závislosti výšky žáků-vědců na rozpětí paží blíží vodorovné poloze, nebude vhodná pro odhad výšky žáků-králíků z rozpětí paží. V této situaci můžete pro odhad výšky králíků využít vztah z připraveného příkladu *Porozumění alometrii (Excel)*.

Podobají se vypočítané hodnoty skutečně naměřeným datům?

Pokud v datech získaných z měření vědců byl malý rozptyl a body šla snadno proložit „průměrová“ křivka, a zároveň skupina pokusných králíků byla podobně vysoká jako skupina vědců, hodnoty výšky pokusných králíků odhadnuté pomocí rovnice a naměřené by se měly sobě blížit.

Naopak pokud původní data měla velký rozptyl, budou se hodnoty odhadnuté a naměřené značně lišit.



Jaká je biomasa stromů na našem stanovišti? Kolik je v ní uloženo uhlíku?

KLÍČOVÉ OTÁZKY

Kolik je uloženo uhlíku na vašem stanovišti?

OČEKÁVANÉ VÝSTUPY

Žák:

- analyzuje data z terénu a zpracuje je pomocí programu MS Excel;
- vypočte množství biomasy na zkoumaném stanovišti a určí množství uhlíku v ní uložené;
- vysvětlí, jak jeho měření souvisí s koloběhem uhlíku v místě školy;
- zhodnotí, jak by se změnila zásoba uhlíku v různých hypotetických situacích.

ČAS

90–120 minut

PŘÍPRAVA A POMŮCKY

- počítače s nainstalovaným programem Microsoft Excel⁹ pro každou skupinu
- el. pracovní list *Biomasa na stanovišti_výpočet* a el. návod k práci s ním *Biomasa na stanovišti_výpočet_návod*
- pracovní list *Kolik uhlíku máme uloženo na stanovišti* pro každou skupinu
- el. příloha *Kolik uhlíku máme uloženo na stanovišti_odpovědi*
- *záznamový list obvodu stromu* z terénu pro každou skupinu
- *kategorie dřevin* pro každou skupinu
- schéma *Od obvodu stromu k uhlíku* (el. příloha *Kolik uhlíku je v lese* – prezentace)
- pracovní list *Co jsme zjistili* a pro učitele *odpovědi* k němu (el. příloha)
- dataprojektor/interaktivní tabule – k lepší demonstraci práce s excelovým souborem

KROKY

A	malé skupiny, celá třída	20 minut
	<ul style="list-style-type: none"> • rekapitulace dat naměřených v terénu a dosavadních poznatků o alometrii, biomase a odhadu uhlíku na stanovišti • zopakování postupu, jak vypočítáme z obvodů stromu zásobu uhlíku v lese 	
B	malé skupiny	45 minut
	<ul style="list-style-type: none"> • seznámení se souborem v Excelu: procvičení funkcí a ovládnání tohoto programu • představení pokynů, jak postupovat • zadávání dat z terénu do tabulky Excelu a počítání zásoby biomasy a uhlíku 	

⁹ Vědci běžně používají tabulkové procesory jako Microsoft Excel pro vyhodnocení terénních i laboratorních výzkumů. Umožňují jim lépe data uspořádat, analyzovat a statisticky vyhodnotit. Jednoduše se v nich tvoří grafy, které se pak dají prezentovat.

C	celá třída	10 minut
	• sdílení výsledků a diskuse o odpovědích v pracovním listu	
D	malé skupiny	15 minut
	• modelování hypotetických situací, jak by se změnila zásoba uhlíku, kdyby...	
E	celá třída	10 minut
	• diskuse nad hypotetickými situacemi a odpověďmi žáků	

POSTUP:

- A** Napište na tabuli otázku „Kolik je uloženo uhlíku na našem stanovišti?“ Zajistěte, aby každá skupina měla k dispozici měření z terénu a vyplněné pracovní listy z předchozích aktivit (Vědci a králíci, Biomasa ve třídě...). Při vyhodnocení terénních dat budou žáci vedeni pomocí otázek v pracovním listu *Kolik uhlíku máme uloženo na stanovišti*. Otázky jsou mířené přímo na výsledky výpočtů v připraveném excelovém souboru *Biomasa na stanovišti_výpočet* a poskytují návod k porozumění jednotlivým krokům terénního výzkumu.
- Vyzvěte žáky, aby ve skupinkách zrekapitulovali celý postup, kterým je možné získat údaj o zásobě uhlíku na stanovišti. Diskutujte návrhy žáků s celou třídou a projděte spolu postup dle schématu *Od obvodu stromu k uhlíku*.
- B** Je důležité, aby žáci porozuměli, jak excelový soubor *Biomasa na stanovišti_výpočet* pracuje. Promítněte soubor, začněte na listu 1. Postup práce a ukažte žákům, jak lze přepínat mezi jednotlivými listy. Žáci pak ve skupinách začnou postupovat dle instrukcí sepsaných na listu 1 (můžete jim je vytisknout z el. přílohy *Biomasa na stanovišti_výpočet_návod*). Průběžně se ujišťujte, že skupiny vědí, jak mají postupovat v Excelu a asistujte jim.
- Pokud žáci práci v tomto programu ještě sami nezvládají, demonstруйте celý postup na svém počítači napojeném na dataprojektor. Žáci vám mohou diktovat data z terénu. Jejich pozornost při práci s Excelem udržujte otázkami, kterými ověříte, že rozumí tomu, co děláte.
- C** S celou třídou sdílejte výsledky, ke kterým došli. Vyjasněte případné problémy v postupu nebo výsledky, které se neshodují. Diskutujte i o odpovědích v pracovním listu, zvláště o otázce poslední. Ptejte se žáků, co dále s výsledky o biomase a uhlíku na stanoviště mohou dělat, k čemu je využít.
- D** Na závěr máte k dispozici pracovní list *Co jsme zjistili*, který můžete použít jako důkaz o učení. Žáci v něm reflektují celý postup od měření stromů až po výpočet uhlíku na stanovišti. Slouží též ke zjištění, zda žáci porozuměli souvislostem mezi měřením stromů, zásobou uhlíku v lese a globálním koloběhem uhlíku. Na konci žáci vymýšlejí odpovědi na hypotetické situace, jak by se změnila zásoba uhlíku.
- E** S celou třídou sdílejte a diskutujte o hypotetických situacích a o tom, jaká řešení žáci našli.

Důkaz o učení

Viz bod D výše.

Rostliny a koloběh uhlíku

Vegetace tvoří velmi důležitý prvek v globálním cyklu uhlíku a rostlinná biomasa představuje významný zásobník uhlíku. Následující aktivity povedou žáky ke zkoumání toho, jak je oxid uhličitý zabudováván do těla rostlin a jak přijímání CO₂ ze vzduchu souvisí s růstem rostlin.

Rostliny potřebují ke svému růstu základní zdroje jako jsou oxid uhličitý, světlo, voda a minerální živiny. V rámci GLOBE projektu Koloběh uhlíku vznikla sada jednoduchých pokusů, kdy žáci pěstují vlastní rostliny a různě mění podmínky pěstování omezením nebo změnou v dostupnosti základních zdrojů (oxid uhličitý, světlo, voda a minerální živiny). Výsledky experimentů mají ukázat nezbytnost těchto zdrojů pro rostliny. Pro GLOBE manuál jsme vybrali dva pokusy: *Rostliny a CO₂* a *Rostliny a voda*.

Cílem pokusů s rostlinami však není to, aby žák jen provedl pokus dle návodu. Naším záměrem je, aby se na pokusech naučil používat kroky, kterými při zkoumání a experimentování postupují vědci. Pokus vždy slouží jako prostředek k ověření hypotézy, zodpovězení výzkumné otázky, kterou si žák s pomocí učitele naformuluje.

Připraveny jsou materiály pro tyto dva pokusy:

Rostliny a CO₂

...aneb zahrádka v lahvi

Připravte podmínky pro pěstování kukuřice v uzavřeném systému (plastová lahev od mléka). V jedné lahvi si uzavřete dnešní atmosféru s 0,0394% CO₂. V druhé lahvi snížíte koncentraci CO₂. Navodíte ji přítomností zkumavky s hydroxidem sodným, který ze vzduchu CO₂ „vychytává“ (reaguje s oxidem uhličitým za vzniku uhličitanu sodného: $2 \text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$). Do obou lahví zasadíte rostliny kukuřice.

Rostliny a voda

...aneb sucho na kukuřičném poli

V tomto pokusu budou žáci zkoumat vliv vody na růst rostlin. Připraví si tři „kukuřičná políčka“ = tři varianty v pokusné sadě. První políčko bude mít dvakrát vyšší dostupnost vody než druhé. Třetí políčko, kam kukuřici sázet nebudete, zůstane prázdné. Zásobu vody pro rostliny zajistíte v kádince postavené dnem vzhůru.

KLÍČOVÉ OTÁZKY

Otázky uvádíme k oběma pokusům, najdete je níže v popisu hodiny v bodě B.

OČEKÁVANÉ VÝSTUPY

Žák:

- formuluje vlastní hypotézy o vlivu základních zdrojů na růst rostlin;
- plánuje, připraví a provede jednoduchý biologický experiment;
- zaznamenává pozorování a měření;
- vyhodnotí získaná data;
- na základě získaných dat ověří platnost své hypotézy.

PŘÍPRAVA A POMŮCKY

- pro každý experiment je zvláštní seznam pomůcek – najdete ho přímo v pracovním listu
- pracovní list *Klíčení obilek*
- pracovní list *Skřízeň rostlin*
- pracovní list *Rostliny a CO₂* nebo *Rostliny a voda*
- záznamový list *Rostliny a CO₂* nebo *Rostliny a voda* (el. přílohy)
- badatelský deník

Doporučujeme, aby si každý žák založil „BADATELSKÝ DENÍK“. Je to velmi důležitá pomůcka, kam žák píše, co dělá a o čem přemýšlí u každého kroku zkoumání. Žák by si z pokusu neměl odnášet jen záznamový list s naměřenými daty, ale záznam celého bádání od kladení otázek až po sepsání závěru. Vedte žáky k tomu, ať si do deníku zapisují, co pozorují nebo jaké otázky je napadají. Deník je vhodné místo pro nákresy, plánky, myšlenkové mapy, vlastnoručně načrtnuté tabulky či grafy. Deník pak může sloužit k reflexi postupu bádání.



KROKY

Provedení experimentu se skládá ze 3 fází:

1. Klíčení – postup naleznete v pracovním listu *Klíčení obilek*.
2. Pokus – postup viz pracovní list *Rostliny a CO₂* nebo *Rostliny a voda*
3. Skřízeň – postup pro oba pokusy naleznete v pracovním listu *Skřízeň rostlin*.

Zde uvádíme metodické kroky, podle kterých učitel vede žáka v badatelském postupu. Kroky A, B, C se odehrávají před vlastním pokusem, z toho krok A se vztahuje k fázi klíčení.

Krok D je vlastní provedení pokusu. Kroky E a F žák provádí po ukončení pokusu.

Časová dotace se zde velmi liší podle toho, jak jsou žáci zkušení badatelé a proto zde není uvedena.

A	jednotlivě / malé skupiny
	<ul style="list-style-type: none"> • zápis dosavadních zkušeností z pozorování rostlin • diskuse zkušeností s ostatními
B	jednotlivě / malé skupiny
	<ul style="list-style-type: none"> • Čtyřlístek otázek • formulace výzkumné otázky • formulace hypotézy • klíčové otázky

C	malé skupiny
	<ul style="list-style-type: none"> plánování pokusu – proměnná, varianty, opakování atd. rozdělení rolí
D	malé skupiny
	<ul style="list-style-type: none"> provedení pokusu – pravidelné pozorování rostlin
E	malé skupiny
	<ul style="list-style-type: none"> vyhodnocení dat návrat k hypotéze a formulace závěru
F	celá třída
	<ul style="list-style-type: none"> reflexe bádání

POSTUP:**A Uvedení do tématu a motivace**

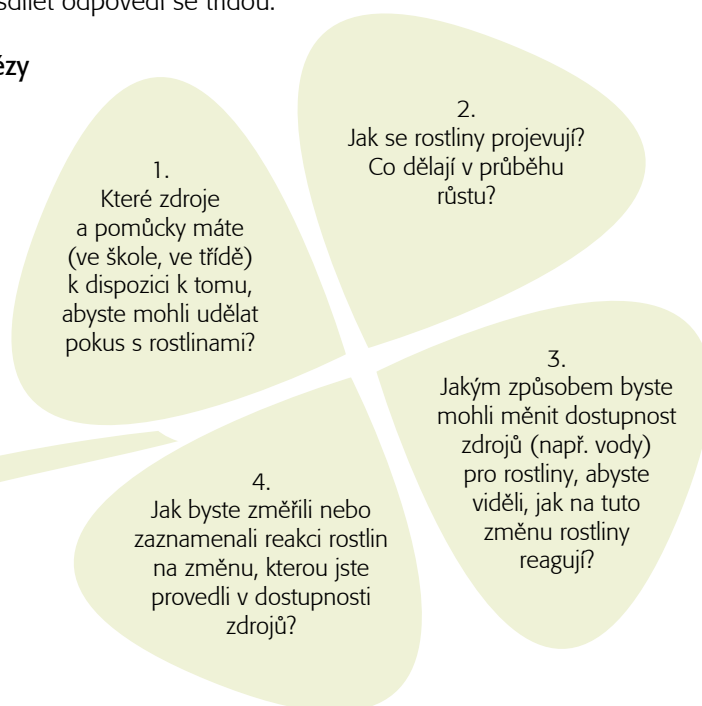
Nejdříve doporučujeme žáky „rozehřát“, aby se více zhloubali do tématu. Začněte od obecného tématu pěstování rostlin. Napište na tabuli nebo promítněte žákům následující otázky:

- Už jste někdy pěstovali rostliny nebo pozorovali, jak rostou? Napište vše, co víte o růstu rostlin.
- Dejte dohromady souhrn všeho, co se dělo od doby, kdy jste zasadili semínko až do chvíle, kdy z něj vyrostla malá rostlinka. Co jste v průběhu klíčení a růstu pozorovali?

Žáci nejdříve píší sami, pak je dobré sdílet odpovědi se třídou.

B Kladení otázek a formulace hypotézy

Formulovat výzkumnou otázku tak, aby měla smysl a dala se ověřit, vůbec není lehké. Jako přípravu na kladení otázek k tématu „růst rostlin“ použijte tzv. Čtyřlístek otázek¹⁰.



¹⁰ Inspirováno metodou 4 – Question Strategy. Podle Cothron, J. H., Giese, R. N., & Rezba, R. J. Students and Research: Practical Strategies for Science Classrooms and Competitions. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing Company, 2006.

Žáci samostatně odpovídají na tyto čtyři otázky. Odpovědi dále využijí i v části C při plánování pokusu. Žáci pravděpodobně budou v otázce č. 1 uvádět různé zdroje a pomůcky. Nechejte je, ať zapíšou své nápady, a pak jim teprve představte téma pokusu (CO₂/voda), které pro ně máte připravené. Žáci pak na základě svých odpovědí vymýšlejí několik výzkumných otázek, které by stálo za to zkoumat. Zde mějte připravené modelové výzkumné otázky, které se vážou k vašemu pokusu. Pokud si žáci nevědí rady, můžete je směřovat k připraveným otázkám.

Když žáci mají vymyšlené a zapsané své výzkumné otázky, stačí, aby je přeformulovali do podoby hypotézy. Tj. k otázce vymyslí větu oznamovací, která by mohla být odpovědí na otázku.

Např.

O: Jak bude vypadat rostlina, kterou budeme zalévat méně?

H: Rostlina, kterou budeme zalévat méně, bude mít světle zelené listy.

O: Co se stane s rostlinami, které budou mít ve vzduchu méně CO₂?

H: Rostliny, které budou mít méně CO₂ ve vzduchu, uschnou po třech dnech.

KLÍČOVÉ OTÁZKY PŘED POKUSEM

Chceme mapovat, jaké porozumění žákovi provedení pokusu přinese, zda získá nové znalosti, objeví souvislosti nebo se mu vyjasní některé koncepty. Za tímto účelem máte k dispozici sadu klíčových otázek, na které bude žák odpovídat (ve stejné podobě) před pokusem a po jeho ukončení (tzv. pre-lab a post-lab questions). Žáci odpovídají každý zvlášť. Otázky i odpovědi je šikovné mít zapsané v badatelském deníku, abyste se k nim mohli kdykoliv vrátit.

KLÍČOVÉ OTÁZKY PRO OBA POKUSY

OXID UHLIČITÝ	Odpověď před pokusem	Odpověď po pokusu – jak se liší od toho, co jste věděli před pokusem?
1. Jak je růst rostlin ovlivňován sníženou dostupností CO ₂ ?		
2. Je CO ₂ limitující podmínkou pro růst rostlin?		
3. Jak se CO ₂ ze vzduchu dostává do listů rostlin?		
4. Kde a jakým způsobem je CO ₂ ukládán v rostlině?		
5. Jak ovlivňuje zvýšená koncentrace CO ₂ ve vzduchu růst rostlin a ukládání CO ₂ v rostlině?		
VODA	Odpověď před pokusem	Odpověď po pokusu – jak se liší od toho, co jste věděli před pokusem?
1. Jak je růst rostlin ovlivňován dostupností vody?		
2. Je voda limitující podmínkou pro růst rostlin?		
3. Z jakého důvodu se rostlina bez vody neobejde? K čemu jí potřebuje?		
4. Kolik vody rostlina obsahuje?		
5. Mohou rostliny růst bez vody?		

C Naplánování pokusu

Žáci sestaví plán pokusu. Pomohou jim k tomu odpovědi ze Čtyřlístku. Držte se následujících kroků:

- Vyberte jeden zdroj pro růst rostlin, který budete měnit. Můžete ho vybrat z toho, co jste napsali do Čtyřlístku jako odpověď k otázce 3. Tento zdroj budeme v pokusu nazývat **proměnná**.
- Pak si zvolte, kterou z reakcí rostliny by bylo dobré měřit či pozorovat. Pomoci vám mohou odpovědi z otázky 4. Tato **reakce** se bude měnit na základě toho, jak budete měnit proměnnou.
- Všechny ostatní věci, které máte vyjmenované v otázce 3, budeme nazývat **konstanty**. Jsou to podmínky, které při pokusu zachováme stejné pro všechny varianty.
- **Varianty** jsou různá nastavení téhož pokusu. Liší se pouze tím, jak velkou změnu zdroje (tj. proměnné) pro každou variantu zvolíme. Speciální variantou pokusu je tzv. **kontrola**, vůči které pak ostatní varianty srovnáváme. U kontroly většinou ponecháváme proměnnou tak, aby odpovídala podmínkám, které má rostlina k růstu v daném místě a čase. Například je-li naší proměnnou teplota, nebudeme u kontroly ani snižovat ani zvyšovat teplotu, při které rostlinu ve třídě pěstujeme.
- Abychom snížili případnou chybu při pokusu, provádí se pokus minimálně **ve třech opakováních**. To znamená, že celou **pokusnou sadu** (kontrola + varianta 1 + varianta 2 + varianta ...) založíme třikrát. Nejjednodušší je, když se ve třídě rozdělíte do několika skupin a každá si založí vlastní sadu. Kolik bude skupin, tolik budete mít opakování.

Badatelé začátečníci či pokročilí?

Plánování pokusu dle zmíněných kroků může proběhnout několika způsoby podle toho, jak jsou žáci zkušení badatelé a kolik potřebují vaší asistence.

- 1) **Žáci – zkušení badatelé:** Sami vymýšlejí postup pokusu na základě svých otázek. Měli by se držet v rámci tématu, které jste společně stanovili dopředu – v našem případě buď „Rostliny a voda“ nebo „Rostliny a CO₂“. Pravděpodobně vymyslí jiné pokusy, než ten, který najdete v návodu. Můžete pak diskutovat o jejich nápadech. Zaměřte se na to, jestli jejich návrh postupu opravdu vede k ověření otázky, kterou si na začátku položili. Nakonec je na vašem rozhodnutí, zda provedete pokus dle manuálu nebo zvolíte některý z postupů, které děti vymyslely.
- 2) **Žáci – středně pokročilí badatelé:** Vymýšlejí postup na základě výzkumných otázek, které si stanovili s učitelem. I zde se samozřejmě může vyskytnout mnoho verzí postupů.
- 3) **Žáci – badatelé začátečníci:** Přečtou si návod na pokus v pracovním listu a shrnou vlastními slovy podmínky pokusu. Identifikují, co je v pokusu proměnná, co jsou konstanty a jakou reakci rostlin budou sledovat. Prohlédnou si záznamový list a určí, které veličiny budou měřit či počítat. Kriticky zhodnotí, které hypotézy lze pokusem ověřit a které ne.

Posledním krokem je technické naplánování pokusu: žáci se ujistí, že mají všechny pomůcky, naplánují kdo, kde a jak bude pokus provádět, stanoví si role ve skupinách (kdo zalévá, kdo pozoruje, kdo měří, kdo zapisuje apod.)

Jak zorganizovat pokus ve třídě

Rozdělte žáky do několika skupin (doporučujeme 3–4 žáky ve skupině). Každá ze skupin provede jednu pokusnou sadu, tj. bude se starat o:

OXID UHLÍČITÝ	své dvě lahve:	VODA	svá tři políčka:
	1. lahev kontrolní s normální koncentrací CO ₂		1. políčko kontrolní, bez rostlin
	2. lahev pokusnou se sníženou koncentrací CO ₂		2. políčko s rostlinami zalévanými 150 ml vody
			3. políčko s rostlinami zalévanými 300 ml vody

Podle toho, kolik bude skupin, tolik budete mít pokusných sad.

D Provedení experimentu

Provedte pokus dle návodu v pracovním listu. Žáci sledují rostliny, zaznamenávají svá pozorování (do badatelského deníku, na fotky nebo na video).

E Vyhodnocení dat

Každá skupina by měla vyhodnotit data ze svých pozorování. Je možné, že v této fázi budete muset méně zkušeným badatelům pomoci. Pro záznam a vyhodnocení dat je připraven soubor v programu Excel, do kterého žáci zaznamenávají hodnoty, ale i vynášejí výsledky svých pozorování. Místo připravených grafů však můžete použít i vlastní, které si děti samy nakreslí.

Návrat k hypotéze a závěr

Po vyhodnocení dat se s žáky vraťte k jejich hypotézám a připomeňte si, proč jste celý pokus vlastně dělali – chtěli jste najít odpověď na výzkumnou otázku, ověřit hypotézu. Nyní je čas se k obojímu vrátit a rozhodnout, zda jste se k odpovědi dobrali a zda hypotézu můžete vyvrátit či potvrdit.

F Reflexe celého procesu

Na závěr je užitečné projít společně s žáky celý badatelský postup, který právě ukončili. Můžete diskutovat o tom, co pro ně bylo těžké, s čím měli obtíže a jak je překonali. Pokud se vyskytly během pokusu nějaké nesrovnalosti, chyby nebo se něco nepovedlo, přemýšlejte spolu s žáky, jak se příště lépe připravit, jak předejít problémům. Žáci též znovu odpovídají na klíčové otázky (viz bod B) a reflektují, co se naučili.

Tuto reflexi si žáci zapisují do svých badatelských deníků. Zároveň diskutujte nad tím, jaké další otázky se během pokusu objevily, co by se dalo dále zkoumat.

Slovníček pojmů



- Antropogenní emise** – člověkem vytvořené látky (plyny, pevné částice, páry, chemické sloučeniny atd.) které vychází z komínů a výfuků vozidel.
- Atmosféra** – směs plynů obklopující Zemi. Atmosféra Země se skládá z 79,1 % (objemových %) dusíku, 20,9% kyslíku, 0,038% oxidu uhličitého a stopového množství ostatních plynů. Atmosféru lze dělit do několika vrstev. Vrstva nejbližší Zemi se nazývá troposféra a dosahuje výšky 8 km v polárních oblastech a až 17 km nad rovníkem. Stratosféra, která dosahuje výšky 50 km je nad troposférou. Mezosféra se rozpíná až do 80–90 km a termosféra (neboli ionosféra) je vrstvou, která tvoří slabě definovanou hranici mezi atmosférou a okolním vesmírem. Mezi těmito vrstvami téměř nedochází k mísení plynů.
- Biogeochemie** – věda, která se zabývá studiem přírodních procesů, které souvisí s koloběhem živin z prostředí do organismů a zpět do prostředí. Zabývá se například koloběhem uhlíku, kyslíku, dusíku, fosforu a koloběhem vody.
- Boreální lesy** – lesy v severní části mírného pásu severní polokoule, s dominujícími jehličnany, jako jsou smrk, borovice a jedle.
- Dekompozice** – rozklad hmoty za účasti bakterií a hub. Dochází při něm ke změně v chemickém složení i fyzickém vzhledu látek. Tímto procesem je uhlík vypouštěn z rozkládající se organické hmoty.
- Odlesňování** – přeměna lesnatých oblastí k jiným způsobům využití krajiny. Je často zmiňováno jako jedna z hlavních příčin člověkem podmíněných klimatických změn, a to ze dvou důvodů. V případě žďáření lesů (tedy holosečné těžby spojené s vypalováním) se při spalování a rozkladu organické hmoty uvolňuje uhlík. Navíc odlesňování odstraňuje stromy, které dříve přijímaly a ukládaly uhlík z atmosféry. Odlesňování je typem změny využívání krajiny.
- Dlouhovlnné záření** – záření v oblasti elektromagnetického spektra s vyšší vlnovou délkou než 4 mikrometry. Tomuto záření odpovídá záření emitované zemským povrchem a atmosférou. Někdy je zjednodušeně označováno jako záření infračervené.
- Fosilní paliva** – jakékoli ložisko uhlovodíků, jako je ropa, uhlí nebo zemní plyn, které může být využíváno k výrobě tepla nebo energie spalováním.
- Globální oteplování** – termín používaný pro popularizaci klimatických změn, často se používá jako volně zaměnitelný s tímto termínem. Popisuje zvyšování průměrné globální teploty z důvodu zesílení skleníkového efektu.
- Kjótský protokol** – mnohostranná mezinárodní úmluva, stvrzená 159 národy (v prosinci 1997 v japonském Kyotu), jejichž zástupci se podíleli na Rámcové úmluvě OSN o klimatických změnách. Účelem této úmluvy je celosvětové snížení produkce skleníkových plynů. V případě ratifikace Kjótského protokolu se jednotlivé státy zavázaly snížit produkci skleníkových plynů o konkrétní objem. Do dnešního data jsou Spojené státy americké jedinou rozvinutou zemí, která se k ratifikaci Kjótského protokolu nepřipojila.



- Klima** – podnebí. Průměrný průběh počasí v určité oblasti, počítaný obvykle za dobu 30 let. Klima není totéž co počasí, protože počasí popisuje krátkodobý stav atmosféry. Je často nesnadné rozlišit výkyvy počasí od fluktuací klimatu.
- Klimatická změna** – dlouhodobé fluktuace v teplotě, srážkách, větru a dalších proměnných klimatu. Ačkoli klimatické změny mohou znamenat změnu teploty v jakémkoli směru (tedy oteplování i ochlazování) nebo změnu jiné proměnné klimatu než je teplota, používá se tento termín v médiích jako volně zaměnitelný s termínem globální oteplování. Vědci používají tento termín v souvislosti s přírodními i antropogenními změnami.
- Koloběh uhlíku** – výměna uhlíku mezi jeho čtyřmi hlavními zásobníky – atmosférou, suchozemskou biosférou, oceány a sedimenty. Každý z těchto zásobníků může být dále rozdělen do menších zásobníků, o velikostech od jednotlivých společenstev a ekosystémů až po sumu všech živých organismů.
- Ledovcový vrt** – vertikální sloupec ledu odebraný z ledovce za účelem studia průběhu klimatu v minulosti. Při chemické analýze vzduchu zachyceného v ledu mohou vědci odhadnout množství oxidu uhličitého a dalších plynů v atmosféře v daném čase.
- Mezinárodní panel pro klimatické změny** (angl. Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) – tento vědecký panel byl založen v roce 1988, společně z iniciativy Programu pro životní prostředí Organizace spojených národů (UNEP) a Světové meteorologické organizace (WMO). Obsahem práce tohoto panelu je vyhodnocování informací z vědecké a technické literatury, která se týká všech důležitých aspektů změn klimatu. Panel IPCC spoléhá na práci stovky světových vědeckých expertů jako autorů výzkumných poznatků a stejně tak na práci dalších tisíců expertů v roli kritiků a posuzovatelů těchto poznatků. Přední odborníci z oblasti výzkumu klimatické změny, životního prostředí, společenských a ekonomických věd přibližně ze 60 zemí světa se účastní v rámci IPCC na přípravě periodických hodnotících zpráv. Tyto zprávy mají vést k lepšímu porozumění globální změny klimatu a jejím důsledkům.
- Oxid uhličitý (CO₂)** – plyn bez barvy a zápachu, vzniklý spalováním, který se vyskytuje v atmosféře. Vzniká spalováním uhlí a sloučenin uhlíku (jako jsou fosilní paliva a biomasa), dále vzniká při dýchání živočichů a rostlin, postupnou oxidací organické hmoty v půdě a chemickými procesy za určitých geologických podmínek.
- Sekvestrace uhlíku** – poutání, tedy příjem a ukládání uhlíku. Stromy a rostliny například přijímají oxid uhličitý, vypouštějí kyslík a hromadí v sobě uhlík.
- Sink (neboli úložiště, propad) uhlíku** – uhlíkový zásobník, který přijímá a hromadí v sobě (sekvestruje) víc uhlíku, než kolik ho uvolňuje. Sinky uhlíku mohou částečně vyrovnávat emise skleníkových plynů. Lesy a oceány jsou významné a silné sinky uhlíku.
- Skleníkové plyny** (GHG – zkratka z anglického greenhouse gases) – plyny, jako je vodní pára, oxid uhličitý, troposférický ozón, oxid dusný a methan, které propouštějí sluneční záření k Zemi, ale brání v průchodu dlouhovlnnému tepelnému záření směrem od zemského povrchu do vesmíru. Jejich působení je proto přirovnáváno k působení skla ve skleníku.
- Skleníkový efekt** – obecně používaný termín používaný pro popis role vodní páry, oxidu uhličitého, methanu a dalších plynů (zkratka GHG – z angl. greenhouse gases tj. skleníkové plyny), které zadržují tepelné záření emitované povrchem Země a tím udržují zemský povrch teplejší, než by byl bez jejich působení.



- Tok** – rychlost výměny mezi zásobníky.
- Uhlík v půdě** – půda je hlavní složkou suchozemského zásobníku uhlíku v jeho globálním koloběhu. Většinou je v odhadech uváděno množství uhlíku v půdě v organické podobě než celkové množství uhlíku. Celkový obsah uhlíku v půdě závisí na vegetačním pokryvu území a produktivitě daného porostu. Typ vegetačního pokryvu a produktivita rostlin zase je dále určena mimo jiné i klimatickými podmínkami dané oblasti.
- Zdroj uhlíku** – zásobník nebo část koloběhu uhlíku, která uvolňuje víc uhlíku, než kolik jej přijímá. Takovým zdrojem uhlíku jsou například antropogenní emise.



Použitá a doporučená literatura:

Michal V. Marek a kol. (2011): Uhlík v ekosystémech v České republice v měnícím se klimatu. Academia.

Nátr, L. (2011): Příroda, nebo Člověk? Karolinum.

Nátr, L. (2000): Koncentrace CO₂ a rostliny, nakladatelství ISV, Praha.

Použité a doporučené webové stránky :

Údaje o aktuální globální koncentraci CO₂ a její vývoj v posledních letech

<http://co2now.org/>

EPA Climate Change Kids Page – Flash Animations:

<http://www.epa.gov/climatechange/kids>

Windows to the Universe – The Carbon Cycle Game (Flash):

http://www.windows2universe.org/earth/climate/carbon_cycle.html

Environmental Literacy Council – Carbon Cycle:

<http://www.enviroliteracy.org/article.php/478.html>

Northeast Science Center Collaborative – Climate Change Backpack:

<http://sciencecentercollaborative.org/backpack.php>

Measuring Tree Volume:

http://extension.usu.edu/forestry/Management/Biltmore_UsingABiltmoreStick.htm

Katedra experimentální biologie rostlin, PřF UK

<http://kfrserver.natur.cuni.cz>