KOLEKTIV AUTORŮ

Máme na zemi?

Manuál výukového programu na téma ekosystémové služby

lipka
EDIČNÍ CENTRUM

lipka
EDIČNÍ CENTRUM

evropský sociální fond v ČR

EVROPSKÁ UNIE

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Publikace byla vydána v rámci projektu Vzdělávání k udržitelnému rozvoji pro střední školy (CZ.1.07/1.100/14.0151), který byl spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

Máme na zemi?

Lipka – školské zařízení pro environmentální vzdělávání
Brno 2013

Máme na Zemi?
Manuál výukového programu na téma ekosystémové služby
© Lipka – školské zařízení pro environmentální vzdělávání, 2013

ISBN 978-80-87604-47-2

Obsah

Předmluva 9

1. Úvodní informace pro lektora 10
   - Anotace 10
   - Cíl s environmentálním rozměrem 10
   - Výstupy 10
   - Zařazení do výuky 11

2. Metodika výukového programu 12
   - Aktivita 1: Začínáme… na Zemi 12
   - Aktivita 2: Odejít 12
   - Aktivita 3: Nový svět 13
   - Aktivita 4: Ke hvězdám! 14
   - Aktivita 5: Houstone, máme problém! 15
   - Aktivita 6: Do práce! 16
   - Aktivita 7: Chceme, žádáme, potřebujeme… 18
   - Aktivita 8: Málo místa 18
   - Aktivita 9: Jsme doma! 19
   - Aktivita 10: Co dokáže řeka 20
   - Aktivita 11: A co já? 21
   - Aktivita 12: Sdílíme planetu, sdílíme pocity 21

3. Přílohy 23

4. Podkladové materiály 24
   - 4.1 Zdroj energie 31
     - 4.1.1 Zákonitosti ekosystémové funkce a příklady ekosystémů 31
     - 4.1.2 Selhání ekosystémové funkce 32
     - 4.1.3 Řešení pro obnovu ekosystémové funkce 32
   - 4.2 Zdroj potravin 37
     - 4.2.1 Zákonitosti ekosystémové funkce a příklady ekosystémů 37
     - 4.2.2 Selhání ekosystémové funkce 38
     - 4.2.3 Řešení pro obnovu ekosystémové funkce 40
   - 4.3 Regulace stavu ovzduší 42
     - 4.3.1 Zákonitosti ekosystémové funkce a příklady ekosystémů 42
     - 4.3.2 Selhání ekosystémové funkce 42
     - 4.3.3 Řešešní pro obnovu okosystémové funkce 45
   - 4.4 Zdroj úrodné půdy 46
     - 4.4.1 Zákonitosti ekosystémové funkce a příklady ekosystémů 46
     - 4.4.2 Selhání ekosystémové funkce 48
     - 4.4.3 Řešení pro obnovu ekosystémové funkce 50

4.5 Zdroj pitné vody 51
4.5.1 Zákonitosti ekosystémové funkce a příklady ekosystémů 52
4.5.2 Selhání ekosystémové funkce 55
4.5.3 Řešení pro obnovu ekosystémové funkce 58
4.6 Regulace přírodních pohrom 59
4.6.1 Zákonitosti ekosystémové funkce a příklady ekosystémů 59
4.6.2 Selhání ekosstémové funkce 61
4.6.3 Řešení pro obnovu ekosstémové funkce 64

5. Použitá a doporučená literatura 66

„Ne všemu, co považujeme za důležité, přiřazujeme velkou hodnotu (voda) a ne všemu, čemu přikládáme velkou hodnotu, máme za užitečné (diamant)…“

Adam Smith, 1776

Předmluva

V rámci výukového programu Máme na zemi? se žáci seznamují s konceptem ekosystémových služeb, rozlišují produkční a regulační ekosystémové služby a zamýšlejí se nad ekonomickými souvislostmi mezi stavem ekosystémů a životní úrovní člověka. Pomocí kombinace simulační a deskové hry (aktivity 2 až 8) zkoušejí hledat řešení environmentálních problémů a tato řešení vzájemně kombinovat, přičemž těžiště je zejména v nalézání vícefunkčnosti biologických řešení, která vycházejí z přirozených vlastností organismů a ekosystémů. V aktivitě 10 odhadují cenu ekosystémových služeb, které poskytuje přirozený a člověkem upravený ekosystém. Výukový program je určený především žákům gymnázií a obchodních akademií a je vhodný také pro některé další vzdělávací obory, například na přírodovědných lyceích nebo na školách zaměřených na ekologii a životní prostředí.

Manuál je strukturován do dvou hlavních částí – metodiky a podkladových materiálů. První část obsahuje úvodní informace pro lektora, metodiku výukového programu a přílohy a pomůcky k aktivitám VP (většinu příloh naleznete na přiloženém CD). Samotná metodika je dále členěna na jednotlivé aktivity, u nichž je uveden stručný popis, doba trvání, potřebné pomůcky a postup, jak danou aktivitu vést. Druhá část manuálu obsahuje informační a podkladové materiály, které vám mohou pomoci hlouběji proniknout do tématu. V této části naleznete nejen důležitá fakta a příklady dobré praxe, ale také velké množství odkazů na literaturu a na internetové zdroje, z nichž lze čerpat další informace.

1. Úvodní informace pro lektora

Anotace

Jídlo, voda, oblečení či paliva jsou „dary“ přírody, které lidstvo využívá pro sebe. Do jaké míry je prospěch člověka závislý na službách, jež poskytují přírodní ekosystémy? Je ochrana přírody také ekonomická? Kolik skutečně zaplatíme za vysušený mokřad nebo zničený les?

Žáci se ocitnou v roli vědců, kteří společně tvoří posádku kosmické lodi mající za cíl připravit k sídlení vzdálenou planetu. Nebude jednoduché rozhodnout, zda využít technická, nebo přírodě blízká řešení, zvláště když nákladní prostor lodi není velký. To ale není nic proti překvapení, které všechny čeká na Zemi…

- Doba trvání: 180 minut (bez přestávky)
- Cílová skupina: vyšší ročníky gymnázií a SOŠ
- Optimální počet žáků: 18–30
- Nároky na prostory: interiér (učebna s počítačem a dataprojektorem), eventuálně s připojením k internetu, nejlépe s možností upravovat rozestavění lavic (do kruhu, půlkruhu, pro skupinovou práci)

Cíl s environmentálním rozměrem

Žák:

- se zabývá myšlenkou závislosti lidské společnosti na fungujících regulačních ekosystémových službách;
- si uvědomuje ekonomické souvislosti ekosystémových služeb;
- přijímá možný názor, že dobrý stav ekosystémů je podmínkou přijatelné životní úrovně člověka v jakékoli společnosti.

Výstupy

Žák:

- definuje pojmy ekosystémové služby, produkční ekosystémové služby a regulační ekosystémové služby;
- uvede příklad šesti ekosystémových služeb;
- vlastními slovy vysvětlí význam regulačních ekosystémových služeb pro člověka a lidskou společnost;
- vysvětlí přímou souvislost mezi dobrým stavem ekosystémů a životní úrovní člověka;

- uvede příklady vychýlení regulačních ekosystémových mechanismů, analyzuje jejich příčiny a odvodí důsledky;
- uvede příklady řešení selhávajících regulačních ekosystémových služeb;
- argumentuje ve prospěch trvale udržitelného využívání přírodních zdrojů.

Zařazení do výuky

Aktivity usnadňují naplňování Doporučených očekávaných výstupů v environmentální výchově.

GYMNÁZIUM

Vzdělávací oblast / vzdělávací obor
Člověk a příroda / Biologie, Geografie
Průřezová témata / tematické okruhy
Environmentální výchova / Člověk a životní prostředí, Životní prostředí regionu a České republiky

Doporučené očekávané výstupy, Environmentální výchova v gymnáziích, schválené MŠMT ČR jako metodická podpora (2011)
Klíčová témata – Zákonitosti, Problémy a konflikty
Propojující témata – Osobní odpovědnost, Environmentální postoje a hodnoty, Kooperativní dovednosti

OBCHODNÍ AKADEMIE

Vzdělávací oblasti a obsahové okruhy
Přírodovědné vzdělávání (Vzájemné vztahy mezi člověkem a životním prostředím, Dopady činností člověka na životní prostředí, Globální problémy, Ochrana přírody a krajiny, Zásady udržitelného rozvoje, Odpovědnost jedince za ochranu přírody a životního prostředí)

Průřezová témata / tematické okruhy
Člověk a životní prostředí / Biosféra v ekosystémovém pojetí, Současné globální, regionální a lokální problémy rozvoje a vztahy člověka k prostředí, Možnosti a způsoby řešení environmentálních problémů a udržitelnosti rozvoje v daném oboru vzdělání a v občanském životě.

2. Metodika výukového programu

Aktivita 1: Začínáme… na Zemi

Stručný popis: Učitel stručně představí, co se bude dít během celého programu.
Doba trvání: 3 minuty
Pomůcky: žádné

Postup

Motivace

Máme na Zemi? Mohli bychom si Zemi koupit? Dokázali bychom vyčíslit její cenu? Co to znamená, když na něco „máme“?

Učitel představí název programu. Nastíní organizaci společné práce, přestávky a podobně. Poté uvede program motivačními otázkami (uvedenými nebo vlastními). Může nechat žáky hledat odpověď, ale nemělo by ještě zaznít úplné řešení.

Tipy na vedení a rozšíření aktivity

Učitel nemusí zmiňovat ekosystémové služby hned v úvodu. Může jen nastínit organizaci programu, zmínit, že se jedná o environmentální téma, případně může najít s žáky definici slova „environmentální“ a teprve pak přejít k motivaci.

Výstupy a přechod k další aktivitě

Žáci jsou seznámeni se stručnou organizací programu a případně s tématem.

Aktivita 2: Odejít?

Stručný popis: Evokace, žáci jsou uvedeni do příběhu.
Doba trvání: 5–10 minut
Pomůcky: žádné (případně počítač, plátno, dataprojektor a připravené video)

Postup

Motivace

Dokážete si představit, že byste někdy opustili planetu Zemi? Jaké podmínky by musely nastat, abyste k tomu byli ochotni?

Motivační příběh

Představte si, že... v roce 2212 se počet obyvatel Země zvýšil na neúnosnou míru a skoro všechny rezervy jsou využity. Vlády se proto dohodly na společném kroku – vyslat s pomocí vyspělé (a velmi drahé) technologie vědeckou posádku na již dříve objevenou planetu Gliese 581g (obíhající kolem stejnojmenné hvězdy) v souhvězdí Vah. Tato exoplaneta (tj. planeta mimo sluneční soustavu) předpokládá podmínky vhodné k osídlení člověkem a je vzdálená asi 20 světelných let od Země. Stali jste se členy této posádky – vědeckého týmu a jste to právě vy, kdo se vydává na novou planetu zkoumat její podmínky a možnost osídlení člověkem. Není v silách vlád uskutečnit v dohledné době takovou výpravu opakovaně. Proto naděje lidstva spočívá na vašich bedrech.
Na výzkum místních podmínek máte omezený čas, po jeho uplynutí si můžete na Zemi objednat další vybavení a pomoc, se kterými musíte planetu uvést do stavu vhodného k osídlení. Vaše práce bude celkem trvat čtyřicet let. Za čtyřicet let přistanou na planetě první kolonisté a začnou zde žít.

Učitel nejdříve uvede žáky do tématu motivačními otázkami a poté žákům poví motivační příběh. V úvodu je důležité vzbudit u žáků zájem o téma a evokovat probuzení jejich vztahu k planetě Zemi jako jedinému domovu.

Žáci by měli mít možnost vyslovit své názory, aniž by za ně byli hodnoceni nebo bylo hledáno jedno univerzálně správné řešení.

Tipy na vedení a rozšíření aktivity

- Ke vzbuzení zájmu o planetu je možno v úvodu použít motivační video se snímky přírody České republiky, doprovázené přírodními zvuky (hlasy ptáků, tekoucí voda, hlas jelena atd.). Jednotlivé záběry jsou pořízeny zejména v Lednicko-valtickém areálu a v Národním parku Šumava. Najde-li učitel vhodnou hudbu, může ji k videu pustit pro dokreslení atmosféry. Lze také použít následující video: Flying through Space and beyond stars with Space Music: Celestia, http://www.youtube.com/watch?v=6tcrsI28s80 (výsledek ze softwaru Celestia).
- Učitel může motivační úvod jen přečíst, nebo jej se žáky dále rozvést. Může se ptát, jací specialisté se musejí na novou planetu vydat, aby byli schopni zajistit prostředí pro příchod dalších lidí.
- Mohou být zmíněna další úskalí zabydlování nové planety.

Výstupy a přechod k další aktivitě

Žáci znají začátek motivačního příběhu a jsou připraveni převzít své role v simulační hře.

Aktivita 3: Nový svět

Stručný popis: Žáci se podle snímků z průzkumné sondy rozdělí do vědeckých týmů (pracovních skupin). V těchto týmech budou zpracovávat informace o vzdálené planetě v následujících částech programu. Aktivita podporuje vytvoření neformální atmosféry.
Doba trvání: 5–10 minut
Pomůcky: fotografická skládačka (6 rozostřených fotografií rozstříhaných na 5 dílů), připravená pro aktuální počet žáků ve třídě

Postup

Motivace

Laboratoř přijala první snímky planety Gliese 581g. Zjistíme podle nich, jak to na planetě Gliese 581g vypadá?

Předem je třeba mít nachystané dělení – ve vědeckém týmu by měli být minimálně 4 členové, od každé skládačky (fotografie) je tedy třeba nachystat tolik dílů, kolik bude ve výsledné skupině členů. Minimální počet žáků ve skupině jsou čtyři, maximální je pět. Žáci si vyberou (nebo dostanou přiděleny) části fotografické skládačky. Fotografie představují snímek oblasti získaný průzkumnou sondou. Poté jsou žáci vyzváni, aby sestavili jednotlivé části skládačky do kompletních fotografií. Tímto způsobem vzniknou skupiny žáků = vědecké týmy. Pokud nebyly tímto způsobem rozdány všechny díly skládačky, předá je učitel žákům dodatečně.

Každá skupina si ve třídě najde místo, kam položí poskládanou fotografii. Učitel se postupně ptá skupinek, co podle nich jednotlivé fotografie představují. Řešení však nechává otevřené.

Tipy na vedení a rozšíření aktivity

- Aktivitu je možné zpestřit (např. zákazem mluvení, používáním jen jedné ruky atp.).
- Rovnoměrné rozdělení do skupin je možné předem připravit rozdělením dílů fotografií konkrétním žákům.
- Pokud je ve třídě málo žáků, lze sestavit i skupiny po třech žácích. Řešení však pro ně bude obtížnější.

Výstupy a přechod k další aktivitě

Žáci jsou shromážděni ve skupinách / vědeckých týmech kolem seskládaných fotografií. Učitel může začít rozdávat jednotlivé role.

Aktivita 4: Ke hvězdám!

Stručný popis: Žáci převezmou své role a odletí na planetu Gliese 581g.
Doba trvání: 5–10 minut
Pomůcky: jmenovky s popisy rolí, plastové jmenovky, případně nahrávka odletu kosmické lodi

Postup

Motivace

Nastala chvíle, kdy odlétáte na planetu Gliese 581g. Pracujete jako jedna velká skupina vědců, kteří mají jeden společný cíl: prozkoumat novou planetu a připravit ji na příchod lidí ze Země. V této velké skupině existují dílčí týmy, zabývající se vždy nějakým tématem (například zajištěním zdrojů pitné vody pro danou oblast), jehož se týká také snímek, který máte k dispozici. V každém týmu jsou specialisté na jednotlivé obory (například hydrolog, pedolog apod.).

Motivace při přechodu k další aktivitě

Pozor! Start! Základna přeje šťastnou cestu na novou planetu. Na shledanou, přátelé!

Učitel uvede aktivitu motivací a poté rozdá jednotlivým týmům „jmenovky“ v tvrdých plastových obalech se sponkou. Učitel se přitom řídí výtvarným motivem rastru na okrajích jmenovek. Každý vědecký tým má svůj vlastní motiv na všech svých pomůckách (kvůli snadnějšímu odlišení od jiných vědeckých týmů). Stejný rastr tedy najdou jako motiv na okraji poskládané fotografie, dále pak na okrajích listů i na kartičkách používaných v dalších aktivitách (na zadání, na kartičkách řešení a popiscích k nim, na pravidlech i na objednávkovém listu).

Zaměření týmů

1. Zajištění zdrojů energie (motiv klikatých čar)
2. Zajištění zdrojů potravin (motiv klasů)
3. Zajištění vyhovujícího stavu atmosféry (motiv kouře)
4. Zajištění zdrojů půdy pro vegetaci importovanou ze Země (motiv písku)
5. Zajištění zdrojů pitné vody (motiv bublinek)
6. Ochrana před přírodními pohromami (motiv vlnek)

Žáci si nastudují krátký popisek svojí role/specializace (na zadní straně jmenovky) a následně si viditelně připnou jmenovku se svojí rolí.

Tipy na vedení a rozšíření aktivity

- Pro dokreslení atmosféry je možné pustit nahrávku se zvukem odletu kosmické lodi, zatímco budou žáci číst své role (případně seznamovat ostatní se svojí rolí). Nahrávku je možné stáhnout zde: http://mp3skull.com/mp3/space_ship_sound.html.
- Je-li menší počet žáků ve třídě (nebo pro zjednodušení průběhu programu), lze využít jen některé z vědeckých týmů (např. tým pro zajištění pitné vody, atmosféry, zdrojů energie a zdrojů potravin).

Výstupy a přechod k další aktivitě

Žáci jsou seznámeni s cílem své výpravy v rámci simulační hry a se svojí rolí, která má k tomuto cíli přispět. Jsou na palubě kosmické lodi a přilétají na planetu Gliese 581g.

Aktivita 5: Houstone, máme problém!

Stručný popis: Žáci se seznámí s obecnými podmínkami na planetě Gliese 581g a s tématem, které bude řešit jejich vědecký tým.
Doba trvání: 5–10 minut
Pomůcky: barevná mapa planety Gliese 581g v elektronické verzi,

Postup

Motivace

Právě jste se vylodili na planetě Gliese 581g. Mapa znázorňuje oblast obyvatelnou pro člověka, vyskytují se zde však určité problémy, které je potřeba vyřešit. Je potřeba pojmout problémy tak, aby vznikl pokud možno harmonický celek.

Učitel promítne mapu planety Gliese 581g na promítací plátno. Postupně představuje jednotlivé oblasti, které je potřeba řešit, pojmenovává problémy, na něž by se měly jednotlivé skupiny zaměřit, a seznamuje s nimi žáky. Problémy planety jsou podrobně popsané v zadáních pro jednotlivé skupiny. Učitel odpovídá na dotazy žáků. Je důležité, aby skupiny přijaly planetu jako celek, aby byli později, až se týmy zase spojí dohromady, ochotni lépe kombinovat jednotlivá řešení.

Tipy na vedení a rozšíření aktivity

Na závěr aktivity je vhodné připomenout, že týmy sice řeší oddělená témata, ale všechny dohromady mají jeden společný cíl.

Výstupy a přechod k další aktivitě

Žáci jsou seznámeni se svým úkolem a jsou připraveni začít skupinovou práci.

Aktivita 6: Do práce!

Stručný popis: Žáci pracují ve skupinách na řešení problému na základě přijatého zadání.
Doba trvání: 40–60 minut
Pomůcky: vytištěné černobílé mapy planety Gliese 581g se čtvercovou sítí ve formátu A1 pro jednotlivé skupiny, expediční úkol, objednávka řešitelského týmu problémové oblasti, kartičky řešení, prázdné kartičky pro vlastní řešení, pravidla a podrobná vysvětlení kartiček řešení

Postup

Motivace

Času není mnoho, proto se nyní každý vědecký tým dá samostatně do práce. Za tři měsíce se týmy sejdou, aby vytvořily hromadnou objednávku vybavení a další pomoci.

Učitel rozdá skupinám černobílé mapy, zadání problému, pravidla, kartičky řešení a popisy řešení. Seznámí je s pravidly skupinové práce.

Žáci mají za úkol vyřešit určitou oblast problémů na planetě Gliese 581g tak, že pokryjí zadanou část čtvercové sítě (dle pravidel k jednotlivým tématům) kartičkami řešení. Kromě toho musejí na plán umístit ještě 10 kartiček budoucích lidských sídel. Řešení musejí být funkční a účinná. Pokud žáci vymyslí vlastní řešení, mohou si vyrobit další kartičky ve stejných velikostech. Celá skupina se musí na řešení shodnout a rozumět mu.

Cílem je sestavit v jednotlivých vědeckých týmech objednávku vybavení, kterou budou žáci po uplynutí časového limitu prezentovat ostatním týmům, aby bylo možné dát dohromady hromadnou

objednávku. K tomuto účelu dostanou žáci „pracovní list“ – předtištěný formulář objednávky, kam budou vepisovat objednané vybavení a také zdůvodnění, proč je chtějí.

Učitel vysvětlí, jak mají žáci s formulářem pracovat (vyplnit ho a přečíst, až budou vyzváni k zadávání objednávky). Ve formuláři žáci zapisují pouze opatření jako celek, například „suchý polder“, nikoli jednotlivé stroje a zařízení, pomocí kterých budou toto opatření uskutečňovat. Učitel to může vysvětlit jako soubor vybavení k realizaci jednotlivého opatření.

Je nutné, aby učitel obcházel skupiny a konzultoval s nimi jejich žádané vybavení a vymyšlená řešení. **Při zadávání objednávky v následující aktivitě se již nepočítá s časem pro upřesňující vysvětlení a případné opravy!**

V pravidlech pro umisťování kartiček figuruje jednak číselná hodnota pro „samostatné řešení“, která znamená, že počet musí být splněn, pokud už skupina nepoužije žádné jiné řešení pro vyřešení daného tématu, a jednak hodnota „v kombinaci“, jež určuje počet, který musí být splněn, pokud bude řešení zkombinováno ještě s jiným pro dané téma.

Je potřeba upozornit žáky, aby řešení umisťovali logicky. Například kartičky „posilování meandrů se umisťují na políčka v těsném sousedství toku, stejně jako vodní elektrárny, zatímco zvyšování členitosti dna se umisťuje přímo do toku a podobně.

Tipy na vedení a rozšíření aktivity

- Učitel může rozdat formuláře objednávky hned v úvodu aktivity po vysvětlení činnosti, nebo až po nějaké době, kdy žáci pracují, aby množství „papírů“ v úvodu nebylo příliš velké.
- V případě, že žáci nepochopí pravidla z psaného textu, je možné vysvětlit pravidla hromadně. Pozor však na odchylky u jednotlivých týmů.

Výstupy a přechod k další aktivitě

Žáci mají zadanou část čtvercové sítě pokrytou kartičkami řešení a vyplněný pracovní list s objednávkou i jejím zdůvodněním. Jsou připraveni prezentovat svoje požadavky ostatním týmům – rozumějí svojí objednávce a mají zvoleného řečníka.

Aktivita 7: Chceme, žádáme, potřebujeme...

Stručný popis: Jednotlivé týmy seznámí ostatní se svými řešeními a s objednávkou.
Doba trvání: 10–15 minut
Pomůcky: objednávka řešitelského týmu problémové oblasti

Postup

Motivace

Uběhly tři měsíce. Opět jste se po čase stráveném výzkumem sešli s ostatními týmy. Je nutné seznámit je s vaší objednávkou dříve, než se vydáte ke komunikačnímu zařízení, kde objednávku odešlete.

Každá skupina přečte svoji objednávku včetně zdůvodnění, jak objednané vybavení přispěje k řešení zadaného problému. V této aktivitě není příliš mnoho času na dotazy. Je nutné, aby týmy měly objednávku dobře připravenou. Žáci si musejí uchovat pozornost po celou dobu prezentace, aby se byli schopni orientovat v problematikách, které řešily ostatní skupiny.

Na konci časového limitu učitel žákům sdělí, že se vydají na cestu ke „komunikačnímu zařízení“ se Zemí.

Tipy na vedení a rozšíření aktivity

Žáci mohou svoji objednávku rovnou „odesílat“ na Zemi. Mohou to ztvárnit dramaticky.

Výstupy a přechod k další aktivitě

Žáci jsou seznámeni s problematikou ostatních oblastí a s řešeními, která vybraly ostatní týmy.

Aktivita 8: Málo místa

Stručný popis: Žáci vyslechnou zprávu o tom, že na palubě lodi, která má přivézt vybavení, je méně místa, než se původně čekalo. Redukují své požadavky a hledají společná řešení.
Doba trvání: 15–30 minut
Pomůcky: počítač, reproduktory, nahrávka se zprávou ze Země

Postup

Motivace

Nahrávka: *„Posádko planety Gliese 581g, vyskytly se problémy s vybavením kosmické lodi. Na palubě je méně místa, než se původně čekalo. Vejde se na ni pouze 130 nákladních úložních boxů na vybavení. Zredukujte tedy svoje požadavky na celkových 130 boxů.“*

Učitel pustí nahrávku nebo přečte zprávu, že paluba je připravená pojmout jen určité množství vybavení, takže všechny požadavky pravděpodobně nebudou moci být splněny. Je tedy potřeba vybrat taková řešení, aby všechny týmy své zadání splnily (dle pravidel pro každý tým), a přitom nebyl

překročen limit úložných boxů na palubě. Počet boxů je shodný s počtem čtverců na jedné mapě, proto je možné použít jen jednu z map jako základ pro vytvoření konečného společného řešení.

Učitel nyní pracuje s celou třídou, žáci mají za úkol se mezi sebou domluvit (i týmy mezi sebou), jak vyřeší nový úkol. Učitel je vede k výběru takových řešení, která pomohou hned několika tématům. Společně docházejí k víceúčelovosti biologických řešení.

Nakonec naskládají na palubu kartičky řešení. Stále je potřeba zachovávat pravidla zadání pro jednotlivé skupiny (minimální a maximální počty kartiček, nezbytné kombinace…). Všichni by měli být ve shodě nad výsledným řešením – učitel tedy vede třídu ke konsenzu.

Žáci by měli dospět k poznání, že je možné použít taková řešení, která pomohou několika týmům současně – zpravidla se jedná o řešení biologická.

V některých případech je možné diskutovat o kombinacích nad rámec nabízených řešení. Například místo kartičky „trávy“ lze částečně použít kartičky „rostliny využívané při chovu hospodářských zvířat“ a podobně. Důležitá je v tomto případě diskuze se žáky a zdůvodnění takové volby.

Ve chvíli, kdy žáci splní úkol, učitel uzavře simulační hru, například slovy: *Děkujeme všem týmům za klíčovou roli při osidlování nové planety Gliese 581g. Tisíce obyvatel planety Země vám od této chvíle vděčí za naději na nový domov.*

Poté poděkuje žákům a požádá je, aby odevzdali jmenovky a „vystoupili“ ze svých rolí.

Tipy na vedení a rozšíření aktivity

- Aktivita nemusí být nutně „dotažena“ až do konce. Nejdůležitější je proces přemýšlení a „aha“ moment, že biologická řešení jsou zpravidla víceúčelová.
- Pro zmírnění náročnosti práce s celou třídou současně je možné přidat mezikrok, kdy se k sobě připojí nejdříve dvojice vědeckých týmů, které hledají společné řešení. Teprve poté pracují všechny skupiny dohromady.
- Ze stejného důvodu je možné volit zcela jiný postup práce. Žákům se sdělí hned na začátku omezení paluby a ti s touto informací pracují po celou dobu. V každém týmu je zvolen jeden člověk, který má roli spojky. Tento člověk má za úkol průběžně kontrolovat, jak jsou na tom ostatní týmy, kolik už použili kartiček řešení, a porovnává řešení jednotlivých týmů mezi sebou. Žáci tak zjistí víceúčelovost biologických řešení již během práce v dílčím týmu. Výstupem práce všech týmů je rovnou návrh řešení o žádaném, tedy omezeném počtu kartiček pro všechny týmy současně.
- Uzavření simulační hry může být ještě v rámci hry rolí, ale nemusí. Záleží na momentální atmosféře ve skupině a na volbě učitele.

Výstupy a přechod k další aktivitě

Žáci se shodli nad vybranými řešeními a přemýšlejí nad vícefunkčností biologických řešení. Ukončili simulační hru a jsou připraveni na reflexi.

Aktivita 9: Jsme doma!

Stručný popis: Žáci postupně dle původně rozostřených fotografií identifikují konkrétní příklady selhání regulačních ekosystémových služeb na Zemi.
Doba trvání: 5–10 minut
Pomůcky: prezentace Mutace, PC, dataprojektor, plátno

Popis

Motivace

Bylo to opravdu jen jako?

Učitel spustí prezentaci Mutace (viz příloha na CD) a postupně se ptá žáků na to, co podle nich znázorňovaly jednotlivé snímky, které dostali na počátku programu rozstříhané na několik dílů. Poté postupně zaostřuje snímky v počítačové prezentaci a žáci se přesvědčují, zda se trefili ve svém odhadu, či nikoli. Lektor v závěru zaostření identifikuje, co fotografie znázorňuje.

Tipy na vedení a rozšíření aktivity

Množství sdělených informací k fotografiím je závislé na tom, jak jsou již žáci unaveni.

Výstupy a přechod k další aktivitě

Žáci znají konkrétní příklady selhání ekosystémových služeb v krajině České republiky. Na základě simulační hry si uvědomují složitost řešení podobných případů. Jsou připraveni vstřebat definici (regulačních, ale i produkčních) ekosystémových služeb.

Aktivita 10: Co dokáže řeka

Stručný popis: Žáci se na základě prezentace snímků přirozené a člověkem pozměněné říční nivy seznámí s jejími hlavními ekosystémovými službami a s jejich cenou.

Doba trvání: 5–10 minut

Pomůcky: prezentace Říční nivy, PC, dataprojektor, plátno

Popis

Motivace

Jaké zisky může člověku přinášet přírodě blízký ekosystém, v tomto případě říční niva? Plní tytéž ekosystémové služby člověkem pozměněná říční niva?

Učitel prezentuje fotografie říčních niv (viz příloha na CD) a aktivuje žáky návodnými otázkami: *Jaké funkce plní přirozená říční niva? Od čeho se odvíjí její ekonomická hodnota? Jaké funkce oproti tomu plní niva regulovaného toku?* A podobně.

Tipy na vedení a rozšíření aktivity

V případě dostatku času nebo při rozložení celého programu do několika samostatných lekcí může učitel nechat žáky přemýšlet nejdříve samostatně nebo ve skupinách nad motivačními otázkami a možnými odpověďmi.

Výstupy a přechod k další aktivitě

Žáci zhlédli prezentaci a jsou připraveni reflektovat téma regulačních ekosystémových služeb.

Aktivita 11: A co já?

Stručný popis: Žáci sestaví vzkaz, který by si přáli dostat za nějakou dobu po absolvování programu.
Doba trvání: 5–10 minut
Pomůcky: čisté papíry

Popis

Motivace

Týká se tato problematika každého z nás osobně? Co můžeme dělat? Na co bychom měli pamatovat?
Učitel uvede aktivitu motivačními otázkami a nechá žákům chvíli na přemýšlení. Žáci mohou položit doplňující dotazy.

Poté mají žáci za úkol napsat vzkaz sami sobě – něco, co stojí za zapamatování, něco, na co by si chtěli vzpomenout i za nějakou dobu po absolvování programu. Do vzkazu uvedou svůj e-mail, na který jim učitel jejich vlastní vzkaz ve stanovené lhůtě zašle. Odevzdání takového vzkazu by mělo být dobrovolné, vzkazy mohou být velmi osobní a dobrovolnost v tomto případě zaručuje bezpečné sociální klima skupiny.

Tipy na vedení a rozšíření aktivity

- Je-li prostor a vhodná nálada skupiny, může učitel vést se žáky krátkou diskuzi na téma hranic osobní odpovědnosti, možností jedince v globálním světě apod.
- Dobrovolníci mohou svůj vzkaz na konci aktivity přečíst nahlas.
- Lhůta pro odeslání vzkazu může být různá, například 1 měsíc, 1 rok, po maturitě apod.

Výstupy a přechod k další aktivitě

Žáci mají sestavený vzkaz, vzkazy jsou odevzdány učiteli, případně byly některé přečteny.

Aktivita 12: Sdílíme planetu, sdílíme pocity

Stručný popis: Žáci sdělují a sdílejí své emoce a dojmy z proběhnuvšího programu.
Doba trvání: 10–20 minut
Pomůcky: dle formy sdílení

Popis

Motivace

Co nejdůležitějšího si odnášíte z programu? Jaký dojem, pocit, náladu? Cítíte potřebu něco sdílet? Jak se vám pracovalo, co vás napadalo během práce a přemýšlení?
Učitel zvolí metodu a formu sdílení vhodnou pro danou skupinu a žáky jí provede. Vzhledem ke spíše pesimistickému ladění programu je nutné ošetřit emoce žáků tak, aby si z programu odnášeli spíše

dobrý pocit. Učitel v tuto chvíli zůstává stranou jako pozorovatel, který nehodnotí výroky žáků, pouze nastavuje pravidla a snaží se žáky provést transformací jejich emocí ve zkušenost. Sdílení musí být dobrovolné (sdílí jen ten, kdo chce) a důvěrné (to, co si řekneme, zůstává mezi námi). Musí dostat prostor každý (i méně průbojní jedinci) a názory by měly zůstat bez komentáře (každý má právo na ten svůj), aby bezpečné sociální klima zůstalo zachováno. Účastníci závěrečného sdílení spolu nemusejí souhlasit, ale každý výrok by měl být rovnocenně přijat a respektován.

Tipy na vedení a rozšíření aktivity

Žáci mohou mluvit po kruhu, například odpovídat na zvolenou otázku nebo mít každý prostor na jedno až tři slova k vyjádření momentálního pocitu. Způsoby zpětné vazby viz Reitmayerová, Broumová, 2012.

3. Přílohy

Aktivita	Název	Poznámka	Zdroj
Aktivita 2	Motivační video	Promítá se na plátno	Přílohy na CD
Aktivita 3	Fotografická skládačka	Tiskne se 6 barevných fotografií s okrajem motivu, určených k rozstříhání na pět dílů	Přílohy na CD
Aktivita 4	Jmenovky s popisy rolí	Tiskne se 6× (1× pro každý tým), k zastrčení do plastových jmenovek	Přílohy na CD
Aktivita 5–8	Barevná mapa planety Gliese 581g	Promítá se na plátno	Přílohy na CD
Aktivita 5–8	Černobílá mapa planety Gliese 581g velikosti A1 se čtvercovou sítí	Tiskne se 1× pro každou skupinu	Přílohy na CD
Aktivita 6–8	Expediční úkol	Tiskne se 1× pro každé téma a skupinu	Přílohy na CD
Aktivita 6–8	Objednávka řešitelského týmu problémové oblasti	Tiskne se 1× pro každé téma a skupinu	Přílohy na CD
Aktivita 6–8	Kartičky řešení	Tiskne se pro každé téma a skupinu v počtu určeném v zadání	Přílohy na CD
Aktivita 6–8	Pravidla a podrobná vysvětlení kartiček řešení	Tiskne se 1× pro každé téma a skupinu	Přílohy na CD
Aktivita 8	Nahrávka se zprávou ze Země	Přehrává se z reproduktorů	Přílohy na CD
Aktivita 9	Mutace	Powerpointová prezentace – promítá se na plátno	Přílohy na CD
Aktivita 10	Říční nivy	Powerpointová prezentace – promítá se na plátno	Přílohy na CD

4. Podkladové materiály

Člověk je součástí biosféry, tedy veškerého života na Zemi. Je s ní svázán mnoha funkčními vztahy (materiálně, energeticky, informačně). Přestože se nám může zdát, že jsme přírodě nadřazeni a že pokud bychom chtěli, dokázali bychom se bez ní obejít, je tomu právě naopak. Jsme na přírodních systémech stále závislí. Ani technologický pokrok nedokáže nahradit to, co nám příroda poskytuje v podstatě zadarmo – čistý dýchatelný vzduch, pitnou vodu, potraviny, energie a mnohé jiné věci nezbytné k našemu životu.

Že se nejedná o samozřejmost, lidé často pochopí, až když o tyto statky přijdou. Jejich skutečná hodnota je mnohonásobně vyšší než penězi vyčíslitelná cena. Kupříkladu 100hektarový lesopark v centru města ochlazuje v horký letní den své okolí výkonem 230 MW (čtvrtinový výkon bloku jaderné elektrárny Temelín). Pokud bychom jej chtěli nahradit elektricky poháněnou klimatizací, platili bychom při současných cenách zhruba 460 000 Kč denně. Při vykácení lesoparku bychom sice utržili zhruba 20 milionů Kč, za ně bychom si však mohli dovolit platit klimatizaci pouze po dobu 40 dní. Nemluvě o tom, že bychom přišli o významný zdroj kyslíku, „čistírnu“ špinavého vzduchu, místo k relaxaci atd. (srov. Šimůnková, 2009; Ennos, 2012)

Nenarušené životní prostředí nám umožňuje profitovat z mnoha statků a služeb (dále je budeme označovat jako ekosystémové služby), které podmiňují blahobyt každé lidské společnosti. Jsou pro nás zdrojem obživy, vytvářejí příznivé podmínky pro život, asimilují náš odpad a mimo jiné formují kulturu. Pokud kulturní systém zůstává v souladu s tím přírodním, rizika výpadku ekosystémových služeb jsou minimální. Jestliže se však nějaká civilizace začne rozvíjet na jeho úkor, hrozí jí zánik. Zůstaneme-li u příkladu vykáceného lesa, můžeme se bavit o zániku civilizace na Velikonočních ostrovech. Když se s vytěžením většiny stromů změnilo tamní klima a erozí poškozená půda přestala dávat lidem obživu, zhroutil se i tamní společenský systém.

Kolapsy mnoha civilizací, popsané například Jaredem Daimondem (2008), pro nás mohou být varováním. Podle něj se do pasti nadměrného využívání zdrojů může chytit libovolná společnost. Svým bádáním ukazuje, že k mnohým dřívějším kolapsům zřetelně přispělo poškození ekosystémových služeb. K zániku mnoha komplexních společností vedly zdánlivé banality (sucho, záplavy, epidemie chorob atd.). Dokud zůstanou tato selhání ekosystémových služeb lokální, dokáže je naše globalizovaná společnost nahradit. Problém je v tom, že lidské působení na ekosystémy překračuje hranice regionů. Velmi diskutovaná klimatická změna je jen jedním z mnoha předvídaných selhání planetárního ekosystému.

O poškození ekosystémů naší planety velmi důkladně informuje Millennium Ecosystem Assessment (Hodnocení ekosystémů k miléniu, dále MA), zpráva vypracovaná s pověřením generálního tajemníka OSN v letech 2000–2005 (Reid, 2005). Na rozsáhlém výzkumu se podílelo 1400 expertů, kteří hodnotili současný stav naší planety. Z jejich závěrů vyplývá, že zvýšením životní úrovně lidí došlo za posledních 50 let k poškození 60 % globálních ekosystémů, což ohrožuje budoucí lidstvo zejména v oblasti potravinové a klimatické bezpečnosti. Zpráva však nabízí scénáře a řešení, které by ekosystémové změny mohly zmírnit.

Co jsou ekosystémy?

Pokud se chceme vážně bavit o ekosystémových službách, je třeba si v úvodu připomenout, co že to vlastně je ekosystém. Jako ekosystém můžeme chápat libovolnou část prostředí osídlenou organismy, včetně umělého prostředí vytvořeného člověkem. Jeho základní funkcí je koloběh, výměna a sdílení látek či informací a tok energie. Lidé jsou součástí ekosystémů a jejich činnost je závislá na produktech a službách, které ekosystémy nabízejí.

Ekosystém

je funkční dynamický komplex živých a neživých složek životního prostředí, které na sebe navzájem působí a jsou spolu spojeny výměnou látek, tokem energie a předáváním informací. Člověk je integrální součástí ekosystému a jako kterýkoli jiný organismus jej svým jednáním ovlivňuje. Přesto ekosystémy rozdělujeme na přirozené (s minimálním vlivem člověka) a umělé (vzniklé zásahem člověka). Umělé ekosystémy, jako například pole nebo louka, jsou nestabilní a bez lidského snažení se časem vrátí do původního přirozeného stavu.

Je důležité si uvědomit, že ekosystémy nejenže nabízejí základní podmínky pro život, ale jsou také zároveň důsledkem života na Zemi. Jsou základní, strukturně funkční jednotkou krajiny i celé biosféry. Vedle živé složky (biocenózy) zahrnují i neživé prostředí (stanoviště). Jsou závislé na vstupech, zejména na neustálém přísunu slunečního záření (energie) a vody. Díky nim jsou autotrofní organismy (producenti) schopni asimilovat atmosférický uhlík (skrze fotosyntézu) a vytvářet biomasu. Na této primární produkci jsou závislí konzumenti a destruenti – v podstatě všechny organismy, které nedokážou získat energii přímo ze slunce.

Ekosystémy mají tendenci zachovávat dynamickou funkční rovnováhu (homeostázu) pomocí autoregulačního systému zpětných vazeb. Ustálený stav a vnitřní stabilita ekosystémů je dána mimo jiné jednosměrným tokem energie (skrze potravní vztahy). Pokud do systému vstoupí vnější síla (hnaná např. energií z fosilních paliv), je rovnováha narušena. Krátkodobě se tím sice může zvýšit schopnost ekosystému poskytovat lidem některé služby (např. potravu), dlouhodobě tím však mohou být ohroženy služby poskytující základní předpoklady života člověka (např. klima).

Většinou si neuvědomujeme, že voda, potrava, regulace klimatu či přírodní krásy jsou ekosystémové služby, bez nichž bychom nemohli žít. Na ekosystémové služby běžně nahlížíme perspektivou tradiční ekonomiky, která ohodnocuje především práci vynaloženou na získání přírodního zdroje. Dokud na naše pole prší, dostáváme od přírody závlahu zadarmo, když pršet přestane, musíme za dodávku vody platit penězi (resp. energií).

Současná společnost mění ekosystémy rychleji a důsledněji než všechny generace před ní. Poptávka po pitné vodě, potravinách či pohonných hmotách rychle roste a lidé se ji snaží uspokojit. Země se tím však nenávratně mění a mnohým společenstvím tato změna přináší neblahé důsledky. Krátkodobé přínosy pak často můžou znamenat v dlouhodobé perspektivě ztrátu.

Služby ekosystémů

jsou výsledkem různých přírodních procesů a interakcí, ze kterých mají lidé jak hmotný, tak i nehmotný prospěch. Většina ekosystémových služeb není kvůli své komplexnosti ekonomicky vyčíslitelná a lidstvo se k nim staví jako k daru. Příroda tyto služby neposkytuje pouze člověku. Jsou na nich závislé všechny živé organismy. Ekosystémové služby jsou podmínkou života na naší planetě a zároveň jsou výsledkem interakcí živých organismů (např. dýchatelná atmosféra).

O ekosystémových službách jsme se poprvé začali bavit až v souvislosti s jejich poškozením. Teprve uvědomění si toho, že selhávají, nám pomohlo je definovat. I když jsou bezpochyby hodnotné samy o sobě, uvažujeme o nich nejčastěji antropocentricky (s ohledem na zájmy člověka). Zachování našich zájmů je pro naši existenci klíčové, a proto se pokoušíme některé ekosystémové služby nahradit (např. čisticí schopnost říčního ekosystému nahradíme čistírnou odpadních vod). Náhrady jsou ale často dražší než původní ekosystémové služby a přinášejí další problémy. Nahrazením palivového dřeva fosilními palivy jsme snížili tlak na ekosystémy lesa, ale zvýšili jsme tlak na atmosféru rostoucími emisemi toxických a skleníkových plynů.

Symbiotická planeta: hypotéza Gaia

Debata o ekosystémových službách úzce souvisí s holistickým (celostním) pohledem na život na Zemi. Vzájemná provázanost jednotlivých služeb a organismů dovedla některé biology k symbiotickému přístupu k přírodě. Na základě vědomí toho, že jsou si organismy vzájemně prospěšné a že spolu vytvářejí funkční celoplanetární síť, vedlo biologa Jamese Lovelocka (2001) k zformulování hypotézy Gaia. Podle ní je biosféra adaptivním kontrolním systémem, který udržuje Zemi v homeostázi (dynamické rovnováze). Jedná se o samoregulující se systém, udržující naši planetu při zdraví tím, že kontroluje chemické a fyzikální prostředí vhodné pro život. V tomto pojetí jsou ekosystémové služby projevem toho, že je Země živá!

Za posledních padesát let lidská společnost změnila ekosystémy nejrychleji a nejvýrazněji v dějinách lidstva. Poptávka po potravinách, sladké vodě, dřevu, vláknech a palivech neustále roste. Uspokojováním této poptávky lidé nenávratně poškozují životní prostředí a snižují rozmanitost života na Zemi. Toto počínání má negativní dopad i na lidskou společnost – spolu s ekosystémy ničíme i ekosystémové služby, na nichž závisí lidé, například sladkovodní loviště ryb, čištění vzduchu a vody, regulace regionálního a lokálního podnebí atd.

Tyto změny se týkají všech společností na Zemi, bohaté se nemohou izolovat od znehodnocování ekosystémových služeb, protože některé změny dopadají stejnou měrou na všechny. V průmyslových státech ve 20. století proběhl odklon od tradičně důležitých odvětví, jako je zemědělství, lesnictví či rybolov, v důsledku přechodu k ekonomice průmyslu a služeb. S cílem zvýšení produkce určitých služeb jsou však znehodnocovány ekosystémové služby a je snižován i blahobyt průmyslových společností. Tyto změny jsou jak globální (změny celoplanetárního klimatu), tak i lokální (například prašné bouře či požáry způsobené degradací půdy).

Všechny změny se ale neobjevují okamžitě a v místě jejich vzniku, a proto se velice obtížně hodnotí jejich důsledky. Často se stává, že náklady spojené se změnami ekosystémů je nutné uhradit v jiných oblastech. Například ekosystémové změny v horních tocích řek významně ovlivňují kvalitu vody v dolních tocích. Změny ekosystémových služeb mají také různé jmenovatele. Komise OSN proto při hodnocení dopadů těchto změn na lidský blahobyt rozlišuje čtyři základní typy ekosystémových služeb: zásobovací, kulturní, podpůrné a regulační.

Typy ekosystémových služeb

- Podpůrné služby – jsou nutné pro vytvoření ostatních ekosystémových služeb (např. fotosyntéza, opylování, koloběh vody, kyslíku, uhlíku, energie atd.).
- Zásobovací služby – jedná se o produkty získané z ekosystémů (např. potraviny, paliva, pitná voda atd.).
- Regulační služby – sem patří přínosy získané z regulace ekosystémových procesů (např. regulace škůdců, regulace klimatu, čištění vody a vzduchu atd.).
- Kulturní služby – jsou to nehmotné přínosy, které člověk získává z ekosystémů (např. estetické prožitky, rekreace apod.).

Uvažování o ekosystémových službách může být pro někoho velmi abstraktní, představme si tedy jeden příklad souboru ekosystémových služeb[1]. Málokdo si uvědomuje, jak významnou roli ve fungování většiny suchozemských ekosystémů hrají opylovači. Bez nich by v přírodě převládly větrosnubné rostliny (např. traviny) a zmizela by většina květin, ovocných stromů a rostlin, které nám dávají obživu. Nepřímé přínosy opylovačů (např. včel) tak značně převyšují hodnotu jejich produktů (med, vosk). Přestože včela, oproti ostatnímu hmyzu, opyluje 95 % hmyzosnubných rostlin, v opylování ovocných stromů hraje nezastupitelnou roli čmelák. „Patrně nikde nejsou služby, které nám příroda zdarma poskytuje, vidět tak spektakulárně jako v ovocných sadech na podhorských svazích čínské provincie Sečuán. Včelám se tu nelíbí a čmeláky před čtvrt stoletím vyhubily vysoké dávky pesticidů. Proto každé jaro nastoupí 40 000 dělníků a malými štětečky opylují květ po květu, strom po stromu. Plodiny, jež se bez opylovačů neobejdou, tvoří asi třetinu světového zemědělství.“ (Kotecký, 2013)

Včela a ekosystémové služby

Když včely zmizí ze Země, pak člověku zbývají jen čtyři roky života. Už nebude žádných včel, žádného opylení, žádných rostlin a žádných lidí.
Albert Einstein

- podpůrné služby – opylování rostlin, které by bez nich vyhynuly
- zásobovací služby – výroba medu a dalších pylových produktů
- regulační služby – regulace nemocí skrze přírodní léky (jako např. propolis)
- kulturní přínosy
  - zachování tradičních řemesel (kulturní dědictví)
  - přínos pro ekonomiku
  - rozvoj včelařských svazů a místní komunity
  - inspirace pro umění (např. pohádka Včelka Mája)

Používáním pesticidů zemědělci hubí nejen škůdce, ale také včely a další hmyz, který rostliny opyluje. Společně s dalšími faktory, které stav včelstev ovlivňují (včelí mor, ztráta zájmu o včelařství, klima…), způsobují pesticidy markantní celosvětový úbytek včel. Protože včela velice citlivě reaguje na změny prostředí, můžou neblahé změny ekosystému způsobit jejich úhyn, a tím ohrozit blahobyt člověka. (Kluser, 2011)

Z příkladu je zřejmé, že biota (živá složka přírody) ekosystémové služby přímo poskytuje, nebo se na jejich poskytování společně s neživým prostředím výrazně spolupodílí. Zachování biologické pestrosti prostředí (biodiverzity) se zdá být pro ekosystémové služby klíčové. Ekosystémové služby totiž lidem neposkytují jednotlivé organismy, ale funkční skupiny organismů označované jako gildy. Vyhubení zdánlivě neužitečného druhu může mít katastrofální důsledky pro ekosystém a jeho funkce, ze kterých lidé profitují (např. úbytek drobných bezobratlých živočichů ve svrchní vrstvě půdy má velký vliv na produkční funkce ekosystémů). Změny biodiverzity mají vliv také na schopnost ekosystémů přizpůsobovat se měnícímu se prostředí (např. monokulturní les je náchylnější na sucho, choroby, škody větrem apod.). „Naprostá většina planetárních ekosystémů je vážně degradována, zejména proto, že je redukován právě ten základní předpoklad jejich existence – biologická rozmanitost.“ (Moldan, 2013)

1 Kromě tohoto příkladu můžete nalézt další v publikaci Služby přírody (Hajdu, 2007).

Biodiverzita

Jedná se o zavedený termín označující druhovou pestrost organismů. Čím pestřejší společenstva organismů na daném území žijí, tím větší je stabilita a odolnost tamních ekosystémů vůči změnám. Četné studie ukazují, že se vzrůstající biodiverzitou rostou i ekonomické zisky (srov. Cadman, Petersen, Driver, 2010). Biodiverzita je ve své podstatě bohatstvím Země. „Celkový úbytek přínosů z biodiverzity a služeb ekosystémů, spojený např. s celosvětovým úbytkem lesů, se podle studie Economics of Ecosystems and Biodiversity (Ekonomika ekosystémů a biodiverzity) odhaduje na přibližně 2 až 5 bilionů USD za rok." (OECD, 2012). Přestože je druhová pestrost takto cenná, přišli jsme doposud o její jednu třetinu a do roku 2050 ztratíme pravděpodobně dalších 10 % (tamtéž). Absence ohodnocení biologické diverzity a služeb, které nám v rámci ekosystémů poskytuje, je nejspíš hlavní příčinou jejího poškozování. Nejlepší ochranou druhové diverzity je ochrana celých ekosystémů.

Kvalita života nás i našich potomků a udržitelný rozvoj naší společnosti jsou závislé na fungování ekosystémů planety. Ty jsou zase závislé na druhové pestrosti jednotlivých gild. Pokud nezměníme náš přístup, nebudou světové ekosystémy schopny poskytovat nám služby, které od nich očekáváme (potravu, čistou vodu apod.). Zatímco naše požadavky na ekosystémové služby vzrůstají, naše současné aktivity snižují schopnost ekosystémů je naplňovat. Zásadní roli ve změně našeho chování může přitom hrát pochopení příslušných ekologických, ekonomických a sociálních souvislostí.

Proč by nás měly změny ekosystému zajímat?

Podle dosavadního vývoje lidské populace můžeme odhadovat, že v roce 2050 bude na Zemi žít více než 9 miliard lidí. Pro ekosystémy to bude znamenat, i bez ohledu na růst světové ekonomiky, zvýšenou zátěž (vyšší potřeba potravin, větší produkce odpadů apod.). Mnozí lidé se obávají, jestli poškozené a vyčerpané ekosystémy budou nadále schopny lidstvu poskytovat služby v potřebném množství a kvalitě. Tyto obavy nacházejí své opodstatnění ve zprávě Hodnocení ekosystémů k miléniu (Reid, 2005). Její závěry jsou pro lidstvo alarmující. Důležité je především zjištění, že k zachování kvality života a lidského blahobytu je nutné zachovat biodiverzitu, která fungování ekosystémů podmiňuje.

Závěry ze zprávy Hodnocení ekosystémů k miléniu (Reid, 2005)[2]

Během posledních 50 let člověk ekosystémy mění rychleji a rozsáhleji než v kterémkoli srovnatelném období lidské historie, což vede k závažné a z větší části **nevratné ztrátě rozmanitosti života na Zemi.**
Změny prováděné v ekosystémech přispívají k podstatným čistým přínosům pro lidský blahobyt a ekonomický rozvoj, ale těchto přínosů je dosahováno za cenu rostoucích nákladů v podobě **znehodnocování mnohých ekosystémových služeb**, rostoucího rizika nelineárních změn a prohlubování chudoby u některých skupin lidí. Tyto problémy, pokud nebudou řešeny, zásadní měrou oslabí výhody, jež z ekosystémů poplynou pro budoucí generace.
Znehodnocování ekosystémových služeb by se mohlo v první polovině tohoto století podstatně zhoršit.
Pro zachování či zlepšení konkrétních služeb ekosystémů existuje mnoho způsobů, jež omezují negativní dopady nebo nabízejí pozitivní synergie s dalšími ekosystémovými službami. Vyžaduje to však rozsáhlé **změny politik, institucí a lidského chování**.

Objevuje se tak nový přístup k ochraně přírody a její biodiverzity, kdy hlavní motivace jsou veskrze antropocentrické (orientované na zájmy člověka). Zdá se, že kdybychom dokázali služby ekosystémů řádně ohodnotit, více bychom si jich pak vážili. Někteří přírodovědci se proto ve spolupráci s ekonomy pokoušejí nalézt efektivní způsob oceňování ekosystémových služeb. Zatím nejdůkladnější

2 Srov. Cadman, Petersen, Driver, 2010.

studii představil tým Roberta Costanzy, který vyčíslil hodnoty ekosystémových služeb na 33 bilionů USD, což odpovídá dvojnásobku hrubého domácího produktu celého světa (Costanza, 1997). Tato a mnohé další analýzy[3] ukazují, že ekosystémové služby mají obrovskou ekonomickou hodnotu. O ekosystémy a biodiverzitu by se tak kromě ekologů měli zajímat také ekonomové.

V souvislosti s ekonomickou hodnotou ekosystémových služeb se často mluví o **selhání trhů**, které je nedokážou ocenit (např. HDP může růst, i když ekosystémy svou hodnotu ztrácejí – kácení pralesa kvůli prodeji dřeva). Tržní mechanismy v současné podobě nedokážou zajistit ochranu ekosystémových služeb, a to zejména proto, že nemyslí na ty, kteří žijí uvnitř ekosystému, ale především na ty, kteří z nich chtějí profitovat (např. těžba pralesního dřeva na vývoz). Úbytek biodiverzity a ztráta služeb ekosystémů může společnosti přinést obrovské náklady, jež nejčastěji dopadají na ty nejchudší, kteří nemají prostředky, aby se mohli bránit. „Škodlivé následky znehodnocování služeb ekosystémů jsou tak někdy hlavním faktorem, který způsobuje chudobu a sociální konflikty." (Reid, 2005, s. 2)

Fungování ekonomiky a blahobyt společnosti přímo souvisejí s fungováním příslušných ekosystémů[4], které vytvářejí **pozitivní externality** (statky a služby, z nichž lidé profitují, aniž by za ně přírodě platili – např. opylování stromů) a likvidují **externality negativní** (náklady, se kterými se příroda zdarma vypořádává – např. znečištění). Současné trhy tyto vedlejší efekty výroby a spotřeby neregistrují, protože jim chybějí odpovídající cenové signály. Jedním z mnoha možných řešení, jež mezinárodní týmy zabývající se tímto problémem navrhují, jsou **platby za ekosystémové služby**. Podle iniciativy The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB, Ekonomie ekosystémů a biodiverzity)[5] tak „mohou vytvořit poptávku, nezbytnou tržní sílu směřující k napravení stávající nerovnováhy, která poškozuje biodiverzitu a maří udržitelný rozvoj". (Sukhdev, 2008)

Jakkoli může být oceňování přírody redukující živé organismy na obchodovatelné komodity riskantní, může nám ukázat, jak cenné pro nás jsou. Bezpočet příkladů uvádí ve své knize What has nature ever done for us? (Co pro nás kdy příroda udělala?) Tony Juniper (2013). Kromě vyčíslení nákladů spojených s poškozováním světových ekosystémů uvádí příklady dobré praxe, kdy jsou ekosystémové služby obnovovány. Například obyvatelé New Yorku ušetří na vodném tím, že se jejich radnice rozhodla investovat místo do drahých filtrů do péče o lesy, v nichž pitná voda pro město pramení. Proč by nás tedy měly změny ekosystémů zajímat? Jednoduše proto, že **ekosystémové služby jsou k nezaplacení!**

Platby za environmentální služby (dále PES) v Kostarice (Sukhdev, 2008)

V letech 1997 až 2004 investovala Kostarika přibližně 200 milionů amerických dolarů do státního programu PES, který chrání více než 460 tisíc hektarů lesů a lesních porostů, a nepřímo tak přispívá k blahobytu více než 8000 lidí. V souvislosti s programem vznikla řada asociací a partnerství na národní i mezinárodní úrovni, přispívajících k jeho dlouhodobé finanční udržitelnosti. Program PES v Kostarice představuje v podstatě státní strategii zachování lesů a biodiverzity a udržitelného rozvoje. Stal se účinným nástrojem, který názorně předvedl, že lesní ekosystémy mají i jiné hodnoty než jen hodnotu dřeva, a výrobce tak pobídl k tomu, aby tyto hodnoty poskytovali. Legislativa kompenzuje čtyři environmentální služby: zmírnění emisí skleníkových plynů, vodohospodářské služby, krajinnou hodnotu a biodiverzitu. Program PES přispěl k omezení odlesňování a současně znovu aktivoval lesnický průmysl.

3 Jejich přehled předkládá např. Juniper (2013).

4 Např. ekonomika Newfoundlandu fungovala jen do 90. let 20. století. Tehdy došlo vinou nadměrného rybolovu k totálnímu vylovení lovišť tresky, což vedlo ke ztrátě desítek tisíců pracovních míst a k celkové chudobě regionu.

5 Iniciativa vznikla z podnětu Evropské komise a klade si za cíl vyčíslit ekonomickou hodnotu ztráty biodiverzity.

Jaké jsou možnosti zachování ekosystémových služeb?

Díky zprávám, jako je Hodnocení ekosystémů k miléniu (Reid, 2005), máme dostačující informace v oblasti změn ekosystémů a jejich dopadu na společnost. Nedá se ovšem říct, že by toto vědění bylo obecně známé a že by se odráželo v životním způsobu lidí a v rozhodování politiků. Proto tým zpracovatelů MA navrhuje také několik řešení, která by mohla vést k obnově či zachování ekosystémů a jejich služeb.

Velmi důležitá jsou **ekonomická opatření**. Současný tržní systém umožňuje například použití daní na činnosti s vysokými ekosystémovými náklady, zavedení trhů na jejich obchodování (emisní povolenky apod.), platby za ekosystémové služby či změnu konzumních vzorců chování (např. skrze certifikaci výrobků). Další navrhovaná řešení mají povahu **sociálních opatření** – podpora rozvoje občanské společnosti a odpovědnosti, vzdělávání o problémech planetárního ekosystému, osvěta v oblasti spotřeby nebo posílení pozice znevýhodněných skupin při hájení ekosystémů, ve kterých žijí. Zajímavá mohou být také **technologická řešení**, která mohou zvýšit účinnosti využívání přírodních zdrojů a snížit dopady na ekosystémy, které s tím jsou spojené. K obnově poškozených ekosystémů však samotné technologie nestačí. Řešení by se měla opírat o **znalost ekosystémů**, jež předchází jejich účinné správě. Důležitá je zejména schopnost nalézat alternativní řešení.

V rámci MA byla také ustanovena skupina vědců odhadující budoucí směry vývoje služeb ekosystémů během 21. století. Podle ní jsou možné v zásadě čtyři scénáře světového vývoje: globální souhra, pozice síly, přizpůsobivá mozaika a techno zahrada (viz níže). Je jen na nás, jakým směrem se vydáme.

Scénáře možné budoucnosti ekosystémů a lidského blahobytu (Reid, 2005)

Globální souhra – společnost se zaměřuje na globální trh a ekonomickou liberalizaci. K problémům ekosystémů se staví reaktivně (řeší je, až když nastanou). Podniká kroky ke snížení chudoby a nerovnosti, investuje do vzdělání a veřejných statků. Ekonomický růst je v tomto scénáři nejvyšší ze všech scénářů. Růst populace je naopak nejnižší.	**Pozice síly** – regionalizovaný a roztříštěný svět se zabývá bezpečností a obranou. Klade důraz na regionální trhy, nezajímá se příliš o veřejné statky a problémy s ekosystémy řeší reaktivně. Tempo ekonomického růstu je ze všech scénářů nejpomalejší (zvláště pomalé je v rozvojových státech) a časem klesá, zatímco populace roste nejrychleji.
Techno zahrada – globálně propojený svět mohutně spoléhající na ekologicky příznivou techniku s využitím ekosystémů na vysoké úrovni řízení a s aktivním přístupem ke správě ekosystémů se snaží předcházet problémům. Hospodářský růst je poměrně vysoký a zrychluje se, nárůst počtu obyvatel je střední.	**Přizpůsobivá mozaika** – ve středu pozornosti jsou regionální ekosystémy. Charakteristické jsou silné místní instituce a silně aktivní a strategický přístup ve správě ekosystémů. Tempo hospodářského růstu je zpočátku poněkud nižší, ale časem se zvyšuje. Populace relativně rychle přibývá.

4.1 Zdroj energie

4.1.1 Zákonitosti ekosystémové funkce a příklady ekosystémů

Fungování ekosystémů, včetně jejich schopnosti poskytovat nám určité služby, je závislé na tocích energie. Hlavním zdrojem veškeré energie na Zemi je Slunce, které ekosystémy zásobuje příkonem 1373 W/m^2 (solární konstanta). Základním předpokladem fungování ekosystémů je schopnost organismů nalézat a zpracovávat energii. Zásadní roli přitom hraje fotosyntéza (viz níže). Díky ní rostliny zachycují část energie fotonů vyzářených Sluncem a akumulují v ekosystémech energii dostupnou ostatním organismům (tzv. primární produkce). Člověk však profituje také ze sekundární produkce ekosystémů, kdy je tato energie transformována činností konzumentů a dekompozitorů. Tyto ekosystémové služby označujeme jako zásobovací a kromě potravin (více viz následující kapitola) do nich patří také například palivové dříví, které je důležitým zdrojem energie pro 2,6 miliardy lidí. I když na celkové spotřebě energie se dřevo podílí jen 7 %, v Africe je to 40 %.

Fotosyntéza

je soubor biochemických reakcí vyvolaných působením viditelného slunečního záření na chloroplasty (zelené organely rostlinných buněk). V rámci tohoto složitého procesu dochází k světelnému rozkladu vody (fotolýze), k přeměně světelné energie na energii chemických vazeb (tvorbě cukru) a k uvolňování kyslíku. Část sluneční energie (cca 2–13 %) dopadající na Zemi se díky fotosyntéze převede na organické látky, které tvoří buňky, pletiva a orgány rostlin. Zjednodušeně fotosyntézu popisuje následující rovnice: $6\ CO_2 + 12\ H_2O$ + světlo ---> $C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 + 6\ H_2O$

Hlavním zdrojem energie pro člověka se však v posledních dvou stoletích stala fosilní paliva. Ta je možné chápat jako vysoce koncentrované energetické přebytky miliony let starých ekosystémů. Jejich získávání není závislé na aktuálních ekosystémových službách. Jediné náklady, které s fosilními palivy máme, jsou náklady na jejich vytěžení. Nemusíme se zajímat o to, kolik příroda „zaplatila“ za jejich „výrobu“. Díky fosilním palivům mohla proběhnout průmyslová revoluce a s ní kvantitativní i kvalitativní proměny lidské společnosti. Jednalo se tedy spíše o revoluci energetickou, protože se člověk po 160 000 letech své existence stal „nezávislý“ na energii Slunce.

Energie fosilních paliv, která je námi uvolňována do ekosystémů, může být potenciálně nebezpečná. Vzhledem k tomu, že jsou ekosystémy závislé na vnější energii (dříve byly závislé pouze na energii ze Slunce) a že u nich platí zákon o zachování a přeměně energie, může je tato energie navíc vychýlit z rovnovážného stavu (homeostázy). Zpráva MA označuje využívání fosilní energie za hlavní hnací sílu změn ekosystémů, projevující se změnou klimatu (důsledek spalování fosilních paliv) a nadměrnou zátěží ekosystémů živinami (umělá hnojiva).

4.1.2 Selhání ekosystémové funkce

Kvůli zvýšení primární i sekundární produkce ekosystémů se v polovině 20. století začala zejména v zemědělství využívat energie z ropy (viz zelená revoluce níže). Díky aplikaci pesticidů a umělých hnojiv jsme dokázali ze stejné výměry agroekosystémů při stejném slunečním záření získat až desetinásobnou úrodu. Tím se však v suchozemských ekosystémech zdvojnásobil objem reaktivního dusíku[6] a ztrojnásobil objem fosforu, čímž byla zásadně narušena ekosystémová služba „koloběh živin". Tato služba je závislá na fungování přirozených biogeochemických cyklů. Ty se však citelně proměnily – například splach dusíku do moře vzrostl o 80 %.

Člověk tím rychleji než kdykoli v historii změnil strukturu ekosystémů (např. stanoviště rostlin a skladbu živočichů). Nadměrné toky dusíku preferují jen určité druhy organismů, čímž se snižuje biodiverzita a s ní i kvalita ekosystémových služeb. Dusík společně s fosforem vedou k eutrofizaci a okyselování sladkovodních i přímořských ekosystémů, což má za následek vymírání vodních organismů i zhoršení kvality pitné vody. Dusík také podporuje tvorbu přízemního ozónu, který se negativně podepisuje nejen na lidském zdraví (způsobuje např. astma), ale také na zemědělské a lesnické produktivitě.

Společně s dalšími negativními vlivy intenzivního zemědělství (čerpání vody k zavlažování, zhutňování půdy, eroze atd.) vedla aplikace fosilní energie v rámci zásobovacích služeb ekosystémů k narušení podpůrných ekosystémových služeb a ke zhoršení schopnosti ekosystémů poskytovat zásobovací služby bez této dodatkové energie (např. kvůli vyčerpání půd).

Spalování fosilních paliv a produkce skleníkových plynů, jako je CO_2, ohrožuje regulační ekosystémové služby, zejména regulaci klimatu. Kvůli tomu lze očekávat zvýšenou četnost extrémních meteorologických jevů, zvedání mořské hladiny a ekosystémové změny způsobené mimo jiné také poklesem biologické rozmanitosti. Předpokládá se častější výskyt epidemií či exotických nemocí a rozšiřování nepůvodních rostlinných a živočišných druhů včetně nových škůdců, což může ohrozit zejména zásobovací ekosystémové služby a jejich schopnost transformovat sluneční energii do pro nás využitelných forem (potraviny, palivo).

4.1.3 Řešení pro obnovu ekosystémové funkce

Ekosystémové funkce, které byly poškozené získáváním energie z fosilních paliv, lze alespoň částečně napravit opětovným příklonem k využívání aktuální energie přicházející ze Slunce. Řešení spočívá ve využívání moderních inovativních technologií s vysokou energetickou účinností a s minimálními dopady na ekosystémy (Reid, 2005, s. 98). Je třeba uplatnit soubor energetických opatření, který nám umožní přechod k ekologičtějším zdrojům energie. Nejedná se přitom pouze o získávání většího množství energie z čistých a obnovitelných zdrojů, ale také o zvýšení energetické účinnosti konvenčních zdrojů energie, doplněné o úspory energie v dopravě, v budovách i průmyslu.

Zavádění moderních technologií a šetření energiemi vyžaduje změnu společenského, a zejména ekonomického přístupu. Ekosystémově nešetrné zdroje energie lze zatížit ekologickou daní, produkci skleníkových plynů omezit kvótami a negativní externality zpoplatnit (nastavení pravdivé ceny). Získané prostředky pak bude možné využít k hledání šetrných zdrojů. Podle MA takový přístup zvýší finanční podporu výzkumu a vývoje ve veřejném i soukromém sektoru a umožní účinný přenos technologií.

6 Přestože se většina reaktivního dusíku do ekosystémů dostává skrze syntetická hnojiva, část dusíku se do prostředí uvolňuje jako vedlejší produkt spalování fosilních paliv.

Zatížení ekosystémově nešetrných provozů novými poplatky sice povede k poklesu energetické produkce, energetický deficit však bude možné kompenzovat úsporami energie. Podle Lovinse je totiž možné dosáhnout s poloviční energetickou spotřebou dvojnásobného blahobytu. Lovins navrhuje motivovat dodavatele, producenty i spotřebitele ekonomickým zhodnocením tzv. negawattů. Pokud bychom byli za energetické úspory finančně odměňováni, automaticky by se nastartoval proces zavádění energeticky čím dál efektivnějších technologií. Při současných cenách energií má smysl jimi šetřit i bez ohledu na životní prostředí.

Negawatt

Jedná se o uměle vytvořenou jednotku energie, která se snaží teoreticky vyčíslit množství ušetřené energie ve wattech. Zavedl ji jeden z čelních představitelů Římského klubu (environmentalistického think tanku) Amory Lovins. Negawatt by tedy měl být měřítkem energetických úspor vzniklých zavedením efektivnějších technologií či zlepšením izolace budov. Vypočítává se na základě historie spotřeby. Například nahrazením běžné 100W žárovky úspornou 18W získáte 82 negawattů energie, která se nemusí vyrobit. (Weizsäcker, Lovins, 1992)

Alternativy k fosilní a jaderné energii

Energie vody

Za energetickým potenciálem vody stojí v první řadě energie ze Slunce. Díky ní dochází k výparu vody, k jejímu malému a velkému koloběhu. Při odtoku vody z pevniny do oceánů můžeme využít její kinetické energie a transformovat ji na práci. Tento způsob usměrnění vodní energie odedávna využívali naši předkové k pohonu mlýnů, pil, hamrů, mandlů apod. Energie vody se převáděla na práci skrze vodní kola, které voda roztáčela a která poháněla nejrůznější stroje. Před 2. světovou válkou bylo na území Čech a Moravy téměř 12 000 takových provozů.

Dodnes využíváme podobného principu, jen s tím rozdílem, že z vodní energie získáváme energii elektrickou. Místo vodních kol roztáčí voda turbínu spojenou hřídelí s generátorem elektrické energie (tzv. turbogenerátor). Mechanická energie proudící vody se v něm mění na elektřinu na základě elektromagnetické indukce. Podle přírodních podmínek daného regionu (průtok, svažitost terénu, geomorfologie) je třeba zvolit adekvátní typ vodního díla i turbíny.

V širokých údolích a nížinách, které dovolují pouze stavbu jezu, se staví průtočné elektrárny (velká část našich řek). Nejčastěji se na nich používá Kaplanova turbína, která díky nastavení lopatek využívá přetlaku, a dosahuje tak otáček několikanásobně větších, než je rychlost vody. Je proto vhodná pro menší spády a velké průtoky. Na malých tocích s malým spádem se převážně používá Bánkiho horizontální turbína. V hlubokých údolích se staví středotlaké a vysokotlaké akumulační přehrady s elektrárnami, v nichž se využívá přetlaková Francisova turbína (střední spády, střední průtok) nebo rovnotlaká Peltonova turbína (vysoké spády).

Specifickým typem vodních elektráren jsou elektrárny přečerpávací. Představují zatím jedinou možnost, jak akumulovat elektrickou energii po delší dobu. V době, kdy je elektrické energie přebytek, čerpá tato elektrárna vodu do nádrže, ze které pak v době zvýšené poptávky vyrábí elektřinu. Podobně funguje také přílivová elektrárna, jež využívá kinetickou energii Země a střídání přílivu s odlivem k roztáčení turbín.

Celosvětově je téměř 17 % elektrické energie vyrobeno ve vodních elektrárnách, které jsou zároveň největším zdrojem obnovitelné energie na Zemi (92 %). Přestože jich je postaveno přes 45 000,

energetický potenciál vody není zdaleka vyčerpán. Odhaduje se, že energii vody využíváme zatím jen z 25 %. Největší podíl vodní energie v rámci celkové produkce má Švýcarsko, Norsko a Kanada. Nejvíce velkých vodních elektráren však funguje v Asii (např. velmi známá čínská elektrárna na přehradě Tři soutěsky s výkonem 18 GW (= 18 bloků Temelína).[7]

Na našem území má voda energetický potenciál cca 350 kWh/ha. Takové množství energie však zatím nejsme schopni z našich vodních toků získat. Většina ekonomicky efektivních lokalit je již využívána velkými elektrárnami. Celkově se u nás vodní energie podílí na výrobě elektřiny jen 3 %. Náš hydroenergetický potenciál spočívá především v malých říčkách a potocích, které jsme dříve využívali například k pohonu mlýnů. Jejich sílu dokážou efektivně využít malé vodní elektrárny s výkonem do 5 MWh. Jsou lacinější a šetrnější k vodním ekosystémům. Jejich dopad na životní prostředí je oproti velkým přehradám spíše příznivý – nedochází u nich k zatopení velkého území, nebrání migraci ryb, nezhoršují kvalitu vody, naopak vodu provzdušňují a čistí ji od naplavenin. Navíc decentralizují elektrickou síť, což může být z určitého pohledu výhodné, a přinášejí zaměstnanost do regionů.

Solární energie

Slunce je téměř výhradním zdrojem energie na Zemi (kromě jaderných a geotermálních zdrojů energie). Dává energii vodě, větru, biomase atd. Miliardy let v něm probíhají termonukleární reakce (jaderná fúze vodíku na helium), díky kterým Slunce Zemi poskytuje 180 000 TW energie každou vteřinu. Přestože toto množství překračuje současnou globální spotřebu asi 14 000krát, přímé využití nalezne jen malý zlomek. Ze sluneční energie člověk zatím profituje zejména skrze ekosystémové služby (primární produkce ekosystémů, zásobování vodou, větrné a vodní elektrárny atd.). Získávání energie přímo ze Slunce komplikují nejen technologické problémy (nízká efektivita solárních panelů, nemožnost elektřinu skladovat a přepravovat na velké vzdálenosti), ale také nerovnoměrná distribuce slunečního záření na Zemi s ohledem na zeměpisnou šířku, nadmořskou výšku a klima[8].

Přeměna sluneční energie na energii elektrickou – dochází k ní díky fotovoltaickému jevu, při němž foton dopadající na polovodič (nejčastěji křemík či germanium) vytlačí záporně nabité elektrony za vzniku kladně nabitých děr. Přiložením elektrod spojených vodiči pak vzniká stejnosměrný proud o výkonu až 150 W/m^2. K dosažení ideálního poměru proud/napětí se jednotlivé fotovoltaické destičky spojují do velkých panelů. Problematická je však nízká efektivita pohybující se jen kolem 10–30 %. Vysokou účinnost slibují palivové články, které díky solárnímu záření umějí převést chemickou energii vodíku a kyslíku na elektrickou energii a teplo s efektivitou 80–90 %.

Další využití solární energie – sluneční energii lze využít také k vytápění budov – při aplikaci principů tzv. solární architektury lze získat pasivní energetické zisky prosklenými částmi domu nebo teplou vodu z termických kolektorů k vytápění s efektivitou až 40 %.

Energie z biomasy

V případě energie z biomasy se opět jedná o energii slunečního záření akumulovanou tentokrát v organické hmotě (viz fotosyntéza). Jeden hektar půdy tak zachytí 40 až 90 MWh sluneční energie[9]. Jakkoli se zdá toto číslo vysoké, je to pouze 1 % energie dopadající ze Slunce na Zemi. Vyšší energetické produkce z hektaru půdy lze docílit cíleným pěstováním tzv. energetických plodin. O biomase

7 Stavby gigantických vodních elektráren však způsobují obrovské škody na životním prostředí a vyžadují mnohdy přesidlování velkého počtu lidí (srov. Čajka, 2013).

8 Např. v našich podmínkách svítí slunce jen zhruba 1400 hodin ročně.

9 Co se týče biomasy, je energetický potenciál ČR zhruba 160 PJ/r, což odpovídá 10 % roční spotřeby energie (Ochodek, Koločnický, Janásek).

a využití její energie však nejčastěji mluvíme v souvislosti s organickým odpadem (suchá biomasa – listí, dřevo a dřevní štěpka, sláma; mokrá biomasa – tráva, zbytky z kuchyně, odpady potravinářského průmyslu, výkaly).

Energetické plodiny

Jsou rostliny cíleně pěstované pro energetické účely. Dělí se na rostliny celulózové (dřeviny, obiloviny, travní porosty), olejnaté (řepka olejka, slunečnice, len, palma olejná) a škrobno-cukernaté (brambory, cukrová řepa a kukuřice). Nejznámější energetickou plodinou v ČR je nejspíše řepka olejka, která se využívá k výrobě bionafty a k vytápění. Začíná se také s pěstováním energetických dřevin (topoly, vrby, olše) a experimentuje se s pěstováním exotických rostlin (sloní tráva).

Energii z biomasy získáváme většinou spalováním hořlavých uhlovodíků, které obsahuje. Hořlavinu ze suché biomasy získáme termochemicky (pyrolýza, zplynování), z mokré biomasy pak biochemicky (alkoholové a metanové kvašení) či mechanicky (lisování oleje). Samotné palivo vzešlé z biomasy může mít mnoho podob (pevné – různé brikety, štěpka; kapalné – např. bionafta, olej, etanol; plynné – bioplyn, dřevoplyn).

Biomasa se nejčastěji využívá k vytápění. V České republice se z ní vyrobí 50 milionů GJ tepla. Problematické však zůstává nedokonalé spalování, kdy kvůli přítomnosti vody hoří jen část paliva a zbytek uniká ve formě plynu. Moderní technologie však umí výhřevnost i v malých topeništích zvýšit tím, že biomasu nejdřív přemění na plyn (např. dřevoplyn), který spálí v druhé fázi. Lze tak dosáhnout energetických zisků kolem 5 kWh (cca 15 MJ/kg) z 1 kg paliva.

Kromě vytápění lze biomasu využít také k výrobě elektrické energie. Při tomto využití by měla biomasa v ČR energetický potenciál 2231 GWh oproti 342 GWh, které v současnosti z biomasy vyrábíme. K výrobě se používá stejný princip jako v elektrárnách na fosilní paliva. Spalovaná biomasa ohřívá kotel s párou, která uniká potrubím, kde roztáčí turbínu napojenou na agregát. Tato technologie není účinná, jen 25–35 % energie je přeměněno na elektřinu a zbytek uniká jako teplo využitelné k vytápění.

K výrobě elektřiny lze také použít plyn, který z biomasy získáváme v bioplynových stanicích tzv. suchou nebo mokrou fermentací. Ve vzduchotěsném reaktoru dochází pomocí anaerobních bakterií při teplotách 40–60 °C k rozkladu organických látek na látky anorganické (využitelné jako hnojivo) a bioplyn (metan). Plyn se nejčastěji spaluje na místě výroby v kogeneračních jednotkách s pístovými motory pohánějícími generátor elektřiny (účinnost 30–40 %). Vyšší účinnosti lze dosáhnout při využití odpadního tepla (až 80 %).

Problematickým aspektem získávání energie z biomasy je její pěstování na zemědělsky využitelné půdě nebo ekosystémově významných lokalitách (např. prales).

Větrná energie

Původcem větrné energie je Slunce, respektive nerovnoměrné ohřívání pevnin a oceánů, které způsobuje rozdíly tlaku vzduchu v atmosféře a jeho následné proudění (vítr), jež rozdíly vyrovnává. Energii větru využívali i naši předkové. Nejznámější jsou větrné mlýny, kterých jsme ještě v minulém století měli v České republice přes 900. Dnes větrnou energii využíváme k výrobě elektřiny. Na současném instalovaném výkonu 263 MW se podílí zhruba 170 větrných elektráren (turbín) s výkony 1–3 MW. Teoreticky je možné z větru získat 6 TWh ročně (40 % spotřeby obyvatel ČR), s dnešními technologiemi je však náš energetický potenciál 10krát nižší. Vzhledem ke klimatickým podmínkám v ČR jsou totiž větrné elektrárny schopny dosahovat instalovaného výkonu maximálně 20 % dní v roce.

Princip fungování větrné elektrárny je podobný jako u větrných mlýnů. Na listy rotoru, do kterých se opírá vítr, působí aerodynamické a vztlakové síly, jež rotorem otáčejí. Samotnou elektřinu vyrábí generátor, na který je rotor napojen a který jeho kinetickou energii převádí na elektřinu. Čím větší je rotor a čím výše je posazen, tím větší množství energie je schopen větru sebrat. S rostoucí rychlostí větru rostou exponenciálně vztlakové síly i vyprodukovaná energie. Při rychlosti větru menší než 4 m/s (průměrná rychlost větru v ČR) větrné elektrárny elektřinu v podstatě nevyrábějí. Do sítě se automaticky zapojují při rychlostech vyšších jak 5 m/s. Produkovaná energie se mění skokově. Rozdíl rychlosti proudění o 1 m/s může způsobit nárůst výkonu až o 36 %. Optimálního (instalovaného) výkonu dosahují při stabilní rychlosti větru 15–20 m/s.

Hlavním problémem větrných elektráren je skutečnost, že málokdy dosahují instalovaného výkonu. Když je proudění větru slabé, nefungují, když je vítr naopak silný (více než 25 m/s), musí se z bezpečnostních důvodů zastavit. Zásadní je nalezení vhodného místa, kde by byl provoz rentabilní. Technologické problémy, jako je namrzání listů a hluk, se již u nových typů elektráren podařilo eliminovat. Vůči životnímu prostředí jsou větrné elektrárny pravděpodobně nejšetrnější. Nepředstavují významný zábor půdy ani ohrožení fauny, pokud nestojí v migračním koridoru ptactva. Jejich výroba ani likvidace není ekologicky náročná. Jejich stavba však narušuje krajinný ráz, což je problém spíše estetický.

Nové technologie slibují překonání problému se slabým větrem. Experimentuje se s výrobou malých větrných elektráren s výkonem 100 kWh, které by bylo možné instalovat na střechy budov jako korouhvičku. Tvarem připomínají balónek, podle kterého nesou také název „Energy Ball“. Tyto malé elektrárny by měly fungovat i při rychlosti větru kolem 2 m/s.

Geotermální energie a energie prostředí

Relativně nevyčerpatelným a velmi čistým zdrojem energie je energie geotermální, tedy energie zemského jádra. Především ve vulkanicky aktivních oblastech, kde na povrch vystupují horká zřídla a gejzíry, ji lze přímo využívat k vytápění budov (např. Island). V hloubce do 5 kilometrů pod povrchem Země se skrývá energie, která by nám při současné spotřebě vystačila na 100 000 let. S každým kilometrem hloubky stoupá teplota o 30–55 °C. Teplotu Země lze kromě vytápění využít také k výrobě elektřiny. Geotermální elektrárna, respektive její turbína napojená na generátor, je poháněna horkou párou stoupající pod tlakem k povrchu země. V místech, kde nejsou přirozená zřídla, lze za určitých geologických podmínek (přítomnost horké suché horniny) vybudovat umělý tepelný výměník. Jedním vrtem k horké suché hornině se vhání studená voda (jiné teplonosné médium) a na boční vrty, kterými stoupá unikající pára, se instalují turbíny. Rizikové jsou však nejisté geologické podmínky ve velkých hloubkách.

Zajímavým zdrojem energie je samotné prostředí, ve kterém žijeme. Země, voda i vzduch obsahují i v mrazivé zimě velké množství tzv. nízkoteplotního tepla. Jeho energii může využít tepelné čerpadlo, které je schopno odjímat teplo z okolního prostředí a převádět je na vyšší teplotní hladinu (podobně pracuje klimatizace). Funguje na principu uzavřeného okruhu, v němž jsou voda nebo vzduch poháněny kompresorem od výparníku ke kondenzátoru. Na jedné straně se teplo odebírá a na druhé předává. Tepelné čerpadlo dodá až čtyřnásobek energie, kterou spotřebuje k provozu. Zvláště v kombinaci s dobře zatepleným obydlím je tepelné čerpadlo výborným způsobem ekologického vytápění.

ČESKÁ REPUBLIKA A OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE (OZE)

Vodní elektrárny v ČR vyrobily v roce 2012 celkem 2822 GWh elektřiny. Výstavba velkých vodních elektráren je málo pravděpodobná (kapacita je vyčerpaná). Malé vodní elektrárny svůj potenciál nevyčerpaly, ale jejich rozmach se zejména z ekonomických důvodů neočekává. V případě **větrné energie** nejsou geografické a meteorologické podmínky ČR vhodné. V současné době pracují větrné elektrárny na zhruba 50 lokalitách a jejich celkový instalovaný výkon představuje 260 MWe. Z **biomasy** se u nás v roce 2012 vyrobilo celkem 1802 GWh elektřiny. Zejména výroba elektřiny z bioplynu je na vzestupu (ročně o 58 %). **Fotovoltaické elektrárny**, které díky významným státním dotacím zaznamenávají mohutný rozvoj, v roce 2012 vyrobily 2118 GWh elektřiny, což je v celostátním měřítku asi 2,4 % celkové hrubé výroby elektřiny. **Geotermální elektrárny** mají největší potenciál v severních Čechách, žádný projekt však dosud nebyl realizován. V roce 2012 bylo **z OZE v ČR vyrobeno** 8056 GWh elektrické energie, což odpovídá 9,2 % podílu celkového množství produkované elektřiny. Oproti roku 2011 tak byl zaznamenán nárůst výroby elektřiny z OZE o 11,2 %. Ten byl způsoben zejména výrazným nárůstem výroby elektřiny z bioplynu (o 58,4 %).
Zdroj: EkoWATT a Cenia

4.2 Zdroj potravin

4.2.1 Zákonitosti ekosystémové funkce a příklady ekosystémů

Základní ekosystémová služba spojená s produkcí potravin je fotosyntéza (viz výše), která zabezpečuje tzv. primární produkci a kterou proto řadíme mezi zásobovací ekosystémové služby. Díky ní jsou rostliny schopny akumulovat v biomase část energie dopadající ze Slunce na Zemi (viz energie biomasy). Tato energie je nám dostupná buď přímo v podobě primárních ekosystémových produktů (ovoce, zelenina, obilniny atd.), nebo skrze produkty sekundární (maso, mléčné výrobky apod.).

Dříve byl člověk odkázán na to, co v přírodě našel nebo ulovil. Od dob neolitické revoluce jsme se však naučili primární i sekundární produkci ekosystémů usměrňovat (pěstování a kultivace plodin, chov a šlechtění dobytka) tak, že z ekosystémů získáváme podstatně více, než by produkovaly v přirozeném stavu. Zemědělství a zásobování lidí potravinami v průběhu historie neustále rostlo, stejně jako rostlo množství obdělávané půdy. Přírodní ekosystémy byly soustavně nahrazovány umělými agroekosystémy (viz níže), kde se člověk snažil zvýhodnit ty druhy, které mu byly prospěšné. Ze všech známých druhů vyšších rostlin se pouze 30 z nich podílí 95 % na naplnění naší proteinové potřeby. Většinu světové potravy zabezpečují traviny, jako je pšenice[10], rýže a kukuřice (Wilson, 1992). Jejich pěstování však v minulém století narazilo na prostorové limity, neboť většina půd vhodných k osetí již obdělávána byla[11]. Bylo proto třeba zvýšit produkci při zachování velikosti obdělávané půdy[12]. Díky fosilní energii a industrializaci zemědělství se podařilo zvýšit produkci zrní o 250 %[13] (Kalous, 2005).

10 Jen v roce 2011 příroda pomocí zemědělců vyprodukovala 2300 Mt obilovin (Jongepier, 2012).

11 V současné době je obhospodařováno 24 % světového povrchu (Reid, 2005).

12 Přesto stále existují oblasti s nízkou produktivitou a rychlejším rozšiřováním zemědělské plochy na úkor přírodních ekosystémů (Afrika, Latinská Amerika).

13 I přes růst produkce potravin v uplynulých čtyřech desítkách let se odhaduje, že na Zemi žije 852 milionů podvyživených osob (Reid, 2005, s. 61). Na druhou stranu přes 1 miliardu dospělých trpí nadváhou (tamtéž, s. 105).

Zelená revoluce

V letech 1950 až 1960 prodělalo zemědělství zásadní transformaci, často označovanou jako zelená revoluce. Zelená revoluce spočívala v industrializaci zemědělství. Během období 1961–2003 se produkce potravin zvýšila přibližně o 160 % (Reid, 2005, s. 51). To je ohromný nárůst v množství energie určené pro lidskou spotřebu potravin. Tento nárůst nepochází ze zvýšeného využití slunečního záření ani ze zvětšené rozlohy obdělávané půdy. Energie získaná zelenou revolucí pochází z fosilních paliv ve formě umělých hnojiv (zemní plyn), pesticidů (ropa) a zavlažování poháněného fosilními palivy (Kalous, 2005). Navíc tento ohromný nárůst kvantity zemědělské produkce vedl ke snížení její kvality. Pokleslo množství pěstovaných odrůd i celková diverzita agroekosystémů.

Jakkoli je celosvětová ekosystémová produkce potravin ohromující, bude lepší, když příklady vztáhneme na Českou republiku[14]. Podle ČSÚ se v roce 2013 v ČR sklidilo 7,7 milionu tun obilovin, 1,4 milionu tun řepky a 0,5 milionu tun brambor. Tyto potraviny však často nekončí na našem talíři, ale mnohdy slouží jako krmivo pro 1,6 milionu kusů prasat, 1,4 milionu kusů skotu a 23 milionu kusů drůbeže. V roce 2012 jsme vyprodukovali 458 tisíc tun masa, 2,3 miliardy litrů mléka a 1,3 miliardy vajec. Kromě agroekosystémů však získáváme potraviny také z přírodních ekosystémů. Češi každoročně nasbírají okolo 60 tisíc tun lesních plodů. Jedná se zhruba o 40 tisíc tun hub, 10 tisíc tun borůvek a 4 tisíce tun ostružin a malin.

Oproti přirozeným ekosystémům, kde člověk produkci nemůže ovlivnit, jsou agroekosystémy člověkem řízené přírodní jednotky, které vyžadují promyšlený management. V opačném případě hrozí zejména poškození půdy (viz kap. 4.4). Důležitá je regulace eroze, vhodná volba plodin, efektivní zavlažování a adekvátní hnojení. Nezvládnutí zemědělských postupů může vést k desertifikaci, zasolování, splavení či vyčerpání půdy. Následkem bývá jak kolaps agroekosystému, tak společnosti, jež je na něm závislá.

Agroekosystém

Tento typ ekosystému postrádá autoregulaci a je řízen zásahy z vnějšku (zemědělci). Organismy, kterými je tvořen, jsou cíleně vybírány za účelem maximalizace užitku pro člověka. Škůdci jsou záměrně eliminováni. V jeho rámci dochází k usměrňování energeticko-materiálových toků s cílem optimalizace produkce (hnojiva). Důležitá je také regulace abiotických faktorů (zavlažování/odvodňování, zástin, zvyšování teploty a prodlužování vegetační doby – skleník). Typická je energetická závislost na vnějších vstupech, nízká druhová pestrost a umělé udržování ekosystému v juvenilním secesním stadiu vývoje bez keřů a stromů.

4.2.2 Selhání ekosystémové funkce

Člověk proměňuje přírodní ekosystémy na agroekosystémy nejméně 10 000 let, v posledních 120 letech však daleko rychleji, intenzivněji a na větší ploše[15]. Tento proces má závažné dopady nejen na druhovou pestrost,[16] ale také na krajinnou matrici (fragmentace krajiny). Společně s industrializací zemědělství má za následek degradaci půdy, zhoršení kvality vody i vzduchu, snižování rozmanitosti zemědělských systémů a obecně zhoršení ekosystémových služeb.

Z dlouhodobého hlediska dochází i ke zhoršování zásobovacích služeb, kdy je potřeba do vyčerpané erodované půdy bez mikroorganismů dodávat živiny (energii) pomocí umělých hnojiv. Kromě sluneční energie potřebují agroekosystémy také dodatkovou energii, aby se vyrovnala

14 Zdrojem informací je portál Českého statistického úřadu.

15 Za toto období bylo proměněno 850 milionů hektarů přírodních ekosystémů na pole a pastviny.

16 V některých částech Evropy klesla až o 10 tisíc živočichů na hektar, v tropech pak mnohonásobně více.

ztráta způsobená sklizní[17]. Bez hnojiv by současné intenzivní zemědělství nebylo schopno produkovat potraviny, a tak se „světová spotřeba dusíkatých hnojiv v letech 1960–2003 zvýšila téměř osmkrát, a to z 10,8 milionu tun na 85,1 milionu tun[18]“ (Reid, 2005, s. 69).

Samotná produkce hnojiv je extrémně energeticky náročná – k výrobě 1 kilogramu dusíku (vyrábí se ze zemního plynu) je třeba použít energii obsaženou v 1,4–1,8 litru nafty. Stává se tak, že skrze potraviny spotřebujeme více energie než na vytápění domu a provoz automobilu (Günther, 2001). Bez ropy by ale v současné době pravděpodobně nebyl dostatek jídla pro všechny. Jones nadneseně říká, že jíme ropu; fakticky za 40 % proteinů získaných celosvětovou zemědělskou produkcí vděčíme umělým hnojivům (srov. Jones, 2001).

Zatímco vklady energie do zemědělství stále rostou (kromě hnojiv také postřiky, mechanizace, závlahy a doprava), úroda se již nadále nezvyšuje. Poměr výstupní a vstupní energie (plodiny vs. hnojiva) klesá často pod 1, což znamená, že do systému více energie vkládáme, než z něj získáváme (Barták, s. 23). Zatímco před neolitickou revolucí u lovců/sběračů byl poměr energie vložené k energii získané 1 : 5 a v primitivním zemědělství a pastevectví 1 : 10–40, tak v současném zemědělství je 10–13 : 1 (Günther, 2013). Tento negativní poměr zvětšuje zejména sekundární živočišná produkce. Průměrně je třeba vynaložit 25 kcal fosilní energie k získání 1 kcal živočišného proteinu, což je zhruba 11krát více než u rostlinné produkce, kde na získání 1 kcal rostlinného proteinu stačí 2,2 kcal fosilní energie (Pimentel, 2003).

Živočišné produkty	**Poměr získané a vložené energie**
skopové	1 : 57
hovězí	1 : 40
vejce	1 : 39
vepřové	1 : 14
mléko	1 : 14
krocani	1 : 10
mořský rybolov	1 : 20–100
Rostlinné produkty	**Poměr získané a vložené energie**
sója	4,6 : 1
obilniny (kukuřice, pšenice)	3,5 : 1
brambory	1,7 : 1
pomeranče	1 : 1
jablka	1 : 1,5
rajčata	1 : 4

(Zdroj: Pimentel, 2003, 2006; 2000; Günther, 2001, 2013)

17 Dříve se nechávalo pole po nějakou dobu odpočinout (ladem).

18 Rozptýlení použitého hnojiva do prostředí má za následek eutrofizaci (zelenání) vod a zhoršení služeb sladkovodních a přímořských ekosystémů (pokles rybolovu).

Negativní energetickou bilanci zemědělství si můžeme dovolit jen díky levným zdrojům energie a dotacím zemědělství[19]. Současné vytěžování ekosystémů převyšuje tempo přirozené obnovy.[20] Dosavadních zemědělských výnosů je dosahováno za cenu rostoucích nákladů v podobě znehodnocování mnohých služeb ekosystémů, rostoucího rizika nelineárních změn ekosystémů, zhoršování chudoby u některých skupin obyvatelstva a rostoucích nerovností a nespravedlivosti mezi jednotlivými částmi lidstva. (Reid, 2005, s. 18)

4.2.3 Řešení pro obnovu ekosystémové funkce

Podle scénářů Hodnocení ekosystémů k miléniu by do roku 2050 měla růst poptávka po zemědělských plodinách o 70–85 % (Reid, 2005, s. 17). Nárůst produkce v rámci konvenčního zemědělství nebude podle některých odborníků možný (srov. Gliessman, 2000). Nejenže ubývá zdrojů energie (fosilní paliva), ale snížila se také kvantita a kvalita zdrojové báze (půdy, vody, živin). „Půda je uměle udržována v produkční činnosti velkými dodatky umělých hnojiv, které mohou krátkodobě nahradit ztráty živin, ale nemohou dlouhodobě navrátit půdě přirozenou úrodnost (Barták, s. 21–22).

Výzvou pro budoucnost se stává nasycení rostoucí populace. Zastánci průmyslového zemědělství hledají technologická řešení. V současné době jsou velmi diskutované zejména transgenní plodiny[21], které by byly schopny růst na neúrodných nebo degradovaných půdách za nepříznivých klimatických podmínek a ještě by odolávaly škůdcům, případně postřikům, jež by proti nim byly aplikovány. Pěstování geneticky modifikovaných (dále GMO) rostlin však přináší značná ekologická (superplevele[22] atd.), zdravotní (např. alergie) a sociálně-ekonomická (zadlužení farmářů apod.) rizika.

Řešení se nabízí také v podobě ekologického zemědělství (EZ). Masivním rozvojem EZ by se dalo dosáhnout vyšší biodiverzity agroekosystémů a zvýšení jejich schopnosti vázat uhlík či zadržovat vodu v půdě. Druhová pestrost zemědělských systémů (např. počet mikroorganismů v půdě) pomáhá rozkládat organickou hmotu, zadržovat a v pravý čas uvolňovat živiny, zvyšovat půdní úrodnost i vsakování vody. EZ funguje na principu uzavřených materiálových a látkových cyklů. V jeho rámci se živiny recyklují, dodávají se zpět do půdy v podobě hnoje či kompostu, případně se používá zelené hnojení nebo úhorový systém. Biofixace – vázání dusíku do půdy skrze bakterie žijící na kořenech bobovitých rostlin – je jediný způsob, kterým se zvyšuje množství živin kolujících v agroekosystému. EZ dbá na ochranu půdy (např. mělká nebo žádná orba, mulčování). Místo postřiků se pěstují rozrůzněná (polykulturní) společenstva rostlin, u nichž nehrozí přemnožení škůdců ani celková neúroda. Celkově se EZ snaží industriální energeticko-materiálové dodatky nahradit ekosystémovými službami, čímž splňuje podmínky trvalé udržitelnosti. Zákonitosti správného fungování ekosystémů však respektují také biodynamické[23] a permakulturní[24] zemědělské systémy.

---

19 „Průměrné dotace vyplacené zemědělcům v zemích OECD v letech 2001–2003 činily více než 324 miliard dolarů ročně.“ (Reid, 2005, s. 76)

20 Až třetina zavlažovaných agroekosystémů vysušuje okolní ekosystémy nad rámec přirozené obnovitelnosti (Reid, 2005, s. 39).

21 Jedná se o geneticky modifikované organismy (GMO), u nichž byla pomocí genových technologií změněna RNA (dědičný materiál).

22 Rostliny, které získaly mimořádnou odolnost vůči chemikáliím a které proto není možné standardním způsobem likvidovat. Existují obavy, že by se GMO rostliny s odolností vůči herbicidům mohly křížit s plevely a předat jim tuto vlastnost.

23 Biodynamické zemědělství vychází z filozofie Rudolfa Steinera. Je založeno na jeho nauce o působení a vlivu vesmírné energie na zemědělskou výrobu.

24 Permakultura se zaměřuje na navrhování trvale udržitelných produkčních systémů a lidských sídel. Vychází z pozorování přírodních ekosystémů a z moudrosti tradičního zemědělství.

Hlavním zájmem **fytotechniků**, jejichž posláním je správné fungování zemědělské výroby, by měla být péče o půdu. Půda není jen materie, do které se sejí či sázejí rostliny, ale je to komplexní živý dynamický systém. Základní podmínkou zdravé půdy je organická hmota (nejlépe kompost), kterou nelze nahradit umělými hnojivy. Zlepšuje totiž zpracovatelnost půdy, zvyšuje sorpční schopnost půdy (vodní jímavost), kypří půdu, redukuje choroby a škůdce rostlin, snižuje kyselost pH, zvyšuje vodní jímavost, brání erozi i vysychání půd, dlouhodobě zásobuje rostliny živinami, zvyšuje vzcházivost semen i sazenic, regeneruje narušené půdy a podporuje život v půdě (Šrefl, 2012). Dále by měli dbát na střídání (rotaci) plodin na daném pozemku, aby se půda nevyčerpávala a zároveň nezůstávala obnažená. Osvědčeným osevním postupem je například norfolkský systém, kdy po jařinách (jetel jarní) následují jako meziplodina jeteloviny a dále ozimy (pšenice ozimá) a v dalším roce okopaniny (brambory). Důležitá je také výměna osiv a zachování pestrosti genofondu odrůd (srov. Procházková, 2011).

Také **zootechnici** by měli plánovat chov dobytka s ohledem na ekosystémové funkce a dlouhodobou udržitelnost zemědělství. Zejména je třeba snížit negativní energetickou bilanci „živočišné výroby“ tím, že se nebudou používat krmiva vypěstovaná díky fosilní energii. Zvířata je třeba plnohodnotně začlenit do agroekosystému, v němž mohou hrát důležitou roli v obnově biodiverzity (obnova květnatých luk pastvou, zvýšení diverzity hmyzu a ptactva žijícího s dobytkem apod.). Důležité je hospodařit v uzavřených cyklech koloběhu látek, krmit zvířata z produkce vlastních polí (100% biostrava) a skrze hnůj do nich vracet odpadní energii (živiny). Tyto podmínky splňuje EZ. V jeho rámci se zemědělci snaží chovat jen tolik hospodářských zvířat, kolik jejich půda uživí. Jsou naplňovány standardy welfare (blahobytného) chovu, kdy je zvířatům umožněn volný pohyb mimo ustájení a kdy jsou naplňovány jejich biologické potřeby.

„Přestože ze srovnávacích studií vycházejí výnosy v ekologickém zemědělství průměrně o 20 % nižší[25]“ (Halberg et al., cit. dle Kostřicová, 2011, s. 14), což by znamenalo vyšší prostorové nároky na obdělávanou plochu a zábor přirozených ekosystémů, je možné nižší výnosy EZ kompenzovat nižší spotřebou potravin. Podle FAO (Organizace pro výživu a zemědělství) se ročně na celém světě vyhodí 1,3 miliardy tun potravin (Glopolis, 2013), přitom s každým kilogramem vyprodukovaných, ale nespotřebovaných potravin je do ovzduší zbytečně vypuštěno 4,5 kg CO_2 (Vítů, 2013, s. 38). Stačilo by, kdyby spotřebitelé nakupovali méně a uvážlivěji. V tomto směru by mohli pomoci také **dietologové**. Největší ekologický problém způsobuje plýtvání živočišnými výrobky, jejichž výroba je energeticky nejnáročnější. Zároveň jsou živočišné tuky problematické pro naše zdraví a v rozvinutých zemích způsobují kardiovaskulární onemocnění[26]. Dietolog by mohl výživu svých klientů plánovat nejen s ohledem na kalorie, které získají, ale také na to, kolik společnost musela vydat na výrobu dané potraviny.

K udržitelné produkci agroekosystémů je třeba zvýšit jejich biodiverzitu a přiblížit jejich fungování přirozeným ekosystémům. V tomto mohou být zemědělcům nápomocni **biologové** a **ekologové**. Například závislost konvenčního zemědělství na pesticidech a herbicidech vyráběných z fosilních paliv může být nahrazena zavedením přirozených nepřátel škůdců (predátoři, paraziti, patogeny atd.). Aplikace biodiverzity ostatních organismů na kulturní plodiny má i další přínosy. Kromě opylování (viz Včela a ekosystémové služby výše) může druhová pestrost pěstovaných plodin přispět také k zásobování živinami, například v agrolesnictví zpřístupňují stromy svými hlubokými kořeny ostatním rostlinám na povrchu nedostupný fosfor, vápník, vodu a další látky. O druhovou pestrost se snaží zejména ekologicky hospodařící podniky. Na plochách EZ žije o 30–50 % druhů více než u konvenčních zemědělců. Díky tomu se EZ daří lépe profitovat z ekosystémových služeb, čímž ušetří až 70 % dodatkové (fosilní) energie (Scialabba, cit. dle Kostřicová, 2011, s. 31).

---

25 Podle Badgleye je výrazný rozdíl mezi konvenčním a EZ jen bezprostředně po konverzi, kdy výnosy krátkodobě klesnou (Badgley et al., cit. dle Kostřicová, 2011, s. 16).

26 Výroba nezdravých potravin má zároveň často negativní environmentální dopady (např. palmový olej využívaný ke smažení brambůrek se získává z plantáží na místě původních pralesů – Borneo).

Parametry udržitelného (ekologického) zemědělství

Gliessman (2000) udává seznam následujících parametrů, které by měly zemědělské technologie splňovat, aby byly trvale udržitelné. Musejí:

- mít minimální negativní vliv na prostředí, nesmějí uvolňovat žádné toxické látky do atmosféry, povrchových a podzemních vod;
- zachovávat a obnovovat půdní úrodnost, zabránit erozi půdy a zachovávat „ekologické zdraví" půdy;
- používat vodu takovým způsobem, který umožní, aby se nádrže nevyčerpávaly a aby nejen zemědělství, ale i prostředí a lidé byli uspokojeni v potřebě vody;
- spoléhat hlavně na vnitřní zdroje nebo zdroje z blízkých oblastí, nahrazovat vnější zdroje živin jejich recyklací a konzervativnějším využíváním;
- ocenit a zachovat biodiverzitu, a to jak v kulturní, tak v přírodní krajině;
- zaručit rovnost v přístupu ke vhodným zemědělským postupům, znalostem a technologiím a umožnit místní řízení zemědělských zdrojů.

4.3 Regulace stavu ovzduší

4.3.1 Zákonitosti ekosystémové funkce a příklady ekosystémů

V průběhu vývoje planety Země prodělala atmosféra několik zásadních změn. Zpočátku byla atmosféra tvořená vodíkem, heliem a dalšími vzácnými plyny, které unikaly do meziplanetárního prostoru. Další změna ve složení atmosféry nastala při odplyňování zemského pláště a kůry a s výskytem vody na zemském povrchu. Přibližně před 2 miliardami let atmosféru výrazně pozměnil výskyt autotrofních organismů schopných fotosyntézy. Do ovzduší se začal dostávat kyslík a spotřebovával a ukládal se oxid uhličitý. S narůstajícím množstvím kyslíku se v atmosféře vytvořila ozonová vrstva, důležitá pro zachycování ultrafialového záření. Vliv organismů na atmosféru tak patří mezi výrazné činitele podílející se na jejím složení. Mezi tyto organismy samozřejmě patří i člověk. Atmosféru lokálně ovlivňoval od doby, kdy začal používat oheň. Výrazněji, avšak stále na lokální úrovni, na atmosféru působil s nárůstem obyvatelstva a s tím související vyšší spotřebou dřeva. Docházelo k odlesňování ploch, což způsobovalo změnu vodních poměrů nejen v krajině, ale i v ovzduší. Avšak nejvýrazněji začal člověk ovlivňovat klima spalováním fosilních paliv. Fosilní paliva představují ohromné množství oxidu uhličitého, které bylo uloženo do těl rostlin před několika sty miliony let. A právě o toto množství teď obohacujeme atmosféru. Lidskou činností se kromě oxidu uhličitého uvolňuje do atmosféry značné množství tepla, metanu, oxidů dusíku a síry a nových látek, které se dříve v ovzduší nevyskytovaly.

4.3.2 Selhání ekosystémové funkce

Látkami znečišťujícími ovzduší rozumíme takové látky, které svou přítomností v ovzduší mají nebo mohou mít škodlivé účinky na lidské zdraví či životní prostředí nebo obtěžují zápachem (zákon č. 201/2012 Sb.). Mluvíme o **emisích** (látky vypouštěné do ovzduší) nebo **imisích** (obsah nežádoucích látek v ovzduší). Mezi tyto látky řadíme zejména oxid siřičitý, polétavý prach, oxidy dusíku, přízemní ozon, oxid uhelnatý, dioxiny a polychlorované bifenyly.

- **Oxid siřičitý SO_2** – lidskou činností se do atmosféry dostává spalováním fosilních paliv (ropa, uhlí, zemní plyn). Ty v různé míře obsahují různé sloučeniny síry, které spalováním oxidují na SO_2. V atmosféře pak reaguje s vodou za vzniku kyseliny siřičité nebo kyseliny sírové (při oxidaci kyslíkem), jež jsou původcem kyselých dešťů. Dochází tak ke škodám na lesních a zemědělských porostech (mj. způsobují okyselení půdy) a stavbách.
- **Polétavý prach –** jedná se o částice velikosti několika mikrometrů, přičemž platí, že čím menší jsou částice, tím déle zůstávají v ovzduší. Nejjemnější částice jsou nejnebezpečnější pro lidské zdraví, protože mohou proniknout až do plicních sklípků. Mluvíme o popílku, alkalickém a hutním prachu a půdních částicích. Na částice se také mohou pou tat toxicky působící těkavé organické látky. Polétavý prach se do ovzduší dostává téměř výhradně lidskou činností. Jeho zdrojem jsou spalovací procesy, hutní průmysl a půda zbavená vegetačního krytu.
- **Oxidy dusíku NO_x** – do atmosféry se dostávají především ze spalovacích procesů fosilních paliv (hlavně při provozu motorových vozidel) a při výrobě dusíkatých hnojiv. Spolu s oxidem siřičitým mají vliv na tvorbu kyselých dešťů, čímž negativně ovlivňují chemismus půd. Za příznivých podmínek se podílejí na tvorbě přízemního ozonu a vzniku fotochemického smogu, který má velmi nepříznivé fyziologické účinky.
- **Přízemní ozon** – vzniká složitou chemickou reakcí vysoké koncentrace výfukových plynů a slunečního záření. Pro lidské zdraví je nebezpečný. Způsobuje dýchací potíže, bolesti hlavy a pocit tlaku na hrudi. Rostlinám poškozuje listy a omezuje přijímání oxidu uhličitého. Uvádí se, že v roce 2007 bylo jeho vysokým koncentracím vystaveno 85 % obyvatel ČR.
- **Oxid uhelnatý CO –** vzniká převážně při nedokonalém spalování uhlíkatých látek a jako produkt v některých průmyslových a biologických procesech. Nedokonalé spalování je dáno nízkou teplotou, krátkým časem hoření nebo nedostatkem kyslíku. Nejvíce CO je do ovzduší emitováno dopravou, lokálními topeništi a energetickým a metalurgickým průmyslem. Jeho nebezpečí spočívá ve vazbě na krevní barvivo hemoglobin, naboť zabraňuje přenosu kyslíku v krvi. Jedná se o nejběžnější znečišťující látku v ovzduší.
- **Dioxiny –** jedná se o složité chemické látky, jejichž společným znakem je mnoho chloru v molekule. Mluvíme o skupině asi 200 různých látek s různou mírou toxicity. Mají schopnost vázat se na tuky, ve vodě jsou nerozpustné. Do ovzduší se dostávají při spalování uhlí, odpadu a chlorem běleného papíru, z metalurgického průmyslu a dříve rovněž při spalování olovnatého benzínu. Vyznačují se velmi pozvolným rozkladem (např. poločas rozpadu v lidském těle je sedm let), čímž se řadí mezi nejnebezpečnější látky. Nejvíce dioxinů vzniká při teplotě 200 až 400 °C. Pokud je při spalování použita teplota okolo 1050 °C, stačí pro rozklad dioxinů pouhé dvě sekundy.
- **Polychlorované bifenyly –** tyto látky byly hojně používané od 30. let 20. století jako součást barev, laků, inkoustů, propisovacích papírů, hydraulických zařízení, teplonosných médií a transformátorových a kondenzátorových olejů. V 60. letech se začaly objevovat první zprávy o jejich toxicitě, vazbě na tuky a velmi pomalém rozkladu. Od roku 1984 byla jejich výroba zakázána. Dnes se do ovzduší dostávají hlavně jako nezamýšlené produkty z průmyslové výroby.

Se znečištěním ovzduší souvisí již zažitý pojem **změna klimatu**. Jedná se o změnu průměrného stavu klimatu a/nebo jeho vlastností, která přetrvává po desítky let či déle. V dnešní době se jako faktory měnící klima uvádí zvyšující se koncentrace oxidu uhličitého, metanu, oxidy dusíku, freony, vodní pára a další plyny zachycující teplo. Společně tyto plyny nazýváme **skleníkové plyny**, způsobující skleníkový efekt. Ten je pro život na Zemi nezbytný. Nebýt jeho, byla by teplota na Zemi přibližně o 30 °C nižší. Přirozeně se skleníkové plyny v ovzduší vyskytují díky fotosyntéze a vulkanické a bakteriální činnosti. Problémem dnešní doby je zvyšující se koncentrace těchto plynů.

- **Oxid uhličitý CO_2** – koncentrace oxidu uhličitého se v průběhu tvorby dnešní atmosféry měnila. Ze studií vzorků ledu lze vysledovat značné zvýšení koncentrace CO_2 v industriálním období (z 280 ppm v předindustriálním období na dnešních 400 ppm; taková koncentrace CO_2 se v atmosféře nevyskytovala poslední milion let), což znamená i vyšší přísun radiační energie. Rychlý nárůst koncentrace je způsoben především lidskou činností. Oxid uhličitý však nezůstává jen v atmosféře, dalšími rezervoáry jsou oceány a biosféra, které akumulují CO_2 po dobu několika let.
- **Metan CH_4** – koncentrace metanu se od předindustriálního období zvýšila přibližně 2,5krát (z 700 ppb na 1800 ppb). Jeho koncentrace v atmosféře je devětkrát nižší než koncentrace CO_2. Důležitou vlastností metanu je jeho vysoká absorpce infračerveného záření (IR záření). Jeho účinnost je tak přibližně 20krát vyšší než účinnost CO_2.
  Do atmosféry je metan hojně uvolňován z živočišné výroby. Velké množství metanu se vyskytuje v tzv. permafrostu – trvale zmrzlé půdě. Pokud se bude teplota na Zemi nadále zvyšovat, hrozí stále větší rozmrzání permafrostu, což způsobí i vyšší uvolňování metanu do ovzduší, a tím opět zvýšení teploty v atmosféře.
- **Oxid dusný N_2O** – lidskou činností se oxid dusný dostává do atmosféry používáním dusíkatých hnojiv, dopravou a spalováním fosilních paliv a biomasy. Výrazný nárůst N_2O v atmosféře nastal až po roce 1970. Od předindustriálního období se jeho množství zvýšilo o 17 %. Podobně jako u metanu je jeho hlavním problémem jeho účinnost pohlcovat IR záření. Uvádí se, že ačkoli je jeho množství v atmosféře velmi nízké, jeho účinnost je přibližně 310krát vyšší než účinnost CO_2. V atmosféře je také zdrojem oxidu dusnatého, jež reaguje s ozonem, a rozkládá tak ozonovou vrstvu.
- **Freony –** tyto chemické látky jsou součástí hnacích plynů do aerosolových rozprašovačů, rozpouštědel, čisticích prostředků, zpevňujících látek při výrobě plastických hmot aj. Freony se nepojí jen s plyny způsobujícími skleníkový efekt, ale také patří mezi plyny, jež výrazně poškozují stratosférický ozon. Po objevení tohoto vlivu na atmosféru se po přijetí Montrealského protokolu (1987) začala jeho produkce výrazně snižovat. Nejvyšších hodnot v atmosféře dosahovaly freony kolem roku 2000. Od té doby jeho množství v atmosféře stagnuje až velmi mírně klesá, což je dáno jejich dlouhodobou životností.

K lidským činnostem, které ovlivňují atmosféru, nepatří jen spalování fosilních paliv, ale i odlesňování krajiny, intenzivní zemědělská činnost, zástavba zemského povrchu a budování vodních nádrží. Lehce si tak představíme, že při odlesnění vznikne rozsáhlá plocha, která již není schopna zadržovat vodu, a ochlazovat tak okolní vzduch. Taková plocha přemění většinu slunečního záření jen na teplo, které je následně do atmosféry vyzařováno. Podobně fungují i rozsáhlá pole a vybetonované či vyasfaltované plochy. Dochází tak ke změnám lokálního klimatu, kdy se mnohem častěji objevují velmi silné přívalové deště, či naopak velká sucha.

4.3.3 Řešení pro obnovu ekosystémové funkce

Dle zprávy IPCC (Mezinárodní panel pro změnu klimatu) z roku 2013 člověk ovlivňuje probíhající změnu klimatu z 95 %. Ovlivňujeme teplotu, distribuci srážek i vzrůst hladiny oceánů. Navíc do atmosféry vypouštíme řadu jiných znečišťujících látek. Předpokládejme, že pokud můžeme na ovzduší působit takto negativně, je v našich schopnostech tyto negativní činy alespoň omezit. Možností se nabízí hned několik:

- **Lokální topeniště** – vypouštění znečišťujících látek z lokálních topenišť můžeme omezit používáním vhodného topiva (např. dřeva), investováním do kvalitnějšího spalovacího zařízení (účinnějšího kotle), používáním alternativních zdrojů tepla (fotovoltaických systémů), stavbou energeticky úsporných domů atd.
- **Automobilová doprava** – jedná se o jeden z hlavních faktorů nejvíce znečišťujících ovzduší. Řešením je omezení dopravy a/nebo využívání jiných dopravních prostředků. Omezení nemusí znamenat rovnou nejezdit. V řadě měst existuje tzv. carsharing – sdílení aut více lidmi. Lze si pořídit automobil využívající jiné zdroje pohonu než fosilní paliva (elektromobil, auta na vodík atd.). Omezení znamená také cestovat hromadnou dopravou (vlaky, autobusy atd.) a/nebo využívat vlastního pohonu (pěšky, na kole). Nejen lidé se mohou přepravovat energeticky úsporněji, jedná se také o přepravu zboží a jiných materiálů. Je vhodné zvolit například vlakovou či lodní dopravu. Přepravu pomocí kamionů lze zdůvodnit, až když předchozí varianty nejsou možné. Pro každého z nás by však mělo být důležité nepodporovat dopravu založenou na fosilních palivech. Spoustu každodenních potřeb lze získat z místních zdrojů (potraviny, oblečení, nádobí, drogerie, stavební materiál). Jedná se mnohdy o levnější způsob a bez velkého množství emisí.
- **Průmysl** – mnohé továrny jsou již ze zákona vybaveny filtry pro čištění odpadního kouře. Pro výrobu energie lze zvolit alternativní zdroje (větrné, fotovoltaické a vodní elektrárny, využívání biomasy). Jednou z možností, jak minimalizovat odpad (nejen uvolňující se do ovzduší) z průmyslu, je myšlenka „průmyslové ekologie“. Využívá principu smysluplné recyklace zdrojů, důsledného užívání surovinových materiálů a omezování nechtěných vedlejších produktů, jak jen to je možné. V některých městech jsou již tyto principy používány. Než však průmyslová ekologie začne fungovat na úrovni státu či celé planety, můžeme sami omezit průmyslovou výrobu minimalizací vlastních požadavků nebo jejich nahrazením přírodu nezatěžujícími alternativami (např. pokud potřebuji zhubnout, nekoupím si farmaceutické preparáty na hubnutí, ale změním jídelníček a začnu se více pohybovat).
- **Zemědělství a lesnictví** – tato dvě odvětví znečišťují ovzduší únikem znečišťujících látek ze spalování fosilních paliv při obdělávání zemědělských a lesnických ploch, únikem tepla a prachových částic z obnažených ploch a zvýšenou produkcí metanu ze zemědělské produkce. Pro minimalizaci těchto dopadů je pro obdělávání půdy vhodné používat šetrnější technologie závislé na alternativních zdrojích energie. Únik tepla a prachových částic je možné omezit vhodným osevním postupem (a osevním sledem) a začleňováním protierozních opatření (remízky, travní pásy, protierozní meze atd.). Omezování produkce metanu se děje pomocí změny krmiv pro hospodářská zvířata, aplikací antibiotik, sulfonomadiů, antiparazitik, redukcí metabolických poruch zvířat, použití biofiltrů, změnou skladování chlévského hnoje a kejdy. Produkci metanu lze však omezit především rozhodnutím každého jedince sní žit spotřebu masných výrobků. V lesnictví je nutné změnit způsob holosečné těžby na způsoby přírodě blízké, čímž nevznikají rozsáhlé odlesněné plochy. Lesy a jiné zelené porosty mají schopnost čistit vzduch poutáním prachových částic a filtrací vzduchu, čímž ho zbavují oxidů síry, dusíku a oxidu uhelnatého. Uvádí se, že jeden hektar stromů je schopný každý rok z atmosféry odebrat přibližně 32 tun prachu a plynů. Lesy udržují vodu v krajině, a tím okolí ochlazují a vyrovnávají teplotní výkyvy.

Všechna řešení vedoucí k obnově ekosystémové funkce zahrnují i jedince. Každý člověk ovlivňuje své blízké i vzdálené okolí. Při zamyšlení nad jednotlivými kroky v našem denním životě jsme schopni omezit znečištění ovzduší svým pohybem, nakupováním, bydlením a podobně.

4.4 Zdroj úrodné půdy

Vztah člověka k půdě byl ještě v nedávné době velmi silný. Lidé, kteří museli opustit svoji vlast na dlouhou dobu, si s sebou často brali alespoň kousek rodné hroudy. Všichni si uvědomovali, že půda je živitelka a není samozřejmostí, ale vzácností. Nejedná se o nevyčerpatelný zdroj. Půda vzniká desítky a stovky let, ale k jejímu nevratnému poškození může naopak dojít velice rychle.

Půda hraje důležitou roli nejen z produkčního hlediska, ale představuje významnou složku životního prostředí. Je složitým útvarem, který podmiňuje život na Zemi. Existuje velké množství nejrůznějších **definic půdy**, např.: Půda je přírodním útvarem, který vzniká ze zvětralin nebo nezpevněných minerálních a organických sedimentů. Je nejsvrchnější částí zemské kůry a je tvořena směsí minerálních součástí, odumřelé organické hmoty a živých organismů.

4.4.1 Zákonitosti ekosystémové funkce a příklady ekosystémů

Při vzniku půdy probíhají různé typy procesů v půdě, jejichž povaha je závislá především na chemických a fyzikálních vlastnostech substrátu, na klimatu a na biotických faktorech. Proces vzniku půdy je nepřetržitý a komplikovaný. Elementárním procesem vzniku půd je **zvětrávání**, které v zásadě rozdělujeme na fyzikální a chemické. V praxi se tyto typy zvětrávání uplatňují v kombinaci.

- **Fyzikální zvětrávání** je rozrušování hornin mechanickými a fyzikálními způsoby, přičemž nedochází k výraznějším změnám v chemickém složení. K fyzikálnímu zvětrávání dochází zejména změnami teplotních podmínek (zahřátí horniny během dne a ochlazení v noci), kdy v důsledku roztahování horniny teplem a jejím smršťováním chladem dochází ke vzniku drobných trhlin a k odlupování horniny. Dalším typem fyzikálního zvětrávání je tzv. **mrazové zvětrávání**, způsobené mrznutím vody v mikroskopických pórech horniny, což způsobuje zvětšení objemu horniny a vznik trhliny. V dlouhodobějším měřítku řadíme mezi významné faktory fyzikálního zvětrávání odlehčení horniny při výstupu k zemskému povrchu a její následné rozpínání či růst krystalů a jejich objemové změny. Speciálním typem fyzikálního zvětrávání je mechanické působení rostlin a živočichů (např. tlak kořenů).
- **Chemické zvětrávání** znamená rozklad horniny prostřednictvím chemických procesů, jako je rozpouštění, oxidace a redukce, vzájemná výměna kationtů či například hydrolýza. Mění se chemické složení horniny a často dochází ke změnám barvy – horniny se zbarvují do zelena díky dvojmocnému železu a do zrzava vlivem trojmocného železa, do růžova a černa se zbarvují díky manganu. Chemické zvětrávání je závislé zejména na teplotě a vlhkosti.

Při vzniku půdy hrají kromě zvětrávání stěžejní roli tzv. **pedogenetické mikroprocesy**. Mezi ně řadíme především hromadění organických látek na povrchu i pod povrchem půdy, rozklad a přeměnu primárních minerálů, rozklad a syntézu organických látek a tvorbu a rozklad organominerálních složek.

Vznik, stavba a složení půdy jsou výsledkem působení **půdotvorných činitelů**. Mezi hlavní půdotvorné činitele, tedy faktory, které působí na vznik, vývoj, vlastnosti a geografické rozšíření půd a jsou hlavní příčinou vzniku rozmanité a pestré škály půd, patří matečná hornina, živé organismy, podnebí, reliéf území a člověk.

- **Matečná hornina** svým složením ovlivňuje zásobu živin v půdě a základní chemismus substrátu, podmiňuje zrnitost a barvu půdy, hloubku půdy, skeletovitost či např. propustnost pro vodu a vzduch.
- **Živé organismy** se významným způsobem podílejí na zvětrávání a přeměně organické hmoty. Procesy přeměny organických látek probíhají buď uvnitř těl půdních organismů, nebo mimo jejich těla působením enzymů. Vyšší rostliny produkují z minerálních látek organické sloučeniny a živočichové a mikroorganismy tyto organické látky rozkládají na konečné produkty rozkladu, tedy vodu, oxid uhličitý a syntetizované humusové a minerální látky.
- **Podnebí** ovlivňuje vznik půdy přímo, a to teplotou a množstvím srážek, a nepřímo, prostřednictvím rostlinstva, reliéfu, hydrologických poměrů atp. Vodní a teplotní režim ovlivňuje výrazně chemické procesy zvětrávání hornin a vlastní půdotvorné procesy.
- **Reliéf území** přímo působí při rozvoji erozních pochodů a nepřímo ovlivňováním klimatických faktorů, zejména světla, tepla a vody.
- **Člověk** mění nejenom chemické, fyzikální a biologické vlastnosti půd, ale působí i výrazné morfologické změny v půdním profilu. Je známo, že naše hnědozemě a šedozemě jsou z velké části právě produktem lidské činnosti a vznikly následkem druhotné kultivace z luvizemí.

Hlavní význam půdy spočívá v její **produkční schopnosti**. Půda má vliv na kvantitu i kvalitu produkovaných potravin a je nenahraditelným výrobním prostředkem jak v zemědělství, tak i v lesnictví. Poskytuje životní podmínky podzemním částem rostlin. Je **zásobárnou vody a živin pro rostliny**, tlumí nejrůznější negativní výkyvy (např. okyselení půd), zajišťuje rostlinám rovnováhu vodně-vzdušného režimu a poskytuje jim mechanickou oporu. Půda je **zásobníkem vody** a **filtračním čisticím prostředkem**, přes který voda prochází. Umožňuje zasakování srážek, redistribuci vody a změny v chemickém složení vody. Je základním článkem potravního řetězce. Dekompozičním potravním řetězcem v půdě a na jejím povrchu protéká v suchozemských ekosystémech většina energie, kterou rostliny naváží v procesu fotosyntézy.

Půda je **významnou složkou životního prostředí** – je součástí nejrůznějších ekosystémů světa, reguluje pochody v různých sférách životního prostředí a ovlivňuje atmosféru i hydrosféru. Je v ní obsaženo třikrát více uhlíku než v atmosféře.

Půda hostí velkou škálu nejrozmanitějších **půdních organismů**. Jejich druhová rozmanitost zpravidla několikanásobně převyšuje diverzitu nadzemních částí ekosystémů. Udává se, že jedna kávová lžička půdy může obsahovat 1,5x více organismů, než kolik je lidské populace na světě. Délka všech vláken nižších hub se v jednom kubíku odhaduje na stovky kilometrů. Hrst hlíny v sobě pojímá složitější ekosystém mikroorganismů, než je soubor všech velkých tvorů amazonského pralesa.

Z půdy pochází mnoho základních složek **stavebních materiálů** a surovin, současně půda poskytuje **prostor** pro umisťování staveb, silnic, pro rekreační činnost a další aktivity člověka. Půda je též nenahraditelným **zdrojem informací o vývoji krajiny,** a to nejen ve čtvrtohorách, ale i ve starších geologických obdobích. Půda v dnešním smyslu slova vznikla se stromy, jejichž kořeny představují de facto reakční kolonu, sloužící k chemickému rozbíjení hornin a přesunu minerálních živin do korun a listů. Půda má tak za sebou téměř půl miliardy let trvající evoluci.

V České republice jsou nejrozšířenějším půdním typem **kambizemě**, které vznikají v mírně teplém a mírně vlhkém podnebí, nejčastěji v pahorkatinách a vrchovinách, běžné jsou i ve všech typech lesa. Jde o vývojově mladé půdy, které by v méně členitých terénech přešly do hnědozemí a luvizemí, podzolů apod. Hlavními půdotvornými procesy je vnitropůdní zvětrávání primárních minerálů a zajílení, jejichž důsledkem dochází ke vzniku typického kambického horizontu, který bývá zbarven oxidy železa do hněda až rezivě hněda. Kambizemě jsou zpravidla mělčí, skeletovité. Zrnitostní složení se mění v závislosti na povaze matečné horniny. Humus je zpravidla méně kvalitní, půdní reakce slabě kyselá až kyselá. Obsah humusu silně kolísá, vyšší je u hnědých půd vyšších poloh a u půd na těžších nebo bazických substrátech (čediče). Jejich zemědělské využití je často limitováno malou mocností půdního profilu, častou skeletovitostí a výskytem v členitém reliéfu.

Zajímavým příkladem ekosystému jsou tzv. **sopečné půdy**, odborně nazývané andosoly. Na území České republiky nebyly dosud identifikovány, najdeme je ale v menší míře v sousedním Slovensku. Hojně se vyskytují v tropických a subtropických oblastech s probíhající sopečnou činností (např. na Novém Zélandu, na ostrovech jihovýchodní Asie aj.), najdeme je však i v mírném a chladném podnebném pásu, například na Islandu. Andosoly vznikají zvětráváním vulkanického materiálu, který je vyvržen z jícnu sopky v průběhu explozivní erupce. Tyto půdy patří k nejúrodnějším na světě. Obsahují ve velké míře minerály alofán a imogolit, které vytvářejí silné vazby s organickou hmotou, a umožňují tak její intenzivní hromadění. Jsou velmi kypré, často velmi hluboké a obsahují velké množství kvalitního humusu. Andosoly dokáží také zadržet velké množství vody.

4.4.2 Selhání ekosystémové funkce

Půdní erozí rozumíme rozrušování svrchní části zemského povrchu působením vody a větru. Eroze je přirozeným procesem v naší krajině a docházelo k ní vždy. Bez erozní činnosti by nevznikla současná zemědělská půda. V současné době je ale problémem urychlená eroze, způsobená negativními zásahy člověka. Odnos půdních částic je pak daleko rychlejší, než je rychlost tvorby půdy.

Rozlišujeme erozi vodní a větrnou. **Vodní** eroze je způsobena dopadem dešťových kapek na povrch půdy. Nechráněná půda je nadměrně rozrušována a poté následným plošným nebo soustředěným odnosem v erozních rýhách odplavována. Vodní eroze může být vyvolána i proudící vodou (tzv. fluviální eroze). **Větrná** eroze je způsobena působením větru na povrch půdy. Půdní částečky jsou vyfoukávány pryč, přičemž primárně jsou odnášeny právě ty částice, které vytvářejí kvalitní půdní strukturu. Větrná eroze je pak často i zdrojem prašnosti. Na holých nechráněných svazích je negativním jevem tzv. gravitační eroze, která způsobuje pohyb půdy, ale i hornin a může mít katastrofické následky.

Hlavní příčiny nadměrné eroze

- nadměrné zornění zemědělské půdy, které je v současnosti vyšší než 70 %
- nevhodné hospodaření na zemědělské půdě, např. orba po spádnici, používání nadměrně těžké mechanizace, orba za nevhodné vlhkosti aj.
- nevhodné uspořádání pozemku – pozemek by měl být situován delší stranou kolmo na směr převládajících větrů
- scelování pozemků v minulosti, které vedlo k nárůstu velikosti pozemků a s tím k souvisejícímu odstranění vegetace a přirozených větrolamů
- odstraňování prvků, které mají protierozní funkci, jako jsou stromořadí v krajině, protierozní meze či polní cesty
- nevhodná volba plodin, např. velkoplošné pěstování širokořádkových plodin, které mají nedostatečný protierozní účinek, nebo jejich pěstování na svažitých pozemcích

Eroze odnáší svrchní bohatou část půdy – **ornici**. Ta na řadě míst již z polí zcela zmizela, ale uložila se v plochých nivách řek, které jsou tím pádem náchylnější k záplavám.

Eroze půdy je nejvýznamnějším faktorem úbytku organické hmoty v našich půdách a výrazně snižuje úrodnost půd – tím, jak mizí organická hmota, je z půd odplavován i dusík a fosfor. Půdy je nutné více hnojit, ale přesto dávají nižší výnos, neboť snaha o kultivaci podorniční orbou a hnojením organickými nebo minerálními hnojivy nemůže tyto ztráty ani zdaleka kompenzovat. Nejsilnějšímu stupni vodní eroze je vystaveno celých 46 % zemědělské půdy v České republice. Erozí jsou poškozeny klíčící rostliny, které na silně erodovaných pozemcích jen stěží přežívají. Mimo pozemky dochází k zanášení komunikací. Eroze půdy navíc úzce souvisí se znečištěním povrchové i podzemní vody – dochází k tvorbě sedimentů ve vodních tocích nebo ve vodních nádržích.

S erozí jsou spjaté i další negativní jevy, jako úbytek organické hmoty nebo sesuvy.

K **úbytku organické hmoty** dochází jak vlivem eroze, tak nedostatečným hnojením klasickými organickými hnojivy, tedy hnojem. Česká republika produkuje asi 130 % své spotřeby obilí, ale jen asi 40 % své spotřeby masa. Problémem je i velká popularita bezstelivových chovů. Výsledkem je nedostatek organických hnojiv, a tím i zhoršování půdních poměrů.

K **sesuvům půdy** dochází při narušení stability svahu, a to jak přírodními činiteli, tak působením člověka. Sesuvy mají často katastrofické následky. K nestabilitě svahů přispívá i zvýšení obsahu vody v půdě nebo v horninách. Voda mění pevnou vazbu mezi zrny a může působit jako mazadlo usnadňující klouzání. Specifickým případem velmi nebezpečných sesuvů jsou tzv. sopečné bahnotoky (lahary), které vznikají sycením vulkanického materiálu vodou a následným pohybem celé směsi do nižších poloh vlivem gravitace.

Zábory půdy, i když jsou v tomto výčtu uvedeny na posledním místě, se v poslední době dostávají do popředí degradačních jevů. Zábory půdy jsou nevratným procesem v zemědělské krajině a ztrátou neobnovitelného přírodního zdroje. Ve vyspělých zemí EU dosahují zábory půdy řádů tisíců hektarů denně. Naši předkové si přitom nebezpečí záborů půdy dobře uvědomovali – například i hřbitovy se leckde zakládaly na bývalé lesní půdě někde na kamenitém kopci, aby ani nebožtíci „neujídali obilí“ živým. Od první republiky jsme v České republice přišli o 20 % orné půdy a i v této době každý den přicházíme o půdu o rozloze průměrné tradiční farmy. Úbytek půdy má negativní vliv také na stabilitu vodního režimu v krajině, včetně zvýšení vlivu povodní a záplav. Zatímco na území porostlém vegetací se 95 % srážek vsákne, na zastavěných betonových plochách dochází k minimálnímu vsaku a 90 % vody odteče. Již dnes přitom v České republice zabírají zcela zpevněné plochy, pokryté asfaltem, betonem nebo jiným nepropustným povrchem, plochu odpovídající velikosti Lucemburska.

4.4.3 Řešení pro obnovu ekosystémové funkce

Ke snížení nebo zastavení nadměrné eroze můžeme využívat celou řadu protierozních postupů. K základním zásadám protierozních opatření patří trvalá ochrana povrchu půdy před účinkem dešťových kapek, zamezení soustředěného povrchového odtoku a zajištění míst přirozeného soustřeďování povrchového odtoku.

Technická protierozní opatření

- **Vyztužení svahů stěnami** – jde o opatření na ochranu svahů proti sesouvání. Zdi mohou být z různého materiálu. Nejefektivnější koncept se používá již od 7000 let př. n. l., kdy Egypťané zpevňovali břehy rákosovými koši s kamením. V současné době se používají drátěné klece plněné kamením, navzájem provázané. Výhodou je plnění místními materiály, nevýhodou je koroze, která koš časem zničí.
- **Vyztužení svahů sítěmi** – jedná se o krátkodobé protierozní opatření, které má zabránit erozi do doby, než na daném místě vyroste tráva a stromy, které svah zpevní. Používá se pro nepříliš strmé svahy. Sítě mohou být z přírodních nebo umělých materiálů. Přírodní jsou levnější a nepředstavují odpad, umělé materiály jsou trvanlivější, časem se však také (mechanicky) poškodí.
- **Protierozní nádrže** – slouží k zachycení a akumulaci vody a k usazování naplavenin. Budují se suché nádrže (poldry) nebo nádrže s vodním obsahem. Ne každé místo je vhodné pro vybudování nádrže. Nádrž musí být dostatečně velká, aby zachytila nadstandardní příliv vody. Nádrže je nutno jednou za čas nebo po povodni opravit a zbavit naplavenin.
- **Protierozní meze** – jsou složeny ze tří základních částí: vsakovacího pásu nad mezí, meze a odváděcích prvků. Využívají se zejména na dlouhých svazích, kde rozčleňují svah a snižují rozběhovou dráhu povrchového odtoku. Vytvoří na svahu mírnou terénní „vlnu“, která brzdí a zastavuje vodu proudící po svahu dolů. Nevyžadují přílišnou údržbu, mají navíc význam ekologický a estetický.

Protierozní nádrže a meze jsou z hlediska samotné ochrany půdy před erozí nejméně účinné – půda nad a podprvkem není proti erozi příliš chráněna, pokud se nevyužije další protierozní opatření. Jejich význam spočívá zejména v protipovodňové ochraně a v eliminaci škodlivého působení srážkových vod.

Biologická ochrana

- **Celoplošné ochranné zatravnění** – využívá se zejména při větším sklonu terénu. Jedná se o nejúčinnější protierozní opatření z důvodu velmi účinného vegetačního zpevnění. Upřednostňovány jsou výběžkaté trávy, které tvoří pevný drn. Účinek zatravnění je velmi rychlý – ke snížení eroze dochází již v prvních dvou měsících.
- **Travní pásy** – zatravnění se využívá zejména v oblastech drah soustředěného odtoku, tedy údolnic, kde dochází k soustřeďování odtékající vody. Travní pás musí být dostatečně široký. Rizikovým místem zatravněných údolnic je přechod mezi plochou pozemku a prostorem zatravněné údolnice. V tomto místě je třeba brát zřetel na to, aby zde nevznikla nevhodným obděláváním brázda nebo hrázka, která by bránila přítoku vody do zabezpečené údolnice.
- **Ochranné zalesnění** – společně se zatravněním má nejvyšší protierozní účinnost. Využívá se jak plošné zalesnění, tak ochranné lesní pásy. Výsadby pásů stromů a keřů pomáhají tlumit větrnou erozi a nabízejí úkryt živočichům a možnosti hnízdění ptákům.
- **Zatravnění meziřadí** – jedná se o zatravnění meziřadí v erozně ohrožených sadech, vinicích a chmelnicích. Nevýhodou je nutnost sečení, riziko přemnožení hlodavců či ztráta vody a živin v ochranném porostu.
- **Protierozní rozmisťování plodin** – jde o organizační opatření prostřednictvím promyšleného osevního postupu. Nejstrmější svahy je nutné zatravnit, protože travní porosty a jeteloviny mají nejvyšší protierozní účinek. Na svažitých, erozí ohrožených pozemcích je vhodné pěstovat pouze úzkořádkové plodiny (obilniny, luskoviny) a využívat meziplodiny. Širokořádkové plodiny (kukuřice, slunečnice, brambory, cukrovka) je doporučené pěstovat pouze na mírně svažitých pozemcích (tj. do sklonu o velikosti 3°).
- **Agrotechnické protierozní postupy** – do této speciální skupiny opatření patří zejména výsev do ochranné plodiny, strniště, mulče nebo posklizňových zbytků či bezorebné osevní postupy.

4.5 Zdroj pitné vody

Voda se v krajině vyskytuje v mnoha podobách a ve všech skupenstvích. V zásadě je však možno rozdělit vodu na podzemní a povrchovou.

- **Podzemní voda** – vyskytuje se v podobě pramenů, lázeňských vývěrů, lokálních zvodní nebo kolektorů (někdy jsou k podzemním vodám přiřazovány i vody důlní či léčebné) v závislosti na lokálních, např. klimatických podmínkách v různém skupenství, a její část představuje významný zdroj potřebných živin pro vegetaci, respektive pro jejich transport ke kořenům.
- **Povrchová voda** – sem patří voda v podobě vodních toků (v závislosti na konkrétních krajinně-ekologických podmínkách) nebo akumulovaná v nejrůznějších nádržích přirozeného nebo umělého původu. Povrchové vody nacházíme v krajině všude tam, kde je infiltrační kapacita geologického podloží buď překročena, nebo dosahuje hodnot, které ho charakterizují jako nepropustné.

Určitým přechodem mezi vodami podzemními a povrchovými jsou nejrůznější podmáčené lokality nebo mokřady, kde hladina vody kolísá v závislosti například na ročním období nebo geologických podmínkách.

Voda, respektive vodní toky mohou být považovány za páteř ekologické stability. Voda v podobě nádrží se stává významným koncentračním jádrem ekologické stability krajiny. Aby mohla tyto funkce plnit, je nutné si uvědomit, že voda ovlivňuje jak biotickou složku krajiny, tak i abiotickou. A obě tyto složky zpětně ovlivňují složku hydrickou.

Samočisticí schopnost je soubor přirozeně probíhajících fyzikálních, chemických a biologických procesů, které snižují znečištění vody až do přirozeného, původního stavu. Jednotlivé procesy probíhají zároveň a jsou úzce propojené, nelze je oddělit. Jejich poměr závisí na charakteristice toku nebo nádrže. Nejdůležitějším činitelem, který se podílí na samočištění, jsou **mikroorganismy**. Proces samočištění probíhá v každém přirozeném neznečištěném nebo člověkem neovlivněném vodním systému. Z ekologického hlediska je to přirozený autoregulační proces, kterým se vodní ekosystémy vrací do původního stavu dynamické rovnováhy.

4.5.1 Zákonitosti ekosystémové funkce a příklady ekosystémů

Samočisticí pochody probíhají ve všech typech vod. Ve vodách tekoucích je tento proces obvykle rychlejší a účinnější než ve vodách stojatých. Nejúčinněji a nejrychleji probíhá v mělkých peřejnatých tocích, kde voda obsahuje velké množství rozpuštěného kyslíku, který je pravděpodobně nejdůležitějším faktorem ovlivňujícím proces samočištění, a kde dochází k častému kontaktu molekul znečištění s mikrobiálními nárosty (biofirmy) na dně a tělesech ponořených ve vodě. Na druhé straně ve vodách pomalu tekoucích a stojatých, jež vlivem vyšší teploty obsahují nižší množství rozpuštěného kyslíku a v nichž dochází k sedimentaci znečišťujících látek, je samočištění výrazně pomalejší. Samočisticí pochody jsou zpravidla rychlejší a účinnější během letního období, a to především díky vyšší aktivitě (metabolické a degradační) mikroorganismů.

Faktory ovlivňující rychlost samočištění

- chemické složení a koncentrace znečišťujících látek (viz dále)
- rychlost proudění, které má vliv na míru sedimentace a provzdušňování vody, tedy difúzi atmosférického kyslíku do vody
- hloubka vody, jež ovlivňuje prostupnost vody pro světlo, a tím také fotosyntézu vodních zelených organismů (autotrofních organismů)
- teplota vody, která nepřímo ovlivňuje množství rozpuštěného kyslíku
- kyslíkové poměry, jež udávají, zda budou ve vodě probíhat procesy aerobní (oxidační), nebo anaerobní (redukční)

Dělení samočisticích pochodů

A) Fyzikální jsou spolu s biologickými procesy nejvýznamnější.

- **disturbance** (narušování) větších povrchů prouděním vody a posouváním po dně
- **retence**, **akumulace** a **sedimentace** nerozpuštěných částic
- vzplývání lehkých částic na hladině, jejich shlukování a vyplavování na břehy, zachycování v porostech vyšších vodních rostlin (makrofyt), v kořenech stromů apod.
- **sorpce** (zadržování) znečišťujících látek na povrchu části dna a břehů
- **disperze** (rozptyl), promíchávání a ředění znečišťujících látek
- **difúze** plynných látek z vodního prostředí do ovzduší
- působení slunečního záření (**fotodegradace** – rozklad látek působením slunečního záření, podpora fotosyntézy), tepelná stratifikace vodního sloupce v období letní a zimní stagnace
- **ředění**
- **mísení**

B) Chemické procesy se uplatňují méně než pochody fyzikální a biologické.

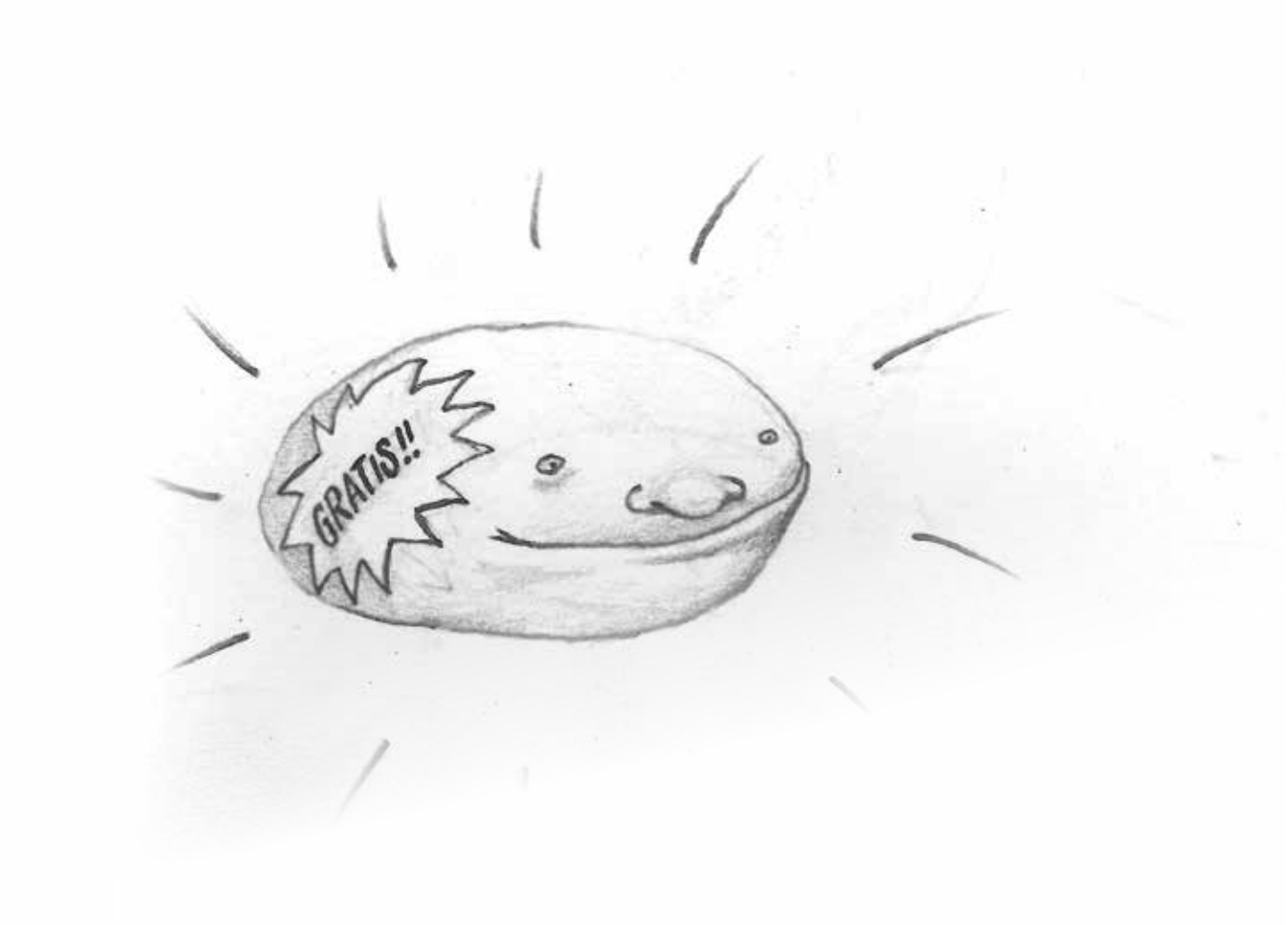
- **hydrolýza** – rozpouštění ve vodě; rozkladná reakce, při které se spotřebovává voda
- **oxidoredukční reakce** – chemické reakce, při kterých se mění oxidační čísla atomů, tzn. atomy přijímají nebo odevzdávají elektron/y; u hladiny probíhá oxidace – imobilizace znečišťujících látek, u dna redukce – opětovné uvolnění do vodného roztoku
- **hydratace** – bobtnání; daná látka se sytí vodou
- **iontová výměna** – pochod, při kterém iontoměniče (tj. pevná fáze) ve styku s roztokem ztrácejí své sorbované ionty, jež jsou vytěsňovány ionty z roztoku, tj. dochází k výměně iontů. Přírodními iontoměniči jsou především jílové minerály a zeolity

C) Biologické, respektive **biochemické** procesy jsou zpravidla nejdůležitějšími pochody v procesu samočištění, které ovlivňují jak látky nerozpuštěné, tak i rozpuštěné. Biologickými pochody dochází zpravidla k přeměně látek organických, jež jsou tímto zapojovány do koloběhu látek v rámci jednotlivých trofických úrovní. Nejdůležitější úlohu hrají mikroorganismy, především bakterie a mikromycety (tzv. vodní hyfomycety).

organická hmota → bakterie → prvoci → vířníci, korýši a larvy hmyzu → ryby → rybožraví ptáci/savci

Podle chování organických látek ve vodě a schopnosti mikroorganismů tyto látky využívat jako zdroj energie (tzn. spotřebovat je na tvorbu vlastní biomasy nebo na energii vlastního těla) a transformovat je na látky jednodušší, je dělíme na lehce nebo obtížně rozložitelné a nerozložitelné, biochemicky stabilní a rezistentní.

Rozložitelné organické látky jsou ve vodním prostředí postupně převáděny na jednodušší sloučeniny, při úplném rozkladu až na základní anorganické sloučeniny (oxid uhličitý, voda, amonné ionty atd.). Tyto látky mohou negativně působit pouze při vyšších koncentracích především ovlivňováním kyslíkové bilance (kyslík je spotřebováván při jejich rozkladu = aerobní proces). Rezistentní sloučeniny se nijak nemění. Často mají schopnost akumulace v sedimentech a díky potravnímu řetězci i ve vodních a následně i suchozemských organismech (rybožraví ptáci a savci). Tyto látky mohou mít toxické, karcinogenní (rakovinotvorné), mutagenní a teratogenní (ovlivnění nenarozeného plodu) účinky.



Metabolické pochody mikroorganismů lze zjednodušeně rozdělit na aerobní (za přítomnosti kyslíku) a anaerobní (v bezkyslíkatém prostředí). Obecně platí, že aerobní jsou v procesu samočištění významnější, probíhají rychleji a zapojuje se do nich větší spektrum organismů.

Jak to může vypadat ve skutečnosti? Představte si horský potok. Voda je chladná a díky množství překážek a velkému spádu také značně provzdušněná. Jakékoli znečištění, jež může pocházet jak z přirozených, tak i antropogenních zdrojů, je okamžitě zlikvidováno především působením mikroorganismů na říčním dně, kterých je zde v poměru k šíři toku velké množství, protože balvanitost dna zvyšuje styčnou plochu mezi vodou a podkladem. Tento potok po čase protéká například vesnicí, chalupářskou oblastí nebo zemědělsky intenzivně obhospodařovanou krajinou. Všechna tato místa mohou být zdroji znečištění vody v toku. Pokud k tomu dojde v únosné míře, pod zdrojem znečištění se namnoží druhy (především vodní zelené organismy). Je to proto, že znečištění (pokud není vysloveně toxické, z chemických závodů apod.) představuje pro tyto organismy potravu. Díky tomu, že jsou znečišťující látky postupně zabudovávány do těl mikroorganismů, a tak i do potravního řetězce, klesá postupně jejich koncentrace ve vodě. S rostoucí vzdáleností od zdroje znečištění je tedy postupně voda čistší a čistší.

Příkladem ekosystému mohou být úseky toků řek těsně pod údolními nádržemi. Ačkoli voda v nádrži může mít značně zhoršenou kvalitu, ekosystém vodního toku pod hrází často charakterem odpovídá horskému toku. Děje se tak v případech, kdy je z nádrže vypouštěna voda ze spodní části vodního sloupce, která je (především při letní stagnaci) podstatně chladnější než voda u hladiny. Při přepadu se difúzí z atmosféry obohatí o kyslík, a jak už bylo řečeno, teplota a obsah kyslíku jsou základními podmínkami procesu samočištění. Další podstatnou skutečností je i fakt, že voda takto vypouštěná z nádrží je prostá suspendovaných částic, které se během zdržení vody v nádrži usadily. Vodní sloupec v toku je tak vysoce průchozí pro světelné paprsky. Dalším příkladem jsou také rybníky a malé vodní nádrže, v nichž dochází k sedimentaci suspendovaných částic.

Člověk využívá této schopnosti vodních ekosystémů v čistírnách odpadních vod, a to jak kořenových, tak i klasických, které využívají především procesy nitrifikace a denitrifikace. Proces nitrifikace má dva stupně. Nejprve je amoniakální dusík oxidován pomocí bakterií Nitromonas, Nitrococus, Nitrospira, Nitrocystis na dusitany, které jsou pak oxidovány na dusičnany pomocí bakterií rodu Nitrobacter a Nitrocystis. Nitrifikační bakterie také částečně spotřebovávají ke své výživě fosforečnany obsažené ve vodě. Nitrifikace probíhá pouze za přístupu kyslíku, jde tedy o aerobní proces. V bezkyslíkatém prostředí dochází k redukci dusičnanů postupně až na elementární dusík (tj. dvouatomovou molekulu dusíku). Tento proces se nazývá denitrifikace. Denitrifikační i nitrifikační bakterie spotřebovávají ke své výživě fosfor obsažený ve vodě. Na denitrifikaci se podílejí především bakterie rodu Denitrobacillus, Pseudomona a Micrococcus.

Kořenové čistírny odpadních vod (KČOV) jsou v podstatě založené na co možná nejvíce zintenzivněné samočisticí schopnosti vodního prostředí. V současnosti jsou nejefektivnější KČOV v kaskádovém uspořádání, kdy je za sebe řazeno několik polí. Nejčastějším typem jsou KČOV s horizontálním povrchovým prouděním, které mají charakter plošného přeronu na plochách s vlhkomilnými a mokřadními rostlinami. Rostliny snižují průtočnou rychlost odpadní vody, a tím napomáhají dostatečnému styku vodního prostředí s ovzduším a následně dobrému okysličení. Jednotlivá pole jsou vyplněna filtračním materiálem (štěrkopísky, štěrky, vysokopecní struskou apod.), který je nejen substrátem pro zakořenění makrofyt, ale také prostředím pro rozvoj mikroorganismů a sorbuje suspendované látky a část mineralizovaných látek.

4.5.2 Selhání ekosystémové funkce

Znečišťující látky

V přirozených podmínkách jsou nejčastějšími znečišťujícími látkami látky organické a nerozpustné, tzv. **anorganické kaly.** Vody s anorganickými kaly nejčastěji působí svou mechanickou silou, kalí vodu a brání přístupu světla. Tím se snižuje nebo zcela zastavuje fotosyntéza. Škodlivé je i zanášení žaber vodních organismů, případně jejich další poškozování například ostrohrannými suspendovanými látkami. Tyto zákaly jsou nejčastěji způsobovány splachy zemin za působení intenzivních srážek. V případě erozivního povodí (například říčky Trkmanky na jižní Moravě) je tento stav trvalý, ve většině případů se ale jedná pouze o dočasnou situaci.

Organicky znečištěné vody nejvíce ovlivňují koncentraci rozpuštěného kyslíku ve vodě a v sedimentech. V neznečištěných vodách je relativně malé množství organické hmoty rychle asimilováno flórou a faunou. Část je zkonzumována detritovory (detritofágy, kteří konzumují odumřelou hmotu) a zapracována do jejich biomasy. Zbytek je rozložen bakteriemi a houbami, jež jsou pak samy zkonzumovány organismy vyšší trofické úrovně. Výsledkem aktivity mikroorganismů je rozklad složitých organických molekul na jednodušší anorganické látky, jako fosfáty a nitráty, oxid uhličitý a vodu. Během těchto procesů je spotřebováván kyslík. Pokud je organické zatížení pouze lehké, je tento spotřebovaný kyslík rychle doplněn díky fotosyntéze vodních organismů, případně difúzí z atmosféry (minimum) = reaerace.

Pokud však přísun organického materiálu převýší asimilační kapacitu systému, nastává řada změn. Jak významné tyto změny budou, závisí především na množství organického materiálu, jeho původu a fyzikálních charakteristikách toku/nádrže, především na teplotě vody a množství rozpuštěného kyslíku.

Zvýšené množství organických látek stimuluje aktivitu aerobních rozkladačů. Pokud rychlost jejich spotřeby kyslíku převýší rychlost reaerace vody, koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě bude postupně klesat. Tento fakt sám o sobě může vést k tomu, že začnou mizet druhy náročné na obsah kyslíku. Tyto pak mohou (ale nemusejí) být nahrazeny druhy na kyslík nenáročnými. Je-li pokles koncentrace kyslíku příliš velký, aerobní rozkladači nebudou schopni dále fungovat a dominantními se stanou druhy anaerobní.

Důsledkem znečištění vody a omezené nebo žádné samočisticí schopnosti je změna druhového složení (biodiverzity) a početnosti (abundanci) jednotlivých druhů. Narušení prostředí vyvolané znečišťující látkou zpravidla vede k vymizení citlivých druhů a k masovému výskytu jednoho či několika málo druhů, které jsou k danému znečištění odolné. V ekosystému, který je v dynamické rovnováze, existuje mnoho druhů v relativně malém počtu jedinců od každého druhu, v narušeném systému je několik málo druhů v obrovských počtech.

Příkladem je **eutrofizace** (úživnost). Jedná se o proces zvyšování obsahu živin v povrchových vodách a půdách. Eutrofizace je přirozený jev, který v důsledku lidské činnosti překročil v zasažených ekosystémech přijatelnou mez. Viditelným důsledkem eutrofizace je zarůstání povrchových sladkovodních i mořských vod vodním květem sinic a řas. Přítomnost látek rozložitelných bakteriálně v odpadních vodách umožňovala prudký nárůst mikrobiální aktivity, jehož důsledkem bylo spotřebování rozpuštěného kyslíku. Následoval úhyn ryb a dalších vodních organismů. Nedostatek kyslíku ve vodách byl prvním pozorovaným projevem zvýšeného množství živin ve vodách. Vedle biologicky rozložitelných látek jsou hlavní příčinou eutrofizace především emise nutrientů – dusíku a fosforu ze splaškových či odpadních vod, splachů z uměle zahnojovaných polí a z pracích prostředků. Nadměrný nárůst živin v prostředí má za následek nežádoucí změny v druhovém složení ekosystémů či výrazný nárůst biomasy často nežádoucích organismů. Eutrofizací

jsou postiženy především menší sladkovodní ekosystémy, velká sladkovodní tělesa a moře a půdní ekosystémy.

Eutrofizované vody vlivem nadměrného obohacení živinami podporují rozvoj primárních producentů (autotrofních organismů schopných fotosyntézy) a následně dochází buď k nadprodukci biomasy fytoplanktonních organismů (sinic a řas rozptýlených ve vodě), nebo k zvýšenému rozvoji vodní makrovegetace, případně se objevují makroskopické nárosty vláknitých sinic a řas na ponořených podkladech. Vysoká biomasa fytoplanktonu způsobuje (vlivem své fotosyntetické aktivity) růst pH vody (často nad hodnoty 9,0) a nadměrnou spotřebu kyslíku v blízkosti dna vodního tělesa.

Největším zdrojem znečištění vod jsou odpadní vody (OV) z různých antropogenních zdrojů, které je možné rozdělit do několika skupin.

- **Komunální (městské) splaškové vody –** městské OV jsou vody z domácností a v případě jednotné kanalizace také dešťová voda. Jejich množství stejně jako složení závisí na způsobu života obyvatel, životní úrovni a technické vybavenosti domácností i obce. V odpadních vodách splaškových jsou látky rozpuštěné i nerozpuštěné. Nerozpuštěných bývá 90 g/osobu/den. Splašky také často obsahují velké množství tuků – až 20 mg/l. Látky, které představují velký problém především pro vyšší vodní živočichy, jsou hormony (původem z antikoncepce), které nejsou ani nejmodernější ČOV schopné zachytit.
- **Průmyslové odpadní vody –** jednotlivé druhy průmyslových OV mají charakteristické složení podle výroby, z níž pocházejí. Mezi nejdůležitější odvětví, které mají zásadní vliv na vodní recipienty, patří papírenský průmysl (organické, těžko rozložitelné látky); chemický průmysl; cukrovary a škrobárny a ostatní potravinářský průmysl (OV z potravinářského průmyslu bývají často složením podobné městským OV, avšak koncentrace znečišťujících látek především organického původu je nesrovnatelně vyšší); textilní a koželužní průmysl (organické znečištění a výrazné zabarvení vody); těžba a úprava uhlí a rud (důlní vody bývají často silně zasolené, kyselé, s obsahem těžkých kovů, někdy radioaktivní, často s vysokým podílem nerozpustných látek); elektrárny (voda se používá nejvíce pro chlazení, takže má změněnou teplotu, většinou obsahuje anorganické rozpuštěné i nerozpuštěné látky); kovoprůmysl (OV často obsahují těžké kovy, jedovaté kyanidy, kyseliny z moření, oleje a emulze z obráběcích chladicích kapalin, rozpouštědla apod.).
- **Zemědělské odpadní vody** – zemědělská výroba produkuje málo odpadních vod jako takových, daleko závažnější znečištění pochází z tekutých odpadů, jako je močůvka, kejda apod. Během zemědělské činnosti může také docházet ke znečišťování vodních recipientů oleji a mazivy ze zemědělské techniky, průsaky silážních šťáv atd.
- **Znečišťování vod srážkami a spady** – znečišťující látky v ovzduší se mohou navázat na vodní kapky a s dešti dopadat na zem. Důsledky tzv. kyselých dešťů, jejichž pH dosahovalo hodnot až 3, se projevily na horských lesních porostech například v Jizerských a Krušných horách a také na aciditě horských toků. Deště, které z ovzduší vyplavují nutriety (N a P), přispívají k procesu eutrofizace.

Opatření, která snižují samočisticí kapacitu vodních toků

- napřimování a zahlubování toků – menší doba zdržení, omezená možnost provzdušňování vodního sloupce
- opevňování koryt – redukce nárůstových společenstev (litorál, břehové porosty, menší plocha pro tvorbu biofilmu)
- zesplavňování toků
- nevhodná zemědělská činnost – splachy ze zemědělských pozemků způsobují zanášení koryt i nádrží, snižují průtočnou kapacitu, přinášejí s sebou živiny, které podporují eutrofizaci, a někdy také další znečišťující látky

Příklady poškození samočisticí schopnosti vody

Rtuť

Chemická továrna v japonském zálivu Minamata vypustila v období let 1932–1970 asi 600 tun rtuti v odpadních vodách. Teprve počátkem 70. let byly pozorovány změny chování u živočichů. Vodní ptáci ztráceli orientaci při letu, chobotnice se pohybovaly u břehu a bylo je možné chytit rukama, kočky na pobřeží umíraly v křečích. Všechny změny ukazovaly na poškození nervové soustavy. Vysvětlení bylo jednoduché: rtuť jako kov při reakci se sulfanem zreagovala na rtuťnatý kationt, který se může zapojit do metabolismu mikroorganismů. Vznikají organokovové sloučeniny, které se snadno dostanou do potravního řetězce.
Dalším příkladem znečištění vodních zdrojů rtutí je těžba zlata, například v Ulambátaru. Rtuť se používala na oddělení stěrku od zlata. Přestože je dnes tato metoda zakázaná, těžaři ji používají a nedodržují ani základní zákonná nařízení, jako je vzdálenost těžby od zdrojů pitné vody.

Studny na ukládání škodlivin

Roku 1832 se na břehu kanálu Ourcq, který zásoboval Paříž pitnou vodou, začala hloubit studna Bondy. Díra dosáhla hloubky 70 metrů a měla vstřebávat znečištěnou vodu. Byla ustanovena zvláštní komise, která dohlížela na výstavbu a bezpečnost skládky. Znalost podzemního oběhu vody byla však tenkrát ještě velmi nedostatečná. Propustnost definoval až o několik let později pan Darcy. Komise tehdy konstatovala, že změny v podzemí kolem studní jsou malé a že se může beze strachu pokračovat v ukládání nejrůznějších škodlivin. Studně Bondy se stala jednou z nejnebezpečnějších. Jednak proto, že byla uvedena do provozu v době, kdy v Paříži řádila cholera, a také proto, že není zjistitelné, co všechno je v ní uloženo. Dynamika podzemních vod je ještě málo známá a kromě toho je nutno počítat i s narušením lidskou činností. Neznámé přemístění vody znemožňuje sledovat pohyb škodlivin a zjistit jejich současné rozložení. O vývoji mikrobiologické fauny v tomto prostředí víme jen velmi málo. A znečištění se vrací znovu na povrch.

Ropa

Rozsáhlé znečištění způsobují ropné deriváty a detergenty, které snižují oxidační schopnost vody, tzn. ničí bakterie důležité pro přirozené čisticí procesy. Závadnost se projevuje již od jednoho miligramu v jednom litru. Tankery, které převážejí ropu, jsou nejen obrovským potenciálním nebezpečím, ale navíc při vypuštění převezené ropy se musí tanker napustit vodou z důvodu stability a tato voda je pak vypouštěna do moře. Obrovským problémem jsou také havárie ropných tankerů, které představují obrovskou zátěž pro okolní ekosystémy.

4.5.3 Řešení pro obnovu ekosystémové funkce

Samočisticí schopnost vodního toku je zásadním způsobem limitována zejména dobou a intenzitou kontaktu mezi znečištěnou vodou a povrchem koryta. Ztráta přirozené členitosti koryta vodního toku tak významně snižuje míru jeho samočisticí schopnosti.

- Revitalizace vodních toků – členitost trasy, příčného i podélného profilu (jezy, zdrsněné dno, balvanité záhozy atd.) způsobují variabilitu rychlosti proudění i hloubky. Revitalizované koryto vodního toku by v ideálním případě mělo mít přiměřeně malou kapacitu (velké vody se rozlévají do nivy), mírný podélný sklon, rozvlněnou trasu (meandrování) a větší drsnost (členitý profil).
- Proudící voda má vyšší samočisticí schopnost – mrtvá ramena a bahnité stojaté vody jsou chudé na kyslík, proto je třeba je zprůtočnit.
- Delší doba zdržení vody v krajině – vodu zpomalují meandrující toky, průtočné nádrže apod.

PŘÍKLADY PODPORY SAMOČISTICÍ SCHOPNOSTI VODY

Vodní nádrž v k. ú. Želeč (okr. Prostějov, Olomoucký kraj)
Jedná se o malou víceúčelovou vodní nádrž. Hlavním důvodem výstavby byla její retenční schopnost, díky níž je schopna v době minimálních průtoků zajistit takový průtok, aby byl zachován vodní ekosystém toku. Kromě toho nádrž slouží také jako rekreační a protipovodňová. Plocha 5,29 hektarů je využita ke zvýšení samočisticí schopnosti a ke zlepšení kvality vody.

4.6 Regulace přírodních pohrom

Přírodními pohromami jsou odpradávna nazývány takové jevy, které přicházejí nečekaně a mají ničivé následky pro lidskou společnost a její výtvory. Patří mezi ně například zemětřesení, sopečná činnost, záplavy, ale také sucha, extrémní povětrnostní jevy a podobně. Lidé takové jevy v dávnější minulosti přijímali jako nedílnou součást svojí existence a postupem času se učili takové jevy předpovídat a provádět preventivní ochranná opatření.

Většina těchto jevů má původ v přírodních procesech, přírodní ekosystémy mají však zároveň často schopnost tyto jevy tlumit a vyrovnávat jejich následky. Podle teorie Gaia Jamese Lovelocka má dokonce ekosystém planety Země takovou provázanost jednotlivých složek, že si sám své prostředí na planetě vytváří a mnoho takzvaných náhodných jevů je následkem složitých autoregulačních mechanismů, obnovujících homeostázu planetárního ekosystému. Bez ohledu na to, nakolik je tato teorie platná, je jasné, že existují zřejmé závislosti mezi stavem ekosystémů a četností extrémních jevů, případně závažností následků těchto jevů.

4.6.1 Zákonitosti ekosystémové funkce a příklady ekosystémů

Na území České republiky jsou asi nejzávažnějšími pohromami opakující se povodně. Povodně jsou přirozeným jevem, který se pravidelně opakuje v jarních měsících při tání sněhu a odtoku vody z roztátého sněhu z horských oblastí, způsobit je však může i extrémní počasí, jak se v minulosti stalo již několikrát.

Téměř všechna voda, která se dostává na naše území, pochází ze **srážek.** Naše země je tedy závislá na množství srážek, které jsou zdrojem vody. Naše horské oblasti jsou zároveň prameništěm tří toků patřících mezi hlavní toky střední Evropy. Je nutné si uvědomit, že část těchto srážek pochází ze sněhové pokrývky. Toto množství se uvolňuje nárazově při jarních oblevách a táních. Ztráty vody z území (druhá strana rovnice vodní bilance) probíhají především **výparem,** jen asi 29 % z celkově získané vody z území odteče, z toho část ve formě podzemní vody.

Schopnost krajiny vsáknout a zadržet srážkovou vodu se nazývá **retence** a patří mezi hlavní regulační ekosystémové služby. Míra retenční schopnosti určuje odolnost krajiny, s jakou se vyrovnává s extrémními hydrologickými jevy. Vysoká retence území je významná nejen v době záplav, ale také při výskytu opačného kritického jevu – extrémního sucha.

Ekosystémy s vysokou retencí jsou v naší krajině zejména lesy. Les dokáže zadržet srážkovou vodu, a zabraňovat tak jejímu odtoku několika způsoby. Část srážkové vody se zachytí na povrchu vegetace (na listech, jehličí apod.), tomuto jevu se říká **intercepce.** Za vegetace je les v závislosti na svém druhovém složení dřevin schopen zachytit 18 až 36 % srážek. Intercepce lesa se projevuje nejen v lese samotném, ale také v jeho bezprostředním okolí a na plochách obklopených lesem. Vodu zachycují také těla bylin, a zejména mechů. Vodu dopadající na povrch půdy dále zachycuje pokryvný humus, který má stejně jako mechový porost velkou smáčitelnou plochu povrchu.

Srážky, jež nejsou zachyceny na povrchu, pronikají do půdy, vsakují se. Intenzita **vsaku** je dána jeho podmínkami a dalšími faktory, které jej ovlivňují, jsou to zejména půdní poměry a intenzita srážek. Velký vliv má prokořenění a také velká pórovitost půdy. Důležitý je půdní pokryv – v lesních porostech zvyšují intenzitu vsaku právě nadložní humus a mechorosty. Půdní pokryv snižuje energii dopadajících kapek a dále se nevytváří souvislá vodní vrstva. Z půdních pórů může unikat vzduch a póry mohou být zaplněny vodou.

Jak už bylo zmíněno, voda se zpět do atmosféry dostává pomocí výparu. Vypařuje se voda zachycená na povrchu rostlinných orgánů (zachycená v procesu intercepce) a vypařuje se také voda z půdy a z jejího povrchu. Na výparu se nemalou měrou podílí právě vegetace, která svými kořeny odčerpává vodu potřebnou pro svůj růst a v procesu transpirace ji uvolňuje zpět do atmosféry.

V případě zvýšených srážek je proto lesnatost krajiny výrazným faktorem ovlivňujícím vznik **povodňové vlny.**

V naší krajině jsou významnými retenčními oblastmi území mokřadů. **Mokřady** jsou přechodem mezi souší a vodním prostředím a jejich ekosystém je ovlivňován účinky vody. Mokřady jsou mezinárodně chráněny především kvůli zachovávání biodiverzity, značnou pozornost ovšem zasluhuje rovněž jejich vysoká schopnost poutat vodu a být její zásobárnou v období sucha. Mezi mokřadní biotopy patří prameniště, nivní jezera, mrtvá ramena, tůně, lužní lesy, zaplavované a mokré louky, rákosiny, rašeliniště, slatiniště, slaniska apod. (z člověkem vytvořených biotopů mezi mokřady můžeme řadit i rybníky s jejich pobřežními zónami či například odkalovací nádrže).

Na mokřadní biotopy se vážou určitá společenstva, například **pobřežní rákosiny** jsou společenstva tvořící přechod mezi vodními a terestrickými ekosystémy. Charakteristické je pro ně kolísání vodní hladiny. Rákosiny poskytují životní prostředí mnoha bezobratlým živočichům a podílejí se na ochraně břehů proti erozi. Z druhů se zde vyskytuje například třtina pobřežní či chrastice rákosovitá.

Voda, která není zadržena v krajině, se povrchovým a podpovrchovým (podzemním) odtokem dostává do vodních toků. Takto z krajiny trvale odtéká určité množství vody. Velikost a rovnoměrnost **odtoku** závisí na mnoha činitelích. Jsou to klimatické faktory ovlivňující výparnost (sluneční záření, teplota, vzdušná vlhkost a větrné proudění), propustnost geologického podloží, uspořádání vodní sítě a velikost povodí.

Říční ekosystémy jsou přizpůsobeny pohybu vodního proudu a kolísání vodní hladiny. Řeka je propojena se svojí nivou; **niva** je prostředí bezprostředně ovlivněné vodním tokem, které formují povodňové průtoky.

Vzhled přirozeného říčního koryta závisí na mnoha faktorech. Přirozený tok je živý, proměňující se systém; řeka meandruje, na konkávních stranách břehů vymílá materiál, na konvexních stranách jej ukládá. **Meandry** se během času působením vody posouvají a mění svůj tvar. Dochází k přísunu materiálů ze svahů, k erozi břehů a k únosu a ukládání splavenin, přičemž zásadními činiteli jsou typ a morfologie krajiny a druh podloží. Vznikají nová ramena, stará jsou zanášena a proměňují se ve slepá a mrtvá ramena, tůně a vlhké louky. Splaveniny se ukládají podél toku, mění se tvar dna, u ústí vznikají delty. Na dynamiku těchto dějů mají samozřejmě vliv také povodně, často jsou extrémní průtoky pro tvarování koryta určující.

Součástí přirozených říčních niv jsou **lužní lesy,** jež patří opět mezi ekosystémy s vysokou retenční schopností, a poříční mokřady. Tato prostředí společně se slepými a mrtvými rameny a tůněmi umožňují v přirozené říční nivě rozliv toku, a tím přispívají ke snížení rychlosti proudu, tlumení a transformaci povodňové vlny a k eliminaci jejích následků.

Lužní lesy vznikají na místech pravidelně a krátkodobě, nebo dlouhodoběji zaplavovaných (až několik měsíců v roce). Fungují v krajině jako „houba“ sající a zadržující vodu v půdě, organické hmotě, tůních a dalších terénních depresích, vegetaci apod. Lužní lesy se dělí na měkké a tvrdé luhy, dle zastoupení jednotlivých druhů dřevin (název je dán tvrdostí dřeva příslušných druhů dřevin). Obecně se tyto druhy vyznačují tolerancí ke zvýšené hladině podzemní vody, snesou ale i zatopení (u porostů vrby bílé se uvádí až 190 dní v roce). Pro měkký luh jsou typickými dřevinami vrby a topoly, pro tvrdý luh jasany a duby.

V přirozeném prostředí se tedy většina srážkové vody nedostává při dopadu rovnou do koryt vodních toků. Nejdříve je jí část zachycena v krajině, absorbována vsakem a zadržena půdou a vegetací. Teprve voda, která se nestačí vsáknout, putuje odtokem do vodních toků, kde absolvuje poměrně

dlouhou cestu skrze různě tvarovaná koryta, část se jí vsakuje v meandrech a je odčerpávána vegetací. V korytě je její rychlost brzděna jak přirozenými zatáčkami – meandry, tak i přirozenými překážkami a nerovným povrchem dna. Meandry s přilehlou nivní vegetací jsou tak nejen zásobárnou vody pro okolí řeky, ale také důležitým „zdržením" vody při jejím zvýšeném stavu. Při extrémních srážkách a průtocích dochází k tlumení povodňové vlny, což dále zajišťuje možnost rozlití vody do okolí toku. Po celou dobu, kdy voda putuje krajinou, od dopadu na povrch půdy až po pohyb ve vodní síti, je její množství snižováno výparem. Výpar pak dále ovlivňuje vodní režim a klima území.

Činitele ovlivňující vznik povodní jsou samozřejmě součástí přírodních procesů. Může se jednat o specifickou meteorologickou situaci, tání sněhové pokrývky v závislosti na prudké změně teploty, nasycenost území vodou, případně promrznutí půdy a další. **Povodně,** tedy vylití vody z koryta vodního toku, obvykle nastávají souhrou více faktorů. Speciálním případem jsou ledové povodně, kdy je koryto ucpáno masou ledu, což způsobuje zdvih vodní hladiny, a bleskové povodně, které vznikají v závislosti na prudkých přívalových deštích.

Na území České republiky se povodně vyskytují pravidelně v různé míře. Podle své velikosti může mít povodeň různě závažné následky pro okolní krajinu. Lužní společenstva jsou schopna snášet přechodné zatopení, pokud se však voda vyleje z koryta na území jiných ekosystémů, může přechodně dojít ke změně podmínek v takové míře, že zapříčiní přechodnou změnu druhové skladby.

Vzhledem k tomu, že přirozené ekosystémy vznikaly dlouhou dobu, během které docházelo k podobným jevům, jsou ekosystémy v takových případech schopny přirozeně reagovat na změněné podmínky a povodně nebývají v přirozeném prostředí z širšího hlediska významně ničivé.

Pravděpodobnost vzniku povodní se liší v závislosti na místě a roční době. Vyjadřujeme ji takzvanými n-letými vodami (100letá voda, 50letá voda apod.). Jedná se o statistickou hodnotu, kdy číslo „n" znamená časové období, za něž se v dlouhodobém průměru vyskytne příslušný kulminační průtok (nejvyšší průtok povodňové vlny). To znamená, že například v případě 100leté vody se příslušný průtok vyskytne v každém roce s pravděpodobností 1 %.

4.6.2 Selhání ekosystémové funkce

„Před rokem jsem zažil menší povodeň na Lužnici, ale když jsem v obvyklém smrkovém lese odhrabal zhutnělé jehličí, které fungovalo jako došky na středověké chalupě, narazil jsem již v sedmi centimetrech na tak suchou vrstvu, že po zapálení jemně doutnala. V přirozeném lese ve východních Karpatech po delším dešti voda nasákla do svrchní vrstvy půdy tak, že ji každý krok vytlačoval na centimetr vysoko, ale hladina potoka téměř nestoupla." (Cílek, 2005, s. 56)

Výskyt mnohdy velmi ničivých povodní můžeme na našem území vysledovat několik století zpátky. V současné době se v České republice hovoří o změnách hydrologických podmínek v souvislosti s globální klimatickou změnou. Ubývá sněhových srážek, zato přibývá dešťových, které ovšem vykazují nerovnoměrné rozdělení během roku (přívalové deště a dlouhá období beze srážek). Teplotní výkyvy mají vliv na vyšší četnost oblev během zimy a déšť v zimních měsících zase podporuje tání sněhu. Absence sněhové pokrývky (v menší míře také znečištění povrchu sněhu) způsobuje vyšší teploty v zimě; bílý sníh má za normálních podmínek schopnost odrážet sluneční záření, a tím bránit zahřívání povrchu země.

Podíváme-li se na současnou krajinu (nejen) České republiky, zjistíme, že její přirozená podoba je spíše vzácností. Z toho důvodu jsou oslabeny také přirozené regulační procesy, které se uplatňují v případě výkyvů počasí a hydrologických jevů a které zmírňují jejich ničivé následky.

Říční krajina, která by za přirozených podmínek byla schopna mnoha výkyvům odolávat při zachování svých funkcí, má činností člověka pozměněný hydrologický režim. Především je to významné snížení retence. Odlesněním a přeměnou lesní krajiny na zemědělskou došlo již v dávné minulosti k úbytku humusové vrstvy půdy, snížilo se prokořenění a ubylo vegetace schopné poutat vodu. **Intenzivní zemědělství** a používání těžké mechanizace v nedávných dobách dále zapříčinily zhutnění půdy v jejím profilu, což dále omezilo vsak. Zcelováním polí vymizela další místa přirozeného vsaku – meze a remízky. Používáním chemických hnojiv a pesticidů došlo mimo jiné také k omezení mikrobiálního života, a tím nejen k úbytku půdních pórů, ale také k eliminaci humusové složky půdy, která za normálních okolností také napomáhá zadržování vody.

Velkým problémem jsou **aglomerace a zpevněné povrchy** – zástavba, zpevněné cesty a další plochy. Na nich se voda téměř nevsakuje, nýbrž je v zástavbách odváděna do kanalizace a odtud rovnou do koryt vodních toků bez možnosti být po cestě zadržena krajinou. Pokud je voda do koryt odváděna přílišnou rychlostí, dochází k nárazovému zvýšení vodní hladiny a ke zvýšenému průtoku a vzniká povodňová vlna.

Koryta vodních toků jsou často také upravena člověkem. Zejména napřimování a další technické úpravy koryt (prohlubování, zpevňování apod.), označované jako **regulace vodních toků** a počínající již v 18. století, vedou ke zvýšení rychlosti protékající vody (ta je závislá jednak na sklonu, který se přirozeně zvýší, jestliže se na určitém území zkrátí délka toku, a jednak na drsnosti povrchu dna).

Zvýšení rychlosti vody má za následek rychlé odvádění vody z krajiny, ale také rychlejší postup povodňové vlny, zvýšení eroze břehů a vyšší produkci splavenin ukládaných níže po proudu. Vsak, který za normálních okolností probíhá v meandrech, tůních a nivě podél celého toku, je silně omezený. V případě extrémně vysokých průtoků může být tato skutečnost určující pro rozsah a důsledky povodně. Málo řek má dnes svoji přirozenou, periodicky zaplavovanou nivu, jejíž retenční kapacitu bychom mohli využívat. Tomu brání také ohrazování, jehož účelem je právě ochrana před rozlitím vody do říční nivy.

Úpravy vodních toků se realizovaly a realizují z různých důvodů. Jedním z nich je právě protipovodňová ochrana, ale bylo to i získávání půdy pro účely zemědělství a bohužel také stavby, které byly realizovány nevhodně v inundačním (záplavovém) území. Tak docházelo v minulosti ke značnému úbytku lužních a mokřadních společenstev – ekosystémů se schopností vyrovnávat extrémní hydrologické jevy.

Bohužel stavby na tocích, například i vysoké jezy, mosty apod. mohou být při povodni nebezpečím, protože zabraňují přirozenému proudění a mohou způsobovat hromadění unášeného materiálu.

Regulace mají dnes význam především v obcích, kde je nutné ochránit před povodněmi lidská sídla a zabránit rozlití vody. Každá taková úprava s sebou ale zároveň v případě povodně nese riziko ohrožení míst ležících níže po proudu, kde může rychle přitékající voda způsobit právě vznik povodňové vlny a způsobit další škody. Vzhledem ke skutečnosti, že z České republiky odtékají tři významné evropské toky, má selhání ekosystémové služby ochrany před povodněmi na našem území zpravidla následky pro naše sousedy.

Příklady povodní v nedávné historii České republiky

1997

Ničivé povodně na Moravě a ve Slezsku zasáhly Českou republiku nepřipravenou. Specifická meteorologická situace běžná pro období s významnými srážkami nabrala výjimečný a nečekaný vývoj a na začátku července zapříčinila především v povodí **Odry** a **Moravy** historicky dosud nezaznamenané extrémní srážky trvalejšího i přívalového charakteru, zasahující území celé plochy povodí. (Podobná srážková situace se pak opakovala znova v polovině července, ovšem s menší intenzitou.) Vlivem předchozích dešťů byla snížena retenční kapacita povodí, což zvýšilo odtok a způsobilo následné povodně, které měly v horských oblastech charakter spíše bleskových povodní, ale níže na toku Moravy se jednalo o místy až několik kilometrů široké rozlivy do inundačních území. Na řece Moravě byly při kulminaci hladiny zaznamenány 100leté (i vyšší) průtoky a na Odře až 300leté průtoky (v Bohumíně).

Následky povodní byly ničivé. Přímo na tocích došlo k narušení břehů, ke změnám koryt toků a místy i celých údolních profilů, k narušení ochranných hrází, poškození vodních staveb a dlouhodobému zatopení bezodtokových inundací. Dlouhotrvající záplavy si vyžádaly svou daň na středních a dolních částech toků.

V postižených oblastech došlo k přerušení dodávek pitné vody a energií, dopravních spojů, obrovské byly škody na obytných i dalších budovách a poškozena byla také vodohospodářská zařízení, která nebyla na pohromu dostatečně připravena. Relativně malé byly škody na historických stavbách, a to díky jejich výhodnému umístění. Naši předci byli prozíraví. Znehodnocena byla také zemědělská úroda. Nejmenší škody zaznamenala přirozená a přírodě blízká společenstva v nivách.

Podle oficiálních odhadů došlo k povodňovým škodám ve výši 63 miliard Kč, desetitisíce lidí byly evakuovány, mnozí přišli o domovy a majetek. 50 lidí zaplatilo povodně dokonce svým životem.

Za příčiny tak vysokých škod je dnes považován mimo jiné tlak na zástavbu v údolních nivách, spojený s nedostatečnou informovaností o reálné účinnosti protipovodňových opatření, nevhodná realizace staveb v inundačních pásmech, nedostatečné záznamy o zátopových územích a obecně změny ve využívání říční krajiny. Přímo na tocích k příčinám škody pravděpodobně přispěly nevhodně zvolené regulace s nedostatečnou následnou péčí (opravy a čištění koryt).

2002

K další ničivé povodni došlo **v Čechách** v roce 2002, kdy zejména povodí **Vltavy** zasáhly dvě vlny mimořádně vydatných srážek. Situace byla podobná jako v roce 1997, kdy první vlna srážek (první povodňová vlna) měla za následek nasycení retenční kapacity povodí. Druhá vlna pak znamenala rychlý vzestup hladin. Kulminační průtoky v srpnu 2002 překročily hodnoty 100leté, někde až 500leté vody.

Povodeň, která v tomto roce ničivě zasáhla Prahu, vznikla součinností dvou povodňových vln – jedné z odtoku z Vltavské kaskády a druhé povodňové vlny na Berounce.

2009

Třetí z nejničivějších povodní v posledních dvaceti letech na území České republiky se opakovaly také v roce 2009, kdy bylo zasaženo povodí **Labe, Odry** a částečně **Moravy.**

Blesková povodeň

Povodeň v červenci roku **1998** na řekách **Bělá** a **Dědina** v povodí Orlice je typickým příkladem bleskové povodně. Na území o rozloze přibližně 600 km^2 spadlo během 12 hodin (v noci z 22. na 23. 7. 1998) dvakrát tolik srážek, než bylo uváděné maximum z roku 1910, postup povodňové vlny kulminující na 100letém průtoku (na řece Dědina i mnohonásobně vyšším) byl velmi rychlý; hladiny toků stouply už 23. 7. v ranních hodinách. Na řece Dědině způsoboval obrovské škody také unášený materiál (suť, kamení, dřevní hmota apod., který se kupil na zúžených místech koryta a způsoboval při průlomových vlnách další školy. Povodeň zapříčinila škody ve výši 2 miliard korun a bohužel si vyžádala i 6 lidských životů.

4.6.3 Řešení pro obnovu ekosystémové funkce

K obnově ekosystémové funkce ochrany před přírodními pohromami v tomto případě řadíme opatření **povodňové prevence.** Jelikož pouze zdravý ekosystém je schopen tuto službu poskytovat, bude zde na prvním místě částečná nebo úplná **revitalizace částí říční krajiny** a vodních toků a **obnova mokřadů**, dále pak technická a biologická řešení zohledňující geomorfologii koryta.

Mezi speciální revitalizační opatření patří například vytváření a posilování **meandrů** a **obnova mokřadních společenstev.** K dalším technickým řešením můžeme řadit upřednostňování **propustných povrchů** umožňujících vsak v aglomeracích (například zatravňovací dlažby), využívání **zelených střech,** obnovu **tůní** a tvorbu **retenčních nádrží (polderů),** zachování **křivolakosti koryt** při překládání toků, **kamenné záhozy, hatě** apod. Revitalizace mohou být i pasivní – část koryta se ponechá svému přirozenému vývoji.

Na jednom z předních míst je nutno zmínit také obecné **zvyšování retence krajiny** neboli umožnění vsaku vody tam, kde spadla. To ovlivní nejen výskyt povodní, ale eliminuje také výskyt extrémního sucha, tedy jevu opačného k povodním.

V odlesněné krajině nebo na namáhaném svahu bude mít znatelný vliv každý lesní porost, zejména bude-li mít přírodě blízkou druhovou skladbu. Důležité je také zaměřit se na **udržitelnější zemědělské hospodaření.** Zemědělské půdy je v České republice téměř 35 % plochy území, její vliv na odtokové poměry je tedy nezanedbatelný. V zemědělství je tedy nutné zohlednit protipovodňovou prevenci, přizpůsobit jí osevní postupy (například zařazování hlubokokořenících plodin pro předcházení utužení půdního profilu), určitou část orné půdy vyhradit pro remízky a stromořadí, meze, zasakovací pásy, průlehy apod., zaměřit se na zvyšování organické hmoty v půdě používáním statkových hnojiv a pěstováním zeleného hnojení, obnovit půdní edafon značným omezením průmyslových hnojiv a pesticidů atd. Eliminuje se tím nejen povrchový odtok srážkové vody, ale také ztráty cenné ornice splachem do vodotečí.

K povodňové ochraně obecně ovšem patří i další opatření vedoucí k eliminaci již vzniklé povodňové vlny a ke zmírnění jejích samotných účinků. Mezi taková opatření patří zejména stavba různých **hrází** a **povodňových bariér.** Ničivému účinku povodně na lidská sídla je možné předejít také důkladným zvažováním umístění nové zástavby, případně přesunutím stávající zástavby z rizikových území.

Pro dobré výsledky je však nezbytné, aby všechna zvolená řešení tvořila v protipovodňové ochraně jeden funkční systém.

Definice některých řešení povodňové ochrany

Povodňová bariéra – trvalá nebo dočasná mechanická uzávěra, která na vybraných místech uzavře omezený prostor a zabrání jeho zaplavení. Může jít o pytle s pískem nebo i speciální vodotěsné kovové stěny. Dočasná bariéra musí být na místo vložena včas. Bariéry se využívají pouze na ochranu důležitých míst, trvale se většinou nevyužívají, jejich údržba je náročná.

Polder – slouží k zachycení a akumulaci vody a k usazování naplavenin. Poldry jsou suché nádrže, zaplavované jen výjimečně. Ne každé místo je vhodné pro vybudování nádrže. Nádrž musí být dostatečně velká, aby zachytila nadstandardní příliv vody. Nádrže je nutno jednou za čas nebo po povodni opravit a zbavit naplavenin.

Přehrada – vzniká přehrazením toku na vhodném místě pomocí přehradní hráze. Vybudování a udržování hráze může být často velmi nákladné. Zatopení nevratně poškodí dané území. Přehrada slouží hlavně k zachycení a akumulaci vody, výrobě elektrické energie, závlahám a zásobování vodou. Přehrada musí být dostatečně velká a odpuštěná, aby zachytila nadstandardní příliv vody. Přehrady je občas nutno opravit a jejich dno zbavit naplavenin.

Posilování meandrů – meandry (zákruty) zpomalují tok vody a podporují usazování naplavenin. Pomalu proudící voda má v případě povodně menší sílu. Na druhou stranu se koryto postupně zanáší a voda se pak při vyšším stavu v některých místech rozlévá volně do krajiny. Meandry se vytvářejí přirozeně, lze je však vytvářet také mechanicky, např. bagrováním. Posilování meandrů je žádoucí v oblastech, kde se voda může volně rozlévat do krajiny.

Dřeviny – zalesnění pomocí stromů a keřů pomáhá díky kořenům zpevnit půdu a udržet v ní vodu. Různé druhy porostů mají různou schopnost vodu zadržet. Některé druhy stromů jsou schopné vydržet zaplavení i po několik měsíců. Růst kvalitního porostu může trvat i několik desítek let.

Trávy – zatravnění je vhodné na pozemcích s ornou půdou s vyšší sklonitostí. Zejména u svahů se sklonem terénu nad 20 % a v nadmořské výšce nad 800 m. Chráněny by měly být zejména břehy vodních toků a nádrží. Jedná se o levné řešení, avšak plně účinné je až po vytvoření hustého drnu. Pokud je drn poškozen, dochází k erozi.

5. Použitá a doporučená literatura

Arnika [online]. Arnika, © 2010 [cit. 2013-10-13]. Dostupné z: http://arnika.org.

BARTÁK, M. *Udržitelné využívání agroekosystémů* [online]. Praha: ČZU [cit. 2013-10-27]. Dostupné z: vipor.czu.cz/download.php?id_c=1.

Bezprecedentní experiment s planetou pokračuje. *Zmenaklimatu.cz* [online]. [cit. 2013-10-13]. Dostupné z: http://www.zmenaklimatu.cz/cz/novinky/1349-bezprecedentni-experiment-s-planetou-pokracuje2.

CADMAN, M., PETERSEN, C., DRIVER, A. et al. *Biodiversity for Development: South Africa's landscape approach to conserving biodiversity and promoting ecosystem resilience*. Pretoria: South African National Biodiversity Institute, 2010.

CÍLEK, V. *Krajiny vnitřní a vnější*. 2. doplněné vyd. Praha: Dokořán, 2005. ISBN 80-7363-042-7.

CÍLEK, V. *Prohlédni si tu zemi: i když vidíme jen obyčejné věci, stejně toho vidíme hodně*. Praha: Dokořán, 2012. ISBN 978-80-7363-419-3.

COSTANZA, R. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. 1997, sv. 387, s. 253-260.

ČAJKA, A. *Stavba velkých přehrad v Indii: konflikt vizí rozvoje* [online]. 2013 [cit. 2014-01-10]. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta sociálních studií. Vedoucí práce Petr Daněk. Dostupné z: <http://is.muni.cz/th/219746/fss_m/>.

Čím jsou dioxiny nebezpečné? *Ekolist.cz* [online]. [cit. 2013-10-13]. Dostupné z: http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/cim-jsou-dioxiny-nebezpecne.

Další skleníkové plyny – nikoliv nevýznamné. *Meteocentrum.cz* [online]. [cit. 2013-10-13]. Dostupné z: http://www.meteocentrum.cz/zmeny-klimatu/sklenikovy-efekt-dalsi-plyny.php.

DIAMOND, J. M. *Kolaps: proč společnosti zanikají a přežívají*. Praha: Academia, 2008. ISBN 978-80-200-1589-1.

DVOŘÁK, P. Skleníkový efekt. *Infomet* [online]. [cit. 2013-10-13]. Dostupné z: http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1338911962.

Ekologie a průmysl: přátelé nebo nepřátelé? *Green aciton* [online]. [cit. 2013-10-13]. Dostupné z: http://greenaction.cz/teorie/ekologie-a-prumysl-pratele-nebo-nepratele.html.

ENNOS, R. Quantifying the cooling benefits of urban trees. In: JOHNSTON, M., PERCIVAL, G. (ed.) *Trees, people and the built environment*. Edinburgh: Forestry Commission, 2012. ISBN 978-0-85538-849-2.

GLIESSMAN, S. R. *Agroecology. Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. USA: Lewis Publisher, 2000. ISBN 1-57504-043-3.

Glopolis. Plýtvání jídlem jako ekonomický, sociální i environmentální problém. *Media Brief* [online]. Praha: Informační centrum OSN a Glopolis, 2013 [cit. 2013-12-02]. Dostupné z: http://www.osn.cz/soubory/final-media-brief-unic-glopolis.pdf.

GÜNTHER, F. Fossil energy and food security. *Energy & Environment*, 12. 4. 2001, s. 253-273.

GÜNTHER, F. *Ruralisation – integrating settlements and agriculture to provide sustainability* [online]. [cit. 2013-10-27]. Dostupné z: http://holon.se/folke/written/stuff/ines/njfart.pdf.

HAJDU, K. *Služby přírody* [online]. Brno: CEEweb for Biodiversity a Veronica, 2007 [cit. 2013-10-27]. Dostupné z: http://www.veronica.cz/dokumenty/sluzby_prirody.pdf.

HAKROVÁ, P. *Typy vodních ekosystémů (základní charakteristika vodního režimu, rozšíření, význam)* [online]. [cit. 2013-11-17]. Dostupné z: http://pece.zf.jcu.cz/docs/prednasky/Funkce-a-vyuziti-makrofyt-9327f70b8a.pdf.

HAUPTMAN, I., KUKAL, Z., POŠMOURNÝ, K. a kol. *Půda v České republice*. Praha: Consult, 2009. ISBN 978-80-903482-4-0.

Jak stromy čistí vzduch? Lesní park KLIMKOVICE – Občanské sdružení Čisté Klimkovice [online]. [cit. 2013-10-13]. Dostupné z: http://www.lesni-park.cz/tabule/jak-stromy-cisti-vzduch-.

JELÍNEK, A., PLÍVA, P. Emise metanu ze zemědělské činnosti. *Biom.cz* [online]. [cit. 2013-10-13]. Dostupné z: http://biom.cz/cz/odborne-clanky/emise-metanu-ze-zemedelske-cinnosti.

JIRÁSEK, V., MERTA, L., ŠÁMALOVÁ, Z. *Katastrofální povodeň v podhůří Orlických hor v roce 1998. 10 let po povodni* [online]. Hradec Králové: Povodí Labe, 2008 [cit. 2013-11-17]. Dostupné z: http://www.pla.cz/planet/public/dokumenty/publikace/Povodne_1998_po_10_let.pdf.

JONES, A. *Eating Oil.* London: Sustain and DEFRA, 2001.

JONGEPIER, J. W. Kolik vyrobí příroda aneb 2 300 000 000 000 kilo obilí za rok. *Bedrník* [online]. 2012, roč. 10, č. 3, str. 4-5 [cit. 2013-10-27]. Dostupné z: http://www.pavucina-sev.cz/soubory/bedrnik-03-2012--f422.pdf.

JUNIPER, T. *What has nature ever done for us? How money really does grow on trees*. Santa Fe: Synergetic Press, 2013. ISBN 0-907791-47-6.

KALOUS, J. Jíme ropu a zemní plyn. *Britské listy* [online]. 2005 [cit. 2013-10-27]. Dostupné z: http://blisty.cz/art/24065.html.

KALVOVÁ, J., MOLDAN, B. *Klima a jeho změna v důsledku emisí skleníkových plynů.* Praha: Karolinum, 1996. ISBN 80-7184-315-6.

Katalog opatření: Vodní hospodářství – kyslíkové poměry [online]. Ministerstvo zemědělství, 2005 [cit. 2013-09-30]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/37050/_31_kyslikove_pomery.pdf.

KLUSER, S. et al. *UNEP emerging issues: global honey bee colony disorder and other threats to insect pollinators* [online]. 2011 [cit. 2013-10-25]. Dostupné z: http://www.unep.org/dewa/Portals/67/pdf/Global_Bee_Colony_Disorder_and_Threats_insect_pollinators.pdf.

KOKEŠOVÁ, J. Komplexní hydrometeorologická analýza největších povodní na Moravě a ve Slezsku v 19. - 20. století [online]. Brno, 2007. [cit. 2013-11-17]. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, Geografický ústav. Vedoucí diplomové práce Rudolf Brázdil. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/67692/prif_m/Diplomova_prace.pdf.

KOSTŘICOVÁ, Z. Ekologické zemědělství v rozvojových zemích. Brno, 2011. Diplomová práce. Filozofická fakulta Masarykovy univerzity. Vedoucí diplomové práce Zbyněk Ulčák.

KOTECKÝ, V. Včely, koňadry, Taxodium a hrubý domácí produkt. *Vesmír.* 2013, roč. 92, č. 5, s. 307.

KRÁLOVÁ, H. (ed.) *Řeky pro život.* Brno: ZO ČSOP Veronica, 2001. ISBN 80-238-8939-7.

KREŠL, J. *Hydrologie.* Brno: Mendelova zemědělská univerzita v Brně, 2001. ISBN 80-7157-513-5.

LANGHAMMER, J. (ed.) *Povodně a změny v krajině.* Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze a Ministerstvo životního prostředí ČR, 2007. ISBN 978-80-86561-86-8. Dostupné také z: www.natur.cuni.cz/geografie/vyzkumny-zamer-geograficke-sekce/publikace/povodne-a-zmeny-v-krajine.

LOVELOCK, J. E. *Gaia: nový pohled na život na zemi*. 2. vydání. Tulčík: Abies, 2001. ISBN 80-88699-18-5.

MACHAR, I. *Geobiocenózy lužních lesů v ÚSES* [online]. [cit. 2013-11-17]. Dostupné z: http://www.uses.cz/data/sbornik07/Machar.pdf.

MATERNA, J., MEJSTŘÍK, V. *Zemědělství a lesní hospodářství v oblastech se znečištěným ovzduším.* Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1987. ISBN 07-052-87.

MOLDAN, B. *Ekosystémové služby a biologická rozmanitost* [online]. 29. 9. 2012 [cit. 2013-10-27]. Dostupné z: http://www.moldan.cz/index.php/starsi-clanky/83-aktuality/148-ekosystemove-sluzby-a-biologicka-rozmanitost.

NĚMEC, J., HLADNÝ, J. a kol. *Voda v České republice*. Praha: Consult, 2006. ISBN 80-903482-1-1.

OECD. 2050: Možné důsledky nečinnosti. *Bedrník* [online]. 2012, roč. 10, č. 3, s. 15-16 [cit. 2013-10-27]. Dostupné z: http://www.pavucina-sev.cz/soubory/bedrnik-03-2012--f422.pdf.

OCHODEK, T., KOLOČNICKÝ, P., JANÁSEK, J. *Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy* [online]. Ostrava: VŠB [cit. 2013-10-27]. Dostupné z: http://www.biomasa-info.cz/cs/doc/prirucka1.pdf.

PIMENTEL, D. Impacts of Organic Farming on the Efficiency of Energy Use in Agriculture [online]. 2006 [cit. 2013-10-27]. Dostupné z: http://www.organicvalley.coop/fileadmin/pdf/ENERGY_SSR.pdf.

PIMENTEL, D., PIMENTEL, M. *Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment* [online]. American Society for Clinical Nutrition 2003 [cit. 2013-10-27]. Dostupné z: http://ajcn.nutrition.org/content/78/3/.

PITTER, P. *Hydrochemie.* Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1999.

PROCHÁZKOVÁ, B. Osevní postupy a struktura plodin. *Metodické listy* [online]. Náměšť nad Oslavou: Spolek poradců v ekologickém zemědělství ČR, 2011, č. 1 [cit. 2013-10-27]. Dostupné z: http://www.eposcr.eu/wp-content/uploads/2011/04/ML01-Osevni-postup.pdf.

REID, W. V. Ekosystémy a lidský blahobyt: syntéza. Zpráva Hodnocení ekosystémů k miléniu. Praha: Univerzita Karlova, Centrum pro otázky životního prostředí, 2005. ISBN 80-23963-00-7.

REITMAYEROVÁ, E., BROUMOVÁ, V. *Cílená zpětná vazba: metody pro vedoucí skupin a učitele*. Praha: Portál, 2012. ISBN 978-80-262-0222-6.

Revitalizace vodních toků [online]. [cit. 2013-09-30]. Dostupné z: http://www.dotace.nature.cz/voda-opatreni/revitalizace-vodnich-toku.html.

Samočisticí schopnost toků [online]. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2007 [cit. 2013-09-30]. Dostupné z: http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/loticky_system/4_samocistici/cistici.htm.

SUKHDEV, P. et al. *Studie Ekonomika ekosystémů a biodiversity (TEEB)*. Brusel: Evropské společenství, 2008. ISBN 978-92-79-09443-9.

ŠAFRÁNEK, J. *Fyzikální činitelé – především atmosféra a hydrosféra a jejich postavení v otázkách kvality životního prostředí* [online]. [cit. 2013-10-13]. Dostupné z: http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CC8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ftvs.cuni.cz%2Felstudovna%2Fdownload.php%3Fdir%3D.%2Fobsah%2Fszp%2Fpres%26soubor%3DTema_2.ppt&ei=5HNmUpKmD4nY4wSCIIGYBQ&usg=AFQjCNE39CXJkSf4IsX65MnAcc5RxX-oDw&sig2=nIu7uY_SN5x6gKW-PXaJPg&bvm=bv.55123115,d.bGE.

ŠÁLEK, J., TLAPÁK, V. *Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2006.

ŠARAPATKA, B., DLAPA, P., BEDRNA, Z. *Kvalita a degradace půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2002. ISBN 80-244-0584-9.

ŠIMŮNKOVÁ, T. Účet za Stromovku. *Literární noviny* [online]. 2009. [cit. 2013-10-27]. Dostupné z: http://www.literarky.cz/politika/domaci/558?format=pdf.

ŠREFL, J. Kompost je energie vrácená do půdy. *Biom.cz* [online]. 12. 11. 2012 [cit. 2013-10-24]. ISSN: 1801-2655. Dostupné z: http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompost-je-energie-vracena-do-pudy.

TLAPÁK, V. *Voda v zemědělské krajině*. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda, 1992. ISBN 80-209-0232-5.

VÍTŮ, K. Pohled nutričního specialisty na plýtvání potravinami [online]. Brno: 2013. Diplomová práce. Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, Ústav preventivního lékařství. Vedoucí diplomové práce Zuzana Derflerová Brázdová [cit. 2013-10-27]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/324083/lf_m/Plytvani_potravinami_z_pohledu_nutricniho_specialisty.pdf.

WEIZSÄCKER, E. U., LOVINS, A. B., LOVINS, A. L. *Faktor čtyři: Dvojnásobný blahobyt, poloviční spotřeba přírodních zdrojů. Nová zpráva Římskému klubu*. Praha: MŽP a CŽP UK, 1996. ISBN 80-85368-85-4.

WILSON, E. O. *The Diversity of Life*. London: Penguin, 1992.

Kolektiv autorů
Máme na Zemi?
Manuál výukového programu na téma ekosystémové služby

Autoři metodiky: Tereza Hejtmánková, Lenka Kvasničková, Adéla Nešporová, Petr Rychtecký, Michal Skalka
Autoři podkladových materiálů: Lukáš Kala, Iva Křenovská, Lenka Kvasničková, Adéla Nešporová, Kateřina Zákoutská
Prezentace Říční nivy: Dana Kellnerová
Redaktorka: Lucie Krejčí
Odborná spolupráce: Petr Jelínek, Dana Kellnerová, Jiří Vorlíček
Ilustrace: David Fišer
Grafická úprava: Jan Michoin

Vydala Lipka – školské zařízení pro environmentální vzdělávání
Lipová 20, Brno, www.lipka.cz
Brno 2013
První vydání
72 stran

Vytištěno na recyklovaném papíře.

LIPKA je jednou z největších a nejstarších organizací v České republice, které se věnují environmentální výchově a vzdělávání dětí i dospělých. Na všech jejích pracovištích probíhají ve všední dny výukové programy pro školy a v odpoledních hodinách kroužky pro děti i dospělé. Mezi činnosti Lipky patří také vzdělávání pedagogů, ekologické poradenství a osvětové akce pro širokou veřejnost.
Navštivte některé z pěti pracovišť Lipky – Lipovou v Pisárkách, Rozmarýnek v Jundrově, Jezírko mezi Soběšicemi a Útěchovem, Kamennou na Starém Brně nebo Rychtu v Krásensku na Drahanské vrchovině – a zúčastněte se některé z mnoha akcí pro veřejnost. Kompletní nabídku výukových programů, kroužků, táborů a akcí naleznete na stránkách **www.lipka.cz**.

lipka

EDIČNÍ CENTRUM Lipky vydává nové vysoce kvalitní materiály, které se snaží zvyšovat úroveň ekologické gramotnosti žáků, učitelů i veřejnosti. Přehled všech produktů Edičního centra – publikací, her i výukových pomůcek – naleznete na internetových stránkách Lipky, kde si je můžete prostřednictvím e-shopu také objednat. K zakoupení jsou rovněž na všech pracovištích Lipky.
www.lipka.cz/e-shop

lipka
EDIČNÍ CENTRUM

CD příloha

Manuál výukového programu Máme na Zemi? představuje podrobný návod, jak s žáky ze středních škol realizovat ucelený program zaměřený na koncept ekosystémových služeb. V prvé řadě představuje provázanost ekonomické vyspělosti dané lidské společnosti, stability ekosystémů a úrovně služeb, které jsou tyto ekosystémy schopny člověku poskytovat.

Součástí manuálu jsou také podkladové materiály, v nichž naleznete vysvětlení konceptu ekosystémových služeb a podrobný popis vybraných ekosystémových funkcí.

V rámci projektu Vzdělávání k udržitelnému rozvoji pro střední školy vznikly obdobné publikace také pro témata občanská angažovanost, environmentální aspekty potravin a globální problémy.

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ