

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE

Fakulta európskych
štúdií a regionálneho rozvoja

Ústav environmentálneho
manažmentu

Ing. Mariana Eliašová, PhD., Ing. Žaneta Pauková, PhD.

**ZÁKLADY ŽIVOTNÉHO
PROSTREDIA**



Nitra 2021

Vydala Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre vo
Vydavateľstve SPU

Autorky: Ing. Mariana Eliašová, PhD. (6,02 AH)
Ústav environmentálneho manažmentu
FEŠRR, SPU v Nitre

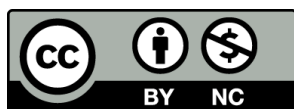
Ing. Žaneta Pauková, PhD. (2 AH)
Ústav environmentálneho manažmentu
FEŠRR, SPU v Nitre

Recenzenti: doc. Ing. Helena Hybská, PhD.
Fakulta ekológie a environmentalistiky
TU Zvolen

doc. Ing. Vladimír Šimanský, PhD.
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov
SPU v Nitre

Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre
dňa 17. 12. 2021 ako online skriptá pre študentov SPU.

This work is published under the license of the Creative Commons Attribution
NonCommercial 4.0 International Public License (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



© M. Eliašová, Ž. Pauková, Nitra 2021

ISBN 978-80-552-2456-5

Predhovor

My všetci žijeme v komplexe okolitého životného prostredia, v prostredí, ktoré nám poskytuje všetko čo potrebujeme: vzduch, vodu, potravu, priestor. My ľudia, rovnako ako všetky ostatné živé bytosti na Zemi, ovplyvňujeme životné prostredie. Tento vplyv začal už veľmi dávno, a to najmä z pohľadu dĺžky života človeka. Uvádza sa, že človek začal pretvárať Zem v časoch neolitickej revolúcie, čo bolo pred viac ako 8 tisíc rokmi. Dlhá doba alebo nie? Ak sa obzrieme do dávnej geologickej histórie boli tu skupiny druhov, ktoré ešte zásadnejšie menili našu Planétu, ovplyvnili formu života na Zemi. Ako príklad môžeme uviesť celú evolučnú líniu druhov schopných fotosyntézy, bez ktorých by dnešná atmosféra nemala dostatok kyslíka pre život. Z tohto pohľadu je vplyv človeka takmer porovnateľný – rovnako svojou činnosťou mení vývoj života, jeho činnosť priamo alebo nepriamo určuje, kde a aké formy života budú zachované. Vplyv človeka od priemyselnej revolúcie na globálne životné prostredie sa stal natoľko významný, že toto obdobie získalo označenie Antropocén, rovnako ako sa pomenovávajú epochy v geologických obdobiach vývoja Zeme. Dopady ľudskej činnosti pociťujeme vo všetkých oblastiach života ľudskej spoločnosti.

Predkladané učebné texty ponúkajú základnú informáciu pre porozumenie dynamike zmien životného prostredia v súčasnej dobe a sú rozdelené do 7 hlavných kapitol. Úvodná kapitola ponúka základné informácie o zložkách životného prostredia s cieľom uvedomiť si, že sú to zdroje limitované bez možnosti náhrady ak sa poškodia alebo stratia. Nasledujúca kapitola je zameraná na charakteristiku živej zložky Zeme v kontexte hierarchického usporiadania života, ktorej je človek živou súčasťou. Nasledujúce kapitoly sa venujú hlavným problémom životného prostredia, ich príčinám a následkom. Posledné dve kapitoly ponúkajú vybrané informácie ako riešiť problémy životného prostredia cestou starostlivosti o životné prostredie a jeho manažment.

Vzťah človek a životné prostredie má interdisciplinárny rozmer. Komplexnosť vzťahu človek – životné prostredie nie je možné obsiahnuť do jedných učebných textov. Predkladané skriptá je preto potrebné považovať za základnú literatúru, ktorá ponúka vybraný súbor informácií k problematike životného prostredia pre študijné programy **Regionálny rozvoj** a politiku EÚ a Rozvoj vidieka a vidieckeho turizmu.

Mariana Eliašová a Žaneta Pauková

Obsah

1. Životné prostredie a jeho zložky	7
1.1. Prostredie organizmov.....	7
1.1.1. Podmienky.....	7
1.1.2. Zdroje	9
1.1.3. Podnety.....	11
1.2. Zložky životného prostredia.....	12
1.2.1. Atmosféra	12
1.2.2. Hydrosféra	16
1.2.3. Litosféra	19
1.2.4. Pedosféra	21
1.2.5. Globálne biogeochemické cykly	23
2. Biosféra – sféra života na Zemi.....	26
2.1. Hierarchické usporiadanie života	26
2.1.1. Populácie	27
2.1.2. Biologické spoločenstvá.....	30
2.2. Ekosystémy ako funkčné jednotky prírody	33
2.2.1. Čo je ekosystém	33
2.2.2. Trofická štruktúra ekosystému	33
2.2.3. Potravové reťazce.....	37
2.2.4. Potravové siete	38
2.2.5. Tok energie cez ekosystém	38
2.2.6. Produktivita ekosystému	40
2.2.7. Kolobeh látok v ekosystéme	41
2.2.8. Dynamika ekosystému	42
2.3. Biodiverzita – variabilita života na Zemi.....	43
2.3.1. Čo je biologická diverzita	43
2.3.2. Úrovně biologickej diverzity.....	43
2.3.3. Ohrozenie biologickej diverzity	45
2.3.4. Ochrana biologickej diverzity	46
3. Človek a životné prostredie.....	47
3.1. Antropocén.....	47

3.2. Rastúca globálna populácia	48
4. Znečistenie životného prostredia.....	49
4.1. Hlavné typy znečistenia životného prostredia.....	49
4.2. Znečisťujúce látky a ich zdroje	51
4.2.1. Typy znečisťujúcich látok	51
4.2.2. Zdroje znečisťujúcich látok.....	52
4.3. Znečistenie ovzdušia	54
4.3.1. Hlavné vzdušné znečisťujúce látky	55
4.3.2. Zdroje vzdušného znečistenia	56
4.4. Znečistenie vody	57
4.4.1. Hlavné znečisteniny vody	57
4.4.2. Zdroje znečistenia vody	58
4.5. Znečistenie pôdy	59
4.6. Účinky znečistenín na živé systémy. Ekotoxikológia.....	61
4.6.1. Delenie toxických látok podľa účinku	64
4.6.2. Expozícia a účinok toxických látok	65
4.6.3. Vzťah odpovede a dávky.....	66
4.6.4. Toxické účinky ťažkých kovov	67
5. Negatívne zmeny stavu životného prostredia.....	68
5.1. Acidifikácia	68
5.2. Eutrofizácia	70
5.3. Klimatická zmena.....	72
5.3.1. Zmena klímy na globálnej úrovni	73
5.3.2. Prejavy zmeny klímy v Európe	74
5.3.3. Prejavy zmeny klímy na Slovensku	74
5.3.4. Očakávané trendy zmeny klímy	74
5.3.5. Dopady zmeny klímy	75
5.3.6. Mitigácia a adaptácia na zmenu klímy	76
5.4. Strata biodiverzity	76
5.5. Ozónová diera	77
5.6. Degradácia pôdy.....	79
5.7. Dezertifikácia	81

5.8. Biotické invázie.....	82
5.8.1. Dôsledky biotických invázií rastlín.....	83
5.8.2. Odstraňovanie nebezpečných inváznych druhov	85
6. Starostlivosť o životné prostredie.....	86
6.1. Sledovanie stavu životného prostredia.....	87
6.2. Environmentálna regionalizácia Slovenska	89
6.3. Inštitúcie starostlivosti o životné prostredie.....	91
7. Manažment životného prostredia	94
7.1. Environmentálne manažérstvo	94
7.2. Environmentálne vzdelávanie a výchova.....	96

1. Životné prostredie a jeho zložky

Životné prostredie je vo všeobecnosti chápané ako komplex fyzikálnych, chemických a biotických faktorov, ktoré pôsobia na organizmus alebo ekologické spoločenstvo a v konečnom dôsledku určujú jeho formu a prežitie. Zmeny týchto faktorov vyvolávajú zmeny, ktoré môžeme zaznamenať na rôznych úrovniach biologickej organizácie v rôznych časových súvislostiach. Čím vyššia je komplexnosť a zložitosť biologickej organizácie, tým neskôr sa vplyv na jej zmenu prejaví. Je potrebné preto na začiatok porozumieť mechanizmom účinku faktorov prostredia na najnižšej úrovni tzv. ekologickej organizácie, a to na úrovni organizmu. Na tejto vznikajú bezprostredné odpovede na zmenu faktorov prostredia.

1.1. Prostredie organizmov

Mikroprostredie organizmu je bezprostredné prostredie organizmu. Je to fyzikálne prostredie organizmu, súbor konkrétnych podmienok miesta, na ktorom organizmus žije. Na podnety (vplyvy) mikroprostredia organizmus priamo reaguje, pretože zmeny mikroprostredia priamo ovplyvňujú fyziologické procesy a metabolizmus organizmu, ich rýchlosť a priebeh.

Vlastnosti mikroprostredia sú podmienené celkovými podmienkami na lokalite. Sú dané tzv. makroklimatickými podmienkami regiónu, územia. Napríklad: úroveň slnečného žiarenia je daná klimatickým pásmom a ročným obdobím, ale žiarenie v bezprostrednom okolí organizmu môže byť znížené zatienením okolitou vegetáciou. Maximálna denná teplota je ovplyvnená ročným obdobím, ale teplota mikroprostredia môže byť vyššia na južne exponovanom svahu (alebo nižšia na severne exponovanom svahu) ako maximálna teplota nameraná pre konkrétny deň na najbližšej meteorologickej stanici.

Z hľadiska funkčného významu pre organizmy rozlišujeme nasledovné zložky prostredia organizmov:

- podmienky prostredia
- podnety prostredia
- zdroje prostredia

1.1.1. Podmienky

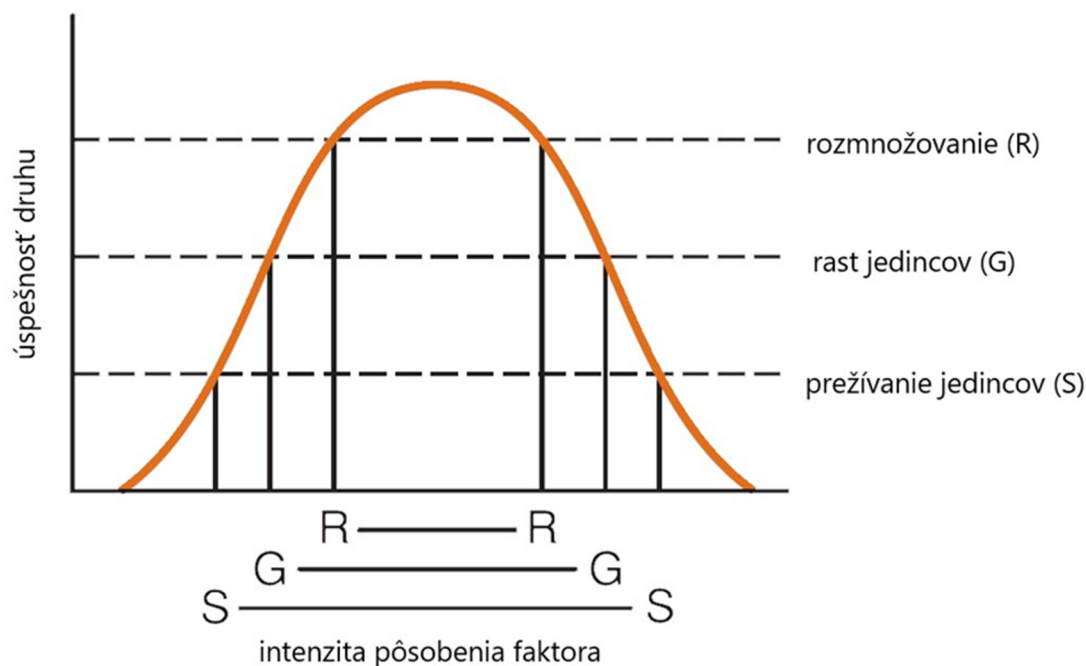
Podmienky prostredia organizmov sú fyzikálno-chemické vlastnosti prostredia. Ovpľyňujú metabolizmus organizmov, rýchlosť biochemických a fyziologických procesov, môžu ovplyvniť štruktúru biologicky významných organických zlúčenín. Podmienky prostredia sa menia v priestore a čase a organizmy na podmienky rôzne reagujú. Podmienky prostredia určujú, kde môžu organizmy žiť, ale nie sú organizmami konzumované a ani inak využívané. Podmienkami prostredia sú **teplota, pH, relatívna vzdušná vlhkosť, salinita, ale aj koncentrácia znečistenín**. Vo vodnom prostredí sú podmienkami aj pohyby vln, osmotický tlak a podobne.

Podmienky pôsobia na všetky organizmy rovnako, odlišné sú však odpovede jednotlivých organizmov. Odpovede závisia od druhu organizmu, ale aj fyziologického stavu či veku

organizmu. Obvykle sa definuje tzv. optimum (optimálne podmienky), čiže intenzita (koncentrácia, úroveň) faktora, pri ktorej organizmus funguje najlepšie; a potom limity (dolný limit, horný limit), ktoré neumožňujú existenciu organizmu.

Optimum je spravidla úzky rozsah podmienok. Organizmus je na tento optimálny rozsah najlepšie prispôsobený, vykazuje najvyššiu zdatnosť, kedy je schopný rásť a rozmnožovať sa. Organizmy sú schopné obvykle prežívať v širšom rozsahu podmienok, pri menej priaznivých podmienkach nerastú a nerozmnožujú sa, ale len „prežívajú“ (obr.1). Pokiaľ sa úroveň podmienky presunie za hranicu prežívania, organizmy hynú. Takéto podmienky nazývame **letálne podmienky**, nevhodné pre život daného druhu. Môžeme ešte odlišiť aj tzv. **subletálne** podmienky, podmienky na hranici prežívania a úhynu. Organizmy môžu prežívať aj za takýchto podmienok, zvyčajne však len krátkodobo alebo s určitými poškodeniami.

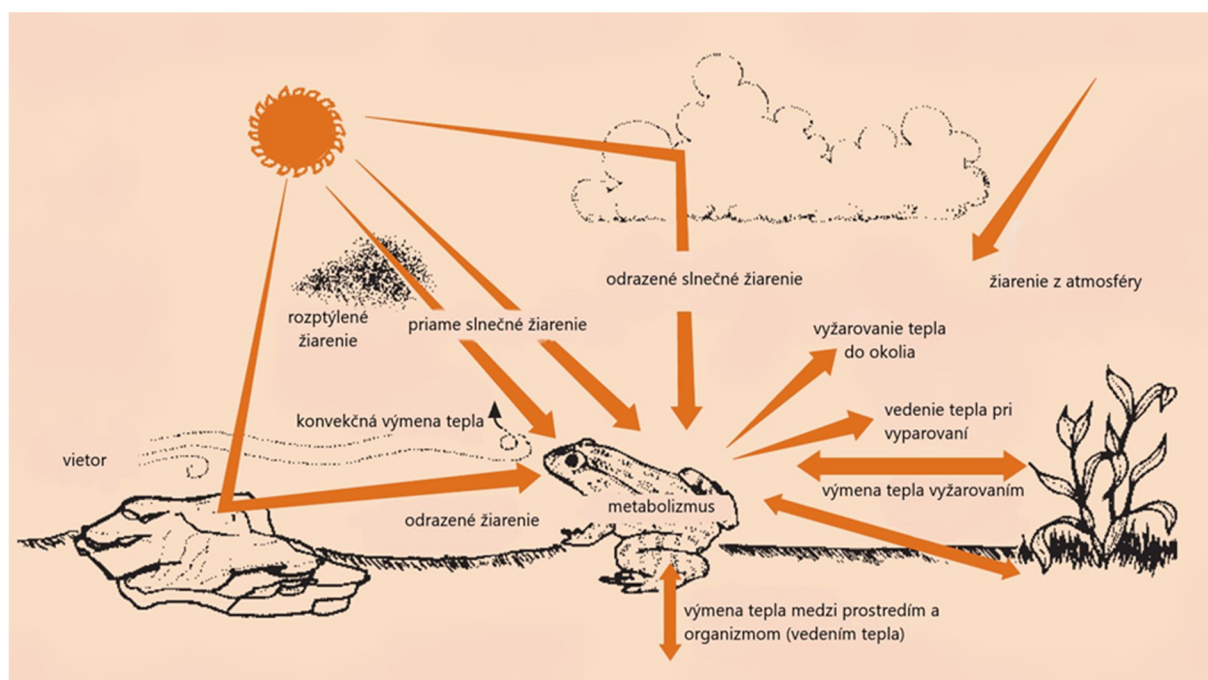
Niektoré druhy môžu existovať aj v podmienkach, ktoré nazývame extrémnymi. **Extrémne podmienky** je taká úroveň intenzity, ktorá je pre väčšinu organizmov za hranicou ich prežívania. Druhy tolerujúce extrémne podmienky sa vyskytujú najmä na tzv. extrémnych stanovištiach. Niektoré druhy baktérií sú schopné existovať aj pri teplotách vyšších ako 45 °C. Nachádzame ich napríklad v blízkosti výverov termálnych prameňov.



Obrázok 1. Zjednodušené grafické znázornenie životnej úspešnosti druhu vo vzťahu k intenzite pôsobenia niektorej z podmienok životného prostredia. Úzke rozmedzie, v rámci ktorého dochádza k reprodukcii (R-R), zvyčajne vymedzuje oblasť, kde je možná trvalá existencia daného druhu (Begon a kol., 2006, upravené).

Teplota prostredia výrazne ovplyvňuje metabolizmus živých organizmov. Teplota ovplyvňuje rýchlosť metabolických procesov, pri nízkych teplotách je rýchlosť procesov nižšia a pri vyššej teplote prebiehajú metabolické procesy rýchlejšie. Aj tu však platí, že pri extrémnych teplotách, tak nízkych ako aj vysokých, sa môžu metabolické procesy celkom zastaviť. Teplota môže ovplyvniť aj produkciu konečného produktu špecifických biochemických procesov (napríklad

niektorých enzýmov, glycerolu a pod.). Živé organizmy majú rôzne mechanizmy, ako si zabezpečiť optimálne teplotné podmienky. Z tohto aspektu môžeme organizmy rozdeliť do dvoch veľkých skupín podľa typu termoregulácie. **Ektotermné organizmy** majú vnútornú teplotu tela približne rovnakú ako je teplota ich bezprostredného prostredia. Tieto organizmy potrebujú vonkajšie zdroje tepla (alebo aj chladu) pre zabezpečenie optimálnej teploty pre svoj metabolismus (obr. 2). Medzi ektotermné organizmy patria mikroorganizmy, rastliny, zo živočíchov bezstavovce, ryby, obojživelníky a plazy



Obrázok 2: Schematický diagram výmeny tepla medzi obojživelníkom (ektotermný organizmus) a rôznymi fyzikálnymi aspektami prostredia. (podľa Tracy, 1976; z Begon a kol., 2006, upravené)

Endotermné organizmy využívajú teplo vytvorené v metabolických procesoch na udržiavanie relatívne konštantnej teploty tela, obvykle je to v rozsahu 35 – 38°C. Vtáky a cicavce sú dve skupiny živočíchov, ktoré sú takto schopné regulovať teplotu tela. Tento typ regulácie telesnej teploty je veľmi energeticky náročný, majú v porovnaní s ektotermnými organizmami oveľa vyššie nároky na potravu. Preto majú vyvinuté rôzne adaptácie, ako zabrániť únikom tepla (hustá srst') alebo aj naopak, prehriatiu (svetlá farba srsti).

1.1.2. Zdroje

Všeobecná definícia zdrojov prostredia ich definuje ako zložky prostredia konzumované živými organizmami v prostredí ich rastu a rozmnožovania. Konzumácia tu neznamena len spotrebúvanie časti prostredia ako zdroja potravy, ktoré sa potom stáva súčasťou biomasy organizmu. Zdroje sú tie časti prostredia, ktoré sú živými organizmami spotrebúvané a keď už sú jedným organizmom spotrebované, nie sú už dostupné pre iné organizmy. V dôsledku toho organizmy navzájom o zdroje prostredia súťažia – o ich získanie alebo prerozdelenie.

Zdroje sú teda tie časti prostredia, ktoré vieme vyjadriť množstvom, a toto množstvo sa môže činnosťou organizmov zmenšiť. Zdroje prostredia sú najmä:

- **látky**, z ktorých je zložené telo organizmov,
- **energia**, ktorá je potrebná pre aktivity organizmov,
- **priestor**, v ktorom organizmy žijú.

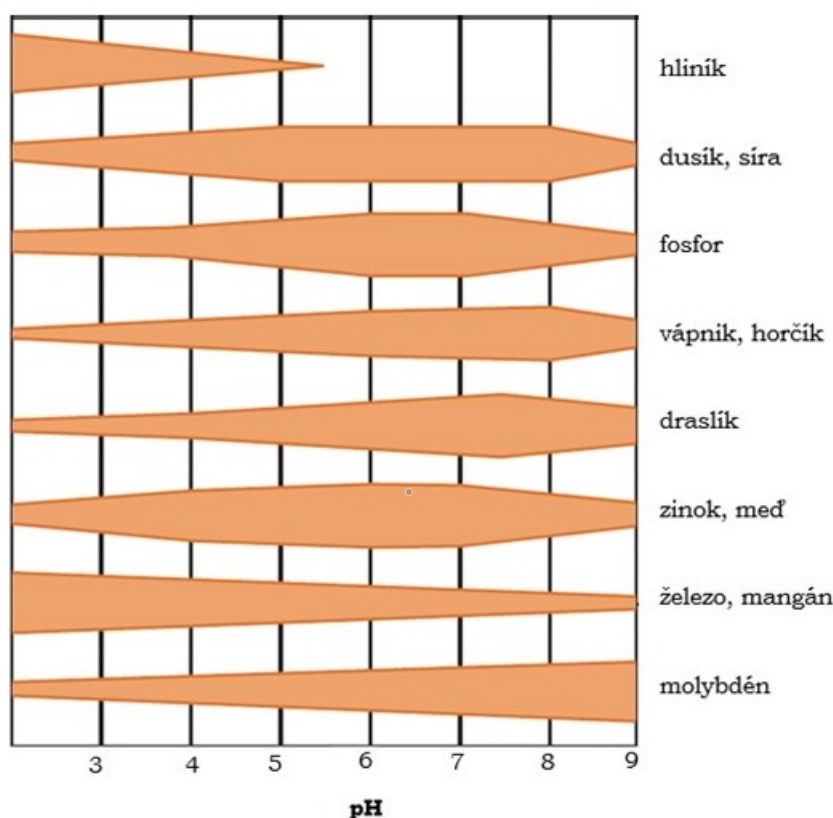
Slnečné žiarenie sú schopné ako zdroj energie využívať zelené rastliny. Je to kontinuálny zdroj, ktorý je tvorený spektrom rôznych vlnových dĺžok, pričom fotosyntetický aparát rastliny je schopný využiť len spektrum vlnových dĺžok 380 – 710 nm. Toto pásmo vlnovej dĺžky nazývame ako *fotosynteticky aktívne žiarenie*. Keď však toto žiarenie nie je zachytené v momente, kedy dopadá na list, je táto energia nenávratne stratená. Radiačná energia zachytená fotosyntézou prechádza naším svetom len jeden krát, na rozdiel od napríklad atómu uhlíka či molekuly vody, ktoré môžu opakovane kolovať nekonečnými generáciami organizmov. Slnečné žiarenie je zdroj, ktorý sa mení v závislosti na dennej dobe ako aj ročnom období. Takisto aj jeho príkon je závislý od zemepisnej šírky, najvyšší je okolo rovníka. Zelené rastliny ako autotrofné organizmy potrebujú pre svoj rast **látky**, ktoré z prostredia prijímajú v najjednoduchšej, anorganickej forme – z atmosféry oxid uhličitý ako zdroj uhlíka, z pôdy vodu a v nej rozpustené iné minerálne látky (N, P, K, Ca a mnoho ďalších). Aj tu však platí, že molekula CO₂ prijatá jednou rastlinou nemôže byť v tej chvíli spotrebovaná inou rastlinou.

Heterotrofné organizmy (huby, nefotosyntetizujúce baktérie, živočíchy) *prijímajú energiu a látky v potrave*. Prijímajú okrem toho aj látky anorganickej povahy – vodu, rôzne minerálne soli a pod. Pre heterotrofné organizmy sú iné živé organizmy zdrojom látok a energie. Pre predátora je rozhodujúca kvantita zdroja, t. j. počet jedincov koristi. Odumretá organická hmota je zdrojom látok a energie pre veľkú skupinu organizmov, nazývaných saprofágy. Pre parazitické organizmy hostiteľ často poskytuje všetky typy zdrojov – látky, energiu viazanú v týchto látkach a aj priestor, miesto kde žije.

Priestor je považovaný za zdroj, hoci ho organizmy nekonzumujú. Každý živý organizmus „vypĺňa“ určitý priestor, ktorý už nemôže byť obsadený iným organizmom. Na jednom strome môže byť len určitý počet „hniezdnych príležitostí“, hladina vody rybníka predstavuje konečnú plochu pre fotosyntetizujúce riasy. Organizmy o priestor neustále súperia. A to nielen preto, že ho „fyzicky“ vypĺňajú, ale priestor obsahuje aj určité ďalšie zdroje, ktoré sú získavané obsadením takéhoto priestoru. Toto je základom napríklad teritoriálneho správania sa živočíchov.

Kvantita zdrojov na Zemi je limitovaná, pokiaľ neuvažujeme o slnečnom žiarení. Toto platí aj pre kvantitu zdrojov dostupných pre človeka, ako biologický druh. Dostupnosť zdrojov sa mení v čase aj priestore. Časová dynamika dostupnosti zdrojov môže závisieť od sezóny, napríklad nektár kvetov je dostupný len počas kvitnutia. Organizmy za zdrojmi často migrujú na veľké vzdialenosti (tisíciky kilometrov) na miesta, kde sú aktuálne dostupné (sťahované druhy vtákov, migrácia predátorov v oceáne za zdrojmi potravy).

Dostupnosť zdrojov je ovplyvňovaná aj podmienkami. Napríklad nízke pH pôdy môže negatívne ovplyvniť dostupnosť niektorých minerálnych zdrojov, čím sa stávajú nedostupnými pre rastliny (obr. 3).



Obrázok 3. Vplyv pH pôdy na mieru dostupnosti (vyjadrenú šírkou farebného pásma) vybraných minerálnych látok. Pri veľmi kyslej pôde (pH pod 4) je dostupnosť takých dôležitých makroprvkov ako dusíka a fosforu veľmi nízka, môžeme hovoriť až o ich imobilizácii v pôde. Pri extrémnych hodnotách pH dochádza k mobilizácii prvkov (a ich zlúčenín), ktoré sú pre rastliny toxické (napríklad hliníka) (Larcher, 1975; z Begon a kol., 2006, upravené)

Vzťah medzi zdrojmi a podmienkami prostredia je daný aj schopnosťou organizmov prijímať zdroje, nakoľko podmienky ovplyvňujú rýchlosť metabolických procesov. Pri nízkej teplote rastliny nie sú schopné prijímať látky z pôdy. Extrémne vysoké teploty pôsobia inhibične na fotosyntézu väčšiny rastlín mierneho klimatického pásma. Živé organizmy sa prispôbili tak na sezónnosť optimálnych podmienok ako aj sezónnu dynamiku dostupnosti zdrojov.

1.1.3. Podnety

Podnety prostredia sami o sebe nie sú nositeľmi energie, spúšťajú však špecifické biochemické reakcie ako prípravu na nastávajúcu zmenu podmienok. Sú napríklad významné z pohľadu prechodu z jedného štádia vývoja do druhého. Napríklad pri rastlinách stimulujú začiatok kvitnutia. Takéto spúšťače sú zvlášť dôležité pre organizmy žijúce v klimatických regiónoch s výraznou sezonalitou, t. j. s výskytom sezón, kedy sú podmienky pre prežitie väčšiny organizmov nepriaznivé. Sezónne stimuly ako napríklad postupný pokles teplôt alebo skracovanie dĺžky dňa začínajú u živých organizmov spúšťať procesy aklimatizácie, zvyšovania tolerance na prichádzajúce podmienky.

Svetlo má na živé organizmy veľký vplyv, ovplyvňuje ich pohyb, správanie u rastlín má výrazné morfogenetické účinky. Fototaxie sú pohybové odpovede živočíchov alebo všeobecne pohyblivých organizmov vyvolaných svetlom – organizmy môžu byť pozitívne fototaxické –

pohybujú sa za svetlom alebo opačne. U rastlín takéto vratné pohyby nazývame fotonastie (pohyb kvetu slnečnice za svetlom). Pokiaľ je pohyb rastliny za svetlom nevratný, rastlina sa ohýba, rastie za svetlom, hovoríme o fototropizme.

Výrazný vplyv na mnohé organizmy má **dĺžka dňa, podiel dĺžky svetlej a tmavej fázy dňa tzv. fotoperiód**a. Poznanie nárokov rastlín, a to najmä tých kultúrnych, na fotoperiód je dôležitý v produkcii rastlín. Rastliny dlhého dňa sú rastliny, kde dlhý deň stimuluje tvorbu generatívnych orgánov. Sem patrí väčšina pestovaných poľných plodín. Naopak, rastliny krátkeho dňa potrebujú dlhšiu tmavú fázu dňa na začatie tvorby kvetov. Dĺžka dňa ovplyvňuje aj migračné správanie sa mnohých sťahovaných druhov.

Čo sa týka teploty, **pôsobenie nízkych teplôt počas určitej doby** je dôležité pre založenie kvetných púčikov alebo získanie schopnosti klíčenia semien. Tento špecifický jav sa nazýva jarovizácia – dlhodobé (niekoľko týždňov až mesiacov) nízkych teplôt pre zabezpečenie fungovania špecifických procesov. Semená niektorých pestovaných rastlín je potrebné na určitú dobu vystaviť nízkym teplotám aby vykličili – takéto ošetrenie sa nazýva stratifikácia. Napríklad kôstky čerešne by bez stratifikácie nevykličili.

V tejto súvislosti je potrebné spomenúť negatívny vplyv teplých, až extrémne teplých zím v posledných rokoch. Pre mnohé druhy hmyzu je pre ukončenie prezimovania potrebné pôsobenie nízkych teplôt po určitú dobu, v mnohých prípadoch dokonca až mrazu. Pokiaľ sa „suma“ nízkych teplôt nedosiahne, prezimovanie nie je ukončené, t. j. jedinec buď nenašartuje ďalší vývoj alebo uhynie. Z dlhodobého hľadiska to má negatívny vplyv na diverzitu – cez potravné vzťahy je ohrozené prežívanie viacerých druhov, pretože hmyz je v ekosystémoch dôležitým potravným zdrojom.

1.2. Zložky životného prostredia

Podľa §2 zákona č.17/1992 Zb. o životnom prostredí sa pod životným prostredím rozumie všetko, čo vytvára prirodzené podmienky existencie organizmov vrátane človeka a je predpokladom ich ďalšieho vývoja.

Jeho zložkami sú najmä:

- **neživé (anorganické) zložky:**
 - ovzdušie (atmosféra),
 - voda (hydrosféra),
 - horniny (litosféra),
 - pôda (pedosféra),
- **živé (organické) zložky:**
 - organizmy (biosféra).

Každá časť životného prostredia je s ostatnými spojená mnohými najrôznejšími väzbami.

1.2.1. Atmosféra

Atmosféra predstavuje **vzdušný obal Zeme**. Je udržiavaná okolo Zeme gravitačnou silou a je súčasťou jej dennej aj ročnej rotácie. Atmosféra je tvorená zmesou rôznych plynov, ktoré

nazývame vzduch. Súčasťou atmosféry je vodná para a rôzne pevné či kvapalné prímеси. Najčastejšie uvádzaná hrúbka atmosféry je do 1000 až 1200 kilometrov, aj keď nemá presne vymedzenú hornú hranicu, lebo postupne splyva s kozmickým priestorom.

Bez atmosféry by na planéte Zem nebol možný život, chráni nás pred škodlivými vplyvmi z kozmického priestoru. Krátko po vzniku Zeme (pred približne 4,5 miliardami rokov), bolo zloženie atmosféry podobné zloženiu atmosféry ostatných planét, tvorili ju predovšetkým vodík a hélium (menej amoniak, metán, vodná para a oxid uhličitý). Hélium a vodík postupne unikali do planetárneho systému, nakoľko Zem nemá dostatočne silnú gravitáciu na ich dlhodobé udržanie. Postupne sa zvyšoval objem vodných pár, ktoré s postupne kondenzovali a po dopade na povrch Zeme vytvárali oceán. Pre dnešné zloženie atmosféry mali však veľký význam najmä živé organizmy. Pred približne 2,3 miliardami rokov začali prvé živé organizmy produkovať kyslík, ktorý sa postupne z vody dostával do atmosféry. Výskyt kyslíka v atmosfére postupne narastal a vznikol ozón. Po vytvorení ozónovej vrstvy začal život postupne prenikať aj na súš. S nárastom kyslíka v atmosfére a rozširovaním rastlín sa prirodzene znižoval obsah oxidu uhličitého. Vývoj života tak vo veľkej miere ovplyvnilo súčasné chemické zloženie atmosféry (tab. 1) a následne aj fungovanie celého klimatického systému.

Tabuľka 1. Zastúpenie plynov v suchej a čistej atmosfére pri Zemskom povrchu v objemových percentách (Žalud, 2015).

Názov plynu	Objemová hmotnosť (%)	Názov plynu	Objemová hmotnosť (%)
Dusík (N ₂)	78,084	Vodík (H ₂)	0,00005
Kyslík (O ₂)	20,948	Oxid dusný (N ₂ O)	0,00005
Argón (Ar)	0,934	Xenón (Xe)	0,000007
Oxid uhličitý (CO ₂)	0,039	Ozón (O ₃)	0,000007
Neón (Ne)	0,001818	Oxid dusičitý (NO ₂)	0,000002
Hélium (He)	0,000524	Amoniak (NH ₃)	minimum
Metán (CH ₄)	0,0002	Jód (I)	minimum
Kryptón (Kr)	0,000114		

Z hľadiska zloženia môžeme atmosféru rozdeliť na 3 základné kvalitatívne zložky:

- Suchá a čistá atmosféra je tvorená zmesou plynov.**
- Vodná para, kvapky vody poprípade ľadové kryštáliky.** Množstvo vodnej pary a vody v ostatných dvoch skupenstvách je vo vzduchu priestorovo aj časovo veľmi premenlivé.
- Rôzne kvapalné a pevné prímеси, hlavne prímеси aerosólov.** Aerosóly predstavujú kvapalné alebo pevné častice rozptýlené v plynnom prostredí. Všetky pevné a kvapalné čiastočky, ktoré sa vyskytujú v zemskom ovzduší tvoria atmosférický aerosól. Pôdne a prachové častice, jemné kryštáliky morskej soli, vulkanický popol, produkty horenia meteoritov, ale aj peľové zrná, baktérie, rôzne výtrusy a podobne tvoria súčasť prirodzeného atmosférického aerosólu. Okrem

toho sa v atmosfére vyskytujú aj aerosóly antropogénneho pôvodu, ktorých vznik je spojený s rôznymi aktivitami človeka.

Teplota a zloženie zemskej atmosféry sa mení podľa výšky, konkrétna úmera, či teplota stúpa alebo klesá ako sa zvyšuje výška, sa takisto s výškou atmosféry mení. *Na základe takého teplotného rozlíšenia atmosféru delíme na niekoľko vrstiev* (obr. 4)

Troposféra je najspodnejšia časť zemskej atmosféry, je v priamom kontakte so zemským povrchom, čím sú zároveň ovplyvnené aj jej vlastnosti. Jej výška (hrúbka) závisí od zemepisnej šírky – na rovníku siaha až do výšky 16 – 18 km a na pólach len do výšky 8 km. Troposféra je najhustejšou časťou atmosféry a predstavuje 75 až 80 % celkovej hmotnosti atmosféry. *Troposféru zohrieva hlavne zemský povrch*, Slnko len veľmi málo. Teplota v troposfére s výškou klesá podľa *teplotného vertikálneho gradientu o 0,65°C na 100 m*. V troposfére je sústredená takmer všetka vodná para a oblaky, prebiehajú tu všetky javy počasia. Troposféra je veľmi dynamická časť atmosféry, dochádza tu k mohutným vertikálnym, horizontálnym, ale hlavne turbulentným pohybom vzdušných mäs. Horná hranica troposféry je určená náhlým zlomom teplotnej krivky – pokles teploty sa končí a začína izotermia, stav, kedy sa teplota s výškou nemení alebo len veľmi málo. Tu troposféra prechádza do úzkej vrstvy, nazývanej *tropopauza*, jej hrúbka môže byť niekoľko stoviek metrov až po maximálne 2 kilometre.

Od hornej hranice troposféry do výšky približne 80 km nad úrovňou mora na nachádza vrstva nazývaná **stratosféra**. Z pohľadu teploty je tvorená dvomi vrstvami:

1. *izotermická vrstva* sa nachádza vo výške od 10 do 25 km a pomerne stálou teplotou (-50 až -60 °C), ktorá sa s výškou výraznejšie nemení.
2. *vrstva teplotnej inverzie*, kde teplota s výškou stúpa.

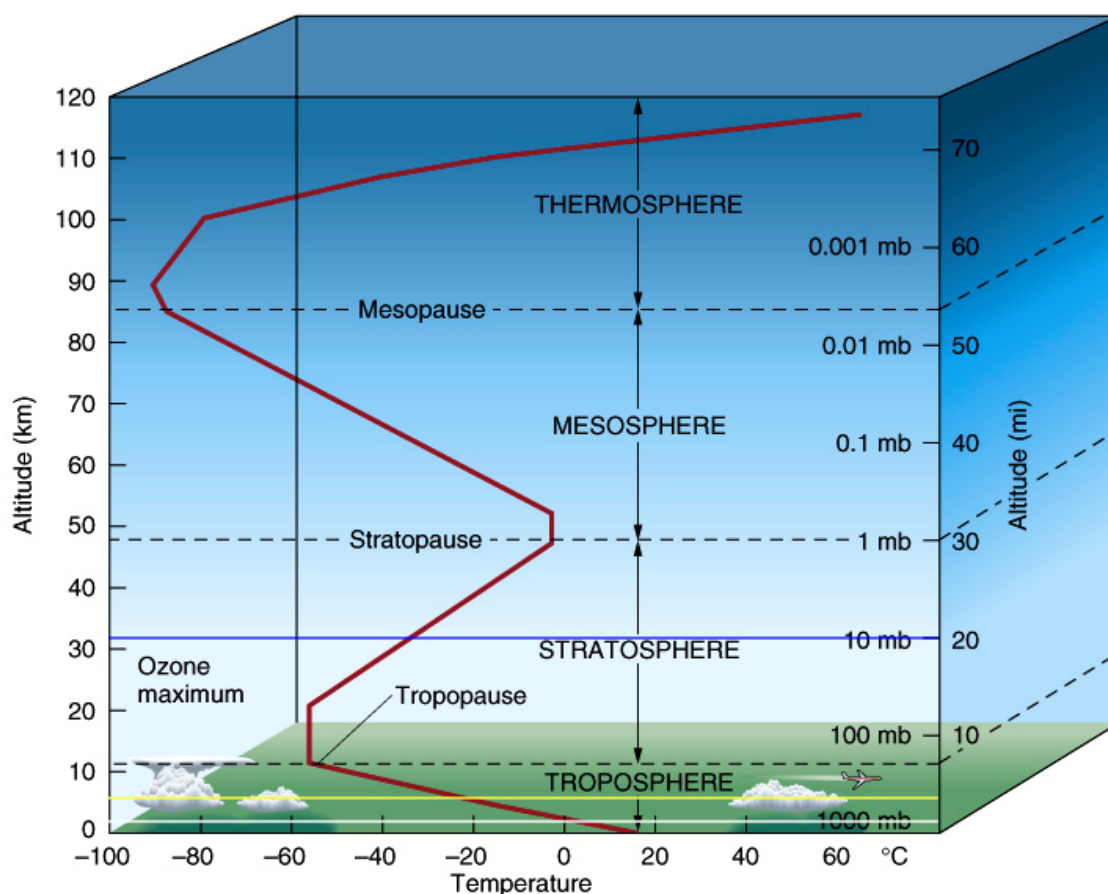
Na hornej hranici atmosféry dosahuje stratosféra teplotu okolo 0°C. Dôvodom rastu teploty je prítomnosť ozónu, ktorý pohlcuje časť UV žiarenia a preto sa vrstva zahrieva. Ozón v stratosfére vytvára vrstvu s relatívne vysokou koncentráciou (v porovnaní s jeho koncentráciou v ostatných častiach atmosféry) a vytvára tak v stratosfére tzv. **ozónosféru** (obr. 4). Hladina atmosféry s maximálnou koncentráciou ozónu sa v strednej zemepisnej šírke nachádza vo výške približne 22 – 25 km nad morom, zvýšená koncentrácia ozónu však začína už vo výške 15 km a zasahuje do výšky 30 km nad úrovňou mora.

Stav atmosféry, kedy sa teplota s výškou nemení, alebo dokonca stúpa má za následok zánik vertikálnych pohybov vzduchu. Výsledkom je, že sa netvorí oblaky a ani dážď, v dôsledku absencie konvekčných pohybov nie je v stratosfére prítomná vodná para (ktorej zdrojom je zemský povrch). Na stratosféru nadväzuje úzka vrstva *stratopauzy*.

Vrstva atmosféry vo výške približne 50 až 80 km sa nazýva **mezosféra**. Teplota tu s pribúdajúcou výškou opäť klesá, asi o 3 °C na 1 km, na hornej vrstve mezosféry je teplota okolo -100 °C. Vzduch je tu veľmi riedky, preto nedochádza k zahrievaniu pohlcovaním UV žiarenia. Mezosféra predstavuje ochranný štít pre planétu Zem – *zhorí tu väčšina meteoritov*, zanechávajúc typickú svetelnú stopu na nočnej oblohe. Mezosféra je zakončená tenkou vrstvou, *mezopauzou*.

Pre nasledujúcu vrstvu atmosféry, **termosféru**, je charakteristické nepretržité stúpanie teploty s výškou s gradientom až 5 °C na 1 km. Hrúbka termosféry sa najčastejšie uvádza

od 80 – 800 km. V takýchto výškach je už vzduch tak riedky, že teplotu nedokážeme odmerať bežnými termometrickými metódami. Zvýšenie teploty je spôsobené zníženou hustotou molekúl, ktoré tak pri pohybe môžu dosahovať vyššiu rýchlosť (majú dlhšiu tzv. voľnú dráhu molekúl). V takomto prostredí máme na mysli „kinetickú teplotu“ súvisiacu s vysokou (kinetickou) energiou molekúl. Ďalším dôvodom stúpajúcej teploty je absorpcia energie slnečného žiarenia. Termosféra dosahuje vo výške približne 400 km teplotu 1000 až 1500 °C. Z dôvodu nízkej hustoty molekúl (takmer vákuum), nie je táto teplota ďalej vedená, preto je tam, laicky povedané, na pocit veľmi chladno. Ďalším charakteristickým javom v termosfére je výskyt elektricky nabitých častíc – iónov, čo umožňuje odrážanie rádiových vln. Vrstva je zakončená *termopauzou*, ktorá ďalej nadväzuje na vonkajšiu vrstvu atmosféry – **exosféru**. Uvádza sa, že exosféra zasahuje do výšky až 40 000 km, väčšina vedcov považuje výšku okolo 10 000 km za hornú hranicu exosféry. Vo výške od 20 000 km sa v atmosfére nachádzajú už len voľné atómy vodíka a hélia, na ktoré už nepôsobí zemská gravitácia. Prechádza postupne do medziplanetárneho priestoru, kde častice unikajú do kozmu.



Obrázok 4. Vertikálna štruktúra atmosféry podľa teplotného gradientu. Náhle zmeny teplotného gradientu definujú jednotlivé hranice (tzv. pauzy) medzi jednotlivými vrstvami atmosféry. Na horizontálnej osi je teplota vzduchu, na vertikálnej osi výška (Altitude) v km a tlak v mb (=hPa). Zvýraznené hladiny: 850 hPa (biela čiara), 500 hPa (žltá čiara) a 10 hPa (modrá čiara). (Poznámka: na obrázku je znázornených len prvých 120 km výšky atmosféry). (Šinger, 2021)

Teplotný gradient je len jeden zo spôsobov ako definovať štruktúru atmosféry. Podľa chemického zloženia delíme atmosféru na homosféru (percentuálne zloženie vzduchu je rovnaké) a heterosféru (s narastajúcou výškou ubúda dusík a kyslík a pribúda vodík a hélium). Podľa stupňa ionizácie delíme atmosféru na neutrosféru (do 80 km nad Zemou, prevládajú nenabité častice nad iónmi) a ionosféru (od 80 km, dochádza tu k štiepeniu molekúl na ióny).

Atmosféru môžeme členiť aj podľa interakcie so zemským povrchom a podľa prenosu energie – na hraničnú vrstvu atmosféry a na voľnú atmosféru.

Hraničná vrstva atmosféry je vrstva, kde sa prejavuje priamy vplyv zemského povrchu na meteorologické prvky. Sily trenia a nerovnomerné ohrievanie zemského povrchu vplývajú na intenzitu vzostupných, zostupných a turbulentných pohybov vzduchu. Hrúbka hraničnej vrstvy atmosféry závisí od typu zemského povrchu (voda, piesok, vegetácia, sneh), najčastejšie dosahuje výšku 2 km. Prevažuje vertikálny (konvekčný) pohyb nad horizontálnym (advekčným) pohybom vzduchu. Zmena teplôt počas dňa (maximum) a noci (minimum) je príkladom pozorovateľným len v hraničnej vrstve atmosféry. Takýto denný chod teploty nie je spôsobený priamym vplyvom slnečného žiarenia na hraničnú vrstvu. Väčšina žiarenia je prenesená do povrchu, slnečná energia je absorbovaná povrchom. Je to teda povrch, ktorý sa otepľuje a ochladzuje ako odpoveď na žiarenie, čo následne vyvoláva zmeny v hraničnej vrstve cez transportné procesy energie. Turbulencia je jedným z dôležitých transportných procesov, a často sa používa na definíciu hraničnej vrstvy. *Dôležitosť hraničnej vrstvy atmosféry je daná, okrem iného, aj tým, že je to časť atmosféry, kde človek žije a vykonáva všetky svoje aktivity.* Na voľnú atmosféru zemský povrch výraznejšie nevplýva. Javy a procesy v týchto výškach podstatne ovplyvňujú počasie. Horizontálna hladina voľnej atmosféry je definovaná typom aktívneho povrchu – nad oceánom napríklad začína nad 100 – 200 m, nad kontinentom až nad 1000 – 2000 m.

1.2.2. Hydrosféra

Najvýznamnejšou črtou Zeme, na rozdiel od našich ostatných susedných planét, je *prítomnosť tekutej vody, ktorá pokrýva viac ako dve tretiny povrchu planéty.* Hydrosféra sa vzťahuje na vodu na povrchu alebo obklopujúcu povrch zemegule, na rozdiel od litosféry (pevná vrchná kôra zeme) a atmosféry (vzduch obklopujúci Zem). Hydrosféra zahŕňa všetku tekutú vodu na Zemi, pevninský aj plávajúci ľad, vodu v hornej vrstve pôdy a vodnú paru v zemskej atmosfére. Voda je najrozšírenejšou látkou na povrchu Zeme. Asi 1,4 miliardy km³ vody v tekutej a zamrznutej forme tvoria oceány, jazerá, potoky, ľadovce a podzemné vody. Práve tento obrovský objem vody vo svojich rôznych prejavoch tvorí nesúvislú vrstvu, ktorá obklopuje veľkú časť zemského povrchu, známu ako hydrosféra.

Dynamika hydrosféry sa prejavuje v podobe javov a procesov nazývaných **hydrologický cyklus**. Tento cyklus pozostáva zo **súboru zásobníkov** obsahujúcich vodu, **procesov**, ktorými sa voda prenáša z jedného zásobníka do druhého (alebo transformácie z jedného stavu do druhého) a **rýchlostí prenosu** spojených s takýmito procesmi. Tieto prenosové cesty prenikajú cez celú hydrosféru, siahajú smerom nahor do asi 15 km v zemskej atmosfére a smerom nadol do hĺbok rádovo 5 km v jej kôre.

Voda na Zemi má šesť veľkých zásobníkov; medzi nich patria oceány, atmosféra (rozdelená na dva zásobníky, jeden nad pevninou a jeden nad oceánom), povrchová voda (vrátane vody v jazerách, potokoch a vody zadrživanej v pôde), podzemná voda (voda zadrživaná v póroch hornín pod povrchom) a sneh a ľad.

Rozloženie a množstvo vody na Zemi

Voda v oceánoch a voda zachytená v póroch sedimentov tvoria väčšinu hydrosféry. Celková hmotnosť vody v oceánoch sa rovná asi 50 % hmotnosti sedimentárnych hornín, ktoré v súčasnosti existujú, a asi 5 % hmotnosti zemskej kôry ako celku. Hlboké a plytké podzemné vody tvoria malé percento celkovej vody uzavretej v póroch sedimentárnych hornín – rádovo 3 – 15 %. Množstvo vody v atmosfére v ktoromkoľvek okamihu je zanedbateľné v porovnaní s celkovým množstvom vody na Zemi, asi 0,0001 %, čo zodpovedá približne 13 000 km³ (tab. 2). Táto voda však zohráva dôležitú úlohu v hydrologickom cykle. V súčasnosti je v ľade uložené o niečo viac ako 2 % vody na Zemi (tab. 2). Hoci zásoby vody v riekach, jazerách a atmosfére sú malé, rýchlosť cirkulácie vody systémom zrážky-rieka-oceán-atmosféra je relatívne rýchla. Voda v pôde predstavuje iba 0,005 % vody na zemskom povrchu. Práve toto malé množstvo vody má však najvýznamnejší vplyv na výpar z pôd (evaporácia). Biosféra, hoci voda je jednou z jej základných zložiek, obsahuje veľmi málo z celkovej vody na zemskom povrchu, 0,00004 %, ale má hlavnú úlohu v transporte vodnej pary späť do atmosféry procesom transpirácie.

Tabuľka 2. Obsah vody v hydrosfére (upravené podľa Shiklomanov, Rodda, 2003)

Typ vody	Rozloha km ² x 10 ³	Objem km ³ x 10 ³	Podiel na celkovom objeme hydrosféry %	Podiel na objeme sladkej vody %
Svetový oceán	361 300	1 338 000	96,5	-
Podzemná voda	134 800	23 400*	1,7	-
Prevažne sladká podzemná voda	134 800	10 530	0,76	30,1
Pôdna voda	82 000	16,5	0,001	0,05
Ľad a trvalý sneh	16 227,5	24 064	1,74	68,7
z toho horské ľadovce	224	40,6	0,003	0,12
Povrchový ľad permafrostu	21 000	300	0,022	0,86
Voda v jazerách	2 058,7	176,4	0,013	-
z toho sladká	1236,4	91	0,007	0,26
slaná	822,3	85,4	0,006	-
Mokrade	2 682,6	11,5	0,0008	0,03
Tečúce rieky	148 800	2,12	0,0002	0,006
Biologická voda	510 000	1,12	0,0001	0,003
Atmosférická voda	510 000	12,9	0,0001	0,045
Celkový objem hydrosféry	510 000	1 386 000	100	-
Sladká voda	148 800	35 029,2	2,53	-

* nie je započítaná podzemná voda v Antarktíde, jej množstvo sa odhaduje na 2 mil km³, z toho asi polovica je voda sladká

Voda na Zemi nie je čistou H_2O , ale obsahuje rozpustené látky. Zásoby vody na zemskom povrchu sú teda dôležitými zásobníkmi anorganických a organických látok a pohyb vody hrá dominantnú úlohu pri preprave týchto látok po povrchu planéty.

Biogeochemické vlastnosti hydrosféry

Zrážky

Každý rok spadne na pevninu asi $107\,000\text{ km}^3$ dažďa. Celková voda v atmosfére je $13\,000\text{ km}^3$ kubických a táto voda sa v dôsledku zrážok a vyparovania obráti každých 9,6 dňa. Dažďová voda nie je čistá, ale obsahuje rozpustené plyny a soli, jemné častice prachu, organické látky a dokonca baktérie. Zdrojmi materiálov v dažďovej vode sú oceány, pôda, hnojivá, znečistenie ovzdušia a spaľovanie fosílnych palív. Bolo pozorované, že zrážky nad oceánskymi ostrovmi a blízko pobrežia majú pomery hlavných rozpustených zložiek veľmi blízko tým, ktoré sa nachádzajú v morskej vode. Zistenie vysokého obsahu soli v daždi pri pobreží bolo trochu prekvapujúce, pretože soli nie sú prchavé a dalo by sa očakávať, že proces vyparovania vody z morskej hladiny soli „odfiltruje“. Ukázalo sa však, že veľké percento soli v zrážkach pochádza z praskania malých bubliniek na hladine mora v dôsledku dopadu kvapiek dažďa alebo lámania vln, čo vedie k vstrekovaniu morského aerosólu do atmosféry. Tento morský aerosól sa vyparuje, výsledkom čoho je vyzrážanie solí ako drobných častíc, ktoré sú následne turbulentnými vetrom unášané vysoko do atmosféry. Tieto častice sa potom môžu prepravovať cez kontinenty, aby spadli v podobe zrážok alebo ako suchá depozícia.

Voda riek a oceánov

Riečny prítok predstavuje hlavný zdroj vody pre oceány. Morská voda má rovnomernejšie zloženie ako riečna voda. Obsahuje hmotnostne asi 3,5 % rozpustených solí, zatiaľ čo riečna voda má iba 0,012 %.

Voda v jazerách

Hoci voda v jazerách tvorí len malé percento vody v hydrosfére, je dôležitou dočasnou zásobárňou sladkej vody. Okrem rekreačného využitia sú jazerá zdrojom vody pre domácnosti, poľnohospodárske a priemyselné využitie. Voda v jazerách je tiež veľmi náchylná na zmeny chemického zloženia v dôsledku využívania a iných faktorov.

Ľad

Ľad je takmer čistá pevná látka a ako taká obsahuje vo svojej štruktúre málo cudzích iónov. Obsahuje však častice a plyny, ktoré sú zachytené v bublinách v ľade. Zmena zloženia týchto materiálov v priebehu času, zaznamenaná v postupných vrstvách ľadu, sa používa na interpretáciu histórie životného prostredia a vplyvu ľudských činností.

Podzemná voda

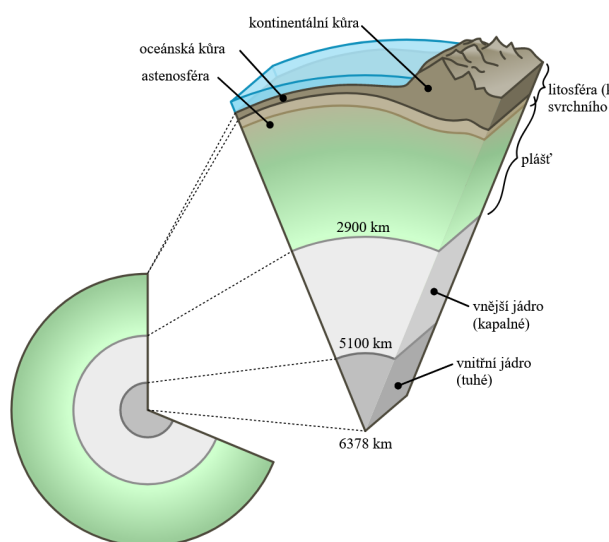
Podzemná voda je voda, ktorá sa nachádza pod zemským povrchom, najmä v póroch medzi časticami pôdy a v miestach, kde je narušená kontinuita hornín. Podzemnou vodou je aj voda v studniach, vo vrtoch, či voda vyvierajúca z prameňov. Z pohľadu geologického, resp.

hydrogeologického, ide o vodu pod zemským povrchom, v nasýtenej zóne, kde vyplňa všetky dutiny a je ohraničená svojim horizontom. Ostatné vody pod povrchom, ktoré tejto definícii nezodpovedajú, sú vody podpovrchové. Patrí do nich pôdna vlhkosť, vody v nenasýtenej zóne, vody v inom skupenstve aj kapilárna voda. Podzemná voda tvorí okolo 20 % dostupných svetových zásob sladkej vody, využíva sa často ako zdroj pitnej i úžitkovej vody. Podzemná voda je najspoľahlivejším zdrojom vody, proces jej doplňovania je však zdĺhavý a závislý od počtu a intenzity zrážok. Preto existuje hrozba, že zásoby podzemnej vody budú v niektorých oblastiach doteraz zvyknutých na určitý stav podzemnej vody s pokračujúcou zmenou globálnej klímy ubúdať.

Ak obsah rozpustených minerálnych látok alebo plynov prekročí stanovenú hranicu, označuje sa táto voda ako minerálna voda; opakom je jednoduchá podzemná voda. Podzemná voda sa môže do podzemia dostávať z povrchu alebo naopak vyvierat' z vnútra Zeme. Bola nájdená voda aj 2 miliardy rokov stará. Väčšina vody pod zemským povrchom pochádza zo vsaku povrchovej vody. Časť tejto vody môže byť po dlhé geologické obdobia uzavretá medzi nepriepustnými vrstvami – túto podzemnú vodu potom označujeme ako *fosílnu*. Pokiaľ vystupuje z vnútra Zeme, jedná sa o *juvenilnú podzemnú vodu*. Tá môže vyvierat' napríklad vo vulkanických oblastiach a v tektonických zlomoch.

1.2.3. Litosféra

Litosféra je sféra pevných hornín, tvorí ju zemská kôra časť vonkajšieho plášťa (obr. 5). Dôležitým ukazovateľom je jej pevnosť, čo ju odlišuje od astenosféry, ktorá je plastická. Litoféra je rozčlenená do jednotlivých litosférických dosiek, medzi ktorými sú zreteľné hranice. Hrúbka litosféry je okolo 5 km pod oceánom, ale na kontinente môže byť hrubá 65 km, celkovo siaha do hĺbku približne 80 km hlboko.



Obrázok 5. Schéma rezu Zeme (alebo stratifikácia Zeme)
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Earth_cut_away_schematic-cs.svg?uselang=cs#globalusage)

Dosky sa po astenosfére pomaly pohybujú, narážajú do seba, posúvajú sa jedna pod druhú – tento proces sa nazýva *tektonika litosférických dosiek*. Pohyb tektonických dosiek v časových

mierkach ľudského života je veľmi veľmi pomalý (10 – 100 km za 1 milión rokov), v geologických dobách mal však zásadný vplyv na vývoj kontinentov. Umiestnenie kontinentov na zemeguli malo kľúčový význam pre mnoho základných procesov v biosfére – utváranie klímy alebo rozvoj biologickej rozmanitosti.

Zemskú kôru tvoria tri základné typy hornín:

- **vyvreté horniny** (magmatické horniny) – sú magmatického pôvodu a rôznymi procesmi sa dostali bližšie k povrchu. Vnikli kryštalizáciou a ochladzovaním magmy,
- **metamorfované horniny** (premenené horniny) – vznikajú v hlbších vrstvách zemskej kôry pôsobením vysokej teploty a vysokého tlaku na vyvreté a sedimentárne horniny,
- **sedimentárne horniny** – vznikli premiestnením, uložením a následným spevnením zvetraných úlomkov (*fyzikálny proces*), alebo vyzrážaním z roztokov (*chemický proces*), alebo usadením zvyškov biologickej aktivity (*biologický proces*).

Sedimenty tvoria asi len desatinu hmoty zemskej kôry, avšak z hľadiska látkového metabolizmu, viazaného na zemský povrch sú dôležitejšie, pretože približne 70 % povrchu súše je pokryté práve usadenými horninami.

Napriek tomu, že deje prebiehajúce v litosfére sú z časového hľadiska ľudského života takmer nepatrné, prebieha tu kolobeh hmoty. Veľký kolobeh hmoty môžeme rozdeliť na tektonický a sedimentárny cyklus, a tieto dva cykly sú navzájom prepojené.

Tektonický cyklus je spojený najmä s rozpínaním oceánskej dosky a jej podsúvanie pod kontinentálne dosky. Do tohto rámca spadajú aj horotvorné pochody, ktoré sa prejavujú najmä na miestach, kde sa oceánska doska podsúva pod kontinentálnu. Netreba opomenúť vulkanické pochody, ktoré sú spojené s výstupom magmatických hornín. Účinky silných erupcií sú známe – okrem všeobecne známych ničivých účinkov lávy, vyvrhnutých kúskov hornín až po sopečný popol, môžu extrémne erupcie zmeniť zásadne počasie (príklad „zima v lete“ – vyvrhnutý aerosól môže odraziť väčšinu slnečnej energie späť do kozmu).

Sedimentárny cyklus zahŕňa procesy, do ktorého sú zahrnuté litosféra aj s pôdou, hydrosféra aj atmosféra. Súčasťou sedimentárneho cyklu je zvetrávanie, ale aj opätovné klesanie uložených sedimentov do hĺbky.

Na **zvetrávaní hornín** sa podieľajú procesy fyzikálne (zmeny teploty, mechanické javy), faktory biologické (napr. vplyvom koreňového systému rastlín), ale predovšetkým faktory chemické – voda spolu s rozpustenými látkami, pričom silným činiteľom je aj slnečné žiarenie. Zvetrávanie je kľúčovým procesom pre vznik pôdy.

Erózia je proces rozrušovania povrchu horní (hlavne pôdy) a ich následný odnos. Činiteľom je hlavne gravitácia a vietor.

Pokiaľ by neustále neprebíhali aj horotvorné procesy, povrch Zeme by bol erodovaný a zarovnaný za približne 100 miliónov rokov.

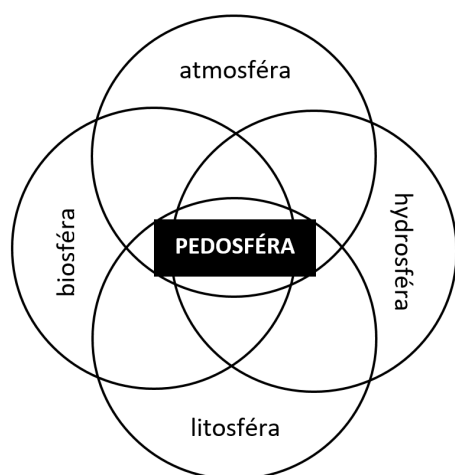
Pre človeka je litosféra zdrojom obrovských množstiev rôzneho materiálu pre stavebný, chemický, ale aj potravinársky priemysel. Zemská kôra obsahuje okrem hornín minerály, kovy a rôzne ďalšie materiály, ktoré sú dôležité pre ľudskú spoločnosť. Tlak na litosféru je enormný, človek už vytiahol z litosféry 740 megaton železa, 40 megaton hliníka, 22 megaton horčíka

a 8 megaton medi. Oveľa väčšie množstvo piesku, štrku, vápenca bolo vytŕažené kvôli stavbám. Je potrebné mať takisto na pamäti, že pri extrakcii človek presúva obrovské množstvá materiálu (napr. pri banskej činnosti).

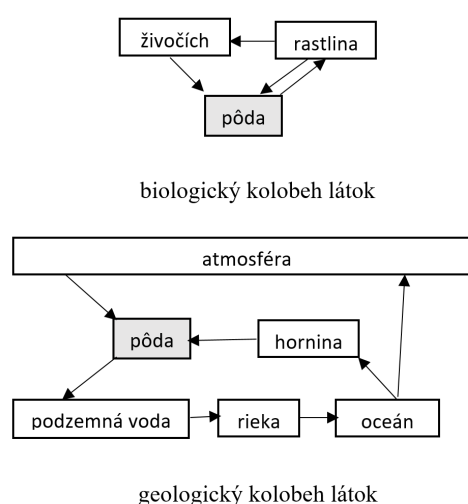
1.2.4. Pedosféra

Pedosféra je obal Zeme, kde sa formuje a vyvíja pôda. Vytvára sa na rozhraní pôsobenia atmosféry, biosféry, litosféry a hydrosféry (obr. 6). Pedosféra tvorí životné prostredie pre organizmy a je prechodom medzi živou a neživou sférou. Jej hrúbka je kolísavá, od niekoľkých centimetrov až po približne 3 metre. Vedným odborom, zaoberajúcim sa pedosférou je pedológia.

Pôda je vrchná časť pedosféry, je porózny útvar, tzn. medzi pevnými časticami pôdy sa nachádzajú medzery (póry), ktoré sú vyplnené vzduchom a vodou. Pevné častice obsahujú minerálne (litosféra) a organické, živé a neživé zložky (biosféra). Pôda je základnou podmienkou pre život v terestriálnych (suchozemských) ekosystémoch a pôsobí na bilanciu energie, kolobeh vody a živín a produktivitu ekosystémov. V pôde sa odohrávajú bilančné vstupy a výstupy a taktiež výmena plynov (O_2 , CO_2 , kolobeh vody, metánu, oxidov dusíka) s atmosférou. Rozpusťné zložky dusičnany, rozpusťný organický uhlík sa vyplavujú z pôd. Vplyvom množstva fyzikálnych, chemických a biologických procesov prebiehajúcich v pôde dochádza k nerovnomernému rozdeleniu materiálu a k vytváraniu jednotlivých horizontov pôdneho profilu. Rozklad a erózne procesy zase spôsobujú nerovnomerné rozmiestnenie materiálu v priestore krajiny.



Obrázok 6. Na tvorbe pôdy sa podieľajú všetky sféry Zeme, pedosféra zároveň obsahuje zložky všetkých zemských sfér (Juma, 1999)



Obrázok 7. Pôda v biologickom a geologickom kolobehu látok (Zaujec et al., 2009)

Pôda je výsledkom pôdotvorného procesu, v ktorom má dôležité miesto biologický a geologický kolobeh látok (obr. 7).

Biologický kolobeh látok podmieňuje procesy biologickej akumulácie organických a minerálnych zlúčenín v povrchových vrstvách pôdy a formovanie humusového horizontu.

Geologický kolobeh látok, ktorý charakterizujú procesy rozkladu a migrácie minerálnych a organických zlúčenín (geologické eluviovanie), spôsobuje ochudobňovanie povrchových vrstiev pôdy, **členenie pôdneho profilu**, prípadne i jeho rozrušovanie.

Všetko čo ovplyvňuje formovanie, vývoj, vlastnosti, a geografické rozloženie pôd sa nazýva pôdotvorný proces. **Pôdotvorný proces** je dej, ktorý je neustále prebiehajúci a je ovplyvňovaný pôdotvornými činiteľmi, ktoré môžeme rozdeliť na dve skupiny:

- **faktory pôdotvorného procesu** – zúčastňujú sa na tvorbe pôdy materiálne (horniny a rastlinstvo) alebo energeticky (energia) napr. materiálne aj energeticky materská hornina, klíma atď.
- **podmienkami pôdotvorného procesu** – tie pôdotvorné činitele, ktoré výrazne ovplyvňujú ostatné priamo pôsobiace činitele, teda pôsobia nepriamo (reliéf územia, vek pôdy atď.).

Funkcie, ktoré pôda zabezpečuje Bujnovský (2011) rozdelil do dvoch základných skupín, a to **ekologických a socio-ekonomických**.

Medzi **ekologické funkcie pôdy** zaradujeme:

1. **Produkčná funkcia** – predstavuje schopnosť pôdy zabezpečovať nároky rastlín na živiny, vodu, vzduch a rast koreňového systému, a tým vytvárať podmienky pre tvorbu úrody, produkciu úžitkovej fytomasy, fytomasy rastlín a biomasy živočíchov, ktoré sú pre človeka zdanlivo nepotrebné, ako aj obnovu energie (pôdna organická hmota).
2. **Filtračná funkcia** – zahŕňa tak akumuláciu a transport vody, ako aj schopnosť pôd zachytávať rôzne látky vstupujúce do pôdy. Akumulácia vody v pôde ovplyvňuje tak reguláciu kolobehu vody v krajine, ako aj produkčnú schopnosť pôdy. Filtrácia, resp. mobilizáciu látok v pôde zabraňuje nežiaducemu transportu znečisťujúcich látok do podzemných vôd, resp. do potravinového reťazca.
3. **Transformačná funkcia** – zahŕňa premenu látok fyzikálnymi, chemickými a biologickými procesmi v pôde.
4. **Pufračná funkcia** – spočíva v schopnosti pôdy tlmiť vplyv chemických látok na zmeny parametrov, prípadne vlastností pôdy. Okrem toho pôda, presnejšie pôdna voda a organická hmota, je schopná zmierňovať teplotné výkyvy pôdy, prípadne prízemnej vrstvy ovzdušia.
5. **Rezervoár uhlíka** – uvedená funkcia má význam z hľadiska zmierňovania vývoja, resp. následkov klimateckej zmeny.
6. **Rezervoár biodiverzity** – uvedená funkcia vytvára životné prostredie pre živé organizmy, a tým aj génovú rezervu. Zhoršenie vlastností pôd vo všeobecnosti vedie k zníženiu biodiverzity. Biologická degradácia pôd je spravidla dôsledkom fyzikálnej a chemickej degradácie.

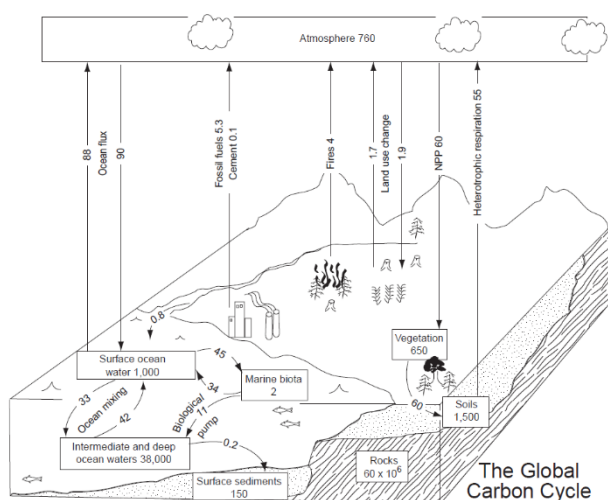
Z najvýznamnejších **socio-ekonomických funkcií pôdy** treba uviesť, že:

1. **fyzické prostredie pre ľudí a ľudské aktivity** (bytová výstavba, rozvoj priemyslu, budovanie skládok odpadu, športové a rekreačné aktivity),
2. **zdroj surovín**,

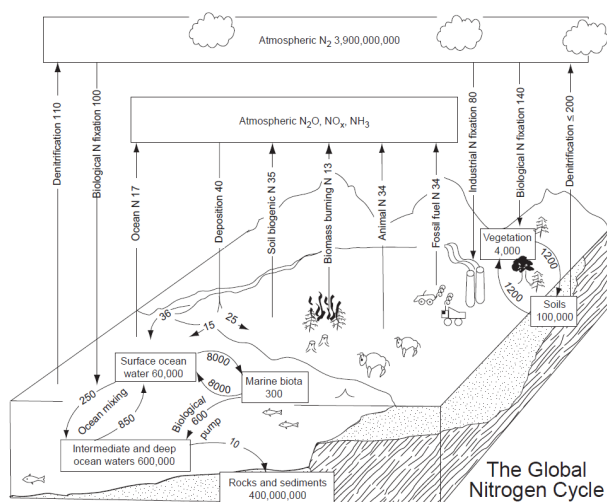
3. uchovávanie geologického a archeologického dedičstva.

1.2.5. Globálne biogeochemické cykly

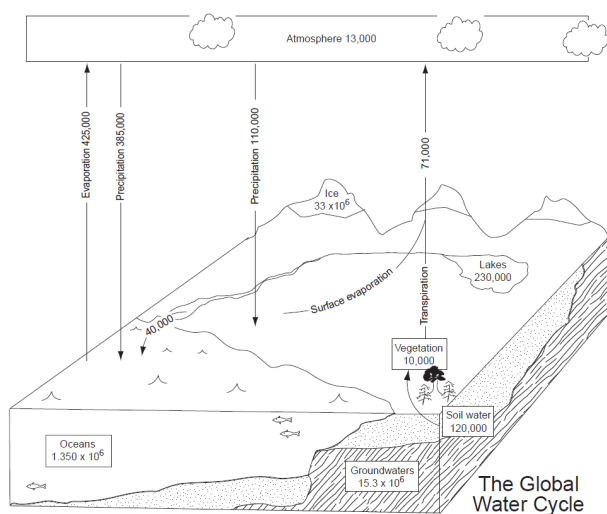
Globálne biogeochemické cykly predstavujú cyklickú výmenu látok medzi sférami Zeme. Interakcie medzi sférami Zeme sa formovali postupne od počiatku vzniku planéty, počas dlhých geologických období sa stali stabilizačným prvkom fungovania planéty Zem ako uceleného systému. Mieru vplyvu bioty a dopad človeka na ekosystémy a ich procesy sa stávajú zreteľnejšími ak sú hodnotené na globálnej úrovni. Kvantifikácia množstva látok v ich globálnych cykloch je účinným nástrojom na porozumenie miery dopadu ľudskej činnosti. Nasledujúce schémy prezentujú hlavné globálne biogeochemické cykly, kvantifikujú množstvo látky v jednotlivých rezervoároch ako aj globálny vplyv človeka. Schémy (obr. 8 – 12) sú prebraté z Chapin III a kol. (2002).



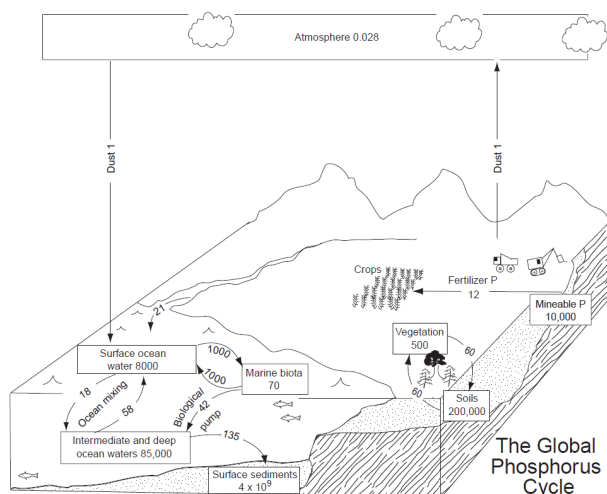
Obrázok 8. Globálny cyklus uhlíka: približné veľkosti hlavných rezervoárov a tokov sú v jednotkách petagram za rok (1 petagram = 10^{15} g). Rezervoáre uhlíka, ktoré prispievajú na kolobeh uhlíka v priebehu desaťročí až storočí sú atmosféra, pôda (vegetácia a pôda) a oceány. Na súši je záchyt uhlíka vegetáciou o niečo väčší ako strata uhlíka pri dýchaní, čo vedie k čistému ukladaniu uhlíka na súši. Vstup uhlíka do oceánov je tiež o niečo väčší ako návrat uhlíka do atmosféry. Biosféra súše predstavuje 50 až 60 % globálnej čistej produkcie. Väčšina (80 %) čistej primárnej produkcie oceánov sa späť do prostredia dostáva dýchaním (respiráciou) heterotrofnými organizmami a zvyšných 20 % ide do hlbokých oceánov biologickou pumpou. Oceánske výstupné prúdy vracajú väčšinu tohto uhlíka späť do povrchových oceánskych vôd. Ľudské aktivity spôsobujú tok uhlíka do atmosféry spaľovaním fosílnych palív, výrobou cementu a zmenami vo využívaní pôdy.



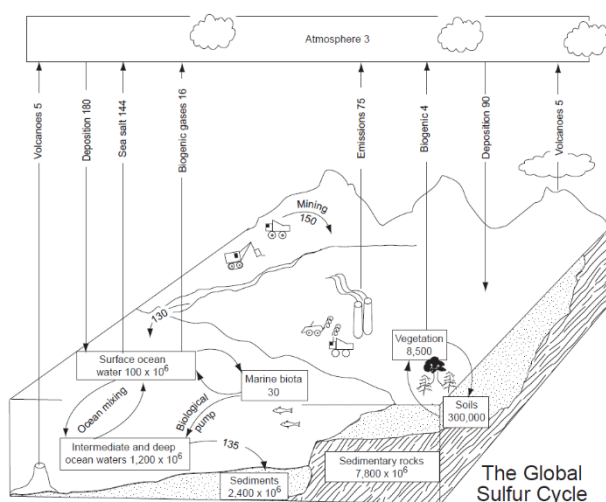
Obrázok 9. Globálny cyklus dusíka. Približné množstvá v rezervoároch (rámčeky) a tokoch (šípky) sú v jednotkách teragram za rok (1 teragram = 10^{12} g). Atmosféra obsahuje väčšinu dusíka na Zemi. Množstvo dusíka, ktoré ročne obieha suchozemskou vegetáciou je 9 násobne vyššie ako vstup dusíka jeho biologickou fixáciou, v prípade oceánskej bioty je to až 80 násobný rozdiel medzi obehom a fixáciou. Denitrifikácia je hlavný zdroj vstupov dusíka do atmosféry. Ľudské aktivity zvyšujú vzstupy dusíka cestou používania umelých hnojív, pestovaním rastlín fixujúcich dusík (napríklad veľké plochy sóje), spaľovaním fosílnych palív.



Obrázok 10. Globálny cyklus vody. Približné množstvá v základných rezervoároch (v rámčekoch) a tokoch (šípky) sú kilometroch kubických za rok. Väčšina vody je v oceánoch, ľade a v podzemnej vode, kde nie je priamo prístupná pre suchozemské organizmy. Hlavné toky vody sú zrážky, evapotranspirácia (výpar s vody, pôdy a živých organizmov) a odtok (povrchový, podzemný)



Obrázok 11. Globálny cyklus fosforu. Približné množstvá v rezervoároch (v rámcikoch) a toky (šípky) v teragramoch za rok. Hlavným zásobníkom fosforu je litosféra. Väčšina fosforu ktorá sa zúčastňuje cyklu počas desaťročí a storočí je prítomná v pôde, sedimentoch a oceáne. Fosfor veľmi „pevne“ obieha medzi vegetáciou a pôdou na súši a medzi oceánskou biotou a povrchovými vodami oceánu. Hlavný vplyv človeka na globálny cyklus fosforu je používaním umelých hnojív, a človekom zapríčinená erózia pôdy.



Obrázok 12. Globálny cyklus síry. Približné množstvá v hlavných rezervoároch (v rámcikoch) a tokoch (šípky) sú v teragramoch za rok. Väčšina síry je v horninách, sedimentoch a oceánskych vodách. Hlavné toky cyklu síry sú cez biotu a rôzne stopové toky síratých plynov. Ľudská činnosť zdvojnásobila toky síry cez ťažbu síry a spaľovaním fosílnych palív.

2. Biosféra – sféra života na Zemi

2.1. Hierarchické usporiadanie života

Biologická organizácia je hierarchia zložitých biologických štruktúr a systémov, ktoré definujú život pomocou redukcionistického prístupu. Každá úroveň v hierarchii predstavuje nárast organizačnej zložitosti, pričom každý „objekt“ je primárne zložený zo základnej jednotky predchádzajúcej úrovne. Základným princípom organizácie je koncept emergencie – vlastnosti a funkcie nachádzajúce sa na hierarchickej úrovni nie sú prítomné a irelevantné na nižších úrovniach. Tradičná hierarchia siaha od atómov až po biosféru (obr. 13). Vyššie úrovne tejto schémy sa často označujú ako koncept ekologickej organizácie alebo ako **ekologická hierarchia**.

Najnižšou úrovňou ekologickej hierarchie je **organizmus**. V biológii je organizmus každý organický, živý systém, ktorý funguje ako individuálna entita. Je to usporiadaná sústava, spravidla ostro ohraničená oproti vonkajšiemu prostrediu, ktorá je živá. Organizmus (jedinec) je základnou jednotkou populácie. **Populácia** je súbor jedincov jedného druhu všetkých vývinových stupňov, ktoré žijú v spoločnom ohraničenom priestore, jednotnom čase a ktoré sú vzájomne viazané predovšetkým reprodukčnými vzťahmi. Populácia druhu je základnou jednotkou biocenózy. **Biocenóza** (biologické spoločenstvo, biotické spoločenstvo) je zoskupenie populácií všetkých druhov (živočíchy, rastliny, mikroorganizmy, človek), ktoré spoločne osídľujú určité územie a sú spojené vzájomnými vzťahmi. Biocenóza a abiotické prostredie tvoria spolu **ekosystém**. **Bióm** predstavuje časť biosféry charakterizovanú určitým typom biotických a abiotických podmienok (klimatické, hydrologické, pôdne, geologické pomery) ktoré dávajú vznik určitým charakteristickým typom rastlinných a živočíšnych spoločenstiev. **Biosféra** je najvyššou úrovňou biologickej organizácie (aj ekologickej hierarchie), je to živý obal Zeme zahŕňajúci všetko živé na planéte.



Obrázok 13. Biologická hierarchia, hierarchické usporiadanie života na Zemi. Úrovne od organizmu (vrátane) po biosféru sú súčasťou ekologickej hierarchie. Zdroj: <https://www.shutterstock.com/image-vector/illustration-hierarchy-biological-organization-atom-organism-126853934>, upravené

Hierarchické úrovne ekologickej hierarchie sú objektom štúdia vednej disciplíny ekológia. **Ekológia** je biologická vedná disciplína, ktorá študuje vzťahy medzi organizmami a ich prostredím a organizmami navzájom. Ekológia poskytuje jednu z dôležitých poznatkových základní pri riešení problémov životného prostredia.

2.1.1. Populácie

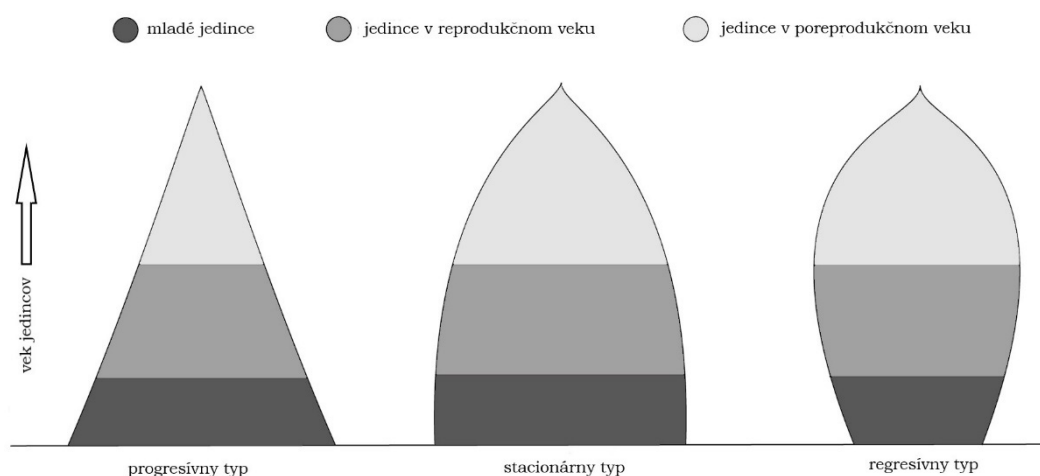
Organizmy nežijú osamotene a izolovane od ostatných jedincov svojho druhu. Zvyčajne vytvárajú väčšie či menšie skupiny, a ak aj žijú niektoré druhy „samotárske“, pre prežitie druhu sa navzájom vyhľadávajú počas rozmnožovania. Skupina organizmov jedného druhu, ktoré spoločne žijú na jednom geografickom území v rovnakom čase sa nazýva **populácia**. Časť ekológie, ktorá sa zaoberá štúdiom populácií sa nazýva populačná ekológia.

Pojem populácia sa používa v ekológii, populačnej genetike, v evolučnej biológii, ale aj v taxonómii. Dôležitá je schopnosť výmeny génov, čiže možnosť oplodnenia jedincov medzi sebou (v rámci druhu) a následné vytvorenie potomstva. Určitý stupeň izolovanosti (t. j. bariér prenosu génov) od jedincov iných druhov je ďalším predpokladom pre určenie populácie.

Základnou jednotkou populácie je populačnej ekológie jedinec (jednotlivý organizmus). Pri niektorých druhoch je odlišenie jednotlivých organizmov zložitejšie – napríklad trávy vytvárajú trsy, z ktorých rastú ďalšie podzemné výbežky alebo v prípade koralov, ktoré žijú koloniálnym životom. V prípade väčšiny živočíchov je identifikácia jedinca pomerne jednoduchá. Celkový počet jedincov v populácii predstavuje jej základnú vlastnosť – **veľkosť populácie**. Veľkosť populácie v niektorých prípadoch vyjadrujeme z praktického hľadiska relatívne ako **hustotu populácie** – počet jedincov na jednotu plochy alebo objemu (pôdne, vodné druhy), v prípade parazitických druhov ako počet na jedného hostiteľa.

Jedince v populácii môžu byť rôzneho veku, pohlavia, ale aj veľkosti. Podľa takýchto kritérií môžeme populáciu ďalej charakterizovať na základe jej štruktúry. **Veková štruktúra** populácie vyjadruje zloženie populácie podľa veku jedincov, hodnotí zastúpenie rôznych vekových skupín (vekových kategórií) v populácii. Identifikácia jednotlivých vekových kategórií je závislá od druhu, inak identifikujeme vekové kategórie pri rastlinách, inak pri živočíchoch. Všeobecne rozlišujeme vek jedincov na tri základné ontogenetické (vývinové) obdobia, definované vo vzťahu k schopnosti reprodukcie: (1) predreprodukčné obdobie (nemajú vytvorené reprodukčné orgány, nie sú schopné reprodukcie); (2) reprodukčné obdobie a (3) postreprodukčné obdobie. Vekovú štruktúru populácie graficky vyjadrujeme vekovými pyramídami (obr. 14).

Podľa tvaru vekovej pyramídy môžeme predpokladať vývoj populácie. Pokiaľ v populácii prevládajú mladé jedince a jedince v postreprodukčnom veku sú najmenej zastúpené, má tvar sa najviac približujúci sa pyramíde, tento typ pyramídy sa nazýva progresívny. Nasleduje stacionárny typ, a pri regresívnom type pyramídy sa zvyšuje podiel starých jedincov. Vekové pyramídy sa pravidelne používajú v demografii, vednej disciplíne, ktorá sa zaoberá ľudskou populáciou. Okrem veku je veková pyramída doplnená aj o pohlavie, na ľavej polovici je vyjadrená veková štruktúra mužskej časti populácie a na strane pravej ženská časť populácie v krajine.

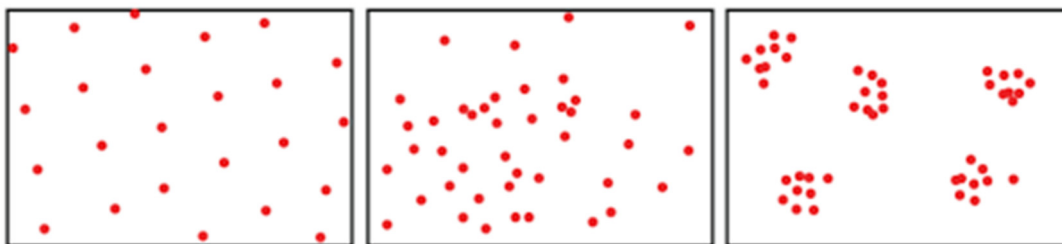


Obrázok 14. Vekové pyramídy, všeobecné znázornenie základných tvarov.

Zdroj: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Typy_vekovych_pyramid.png, upravené

Veľkostná štruktúra vyjadruje zloženie populácie podľa veľkosti jedincov. Veľkosť jedincov sa môže definovať na základe výšky alebo hmotnosti. V lesníctve sa používa hrúbka kmeňa v tzv. prsnej výške ako ukazovateľ veľkostnej štruktúry populácie.

Priestorová štruktúra (disperzia populácie) popisuje priestorové rozmiestnenie jedincov v priestore osídlenom populáciou (obr.15). Každý jedinec osídľuje určitý životný priestor. Jedince v priestore môžu vytvárať menšie skupinky, t. j. disperzia populácie je zhlukovitá alebo môžu byť na ploche rozmiestnené rovnomerne – typické pre populácie pestovaných rastlín.



Obrázok 15. Tri základné typy disperzie populácie (z ľava do prava): rovnomerná, náhodná, zhlukovitá.

Zdroj: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Population_distribution.svg, upravené

Pohlavná štruktúra populácie vyjadruje zloženie populácie podľa pohlavia, hodnotí zastúpenie samíc a samcov, poprípade zastúpenie aj iných pohlavných kategórií, v závislosti od biológie druhu. Pomer pohlaví, čiže pomer samíc (F) a samcov (M) v populácii je najčastejšie používaný kvantifikátor pohlavnej štruktúry populácie. Veľa populácií nemá veľké rozdiely v počte samíc a samcov, pomer pohlaví, F:M, je teda blízky 1. Pohlavná štruktúra populácie vyjadruje potenciálne podmienky na rozmnožovanie a tvorbu potomkov.

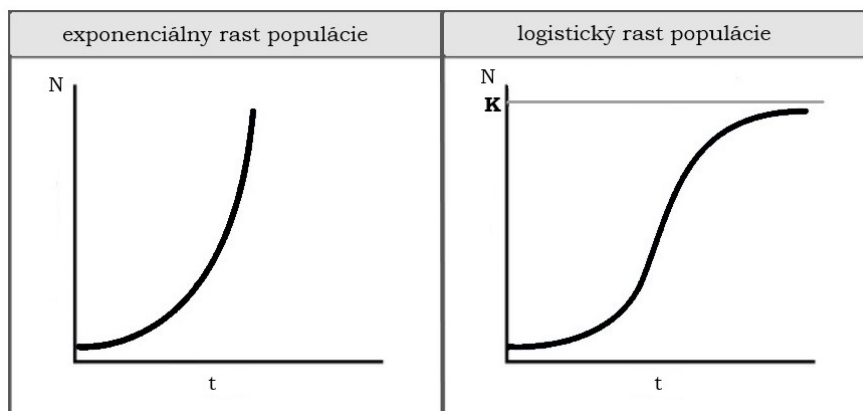
Dynamika populácie vyjadruje zmenu veľkosti populácie v čase. Veľkosť populácie sa počas jej existencie viac alebo menej mení, je to výsledkom troch základných demografických javov: narodenie (N), úhyn (D), migrácia. Migrácia predstavuje jedince, ktoré sa z populácie vysťahovali (emigrácia, E), t. j. prešli do inej populácie (na inom mieste) a jedince, ktoré sa do populácie prisťahovali (imigrácia, I). Výsledná veľkosť populácie je výsledkom medzi týmito javmi. Tento stav vyjadrujeme bilančnou rovnicou dynamiky populácie:

$$N_{t+1} = N_t + B - D + I - E$$

ktorá vyjadruje, že veľkosť populácie v čase $t+1$ (N_{t+1}) závisí od veľkosti populácie v predchádzajúcom čase t (N_t), a od prírastku populácie (B,I) a úbytku populácie (D,E).

Rast populácie je dynamický stav populácie kedy s časom pribúdajú jedince, zväčšuje sa veľkosť populácie. Pokiaľ populácia nie je ničím obmedzovaná, pribúdanie jedincov nie je ničím regulované, hovoríme o **neobmedzenom raste populácie**. Rýchlosť pribúdania jedincov je daná iba biologickými danosťami druhu. Tieto danosti označujeme pojmom špecifická rýchlosť rastu a je to maximálna teoretická miera prírastku populácie na jednotlivca – teda maximálna miera rastu populácie. Pri neobmedzenom raste jedince pribúdajú geometrickým radom, populácia rastie exponenciálne a jej grafickým vyjadrením je krivka tvaru J (obr. 16). Neobmedzený rast populácie považujeme v ekológii za teoretický, v prírode sú zdroje limitované a limitované zdroje sú základom regulácie rýchlosti rastu populácie. Za takýchto podmienok populácia rastie **obmedzeným rastom**. Spočiatku, keď je populácia malá, napríklad krátko po obsadení nového územia, rast populácie nie je obmedzovaný, pretože zdrojov je zatiaľ dostatok. Postupným pribúdaním jedincov sa zdroje stávajú limitované a rast populácie sa napokon zastaví. Veľkosť populácie sa potom na dlhší čas stabilizuje na počte jedincov, ktorý môže dané prostredie neobmedzene dlho podporovať. Tento maximálny počet jedincov sa

označuje pojmom **únosnosť (K)** a grafickým obmedzeného (logistického) rastu populácie je krivka tvaru S (obr. 16)



Obrázok 16. Keď sú zdroje neobmedzené, populácie vykazujú exponenciálny rast. Keď sú zdroje obmedzené, populácie vykazujú logistický rast. Po dosiahnutí únosnosti prostredia (K) sa veľkosť populácie ustáli, výsledkom čoho je krivka v tvare S (Chapman, Reiss, 1999).

Okrem zmeny veľkosti populácie sa mení v čase aj štruktúra populácie. Pre predstavu si stačí pozrieť ako sa menila populácia Slovenska aj z pohľadu vekovej štruktúry na stránke „Population Pyramids of the World from 1950 to 2100“ (<https://www.populationpyramid.net/slovakia/>).

2.1.2. Biologické spoločenstvá

Biologické spoločenstvo alebo biocenóza je súbor druhových populácií na určitej ploche. Považuje sa za organizovaný celok, ktorý predpokladá určité interakcie medzi jeho zložkami, t. j. druhovými populáciami. Kľúčové body o spoločenstvách sú, že ide o súbor druhov,

- ktoré sa vyskytujú spoločne v nejakom spoločnom prostredí alebo stanovišti,
- organizmy tvoriace spoločenstvo sú určitým spôsobom integrované alebo vzájomne pôsobia ako ucelená jednotka.

Biocenózy majú často svoje špecifické pomenovania, ktoré sú buď odvodené od určujúceho charakteru stanovišťa, (napr. spoločenstvá skalných štrbín), alebo podľa dominantného druhu (skupiny druhov) – napríklad spoločenstvo bukového lesa. Biocenózy môžu byť rôznej veľkosti, spoločenstvom je súvislý porast lesa, ktorého rozloha môže byť stovky hektárov aj viac, ale aj spoločenstvo machov a lišajníkov na skale, kde plocha nemusí presiahnuť 1 m². Určujúcou nie je teda veľkosť, ale komplexnosť, celistvosť.

Druh (populácia druhu) je základnou jednotkou. Preto aj počet druhov, **druhové bohatstvo (S)**, je základnou charakteristikou biologického spoločenstva. Máme biocenózy druhovo bohaté (napr. prírodné horské lúky), ale aj druhovo chudobné (napríklad tie tvorené človekom – porasty kultúrnych plodín). Okrem počtu druhov sa biocenózy líšia v zastúpení jednotlivých druhov – populácie niektorých druhov sú mnohopočetné, populácie iných môžu mať len zopár jedincov v populácii. Túto skutočnosť popisuje **druhová diverzita**. Druhová diverzita sa kvantitatívne stanovuje vyhodnotením celkového príspevku druhového bohatstva a miery rozdielnosti v zastúpení druhov. Používa sa niekoľko tzv. indexov diverzity, od tých

najjednoduchších, kde sa zhodnotí len podiel počtu druhov na počte jedincov všetkých druhov (d tab 3). Zložitejšie indexy diverzity zohľadňujú aj relatívne zastúpenie (podiel jedincov) jednotlivých druhov (D , H' , tab. 3).

Tabuľka 3. Príklady vzorcov indexov diverzity (Chapman, Reiss, 1999).

Názov	Vzorec	Parametre
Index diverzity	$d = \frac{S}{N}$	S – počet druhov N – počet jedincov všetkých druhov
Simpsonov index diverzity	$D = \frac{1}{\sum_{i=1}^S p_i^2}$	p_i relatívne zastúpenie i-teho druhu $p_i = \frac{n_i}{N}$
Shannonov index diverzity	$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \log p_i$	n_i hodnota významnosti i-teho druhu (počet jedincov)

Druhovú diverzitu je dôležitým ukazovateľom ekologickej hodnoty biocenózy a nepriamo poukazuje aj na jej stabilitu. Na základe indexov diverzity vieme identifikovať biocenózy s vysokou diverzitou (napr. pre potreby ochrany prírody), alebo identifikovať negatívne dopady ľudskej činnosti na fungovanie biocenózy (napr. zníženie diverzity zistené porovnaním medzi dvomi časovými úsekmi).

Biotické spoločenstvá sú priestorové útvary, obsadzujú určitý priestor nad aj pod povrchom Zeme (korene rastlín). Priestorová štruktúra biocenózy sa označuje aj ako „fyzikálna štruktúra“.

Vertikálna štruktúra biocenózy sa najčastejšie vyjadruje na základe toho, ako nadzemné orgány rastlín vyplňajú priestor, pričom sa na základe svetelných podmienok diferencujú jednotlivé vrstvy (etáže) (obr. 17).



Obrázok 17. Vertikálna stratifikácia biocenózy je do značnej miery daná životnými formami rastlín, ich veľkosťou, rozvetvením a listami, čo je ovplyvnené vertikálnym gradientom svetla (pokles intenzity svetla smerom k povrchu pôdy). Vertikálna štruktúra lesnej biocenózy je tvorená štyrmi etážami: stromová etáž (E_3) je tvorená korunami vzrastlých stromov; kerovú etáž (E_2) tvoria koruny krov a mladých stromov; bylinné poschodie (E_1) je tvorené bylinami, trávami ale aj semenáčikmi stromov a krov; a prízemnú vrstvu (E_0) tvorí vegetácia machov a lišajníkov. V lese nemusia byť prítomné všetky etáže, závisí to napríklad od reálnych svetelných podmienok v konkrétnom lese ale aj od hrúbky a kvality opadanky. Zdroj: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stockwerke_wald.png, upravené.

Fungovanie biocenózy ako celku je formované vzťahmi, ktoré sa vytvárajú medzi druhmi. **Medzidruhové vzťahy** v biologickom spoločenstve regulujú zabezpečujú stabilitu biocenózy. Medzi druhmi vzniká komplex vzťahov, ktoré môžeme kategorizovať podľa typu účinku na populácie či miery závislosti.

Podľa účinku rozlišujeme medzidruhové vzťahy na kladné a záporné. Medzi kladné vzťahy patrí napríklad **mutualizmus**, vzájomne prospešný vzťah nazývaný aj symbióza, ktorý je zároveň aj obligátnym vzťahom, čiže prežívanie oboch zúčastnených druhov je do určitej miery závislé od tohto vzťahu (opeľovač, rastlina). Ďalším príkladom je **komenzalizmus**, kedy jeden druh má z interakcie prospech, pre druhý druh je vzťah neutrálny (napríklad liana a strom ako pasívna opora pre jej rast). **Predácia**, vzťah medzi predátorom a korisťou, je príklad negatívneho obligátného vzťahu. Do tejto skupiny spadá aj **parazitizmus**, vzťah medzi parazitom a hostiteľom. Pomerne častým vzájomne negatívnym vzťahom je **kompetícia**, pri ktorej si druhy konkurujú o ten istý zdroj (svetlo, miesto na hniezdenie, tá istá korisť). Matrica medzidruhových vzťahov je však oveľa komplexnejšia a to najmä v prípade spoločenstiev s vysokou diverzitou.

2.2. Ekosystémy ako funkčné jednotky prírody

Ekosystémy, ekologické systémy, sa považujú za najkomplexnejšiu úroveň biologickej organizácie. Ekosystémy sú základné funkčné jednotky prírody. Ekosystém je spoločenstvo rôznych druhov, medzi ktorými sú rôzne typy vzťahov a zároveň sú v interakcii so svojim neživým prostredím. Vzťahy vo vnútri ekosystému sú veľmi dynamické a komplexné. Biologické spoločenstvá takto so svojim prostredím vytvárajú integrovaný celok a fungujú spoločne. Ekosystémom môže byť malý rybník, ale aj celý oceán. Ekosystém je zvyšok lesa uprostred poľnohospodárskej krajiny ako aj veľký lesný celok niekoľko tisíc hektárov. Rozhoduje funkčnosť celku. Ekosystémy sú prírodné, ale aj antropogénne (napr. poľný ekosystém, vodná nádrž). Termín ekosystém zaviedol anglický ekológ A.G. Tansley (1871 – 1955). Tansley použil pojem ekosystém prvý krát v roku 1935, kedy vo svojej práci predstavil koncept ekosystému, v ktorom upriamil pozornosť na prenos hmoty (materiálov) medzi organizmami a ich prostredím. Zdôraznil skutočnosť, že biologické spoločenstvá nemôžu existovať oddelene od prostredia, v ktorom žijú.

2.2.1. Čo je ekosystém

Ekosystémy nemajú jednoznačné hranice a nie sú navzájom izolované. Hmota a energia prúdia z jedného do druhého a naopak. Ekosystém teda považujeme za systém, ktorý je otvorený – jeho hranice umožňujú výmenu energie aj hmoty.

Hlavné zložky ekosystémov

Každý ekosystém je zložený z abiotickej (neživej) zložky a z biotickej (živej) zložky. **Abiotickú zložku** predstavujú také zložky prostredia ako voda, vzduch, živiny, teplo, slnečné žiarenie atď. **Biotickú zložku** tvoria rastliny, živočíchy a mikroorganizmy. Do biotickej zložky zvyčajne aj neživú organickú hmotu, ktorú predstavujú organické odpadné produkty metabolismu živých organizmov a odumreté telá organizmov. Táto zložka zohráva významnú úlohu v recyklácii hmoty v ekosystéme.

2.2.2. Trofická štruktúra ekosystému

Trofická štruktúra ekosystému vyjadruje zložité potravinové vzťahy medzi rôznymi skupinami organizmov, cez ktoré prebieha tok energie a obeh látok. Každý organizmus potrebuje získavať energiu a látky pre zabezpečenie svojich základných životných potrieb, pre rast a rozmnožovanie. Každý živý organizmus je zároveň schopný transformovať prijaté látky a energiu na svoju vlastnú biomasu. Organizmy získavajú energiu rôznym spôsobom v závislosti od ich metabolismu. V rámci ekosystému môžeme takto identifikovať určité skupiny, ktoré sú základom trofickej štruktúry ekosystému.

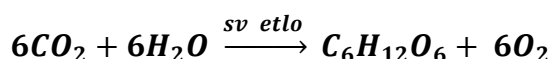
Z pohľadu získavania a transformácie energie rozlišujeme v ekosystéme dve základné skupiny organizmov: producenty a konzumenty.

Producenty sú z pohľadu metabolismu *autotrofné (samoživné) organizmy*. Autotrofia je schopnosť organizmov sami si vytvárať organické látky, pričom zo svojho prostredia prijímajú len najjednoduchšie anorganické zlúčeniny a energiu. Zjednodušene môžeme povedať, že

autotrofné organizmy dokážu premeniť anorganické látky na látky organické. Podľa formy energie, ktorú zo svojho prostredia prijímajú ich môžeme zaradiť do dvoch skupín: *chemoautotrofné* organizmy a *fotoautotrofné* organizmy. Obe skupiny potrebujú v rámci svojho metabolizmu premeniť anorganický uhlík na organický (asimilácia). Chemoautotrofné organizmy využívajú pri asimilácii uhlíka energiu oxidáciou (prevažne) anorganických látok. Chemosyntéza je evolučne najstarší spôsob asimilácie uhlíka, ktorý sa udržal dodnes. Mikroorganizmy žijúce hlboko na dne oceánov bez prístupu svetla získavajú energiu napríklad oxidáciou sírovodíka.

Fotoautotrofia je evolučne mladší spôsob získavania energie pre asimiláciu uhlíka. V procese fotosyntézy sa ako zdroj energie využíva energia slnečného žiarenia. Fotoautotrofné organizmy obsahujú špecifické pigmenty (farbivá), najčastejšie je to chlorofyl, ktoré umožňujú využitie svetelnej energie pri asimilácii uhlíka. Fotosyntéza je teda proces, počas ktorého sa svetelná energia konvertuje na chemickú energiu – energiu chemických väzieb v organických látkach.

Základná rovnica fotosyntézy:



Z rovnice vyplýva, že pre asimiláciu uhlíka využívajú fotosyntetizujúce organizmy základné anorganické molekuly – oxid uhličitý a vodu. Oxid uhličitý prijímajú suchozemské zelené rastliny z atmosféry, vo vodnom prostredí je uhlík prijímaný v podobe rozpusteného uhlíka (uhličitany, hydrogénuhličitany). Výsledkom syntézy je glukóza a kyslík. Glukóza je organická látka, v ktorej je v chemických väzbách uložená svetelná energia.

Základná rovnica fotosyntézy len veľmi jednoducho znázorňuje proces fotosyntézy. Fotosyntéza je však zložitý biochemický proces, prebiehajúci na bunkovej úrovni, v niekoľkých krokoch a za prítomnosti veľkého množstva špecifických enzýmov a iných biochemických látok. Ovplyvňovaný je rôznymi faktormi prostredia či už to je teplota, vietor, dostatok či nedostatok vody, ale aj prítomnosť polutantov v prostredí. Komplex faktorov prostredia zásadne ovplyvňuje rýchlosť fotosyntézy, čo sa nakoniec prejaví v množstve vytvorenej biomasy v ekosystéme.

Autotrofné organizmy v ekosystémoch vystupujú ako **producenty**. Na organických látkach vytvorených producentami sú priamo alebo nepriamo závislé všetky ostatné organizmy v ekosystéme – konzumenty.

Konzumenty sú z pohľadu typu metabolizmu heterotrofnými organizmami. Heterotrofia je spôsob výživy organizmov, pri ktorom organizmus získava uhlík prijímaním organických látok, pretože nie sú schopné si ich sami vytvoriť z anorganického uhlíka. Prijímajú teda organické látky vytvorené inými živými organizmami, tie v rámci svojho metabolizmu spracujú a využijú ako zdroj energie a na tvorbu vlastných organických látok.

Konzumenty sú rôznorodou skupinou organizmov, líšiace sa tak veľkosťou ako aj spôsobom výživy. Z taxonomického hľadiska sú to živočíchy, huby, baktérie (nefotosyntetizujúce).

Do tejto skupiny môžeme zaradiť aj niektoré rastliny, ktoré nemajú zelené farbivo a prispôbili sa na parazitický alebo saprofytický (na odumretej organickej hmote) spôsob výživy.

2.2.2.1. Trofické úrovne

Organizmy sú v ekosystémoch usporiadané do skupín, **trofických úrovní**, ktoré predstavujú určitú hierarchiu potravných vzťahov v ekosystéme.

Koncept trofickej úrovne vypracoval Raymond Lindemann (1942), pričom použil terminológiu Augusta Thienemanna (1926), ktorý jednotlivé trofické úrovne pomenoval ako producenty, konzumenty a reducenty – tieto Lindemann premenoval na rozkladačov.

Primárny producenty sú prvou trofickou úrovňou. Do tejto úrovne patria všetky fotosyntetizujúce organizmy. V suchozemských ekosystémoch sú to prevažne cievnaté zelené rastliny, ale aj paprade, machy a lišajníky, vo veľmi malej miere aj riasy (na povrchu pôdy napríklad). Vo vodných ekosystémoch sú to rôzne druhy vodných rastlín, hlavne v pobrežných častiach. Vo voľnej vode je dominantnou skupinou tzv. fytoplanktón – mikroskopické vodné riasy, sinice a niektoré fotosyntetizujúce prvoky, voľne plávajúce vo vodnom stĺpci. Tvorený je desiatkami až stovkami druhov.

Primárny konzumenty, herbivory, sú druhou trofickou úrovňou. Sú to bylinožravé organizmy potravné závislé na biomase vytvorenej primárnymi producentami. Je to taxonomicky veľmi pestrá skupina, do ktorej patria tak drobné vodné kôrovce ako aj veľké stavovce. Sú anatomicky aj fyziologicky prispôbené na prijímanie rastlinnej potravy. Majú špecifickú stavbu ústnych orgánov prispôbenú na konzumovanie, buď celých živých jedincov (napr. rias) alebo ich živých častí (napr. hryzávé ústne orgány hmyzu). Tie organizmy, ktoré prijímajú len asimiláty rastlín, napríklad ich vyciciavaním (vošky, molice) nie sú považované za pravých herbivorov, radia sa do skupiny parazitov. V suchozemských ekosystémoch je podstatná časť rastlinnej biomasy skonzumovaná herbivorným hmyzom, stavovce napriek svojej veľkosti skonzumujú oveľa menej z celkovej skonzumovanej rastlinnej biomasy. Suchozemské herbivory sa často adaptovali na konzumáciu len určitých častí rastlín – listy, púčiky, stonky, semená, plody, korene a pod. Vo vodných ekosystémoch dôležitú zložku primárnych konzumentov tvorí herbivorný zooplanktón. Veľkostne je to rôznorodá skupina, od mikroskopických druhov, cez menšie či väčšie kôrovce či iné skupiny článkonožcov, larvy mäkkýšov či pŕhlivcov (napr. medúz).

Sekundárne konzumenty sa nazývajú karnivory a predstavujú tretiu trofickú úroveň. Karnivory sú z metabolického hľadiska mäsožravce, to znamená, že sa živia inými živočíchmi. Je to takisto taxonomicky aj veľkostne rôznorodá skupina. Do tejto trofickej úrovne patria prevažne živočchy, ktoré sa živia bezstavovcami. Patria sem mäsožravé druhy hmyzu (lienky, bystrušky, pavúky), hmyzožravé druhy vtákov (lastovička, kukučka), plazov (jašterica), obojživelníky (žaby) či malé hmyzožravé cicavce (krt, piskor). Vo vodných ekosystémoch sú to najmä druhy, ktoré sa živia vodnými bezstavovcami, napr. niektoré menšie druhy rýb (sardinka, sled').

Štvrtá trofická úroveň sa nazýva **predátory**. Z pohľadu typu prijímanej potravy sú to tiež mäsožravce, však sú to veľkostne väčšie druhy a preto ich potravou sú takisto väčšie druhy

živočíchov. V trofickej štruktúre ekosystému nasledujú za karnivormi, ktorými sa živia. Do tejto skupiny patria druhy, ktoré sa živia prevažne stavovcami. Patria sem mäsožravé cicavce (vlk, líška, tuleň), ale aj väčšie plazy, ktoré sa živia stavovcami (užovka) a dravé druhy vtákov (orol, sova).

Rozkladače sú dôležitou trofickou skupinou v ekosystémoch. Zabezpečujú spracovanie odumretej organickej hmoty, ktorú rozkladajú a postupne premieňajú prvky z organickej formy na formu anorganickú, ktorú môžu potom prijímať primárne producenty.

Neživá organická hmota v ekosystéme je tvorená materiálom rôzneho pôvodu, označuje sa aj pojmom **detritus**, **detrit**. Detrit tvoria celé odumreté telá organizmov, ich neživé časti (opadnuté listy, vypadnutá srst'), exkrementy či iné tuhé odpadné produkty (napr. vývržky dravých vtákov), všetko v rôznom stupni rozkladu. Chemicky aj biochemicky je zloženie detritu veľmi rôznorodé a na rozklade neživej organickej hmoty sa podieľajú rôznorodé skupiny organizmov. Rozkladače rozdeľujeme na dve základné skupiny: dekompozítory a detritovory.

Dekompozítory rozkladajú neživú organickú hmotu enzymaticky. Patria sem baktérie a huby, ktoré pomocou enzýmov štiepia organické látky na látky rozpustné vo vode (cukry, aminokyseliny). Rozklad organickej hmoty je postupný proces, na ktorom sa zúčastňujú rôzne špecializované skupiny mikroorganizmov. Rastlinná organická hmota je zložená prevažne z polymérov (makromolekúl, celulóza, lignín). Makromolekuly sú príliš veľké pre mikroorganizmy a nie sú rozpustné vo vode. Navyše, štiepenie ich väzieb neprináša energiu, naopak, niekedy je energia potrebná, ako napríklad pri štiepení lignínu. Na rozklade takejto makromolekuly sa podieľa niekoľko desiatok druhov baktérií a húb, ktoré ju postupne štiepia na kratšie a kratšie úseky, až kým na konci procesu neostane voda a oxid uhličitý.

Detritovory sú živočíchy, ktoré konzumujú odumretú organickú hmotu a tá prechádza cez ich tráviaci systém. Plnia dôležitú úlohu pri rozklade organickej hmoty, pretože túto spracujú na menšie kúsky a zároveň v ich tráviacom systéme sú mikroorganizmy, ktoré im nielen pomáhajú tráviť túto hmotu, ale aj ich exkrementy sú potom ľahko rozložiteľné. Patria sem napríklad dážďovky alebo mnohonôžky, ktoré spracúvajú prevažne odumretú rastlinnú hmotu. Ďalej je tu pestrá skupina druhov špecializovaných na konzumáciu odumretej živočíšnej biomasy či živočíšnych exkrementov. Detritovory však konzumujú prevažne organickú hmotu, ktorá už prešla nejakým stupňom mikrobiálneho rozkladu.

Rozkladače plnia mimoriadne dôležitú úlohu v obehú látok v ekosystémoch. Rozkladajú organickú hmotu, ktorá by sa v ekosystémoch hromadila. Umožňujú, aby sa látky opäť vo svojej základnej, abiotickej, forme vrátili späť do prostredia (pôdy, vody, vzduchu) a boli tak opäť prístupné pre primárne producenty.

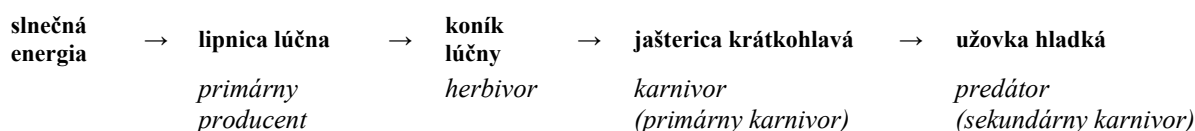
2.2.3. Potravové reťazce

Trofický (potravový) reťazec znázorňuje potravové vzťahy medzi druhmi v ekosystéme. Ukazuje, ako sa v rámci ekosystému presúva biologický materiál a energia z jedného druhu na ďalší, cez jednotlivé trofické úrovne. Dĺžka potravových reťazcov je rôzna, t. j. s rôznym počtom článkov v reťazci, ktorých počet kolíše medzi 3 až 6. Poznáme dva základné typy potravových reťazcov:

1. pastevno – koristnícky reťazec
2. rozkladový reťazec

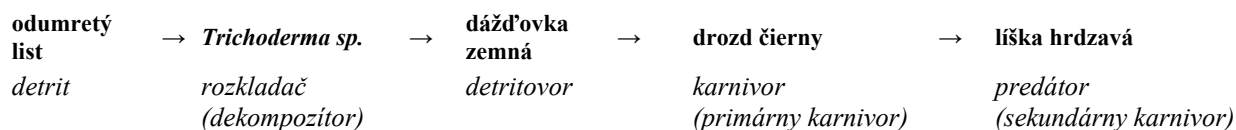
Odlisujú sa na základe zdroja, z ktorého čerpá prvý článok v reťazci energiu.

Pastevno-koristnícky potravový reťazec je viazaný na slnečnú energiu, ktorú využívajú ako zdroj energie primárne producenty. Biomasa primárnych producentov je konzumovaná herbivormi, tie sú potravou pre karnivory a na konci reťazca je predátor:



Horeuvedený príklad trofického reťazca má 4 články. Reťazce však môžu byť aj dlhšie, vtedy je v reťazci viac úrovní karnivorov. Reťazec by mohol pokračovať napríklad hadiarom krátkoprstým (dravý vták), ktorý by tu vystupoval ako terciárny karnivor (vrcholový predátor). Vrcholový predátor (alebo aj alfa predátor) už nemá žiadneho prirodzeného predátora. Tento typ potravového reťazca prevláda vo vodných ekosystémoch.

Rozkladový (detritový) potravový reťazec je viazaný na neživú organickú hmotu (detrit). Prvou trofickou úrovňou sú rozkladače (huby, baktérie), nasledujú detritovory, karnivory a reťazec končí predátorom:

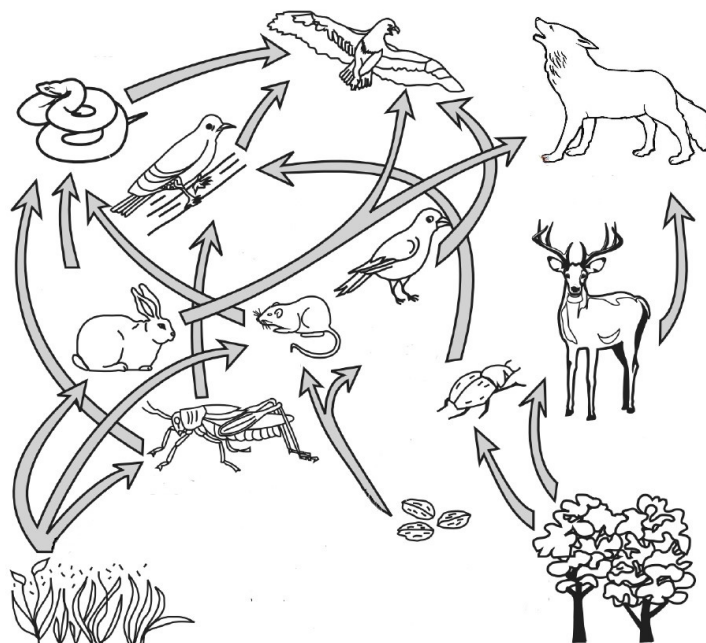


Detritové trofické reťazce prevládajú v najmä v terestrických ekosystémoch, bez nich by sa napríklad opadané lístie v lesoch hromadilo.

Okrem týchto dvoch základných potravových reťazcov poznáme aj **parazitický (cudzopasný) potravový reťazec**. Ten začína živým hostiteľom, na ktorého je naviazaný parazit, pričom hostiteľom môže byť organizmus na ktorejkoľvek trofickej úrovni.

2.2.4. Potravové siete

V každom ekosystéme existuje množstvo jednotlivých trofických reťazcov, ktoré sú navzájom poprepájané. Napríklad, jedince každého druhu v uvedenom pastevno-koristníckom reťazci, môžu byť zároveň potravou pre iný druh alebo mať za potravu iný druh. Takto sú potravové reťazce v ekosystéme spojené do matice potravových reťazcov, do jedného dynamického súboru, ktorý nazývame potravová sieť (obr. 18).

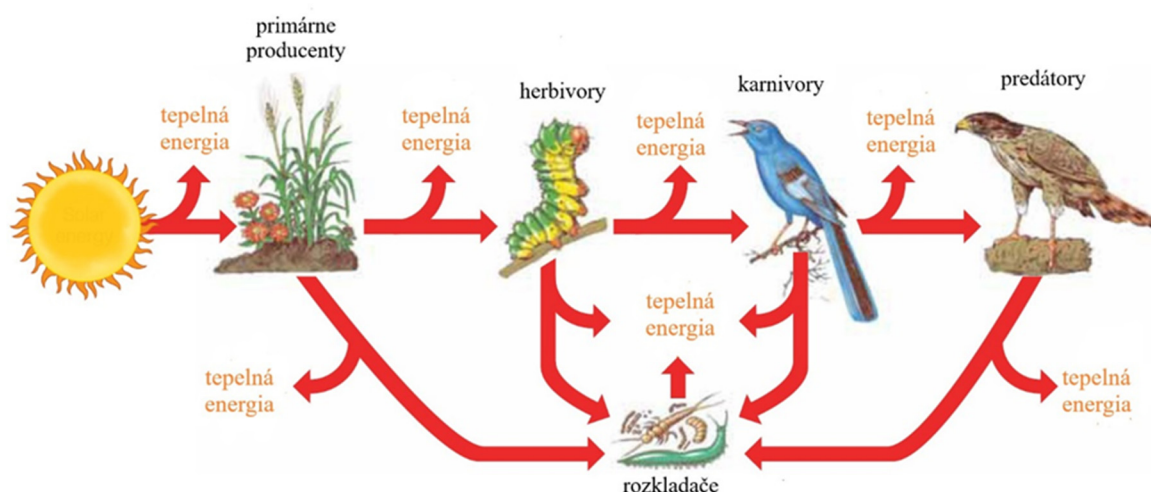


Obrázok 18. Príklad potravovej siete ekosystému opadavého listnatého lesa (Chapin III a kol., 2002)

Na obrázku 18 je znázornená veľmi zjednodušená trofická sieť v ekosystéme opadavého listnatého lesa. Primárne producenty (strom, tráva) sú potravou viacerých herbivorov (koník, myš, králik, podkôrnik, jeleň); semená sú potravou myši aj semenožravého vtáka. Hmyzožravý vták je karnivorom. Had, dravý vták a vlk sú predátormi, pretože konzumujú stavovce. Okrem toho vlka a dravého vtáka môžeme považovať za vrcholových predátorov.

2.2.5. Tok energie cez ekosystém

Jednou z najvýznamnejších funkcií ekosystémov je transformácia energie zo slnečnej energie na chemickú, jej prenos cez jednotlivé trofické úrovne a jej využitie v metabolizme ekosystému. Energia v ekosystéme neobieha, jej premeny sú jednosmerné. Preto hovoríme o toku energie v ekosystéme. Potravový reťazec predstavuje cestu prenosu energie od autotrofných k heterotrofným organizmom (obr.19).



Obrázok 19. Schéma toku energie cez ekosystém (Miller, Spoolman, 2008). **Tok energie cez ekosystém sa riadi zákonmi termodynamiky.** Prvý termodynamický zákon, zákon zachovania energie, hovorí „energia v systéme nevzniká, menia sa len jej formy“. Podľa druhého termodynamického zákona „premena energie nie je stopercentne účinná, časť energie sa rozptyľuje do nevyužiteľnej tepelnej energie“.

Pri každom prenose energie medzi trofickými úrovňami dochádza k premene energie na teplo, časť sa premení na prácu (trávenie, pohyb), časť sa využije na rast a reprodukciu. Na každej z trofických úrovní sa takto premení až 90 % energie a organizmom na nasledujúcej trofickej úrovni je k dispozícii na využitie iba okolo 10 % energie (využiteľnej na tvorbu biomasy). Tieto zákonitosti ovplyvňujú početnosť na jednotlivých trofických úrovniach, biomasu a obsah energie. Vo väčšine ekosystémov je biomasa primárnych producentov vyššia ako biomasa herbivorov, a tá je vyššia ako biomasa karnivorov atď. Podobne sa aj počet jedincov na jednotlivých trofických úrovniach znižuje, čím sa energia koncentruje do malého počtu predátorov.

Účinnosť (efektivita) využitia energie počas jej toku cez ekosystém, pri prenose z jednej trofickej úrovne na druhú je rôzna. **Ekologická účinnosť (%)** vyjadruje mieru účinnosti s akou je energia prenesená z jednej úrovne na nasledujúcu. Prenos energie medzi trofickými úrovňami je všeobecne s nízkou účinnosťou, čistá produkcia trofickej úrovne predstavuje všeobecne len 10 % z čistej biomasy predchádzajúcej trofickej úrovne. *Zákon desaťpercentného prenosu energie z jednej trofickej úrovne na nasledujúcu* formuloval v roku 1942 Lindemann, zakladateľ trofickej dynamiky ekosystému. Znamená to, že ak je organizmus skonsumovaný, len 10 % energie je zafixovanej do biomasy, ktorá je dostupná pre nasledujúcu trofickú úroveň. Zvyšných 90 % sa stráca pri respirácii a vylučovaní nestrávenej potravy.

Asimilačná účinnosť sa vypočíta ako podiel (%) energie viazanej v biomase z prijatej energie. Fotosyntetická účinnosť je veľmi nízka, všeobecne zelené rastliny na tvorbu biomasy vyžívajú iba 1 – 2 % fotosynteticky aktívneho slnečného žiarenia, ktoré dopadne na povrch vegetácie. Na ostatných trofických úrovniach sa ekologická účinnosť pohybuje od cca 20 % (bylinožravé bezstavovce) až do takmer 90 % (mäsožravé stavovce).

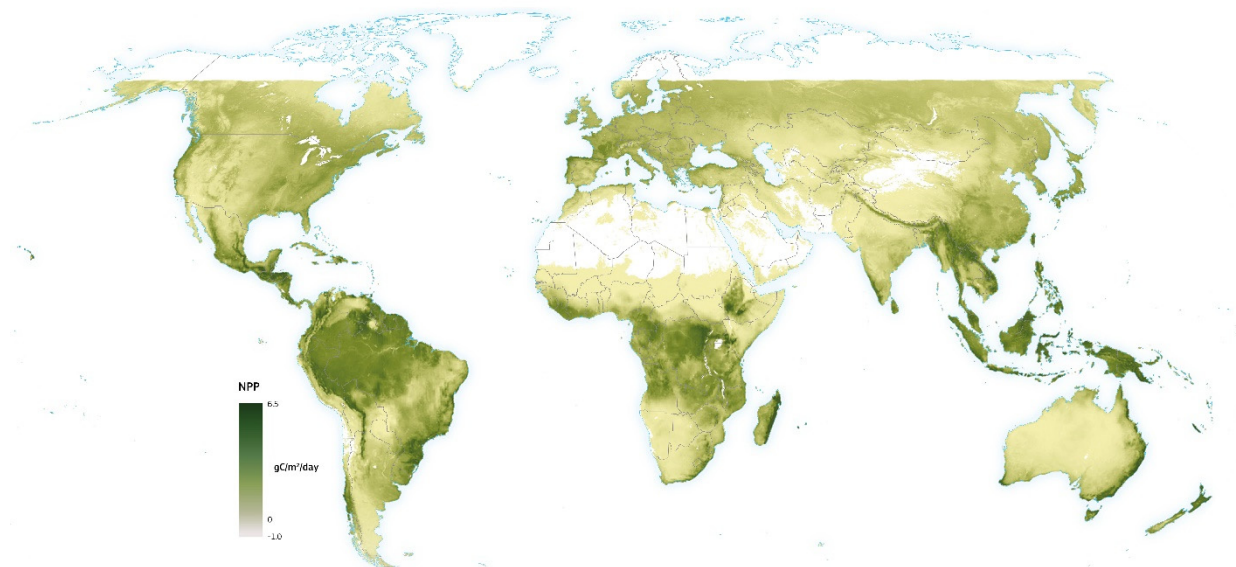
2.2.6. Produktivita ekosystému

Základnou funkciou ekosystému je tvorba živej hmoty (biomasy). V produkčnej ekológii predstavuje biomasa celkovú hmotnosť populácií druhov v určitom okamihu. Najčastejšie sa je biomasa definovaná ako hmotnosť sušiny živých organizmov v určitom čase na určitej jednotke zemského povrchu – na jednotke plochy pôdy, dna alebo vodnej hladiny. Vyjadriť ju môžeme v g.m^{-1} ale aj v jednotkách energie, J.m^{-1} .

Produktivita ekosystému je množstvo biomasy vytvorené v ekosystéme za určitý čas (napr. $\text{g.m}^{-1}.\text{rok}^{-1}$).

Vo väčšine suchozemských ekosystémov biomasa primárnych producentov tvorí najväčší podiel celkovej biomasy. Preto sa často primárna produktivita využíva na hodnotenie výkonnosti ekosystémov. Primárna produktivita je intenzita, s ktorou primárne producenty pomocou fotosyntézy kumulujú energiu vo forme organických látok. Z primárnej produktivity len jej časť, nazývaná čistá primárna produktivita (NPP, nett primary productivity), predstavuje energiu dostupnú pre ďalšiu trofickú úroveň. Čistú primárnu produktivitu vypočítame tak, že od hrubej primárnej produktivity odpočítame straty respiráciou a opadom (napr. listov). Hrubá primárna produktivita (GPP, gross primary productivity) je energia fixovaná rastlinami v procese fotosyntézy za jednotku času, označuje sa aj ako „celková asimilácia“. Hrubá primárna produktivita sa nedá merať priamo, pre jej vyjadrenie by sme k čistej primárnej produktivite (ktorá sa dá priamo merať) museli pripočítať straty respiráciou, ktoré sa napríklad v bylinných porastoch pohybujú od 20 do 50 % z GPP.

Metódy merania čistej primárnej produkcie sú rôznorodé, závislé od typu ekosystému. Používajú sa priame merania, založené na priamom odbere biomasy z jednotky plochy ekosystému, ale aj metódy založené na satelitnom snímaní povrchu Zeme (obr. 20).



Obrázok 20. Globálna mapa čistej primárnej produktivity (NPP). Mapa znázorňuje, ako rýchlo bol odoberaný uhlík na jednom metri štvorcovom súše za deň ($\text{g C/m}^2/\text{deň}$) počas roka 2015. Hodnota sa pohybuje medzi -0,1 až $6,5 \text{ g C/m}^2/\text{deň}$. Negatívne hodnoty znamenajú, že dekompozícia a respirácia bola vyššia ako absorpcia uhlíka fotosyntézou. (Zdroj: <https://wad.jrc.ec.europa.eu/primaryproduction>, 2021-01-29)

Sekundárna produktivita

Biomasa vytvorená heterotrofnými organizmami (konzumentami) sa nazýva sekundárna produkcia, pri vyjadrení za jednotku času sekundárna produktivita. Je to produktivita živočíchov, ale aj baktérií a húb. Podobne ako v prípade primárnej produkcie, vyjadrujeme bilanciu sekundárnej produkcie celkovou sumou biomasy alebo častejšie energie. Metódy výskumu sekundárnej produkcie a jej následné kvantitatívne vyjadrenie je v prípade konzumentov oveľa zložitejšie. Každá trofická úroveň konzumentov je zložená z druhov, ktoré sa líšia veľkosťou, taxonómiou životným cyklom a pod. Stanovenie sekundárnej produkcie sťažuje aj mobilita živočíchov, ktorá prispieva k transportu energie z ekosystému alebo naopak do ekosystému. V praxi sa zvyčajne stanovuje sekundárna produkcia len vybraných skupín, tzv. funkčných skupín, majúcich špecifickú funkciu v ekosystéme (napríklad opelenie). Metódy stanovenia sú potom prispôbené biológii vybranej skupiny. Pri živočíchoch to metódy založené na odchYTE, najmä v prípade menších druhov stavovcov alebo bezstavovcov. Pri väčších stavovcoch sú vyvinuté metódy, kedy sa biomasa odhaduje na základe analýzy tzv. pobytových znakov (trusu, stôp).

Vzťah medzi primárnou a sekundárnou produktivitou

Konzumenty ovplyvňujú primárnu produkciu konzumáciou (požerom), to znamená, že časť rastlinnej biomasy je počas roka odstraňovaná herbivormi. Primárna produktivita zas naopak podporuje produktivitu herbivorov, ktoré sú zdrojom energie pre ďalšiu trofickú úroveň a tak ďalej. Z toho vyplýva, že primárna produktivita nepriamo ovplyvňuje aj ostatné trofické úrovne v ekosystéme, vrátane rozkladačov. Ak vezmeme do úvahy vyššie spomenuté pravidlo desiatich percent, je jasné, že akákoľvek zmena v primárnej produktivite sa zásadne prejaví na všetkých ostatných trofických úrovniach. Preto sa zvyčajne celková produktivita ekosystémov hodnotí podľa primárnej produktivity.

2.2.7. Kolobeh látok v ekosystéme

Všetky látky, z ktorých sú zložené telá organizmov, obiehajú v ekosystéme, prechádzajú cez jednotlivé trofické úrovne. Najskôr sú prijímané z neživého prostredia, zabudovávané do tiel živých organizmov (najskôr rastliny), potom cestou potravinových vzťahov prechádzajú telami rôznych organizmov a nakoniec po odumretí dochádza k opätovnej mineralizácii a návratu späť do neživého prostredia. Odtiaľ môžu byť opäť prijaté a cyklus sa môže zopakovať. Základný rozdiel medzi prenosom energie a prenosom látok je v tom, že kolobeh živín je zásadne cyklický. Počas cyklu látky menia svoju štruktúru, povahu a aj miesto. Najväčší (najobjemnejší) oddiel v biogeochemickom cykle sa nazýva zásobník. Látky sa v ňom zdržujú po dlhý čas, resp. dĺžka pobytu látky v ňom je podstatne dlhšia ako v iných oddieloch cyklu. Hlavnými zásobníkmi sú atmosféra, hydrosféra a litosféra. Podľa základného zásobníka rozlišujeme dva základné typy kolobehov živín v ekosystéme:

- a) **plynný typ** – základným zásobníkom je v atmosfére alebo hydrosfére (obehy N, C, O, H₂O)
- b) **sedimentárny typ** – základný zásobník je litosféra (obehy P, S, Ca)

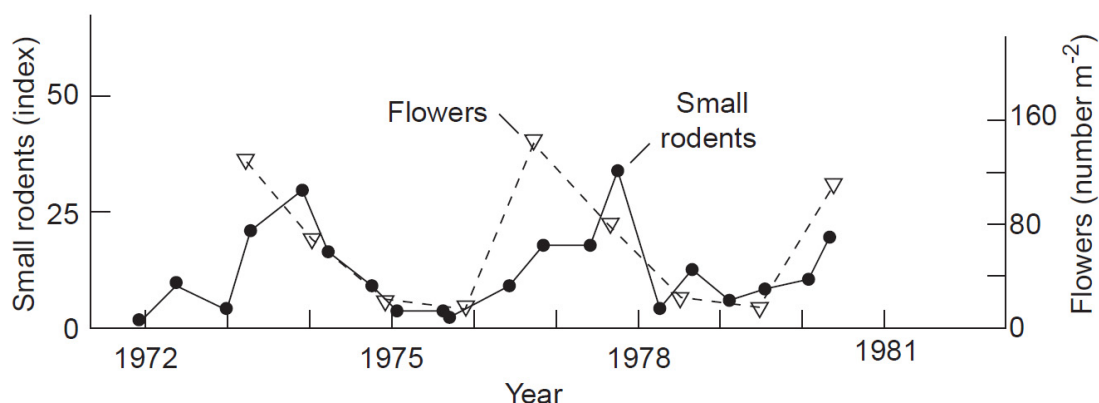
Globálne biogeochemické cykly zahŕňajú procesy súvisiace s obehom látok v ekosystémoch prebiehajúce vo všetkých ekosystémoch biosféry.

2.2.8. Dynamika ekosystému

Ekosystémové procesy sa neustále menia, reagujú na zmeny prostredia, zahŕňajúc všetky časové škály – od krátkodobých až po dlhodobé. Tieto zmeny zahŕňajú relatívne predvídateľné denné a sezónne odchýlky, ale aj tie vyvolané menej predvídateľnými zmenami počasia či výskytom disturbancií (napr. pády stromov, požiare, sopečná činnosť). V dôsledku toho je aktuálny stav ekosystému ovplyvnený stavom prostredia v súčasnosti a výskytom mnohých predchádzajúcich environmentálnych výkyvov v minulosti.

Sezónna dynamika sa odvíja od sezónnosti klímy a je prejavom krátkodobej dynamiky. V miernom klimatickom pásme, kde sa počas roka vystriedajú 4 rôzne kombinácie faktorov prostredia sú tieto sezónne prejavy často aj výrazne vizuálne odlíšiteľné, nazývame ich pojmom sezónne aspekty. Sú prejavom zvýšenej aktivity druhov v danej časti roka. Výrazný jarný aspekt zaznamenávame v ekosystéme opadavého listnatého lesa, ktorý sa prejavuje bohatým kvitnutím bylín prízemnej vegetácie v čase pred tvorbou listov. Okrem takýchto vizuálnych aspektov sú sezónne zmeny spojené aj s dynamikou procesov – zmenami v intenzite tvorby a rozkladu organickej hmoty. Sezónna dynamika ekosystému stojatých vôd sa spája aj so zmenou koncentrácie kyslíka vo vodnom stĺpci – rozlišujeme obdobia stagnácie (leto, zima), pri ktorých dochádza k vyčerpaniu kyslíka v dolných vrstvách vodného stĺpca a obdobia vyrovňania (jar, jeseň), kedy sa voda v celom vodnom telese premieša a doplní sa kyslík do spodnejších vrstiev. Na takéto sezónne zmeny prostredia sú ekosystémy a ich zložky prispôbené a procesy v nich sa takto cyklicky opakujú.

Fluktuácie predstavujú medziročné zmeny v ekosystémoch. Mnohé ekosystémové procesy sú citlivé na medziročné zmeny počasia a výkyvy vo vnútornej dynamike ekosystémov, vyvolané napríklad náhlým premnožením bylinožravcov či patogénov. V jednom roku môže ekosystém fungovať ako zásobník uhlíka (zachytáva, viaže uhlík) a v ďalšom funguje ako zdroj uhlíka – to sa deje napríklad aj pri už spomínanom premnožení patogénov. Vnútna dynamika ekosystémov môže tiež zaznamenávať veľké medziročné výkyvy ekosystémových procesov. Hustota populácie bylinožravcov sa napríklad môže medziročne líšiť viac ako 100-násobne, čo spôsobuje veľké výkyvy v rastlinnej biomase, kolobehu živín a iných procesoch (obr. 21).



Obrázok 21. Medziročná zmena v hustote kvitnúcich rastlín brusnice čučoriedkovej a populačnej hustote drobných hlodavcov (herbivory) na v severnom Fínsku. Tieto herbivory a ich živné rastliny vykazujú približne 4-ročný cyklus v abundancii (Laine, Henttonen, 1983 z Stuart et al., 2002)

Sukcesia (ekologická sukcesia) predstavuje zmeny v ekosystémoch prebiehajúce v časovom horizonte desaťročí, storočí až tisícročí. Mnohé zo súčasných ekosystémov v Strednej Európe sa vyvíjali do dnešnej podoby hlavne v období po poslednom zaľadnení. Počas sukcesie dochádza k zmenám štruktúry a zloženia ekosystémov. Sukcesia vlastne mapuje „život ekosystému od jeho vzniku“. „Život“ ekosystému začína zvyčajne po nejakej zásadnej disturbancii (narušení) a sukcesia je teda spočiatku spojená s kolonizáciou. Pokiaľ disturbancia spôsobila úplný zánik všetkých foriem života, napríklad už spomínané zaľadnenie alebo sopečná činnosť, kolonizácia je pomalšia a zdrojom kolonizácie sú okolité ekosystémy. Vtedy hovoríme o **primárnej sukcesii**. Pokiaľ boli zachované nejaké formy života, napríklad po vyklčovaní lesa, opätovná kolonizácia je rýchlejšia a zdrojom kolonizácie je zachovaná banka semien v pôde. Tento typ sukcesie sa nazýva **sekundárna sukcesia** a je v súčasnosti prevládajúcim typom sukcesie. V každom prípade proces sukcesie smeruje k nejakému rovnovážnemu stavu, ktorý nazývame *klimax*. V tomto bode štruktúra a ekosystémové procesy dosahujú ustálený stav, v ktorom dopyt po zdrojoch je vyvážený ich zásobou.

Poznanie zákonitostí prirodzenej dynamiky ekosystémov je kľúčové pre identifikáciu príčin zmien ekosystémov – či sú zmeny v ekosystémoch zapríčinené ľudskou činnosťou alebo vyplývajú z ich vnútornej dynamiky. Rešpektovanie dynamiky ekosystémov je dôležité aj z pohľadu ich udržateľného využívania či ochranu prírody. Máme na mysli redukciu alebo úplné vylúčenie ľudských zásahov v citlivých obdobiach ekosystémov. Rybársky zákon napríklad presne definuje zákaz lovu rýb v období ich neresenia, zabezpečujúc tak dlhodobé prežívanie životaschopných populácií rýb.

2.3. Biodiverzita – variabilita života na Zemi

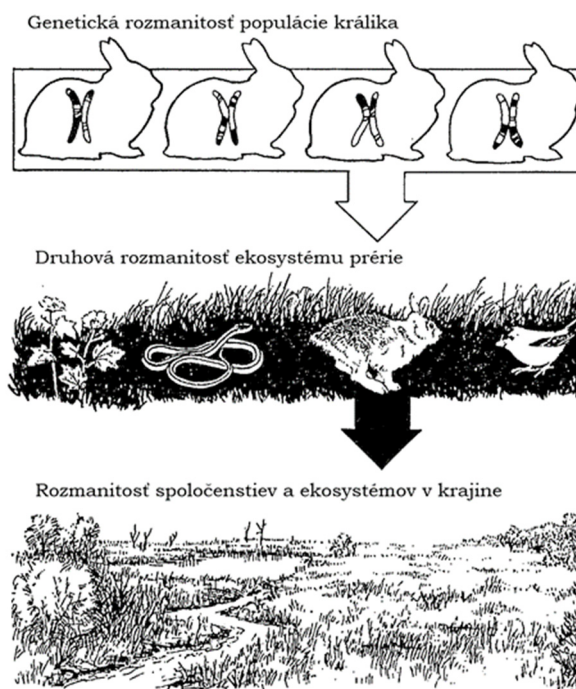
2.3.1. Čo je biologická diverzita

Základnou stratégiou života je variabilita štruktúr a funkcií. Biologická diverzita sa vzťahuje na zmeny a premenlivosť medzi živými organizmami a ekologickými komplexami, v ktorých sa vyskytujú. Podľa Dohovoru o biologickej diverzite, biologická diverzita znamená rôznorodosť všetkých živých organizmov vrátane ich suchozemských, morských a ostatných vodných ekosystémov a ekologických komplexov, ktorých sú súčasťou; biologická diverzita zahŕňa rôznorodosť v rámci druhov, medzi druhmi a rozmanitosť ekosystémov.

2.3.2. Úrovně biologickej diverzity

Obvykle sa rozlišujú tri úrovne biologickej diverzity (obr. 22). Najzákladnejšou je diverzita druhov na celej Zemi. Túto človek rozpoznal bez väčších teoretických poznatkov (mená mnohých druhov rastlín a živočíchov sú v jazykoch všetkých národov). Je základnou podmienkou pre pokračujúcu existenciu života na Zemi. Je rozhodujúca pre prežívanie v čase a priestore a pre adaptáciu na špecifické podmienky prostredia. Genetická diverzita vyjadruje zmeny vo vnútri druhov či už medzi geograficky oddelenými populáciami alebo medzi jedincami v rámci jednotlivých populácií. Človek si ju uvedomil pri výbere a šľachtení domestikovaných rastlín a živočíchov (odrody, plemená, kultivary atď.). Je to však aj diverzita

naddruhovej (suprašpecifickej) úrovne, ktorá zahŕňa variácie biologických spoločenstiev (biocenóz), v ktorých druhy žijú, ekosystémov, v ktorých spoločenstvá existujú, ako aj interakcie medzi týmito úrovňami (obr. 22).



Obrázok 22. Biologická diverzita zahŕňa genetickú diverzitu, druhovú diverzitu a diverzitu ekosystémov a spoločenstiev v určitej oblasti (Temple, 1991 z Primack a kol., 2001)

Všetky úrovne biologickej diverzity sú nevyhnutné pre pokračujúce prežívanie druhov a prírodných spoločenstiev a všetky sú významné pre kvalitný život ľudí. Genetické variácie tvoria základ viditeľnejšej diverzity života. Vidíme ich vyjadrené v jedincoch a populáciách určitých/konkrétnych druhov v samotných druhoch a vyšších taxonomických jednotkách, ku ktorým druhy patria.

Genetická (vnútrodruhovú) diverzita. Každý jedinec v populácii druhu má svoju jedinečnú „genetickú výbavu“. Táto vnútrodruhovú diverzita génov je dôležitá pre zachovanie evolučného potenciálu druhu, jeho schopnosti prispôbiť sa meniacim podmienkam prostredia. Je základom prežitia druhu. Pre človeka má praktický význam genetická diverzita voľne rastúcich a voľne žijúcich predkov kultúrnych rastlín a hospodárskych zvierat. Genetické variácie týchto druhov považujeme za cenný **genofond**, zdroj génov pre šľachtenie.

Druhovú biodiverzitu predstavuje rozmanitosť druhov na Zemi. Počet druhov sa v priebehu geologických období postupne zvyšoval. Tento proces bol 5 krát prerušený piatimi obdobiami masového vyhynutia druhov, ale trend zvyšovania počtu druhov sa zachoval. Po každej takejto udalosti sa biodiverzita obnovila, hoci to trvalo niekoľko miliónov rokov, nové druhy vznikali. V súčasnosti máme popísaných približne 1,8 miliónov druhov, ale odhaduje sa, že je ich niekoľkonásobne viac.

Naddruhovú diverzitu zahŕňa rozmanitosť ekosystémov. Abiotické prostredie a hlavne ročné cykly teplôt a zrážok ovplyvňuje štruktúru a charakteristiku prírodných spoločenstiev a určuje

prítom stanovištné pomery, tzn. či sa na danom mieste vytvorí les, trávnatý ekosystém, púšť alebo mokraď. Zároveň aj samotné spoločenstvo môže meniť charakteristiky fyzikálne charakteristiky ekosystému. V terestrických ekosystémoch ovplyvňuje vegetácia prúdenie vetra, živočíchy v pôde ovplyvňujú jej štruktúru, odumreté schránky mäkkýšov tvoria substráty. Na Zemi sa vyskytuje veľa rôznych ekosystémov, vznik niektorých z ich podmienil človek svojou činnosťou. Všeobecne platí, že rôznorodosť ekosystémov je základom pre rôznorodosť druhov.

Typológia ekosystémov je v centre záujmu ochrany prírody, preto sa na globálnej, regionálnej (Európskej) aj národnej úrovni nájdeme rôzne klasifikačné systémy a databázy. Na európskej úrovni sa vypracovala databáza **EUNIS** (European Nature Information System), ktorá klasifikuje 11 základných typov biotopov (ekosystémov), súčasťou klasifikácie sú aj biotopy pravidelne človekom kultivované či umelé (aj skládky odpadu). V rámci Slovenskej klasifikácie používanej v ochranárskej praxi je identifikovaných 128 typov biotopov (ekosystémov).

2.3.3. Ohrozenie biologickej diverzity

Biologická diverzita je ohrozená na všetkých jej úrovniach. Najčastejšie sa ohrozenie biologickej diverzity kvantifikuje na počte vyhynutých druhov, ohrozenie druhovej diverzity.

IUCN (Medzinárodná únia ochrany prírody a krajiny) uvádza ako **hlavné príčiny strát biodiverzity**:

- degradácia a strata prírodných stanovišť
- nadmerné využívanie prírodných zdrojov (nadmerný lov)
- znečistenie
- choroby
- invázne nepôvodné druhy
- klimatická zmena.

Všetky tieto faktory navzájom spolupôsobia a ohrozujú biodiverzitu na všetkých úrovniach súčasne. **Genetická erózia** je termín, ktorým sa označuje strata genetickej variability druhu a je to problém najmä malých populácií, kedy je znížená miera možných rekombinácií a každý uhynutý jedinec v malej populácii predstavuje stratu jeho jedinečnej genetickej informácie.

Vymieranie druhov je proces, na základe ktorého najčastejšie hodnotíme zmeny biodiverzity. Vymieranie druhov prebiehalo aj v minulosti, ale vymreté druhy boli nahradené a to často aj viacerými novými druhmi. V súčasnosti sa hovorí o šiestom vymieraní druhov, spôsobenom človekom. Prebieha však rýchlejšie a zároveň takmer nevznikajú nové druhy. **Zánik ekosystému** by sme mohli prirovnať k vymretiu druhu. Zániku zvyčajne predchádza proces **degradácie ekosystému**, čo je proces alebo činnosť, ktorá odstraňuje alebo znižuje životaschopnosť ekosystémových procesov. Na rozdiel od vyhynutia druhu, ktorý je spojením s jeho úplnou stratou, zánik ekosystému je spojený so stratou jeho typickej identity. Znamená to, že po degradácii spustí procesy, ktorých výsledkom je iný ekosystém, spravidla menej cenný z pohľadu biodiverzity.

2.3.4. Ochrana biologickej diverzity

Ak sa hovorí o ochrane biodiverzity, v prvom rade máme na mysli ochranu biodiverzity na úrovni druhovej. Ochrana druhovej diverzity sa orientuje na určitú skupinu druhov, ktoré je potrebné z rôznych dôvodov chrániť – t. j. zabrániť ich vymretiu. Túto skupinu druhov označujeme pojmom **ohrozené druhy**. V súčasnosti máme dobre prepracované metodiky, na základe ktorých vieme spoľahlivo identifikovať mieru ohrozenia druhu vymretím. Na základe takýchto kritérií vieme potom zaradiť druh do tzv. **kategórie ohrozenosti**. V rámci skupiny ohrozených druhov poznáme tri kategórie ohrozenosti: *kriticky ohrozený (CR)*, *ohrozený (EN)* a *zraniteľný (VU)*. Okrem týchto kategórií mám aj iné, tie však neklasifikujeme ako ohrozené, ale vyjadrujú určitú mieru opatrnosti.

Ochrana genofondu je v súčasnej rýchlo sa meniacej dobe nemenej dôležitá ako ochrana druhov. Ochrana genofondu sa najčastejšie realizuje formou *ex situ*, t. j. mimo miesta výskytu, na náhradnom mieste. Príkladom môžu byť génové banky semien, génové banky živočíšnych genetických zdrojov, ale aj Botanické záhrady a Zoologické záhrady.

Chránené územia sú základom ochrany naddruhovej diverzity. Podľa IUCN je chránené územie suchozemské a/alebo morské územie, slúžiace najmä na ochranu a zachovanie biologickej rozmanitosti, ako aj prírodnej a na nej založenej kultúrnej funkcie, a ktoré bude spravované na základe právnych predpisov alebo iným účinný spôsobom. Zriaďovanie a správa chránených území sú dôležitým nástrojom ochrany prírody. Na celom svete je nespočetné množstvo rôznych chránených území, ktoré zvyknú tvoriť ucelené sústavy. Chránené územia a rezervácie nemusia byť nevyhnutne izolované od človeka a jeho činnosti, prírode blízke, „mäkšie“ formy hospodárenia sa nevyklúčujú s cieľmi ochrany. Na takomto princípe je budovaná európska sústava chránených území Európskej únie – Natura 2000.

Na podobnom princípe je založená aj globálna sústava **Biosférických rezervácií**. Rezervy biosféry sú územia suchozemských, pobrežných, či morských ekosystémov alebo ich kombináciou, ktoré sú medzinárodne uznané v rámci Programu UNESCO Človek a biosféra (Man and Biosphere – MaB). Základnou koncepciou biosférických rezervácií je dôraz na úžitky udržateľného obhospodarovania v súlade s ochranou biodiverzity.

Celková výmera národnej sústavy chránených území na Slovensku je 1 147 582 ha, čo predstavuje 23,4 % z územia Slovenska. Veľkoplošné chránené územia (Národné parky a Chránené krajinné oblasti) sa rozkladajú na 22,5 % územia. Na Slovensku máme 1089 maloplošných chránených území, ktorých plocha z územia Slovenska predstavuje 2,4 %. Väčšina MCHÚ (585) sa nachádza v tzv. „voľnej krajine a tu zaberajú necelé 1 % z tejto časti územia Slovenska. Ostatné MCHÚ sa nachádzajú na území NP a CHKO, najväčšiu plochu zaberajú v rámci NP, 21,6 % s ich výmery.

3. Človek a životné prostredie

3.1. Antropocén

História vzťahov medzi ľuďmi a prírodou je históriou budovania ľudského sveta a vyčleňovania sa človeka z prírody. V priebehu dejín ľudského rodu dochádzalo postupne k oslabovaniu bezprostrednej závislosti človeka od prírody. Základný význam majú tri obdobia výrazných zmien, tri „veľké udalosti“, tri revolúcie v histórii ľudstva: paleolitická, poľnohospodárska a priemyselná. Počiatok éry, kedy, zhruba pred dvomi miliónmi rokov začali príslušníci rodu *Homo* používať kamenné nástroje sa nazýva paleolitická revolúcia. Súčasný ľudský druh (*Homo sapiens*) sa objavil až oveľa neskôr, pred približne 190 – 160 tisícmi rokov. Paleolit je názov najstaršieho, ale aj najdlhšieho obdobia dejín ľudstva. Bolo to obdobie, kedy človek (*Homo*) začal cieľavedome zhotovovať pracovné nástroje na zabezpečenie vlastnej existencie. V tomto období ľudia v zásade boli súčasťou prírodných ekosystémov, ktoré však už dokázali výrazne ovplyvniť. So šírením ľudí v paleolite je napríklad spojený zánik megafauny v Austrálii, Severnej Amerike, ale aj v niektorých častiach Eurázie. Toto obdobie ľudských dejín končí poslednou dobou ľadovou.

Po ústupe doby ľadovej sa podnebie nielen oteplilo, ale aj stabilizovalo, čo človek využil a postupne prešiel od lovca a zberača ku spoločnosti usadlej, ktorej hospodárstvo bolo založené na poľnohospodárstve. Tento prechod je začiatkom neolitickej revolúcie. Takýto spôsob zabezpečovania obživy mal zásadný vplyv na prírodu. Na jednej strane človek musel takýto umelý systém udržiavať, na strane druhej vznik poľnohospodárskych systémov je spojený so zánikom pôvodných, prírodných systémov. V tom čase však na Zemi prevažovali prírodné oblasti mimo vplyvu človeka. Takýto spôsob hospodárenia mal pozitívny vplyv na veľkosť ľudskej populácie. S rastúcou koncentráciou obyvateľstva postupne nastala hierarchizácia spoločnosti a delenie na rôzne profesie.

Tretou veľkou udalosťou bola priemyselná revolúcia, ktorá predstavovala zásadnú zmenu v histórii vzťahov človeka a prírody. Dopad priemyselnej revolúcie na ľudskú spoločnosť bol rovnako zásadný ako mala neolitická revolúcia, ktorá priniesla zásadné ekonomické a spoločenské zmeny. Z pohľadu prírody a životného prostredia technický pokrok umožnil výrazne zvýšiť mieru extrakcie prírodných zdrojov. Spolu s inováciami vo výrobných procesoch sa tvorili látky, ktoré príroda dovtedy nepoznala. Fungovanie spoločnosti bolo, a doteraz stále je, založené na spotrebe obrovského množstva prírodných zdrojov, ich extrakcia, spotreba a odpad zásadne ovplyvnili materiálové toky v globálnom meradle. Ľudská aktivita zasahuje do chodu životného prostredia a planéty takým spôsobom, že podnietila niektorých vedcov zaviesť pre túto dobu termín, ktorý by označoval novú epochu geochronológií: **antropocén**. Termín sa začal objavovať v odbornej literatúre koncom 80. rokov 20. storočia, populárny začal byť na začiatku 21. storočia. Antropocén ako nový termín z oblasti geochronológie, je zložený z dvoch gréckych slov: *antropos* = človek, a *kainos* = nový. Termín však nie je oficiálne zavedený a uznaný Medzinárodnou úniou geologických vied. Napriek tomu, že antropocén nenájdeme v chronostatickej tabuľke, je termín neformálne, ale široko používaný. Koncept antropocénu sa okrem prírodných a environmentálnych vied používa aj

vo vedách spoločenských (sociológia, filozofia, medzinárodné právo), avšak v inom ponímaní. Čo sa týka datovania, koniec antropocénu sporný nie je - ide o obdobie, ktoré trvá dodnes. Začiatok antropocénu je však sporný. Na čas začiatku antropocénu existujú napríklad tieto názory: začiatok zhodný so vznikom a šírením poľnohospodárstva, obdobie Rímskej ríše, rok 1610 (začiatok výmeny druhov Starého a Nového sveta a zmena koncentrácie CO₂ v dôsledku zničenia pôvodnej americkej civilizácie), začiatok priemyselnej revolúcie alebo polovica 20. storočia (začiatok atómového veku)

3.2. Rastúca globálna populácia

Paleolitická, neolitická a industriálna revolúcia boli sprevádzané nárastom počtu ľudí na Zemi. Do obdobia začiatku neolitu (okolo 8 tis. rokov p.n.l.) dosiahol počet ľudí na Zemi približne 6 – 8 miliónov. Vďaka novému a podstatne výhodnejšiemu spôsobu obživy bolo na začiatku nášho letopočtu asi 200 – 300 miliónov ľudí a s nástupom antropocénu približne 800 miliónov. Na prelome 60. – 70. rokov 20. storočia bol rast svetovej populácie považovaný za najväčšiu globálnu hrozbu. Najvyššiu ročnú mieru rastu, viac ako 2,2 %, dosiahla ľudská populácia práve v tomto období. Prudko sa zvyšovali prírastky, v roku 1950 pribudlo 35 miliónov ľudí, v roku 1970 už 75 miliónov. Dnes už celkové globálne trendy nevzbudzujú také obavy, najmä preto, že v súčasnosti ročná miera rastu je okolo 1 % a predpokladá sa, že najbližších 50 – 80 rokov dôjde ku stabilizácii počtu ľudí na svete.

Demografická situácia je odlišná v rôznych regiónoch sveta. Vo vyspelých krajinách je populácia stabilná, ročná miera rastu okolo 0,3 % je daná skôr imigráciou. Rozvojové krajiny majú vyššiu ročnú mieru rastu, okolo 1,3 %, ale aj tu sú veľké regionálne rozdiely.

Priemyselná revolúcia priniesla okrem pokroku aj zlepšenie životných podmienok a pokles úmrtnosti v mladom a detskom veku. Po druhej svetovej vojne **Zelená revolúcia** priniesla inovácie, ktoré sa prejavili v štvornásobnom zvýšení úrod základných obilnín, čo sa prejavilo v už spomínanej populačnej explózii v 60. – 70. rokoch 20. storočia. Prudké zvýšenie globálnej populácie zvýšilo prudko aj dopyt po zdrojoch aj iných ako potraviny. Dôsledky zotrávajú doteraz – znečistenie životného prostredia, vyčerpanie prírodných zdrojov, strata biodiverzity, ale aj prehlbovanie chudoby v niektorých regiónoch.

Otázka, koľko ľudí dokáže Zem užiť sa stala mimoriadne aktuálnou. Medzinárodný vedecký projekt **Medzinárodný biologický program** (International Biological Program, IBP) bol zameraný na získanie informácií o produkčnej kapacite svetových ekosystémov. Prvá správa *Rímskeho klubu*, **Limity rastu**, vyšla v roku 1972 a prezentovala výsledky počítačovej simulácie exponenciálneho ekonomického a populačného rastu s limitovanými zdrojmi. Štúdia vznikla ako jeden z podkladov ku Konferencii OSN o životnom prostredí človeka, ktorá sa konala v Štokholme v júni 1972 a predstavovala zlomovú udalosť pre globálnu ochranu životného prostredia. Analyzovala vývoj svetového hospodárstva od roku 1900 do roku 1970 a konštatovala, že hospodársky rast má exponenciálny charakter (s mierou rastu okolo 5 % ročne) a že zároveň predstavuje niekoľko ďalších významných parametrov vrátane znečistenia prostredia a čerpania prírodných zdrojov. Publikácia bola preložená do 30 jazykov a je doteraz jedna z najdiskutovanejších štúdií na svete.

4. Znečistenie životného prostredia

Znečistenie životného prostredia je vnášanie takých fyzikálnych, chemických alebo biologických činiteľov do životného prostredia v dôsledku ľudskej činnosti, ktoré sú svojou podstatou alebo množstvom cudzorodé pre dané prostredie.

Poškodzovanie životného prostredia je zhoršovanie jeho stavu znečisťovaním alebo inou ľudskou činnosťou nad mieru ustanovenú osobitnými predpismi.

Ochrana životného prostredia zahŕňa činnosti, ktorými sa predchádza znečisťovaniu alebo poškodzovaniu životného prostredia alebo sa toto znečisťovanie alebo poškodzovanie obmedzuje a odstraňuje. Zahŕňa ochranu jeho jednotlivých zložiek alebo konkrétnych ekosystémov a ich vzájomných väzieb, ale aj ochranu životného prostredia ako celku.

Celková depozícia je súhrnné množstvo znečisťujúcich látok, ktoré sa prenieslo z atmosféry na povrch pôdy, vegetácie, vody a stavieb v danej oblasti a v danom čase.

Zdroj znečistenia je zdroj, ktorý spôsobil znečistenie horninového prostredia, pôdy a podzemnej vody/povrchovej vody, pričom jeho doba pôsobenia je už ukončená.

Zdroj znečisťovania je aktívny zdroj, ktorý trvalo uvoľňuje znečistenie do horninového prostredia, pôdy a podzemnej vody/povrchovej vody (napr. existujúce, stále funkčné výrobné prevádzky).

Znečisťovanie životného prostredia je priame alebo nepriame zavádzanie látok, vibrácií, tepla alebo hluku ľudskou činnosťou do ovzdušia, vody alebo pôdy, ktoré môže byť škodlivé pre ľudské zdravie, môže negatívne ovplyvňovať kvalitu životného prostredia alebo majetok, môže znehodnocovať priaznivý stav životného prostredia alebo môže narušiť iné oprávnené využívanie životného prostredia.

Je to priame alebo nepriame zavádzanie látok alebo tepla do vzduchu, vody alebo pôdy ako výsledok ľudskej činnosti, ktoré môže byť škodlivé pre ľudské zdravie, kvalitu vodných ekosystémov alebo suchozemských ekosystémov priamo závislých od vodných ekosystémov, a ktoré má za následok poškodenie hmotného majetku, poškodenie alebo narušenie estetických hodnôt životného prostredia a jeho iného oprávneného využívania (podľa § 2, písm. a-e) zákona č. 364/2004 Z. z. o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon).

Znečisťujúca látka je akákoľvek látka, ktorá je schopná spôsobiť znečistenie.

Znečistenie je efekt nežiadúcich zmien v životnom prostredí, majúci škodlivý efekt na rastliny, živočíchy vrátane človeka. Nežiadúce zmeny sú zmeny fyzikálnych, chemických a biologických parametrov zložiek životného prostredia. Znečisteniny sú látky pevné, kvapalné aj plynné, ktoré sú prítomné v množstvách vyšších ako je prirodzené, čím poškodzujú životné prostredie. Povaha a koncentrácia znečisťujúcej látky rozhoduje o miere škodlivého účinku.

4.1. Hlavné typy znečistenia životného prostredia

Každá zložka životného prostredia má svoje vlastné špecifiká v časových a priestorových vzťahoch. **Znečistenie ovzdušia** je stav spôsobený vypúšťaním znečisťujúcich látok

do atmosféry. Znečistenie ovzdušia je spojené s prítomnosťou látok v atmosfére, ktoré sú škodlivé pre zdravie ľudí a iných živých bytostí alebo spôsobujú poškodenie klímy alebo materiálov. **Znečistenie vôd** je kontaminácia vodných útvarov, zvyčajne v dôsledku ľudskej činnosti, takým spôsobom, ktorý negatívne ovplyvňuje ich stav, funkcie, ekologickú stabilitu ako aj potenciálne využitie. Kontaminácia alebo **znečistenie pôdy** ako súčasť degradácie pôdy je spôsobené prítomnosťou škodlivých chemikálií alebo inou zmenou v prirodzenom pôdnom prostredí. Zmena môže byť spojená so zmenou chemizmu pôdy, znížením úrodnosti.

Okrem kontaminácie chemickými látkami poznáme aj fyzikálne formy znečistenia prostredia. **Akustické znečistenie**, znečistenie hlukom, je spojené s produkciou hluku na úrovni, ktorá je škodlivá pre zdravie človeka. Náhly silný zvuk môže spôsobiť poškodenie sluchu, naproti tomu menej intenzívny, zato trvalý hluk, napríklad z blízkej výrobnnej prevádzky alebo diaľnice má takisto vplyv na ľudské zdravie. Okrem človeka ovplyvňuje aj živočíchy, ktoré sú na hluk citlivejšie ako človek a znečistenie hlukom môže zmeniť správanie alebo výskyt určitých druhov v území. Vysoká hladina hluku môže prispieť ku kardiovaskulárnym účinkom u ľudí a zvýšenému výskytu ischemickej choroby srdca. U zvierat môže hluk zvýšiť riziko úmrtia tým, že zmení schopnosť vyhýbania sa predátorom alebo naopak, nájdenie koristi, naruša reprodukciu a navigáciu a prispieva k trvalej strate sluchu. Nezanedbateľná miera antropogénneho hluku sa vyskytuje aj v oceáne. Ovplyvňuje to život nielen cicavcov a rýb, ale aj vodných bezstavovcov, ktoré tvoria až 75 % percent potravových sietí v ekosystéme oceánov. Hluk v podmorskom priestore má veľmi negatívny účinok, nakoľko vo vodnom prostredí sa zvuk šíri lepšie a vodné organizmy sa orientujú prevažne na základe zvukových impulzov.

Tepelné znečistenie má negatívny vplyv najmä na vodné ekosystémy. Vypúšťanie teplej vody z chladiacich systémov výroby do prírodných recipientov (rieky, vodné telesá) môže spôsobiť úplnú zmenu vodného ekosystému. Okrem iného teplota vody ovplyvňuje aj rozpustnosť látok, zvýšenie teploty vody v recipiente má za následok zmenu chemizmu prostredia. Keď sa voda používaná ako chladivo vracia do prírodného prostredia má zvyčajne vyššiu teplotu. Náhla zmena teploty znižuje prísun kyslíka a ovplyvňuje tým druhové zloženie ekosystému. Ryby a iné organizmy prispôbujú určitému teplotnému rozsahu môžu náhlou zmenou teploty vody uhynúť na tzv. „tepelný šok“. Trvalé zvýšenie teploty vody môže mať za následok zníženie biodiverzity a podporovať inváziu nových teplomilných druhov. Tepelné znečistenie môže byť spôsobené aj vypúšťaním veľmi studenej vody z dna nádrží do teplejších riek. Následkom je úhyn teplomilnejších druhov rýb, ale citlivé sú aj vodné bezstavovce, ktoré tvoria základnú potravu pre ryby. Väčšina vodných organizmov sú studenokrvné organizmy, náhle zmeny teploty prostredia majú teda drastický vplyv na ich prežívanie.

Svetelné znečistenie je typické pre obývané oblasti. Keď umelé svetlo ovplyvňuje organizmy a ekosystémy, nazýva sa to *ekologické svetelné znečistenie*. Svetlo v noci môže byť pre jednotlivé druhy prospešné, neutrálne alebo škodlivé, jeho prítomnosť vždy naruša ekosystémy. Svetelné znečistenie predstavuje vážnu hrozbu najmä pre nočné organizmy, pričom má negatívny vplyv na fyziológiu rastlín a živočíchov. Môže zmiatť navigáciu zvierat, zmeniť konkurenčné interakcie, zmeniť vzťahy medzi predátorom a korisťou a spôsobiť fyziologické poškodenie. Rytmus života je riadený prirodzenými dennými vzormi svetla a tmy, takže

narušenie týchto vzorcov ovplyvňuje ekologickú dynamiku. Negatívne zdravotné účinky nadmerného osvetlenia alebo nesprávneho spektrálneho zloženia svetla na človeka môžu zahŕňať: zvýšený výskyt bolestí hlavy, únavu, stres a zvýšenie úzkosti. Astronomické pozorovania sú veľmi citlivé na svetelné znečistenie. Nočná obloha pri pohľade z mesta sa vôbec nepodobá tomu, čo možno vidieť z úplne tmavej oblohy bez svetelného znečistenia.

Rádioaktívna kontaminácia je nežiadúce znečistenie prostredia, pôdy, ovzdušia, budov a pod., látkami, ktoré obsahujú rádionuklidy, teda látkami, emitujúcimi ionizujúce žiarenie. Je výsledkom ľudskej činnosti, napríklad výbuchov jadrových zbraní alebo havárií jadrových elektrární. Rádioaktívna kontaminácia môže byť spôsobená rôznymi príčinami. Môže sa vyskytnúť v dôsledku uvoľnenia rádioaktívnych plynov, kvapalín alebo častíc (napríklad únik rádionuklidu používaného v nukleárnej medicíne). Rádioaktívny spád je distribúcia rádioaktívnej kontaminácie 520 atmosférickými jadrovými výbuchmi, ktoré sa odohrali od 50. do 80. rokov 20. storočia.

Vizuálne znečistenie je spojené so znížením estetickej hodnoty, obvykle je za vizuálne znečistenie považovaný výskyt objektov, ako sú: vedenie vysokého napätia, billboardy pozdĺž ciest, narušený reliéf (pozostatky povrchovej ťažby), povrchové skládky odpadu, a pod. Účinky vizuálneho znečistenia majú primárne symptómy, ako je rozptyľovanie, únava očí, zo sociálneho hľadiska môžu ľudia pociťovať až stratu identity, zvyšujú sa biologické stresové reakcie a zhoršuje psychická rovnováha.

4.2. Znečisťujúce látky a ich zdroje

4.2.1. Typy znečisťujúcich látok

História znečisťovania životného prostredia je takmer taká dlhá ako samotná história ľudstva. V súčasnosti rozoznávame dlhý zoznam znečisťujúcich látok a rozdeľujeme ich podľa rôznych kritérií.

Podľa pôvodu rozlišujeme znečisťujúce látky na znečisťujúce látky **prírodného** a **antropogénneho** pôvodu. Aj látky prírodného pôvodu môžu meniť stav zložiek životného prostredia. Vulkanická činnosť, piesočné či prachové búrky môžu zapríčiniť zhoršenie stavu atmosféry až na globálnej úrovni. Takéto javy sú však z pohľadu trvania často krátkodobé a príroda sa s nimi vie vysporiadať. Negatívne dopady sa hodnotia vo väzbe na človeka – na jeho zdravie alebo ekonomické škody. Antropogénneho pôvodu sú znečisťujúce látky, ktorých množstvo a koncentrácia v prostredí súvisí, priamo alebo nepriamo, s činnosťou človeka. Človek vyrobil niekoľko desiatok tisíc rôznych zlúčenín, z ktorých mnohé vážne poškodzujú životné prostredie.

Z ekologického hľadiska rozdeľujeme znečisťujúce látky na rozložiteľné, perzistentné a nerozložiteľné.

Rozložiteľné znečisťujúce látky sú tie, ktoré sú degradovateľné procesmi prírodnými (biodegradovateľné) alebo umelými na látky neškodné pre životné prostredie. Pri degradácii znečisťujúcich látok sa uplatňujú procesy tzv. environmentálnej transformácie, ktorými sú abiotická oxidácia, hydrolýza, fotolýza a biologická transformácia, ktorú zabezpečujú živé

organizmy. Rozložiteľné znečisťujúce látky však takisto môžu spôsobovať environmentálne problémy a to v prípade, keď sa ich nakumuluje veľké množstvo, kedy rýchlosť degradácie je nižšia ako rýchlosť kumulácie.

Perzistentné znečisťujúce látky zotrávajú v životnom prostredí veľa rokov v nezmenenej podobe a trvá aj desaťročia kým sa v prostredí rozložia. Počas svojho trvania v prostredí prenikajú do potravinových reťazcov, a môžu sa takto dostať až do potravín a ohroziť zdravie človeka. Špecifickú skupinu tvoria **perzistentné organické látky**, pre ktoré je medzinárodne používaná skratka **POPs** (z anglického názvu Persistent Organic Pollutants). Ide o nízkooprachové zlúčeniny vyznačujúce sa dlhou dobou prežitia v životnom prostredí, ktoré majú schopnosť kumulácie v potravinovom reťazci. Do životného prostredia sa dostávajú najmä v dôsledku ľudskej činnosti, napr. pri používaní v poľnohospodárstve alebo v priemysle alebo v dôsledku neúmyselnej činnosti (napr. ako vedľajšie produkty pri rôznych výrobných) alebo v dôsledku havarijnej udalosti. Ak tieto látky uniknú do ovzdušia, nie je ich prakticky možné odiaľ nijakou čistiacou operáciou odstrániť. Prenášajú sa tak na veľké vzdialenosti a tak prenikajú aj do oblastí, v ktorých sa nikdy nevyrábali a nepoužívali (napr. Arktída a Antarktída). Ako príklad môžeme uviesť dichlórdifenyiltrichlóretán, známa skratka je **DDT**, ktorý je jeden z najstarších a najznámejších insekticídov. Po druhej svetovej vojne bol DDT hromadne a celosvetovo používaný ako insekticídny prostriedok v poľnohospodárstve, ale najmä v tropických krajinách ako účinný prostriedok proti prenášačom malárie. Po dokázaní bioakumulácie DDT v potravinových reťazcoch a následne jeho negatívneho účinku na ľudské zdravie, bolo používanie DDT v šesťdesiatych až sedemdesiatych rokoch minulého storočia vo väčšine krajín sveta zakázané. V súčasnosti sa DDT stále používa v niektorých tropických krajinách na hubenie prenášačov malárie a iných tropických chorôb. Jeho používanie je však medzinárodne regulované, podobne ako používanie niektorých ďalších POPs, tzv. Štokholmským dohovorom (Štokholmský dohovor o perzistentných organických látkach, 2001).

Nerозložiteľné znečisťujúce látky nie sú rozložiteľné prírodnými procesmi. Ak sa dostanú do prostredia tak sú akumulované v rôznych zložkách životného prostredia, v závislosti od ich chemickej a fyzikálnej povahy. Problémom je najmä bioakumulácia, kedy znečisťujúce látky prestupujú až do buniek a stávajú sa viac menej trvalou súčasťou organizmu. Organizmy takéto látky často nedokážu naspäť vylúčiť do prostredia a preto sa koncentrácia bioakumulovanej látky môže počas života organizmu stále zvyšovať, ak je táto znečisťujúca látka trvale prítomná v prostredí.

Ďalej rozlišujeme znečisťujúce látky podľa skupenstva na **pevné, kvapalné, plynné**. Skupenstvo znečisťujúcej látky je určujúce pre jej dynamiku v prostredí, šírenie sa, procesy degradácie či kumulácie (vrátane bioakumulácie). V rámci znečistenia ovzdušia rozlišujeme aj **aerosóly**.

4.2.2. Zdroje znečisťujúcich látok

Znečisťujúce látky pochádzajú z rôznych typov zdrojov, odlišujúcich sa časovou a priestorovou dynamikou.

Bodové a plošné zdroje znečisťujúcich látok.

Bodový zdroj znečistenia je samostatne rozpoznateľný zdroj znečistenia ovzdušia alebo vody. Zdroje sú nazývané ako bodové, pokiaľ ich pri matematickom modelovaní môžeme vyjadriť ako jeden bod. Príkladom bodového zdroja znečistenia je komín tepelnej elektrárne, odpadová rúra odvádzajúca znečistenú vodu do recipienta a pod.

Plošný zdroj znečistenia predstavuje zdroj znečistenia, ktorý nepochádza z jedného miesta, jednoznačne určeného bodu. Tento typ znečistenia je často výsledkom kumulatívneho účinku malých množstiev kontaminantov kumulovaných z veľkej oblasti. Príkladom môže byť poľnohospodársky využívaná krajina, kde sa zvyšky používaných pesticídov vplyvom zrážok dostávajú až do podzemných vôd. Urbanizované oblasti sú plošným zdrojom znečistenia ovzdušia (doprava, svetelné znečistenie).

Špecifickým príkladom je **líniový zdroj znečistenia** – napríklad diaľnica či iná intenzívne využívaná cestná komunikácia, zvyčajne mimo obytných zón.

Vertikálne umiestnenie zdroja znečistenia významne ovplyvňuje šírenie znečistenín v priestore.

Výškové zdroje znečistenia sú primárne konštruované práve pre lepší rozptyl znečistenín a ich odvedenie mimo priestor priameho vplyvu na ľudské zdravie. Príkladom je opäť výškový komín tepelnej elektrárne.

Stacionárne a mobilné zdroje znečistenia

Stacionárne zdroje znečisťovania (ovzdušia) sú technologické celky, sklady a skládky palív, surovín a produktov, skládky odpadov, lomy a iné plochy s možnosťou zaparenia, horenia alebo úletu znečisťujúcich látok alebo iná stavba, objekt, zariadenie a činnosť, ktorá znečisťuje alebo môže znečisťovať ovzdušie. Zdroj znečisťovania ovzdušia je vymedzený ako súhrn všetkých častí, súčastí a činností v rámci funkčného a priestorového celku. Sledovanie a kontrolovanie množstva znečisťujúcich látok produkovanýchmi stacionárnymi zdrojmi je v porovnaní z mobilnými zdrojmi jednoduchšie.

Mobilnými zdrojmi sú pohyblivé zariadenia so spaľovacím motorom alebo iným hnacím motorom, ktoré znečisťujú ovzdušie, najmä cestné motorové vozidlá, železničné koľajové vozidlá, plavidlá a lietadlá.

Podľa časového trvania delíme zdroje znečistenia na **trvalé** (kontinuálne) a **dočasné** (okamžité). Príkladom okamžitého zdroja znečistenia je ekologická havária spojená s únikom znečisťujúcich látok. Rizikom sú veľké havárie, kedy sú do životného prostredia vnášané veľké objemy znečisťujúcich látok. Okamžitým zdrojom znečistenia ovzdušia je napríklad aj zápcha na diaľnici. Napriek tomu, že jednotlivé automobily považujeme za mobilné zdroje znečistenia, v takejto situácii je to okamžitý stacionárny zdroj. Dočasné zdroje znečistenia vznikajú aj počas chladných mesiacov v lokalitách, kde sa na vykurovanie používa tuhé palivo. Zdrojom kontinuálneho znečistenia sú zariadenia s kontinuálnou prevádzkou, ako napríklad tepelná elektráreň.

Podľa pôvodu rozlišujeme **prírodné** a **antropogénne** zdroje znečistenia. Prírodným zdrojom znečistenia je napríklad aktívna sopka alebo horiaci les.

4.3. Znečistenie ovzdušia

Existuje mnoho **prírodných zdrojov plyných vzdušných polutantov**. Tieto zahŕňajú sopky, lesné požiare alebo plyny ako produkty anaeróbných procesov v mokradiach. V niektorých prípadoch sa dokonca môže množstvo vzdušných polutantov z prirodzených zdrojov vyrovnávať, alebo aj presiahnuť množstvo emitované z antropogénnych zdrojov. V iných prípadoch sú emisie vzdušných **polutantov pochádzajúcich z antropogénnej činnosti** významnejšie a ich kvantita stúpa, čo je spojené s rastom ľudskej populácie a technologickým vývojom. V druhom spomenutom prípade sú zvlášť dôležité emisie odpadových plynov zo spaľovania fosílnych palív v elektrárnach a spaľovacích motoroch.

Aktivity človeka aj v dávnej minulosti boli spojené so znečisťovaním ovzdušia, počiatky môžeme nájsť už v časoch, kedy človek bol schopný zapáliť, či len udržať horiaci oheň.

Neskôr, v období priemyselnej revolúcie sa znečistenie ovzdušia stalo rozsiahlejším. Najmä spaľovanie uhlia spôsobovalo vážne znečistenie ovzdušia Európskych veľkých miest oxidmi síry a „sadzami“. Tento problém sa stal intenzívnejším v 19. storočí, kedy bolo prvýkrát zaznamenané poškodenie ľudského zdravia, budov, ale aj ekosystémov. Po tom, čo boli zaznamenané tieto efekty znečisteného ovzdušia, boli postupne v histórii prijaté opatrenia zmierňujúce jeho dopad: na začiatku to bola výstavba vysokých komínov, neskôr prechod na „čistejšie“ uhľovodíky (metán, ropa). Centralizácia výroby energie bola ďalším nástrojom zníženia celkového znečistenia ovzdušia a z tých historicky najnovších prístupov to bolo odstraňovanie znečistenín z odpadových plynov pred vypustením do atmosféry (filtrácia).

Znečistenie ovzdušia oxidmi síry a sadzami bolo charakteristické v začiatkoch znečistenia ovzdušia v mestách počas priemyselnej revolúcie v 18. storočí. Tento typ znečistenia ovzdušia sa nazýval smog, presnejšie **redukčný smog (tiež Londýnsky alebo zimný smog)**. Vyskytuje sa typicky v zimných mesiacoch počas inverzie, kedy je obmedzené premiešanie nižších, znečistených vrstiev atmosféry s vyššími, čistejšími. Zložený je prevažne z oxidu siričitého a ďalších látok, ktoré ľahko podliehajú oxidácii. Tieto látky majú často silné redukčné účinky na svoje okolie.

Druhým typom smogu je oxidačný smog, nazývaný aj **losangelský, kalifornský, fotochemický či letný smog**. Oxidačný smog sa tvorí počas slnečných dní na miestach s vysokou koncentráciou hydrokARBónov a oxidov dusíka, emitovaných z automobilov alebo priemyselných zdrojov. Za suchého slnečného počasia a vysokej koncentrácie oxidu dusičného (NO₂) sú vhodné podmienky pre fotochemické reakcie, pri ktorých sa vytvára ozón (O₃) a peroxyacetyl nitrát (C₂H₃NO₅) ako sekundárne polutanty so silnými oxidačnými účinkami.



Ozón spolu s peroxyacetyl nitrátom sú dve látky, ktoré majú najškodlivejšie účinky na zdravie človeka a vegetáciu.

4.3.1. Hlavné vzdušné znečisťujúce látky

Za najdôležitejšie vzdušné polutanty sú považované oxid siričitý, sírovodík, oxidy dusíka (NO_x), amoniak (NH₃), oxid uhoľnatý, oxid uhličitý, metán, ozón a peroxyacetyl nitrát (PAN). Okrem dvoch posledných, všetky sú emitované tak z prírodných ako z antropogénnych zdrojov.

Oxid siričitý

V atmosfére oxid siričitý postupne prechádza niekoľkými oxidačnými reakciami a končí vo forme síranového aniónu (SO₄²⁻). Miera oxidácie závisí od intenzity slnečného žiarenia, vlhkosti a prítomnosti ďalších polutantov (napr. oxidov dusíka či iných silných oxidantov). Rezidenčný čas oxidu siričitého v atmosfére je stredne dlhý (4 dni), preto môže byť oxid siričitý transportovaný na pomerne dlhé vzdialenosti ešte pred jeho oxidáciou a následnou depozíciou. Síranový anión následne reaguje s kationmi prítomnými v atmosfére, pričom môžu vznikať rôzne sekundárne polutanty. Pokiaľ v atmosfére nie je dostatok kationov iných ako vodíkový kation (H⁺), vytvoria sa silno kyslé a hygroskopické aerosóly kyseliny sírovej (H₂SO₄), ktoré prispievajú ku kyslým dažďom.

Toxicita oxidu siričitého. Oxid siričitý je bezfarebný plyn, ostro štiplavý a jeho prítomnosť začítame už pri veľmi nízkej koncentrácii (0,3 – 1 ppm). Pre človeka je veľmi toxický, môže spôsobiť vážne podráždenie nosovej a hltanovej sliznice. Kašeľ, dýchavičnosť, zvieranie na hrudi sú typické symptómy. Jednorazová expozícia môže spôsobiť dlhodobé zdravotné ťažkosti podobné astme. Plyn je dráždivý aj pre oči a pokožku, môže spôsobiť trvalé oslepnutie a na pokožke aj vážnejšie popáleniny. Tieto symptómy sa však týkajú koncentrácie, ktorá je oveľa vyššia než s akou sa môžeme stretnúť na miestach so silným znečistením atmosféry. Pri chronickej expozícii poškodzuje respiračný systém spôsobujúc podráždenia až zápal dýchacích ciest. Napriek tomu je človek tolerantnejší k vyšším koncentráciám SO₂ v porovnaní s rastlinami, fytotoxický efekt je zaznamenaný pri už pri stonásobne nižšej koncentrácii SO₂ v porovnaní s koncentraciami, pri ktorých sa prejavuje humánna toxicita.

Toxický efekt na rastlinách sa prejavuje pri akútnom poškodení v podobe nekróz na listoch. Pri chronickej, dlhodobej expozícii sú symptómy menej výrazné, na listoch môžeme pozorovať chlorózy, môže dochádzať k predčasnému opadu listov. Pri dlhodobo nízkych koncentráciách, ktoré nespôsobujú viditeľné symptómy, sa tzv. skryté poškodenia prejavujú napr. na znížení úrod pestovaných plodín či ich odolnosti voči chorobám a škodcom.

Dusíkaté plyny v atmosfére

Najvýznamnejšie z pohľadu znečistenia ovzdušia sú amoniak (NH₃), oxid dusný (N₂O), oxid dusičitý (NO₂) a oxid dusnatý (NO), posledné dva sa zvyknú súhrnne označovať ako NO_x.

Toxicita

Amoniak je bezfarebný plyn s ostrým, dráždivým zápachom. Koncentrácia, pri ktorej ho už začítame je však oveľa nižšia ako tá, ktorá by mohla spôsobiť vážnejšie poškodenie zdravia. Expozícia vysokým koncentráciám môže spôsobiť poškodenie pľúc až smrť. Toxicita amoniaku pre rastliny sa testovala v blízkosti veľkokapacitných chovov hospodárskych zvierat. Amoniak môže spôsobovať nekrózy, spomalenie, ale aj zrýchlenie rastu či zvýšenú senzitivitu na mráz. Zaujímavosťou je, že senzitivita sledovaných rastlín bola vyššia počas noci.

Oxid dusný je bezfarebný plyn a v medicíne sa používa ako šetrné anestetikum. Považuje sa za netoxický, avšak pri vyšších koncentráciách môže spôsobiť viaceré zdravotné komplikácie, vrátane mentálnych porúch.

Oxid dusnatý je bez farby, zápachu a chuti, zatiaľ čo oxid dusičitý je červenohnedý plyn, štipľavého zápachu dráždiaci dýchacie cesty.

Koncentrácia NO_x v okolitom prostredí je málokedy taká, aby spôsobila viditeľné symptómy poškodenia na rastlinách. Vážnejšie poškodenia rastlín boli zaznamenané na lokalitách výrazne znečistených z dôvodu blízkosti podnikov priemyselnej činnosti. Na ihličnatých stromoch dochádza napríklad k poškodeniu pletív na koncoch ihlíc, ktoré potom usychajú a medzi poškodenou a nepoškodenou časťou ihlice je presná hranica. Čo sa týka toxicity pre človeka je to podobné, v okolitom vzduchu nebýva zvyčajne taká koncentrácia NO_x aby spôsobila vážne akútne poškodenia zdravia človeka.

4.3.2. Zdroje vzdušného znečistenia

Zdroje oxidu siričitého

Najvýznamnejším prírodným zdrojom emisií oxidu siričitého sú sopky a lesné požiare. Množstvo emisií môže byť ročne 2,6 megaton (10⁶ t) ak hovoríme o erupciách, ale pri kontinuálnom pasívnom úniku plynov z aktívnych sopiek je to takmer desaťnásobne viac. Množstvo emisií oxidu siričitého z antropogénnej činnosti je však vyššie trojnásobne až štvornásobne. Najvýznamnejším antropogénnym zdrojom emisií oxidu siričitého je spaľovanie fosílnych palív. Fosílna palivá obsahujú síru v organickej aj anorganickej forme a pri horení síra oxiduje a oxid siričitý predstavuje až 90 % oxidov síry vznikajúcich pri horení. Ďalšími významnými zdrojmi oxidu siričitého sú rôzne výrobné procesy v rámci chemického priemyslu (cca 27 %) a tavenie rúd obsahujúcich sulfidy (približne 7 %).

Hlavným prírodným zdrojom emisií amoniaku sú mokrade, kde je amoniak produkovaný počas procesov rozkladu biologického materiálu. Množstvo amoniaku pochádzajúceho z antropogénnej činnosti je oveľa nižšie. Antropogénne zdroje emisií amoniaku sú spojené so spaľovaním uhlia, ropy, plynu a s chovom hovädzieho dobytku. V mestách je hlavným zdrojom amoniaku doprava. V atmosfére je amoniak oxidovaný na NO_x, jeho rezidenčný čas v atmosfére je 7 dní.

Oxid dusný (N₂O) je relatívne nereaktívny plyn a preto má dlhý rezidenčný čas v atmosfére, až 4 roky. Spaľovanie predstavuje hlavné priemyselné zdroje emisií oxidu dusného. Avšak biologické zdroje emitujú niekoľkonásobne vyššie množstvá a to počas anaeróbnej fázy denitrifikácie v pôde a vode. Oxid dusný je však emitovaný aj z poľnohospodárskych pôd hnojených dusíkatými hnojivami, čo zvýšilo globálne emisie oxidu dusného takmer o 50 %.

Oxid dusnatý a oxid dusičitý (NO_x) sú emitované vo veľkom množstve z prírodných zdrojov, ktorých množstvo môže presiahnuť antropogénne zdroje. Treba však spomenúť, že odhad množstva NO_x, ktoré sa dostáva do atmosféry z prírodných zdrojov je veľmi nepresný, nakoľko nie je možné s určitou presnosťou odhadnúť množstvo emisií vytvorených v procese denitrifikácie v pôde. Najvýznamnejšie zdroje NO_x sú emisie ako produkt procesu bakteriálnej

denitrifikácie dusičnanov v pôde a vode, pri bleskoch (vysoká teplota a svetlo) sa plynňý dusík v atmosfére fixuje a oxiduje na NO_x, a nakoniec ako produkty horenia biomasy, kedy sa organicky viazaný dusík oxiduje.

Najvyšší podiel na emisiách NO_x pochádzajúcich z antropogénnej činnosti má spaľovanie fosílnych palív, kedy sa oxiduje organický dusík, avšak pri vysokých teplotách (>1000 °C) a pri vysokom tlaku (napr. v motoroch automobilov) sa oxiduje aj plynňý dusík (N₂), ktorý je za normálnych okolností inertný plyn.

4.4. Znečistenie vody

Znečistenie vody je výsledkom kontaminácie vodných útvarov, zvyčajne v dôsledku ľudskej činnosti. Znečistená voda, ktorá obsahuje kontaminujúce látky, nie je pitná, a jej využitie človekom je obmedzené. Ohrozená je biodiverzita vodného ekosystému či celkovo prežitie vodných organizmov. A to ohrozuje aj samočistiacu schopnosť vody. Zásadné zmeny spôsobuje aj fyzikálne, čiže tepelné znečistenie. Prísun akejkoľvek látky do vody, ktorá nie je prirodzená pôvodom ani množstvom, môžeme považovať za jej znečistenie. Znečistenie vody sa však posudzuje najmä z pohľadu obmedzenia jej využitia pre človeka na rôzne účely (pitná voda, závlahová voda, rekreačné vody, rybolov a pod.) Špecifikácia znečisťujúcich látok spôsobujúcich znečistenie vody zahŕňa široké spektrum patogénnych chemických, fyzikálnych ale aj senzorických zmien. Existuje množstvo látok, ktoré sa vo vode prirodzene vyskytujú. Voda je predsa len najrozšírenejším rozpúšťadlom v prírode, ale rozhodujúca je ich koncentrácia k určeniu či ide o kontamináciu alebo nie. Zhoršenie stavu vody sa indikuje aj na základe biologických ukazovateľov, ako je napríklad biologická spotreba kyslíka (BSK) alebo mikrobiálnej kontaminácie (koliformné baktérie, črevné enterokoky atď.).

4.4.1. Hlavné znečisteniny vody

Ropné látky. Medzi ropné látky patrí najmä : benzín, benzén a jeho deriváty, nafta, petrolej, letecký petrolej, ľahké a ťažké oleje, mazut, ropa a látky podobného charakteru. Ropné látky v povrchových vodách zabráňujú prestupu kyslíka do vody a tým ničia biologický život, pôsobia agresívne na betónové konštrukcie a môžu byť príčinou vzniku požiaru alebo výbuchu. Ropné látky sa môžu vyskytovať vo vodách ako rozpustené a nerozpustené (voľné alebo emulgované). Olejový film na hladine znižuje rýchlosť prestupu kyslíka do vody a nepriaznivo ovplyvňuje priebeh samočistenia. Voda vplyvom styku s ropnými látkami dostáva príchut' a pachy, ktoré ju robia nepoužiteľnou. Ropa je zdrojom aj **aromatických uhlíkovodíkov (arény)**, ktoré pôsobia mutagénne a karcinogénne na vodné živočíchy.

Polychlorované bifenyly (PCB) boli spočiatku považované za neškodné látky a na ich úniku do prostredia sa spočiatku nevenovala pozornosť. Až po desaťročiach ich používania bolo zistené, že PCB sa v prírode nerozkladajú, koncentrujú sa v telách živočíchov a šíria sa v potravinových reťazcoch a že majú aj v stopových množstvách nepriaznivé účinky na živé organizmy. V priebehu rokov bola ich výroba zastavená a ich používanie zakázané. Vysoké hodnoty PCB sú prítomné u veľrýb, tuleňov, mrožov, vtákov a iných zvierat a živočíchov.

DDT sa nepoužíva už niekoľko desiatok rokov, avšak jeho prítomnosť je stále detegovaná vo vode, zisťovanie jeho prítomnosti je účasťou ukazovateľov kvality vody. Environmentálne účinky DDT sú bližšie popísané v kapitole 4.2.1.

Tenzidy sú povrchovo aktívne látky prirodzené aj synteticky vyrobené. Zdrojom znečistenia sú odpadové vody splaškové. Prevažná časť znečistenia asi 80 %, je z prací a čistiacich prostriedkov používaných v domácnostiach, zvyšok pripadá najmä na pracovne a pod. Tenzidy prítomné vo vodách spôsobujú penenie, znižujú rýchlosť difúzie kyslíka do vody, emulgujú tuky a oleje, spôsobujú dispergáciu tuhých látok a vo vyšších koncentráciách môžu na vodné organizmy pôsobiť aj toxicky. Biologická rozložiteľnosť a správanie sa v prírodnom prostredí závisí od typu tenzidov a jeho chemickej štruktúry.

Rádioaktívne látky sa do vody dostávajú pri jej cirkulácii prírodným prostredím (rozpušťanie rádioaktívnych minerálov) alebo vypúšťaním rádioaktívnych odpadov do povrchových tokov, ako aj splachom rádioaktívneho spádu.

Dioxíny sú považované za najtoxickejšie chemické látky na svete. Dioxíny sú perzistentné – dlhodobo sa nerozkladajú, pretrvávajú v životnom prostredí a v živých organizmoch. Majú vysoko bioakumulatívne schopnosti – hromadia sa v tkanivách (najmä tukových) živých organizmov. Dioxíny nie sú vyrábané zámerné, vznikajú totiž ako nechcený vedľajší produkt spaľovacích procesov a chemického priemyslu za prítomnosti chlóru (v akejkoľvek forme). Dioxíny majú lipofilný charakter, najprv sa držia na hladine (sú vo vode nerozpustné), kde sa môžu vplyvom slnečného žiarenia čiastočne rozkladať. Následne sa viažu na organické zvyšky vo vode a postupne klesajú na dno, odkiaľ môžu byť znova vyplavené.

Rizikové prvky a ťažké kovy pochádzajú s rôznych zdrojov. V rámci hodnotenia kvality povrchových vôd na Slovensku sa sleduje 8 rôznych prvkov (As, Cr, Cd, Cu, Ni, Pb, Hg, Zn). Niektoré z nich sú v stopových množstvách prospešné. Zinok napríklad nepredstavuje pre človeka zvlášť významné riziko, ale je veľmi toxický pre ryby a iné vodné organizmy. Ortuť je najtoxickejšia vo forme organických zlúčenín (metylortuť). V takejto podobe sa nachádza v rybách a organizmus je schopný ju vstrebať takmer na 100 percent. Riziko tejto skupiny znečisťujúcich látok spočíva v ich bioakumulácii a dlhodobom zotrvaní v potravinových reťazcoch.

Mikrobiálne znečistenie je spôsobené prítomnosťou patogénnych mikroorganizmov, prevažne baktérií. Ako indikátor mikrobiálneho znečistenia sa uvádza prítomnosť koliformných baktérií. Hoci nie sú pôvodcami špecifického ochorenia, indikujú prítomnosť fekálií vo vode, čo samé o sebe je rizikové.

Dusík a fosfor patria k významným znečisťujúcim látkam, problematika spojená s ich nadmerným obsahom v prostredí je spracovaná v kapitole 5.2.

4.4.2. Zdroje znečistenia vody

Rozlišujeme tri hlavné zdroje znečistenia vody: komunálne vody, poľnohospodárstvo a priemysel. Znečistenú vodu, ktorá vzniká v priemysle, poľnohospodárstve, v domácnostiach,

laboratóriách, nemocniciach atď., t. j. svojim použitím zmenila svoje vlastnosti, nazývame odpadová voda.

Komunálna odpadová voda vzniká každodennou ľudskou činnosťou, pochádza z domácností, škôl, rôznych úradov – nazývame ich aj splašky. Je zvyčajne odvádzaná kanalizáciou, do ktorej môže ústiť aj oplachová voda z čistenia ulíc a dažďová voda zo zrážok. Komunálna odpadová voda sa odvádzá do čistiarnie odpadových vôd. **Priemyselná odpadová voda** vzniká v priemyselných podnikoch a jej zloženie je závislé od charakteru výroby a použitej technológie. Priemyselná výroba produkuje technické odpadové vody z výroby a odpadovú vodu z chladiacich systémov. Priemyselná voda sa upravuje a čistí priamo v podniku alebo je odvádzaná do čistiarnie odpadových vôd. Slovenská legislatíva stanovuje koncentrácie vybraných ukazovateľov, kedy je možné vypúšťať odpadovú vodu do verejnej kanalizácie.

Poľnohospodárstvo je zdrojom špecifickej skupiny kontaminujúcich látok – pesticídov. V poľnohospodárskej výrobe sa používa veľké množstvo rôznych chemických látok za zabezpečenie ochrany pre škodlivými účinkami iných živých organizmov na plodiny. Mnohé patria medzi perzistentné. Zoznam pesticídnych látok pre monitorovanie pitnej vody a jej zdrojov, ktoré sa sledujú na Slovensku obsahuje 90 položiek. Poľnohospodárstvo je ďalej zdrojom organického znečistenia, ktoré zhoršuje biologické parametre vody – tak biologickú spotrebu kyslíka ako aj mikrobiálnu kontamináciu. Poľnohospodárstvo je zároveň významným zdrojom znečistenia dusíkom a fosforom (pozri kapitolu 5.3 Eutrofizácia)

Ťažba nerastných surovín môže významnou mierou znečisťovať vodu. Do vodných tokov sa pri ťažbe kovov môžu dostať také toxické prvky ako ortuť, arzén ale aj kyanidy. Pri ťažbe uránu môže dôjsť aj k rádioaktívnemu znečisteniu. Pri ťažbe uránovej rudy je často potrebné znížiť odčerpaním hladinu podzemnej vody pričom dochádza k jej kontaminácii.

Samostatnú kapitolu predstavuje **havarijné znečistenie**, pochádzajúce z havarijných situácií: úniku znečisťujúcich látok z priemyslu, z nesprávneho skladovania toxických látok, pri preprave toxických alebo ropných látok, alebo aj z čistiarní odpadových vôd.

V súčasnosti sú prijaté mnohé opatrenia na zamedzenie kontaminácie povrchových a podzemných vody. Napriek tomu, že tieto opatrenia sú v platnosti desiatky rokov a ich dodržiavanie je kontrolované, prítomnosť kontaminujúcich látok v nadlimitnej koncentrácii je zaznamenávaná každoročne. Jednou z príčin je pretrvávajúce kontaminácie z minulosti, perzistentné látky sú stále prítomné vo vodných ekosystémoch, v ich živých aj neživých súčiastiach (sedimenty).

4.5. Znečistenie pôdy

Pôda má schopnosť filtrovať a pufrovať prítomnosť kontaminujúcich látok v prostredí. Priemyselná činnosť, ukladanie odpadu a intenzívne využívanie územia spôsobili distribúciu kontaminantov v prostredí, pričom dochádzalo postupne aj k ich akumulácii v pôde. Takáto akumulácia priamo ovplyvňuje základnú funkciu pôdy – zabezpečenie produkcie. Okrem iného sa takto zaťažená pôda môže stať zdrojom kontaminácie, ktorá sa prenáša až do konečného potravinárskeho výrobku.

Pôda je kontaminovaná rezíduami chemických ochranných látok používaných na ochranu rastlín, imisiami z priemyselnej výroby, zvyškami priemyselných hnojív, vrátane zvyškov farmaceutických prípravkov (napríklad používaných v živočíšnej výrobe). V závislosti od typu zdrojov znečistenia, môže hovoriť tak o difúznej kontaminácii pôdy, ale aj o lokálnej, ku ktorej dochádza zvyčajne v blízkosti zdroja znečistenia. Závisí nielen od koncentrácie kontaminantov, ale aj od vlastností pôdy, akou mierou kontaminanty vstupujú do potravinových reťazcov a ohrozujú ľudské zdravie. Kontaminovaná pôda je zdrojom ďalšieho znečistenia – látky ktoré sa buď nerozložili alebo neboli prijaté živými organizmami môžu byť z pôdy vyplavované a kontaminovať podzemnú vodu alebo cestou veternej či vodnej erózie kontaminovať povrchové vody.

Podľa najnovšej správy SOER2020, v EÚ na lokálnej úrovni dochádza ku kontaminácii pôdy najčastejšie únikom z látok zo skládok komunálneho a priemyselného odpadu (37 %), priemyselné emisie spolu so splachmi majú takisto významný podiel na lokálnej kontaminácii pôdy (33 %). Čo sa týka plošnej (difúznej) kontaminácie, od roku 1990 má veľkoplošná atmosférická depozícia klesajúci charakter (olovo pokles o 87 %, ortuť o 40 %), avšak koncentrácie takých rizikových prvkov ako kadmium a meď sú naďalej kumulované v poľnohospodárskych pôdach.

Zdrojom **kadmia** sú prevažne fosforečné hnojivá. Hlavne superfosfáty severoafrickej proveniencie obsahujú vysoké koncentrácie kadmia. K jeho mobilite prispieva nízke pH pôdy (4,5 – 5,5, pozri obrázok 3). Ďalším zdrojom kontaminácie pôdy kadmium je používanie čistiarenských kalov na hnojenie. Rastliny sú schopné vo svojich pletivách akumulovať pomerne veľké množstvá kadmia a to aj kultúrne rastliny (sója, pšenica, tabak). Vysoká koncentrácia Cd v pôde má inhibičný účinok na pôdne mikroorganizmy, obmedzuje sa fixácia vzdušného dusíka, čo negatívne vplýva na rast rastlín. Vysoké koncentrácie Cd vplývajú na rastliny toxicky znížením tvorby biomasy.

Meď patrí medzi esenciálne prvky, avšak jej vysoké koncentrácie v pôde sú zdrojom obáv. Zlúčeniny medi (napr. síran meďnatý – modrá skalica) sa dlho využívali na ochranu viniča a ovocných drevín pred hubovými chorobami. Preto sú vysoké koncentrácie medi v pôde vo vinohradníckych oblastiach. V Európe je práve oblasť mediteránu najzaťaženejšou oblasťou. Maštalný hnoj a exkrementy hospodárskych zvierat sú zdrojom kontaminácie medi na lúkach a pasienkoch. Meď spolu so zinkom sú používané v doplnkoch výživy pre hospodárske zvieratá a ich zvyšky sa nachádzajú v exkrementoch zvierat.

Rezíduá **pesticídov** a ich metabolity sú ďalšou skupinou kontaminantov, ktoré sú nakumulované v pôdach. V pôdach stále nachádzame organochlorované pesticídy (napr. DDT), hoci ich používanie je v Európe zakázané desiatky rokov. Na druhej strane sú poznatky o negatívnom účinku súčasne používaných pesticídov pomerne obmedzené. Problémom pesticídov v pôdach je aj fakt, že v pôde sa zvyčajne nachádzajú rezíduá viacerých pesticídov (dvoch aj viac). Takto vznikajú v pôde nekonečné kombinácie rôznych pesticídov, ktorých kombinovaný účinok nevieme dostatočne vyhodnotiť a už vôbec ak zoberieme do úvahy dlhodobý kumulovaný účinok.

Dedičstvom minulosti je aj kontaminácia pôdy, ku ktorej dochádzalo počas vojenských aktivít, či to boli vojenské cvičenia alebo vojenské konflikty (napr. rozmiestňovanie nášľapných mín). Kontaminácia pôdy je vážnym problémom. Zaznamenané prekročenie limitov poukazuje na to, že filtračné a pufrčné funkcie pôdy sú vyčerpané. Kontaminovaná pôda je trvalým rizikom pre ostatné zložky prostredia a v súčasnosti máme len obmedzené možnosti ako dekontaminovať tisíce hektárov pôdy.

4.6. Účinky znečistenín na živé systémy. Ekotoxikológia.

Toxikológia je považovaná za medicínsky vedný odbor, ktorý sa zaoberá účinkami jedov a škodlivých látok na živý organizmus. Názov z gréckeho *toxon* (šíp) alebo *toxikon* (jedovatá látka, do ktorej namáčali hroty šíпов Hekaté) a *logos* (veda, náuka). Využíva poznatky vied biologických (molekulárna biológia, genetika, botanika, zoológia, mikrobiológia, lekárske vedy) a chemických (chémia analytická, anorganická, organická, biochémia). Nie je len sumou poznatkov o jedoch a ich účinkoch. Zaoberá sa vzájomným pôsobením chemických látok a živého organizmu. U väčšiny látok dochádza po vstupe do organizmu k ich premenám – biotransformáciám. Toxikológia má stránku opisnú, experimentálnu a teoretickú. Toxikológia je príbuzná farmakológii, ktorá študuje priaznivé i nepriaznivé účinky liečiv.

Toxikológia, svojou povahou ako veda založená na experimente, poskytuje okrem iného veľmi presné informácie pri rozbere situácie v ekologickom systéme. V dôsledku toho sa vymedzenie pojmu toxikológie ako vednej oblasti v súčasnosti rozširuje vzhľadom na rýchly vývoj vied všeobecne, no najmä v oblasti ekológie, ktoré zaznamenávajú pri súčasnom trende zmien životného prostredia kritické hodnoty destabilizácie ekosystémov, zapríčinených antropogénnou činnosťou. Ide tu o sledovanie toxického pôsobenia najmä priemyselných exhalátov na všetko živé, čo sa v ekosystéme nachádza, a to vo vzájomných vzťahoch jedincov medzi sebou. Toxikológia ako základná disciplína, tu dáva možnosť vytvorenia novej disciplíny „ekotoxikológie“.

Ekotoxikológia je vedná disciplína, ktorú prvýkrát definoval francúzsky vedec René Truhaut v roku 1969 ako vedu o sledovaní nepriaznivých účinkov chemických látok na prostredie s cieľom chrániť prírodné druhy a spoločenstvá. Definoval ju ako "odvetvie zaoberajúce sa štúdiom toxických účinkov prírodných alebo syntetických znečisťujúcich látok na jednotlivé zložky ekosystémov, zahrňujúce živočíchy (vrátane človeka), rastliny aj mikroorganizmy. V integrálnom kontexte to znamená, že sa zaoberal sledovaním toxického účinku látok prírodného aj antropogénneho charakteru na živé organizmy, spoločenstvá a populácie. Hoci sa spočiatku venoval sledovaniu antropogénnych škodlivín, termín je v súčasnosti používaný hlavne na výskum ekologických dopadov rôznych abiotických a biotických stresorov, ktorými sa integrujú vedľajšie účinky antropogénnych aktivít. Navrhol rozšírenie zamerania z čisto toxikologických účinkov, ktoré boli mimo definície "ekotoxikológie".

Ekotoxikológia je veda, ktorá sa zaoberá negatívnym pôsobením toxických látok na organizmy, populácie, spoločenstvá a ekosystémy. Ekotoxikológia je v súčasnosti chápaná ako interdisciplinárny vedný odbor kombinujúci predovšetkým poznatky vedy študujúcej ekosystémy (ekológia) a vedy študujúcej interakcie chemických látok so živými organizmami

(toxikológia). Ekotoxikológia sa zaoberá štúdiom pôsobenia škodlivých látok na ekosystém, študuje toxické vplyvy v prírode, v organizmoch, najmä vplyvy v populáciách a vplyvy cudzorodých látok v prostredí.

Ako väčšina vedných disciplín, ktoré sa v súčasnosti využívajú aj ekotoxikológia je interdisciplinárnou vedou, ktorá úzko súvisí a využíva poznatky iných vedných disciplín napr. chémie, matematického modelovania, teórie pravdepodobnosti, fyziky, geológie, pedológie, geografie, klimatológie, hydrochémie, lekárstva a iných vedných disciplín (obr. 23).



Obrázok 23. Postavenie ekotoxikológie medzi vednými odbormi (Anděl, 2011)

Ekotoxikológia v sebe spája oblasti ekológie a toxikológie. Podrobnejšie rozdiely medzi toxikológiou a ekotoxikológiou sú uvedené v tab. 4 a medzi ekológiou (biologickou a chemickou) a ekotoxikológiou v tab. 5.

Rozdelenie toxikológie na tri hlavné odbory:

- **experimentálna toxikológia**, ktorá sleduje účinok jedov predovšetkým na experimentálnych zvieratách, objasňuje mechanizmus účinku jedov a ich metabolizmus v organizme a hľadá protijedy,
- **klinická toxikológia**, ktorú zaradíme medzi lekárske vedy, sa zaoberá sledovaním účinku toxických látok na živý organizmus, ich dôsledkami na jednotlivé orgány tela a ich funkcie, prejavmi poškodenia a možnosťou reparácie dôsledkov,
- **priemyselná toxikológia**, ktorá sa postupne vyvinula z klasickej klinickej toxikológie, vznikla ako dôsledok rozvoja chémie a chemického priemyslu. Je to veda, ktorá definuje limity a prípustné bezpečnostné normy jedovatých látok a iných škodlivín v ovzduší, vode, pôde, diagnostikuje akútne aj chronické otravy, vypracúva laboratórne testy a bezpečnostné predpisy pre prácu s jedovatými a zdraviu škodlivými látkami,

sleduje metabolizmus škodlivín v organizme, zaoberá sa prevenciou priemyselných otráv.

Tabuľka 4. Rozdiely medzi toxikológiou a ekotoxikológiou (Fargašová, 2008)

Toxikológia	Ekotoxikológia
Cieľom je chrániť človeka pred toxickými látkami.	Cieľom je chrániť populácie mnohých druhov.
Vždy vychádza zo zvieracích modelov (testovanie na človeku?).	Môže využiť priame testovanie citlivosti druhov.
Človek je dobre charakterizovaný – menšie chyby pri extrapoláciach.	Jednotlivé druhy sú veľmi rozdielne – miera neistoty pri extrapoláciach veľká.
Testovacie organizmy aj človek sú teplokrvné – dobrá predikcia účinkov.	Mnoho chladnokrvných živočíchov, mnoho rastlín, baktérií.
Jednoduché dávkovanie a meranie toxicity (výsledok LD50).	Nejednotné dávkovanie (vonkajšie, vnútorné), koncentrácia vo vonkajšej vode je rovnaká ako dávka v tele.
Dobre charakterizované mechanizmy pôsobenia.	Menej informácií o biochemických mechanizmoch.
Dobre štandardizované testovacie metódy.	Mnoho metód, málo štandardných, snaha o predikciu účinkov v ekosystémoch.

Tabuľka 5. Rozdiely medzi ekológiou (biologickou a chemickou) a ekotoxikológiou (Fargašová, 2008)

Ekológia	Ekotoxikológia
Veľmi široký záber štúdia (vzťahy medzi organizmami navzájom a organizmami a prostredím).	Zúžený záujem – organizmy vs. prostredie, resp. negatívne vplyvy zmien prostredia (vyvolané človekom).
Študuje skôr „fyziologické“ (prirodzené) stavy – vplyvy bežných faktorov prostredia – teplota, vlhkosť, svetlo.	Študuje nefyziologické stavy – neprirodzené látky v prostredí, nadmerné pôsobenie fyzikálnych stresorov (hluk, žiarenie, stavby...).
Ekológia vychádza z poľných (ekologických) štúdií.	Viac informácií o jednotlivých druhoch, poľné štúdie len v obmedzenom množstve, často nejednoznačné výsledky.

Poznáme niekoľko aplikovaných odborov toxikológie, z nich vyberáme tie, ktoré naviac súvisia s problematikou znečistenia životného prostredia:

Toxikológia životného prostredia – zaoberá sa vplyvom znečisteného prostredia na ľudí a zvieratá.

Toxikológia potravín a aditív – študuje predovšetkým účinky konzervačných a vylepšujúcich látok, farbív a spojovadiel, aromatických látok na potraviny.

Toxikológia pesticídov a umelých hnojív – zaoberá sa biologickými účinkami ich rezíduí v požívatinách, zmenou nutričnej hodnoty resp. možnej tvorby nových resp. toxických látok z hľadiska ochrany zdravia konzumenta.

Vojenská toxikológia – sleduje účinky bojových látok na človeka a životné prostredie, možnosti obrany proti nim a ich likvidácia.

Ekotoxikológia – sleduje pôsobenie škodlivých látok na ekosystém, študuje toxické vplyvy v prírode, v organizmoch, najmä vplyvy v populáciách a vplyvy cudzorodých látok v prostredí. Je to najmladší odbor toxikológie.

Oblasti uplatnenia ekotoxikológie v praxi:

- správanie sa a vplyv emisií so spaľovacích procesov,
- vplyv používania pesticídov,
- vplyv látok ovplyvňujúcich ozónovú vrstvu a teplotnú bilanciu Zeme,
- testovanie novo uvádzaných chemických látok na trh,
- vplyv rádionulidov a rádioekológie,
- vplyv perzistentných organických látok,
- vplyv ťažkých kovov,
- vplyv acidifikácie prostredia, kyslé dažde.

Tieto oblasti sa vyvíjajú relatívne samostatne, o čom svedčí i špecializovaná odborná literatúra a organizovanie samostatných konferencií.

4.6.1. Delenie toxických látok podľa účinku

Máloktorá látka sa prejaví jediným a jednoznačným účinkom. Všeobecne sa dá konštatovať, že kým na jednej strane sa toxický účinok mnohých látok zvyčajne prejavuje viacerými príznakmi (symptómami), na druhej strane môžu rovnaké alebo podobné príznaky vyvolať viaceré, chemicky značne odlišné látky. Podľa účinku potom delíme toxické látky na látky s týmito účinkami, ktoré sa môžu v mnohých prípadoch kombinovať:

- **všeobecné účinky** – toxické látky so všeobecnými účinkami (celkovými, nešpecifickým), ktoré sa prejavujú poškodením životných funkcií a začleňujem k nim aj látky s účinkami napr. dráždivými – poleptanie alebo podráždenie kyselinou chlorovodíkovou HCl, dusivými – dusenie spôsobené vytesnením kyslíka inými plynmi,
- **špecifické účinky** – xenobiotikum (cudzorodá látka) pôsobí priamo na orgán (pečeň, obličky, pľúca atď.), tkanivá, bunky, ktoré poškodzuje,
- **systémové účinky** – pri toxických látkach so systémovými účinkami dochádza k poškodeniu systémov a cieľových orgánov, na ktoré jed prevažne pôsobí napr. centrálna nervová sústava – poškodenie neurotoxické,
- **alergizujúce účinky** – imunotoxické účinky sú reakcie imunitného systému na vstup látky do organizmu; ak je látka rozpoznaná ako cudzia, vyvolá v imunitnom systéme tvorbu protilátky; imunitné odpovede sú rôzne reakcie organizmu od kožného podráždenia, žihľavky, dýchacích ťažkostí až po anafylaktický šok,

- **karcinogénne účinky** – sú zmeny v bunkách, vyvolané pôsobením látok, ktoré signifikantne zvyšujú výskyt malígnych nádorov v populácii oproti spontánnemu výskytu; dochádza pri tom k zhubnému bujneniu buniek (tkaniva) a vzniká pri tom tumor (nádor),
- **mutagénne účinky** – mutagenita chemických látok je schopnosť meniť dedičné vlohy (vlastnosti, znaky) organizmu na základe náhlej neusmernenej a trvalej zmeny genetického materiálu v DNA – mutácie,
- **teratogénne účinky** – teratogénne účinky vyvolávajú poškodenie plodu (embrya), ktoré vedie ku tvorbe defektného jedinca, ktorý je životaschopný; teratogénnym účinkom rozumieme vývinové anomálie z hľadiska štrukturálnych, funkčných a biochemických zmien organizmu; teratogenitu môžu spôsobovať nielen chemické látky, ale aj vírusy (rubeola) a iné infekcie, imunologické fenomény, žiarenie rôzneho druhu, výživa a pod.

4.6.2. Expozícia a účinkov toxických látok

Expozícia je pôsobenie, vystavenie organizmu pôsobeniu látky určitej koncentrácie, v určenej dobe pôsobenia a cesty vstupu do organizmu.

Otravy sa podľa dĺžky trvania expozície delia na:

- a) Akútne otravy – jednorazové.
- b) Subakútne otravy – niekoľkonásobné vystavenie organizmu, väčšinou trvá 2 – 4 týždne.
- c) Subchronické otravy – do 3 mesiacov.
- d) Chronické otravy – aj celoživotné.

Účinek – je odpoveď organizmu na expozíciu látkou. Toxické účinky závisia od koncentrácie a dávky látky, spôsobu kontaktu s organizmom, od metabolitov látky, od miesta účinku.

Účinek sa podľa dĺžky trvania expozície delí na:

- a) Akútny účinok – bezprostredný po jednorazovej dávke toxické látky.
- b) Chronický účinok – po dlhodobom styku s látkou.

Dávka je množstvo toxické látky, ktoré sa dostane (vstúpi) do organizmu a je absorbované. Uvádza sa v hmotnostných jednotkách na jednotku hmotnosti organizmu za jednotku času (napr. mg/kg/deň). Základným údajom o akútnej toxicite je smrteľná – letálna dávka (LD) alebo pre plyny a pary letálna koncentrácia (LC). LD₅₀ je letálna dávka chemickej látky, pri ktorej uhynie 50 % testovacích jedincov inou ako inhalačnou (dýchacou) cestou.

Dávka sa podľa dĺžky trvania expozície delia na:

- **akútna dávka** – koncentrácia, ktorá zvyčajne spôsobí smrť organizmu.
- **chronická dávka** – koncentrácia, hlboko pod prahovou hodnotou s dlhodobým pôsobením.

Vstup toxických látok do organizmu

- **vstup inhalačne** pri tejto ceste vstupu vdychovanín sa plyny, pary kvapalín, kvapky aerosólu alebo prachové častice dostávajú do tela dýchacími cestami,

- **vstup perorálne** ústami. Pokiaľ sú škodlivé látky v tráviacom trakte spravidla nespôsobujú otravu, pokiaľ sa nejedná o látky žieraviny alebo dráždiace,
- **vstup perkutánne** (transdermálne) cez kožu. Neporušená ľudská koža tvorí určitú bariéru pre vstup cudzorodých látok do tela,
- **vstup parenterálne** zahŕňa iné cesty vstupu napr. očnou sliznicou, konečníkom, injekčne – intravenózne, močovou rúrou atď.

4.6.3. Vzťah odpovede a dávky

Je to kvantitatívny vzťah medzi dávkou a expozíciou toxikkej látky a výskytom nežiadúcich účinkov. Pokusy na zvieratách sa vykonávajú za účelom stanovenia vzťahu účinku na dávke toxikantu meraním rozsahu akéhokoľvek pozorovaného efektu pri rôznych dávkach a na stanovenie dávky, ktorá nemá žiadny merateľný fyziologický účinok.

Prahový a bezprahový účinok:

Prahový účinok je známa koncentrácia toxikanta tzv. prahová hodnota množstva alebo koncentrácie toxikkej látky, pri ktorej nedochádza k poškodeniu (fyziologickej zmene) žiadneho jedinca sledovaného druhu. Prahová hodnota je stanovená experimentálne.

Bezprahový účinok je pre vzťah účinku v závislosti od dávky platí, že účinok je nulový, keď je dávka nulová. Len nulová dávka nemá účinok a látka má vtedy bezprahový účinok. U chemických látok, ako sú karcinogény a mutagény sa z etických dôvodov predpokladá, že závislosť je bezprahová, tzn. že i jedna molekula vyvolá účinok.

LD₅₀ – letálna dávka - dávka chemickej látky, pri ktorej uhynie 50 % testovacích jedincov inou ako inhalačnou cestou. Látka je tým toxikkejšia, čím je nižšia jej číselná hodnota LD₅₀. Porovnaním LD₅₀ = 1 mg/kg s látkou LD₅₀ = 10 mg/kg je toxikkejšia tá, ktorá má nižšiu koncentráciu. Pri hodnotách LD sa uvádza druh testovacieho organizmu (myš, potkan, pes atď.) a spôsob podania testovanej látky (tráviacou, dýchacou sústavou, kožou a pod.).

LD_x – letálna dávka chemickej látky, pri ktorej uhynie x % testovacích jedincov.

LC₅₀ – vypočítaná letálna koncentrácia chemickej látky vo vzduchu (vode), po expozícii ktorou za určitý čas dôjde k úmrtiu alebo úhynu 50 % testovacích jedincov.

LC_x – najnižšia letálna koncentrácia chemickej látky vo vzduchu, ktorá môže spôsobiť úmrtie človeka alebo úhyn zvierat.

ED – efektívna dávka = účinná dávka (EC – efektívna koncentrácia) uvádza, aké percento testovacích jedincov reaguje po expozícii testovanou látkou. Efektívna dávka (ED) – uvádza, aké percento jedincov reaguje po expozícii testovanou látkou.

ED₅₀ – efektívna dávka, pri ktorej reaguje 50 % testovacích jedincov.

ED₀ – efektívna dávka, pri ktorej nereaguje žiadny testovací jedinec.

ED_x – efektívna dávka, pri ktorej reaguje x % testovacích jedincov.

Ďalšími základnými údajmi o akútnej toxicite sú hodnoty:

NOAEL – dávka, pri ktorej nebol pozorovaný škodlivý účinok (no observable effect level)

LOAEL – najnižšia dávka, pri ktorej bol pozorovaný škodlivý účinok (lowest observable adverse effect level)

NOAEC – koncentrácia, pri ktorej nebol pozorovaný škodlivý účinok (no observable effect concentration)

LOAEC – najnižšia koncentrácia, pri ktorej bol pozorovaný škodlivý účinok (lowest observable adverse effect concentration)

4.6.4. Toxické účinky ťažkých kovov

Ťažké kovy [olovo (Pb), arzén (As), meď (Cu), zinok (Zn), chróm (Cr), mangán (Mn), kobalt (Co), nikel (Ni) atď.] patria medzi látky často kontaminujúce životné prostredie. Ukladajú sa v organizmoch a len ťažko sa z organizmu odbúravajú. Uvoľňujú sa do ovzdušia najmä pri priemyselnej výrobe (čistenie kovov, galvanizácia), ale aj pri spaľovaní fosílnych palív. Ukladajú sa v pôde a najmä vo vode a tak sa cirkuláciou vody na Zemi ťažké kovy akumulujú v moriach. Tam kontaminujú ryby a vďaka potravinovému reťazcu kontaminácia organizmov postupne stúpa, pretože dravé živočíchy sa živia kontaminovanými organizmami. Kvôli tomu sú ťažkými kovmi ohrozené najmä živočíchy na konci potravinového reťazca a aj človek, najmä v prímorských oblastiach, kde je celkovo vyššia konzumácia morských živočíchov.

Ťažké kovy sú v určitých koncentráciách v organizme toxické až so smrteľným účinkom. Napriek tomu, niektoré kovy sú pre človeka a niektoré organizmy **esenciálne** - organizmus ich potrebuje ako katalyzátory niektorých biochemických reakcií, napr. zinok (Zn), meď (Cu), železo (Fe), selén (Se).

5. Negatívne zmeny stavu životného prostredia

V nasledujúcich kapitolách sú uvedené príklady najzávažnejších a najčastejších dopadov zhoršeného stavu životného prostredia na globálnej a regionálnej úrovni. Príčiny ich stavu sú dnes už viac menej jasné, ich riešenie si vyžaduje medzinárodnú spoluprácu.

5.1. Acidifikácia

Acidifikácia je proces, pri ktorom dochádza k okysľovaniu pôdneho alebo vodného prostredia, kvôli zvýšeniu koncentrácie vodíkových kationov, ktoré sa do prostredia dostali atmosférickou depozíciou najmä plyných emisií. Kyslá atmosférická depozícia môže byť:

- mokrá – plyny rozpustené v zrážkovej vode (tzv. kyslé dažde)
- suchá – plyny rozptýlené v atmosfére, aerosól

Kyslý dážď je používaný názov pre viacero procesov, ktoré sú spojené s depozíciou kyslých plynov z atmosféry. Neznečistený dážď je prirodzene mierne kyslý, jeho pH je do 5,6, táto hodnota je ovplyvnená rozpusteným oxidom uhličitým. Za kyslý dážď sa považuje dážď s hodnotou pH pod 5,65. Hodnoty pH neznečisteného dažďa môžu byť však regionálne ovplyvnené prírodnými podmienkami. V atmosfére sa môžu nachádzať látky pôsobiace neutralizujúco (zlúčeniny kationov Ca, Mg), ktoré sa môžu v atmosfére vyskytovať v podobe prachu z hornín, či pôdy, vtedy môže byť pH dažďa vyššie ako 5,65. Naopak, v regiónoch kde prevažujúcim geologickým materiálom sú kyslé horniny, môže byť pH dažďa prirodzene nízke, až pod hodnotu pH 5. Problém acidifikácie je teda potrebné spájať s prítomnosťou acidifikujúcich látok, ktorých pôvodom je ľudská činnosť. Zároveň treba vziať do úvahy, že výsledný stav atmosféry je výsledkom prítomnosti okysľujúcich zlúčenín antropogénneho pôvodu a látok prírodného pôvodu.

Problém kyslého smogu bol známy už v stredoveku, kedy sa tvoril počas zimy v mestách. Vo vykurovacej sezóne sa mestá stávali až neobývateľnými. Aj z takéhoto dôvodu mali bohatšie rodiny svoje zimné sídla na vidieku. Viditeľné dopady kyslých dažďov boli zaznamenávané už v polovici devätnásteho storočia. Na sochách budovách a iných monumentoch veľkých miest sa objavovali známky erózie. Problém acidifikácie sa stal medzinárodne dôležitým najmä začiatkom sedemdesiatych rokov 20. storočia. Dôvodom internacionalizácie problému bola skutočnosť, že acidifikujúce polutanty a ich plyné prekurzory boli transportované na veľmi veľké vzdialenosti. Dôsledkom bola situácia, že tieto polutanty boli emitované v jednej krajine, ale vážne dopady na ekosystémy, vrátane ekonomických dopadov, znášala krajina vzdialená stovky až tisíce kilometrov. V Európe môžeme uviesť príklad Škandinávskych krajín, kde sa acidifikácia prejavila v ich severných regiónoch, pričom pôvodcami kyslých emisií boli Anglicko a Nemecko.

Väčšina kyslých dažďov je spôsobená rozpustenými oxidom siričitým (SO₂), oxidmi dusíka (NO_x) a sírovodíkom (H₂S). Do ovzdušia sa dostávajú najmä spaľovaním fosílnych palív. Pôsobením vzdušnej vlhkosti sa tieto látky rozpúšťajú a stávajú sa kyselinami (obr. 24).

Kyslé dažde majú regionálny charakter a ovplyvňujú veľké plochy územia. Ďalšou dôležitou charakteristikou kyslých dažďov je, že **ich intenzita zvyčajne neklesá so vzdialenosťou od zdroja emisií, najmä od tých veľkých**. Toto prispieva k regionálnemu charakteru kyslých dažďov.

Dopady kyslých dažďov a následne intenzita acidifikácie závisia od vlastností zložiek prostredia - od ich **pufračnej (tlmiacej) schopnosti** alebo naopak náchylnosti k acidifikácii. Prítomnosť bázičných a alkalických kationov (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) zvyšuje pufracnú schopnosť vodných ekosystémov (ale aj pôdy) a teda znižuje intenzitu acidifikácie. V horských oblastiach sú pôdy aj vodné ekosystémy menej mineralizované a preto aj náchylnejšie na acidifikáciu. Tam kde je podloží žula alebo rula, pôdy podliehajú acidifikácii rýchlejšie. Listnaté lesy majú vyššiu pufracnú schopnosť, naopak lesy ihličnaté acidifikáciu pôdy skôr podporujú – produkujú ťažko rozložiteľný opad, z ktorého sa tvorí kyslý humus.

Ekosystémy zasiahnuté acidifikáciou sa stávajú až neobývateľnými pre mnohé druhy. Dôvodom je nielen nízke pH, ale kyslosť prostredia podporuje vylúhovanie toxických kovov (hliník, kadmium, olovo, meď pozri obrázok 3), ktoré sú za normálnych podmienok naviazané v horninách či pôde.

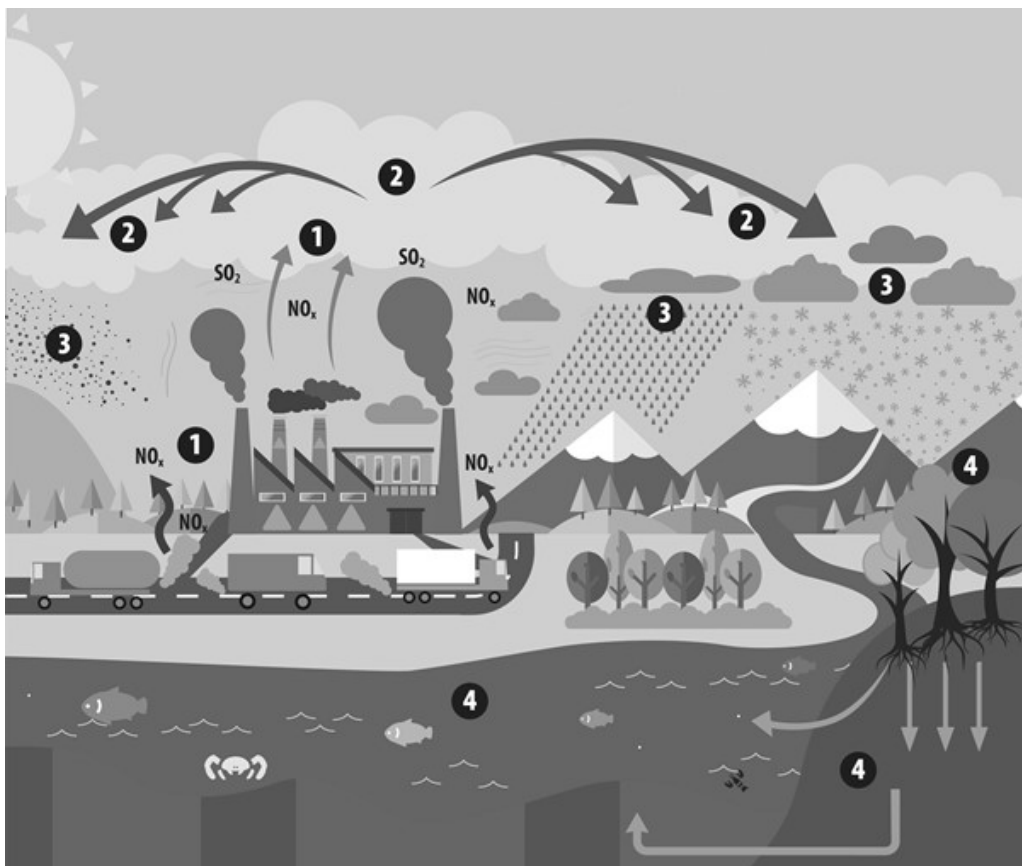
Vo vodných ekosystémoch sa toxicita viditeľne prejavuje najmä na živočíšnej zložke. Pri nízkej hodnote pH sa nevyliahnú ryby z vajíčok, hliník spôsobuje priame otravy rýb a ich úhyn. Takéto zmeny nie sú náhle, acidifikácia je postupný proces, ktorý spôsobuje postupné znižovanie biodiverzity až s úplným vylúčením živočíšnej zložky. Acidifikácia ovplyvňuje aj rastlinnú zložku vodného prostredia. Jedným z typických viditeľných znakov je vysoká priehľadnosť vody – chýba tzv. biologické zakalenie, ktoré za normálnych okolností spôsobuje prítomnosť planktónu.

Chemizmus a biológia pôdy môžu byť vplyvom acidifikácie vážne poškodené. Väčšina pôdných mikroorganizmov nie je schopná tolerovať nízke pH, ktoré spôsobuje denaturáciu ich enzýmov. Chemizmus pôdy je ovplyvnený vyplavovaním bázičných kationov do podzemných vôd a už spomenutou mobilizáciou ťažkých kovov. Na lesný ekosystém pôsobí kyslý dážď priamo, kedy sú vplyvom nízkeho pH poškodzované prirodzené ochranné bariéry (vosková vrstva na listoch, listová kutikula) listov a ihlíc, čo spôsobuje vyššiu náchylnosť na choroby či znižuje odolnosť voči mrazom. Čo sa týka človeka, kyslý dážď samotný nespôsobuje priame poškodenie zdravia, avšak prítomnosť oxidu siričitého alebo oxidov dusíka vo vzduchu môžu spôsobovať dýchacie problémy u citlivých ľudí. Kyslý dážď spôsobuje poškodenie stavieb, najmä tých, kde zložkou je vápenec alebo sú napr. z mramoru. Historické pamiatky môžu byť tak vážne poškodené, že nie je možná ich reštaurácia; nápisy sa stávajú nečitateľnými, môže byť narušená stabilita.

Suchá depozícia acidifikujúcich látok je kontinuálny proces, ktorý prebieha medzi zrážkami. Je to priamy príjem plynov (SO_2 , NO_x) vegetáciou z atmosféry, ako aj gravitačný dopad častíc (molekúl) na pôdu a vodu. Po kontakte s vodou (vrátane vody vo vnútri buniek) sa rozpúšťajú a stávajú sa kyselinami. V prostredí môže dochádzať k ich oxidácii, pričom sa môžu stať acidifikujúcimi látkami, ktoré vo svojej podstate nie sú acidifikujúce. Takýmto príkladom môže byť suchá depozícia amoniaku, s ktorého sa po oxidácii stávajú oxidy dusíka (NO_x). Suche

kyslej depozícii sa spočiatku nevenovalo toľko pozornosti, ako kyslému dažďu. Ukázalo sa však, že suchá kyslá depozícia prevláda v blízkosti, poprípade v stredne vzdialených miestach, od zdroja emisií oxidov síry a dusíka. Jej význam narastá aj s kontinuálnosťou procesu.

V každom prípade je acidifikácia dlhodobý proces a viditeľné prejavy sú už zvyčajne znakom vážneho poškodenia prostredia.



Obrázok 24. Tento obrázok ilustruje cestu kyslých dažďov v prostredí: (1) Emisie SO₂ a NO_x sa uvoľňujú do ovzdušia, kde (2) sa znečisťujúce látky premieňajú na kyslé častice, ktoré sa môžu prepravovať na veľké vzdialenosti. (3) Tieto kyslé častice potom padajú na zem ako mokrá a suchá depozícia (prach, dážď, sneh atď.) a (4) môžu spôsobiť škodlivé účinky na pôdu, lesy, vodné toky a jazerá (<https://www.epa.gov/acidrain/what-acid-rain>)

5.2. Eutrofizácia

Eutrofizácia je súbor prírodných ako aj umelo vytvorených procesov, ktorými sa zvyšujú anorganické živiny (najmä dusík a fosfor) v stojatých a tečúcich povrchových vodách. Vodné ekosystémy môžu prirodzene obsahovať rôzne úrovne koncentrácie živín. Podľa toho rozdeľujeme vodné ekosystémy na:

- **oligotrofné** (s nízkym obsahom živín),
- **mezotrofné** (so stredným obsahom živín),
- **eutrofné** (s prirodzene vysokým obsahom živín).

Eutrofné vodné ekosystémy sú prirodzene obohatované živinami a sú vysoko produktívne, vysoká je najmä primárna produkcia fytoplanktónu v porovnaní s oligotrofným vodným ekosystémom. V každom prípade fungovanie takéhoto systému je nastavené na vyššie koncentrácie živín a pokiaľ nie je narušená rovnováha, takýto ekosystém funguje bez príznakov

typických pre antropogénne zapríčinenú eutrofizáciu. Preto je potrebné rozlišovať medzi termínmi *eutrofný* a *eutrofizovaný*. Eutrofizácia ako prírodný proces prebieha dlho, zahŕňajúc storočia, tisícročia, aj viac. Človekom zapríčinená eutrofizácia (kultúrna eutrofizácia, antropogénna eutrofizácia) je proces oveľa rýchlejší a ako už názov naznačuje, spojený s ľudskou činnosťou. V nasledujúcom texte budeme pojem eutrofizácia používať práve v tomto kontexte.

Eutrofizácia je spôsobená **nadmerným množstvom dvoch makroživín – dusíka a fosforu**. Do vodných ekosystémov sa dostávajú rovnakými cestami ako akákoľvek iná znečisťujúca látka. Ktoré aktivity človeka sú hlavnými zdrojmi dusíka a fosforu?

Poľnohospodárska výroba je jeden z najdôležitejších zdrojov eutrofizujúcich látok. Problém začal byť výrazný v období Zelenej revolúcie (polovica 20.storočia), kedy sa začali vo veľkých množstvách používať priemyselné hnojivá v rastlinnej výrobe. Používanie umelých hnojív malo pozitívny vplyv na tvorbu úrody, čo bolo prínosom pre človeka. **Priemyselné hnojivá** obsahujú vysoké koncentrácie dusíkatých a fosforečných zlúčenín, ktoré sú počas hnojenia aplikované na povrch pôdy. Odber živín rastlinami nie je však nárazový proces a je tu riziko, že sa nespotrebuje celá dávka a časť hnojív je potom vyplavených z pôdy do podzemných a povrchových vôd. Tieto sa nakoniec kumulujú vo vodných recipientoch a spôsobujú eutrofizáciu. Zdrojom látok spôsobujúcich eutrofizáciu nie je len rastlinná výroba. Zvýšením objemu rastlinnej výroby došlo aj zvýšeniu objemu živočíšnej výroby. **Exkrementy hospodárskych zvierat** sú takisto zdrojom dusíka a fosforu a používané ako hnojivá. Organické hnojivá, ako napríklad ako maštalný hnoj či hnojovica, sú rovnako rizikové ako priemyselné hnojivá, kontaminácia môže nastať pri nesprávnom skladovaní, preprave, ale aj použití. Rizikom sú ustajnenia veľkého počtu zvierat, kde pri nedodržaní zásad môže dochádzať ku kontinuálnemu úniku tekutín. Ani pastva nie je bez rizika, k problémom môže dôjsť pokiaľ sa nedodržiava tzv. optimálne zaťaženie pasienka (počet zvierat na hektár), alebo sa nereguluje koncentrácia zvierat pri pastve (môžu vznikáť miesta kde sa kumulujú exkrementy).

Ďalším veľkým zdrojom látok spôsobujúcich eutrofizáciu je **odpadová voda**. **Komunálna odpadová voda** obsahuje zvyšky detergentov, ktoré obsahujú zlúčeniny fosforu, ako aj ľudské exkrementy. Ak by sme mali porovnať tieto dva hlavné zdroje, tak poľnohospodárska výroba produkuje viac dusíkatých látok a komunálna voda je zdrojom hlavne fosforu.

Vo **vodných ekosystémoch** eutrofizácia spôsobuje veľké **zmeny v produkcii a štruktúre**. Zvýšená koncentrácia dusíka a fosforu, základných makroživín pre produkciu rastlinnej biomasy, spôsobuje nadmerný rast rias. Pre tento stav sa používa pojem „vodný kvet“. Produkcia rias je rýchlejšia, ako spotreba herbivormi (zooplanktónom). Riasy ako mikroskopické organizmy sú krátkoveké, po odumretí padajú na dno, kde sa rozkladajú. Zvýšená produkcia odpadu zvyšuje aj mieru rozkladu. Pri rozklade organickej hmoty je potrebný kyslík, eutrofizácia je teda spojená aj s odčerpávaním kyslíka z vody. Nedostatok kyslíka spôsobuje úhyn vodných živočíchov; najskôr tých najcitlivejších na obsah kyslíka, pri úplnom vyčerpaní kyslíka (anoxii) môžu vznikať až mŕtve zóny. Výsledkom sú síce vysokoprodukčné ekosystémy, produkcia je však zabezpečovaná len veľmi malým počtom druhov rias. Vizuálnym znakom je zelené zakalenie vody, pokiaľ sa rozmnožia vláknité riasy,

ich porasty sú viditeľné v najvrchnejších vrstvách vody. Premnoženým druhom môže byť aj drobná plávajúca rastlina žaburinka menšia, ktorá potom pokrýva hladinu ako súvislý jasne zelený koberec. Pri premnožení siníc (modrozelené riasy) sa do vody dostávajú látky produkované touto skupinou, cyanotoxíny, ktoré sú toxické pre zvieratá a človeka. Eutrofizované ekosystémy stojatých vôd sú náchylnejšie na rýchlejšie zazemňovanie – postupný prechod na suchozemský ekosystém, riziko je vyššie najmä v prípade malých vodných telies.

Suchozemské ekosystémy podliehajú podobným zmenám v produkcii a štruktúre ako vodné ekosystémy. Nadmerný prísun dusíka podporuje rozvoj rastlín, náročných na dusík – nitrofytov, ktoré môžu postupne vytlačiť iné druhy rastlín. Redukované druhové bohatstvo rastlinných druhov sa postupne prejaví v redukcii druhov živočíchov. Eutrofizované terestrické ekosystémy sú však stávajú aj zdrojom dusíka a fosforu pre vodné ekosystémy – dusík, ktorý sa v ekosystéme nespotrebuje sa z ekosystému vyplavuje.

Ekologické dopady eutrofizácie sú spojené najmä z poklesom biodiverzity. Môže spôsobiť lokálne vymiznutie druhov, ale aj zánik celého ekosystému tým, že úplne zmení štruktúru a fungovanie pôvodného ekosystému. Eutrofizácia môže takisto umožniť vstup nových, nepôvodných druhov, ktoré sa môžu správať až invázne. Ekonomické dopady eutrofizácie sa spájajú najmä s obmedzením využívania vodných ekosystémov. Obmedzené je využívanie na rekreačné účely (vrátane rybolovu), ale aj používanie vody na pitné účely či zavlažovanie.

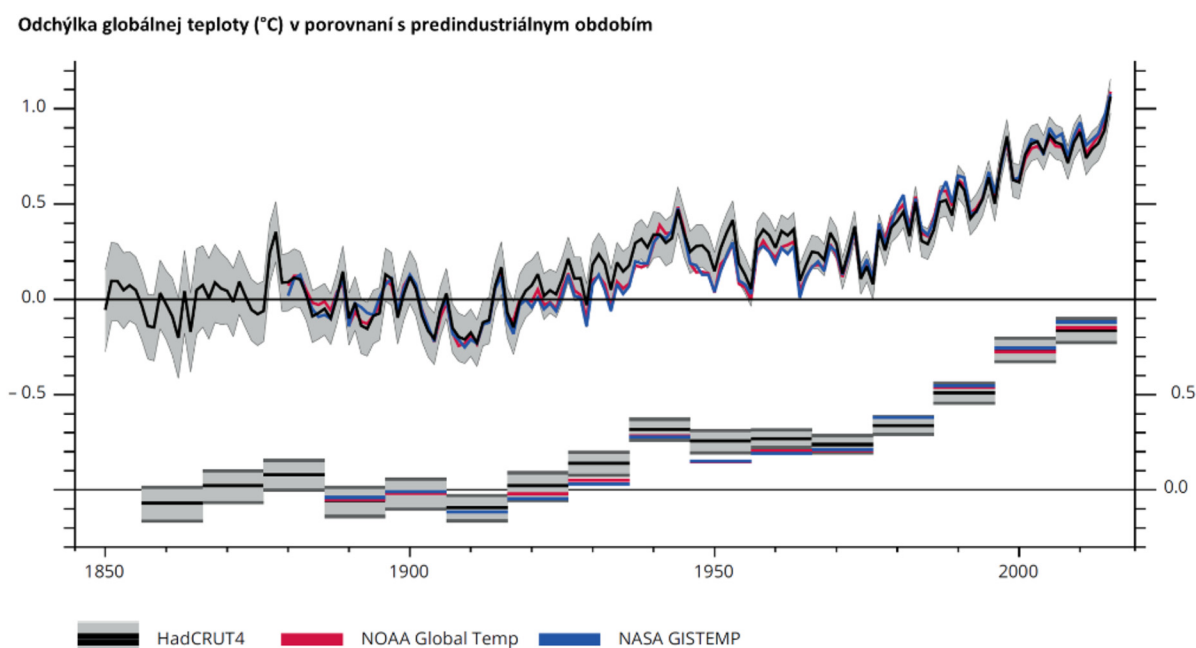
Základným nástrojom manažmentu je identifikácia a minimalizácia zdrojov produkcie eutrofizujúcich kontaminantov. Bodové zdroje sú dnes už pomerne dobre kontrolované, problémom ostávajú plošné zdroje, ktoré si vyžadujú dlhodobú stratégiu a často aj medzinárodnú spoluprácu.

5.3. Klimatická zmena

Klimatická zmena je fenomén 21. storočia a je jednou z najväčších výziev environmentálnej politiky na všetkých priestorových úrovniach – lokálnej, regionálnej a globálnej. Svetové ekonomické fórum vo svojej *Správe o globálnych rizikách (2018)*, v ktorej pravidelne vyhodnocuje 50 najväčších globálnych rizík z hľadiska ich účinku, pravdepodobnosti a vzájomných interakcií, zaradilo extrémne prejavy počasia, krízu z nedostatku vody, prírodné katastrofy a zlyhanie zmierňovania zmeny klímy a adaptácie medzi 5 najväčších rizík súčasnosti.

Pod pojmom **klimatická zmena** (alebo aj zmena klímy) rozumieme iba tie zmeny klimatických pomerov, ktoré súvisia s antropogénne podmieneným rastom skleníkového efektu atmosféry od začiatku priemyselnej revolúcie. Od konca poslednej doby ľadovej do roku 1750 sa menila koncentrácia skleníkových plynov v atmosfére iba nepatrne. Odvtedy sa, s výnimkou vody, zrýchľuje prírastok všetkých skleníkových plynov. Úplne novými skleníkovými plynmi sa po roku 1930 stali freóny. **Zmeny klímy** – tento termín sa používa len pre **zmeny klímy prirodzeného charakteru**, čo sú zmeny klímy v minulých geologických obdobiach Zeme (milióny až stovky miliónov rokov), ľadové doby (desaťtisíce až milióny rokov) či sekulárne zmeny (stovky rokov). V priebehu vývoja Zeme došlo niekoľkokrát k zmenám klímy,

vystriedali sa rôzne kombinácie teplejších, chladnejších, suchších či vlhkejších období, vrátane niekoľkých cyklov zaľadnenia, menila sa hladina svetových oceánov. Metódy sú založené na analýze sedimentov či analýze horských ľadovcov. Meranie meteorologických prvkov sa dialo už v sedemnástom storočí, najdlhší súvislý rad meraní teploty vzduchu je známy z Anglicka (od 1668), na našom území sa história pravidelných meraní datuje do 18. storočia. Od konca 18. storočia teda existuje na Zemi niekoľko staníc s pomerne kompletnými a spoľahlivými radmi údajov o teplote vzduchu. V druhej polovici 19. storočia sa k pravidelným pozorovaniam teploty vzduchu pridáva aj meranie zrážok, vlhkosti vzduchu, oblačnosti, slnečného svitu a ďalších meteorologických prvkov. Na základe tejto dátovej základne môžeme vierohodne posúdiť mieru zmien (pozri obr. 25)



Obrázok 25. Zmeny priemernej globálnej teploty vzduchu vzhľadom k predindustriálnemu obdobiu. (EEA, 2017)

5.3.1. Zmena klímy na globálnej úrovni

Pozorovaný stúpajúci trend teploty Zeme je najvýraznejším prejavom prebiehajúcej zmeny klímy. Globálna teplota vzrástla už v priemere o vyše 0,8 °C od čias priemyselnej revolúcie (obr. 25), pričom najväčšie oteplenie sa ukázalo v severných polárnych oblastiach. Podobne sa zmenili aj iné ukazovatele, napr. teplota vody v oceánoch sa zvýšila až do hĺbky 3000 m, zvýšilo sa tiež množstvo vodnej pary v ovzduší, zrýchľuje sa topenie permafrostu, polárneho ľadu i horských ľadovcov. Značné zmeny boli pozorované aj v prípade úhrnov zrážok, slanosti a pH morskej vody (klesá), ale tiež v cirkulácii atmosféry. V posledných dvoch desaťročiach registrujeme prevažne na severnej pologuli častejší výskyt situácií, počas ktorých dochádza k významnému oslabovaniu západného prenosu vzduchových hmôt.

Na druhej strane, v priemeroch globálneho žiarenia, v rýchlosti a smere vetra sa neočakávajú žiadne významné zmeny. Vo vyšších hladinách strednej a hornej troposféry je však pozorovaná intenzívnejšia turbulencia prúdenia vzduchu.

5.3.2. Prejavy zmeny klímy v Európe

Európska pevnina zaznamenala zvýšenie teploty od industriálnej revolúcie do roku 2015 o 1,4 °C. Trend stúpania ročnej teploty vzduchu za obdobie 1960 – 2015 dosiahol 0,25 – 0,30 °C za dekádu v juhovýchodnej Európe a v severnej a severovýchodnej Európe 0,3 – 0,4 °C za dekádu. Na území Európy od roku 1950 doteraz ročné zrážkové úhrny vzrastali na severovýchode a severozápade kontinentu o 70 mm za dekádu, v niektorých častiach južnej Európy, ale poklesli na 70 mm za dekádu. Pre *Kontinentálny región Európy* bol zaznamenaný nárast teplotných extrémov, pokles letných úhrnov zrážok, v *Horském regióne Európy* bol nárast priemernej teploty vzduchu viac ako bol európsky priemer, alarmujúci je pokles v rozsahu zaľadnenia a objemu ľadovcov.

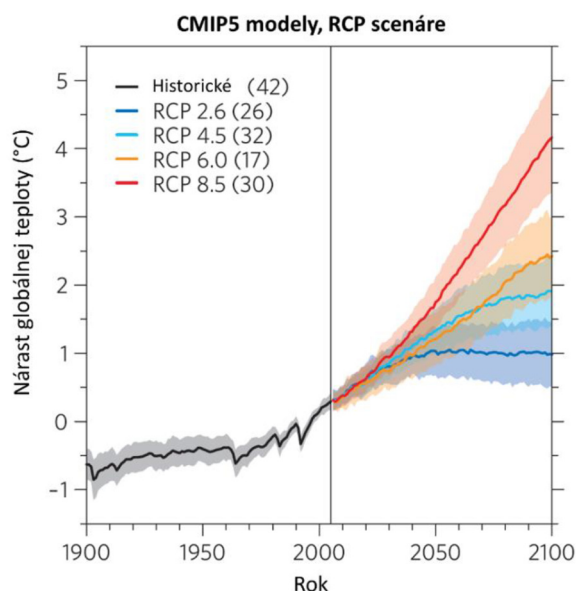
5.3.3. Prejavy zmeny klímy na Slovensku

Za obdobie rokov 1881 – 2017 sa na Slovensku pozoroval rast priemernej ročnej teploty vzduchu asi o 1,73 °C (z pohľadu ročných sezón k najrýchlejšiemu otepľovaniu dochádza v lete a na jar); priestorovo rozdielny trend ročných úhrnov atmosférických zrážok: na juhu Slovenska bol pokles miestami aj viac ako 10 %, na severe a severovýchode ojedinele úhrn zrážok vzrástol do 3 %, pokles všetkých charakteristík snehovej pokrývky do výšky 1000 m n. m takmer na celom území Slovenska. Významné sú zmeny v premenlivosti klímy – v krátkom časovom intervale striedanie extrémne vlhkých (2010, 2016) a extrémne suchých (2003) až mimoriadne suchých rokov (2011). Zvýšil sa podiel extrémnych javov počasia (extrémy v denných úhrnoch zrážok), či výrazné obdobia sucha s teplým počasím bez zrážok počas vegetačného obdobia. Všeobecne môžeme konštatovať, že sa počasie na Slovensku stalo v posledných dekádach viac extrémnym.

5.3.4. Očakávané trendy zmeny klímy

Ako sa naďalej bude meniť klíma v budúcnosti je podmienené predovšetkým dlhodobým zotrvaním skleníkových plynov v atmosfére a veľkou zotrvačnosťou klimatického systému. Na projektovanie sa používajú emisné scenáre. Emisný scenár RCP (Representative Concentration Pathways) sú scenáre IPCC (Medzivládny panel pre zmenu klímy). Opisujú možné varianty otepľovania v závislosti od množstva emisií skleníkových plynov zväčša do roku 2100. RCP4.5 je tzv. stabilizačný scenár, počíta s kulmináciou emisií CO₂ okolo roku 2050 a stabilizáciou koncentrácie CO₂ po roku 2100, priemerná hodnota oteplenia do roku 2100 je podľa tohto scenára 1,8 °C; RCP8.5 – pesimistický scenár bez aplikovania mitigačných opatrení, počíta s rastom emisií CO₂ až na úroveň 950 ppm v roku 2100 s očakávaným ďalším rastom minimálne do roku 2200; priemerná hodnota oteplenia v roku 2100 je 3,7 °C (obr. 26) Posledná, *Piata hodnotiacia správa Medzivládneho panelu pre zmenu klímy* (AR5) potvrdzuje, že globálne otepľovanie jednoznačne prebieha, je rýchlejšie ako predpokladali niektoré scenáre v minulosti a do roku 2100 sa môže Zem oteplieť v priemere o 1,5 až 4,5 °C v porovnaní s predindustriálnym obdobím. Správa tiež hovorí o tom, že koncentrácie atmosférického oxidu uhličitého, metánu a oxidu dusného stúpili na úroveň, ktoré presahujú úroveň za posledných 800 tisíc rokov, najmä v dôsledku ľudskej činnosti (emisie pochádzajú zo spaľovania fosílnych

palív a zo zmeny využívania pôdy a odlesňovania). Pre Slovensko by naplnenie scenára so štvorstupňovým globálnym oteplením mohlo znamenať zvýšenie priemernej ročnej teploty o 5 až 6 °C, čo je obrovský skok, ktorý by mal výrazný negatívny dopad na biosféru, produkciu potravín, ale aj zdroje pitnej vody a zdravie obyvateľstva.



Obrázok 26. Projektované globálne oteplenie povrchu Zeme vzhľadom k obdobiu 1986–2005 RCP a modely CMIP5. (Knutti, Sedláček, 2012)

V prípade zmeny klímy je jej budúci priebeh a skutočný rozsah stále zaťažený vysokým stupňom neistoty a naše aktivity determinované súčasným poznaním problému.

5.3.5. Dopady zmeny klímy

Zhrnuté do niekoľkých slovných spojení sa klimatická zmena prejavuje globálnym otepľovaním, zmenou zrážkového režimu, stúpaním hladín morí a oceánov, topením ľadovcov, zvýšením frekvencie extrémnych prejavov počasia. Každý z vymenovaných základných prejavov je samostatným problémom so špecifickými odozvami a zároveň sa navzájom ovplyvňujú. Okrem toho sa vymenované prejavy nevyskytujú rovnako a v rovnakej miere na celej Zemi. Dopady zmeny klímy sú preto rozdielne v rôznych regiónoch sveta.

Dopady na biodiverzitu sa prejavujú v zmene rozšírenia druhov (napr. posúvanie hranice výskytu teplomilnejších druhov na sever), podpore šírenia nepôvodných druhov (biologických invázií), extinkcii na regionálnej úrovni, zmene vo fungovaní a štruktúre ekosystémov.

Ľudská spoločnosť vníma dopady klimatickej zmeny citlivejšie hlavne v takých oblastiach, ktoré sa týkajú jej každodenného života:

Ekonomické dopady: zníženie úrod pestovaných rastlín, zvýšené náklady pre zabezpečenie úrody (zavlažovanie, ochrana pred škodlivými účinkami), hospodárske straty spôsobené extrémnymi prejavmi počasia (záplavy), zvýšené náklady na energiu (klimatizácia), zvýšené hospodárske straty spôsobené inváznymi druhmi, náklady na poistné udalosti, lesné požiare, zhoršenie potenciálu využitia územia

Dopady na verejné zdravie: vlny horúčav zhoršujú stav pacientov so srdcovo-cievnyimi chorobami (aj priame úmrtia, seniori riziková skupina), povodne (úmrtia, šírenie chorôb, zamedzenie prístupu k zdrojom a lekárskej starostlivosti, stres so straty obydlia), predĺženie obdobia výskytu alergénov, rozšírenie výskytu vektorov ochorení na nové územia (komár tropický, kliešte)

5.3.6. Mitigácia a adaptácia na zmenu klímy

Riešením, ktoré by malo v konečnom dôsledku zabrániť alebo aspoň minimalizovať riziká a negatívne dôsledky zmeny klímy je kombinácia zmiernovacích opatrení zameraných na znižovanie emisií skleníkových plynov (**mitigácia**) s opatreniami, ktoré znížia zraniteľnosť a umožnia adaptáciu človeka a ekosystémov s nižšími ekonomickými, environmentálnymi a sociálnymi nákladmi. Cieľom **adaptácie** je zmierniť nepriaznivé dôsledky zmeny klímy, znížiť zraniteľnosť a zvýšiť adaptívnu schopnosť prírodných a človekom vytvorených systémov voči aktuálnym alebo očakávaným negatívnym dôsledkom zmeny klímy a posilniť odolnosť celej spoločnosti zvyšovaním verejného povedomia v oblasti zmeny klímy a budovaním znalostnej základne pre účinnejšiu adaptáciu. Adaptácia je dnes celosvetovou výzvou, ktorej čelíme všetci v miestnom, regionálnom, národnom, nadnárodnom, ako aj medzinárodnom meradle. Opiera sa o niekoľko pilierov. Tým medzinárodným je *Rámcový dohovor OSN o zmene klímy* a *Parížska dohoda*. V Európskej únii je základným dokumentom pre adaptáciu *Stratégia Európskej únie pre adaptáciu na zmenu klímy*, na národnej úrovni je táto problematika zastrešená *Stratégiou adaptácie Slovenskej republiky na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy*. Téma adaptácie je v súčasnosti mimoriadne aktuálna a postupne sa začleňuje do všetkých relevantných dohovorov, dohôd a dokumentov tak na medzinárodnej, ako aj na európskej úrovni.

5.4. Strata biodiverzity

Podľa správy OSN (2019) až jednému miliónu druhov z odhadovaných ôsmich hrozí vyhynutie, pričom u mnohých z nich v priebehu niekoľkých desaťročí. Niektorí vedci dokonca zastávajú presvedčenie, že sa nachádzame uprostred šiesteho masového vymierania druhov v histórii našej planéty. Počas predošlých z nich zmizlo z povrchu Zeme 60 až 95 % všetkých živočíšnych alebo rastlinných druhov. Po takomto masovom vymieraní potrebujú ekosystémy na svoju obnovu milióny rokov. Podľa paleontologických výskumov rýchlosť vymierania pravdepodobne nepresiahla v dlhodobom priemere 1 až 5 druhov za rok. Vymieranie rastlín a živočíchov prebieha v súčasnosti oveľa rýchlejšie ako pred osídlením Zeme človekom. Odhaduje sa, že činnosť človeka zvýšila vymieranie rastlín a stavovcov až na 10 až 100 násobok normálnej „pozadovej rýchlosti“, pričom pre bezstavovce to môže byť oveľa viac. Druhy vymierajú rýchlejšie, ako ich dokážeme rozpoznať. V úplnej väčšine prípadov vymretia nebudeme nikdy poznať druhy, ktoré vymreli (a vymrú).

Hlavné príčiny ohrozenia biodiverzity sú uvedené v kapitole 2.3.3. Hrozby sa líšia v rámci skupín druhov aj medzi nimi. Hoci ničenie biotopov je všeobecne najdominantnejšou hrozbou, nadmerné využívanie (výber, obchod atď.), je hrozbou pre cicavce, ktorá postihuje 33 %

ohrozených druhov. Pre vtáky, nadmerné využívanie a invázne cudzie druhy postihujú približne 30 % ohrozených druhov. Z obojživelníkov, 29 % druhov je zasiahnutých znečistením (vrátane klimatických zmien) a 17 % chorobami (najmä chytridiomykóza). Interakcia medzi chorobou a extrémnymi klimatickými udalosťami (sucho) sú hlavnou teóriou, ktorá stojí za rozsiahlym úbytkom obojživelníkov.

Ohrozenie biodiverzity morských a sladkovodných systémoch nie je dostatočne preskúmané, ale zdá sa, že ide o nadmerné využívanie je v súčasnosti najväčšou hrozbou pre morské druhy, po ktorej nasleduje strata biotopov. Náhodné úhyny pri rybolove postihujú morské vtáky, morské cicavce a iné. Strata biotopu je pravdepodobne najväčšou hrozbou pre sladkovodné druhy, po ktorej nasleduje znečistenie a invázie druhov.

Invázne cudzie druhy boli historicky uvádzané najväčšie ohrozenie vtákov, po ktorom nasleduje nadmerné využívanie a strata biotopov. Dnes je strata biotopov považovaná za dominantnú hrozbu, po ktorej nasledujú invázne druhy a nadmerné využívanie. Toto poradie sa môže opäť zmeniť, ak sú predpovede globálneho otepľovania správne.

Najviac ohrozených druhov sa vyskytuje v trópoch, najmä v horách a na ostrovoch. Najviac ohrozených vtákov, cicavcov a obojživelníkov sa nachádza v strednej a južnej Amerike; v Afrike južne od Sahary; a v tropickej južnej a juhovýchodnej Ázii. Sú to oblasti výskytu tropických a subtropických vlhkých listnatých lesov, o ktorých sa predpokladá sú domovom väčšiny suchozemských a sladkovodných druhov žijúcich na Zemi.

5.5. Ozónová diera

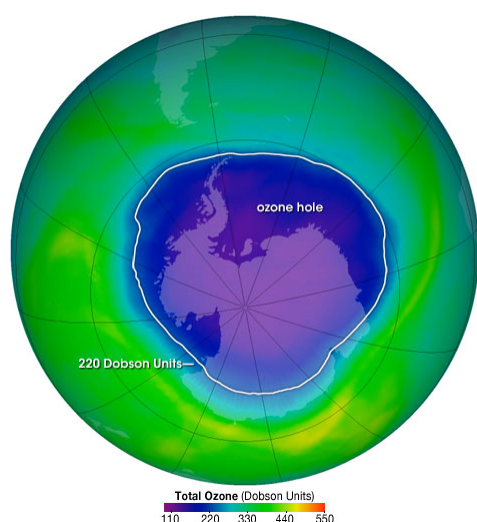
Ozón (O_3) sa v atmosfére tvorí fotochemickou reakciou molekuly kyslíka (O_2) a atómu kyslíka (O). Približne 90 % ozónu sa v atmosfére nachádza vo výške približne 15 – 40 km, v dolnej vrstve stratosféry. Koncentrácia ozónu v stratosfére je výsledok rovnováhy medzi tvorbou a rozkladom molekúl ozónu. Prebieha kontinuálny tok premeny kyslíka na ozón a opačne, ovplyvnený ultrafialovým žiarením. Výsledkom tejto rovnováhy je 0,001 % objemová koncentrácia ozónu v oblasti nazývanej ozónová vrstva alebo aj ozónosféra. Ak by na túto vrstvu pôsobil rovnaký tlak ako v troposfére, mala by táto vrstva hrúbku len okolo 3 – 4 mm. Napriek tomu toto relatívne malé množstvo ozónu veľmi efektívne absorbuje UV žiarenie a chráni tak Zem pred jeho škodlivými účinkami. V roku 1985, britskí vedci objavili, že koncentrácia ozónu nad Južným pólom dramaticky poklesla o 50 % počas tzv. antarktckej jari (október – november). Pri ďalšom štúdiu sa zistilo, že pokles koncentrácie ozónu začal koncom 70-tych rokov 20. storočia. Distribúcia stratosférického ozónu nad celou planétou a nad Antarktídou bola tak rozdielna, že sa tento stav nazval **ozónová diera**. Je to oblasť v ozónosfére, lokalizovaná nad Južným pólom, kde je pokles koncentrácie ozónu pod 220 Dobsonových jednotiek. (obr. 27). Tu treba pripomenúť, že tento jav má sezónny charakter, vyskytuje sa počas jari v Antarktíde, ale na druhej strane sa veľkosť ozónovej diery a dĺžka jej trvania zvyšuje. V roku 2020 sa začala formovať už v Auguste a maximum dosiahla v Októbri 2020 (24 miliónov km^2) a za posledných 40 rokov sledovania ozónovej diery to bola zatiaľ najväčšia, čo do hĺbky aj rozsahu. Uzavrela sa 6. januára 2021. Od konca 90-tych rokov minulého storočia

sa pokles koncentrácie ozónu zaznamenáva aj nad severným pólom, nie však pravidelne a nie v takom rozsahu (pokles do 25 %) ako nad Južným pólom.

Samozrejme, po odhalení tohto javu sa veda začala intenzívne zaujímať o príčiny. Už v roku 1974 dvaja americkí vedci publikovali, že hlavný mechanizmus rozkladu ozónu je katalytická reakcia, kde katalyzátorom je atóm chlóru. Zistili tiež, že v atmosfére je malá koncentrácia prirodzene sa vyskytujúceho chlóru, ktorého zdrojom sú oceány. Už vtedy predpokladali, že polutanty obsahujúce chlór, ak sú difundované v stratosfére a pri intenzívnom UV žiarení sa môže zo zlúčením rozkladom uvoľniť atomárny chlór. Do pozornosti sa dostala skupina látok nazývaných freóny.

Freóny je komerčný názov pre skupinu halogénových derivátov uhlíkovodíkov. Pre ich fyzikálne vlastnosti sa hojne používali ako izolanty, hnacie a chladiace médiá, rozpúšťadlá. K ich hojnému využívaniu prispieval aj fakt, že pre človeka sú za bežných okolností netoxické a že sú nehorľavé. Globálna výroba freónov kulminovala v roku 1986, kedy bolo vyrobených 1 300 000 ton ročne. Snaha o redukciu používania freónov začala už v sedemdesiatych rokoch, vtedy však na dobrovoľnej báze. V roku 1987, kedy bol prijatý Montrealský protokol, bola všeobecne prijatá zhoda eliminovať používanie látok poškodzujúcich ozón. Ďalšou halogénovanou zlúčeninou, ktorá má vplyv na ozónovú vrstvu je metylbromid, ktorého hlavným zdrojom je poľnohospodárstvo a spaľovanie biomasy. Pozornosť je potrebné venovať aj oxidom dusíka pochádzajúcim s rozsiahlych lesných požiarov v tropických oblastiach.

Dopady ozónovej diery alebo celkovo stenčenia ozónovej vrstvy sú spojené s negatívnym účinkom UV žiarenia na živé organizmy. U človeka zvýšená intenzita UV žiarenia vyvoláva rakovinu kože. Bolo odhadnuté, že úbytok ozónu o 10 % zvýši frekvenciu výskytu rakoviny kože o 3 %. Najviac postihnutým regiónom, t. j. so zvýšeným výskytom ochorení rakoviny kože, bola Austrália. UV žiarenie môže poškodiť aj zrak človeka, spôsobiť šedý zákal, oslabiť imunitu človeka. Suchozemské rastliny sa do určitej miery dokážu prispôbiť zvýšenej intenzite UV žiarenia, avšak vysoká intenzita ako aj dlhodobé pôsobenie znižujú produkčnú schopnosť, čo sa prejavuje na znížení úrod a zníženej produkcii lesných ekosystémov.



Obrázok 27. Ozónová diera je oblasť nad Antarktídou s celkovým ozónom 220 Dobsonových jednotiek alebo nižším. Táto mapa ukazuje ozónovú dieru 4. októbra 2004. Údaje boli získané prístrojom na monitorovanie ozónu na satelite NASA Aura. (NASA Ozone Watch, 2018)

Veľké obavy vzbudzuje vplyv na vodné ekosystémy, predovšetkým oceánov a morí. UV žiarenie výrazne znižuje produkciu planktónu a cez potravné reťazce fungovanie celých ekosystémov. Ohrozené sú najmä pobrežné ekosystémy, ekosystémy lagún a ústí riek. Odhaduje sa, že je ohrozená takmer polovica všetkých morských rýb. Ďalšie obavy sú spojené s druhou významnou úlohou ozónu v atmosfére. Opakované cykly vzniku a zániku ozónu v atmosfére sú sprevádzané celkovou absorpciou slnečného žiarenia, ktoré sa nakoniec hromadí v stratosfére vo forme tepla. Preto možno predpokladať, že akýkoľvek úbytok ozónu môže spôsobiť zmenu teplotnej štruktúry atmosféry. Okrem toho ozón absorbuje infračervené žiarenie a preto tiež akékoľvek zmeny jeho koncentrácie v troposfére v dôsledku jeho redistribúcie len zvýšia účinok skleníkového efektu.

5.6. Degradácia pôdy

Degradácia pôdy je proces, ktorý znižuje bazálnu a potenciálnu schopnosť pôdy a poľnohospodársky využívanej krajiny tvoriť úrodu, ekologicky pôsobiť a poskytovať služby. Ide o mimoriadne nepriaznivý dopad, ktorý sa môže negatívne prejaviť na prosperite a celkovom socio-ekonomickom stave územia a štátov.

Vzhľadom na zložitosť existencie pôdy v reálnom území možno rozlišovať prirodzenú a človekom vyvolanú (akcelerovanú) degradáciu pôd. **Prirodzená degradácia pôd** pochádza z vplyvov indukovaných prírodnými silami (vietor, dážď, seizmické javy, lavíny, záplavy a iné.). **Človekom vyvolaná degradácia pôd** akceleruje ich prirodzenú degradáciu alebo prináša k nej nové spôsoby.

Rozhodujúcimi riadiacimi silami človekom vyvolanej degradácie pôd sú nesprávne využívanie, mechanizácia, exploatácia, zlé obhospodarovanie, znečistenie, kumulácia odpadov, rozmach osídlenia území, zvyšovanie mobility tovarov a obyvateľstva, turizmus, intenzívne poľnohospodárstvo, priemysel, výroba energie a baníctvo. S osobitým významom tu pôsobia aj vojny a humanitárne problémy územia a štátov vrátane teroristických útokov v otvorenej prírode.

Hrozby pre pôdy podľa typov degradácie pôdy:

- **fyzikálna degradácia pôdy** – erózia pôdy, utuženie pôdy (kompakcia), degradácia pôdy líniovými pozemnými stavbami,
- **chemická degradácia pôdy** – acidifikácia a alkalizácia pôdy, zasolenie pôdy, znečistenie pôdy, znečistenie pôdou,
- **biologická degradácia pôdy** – pokles zastúpenia a aktivít pôdných organizmov, zvýšená mineralizácia pôdnej organickej hmoty,
- **agrodegradácia pôdy** – zábery pôdy poľnohospodárskymi stavbami, cielené zmeny vodného režimu pôd, deštrukcia fyzikálneho stavu pôdy, degradácia pôdy výrobnými postupmi v poľnohospodárstve, chemizácia poľnohospodárstva, alelopatia v pôde, únava pôdy.

Pri globálnom hodnotení rozsahov degradácie pôdy postačuje len niekoľko údajov na to, aby sme si dostatočne uvedomili hrozby a ich následky. Z výsledkov medzinárodného projektu GLASOD (*Global Assessment of Human Induced Soil Degradation*, ISRIC-NL, 1990) vyplýva, že 1,964 mld. ha pôd Zeme je postihnutých a postihovaných degradáciou a to na 55,6 % vodnou

eróziou, 27,9 % veternou eróziou, 12,2 % chemickou degradáciou, 4,2 % fyzikálnou degradáciou a ostatné sú inak poškodené. Celkovo iba 38,1 % súše možno považovať za slabo poškodené, 46,4 % stredne poškodené a 15,5 % ťažko poškodené.

Tematická stratégia EÚ na ochranu pôdy (2006) konkrétne uvádza údaje o degradácii pôdy v Európe. Vyplýva z nich, že asi 115 mil. ha pôdy Európy (12 % z celkovej výmery) je pravidelne postihovaných vodnou eróziou a 42 mil. ha trpí následkami veternej erózie. Nachádza sa tu asi 3,5 mil. miest s viac alebo menej znečistenou pôdou. Nemalé výmery sú postihnuté kompaktiou, zasolením, zosuvmi či znížením obsahov pôdnej organickej hmoty až na úroveň, kde pôda stráca svoje základné funkcie. Následky z degradácie pôdy (z minulosti a z novo vznikajúcej) ročne predstavujú pre EÚ-25 asi 38 mld. € a ich náprava by si vyžadovala najmenej tú istú sumu.

Uvedené údaje upozorňujú na to, že na pôde sa celosvetovo odohráva drámy vyvolaná predovšetkým človekom. Problémom však je, že následky na pôde sa postupne začali stávať limitmi života človeka s ich akceleráciou nebývalých rozmerov.

Súčasný stav a vývoj degradácie pôdy v rámci SR pochádzajúci z ČMS – Pôda sú zamerané na **hodnotenie pôdnej erózie, zhutňovanie pôdy, hodnotenie obsahu organickej hmoty, acidifikácie pôdy a kontaminácie pôdy**. Z výsledkov je evidentné, že najvýraznejšie zmeny procesov degradácie poľnohospodárskej pôdy sú zamerané z hľadiska erózie pôdy, acidifikácie pôdy a to predovšetkým na kyslých horninách (tab. 6).

Tabuľka 6. Súčasný stav a vývoj jednotlivých degradačných procesov v rámci SR (Kobza et al., 2017)

Pôdne typy	Pôdne degradačné procesy				
	Erózia	Kompakcia	Acidifikácia	Organická hmota	Kontaminácia
Fluvizem	-	^	↓	^	↓
Čiernica	-	^	-	^	-
Černozem	-	^	-	^	-
Hnedozem	-	+↓	-	↓	-
Luvizem	-	^	↓	↓	-
Pseudoglej	-	^	↓	↓	-
Kambizem	↓	^	↓	-	↓
Regozem		-	-	↓	-
Rendzina	↓	-	-	^	-
Podzol		-	↓	^	-

Vysvetlivky: ^ nárast (pozitívna zmena) ↓ pokles (negatívna zmena), – bez zmeny

Významné zmeny sú pozorované z hľadiska kontaminácie pôdy, a to najmä v dôsledku fluválnej činnosti riek spojennej s premiestňovaním materiálov a ich akumulácie a to najmä na miestach s geologickými anomáliami. Fyzikálna degradácia sa prejavila najmä v zhutnených a erodovaných pôdach. Bolo zistené, že asi 39 % poľnohospodárskej pôdy (väčšinou kambizeme a rendziny) sú potenciálne ovplyvnené **eróziou pôdy** na Slovensku. Mierna citlivosť na **zhutnenie** bola zistená najmä na obrábaných pôdach – textúrne ťažkých fluvizemiach, černozemiach, hnedozemiach, luvizemiach, pseudoglejoch a kambizemiach.

V budúcnosti je nesmierne dôležité venovať pozornosť ornej pôde s hodnotami pH v mierne kyslom a kyslom rozmedzí, ako aj s nízkym množstvom a kvalitou pôdnej organickej hmoty. Tendencia **stabilizácie pôdneho humusu** a jeho určitý nárast sa pozorovali v poslednom období po miernom poklese, najmä na ornej pôde od začiatku monitorovania pôdy na Slovensku. Významná zmena koncentrácie **rizikových prvkov** nebola stanovená počas sledovaného obdobia 20 rokov. Mierny nárast kontaminantov bol určený hlavne na fluvizemiach, ktoré sa nachádzajú pozdĺž riek a na niektorých kambizemiach, ktoré sú väčšinou ovplyvnené geochemickými anomáliami (tab. 6)

5.7. Dezertifikácia

Dezertifikácia je proces degradácie územia na púštnu, polopúštnu alebo podobne vyzerajúcu, na vodu chudobnú oblasť. Spôsobená môže byť rôznymi globálnymi klimatickými javmi prirodzenými i človekom vyvolanými ako i priamo ľudskou činnosťou v danej oblasti či v oblastiach tesne susediacich, napríklad:

- spásaním dobytkom a zverou
- likvidovaním zelene v oblasti, odlesňovaním a výrubom stromov
- nadmerným odberom vody pre závlahu poľnohospodárskej pôdy

Spoločným prvkom je preťažovanie miery, do ktorej sa spodné vody, pôda a zeleň dokážu obnovovať.

Počas geologickej histórie Zeme sa vývoj púští vyskytoval prirodzene. Najznámejšie púšte sveta vznikli prirodzenými procesmi, ktoré sa vzájomne ovplyvňovali v dlhých časových intervaloch. Počas väčšiny týchto období sa púšte zväčšovali a zmenšovali nezávisle od ľudských aktivít. Takzvané paleopúšte sú veľké piesočné moria, ktoré sú už teraz neaktívne, pretože sú stabilizované vegetáciou, pričom niektoré siahajú za súčasné okraje jadrových púští, ako je napríklad Sahara. V poslednom čase sú potenciálne vplyvy ľudskej činnosti, nesprávneho hospodárenia s pôdou, odlesňovania a klimatických zmien na dezertifikáciu predmetom mnohých vedeckých výskumov. Údaje z histórie ukazujú, že vážne a rozsiahle zhoršovanie pôdy, ku ktorému došlo pred niekoľkými storočiami v suchých oblastiach, malo tri epicentra: okolie Stredozemného mora, Mezopotámske údolie a Sprašovú plošinu v Číne, kde bola aj v histórii vysoká hustota populácie. Suché oblasti zaberajú približne 40 – 41 % rozlohy Zeme a sú domovom pre viac ako 2 miliardy ľudí. Odhaduje sa, že asi 10 – 20 % suchých oblastí je už degradovaných, pričom celková plocha zasiahnutá dezertifikáciou je 6 – 12 miliónov štvorcových kilometrov. Asi 1 – 6 % obyvateľov suchých oblastí žije v dezertifikovaných oblastiach, miliarda ľudí je ohrozená ďalšou dezertifikáciou. Vplyv globálneho otepľovania a ľudskej činnosti sa výrazne prejavuje v oblasti nazývanej Sahel. V tejto oblasti je úroveň dezertifikácie veľmi vysoká v porovnaní s inými oblasťami vo svete. Všetky oblasti vo východnej časti Afriky (t. j. v regióne Sahel) sa vyznačujú suchým podnebím, vysokými teplotami a nízkymi zrážkami (300 – 750 mm zrážok za rok). Suchá sú teda v regióne Sahel pravidlom. Niektoré štúdie ukázali, že Afrika za posledných 50 rokov stratila približne 650 000 km² svojej produktívnej poľnohospodárskej pôdy; šírenie dezertifikácie v tejto oblasti je značné.

Ďalšou významnou oblasťou, ktorá je zasiahnutá dezertifikáciou, je púšť Gobi. V súčasnosti je púšť Gobi najrýchlejšie sa rozširujúcou púšťou na Zemi; podľa niektorých výskumníkov púšť Gobi ročne pohltí viac ako 3 370 štvorcových kilometrov pôdy a pohltila už mnoho sídiel. Obyvatelia Číny sa čoskoro budú musieť vysporiadať s púšťou, ktorá sa približuje. Hoci samotná púšť Gobi je stále vzdialená od Pekingu, správy z terénnych štúdií uvádzajú, že len 70 km za mestom sa už nachádzajú veľké piesočné duny.

Globálne dopady zahŕňajú zvýšenie intenzity prашných búrok a ohrozenie globálnej produkcie potravín.

Piesočné a prachové búrky. Od konca devätnásteho storočia došlo k 25 % nárastu globálnych ročných emisií prachu. Prašné búrky sú čoraz častejšie a intenzívnejšie. Prašné búrky môžu prispieť k respiračným poruchám, ako je zápal pľúc, podráždenie kože, astma a mnohé ďalšie. Môžu znečistiť otvorenú vodu a zastaviť väčšinu foriem dopravy. Prachové a pieskové búrky môžu mať negatívny vplyv na globálnu klímu, čo môže zhoršiť dezertifikáciu. Prachové častice vo vzduchu rozptyľujú prichádzajúce žiarenie zo slnka. Prach môže dočasne pokryť prízemnú teplotu, ale teplota atmosféry sa zvýši. To môže obmedziť tvorbu a skrátiť životnosť oblakov, čo môže mať za následok menej zrážok.

Ohrozenie globálnej potravinovej bezpečnosti. S rastúcou globálnou populáciou rastie aj potreba potravín. Výroba a spotreba potravín je globálne rozložená nepravidelne. Európa dováža

v priemere viac ako 50 % potravín. Naproti tomu sa 44 % poľnohospodárskej pôdy nachádza v suchých oblastiach a zásobuje 60 % svetovej produkcie potravín. Dezertifikácia znižuje plochu pôdy vhodnej na poľnohospodársku výrobu. Keďže dopyt neustále rastie v blízkej budúcnosti globálny dopyt prekoná globálnu ponuku.

5.8. Biotické invázie

Definícia biotických invázií. Pojem invázia (invázny) pochádza z latinského „*invado*“ (-ere, -vasi, -vasum) a znamená vtrhnúť, vniknúť, vpadnúť, vkročiť niekam. Samotný pojem invázia môžeme následne analyzovať z troch pohľadov: z ekologického, zoogeografického a parazitologického.

Biotické (biologické) invázie chápeme ako spontánne šírenie sa inváznych (introdukovaných, zavlečených) druhov organizmov v nových územiach a ich (hromadné) prenikanie do tam domácich, prirodzených i poloprirodzených spoločenstiev (Eliáš, 1993).

Na problém biotických invázií upozornil anglický ekológ Charles Sutherland Elton (1958) vo svojej knihe „*Ekológia invázií živočíchmi a rastlinami*“, v ktorej používa označenie „ekologická explózia“, čím myslí enormné zvýšenie počtu určitého druhu žijúceho organizmu (infekčných vírusov, baktérií, húb spôsobujúcich choroby, rastlín alebo živočíchov) vymykajúce sa kontrole síl, ktoré ho predtým obmedzovali. Ekologická explózia sa môžu líšiť rýchlosťou, ale ich dôsledky sú veľmi výrazné, dokonca aj na ľudí (pandémie, epidémie, hubové choroby rastlín).

Invázne druhy rastlín a živočíchov na Slovensku sú podľa Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky (MŽP SR) zaevidované v 2 zoznamoch, ide o tzv. **národný zoznam** invázných nepôvodných druhov vzbudzujúcich obavy Slovenskej republiky (*nariadenie vlády SR č. 449/2019 Z. z.*) a **zoznam EÚ** invázných nepôvodných druhov vzbudzujúcich obavy Únie (*nariadenie Komisie (EÚ) č. 1263/2017*).

Zoznam 100 najnebezpečnejších invázných druhov sveta – svetová databáza invázných druhov obsahuje zoznam „100 of the World's Worst Invasive Alien Species“ teda „100 najnebezpečnejších invázných druhov sveta“, ktorá obsahuje výber druhov, ktoré poškodzujú prírodné ekosystémy a ohrozujú biodiverzitu na celom svete. Prínos zoznamu spočíva vo zvýšení povedomia o rizikách a dopadoch biotických invázií u širokej verejnosti, politikov a zúčastnených strán.

5.8.1. Dôsledky biotických invázií rastlín

Hlavné riziká a dôsledky šírenia invázných druhov rastlín sú nasledujúce tri:

- environmentálne,
- zdravotné,
- socio-ekonomické.

Environmentálne dôsledky

K najväčším rizikám z environmentálneho pohľadu patrí, že invázne druhy rastlín (Cvachová, Gojdičová, 2003):

- negatívne ovplyvňujú a zásadným spôsobom menia pôvodné druhové zloženie vegetácie a vytvárajú v pomerne krátkom čase nové typy spoločenstiev,
- súvislými, dobre zapojenými porastami zhoršujú svetelno-tepelné podmienky pôvodným druhom rastlín; tienenie bráni ostatným prítomným druhom v ich raste, bráni vyklíčeniu a následnému rastu ďalších druhov rastlín, vrátane vlastných semenáčikov,
- obohacovanie pôdy o dusík a zmena pôvodne na živiny chudobnej pôdy na pôdu bohatú na živiny; na takýchto plochách sa môžu vytvoriť podmienky pre šírenie nitrofilných druhov, ktoré napríklad v podrade agáta bieleho (*Robinia pseudoacacia*) nahradia pôvodné druhy dubových a dubovo-hrabových lesov,
- rýchlo obsadzujú nové stanovištia, pričom k tomu využívajú najmä skládky, opustené a zanedbané miesta,
- ich porasty rozrušujú pôdnu pokrývku, čo najmä pri lokalitách situovaných na svahoch (cesty, vodné toky, hrádze a pod.) môže zapríčiniť eróziu, pretože v zimných mesiacoch pri usychaní týchto rastlín zostáva pôdny povrch obnažený a nespevnený.

Zdravotné dôsledky

Zdravotné riziká a dôsledky, ktoré zapríčiňujú rôzne ochorenia človeka:

- **Kožné popáleniny** – z tohto hľadiska je najnebezpečnejšou nepôvodnou rastlinou našej flóry boľševník obrovský (*Heracleum mantegazzianum*), ktorý spôsobuje

pri kontakte najmä kožné poranenia (popáleniny). Sú vyvolané účinkom uvoľnenej bunkovej šťavy obsahujúcej fotoaktívne furokumaríny. Ich účinok sa prejavuje najmä vtedy, ak je koža vystavená slnečnému žiareniu, čím vznikajú páliace zapálené plochy, neskôr až pľuzgiere. Dlhodobejší kontakt s touto rastlinou môže tiež vyvolávať bolesti hlavy, zvýšenú teplotu, slabosť a zimnicu. U precitlivelych osôb môžu poškodené časti rastliny vyvolať slzenie, pálenie nosnej a ústnej dutiny. Opuchy dýchacích slizníc môžu zapríčiniť aj smrť. Takéto prípady boli zaznamenané vo svete v súvislosti s deťmi, ktoré s touto rastlinou často manipulujú ako s hračkou (vyrábajú si z dutých stoniek trubky na fúkanie, ďalekohľady a pod.). Najnebezpečnejšia je táto rastlina v mesiaci jún, kedy má najvyšší obsah furokumarínov.

- **Peľové alergie** – boľševník obrovský (*Heracleum mantegazzianum*), spoločne s ďalšími inváznymi druhmi, najmä zlatobyľou kanadskou (*Solidago canadensis*), zlatobyľou obrovskou (*Solidago gigantea*) a ambrózou palinolistou (*Ambrosia artemisiifolia*) vyvolávajú podráždenie u ľudí s alergickými ochoreniami. Peľ invázných druhov rastlín je mnohonásobne silnejším alergénom ako peľ domácich rastlín.

Socio-ekonomické dôsledky

Okrem zdravotných rizík a environmentálnych dosahov na prírodu, prináša šírenie invázných druhov rastlín aj ekonomické a hospodárske straty a následne zvýšené náklady na odstránenie dôsledkov ich šírenia:

Príklady ekonomických dôsledkov sú nasledovné:

- **Poškodzovanie** dlažieb, asfaltových povrchov ciest, obrubníkov, múrov stavieb, sôch a podobne prerastaním inváznymi druhmi rastlín. Najčastejšie sa na uvedenom poškodzovaní podieľajú rastliny rodu pohánkovec (*Fallopia*), pajaseň žliazkatý (*Ailanthus altissima*) a iné.
- Hustota porastov invázných populácií rastlín **bráni vykonávať rôzne činnosti človeka** (znemožňujú optimálny prístup verejnosti, napr. k brehom riek, do lesných porastov, na poľnohospodárske pozemky, na miesta oddychu, rekreácie a pod.). Na okrajoch ciest a železničných tratí znižujú prehľadnosť a nepriaznivo ovplyvňujú bezpečnosť premávky.
- Odumreté a nahromadené časti invázných druhov rastlín môžu pri povodniach zapríčiniť nepriechodnosť koryta toku rieky a blokovať voľný pohyb unášaného materiálu, čo si vyžaduje buď zvýšené náklady na ich odstránenie tejto bariéry alebo zvýšené náklady na odstránenie následkov povodní.
- Zo socio-ekonomického hľadiska invázne druhy môžu byť vnímané ako škodlivé a môžu **ovplyvniť blahobyť človeka** napr. ak bránia činnostiam ako je rybolov, poľnohospodárstvo, lesníctvo, záhradníctvo, turistika alebo môžu zhoršovať zdravie ľudí, osobnú bezpečnosť alebo hmotný a nehmotný majetok.

5.8.2. Odstraňovanie nebezpečných inváznych druhov

Zákon MŽP SR č. 150/2019 Z. z o prevencii a manažmente introdukcie a šírenia inváznych nepôvodných druhov nadobudol účinnosť 1. augusta 2019. Vo vyhláske MŽP SR č. 450/2019 Z. z. sa ustanovujú podmienky a spôsoby odstraňovania inváznych nepôvodných druhov.

Invázne nepôvodné druhy rastlín je potrebné odstraňovať hneď v počiatočnom štádiu ich výskytu na lokalite, keď je ich odstraňovanie najefektívnejšie. O spôsoboch odstraňovania inváznych nepôvodných druhov rastlín rozhodujú najmä spôsoby ich rozmnožovania, početnosť na lokalite, charakter a situovanie stanovišťa, ohrozenosť a veľkosť lokality, fáza rastu rastliny a ďalšie biologické vlastnosti druhu. Pri druhoch rozmnožujúcich sa aj generatívnym spôsobom je potrebné zrealizovať zásah pred alebo v čase kvitnutia druhu, zásadne pred začiatkom tvorby semien.

Odstraňovanie inváznych nepôvodných druhov drevín v zastavanom území obce je potrebné vykonávať s ohľadom na bezpečnosť obyvateľov a ich majetku a rešpektovať ochranu chránených druhov živočíchov (najmä hniezdiacich druhov vtákov). Odstraňovanie inváznych nepôvodných drevín druhu pajaseň žliazkatý (*Ailanthus altissima*) a druhu javorovec jaseňolistý (*Negundo aceroides*), ktoré nie sú zdrojom semien a sú súčasťou výsadiieb verejnej zelene v zastavanom území obce, je možné realizovať postupne, napríklad v súlade so schváleným programom starostlivosti o dreviny. Jedince druhov pajaseň žliazkatý (*Ailanthus altissima*) a javorovec jaseňolistý (*Negundo aceroides*), ktoré sú zdrojom semien, musia byť odstránené bezodkladne.

Manažmentové metódy odstraňovania inváznych druhov rastlín sú nasledovné:

- a) Fyzikálne – ručné alebo mechanické, vykopávanie, aplikácia horúcej pary, obmedzené vypaľovanie, odstraňovanie substrátu zo dna, zber plávajúcich rastlín, vytrhávanie, pastva atď.
- b) Chemické – uplatňuje sa najmä pri veľkoplošných výskytoch druhu, na odstránenie rastlín možno využiť autorizované prípravky na ochranu rastlín (herbicídy).
- c) Kombinované – najskôr sa porasty mechanicky odstránia (výrubom, zrezaním alebo kosením) a na regenerujúce časti rastlín sa aplikuje vhodný prípravok na ochranu rastlín (herbicíd).
- d) Biologické – napádanie inváznych druhov ich prirodzenými nepriateľmi a udržiavanie ich populácie na nízkej úrovni, je vhodná v prírodných rezerváciách a v chránených územiach, pretože je „environmentálne šetrná“ napr. použitie feromónov, rôzne biopesticídy.

6. Starostlivosť o životné prostredie

Starostlivosť o životné prostredie je koncepcia, ktorú zaujala spoločnosť smerom k životnému prostrediu. Cieľom starostlivosti o životné prostredie je zachovať alebo zlepšiť jeho kvalitu s ohľadom na všetky organizmy vrátane človeka, pri dodržiavaní zásad udržateľného rozvoja. Starostlivosť o ŽP sa realizuje ako tvorba a ochrana životného prostredia.

Tvorba životného prostredia je cieľavedomá ľudská činnosť zameraná na optimalizáciu prírodných aj umelých zložiek krajiny (urbanizmus, stavebná činnosť, hospodársko-technické úpravy pozemkov, meliorácie, protipovodňové úpravy, rekultivácie...).

Ochrana životného prostredia zahŕňa činnosti, ktorými sa predchádza znečisťovaniu alebo poškodzovaniu ŽP, alebo sa toto znečisťovanie obmedzuje a odstraňuje; zahŕňa ochranu jeho jednotlivých zložiek alebo konkrétnych ekosystémov a ich vzájomných väzieb, ale aj ochranu ŽP ako celku.

Zákon č. 525/2003 Z. z. o štátnej správe starostlivosti o životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov definuje, že orgánmi štátnej správy pre tvorbu a ochranu životného prostredia sú:

- a) Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky,
- b) okresné úrady v sídle kraja,
- c) okresné úrady,
- d) Slovenská inšpekcia životného prostredia

Ministerstvo ako ústredný orgán štátnej správy starostlivosti o životné prostredie

- a) vypracúva environmentálne koncepcie,
- b) riadi a kontroluje výkon štátnej správy starostlivosti o životné prostredie, ktorú vykonávajú okresné úrady v sídle kraja a inšpekcia,
- c) vykonáva štátnu správu starostlivosti o životné prostredie v rozsahu ustanovenom osobitnými predpismi
- d) rozhoduje o opravnom prostriedku proti rozhodnutiu okresného úradu v sídle kraja vo veciach, ktoré sú zákonom ustanovené len okresnému úradu v sídle kraja,
- e) vykonáva štátny dozor,
- f) zriaďuje osobitné odborné organizácie, ktorých generálnych riaditeľov alebo riaditeľov vymenúva a odvoláva minister životného prostredia a dáva súhlas okresným úradom v sídle kraja na zriadenie osobitných odborných organizácií,
- g) prístupňuje informácie o životnom prostredí,
- h) podieľa sa na zabezpečovaní environmentálnej výchovy, vzdelávania a propagácie,
- i) zabezpečuje v spolupráci s príslušnými ministerstvami a ostatnými ústrednými orgánmi štátnej správy odbornú prípravu zamestnancov okresných úradov v sídle kraja, okresných úradov, inšpekcie a obcí, ako aj overovanie ich kvalifikačných predpokladov na výkon niektorých funkcií,

j) riadi a kontroluje výkon štátnej správy vo veciach ochrany exemplárov, ktorú vykonávajú okresné úrady.

(2) Pri zabezpečovaní úloh ministerstvo

a) spolupracuje s ústrednými orgánmi štátnej správy, ktoré sa podieľajú na plnení úloh vo veciach starostlivosti o životné prostredie,

b) koordinuje spoluprácu ústredných orgánov štátnej správy, medzinárodnú spoluprácu a proces integrácie do medzinárodných štruktúr pri plnení úloh vo veciach starostlivosti o životné prostredie.

Okresný úrad v sídle kraja vykonáva štátnu správu starostlivosti o životné prostredie podľa osobitných predpisov a zriaďuje so súhlasom ministerstva osobitné odborné organizácie na zabezpečenie odborných činností starostlivosti o životné prostredie.

Okresný úrad v prvom stupni vykonáva štátnu správu starostlivosti o životné prostredie podľa osobitných predpisov. Okresný úrad plní ďalej tieto úlohy:

a) vykonáva v druhom stupni štátnu správu starostlivosti o životné prostredie vo veciach, v ktorých v správnom konaní v prvom stupni koná obec,

b) poskytuje obciam odbornú pomoc pri aplikácii právnych predpisov, podľa ktorých obec plní úlohy štátnej správy starostlivosti o životné prostredie,

c) poskytuje obciam na požiadanie údaje o evidencii, ak ide o údaje, ktoré sa jej týkajú,

d) kontroluje výkon štátnej správy starostlivosti o životné prostredie uskutočňovanej obcami,

e) upozorňuje obce na nedostatky, ktoré zistí v ich činnosti pri výkone štátnej správy starostlivosti o životné prostredie,

f) kontroluje výkon štátnej správy starostlivosti o životné prostredie v súlade s týmto zákonom,

g) vykonáva štátny dozor vo veciach dosiahnutia cieľov štátnej environmentálnej politiky na miestnej úrovni akciami, na ktoré bola poskytnutá podpora z Environmentálneho fondu.

6.1. Sledovanie stavu životného prostredia

Do akej miery možno zaťažiť krajinný systém bez toho, aby v ňom nevznikali nezvratné negatívne zmeny? Na riešenie týchto problémov je nevyhnutné získať množstvo rýchlo dostupných, objektívnych a porovnateľných ekologických informácií, ktoré prispievajú k efektívnejším rozhodnutiam a opatreniam na zlepšenie životného prostredia a zachovanie trvalo udržateľného rozvoja. Poskytovanie informácií o stave a vývoji jednotlivých zložiek životného prostredia je cieľom Informačného systému monitoringu životného prostredia. Informačný systém spolu s monitorovacím systémom životného prostredia je prostriedok, zabezpečujúci informácie o stave a trendoch v životnom prostredí pre viaceré úrovne používateľov. Ich realizáciou sa naplňuje právo každého občana na včasné a úplné informácie o stave ŽP a o príčinách a následkoch tohto stavu. Uznesením č. 449 z 26. mája 1992 vláda SR schválila Konceptiu monitoringu životného prostredia a Konceptiu integrovaného informačného systému o životnom prostredí územia SR. Všetkým zainteresovaným ministrom uložila realizovať čiastkové monitorovacie systémy (ČMS), ako súčasť celoplošného

monitorovacieho systému a v nadväznosti na monitorovací systém tiež parciálne informačné systémy jednotlivých ČMS. Od roku 1993 začali fungovať strediská ČMS a budovať svoje parciálne informačné systémy (PIS).

Predmetom monitoringu ŽP SR sú nasledovné zložky životného prostredia a naň pôsobiace vplyvy:

- ovzdušie
- voda
- pôda
- biota (fauna, flóra)
- lesy
- geologické faktory
- odpady
- cudzorodé látky v potravinách a krmivách
- meteorológia a klimatológia
- rádioaktivita v ŽP

Monitoring životného prostredia Slovenskej republiky je systematické, dôsledne v čase a priestore definované pozorovanie presne určených charakteristík jednotlivých zložiek životného prostredia, alebo vplyvov naň pôsobiacich (spravidla v bodoch tvoriacich monitorovaciu sieť), ktoré s určitou mierou výpovednej schopnosti reprezentujú sledovanú oblasť a v súhrne potom väčší územný celok. Zabezpečuje objektívne informácie nevyhnutné pre rozhodovaciu, riadiacu, kontrolnú a vedeckovýskumnú oblasť a verejnosť. Monitoring životného prostredia má tri základné, navzájom sa dopĺňajúce úrovne.

Úrovne monitoringu životného prostredia:

- **celoplošný** monitoring životného prostredia – založený na relatívne stabilnom monitorovacom systéme pokrývajúcim územie SR. Je zameraný na zisťovanie globálneho stavu ŽP SR. Je založený na systematickom, stálom a pravidelnom sledovaní rozhodujúcich charakteristík ŽP. Cieľovo je orientovaný na rozhodovaciu úroveň vrcholných riadiacich republikových a regionálnych orgánov, na globálnu informáciu pre verejnosť a pod.
- **regionálny** monitoring životného prostredia – je trvalý, prípadne len časovo obmedzený, priestorovo ohraničený monitorovací systém zameraný na konkrétny región. Hlbšie sleduje vybrané, pre daný región významné charakteristiky (napr. z dôvodu sledovania ľudských aktivít a ich dopadu na ŽP). Garantom Regionálneho monitoringu môže byť inštitúcia s regionálnou pôsobnosťou.
- **účelový** (lokálny) monitoring životného prostredia – predstavuje časovo ohraničený monitoring, zameraný na sledovanie významného javu, prvku, alebo dopadov ľudských aktivít na ŽP. Realizujú ho odborné a vedecko-výskumné pracoviská, ale tiež výrobné organizácie v rámci svojich povinností, vyplývajúcich im zo zákona.

Na základe údajov o životnom prostredí sa každoročne publikuje **Správa o stave životného prostredia Slovenskej republiky**. Jej cieľom je okrem každoročne publikovaných údajov a informácií poskytnúť komplexnejší pohľad nielen na kvalitu životného prostredia na

Slovensku, ale aj na vyhodnotenie vybraných nástrojov starostlivosti o životné prostredie a tiež aktivít v oblasti medzinárodnej spolupráce.

Na európskej úrovni sa správy o stave životného prostredia Európy (European Environment State and Outlook Report, SOER) vypracovávajú od roku 1995 každých 5 rokov, posledná správa SOER2020 je teda šiesta v poradí. Správu vydáva Európska environmentálna agentúra (EEA). Európska environmentálna agentúra je agentúra Európskej únie, ktorej úlohou je poskytovať spoľahlivé a nezávislé informácie o životnom prostredí. Cieľom EEA je podporovať trvalo udržateľný rozvoj tým, že pomáha dosiahnuť významné a merateľné zlepšenie životného prostredia v Európe prostredníctvom poskytovania včasných, cielených, relevantných a spoľahlivých informácií subjektom tvoriacim politiku a verejnosti.

6.2. Environmentálna regionalizácia Slovenska

Environmentálna regionalizácia je proces, v ktorom sa podľa stanovených kritérií (vybraných environmentálnych charakteristík, ukazovateľov) a postupov, zhodnocujúcich životné prostredie a vplyvy naň, vyčleňujú regióny (územné, priestorové jednotky) s určitou kvalitou a ohrozenosťou životného prostredia.

Environmentálna regionalizácia Slovenska predstavuje prierezový zdroj informácií o stave životného prostredia SR, určený pre odborníkov i širokú verejnosť. Environmentálnu regionalizáciu možno považovať za jednu z podmienok zlepšovania informovanosti verejnosti o environmentálnej situácii v SR, za súčasť zvyšovania environmentálneho vedomia obyvateľstva, za príspevok k formovaniu ucelených informačných systémov environmentalistiky. Stav životného prostredia v jednotlivých častiach územia SR je veľmi rozdielny. Regióny Slovenska vykazujú odlišný stav zaťaženia jednotlivých zložiek životného prostredia a v rôznej miere sa v nich uplatňujú rizikové faktory. Tieto vplyvy, záťaže, či riziká majú (popri rôznorodosti prírodných pomerov) predovšetkým antropogénny charakter.

Podkladom environmentálnej regionalizácie sú analýzy, prípadne čiastkové syntézy za jednotlivé zložky životného prostredia (ovzdušie, voda, horniny, pôda, biota) a odpadové hospodárstvo. Z týchto podkladov možno ďalšou súhrnnou syntézou odvodzovať a určovať **stupne environmentálnej kvality územia Slovenska**. V Slovenskej republike takto odlišujeme päť prostredí (environmentov) – od prostredia vysokej kvality až po prostredie silne narušené. Po ich generalizácii na základe nich dochádza k vymedzovaniu **62 regiónov**, rozdelených do troch skupín – s nenarušeným prostredím (26), s mierne narušeným prostredím (29) a so silne narušeným prostredím (7), ktoré nazývame **zaťažené oblasti** (obr. 28)

V regiónoch druhého stupňa s mierne narušeným prostredím sa ešte miestami vyskytujú menšie okrsky s narušeným životným prostredím (8) a okrsky so značne narušeným životným prostredím (5), z ktorých časť ešte v nedávnej minulosti predstavovala väčšie zaťažené oblasti. Okrem toho sa v každom zo 62 regiónov môžu vyskytovať **objekty lokálne zlepšujúce alebo zhoršujúce environmentálnu kvalitu územia**. Viaceré z tých, ktoré prispievajú k určitému prevažne lokálnemu zhoršovaniu environmentálnej kvality územia (napríklad k obmedzeniu jeho obývateľnosti), však patria k nevyhnutným hospodárskym, dopravným, energetickým, vojenským a iným zariadeniam, obdobne ako v iných európskych štátoch. Iný charakter majú

environmentálne záťaže rôzneho pôvodu (viaceré s vysokým rizikom). nových negatívnych javov a objektov. Strategickým cieľom ostáva, aby čo najviac obyvateľov SR žilo v priaznivom životnom prostredí (vysokej kvality, vyhovujúcom a mierne narušenom) len so zvyškovými okrskami narušeného životného prostredia, ktoré by v budúcnosti do konca storočia tiež mali zaniknúť.

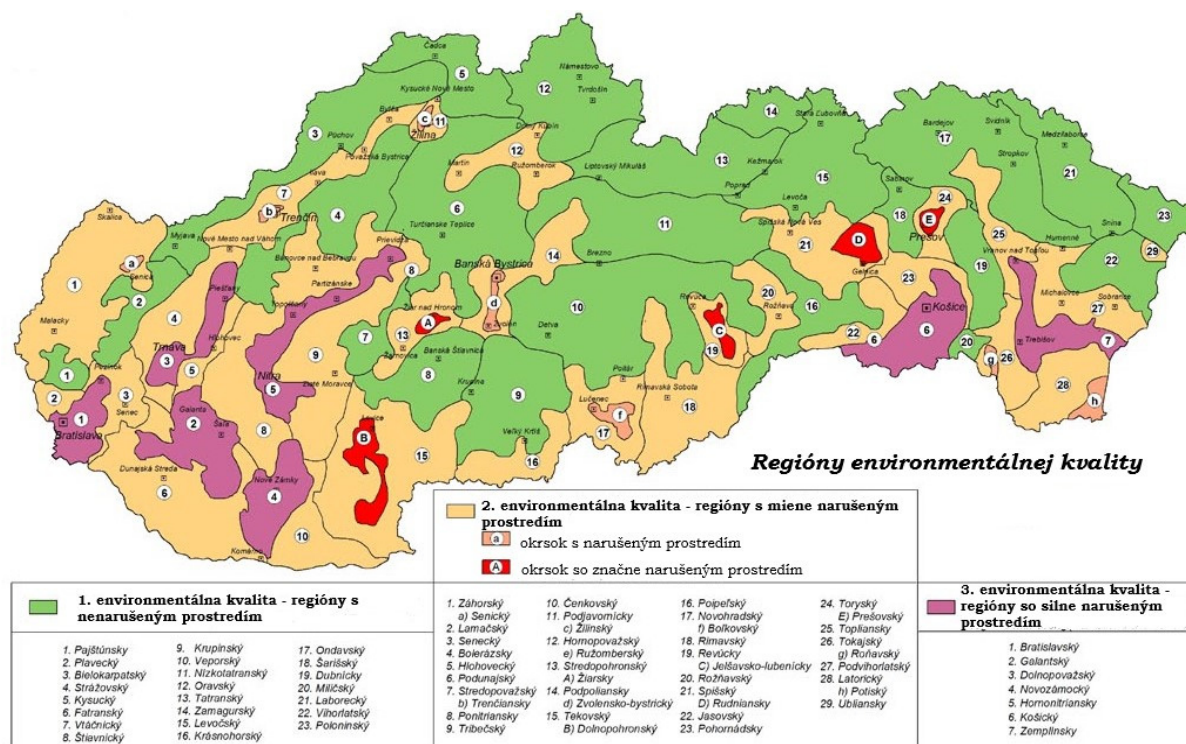
Výsledná syntetická mapa z procesu environmentálnej regionalizácie SR v každej etape, charakterizuje úroveň ŽP v SR piatimi stupňami environmentálnej kvality.

Prvý stupeň (prostredie vysokej kvality) predstavuje stav životného prostredia najmenej ovplyvnený činnosťou človeka. **Piaty stupeň** chápeme ako prostredie silne narušené, predstavuje stav životného prostredia zmenený, silne ovplyvňovaný činnosťou človeka, s najvyšším podielom environmentálnych záťaží. **Druhý stupeň** predstavuje prostredie vyhovujúce a je charakterizované ako prechodný stav medzi krajnými stavmi. **Tretí stupeň** predstavuje prostredie mierne narušené a považujeme ho za stredný stav negatívneho ovplyvnenia životného prostredia v území. **Štvrtý stupeň** charakterizuje prostredie narušené a predstavuje prechodný stav medzi krajnými stavmi. Druhý a štvrtý stupeň je treba chápať ako prechodné hodnoty medzi krajnými stavmi a identifikovaným stredom. V zmysle novšieho prístupu v procese environmentálnej regionalizácie Slovenska boli na základe piatich kvalitatívnych tried životného prostredia, geomorfologických pomerov a niektorých ďalších geografických, historických či administratívnych špecifik územia definované tri typy regiónov environmentálnej kvality:

Regióny 1. environmentálnej kvality pokrývajú predovšetkým prostredie vysokej kvality (1. stupeň), pričom najmä v ich okrajových, niekedy aj centrálnych častiach sa môže vyskytnúť prostredie vyhovujúce (2. stupeň). Lokálne sú prítomné v regiónoch 1. environmentálnej kvality aj enklávy prostredia mierne narušeného (3. stupeň), spravidla najčastejšie v blízkosti väčších sídelných zoskupení.

Regióny 2. environmentálnej kvality predstavujú územia prechodného typu a sú z aspektu kvality životného prostredia veľmi heterogénne. Dominantným je tu prostredie vyhovujúce (2. stupeň) a tiež prostredie mierne narušené (3. stupeň). V antropogénne predisponovaných oblastiach je vcelku bežné aj prostredie narušené (4. stupeň) a výnimočne tiež prostredie silne narušené (5. stupeň). Preto bolo potrebné v niektorých prípadoch vymedziť v rámci regiónov 2. environmentálnej kvality ucelené okrsky s viac narušeným prostredím. Na strane druhej, a síce v územiach výrazne nezasiahnutých antropogénnou činnosťou, sa tu nachádzajú "ostrovy" prostredia vysokej kvality (1. stupeň).

Regióny 3. environmentálnej kvality reprezentujú tie územia, kde sa kumulujú environmentálne záťaž. Ich základom je prostredie silne narušené (5. stupeň) a prostredie narušené (4. stupeň). Z tohto dôvodu sa označujú ako zaťažené (ohrozené) oblasti. Pre periférne zóny jednotlivých regiónov 3. environmentálnej kvality je typické prostredie mierne narušené (3. stupeň) a na ich rozhraní s regiónmi 2. environmentálnej kvality aj prostredie vyhovujúce (2. stupeň).



Obrázok 28. Mapa regiónov environmentálnej kvality (Klinda a kol., 2015)

6.3. Inštitúcie starostlivosti o životné prostredie

Ochrana životného prostredia by nebola úplná, keby na štátnej úrovni neexistovali potrebné regulácie a kontrolné mechanizmy, ktorými by sa preverovalo ich dodržiavanie. V 60. rokoch minulého storočia boli ako prvé samostatné kontrolné orgány na úseku ochrany technických zložiek životného prostredia zriadené dva kontrolné orgány, a to Štátna vodohospodárska inšpekcia a Štátna technická inšpekcia ochrany ovzdušia. Na začiatku 90. rokov minulého storočia si Slovenská republika začala intenzívnejšie uvedomovať mimoriadnu dôležitosť a nevyhnutnú potrebu širšej ochrany ŽP. Preto vtedajší minister – predseda Slovenskej komisie pre ŽP zriadil k 1. septembru 1991 Slovenskú inšpekciu životného prostredia (SIŽP). Osobitné postavenie má starostlivosť o racionálne využívanie vôd, ktorá je v pôsobnosti Slovenského vodohospodárskeho podniku, š.p., a Vodohospodárskej výstavby, š.p. Slovenská agentúra životného prostredia je strešnou organizáciou ktorá pokýva mnoho činností z oblasti ochrany a tvorby životného prostredia.

Slovenská inšpekcia životného prostredia vznikla ako odborný kontrolný orgán s celoslovenskou pôsobnosťou zlúčením dvoch vyššie menovaných kontrolných orgánov. Následne v roku 1992 bola jeho pôsobnosť rozšírená na oblasť odpadového hospodárstva, v roku 1995 na oblasť ochrany prírody a krajiny a v roku 2003 aj na oblasť biologickej bezpečnosti a oblasť integrovanej prevencie a kontroly znečisťovania životného prostredia (IPKZ). SIŽP plní dve základné úlohy:

- 1) **preveruje** dodržiavanie povinností určených predpismi platnými na úseku životného prostredia

2) **povoľuje** prevádzky spadajúce pod režim zákona o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia

Môže kontrolovať fyzické osoby oprávnené na podnikanie a právnické osoby s výnimkou v oblasti ochrany prírody a krajiny a v oblasti biologickej bezpečnosti, v rámci ktorých môže kontrolovať aj fyzické osoby. Organizačne je SIŽP rozdelená **na ústredie**, ktoré je najmä metodickým a odvolacím orgánom, a na **regionálne inšpektoráty ŽP**. Inšpektoráty ŽP vykonávajú kontrolnú činnosť, vydávajú integrované povolenia, ale aj ukladajú pokuty a opatrenia na nápravu ako správne orgány prvého stupňa. Činnosť SIŽP je rozdelená na 6 odborných zložiek, zameraných na (1) ochranu vôd, (2) ochranu ovzdušia, (3) odpadové hospodárstvo, (4) ochranu prírody a krajiny, (5) biologickú bezpečnosť a (6) a IPKZ.

Dlhodobým cieľom zložky ochrany vôd je prispievať k zlepšovaniu stavu kvality vôd a vodných ekosystémov, a to preverovaním prevádzkovateľov alebo podnikov pri zaobchádzaní so znečisťujúcimi látkami a nakladaním s vodami. K významným úlohám tejto zložky patrí aj riešenie mimoriadneho zhoršenia vôd. Okrem kontrol v oblasti nakladania s odpadmi patrí v oblasti odpadového hospodárstva k špeciálnym kompetenciám kontrola cezhraničného pohybu odpadov. V oblasti ochrany ovzdušia kontroluje dodržiavanie emisných limitov ale aj kvalitu vyrábaných, dovážaných a predávaných palív. K významným úlohám patrí štátny dozor na úseku ochrany prírody a krajiny zameraný najmä na kontrolu dodržiavania podmienok ochrany v osobitne chránených územiach, na úseku ochrany a ohrozených druhov voľne žijúcich živočíchov a voľne rastúcich rastlín (vrátane CITES). Najčastejšie dlhodobé zistené nedostatky sú v oblasti poškodzovania a ničenia drevín na celom území SR. SIŽP má unikátne postavenie v rámci Slovenska v prípade preverovania používania genetických technológií a geneticky modifikovaných organizmov. Zložka IPKZ je jedinou zložkou SIŽP, ktorej predmetom činnosti je okrem výkonu štátneho dozoru – environmentálnych kontrol aj povoľovacia činnosť. Táto zložka od roku 2003 vydáva „integrované“ povolenia najvýznamnejším podnikom, pôsobiacim na území SR.

Slovenská agentúra životného prostredia (SAŽP) plní svoje hlavné úlohy v oblastiach starostlivosti o životné prostredie a tvorbu krajiny v súlade so zásadami trvalo udržateľného rozvoja. Zriadená bola rozhodnutím Ministerstva životného prostredia s celoslovenskou pôsobnosťou. V zmysle svojho štatútu plní odborné úlohy v oblasti starostlivosti o ŽP, zabezpečuje ich pre ministerstvo, výkon orgánov štátnej správy, organizácie verejnej správy, samosprávy, Európsku úniu, medzinárodné inštitúcie, vzdelávacie inštitúcie ale aj pre laickú verejnosť. Sídlo SAŽP je v Banskej Bystrici, ďalšie pracoviská sú v Bratislave, Žiline, Prievidzi a Zemianskej Oľči. Predmet činnosti SAŽP je rozdelený do ôsmich oblastí:

(1) Hodnotenie životného prostredia – práca s údajmi, ktoré sa týkajú ŽP, ich zber, spracovanie, analýza. Objektívne, spoľahlivé a porovnateľné údaje sú potrebné pre proces posúdenia strategických dokumentov, zabezpečenie informovanosti verejnosti. Jedným z významných výsledkov práce SAŽP v tejto oblasti je každoročné vydávanie *Správy o stave ŽP v SR*.

(2) Environmentálna informatika – zber, vyhodnocovanie a následná publikácia dát. *Enviroportál*, ktorého správou bola poverená SAŽP, poskytuje komplexný pohľad na životné prostredie, od legislatívy, cez rôzne registre a informačné monitorovacie systémy. Ďalším

dôležitými informačnými systémami sú *Informačný systém environmentálnej záťaže* či *Enviro-Info*.

(3) *Environmentálne služby* – úlohy v oblasti posudzovania vplyvov na ŽP, účasť na riešení závažných prípadov poškodenia ŽP, spolupráca s Európskou komisiou, zabezpečovanie bilaterálnych stretnutí podľa Dohovoru ESPOO, implementácia environmentálnych smerníc, metodická a informačná služba,

(4) *Environmentálne manažérstvo a nástroje environmentálnej politiky* – prostredníctvom noriem ISO radu 14000 zabezpečuje vytváranie podmienok na rozvoj a implementáciu dobrovoľných nástrojov environmentálnej politiky, je príslušným orgánom pre schému environmentálneho manažérstva a auditu.

(5) *Starostlivosť o vidiecke a mestské ŽP* – venuje sa problematike územných systémov ekologickej stability, mapovanie prírodnej zachovalej zelene v mestách, budovanie *Informačného systému životného prostredia miest*, mapovanie *brownfields*, rôzna činnosť v oblasti starostlivosti o vidiecku krajinu

(6) *Environmentálna výchova, vzdelávanie, osвета a komunikácia* – zabezpečenie praktickej, metodickej, projektovej a koncepcnej činnosti v tejto oblasti, organizácia rôznych podujatí, realizuje úlohy v zmysle koncepcií environmentálnej výchovy, národných stratégií (napr. TUR), portál environmentálnej výchovy *EWOBX*, propagačná a edičná činnosť (*Ekotopfilm-Envirofilm*, časopis *Enviromagazín*)

(7) *Reporting a podpora medzinárodných záväzkov, medzinárodná spolupráca* – je partnerom Európskej environmentálnej agentúry (EEA), aktívna spolupráca v oblasti výmeny informácií a prípravy správ (reportov)

(8) *Podpora štátnej environmentálnej politiky* – podpora štatutárnych činností prostredníctvom implementácie enviroprojektov, aktívne sledovanie možných zdrojov financovania, zabezpečenie koordinácie pri plánovaní, podpora projektového manažmentu.

7. Manažment životného prostredia

Manažment životného prostredia zahŕňa súbor činností v oblasti riadenia starostlivosti o životné prostredie. Má svoju inštitucionálnu štruktúru s jasne vymedzenými zodpovednosťami. Vychádza z nástrojov environmentálneho manažmentu, ktoré majú zabezpečiť riešenie problémov životného prostredia ale najmä ich predchádzaniu.

Manažovanie problémov životného prostredia zahŕňa činnosti v oblasti:

- redukcie negatívnych dopadov na životné prostredie,
- tvorby rozhodnutí v zmysle výberu environmentálne najlepšieho riešenia,
- minimalizácie rizík pre ľudské zdravie a ekosystémy,
- zlepšenia efektivity využitia energie a materiálu na jednotku produkcie.

7.1. Environmentálne manažérstvo

Environmentálne manažérstvo predstavuje súbor dobrovoľných nástrojov environmentálnej politiky, ktoré umožňujú zavedenie systémového prístupu riešenia problémov v oblasti starostlivosti o životné prostredie a neustále zlepšovanie správania sa organizácií.

EMAS – Schéma pre environmentálne manažérstvo a audit je jedným z dobrovoľných nástrojov ochrany životného prostredia, to znamená, že pozitívne motivuje organizácie k zodpovednému prístupu a k zlepšovaniu environmentálnej výkonnosti nad rámec legislatívnych požiadaviek. Bol zriadený Európskou úniou za účelom sledovania vplyvov činností organizácií na životné prostredie a zverejňovanie a informácii o environmentálnom správaní formou environmentálnych vyhlásení. Je určený pre organizácie prevádzajúce činnosť v súkromnej aj v štátnej sfére ako aj pre orgány verejnej správy.

Environmentálne označovanie patrí medzi dobrovoľné nástroje environmentálnej politiky podporujúce výrobu a spotrebu produktov, ktoré sú ohľadupľnejšie k životnému prostrediu počas celého svojho životného cyklu, a ktoré poskytujú zákazníkovi presné, nezavádzajúce a vedecky podložené informácie o vplyve produktov na životné prostredie. Environmentálne označovanie produktov sa v Slovenskej republike realizuje od roku 1996 prostredníctvom národnej schémy na udeľovanie environmentálnej značky Environmentálne vhodný produkt. Podmienky a postup pri udeľovaní a používaní národnej environmentálnej značky upravuje zákon č. 469/2002 Z. z. o environmentálnom označovaní výrobkov v znení neskorších predpisov.

Zelené verejné obstarávanie (Green Public Procurement – GPP) predstavuje spôsob, ktorým orgány verejnej správy integrujú environmentálne požiadavky do procesu obstarávania. Uplatňovanie zeleného verejného obstarávania podporuje udržateľné využívanie prírodných zdrojov, dosahovanie zmien v správaní, ktoré smeruje k udržateľnej výrobe a spotrebe, a tiež podnecuje inovácie.



Obrázok 29. Logo environmentálneho označovania: národná environmentálna značka, Európska environmentálna značka a logo EMAS.

Ekonomické nástroje sú chápané ako jedna z možností podporujúca pozitívne zmeny v oblasti ochrany ŽP a riadenia prírodných zdrojov. Environmentálna účinnosť ich uplatňovania spočíva v znížení negatívnych vplyvov na ŽP a redukcii environmentálnych škôd, pričom plnia funkciu:

- kompenzačnú (odškodnenie možného poškodenia ŽP),
- fiškálnu (príjmy do štátneho rozpočtu, ktoré sú použité k financovaniu činností zabezpečujúcich ochranu ŽP),
- stimulačnú (podpora realizácie určitého cieľa),
- redistribučnú (presmerovanie možných dopadov na rôzne subjekty)
- komparatívnu (zaznamenávanie vyrovnania rôznych ekonomických podmienok znečisťovateľov).

Ekonomické nástroje tvoria dôležitú súčasť slovenskej environmentálnej politiky, pričom k nim patria dane, poplatky, odvody a úhrady. Uplatňujú sa v dvoch hlavných skupinách platieb a to platby za znečisťovanie životného prostredia a platby za využívanie prírodných zdrojov.

Platby za znečisťovanie ŽP:

- znečisťovanie ovzdušia,
- poplatky za vypúšťanie odpadových vôd do povrchových vôd,
- poplatky za ukladanie odpadov.

Platby za využívanie prírodných zdrojov:

- poplatky za odber podzemnej vody,
- poplatky za odber povrchovej vody,
- poplatky za odber vody z verejných vodovodov,
- odvody za záber poľnohospodárskej pôdy,
- odvody za záber lesnej pôdy,
- úhrady za prieskumné územia,
- úhrady za dobývacie priestory,
- úhrady za vydobyté nerasty,
- úhrady za ukladanie plynov a kvapalín v prírodných horninových štruktúrach a podzemných priestoroch a
- platby za využívanie hydroenergetického potenciálu vodných tokov na vodných stavbách v správe správcu tokov.

7.2. Environmentálne vzdelávanie a výchova

O začiatkoch environmentálneho vzdelávania a výchovy nenájdeme jednoznačný konsenzus. Jedna z prvých osobností, ktoré presadzovali prepojenie medzi kvalitou životného prostredia a kvalitou vzdelávania bol Škót, Sir Patrick Geddes (1854-1933), ktorý tiež inovoval mnoho vzdelávacích techník a vyzdvihol edukačný potenciál vzdelávania vo voľnej prírode. Ale až koncom 60-tych a začiatkom 70-tych rokov minulého storočia sa začalo publikovať množstvo článkov, dokumentov, časopisov a kníh na tému environmentálnych problémov a manažmentu, ktoré napokon viedli k vzniku „environmentálnej výchovy“:

„Environmentálna výchova je proces uznávania hodnôt a objasnenia pojmov s cieľom rozvíjať zručnosti a postoje potrebné na pochopenie vzájomnej prepojenosti medzi človekom, jeho kultúrou a jeho biofyzikálnym okolím“.

Agenda 21 vo svojom článku 36 **definuje 3 oblasti environmentálneho vzdelávania:**

- (1) vzdelávanie, kde úlohou štátov a krajín je pripraviť stratégiu integrácie environmentálnej výchovy do všetkých úrovní vzdelávania;
- (2) zvýšenie verejného povedomia, kde úloha krajín je vybudovať informačné služby, poradné orgány;
- (3) podpora školení, kde hlavnou úlohou krajín je pripraviť školiace programy, inštitucionálnu podporu pre integráciu environmentálneho vzdelávania do všetkých oblastí riadenia.

Environmentálne vzdelávanie má niekoľko cieľov/krokov s postupným zvyšovaním miery uvedomelosti a participácie:

1. Povedomie: pomôcť jednotlivcom a sociálnym skupinám dosiahnuť uvedomenie si citlivosti životného prostredia a vnímavosť na problémy s tým spojené
2. Poznanie: pomôcť jednotlivcom a sociálnym skupinám porozumieť životnému prostrediu, jeho problémom a aká je zodpovednosť ľudstva a úloha v ňom
3. Postoj: pomáhať jednotlivcom a sociálnym skupinám získať sociálne hodnoty, silné pocity záujmu o životné prostredie a motiváciu aktívne sa podieľať na jeho ochrane a zlepšovaní.
4. Zručnosti: pomôcť jednotlivcom a sociálnym skupinám získať zručnosti na riešenie problémov životného prostredia.
5. Hodnotiaci schopnosť: pomáhať jednotlivcom a sociálnym skupinám hodnotiť environmentálne opatrenia a vzdelávacie programy z hľadiska ekologických, politických, ekonomických, sociálnych, estetických a vzdelávacích faktorov.
6. Participácia: pomáhať jednotlivcom a sociálnym skupinám rozvíjať zmysel pre zodpovednosť a naliehavosť v súvislosti s problémami životného prostredia zabezpečiť vhodné opatrenia na vyriešenie týchto problémov.

Belehradská charta (1975) bola výsledkom medzinárodného workshopu o environmentálnej výchove, ktorý sa konal v Belehrade. Belehradská charta bola postavená na Štokholmskej deklarácii a pridáva ciele, zámery a hlavné princípy programov environmentálnej výchovy.

Vymedzuje cieľovú skupinu environmentálnej výchovy, ktorá zahŕňa širokú verejnosť. Belehradská charta tiež stanovila hlavné zásady ochrany životného prostredia vo vzťahu k vzdelávaniu: environmentálna výchova by mala:

1. brať do úvahy životné prostredie ako celok – prírodné a človekom vytvorené, ekologické, politické, ekonomické, technologické, sociálne, legislatívne, kultúrne a estetické.
2. byť nepretržitým celoživotným procesom.
3. mať interdisciplinárny prístup
4. zdôrazniť aktívnu účasť na prevencii a riešení problémov životného prostredia
5. preskúmať hlavné environmentálne problémy zo svetovej perspektívy.
6. zamerať sa na súčasné a budúce environmentálne situácie.
7. preskúmať celý vývoj a rast z environmentálneho hľadiska.
8. podporovať hodnotu a nevyhnutnosť miestnej, národnej a medzinárodnej spolupráce pri riešení environmentálnych problémov.

Environmentálna výchova zahŕňa nielen prenos poznatkov o životnom prostredí, ale aj začlenenie kognitívnych a afektívnych hodnôt, ktoré môžu ľudí stimulovať k zmene ich postoja voči životnému prostrediu a podporovať v nich pozitívne environmentálne priateľské správanie.

Dnes sa veľa hovorí o životnom štýle vo väzbe na tzv. environmentálne správanie. V prieskumoch zameraných na hodnotenie environmentálneho správania sa však životný štýl ako taký nepoužíva. Životný štýl je napokon jednoducho súhrnom správania človeka a nie je presne stanovené, ktorý životný štýl je „ekologický“ a ktorý nie je. Medzi často skúmané parametre environmentálneho správania patria zvyklosti spojené so spotrebou energie, odpadové hospodárstvo a mobilita. Jedným z nástrojov, ktorý kvantifikuje environmentálne správanie a jeho dopad a používa tieto ukazovatele je Ekologická stopa.

Ekologická stopa je odhadovaná celková plocha biologicky produktívnej pôdy a vody potrebná na udržiavanie určitého hospodárstva alebo určitej populácie (od jednotlivcov až po celé mesto či štát) na určitej životnej úrovni. Variant definície znie: odhadovaná celková plocha ekologicky produktívnej pôdy a vody využívaná výhradne na zabezpečenie zdrojov a asimiláciu odpadov produkovaných danou populáciou, pri používaní bežných technológií. V súčasnosti sa táto hodnota všeobecne považuje za ukazovateľ udržateľnosti rozvoja. Na úrovni jednej osoby (individuálna ekologická stopa) vychádza z údajov kvantitatívnych a kvalitatívnych o spôsobe bývania a vykurovania, spôsobe a zvyklostiach v stravovaní a nakupovaní potravín, spôsobe a frekvencii cestovania, nákupov spotrebného a objemného tovaru, o množstve a nakladaní s odpadom, o spôsobe trávenia voľného času. Metódy hodnotenia environmentálneho správania sú predmetom vedeckého skúmania v oblasti environmentálnej psychológie či environmentálnej sociológie.

Zoznam použitej literatúry

- Allaby, M. 2002.** *Basics of anvironmental science (2nd edition)*. s.l. : Routledge, 2002. ISBN: 0-203-13752-3.
- Anděl, P. 2011.** *Ekotoxikologie, bioindikace a biomonitoring*. Liberec : Evernia, 2011. s. 265 s. ISBN 978-80-903787-9-7.
- Bacher, S. a kol. 2018.** Socio-economic impact classification of alien taxa (SEICAT). *Methods in Ecology and Evolution* [online]. 2018, Zv. 9, s. 159 - 168.
- Begon, M., Harper, J.L. a Townsend, C.R. 1997.** *Ekologie: jedinci, populace a společenstva*. [prekl.] B Grygová a B. (z anglického oroginálu *Ecology: individuals, populations and communities*, ISBN: 0-86542-111-0) Koberleová. Olomouc : Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci, 1997. ISBN: 80-7067-695-7.
- Begon, M., Townsend, C.R. a Harper, J.L. 2006.** *Ecology: from individuals to Ecosystems*. s.l. : Blackwell Publishing, 2006. ISBN: 978-1-405-11117-1.
- Beseda, I. a kol. 2004.** *Ekotoxikológia*. Zvolen : TU, 2004. s. 199 s. ISBN 80-228-1308-7.
- Beseda, I. a Schwarz, M. a kol. 2009.** *Toxikológia a ekotoxikológia*. Zvolen : TU, 2009. s. 258 s. ISBN 80-228-1308-7.
- Boriová, K., Urík, M. a Matúš, P. 2015.** Biosospicia, bioakumulácia a biovolatilizácia potenciálne toxických prvkov mikroorganizmami. *Chemické listy*. 2015, 109, s. 109-112.
- Bujnovský, R. 2011.** Hodnota poľnohospodárskej pôdy a jej ekologických funkcií. *Životné prostredie*. 2011, Zv. 45, 1, s. 35-37.
- Cvachová, A. a Gojdičová, E. 2003.** *Usmernenie na odstraňovanie inváznych druhov rastlín*. Banská Bystrica : Štátna ochrana prírody SR, 2003. s. 65 s. ISBN 80-89035-25-6..
- Dadová, J. 2013.** Kadmium ako toxický prvok. *Acta Universitatis Matthiae Belii*. 2013, Zv. XV, 1.
- Ďurďovičová, J. 2020.** Úlohy a ciele Slovenskej inšpekcie životného prostredia. *Životné prostredie*. 2020, Zv. 54, 1, s. 40-49.
- EEA. 2019.** *The European environment - state and outlook 2020. Knowledge for transition to a sustainable Europe*. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2019. 499 s. ISBN 978-92-9480-090-9.
- Eliáš, P. 2003.** *Ekológia*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2003. ISBN:80-8069-271-8.
- Eliáš, P. 1993.** Invasive behaviour of alien annulas. Kostelec and Černými lesy : s.n., 1993. s. 7.
- Eliáš, P. 2011.** Ohrozené druhy: príčiny, súčasný stav a ochrana. *Životné prostredie*. 2011, Zv. 45, 5, s. 227-234.
- Elton, Ch.S. 1958.** *The ecology of invasions by animals and plants*. London : Menthuen, 1958. s. 181 s.
- Enviroportál. 2020.** Kontaminácia poľnohospodárskych pôd. [Online] 2020. <https://www.enviroportal.sk/indicator/detail?id=321&print=yes>.

EUNIS Habitat Type Search. EUNIS - Habitat Types Search. *EUNIS*. [Online] EEA Web Team. [Dátum: 15. november 2021.] <https://eunis.eea.europa.eu/habitats.jsp>.

Fargašová, A. 2009. *Ekotoxikologické testy*. Bratislava : Perfekt, 2009. s. 317 s. ISBN 978-80-8046-422-6.

Fargašová, A. 2008. *Environmentálna toxikológia a všeobecná ekotoxikológia*. Bratislava : Orman, 2008. s. 348 s. ISBN 789-80-969675-6-8.

Faško, B. 2021. Prehľad chránených území národnej sústavy stav k 31.12.2020. *Chránené územia Slovenska*. 2021, 96, s. 2-4.

Feedman, B. 1993. *Environmental ecology. The ecological effects of pollution, disturbance and other stresses*. London : Academic Press Inc., 1993. ISBN: 0-12-266542-2.

Forman, R.T. a Godron, M. 1993. *Krajinná ekologie*. Praha : Academia, 1993.

Gaisberger, H., a iní. 2014. Identifying global hotspots of agricultural and tree biodiversity and poverty for the strategic sharpening of Bioversity's priority research areas. 2014.

Holoubek, I., a iní. 2005. *Troposférická chemie*. Brno : Masarykova univerzita, 2005. ISBN: 80-210-3656-7.

Hybská, H. a Samešová, D. 2015. *Ecotoxicology*. Banská Bystrica : Enterprise spol. s.r.o., 2015. ISBN 978-80-228-2750-8.

Hybská, H. 2011. *Toxikológia a ekotoxikológia (návody na cvičenia)*. Zvolen : TU, 2011. s. 102 s. ISBN 978-80-228-2798-5.

Hybská, H. 2015. *Základy ekotoxikológie*. Zvolen : TU, 2015. s. 117 s. ISBN 978-80-228.

Chapin III, S.F., Matson, P.A. a Mooney, H.A. 2002. *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*. s.l. : Springer, 2002. ISBN: 0-387-95439-2.

Chapman, J.L a Reiss, M.A. 1999. *Ecology: principles and applications*. Cambridge : Cambridge University Press, 1999. ISBN:0-521-588802-2.

IUCN. 2012. *IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition*. Gland, Switzerland and Cambridge, UK : IUCN, 2012. ISBN: 978-2-8317-1435-6.

Juma, N.G. 1999. *Pedosphere and its dynamics. 1st ed.* Edmonton : Salman productions Ins., 1999. s. 355. ISBN 1-896263-10-0.

Klinda, J, a kol.. 2015. *Environmentálna regionalizácia Slovenskej republiky. IV. aktualizované a rozšírené vydanie*. MŽP SR a SAŽP, 2015. 134 s. ISBN: 978-80-89503-48-3.

Knutti, R. a Sedláček, J. 2012. Robustness and uncertainties in the new CMIP5 climate model projections. *Nature Climate Change*. 2012. www.nature.com/natureclimatechange. DOI: 10.1038/NCLIMATE1716.

Kobza, J., a kol. 2017. Current state and development degradation processes based on soil monitoring in Slovakia. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*. 2017, Zv. 63, 2, s. 74-85.

Krippel, E. 1986. *Postglaciálny vývoj vegetácie Slovenska*. Bratislava : VEDA, 1986. s. 312. 71-028-86.

Kučera, T. 2001. Horká miesta biodiverzity a ekologické fenomény. *Živa*. 2001, s. 256-258.

Lapin, M. a Tomlain, J. 2001. *Všeobecná a regionálna klimatológia*. Bratislava : Univerzita Komenského Bratislava, 2001. ISBN: 80-223-1433-1.

Loreau, M. 2010. *From populations to Ecosystems. Theoretical foundations for a new ecological synthesis*. s.l. : Princeton University Press, 2010. ISBN: 978-0-691-12269-4.

Maes, J., Quaglia, A.P. a Guimaraes Peraire, A. et al. 2021. *BiodiverCities: A roadmap to enhance the biodiversity and green infrastructure of European cities by 2030. JCR Technical Report*. Luxembourg : Publication office of European Union, 2021. ISBN: 978-92-76-38642-1.

MEA. 2005. *Millennium Ecosystem Assessment : Ecosystems and Human Well-being : Synthesis*. Washington. Washington : Island Press, 2005.

Miller, G.T. a Spoolman, S.E. 2010. *Essentials of Ecology, 5e*. Belmont : Brooks/Cole, Cengage Learning, 2010. ISBN-13: 978-0-495-55795-1.

Miller, G.T. a Spoolman, S.E. 2008. *Living in the Environment: Concepts, Connections, and Solutions*. Belmont : Brooks Cole, 2008. 828 s. ISBN-13: 978-0495556718.

Moldan, B. 2001. *(Ne)udržitelný rozvoj Ekologie - hrozba i naděje*. s.l. : Univerzita Karlova v Praze, 2001. ISBN: 80-246-0286-5.

Moldan, B. 2015. *Podmaněná planeta*. Praha : Univerzita Karlova v Praze, 2015. ISBN: 978-80-246-2999-5.

NASA Ozone Watch. 2018. What is ozone hole? *NASA Ozone Watch. images, data, and information for atmospheric ozone* . [Online] 18. 10 2018. [Dátum: 4. 11 2021.] https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/facts/hole_SH.html.

Oznámenie Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č.34/1996 Z.z. 1992. *Dohovor o biologickej diverzite*. 1992.

Pauková, Ž. 2021. *Biotické invázie: vysokoškolská učebnica*. Praha : Verbum, 2021. s. 145 s. ISBN 978-80-87800-87-4..

Pauková, Ž. 2020. *Základy toxikologie a ekotoxikologie*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2020. s. 69 s. ISBN 978-80-552-2165-6.

Primack, R.B, Kindlmann, P. a Jersáková, J. 2001. *Biologické principy ochrany přírody*. Praha : Portál, s.r.o., 2001. ISBN:80-7178-552-0.

Rydén, L., Migula, P. a Andresson, M. (eds). 2003. *Environmental Science*. Uppsala : The Baltic University Press, 2003. ISBN: 91-970017-0-8.

Shiklomanov, I.A. a Rodda, J.C. 2003. *World Water Resources at the Beginning of the Twenty-First Century*. Cambridge : Cambridge University Press, 2003. Cambridge University Press.

Singh, Y.K. 2006. *Environmental Science*. New Delhi : New Age International (P) Ltd., 2006. ISBN : 978-81-224-2330-3.

Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2004/35/ES z 21. apríla 2004 o environmentálnej zodpovednosti pri prevencii a odstraňovaní environmentálnych škôd. (Ú. v. EÚ L 143, 30.4.2004, s. 56).

Šimanský, V., a iní. 2018. *Pôdoznalectvo*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2018. s. 398 s. ISBN 978-80-552-1878-6..

Šinger, M. 2021. Aktuality SHMÚ. Polárny vortex. *Slovenský hydrometeorologický ústav*. [Online] 27. 9 2021. [Dátum: 13. 12 2021.] <https://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=1163>.

Williams, L.D. *Environmental Science demystified*. s.l. : The McGraw-Hill Companies.

Zaujec, A., Chlpík, J. a Nádašský, J. a i. 2009. *Pedológia a základy geológie*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2009. s. 399 s. ISBN 978-80-552-0207-5.

Žalud, Z. 2015. *Bioklimatologie*. Brno : Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN:978-80-7509-189-5.

Zákon č.17/1992, Z.z. Zákon o životnom prostredí

Zákon č. 150/2019 Z.z. Zákon o prevencii a manažmente introdukcie a šírenia invázných nepôvodných druhov a o zmene a doplnení niektorých zákonov

Zákon č. 364/2004 Z.z. Zákon o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon)

Zákon č. 525/2003 Z.z. Zákon o štátnej správe starostlivosti o životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov

Vyhláška č. 450/2019 Z.z. Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky z 9. decembra 2019, ktorou sa ustanovujú podmienky a spôsoby odstraňovania invázných nepôvodných druhov

Autorky:

Ing. Mariana Eliašová, PhD. – Ing. Žaneta Pauková, PhD.

Názov:

ZÁKLADY ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA

Vydavateľ: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Vydanie: prvé

Forma vydania: online

Rok vydania: 2021

AH – VH: 8,02 – 8,20

Neprešlo redakčnou úpravou vo Vydavateľstve SPU.

ISBN 978-80-552-2456-5