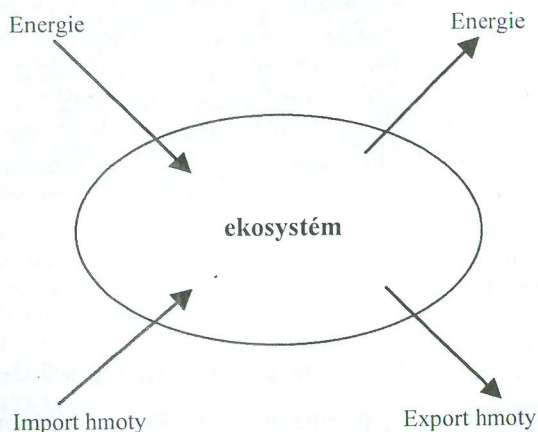


6 Ekosystém

6.1 Charakteristika ekosystému

System vzniklý funkčním propojením biocenózy s ekotopem se nazývá **ekosystém** (tj. ekologický systém). Ekosystém je tedy například rybník nebo pole, také to však může být akvárium nebo zkumavka s mikroorganismy. Hranice mezi ekosystémy jsou různě ostré a jsou dány především abiotickými podmínkami, které se navenek projevují různými typy společenstev. Ekosystémy jsou systémy otevřené se všemi základními atributy živé hmoty. Mezi nimi a okolím dochází k výměně energie, látek a informací (obr. 73). Uvnitř ekosystémů fungují autoregulační mechanismy, které udržují jejich rovnovážný stav a mohou ovlivňovat stabilitu.



Obr. 73 Ekosystém jako každý jiný otevřený systém je existenčně závislý na výměně energie a hmoty s okolím

I když pojem ekosystém vždy vyjadřuje systém vzniklý jednotou organismu a jeho prostředí, není vždy chápán zcela stejně. Autor tohoto termínu Tansley uvádí (1935), že ekosystém zahrnuje nejen komplex organismů, ale také celý komplex fyzikálních faktorů tvořících prostředí biomu – stanovištní faktory v nejširším smyslu. Znamější Lindemanova definice (1942) pojem upřesňuje jako jakýkoli systém složený z fyzikálních, chemických a biologických procesů probíhajících v časoprostorové jednotce jakékoli velikosti. Později byly ve stejném smyslu použity i další výrazy, které se vesměs neujaly. Sukačev (1942) považuje pojetí ekosystému za příliš abstraktní a zavádí termín **biogeocenóza** jako určitou jednotku vzniklou spojením konkrétní biocenózy s ekotopem (klimatickými podmínkami, geologickým podkladem, půdou a vodním režimem).

V ekosystému rozeznáváme tyto složky:

1. **Anorganické látky** (C, N, CO₂, H₂O aj.) obsažené v neživém prostředí a zapojené do koloběhů mezi živým a neživým.

2. **Organické látky** (bílkoviny, cukry, tuky) vznikají primárně v tělech organismů, druhotně se nacházejí i mimo ně.

3. **Producenti**, čili autotrofní organismy, které jsou schopny vytvářet organické látky z jednoduchých látek anorganických, většinou jsou to zelené (fototrofní) rostliny, v daleko menší míře foto- a chemotrofní bakterie.

4. Konzumenti (fytofágové, zoofágové, saprofágové), kteří ke své výživě a získávání energie využívají organické látky vytvořené autotrofy, přetvářejí je a částečně opět rozkládají.

5. Dekompozitoři (neboli destruenti, reducenti, mikrokonzumenti), kteří mají rozhodující podíl na závěrečné fázi mineralizace. Patří sem především bakterie a houby.

Z funkčního hlediska rozlišujeme v ekosystému produkci a dekompozici organické hmoty, potravní řetězce, tok energie, koloběhy látek a autoregulační a stabilizační procesy.

6.2 Fotosyntéza

Fotosyntézu lze považovat za „vstupní bránu“ energie do ekosystému. Veškerá organická hmota tvořící těla rostlin a následně živočichů i dalších organismů je jejím primárním produktem. Jde o biofyzikální a biochemický proces, při němž je nejdříve vázána energie slunečního záření v energeticky bohatých chemických vazbách (vzniká NADPH a ATP) za současného rozkladu vody a uvolňování kyslíku. Tato fáze se uskutečňuje za slunečního světla (fotochemická fáze fotosyntézy). Následně je přijímán a fixován oxid uhličitý, k čemuž je využita získaná energie. Celý proces fotosyntézy, který je značně složitý, probíhá v chloroplastech za účasti asimilačních pigmentů (zejména chlorofylů), bílkovin, tuků a mnoha dalších látek. Například vznik molekuly hexosy při fotosyntéze vyšších rostlin lze zjednodušeně vyjádřit rovnicí:



Vytvořené cukry jsou zdrojem energie a společně s rozpustnými minerálními látkami jsou základem pro syntézu dalších organických sloučenin. Při dýchání organismů se oxid uhličitý opět uvolňuje a s ním i chemicky vázaná energie. Fotosyntéza je tak hybnou silou koloběhu uhlíku v přírodě a vrací do atmosféry kyslík odnímaný při dýchání. Ročně je rostlinami asimilováno zhruba 10^{11} t uhlíku v podobě CO_2 , veškerý kyslík v atmosféře se fotosyntetickou činností obnoví asi za 3 000 let.

Rychlost fotosyntézy je závislá zejména na ozáření rostliny, teplotě, dostatku vody, minerálních živin a obsahu oxidu uhličitého. Jednotlivé druhy rostlin se liší svými kompenzačními body fotosyntézy (světelný, teplotní, koncentrace CO_2), při nichž je rychlost čisté fotosyntézy nulová (příjem CO_2 se rovná jeho výdeji). Na základě rozdílů v průběhu fixace CO_2 , spotřebě energie a prvním produktu karboxylace (vazby CO_2) dělíme rostliny do tří skupin.

1. U **C_3 rostlin** je primárním produktem karboxylace sloučenina se 3 uhlíky (kyselina 3-fosfoglycerová). Tyto rostliny dýchají i na světle, což vede k energetickým ztrátám. Mají vyšší kompenzační bod CO_2 , nižší teplotní i světelné optimum a vyšší výdej vody. K tomuto typu patří většina rostlin mírného klimatu.
2. Prvotním produktem karboxylace **rostlin typu C_4** jsou sloučeniny se 4 uhlíky (kyselina oxaloctová, jablečná, asparagová). Jejich dýchání na světle je omezeno, fotosyntéza probíhá při velmi nízkých koncentracích CO_2 , jsou náročnější



Obr. 74 K rostlinám typu CAM patří sukulenty, např. druhy čeledi tučnolistých; rozchodník šestiřadý (*Sedum sexangulare*)

na teplotu, využívají vysokou hustotu záření a mají hospodárnější vodní režim. Jsou to často vysoce produktivní rostliny rostoucí zejména v teplých a suchých oblastech, např. pryšce (*Euphorbia*), z kulturních rostlin kukuřice (*Zea mays*) a třtina cukrová (*Saccharum officinale*).

3. **Rostliny typu CAM** se vyznačují schopností uzavírat přes den průduchy a tím snižují transpiraci a zastavují dýchání, hromadí vodu ve svých pletivech (sukulenty) a mají vůbec velmi ekonomický vodní režim. Mají sice nízkou produktivitu, ale jsou schopny přežívat na extrémně suchých a horkých stanovištích. Jsou to například rostliny z čeledi tučnolistých (obr. 74).

U fotosyntetických bakterií, zejména zelených sírných bakterií a purpurových sírných bakterií, probíhá fotosyntéza za anaerobních podmínek a není spojena s rozkladem vody, ale jiného substrátu, např. sirovodíku. Jejich fotosyntetický aparát se na rozdíl od rostlin nachází ve výběžcích cytoplazmatické membrány. Chemoautotrofní bakterie využívají jako zdroj energie redukováné anorganické sloučeniny, např. H_2 , CO , NH_3 , NO_2^- , H_2S , soli dvojmocného železa a sírné sloučeniny. Zdrojem uhlíku je CO_2 , který je fixován podobně jako u rostlin C_3 .

6.3 Produktivita a produkce

Pojmy produktivita a produkce vyjadřují množství vytvořené organické hmoty v ekosystémech. Nejčastěji jsou definovány shodně s analogickými pojmy v lidské společnosti, tj. **produktivita** jako schopnost vyprodukovat určité množství organické hmoty za jednotku času (produkční potenciál ekosystému) a **produkce** jako realizovaná produktivita za časový úsek na jednotku plochy nebo objemu. Produkce tedy představuje nárůst organické hmoty za určitou dobu na rozdíl od

biomasy, která znamená celkovou okamžitou hmotnost. V každém ekosystému je rozhodující především **primární produkce**, tj. množství organické hmoty vyprodukované primárními producenty. Část takto vytvářené organické hmoty se spotřebovává na vlastní metabolické procesy (dýchání), při kterých slouží jako zdroj energie i hmoty pro další syntézy a životní pochody. Ztráty způsobené dýcháním se v průměru pohybují kolem 30–40 %. K dalším ztrátám dochází vylučováním organických látek kořeny rostlin do půdy, které může dosahovat také až 30 %. Když uvedené ztráty odečteme od celkové, tedy **hrubé primární produkce** (PP_G), získáme **čistou primární produkci** (PP_N), tj. hodnotu využitelnou v další trofické úrovni. Biomasa vzniklá činností producentů je dříve nebo později spotřebována a přetvářena heterotrofními organismy, konzumenty a dekompozitory. Tak vzniká tzv. **sekundární produkce**. Pro sekundární produkci na všech úrovních platí totéž, co pro produkci primární. Také zde je možné rozlišit hrubou a čistou produkci. Produkci uvádíme v jednotkách hmotnosti živých organismů, sušiny, obsahu některého biogenního prvku, energie apod.

Pojem produkce je někdy ne zcela správně používán pouze pro tu část biomasy, kterou člověk odnímá v podobě úrody (výnos). Hospodářský výnos tvoří různě velký podíl celkové produkce, např. v lesnictví (těžba dřeva) 20–55 %, v zemědělství u obilnin a kukuřice na zrno 30–40 %, u brambor 50–60 % a u cukrovky 60–70 %.

Konkrétní produktivita závisí na charakteru společenstva. Stanovení produkce ekosystému není jednoduché a provádí se pro celé společenstvo (fytocenózu, zoocenózu) nebo vychází z hodnot zjištěných u jednotlivých populací. Při znalosti velikosti biomasy lze produkci přibližně odhadnout pomocí tzv. obnovovacího koeficientu, tj. doby, za kterou se biomasa společenstva (populace) kompletně obnoví. Řada různě složitých a přesných metod je založena na měření přírůstku biomasy. Další metody se opírají například o měření koncentrací kyslíku a oxidu uhličitého, příjmu značeného uhlíku nebo o stanovení obsahu chlorofylu (rychlost fotosyntézy). Odhady sekundární produkce vyžadují poznání životních cyklů a struktury sledovaných druhů. Pak je možné vycházet například z věkového složení, změn velikosti a hmotnosti jedinců nebo početnosti populace. Obecně je stanovení sekundární produkce složitější než primární a pro jednotlivé typy ekosystémů i skupiny heterotrofů existují speciální a často značně odlišné postupy. Podrobnější metody stanovení primární i sekundární produkce uvádějí Dyk-jová a kol. (1989).

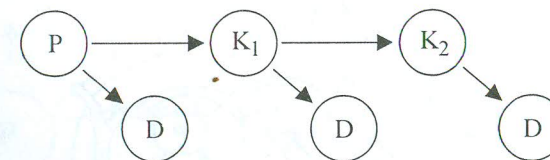
Celková primární produkce souše se odhaduje na $11\text{--}12 \cdot 10^{10}$ t-rok⁻¹, přičemž 80 % připadá na tropické a subtropické oblasti (zauímají 54 % rozlohy), na mírné pásmo jen asi 10 %. Skoro polovina uvedeného množství je vyprodukována lesními ekosystémy. Primární produkce oceánů činí přibližně $5\text{--}6 \cdot 10^{10}$ t-rok⁻¹, tj. méně než polovinu produkce souše nebo o málo více (při zastoupení oceánů 71 %). Hodnoty primární produkce různých typů ekosystémů jsou značně rozmanité a proměnlivé v průběhu sezóny i delších období (tab. 8). Vztah mezi hodnotami čisté produkce a okamžité biomasy je velmi rozmanitý. V lesních ekosystémech okamžitá biomasa převyšuje mnohonásobně produkci, která s přiblížením klimaxu klesá téměř k nule. V porostech jednoletých rostlin se může roční produkce rovnat biomase nebo je vyšší a konečně v travinných ekosystémech může být roční produkce nadzemních orgánů dokonce několikrát vyšší než hodnota jejich okamžité biomasy.

Tab. 8 Roční čistá primární produkce (PP_N) a biomasa v některých ekosystémech. U primární produkce a fytomasy jsou uvedeny kromě průměrných i zjištěné nebo odhadované maximální hodnoty; všechny údaje v hmotnosti sušiny (podle různých autorů)

ekosystém	plocha ($\cdot 10^6$ km ²)	PP_N (t·ha ⁻¹) ϕ /max.	fytomasa (t·ha ⁻¹) ϕ /max.	biomasa živočichů (kg·ha ⁻¹)
tropický deštný les	17,0	22/35	350/800	194
opadavý les mírného pásma	7,0	13/25	300/600	157
tajga	12,0	8/20	200/400	48
savana	15,0	9,5/20	47/100	147
stepi	9,0	7,5/25	15/35	23
tundra	8,0	1,5/4	6/20	4,4
pouště a polopouště	18,0	1/2,5	5/20	4,4
obdělávaná půda	15,0	14/100	10/100	20
mokřady	2,0	35/50	90/200	200
jezera a vodní toky	2,0	0,5/15	0,2/4	10
volný oceán	332,0	1,3/4	0,03/0,05	24
kontinentální šelfy	26,6	3,6/6	0,1/0,4	59
korálové rify	0,6	25/30	20/30	200

6.4 Potravní řetězce

Organická hmota vytvořená zelenými rostlinami slouží jako potrava býložravcům a ti jsou opět konzumováni masožravci. Takový sled několika postupně se konzumujících organismů nazýváme **potravní řetězec**. Například housenka obaleče požírá listy dubu a sama je potravou sýkory. Ta se může stát zase kořistí krahujce (obr. 75).

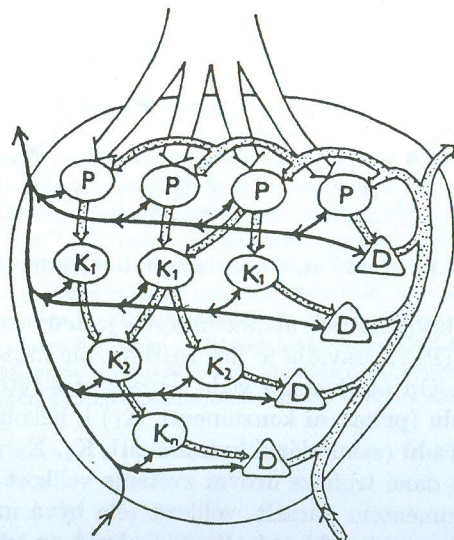


Obr. 75 Potravní řetězec; P – producent, K – konzument, D – dekompozitor

Prvním článkem každého potravního řetězce je tedy autotrofní organismus nazývaný **producent** (P). Zpravidla je jím rostlina, ale může to být i foto- nebo chemotrofní bakterie. Od producenta vede řetězec přes fytofágy a bakteriofágy, tj. **konzumenty 1. řádu (primární konzumenti, K₁)** k několika úrovním zoofágů, tj. **konzumentů vyšších řádů (sekundární konzumenti, K₂, K₃ atd.)**. V případě predátorů se obvykle na dané trofické úrovni zvětšuje velikost těla a počet jedinců klesá, pokud je konzumentem parazit, velikost těla bývá menší než na předešlé úrovni a jedinců je často více. Mrtvá těla organismů na všech úrovních (P, K₁ až K_n) jsou konzumována saprofágy a dekompozitory v tzv. **dekompozičním řetězci**. Ten vede zpravidla k menší velikosti jedinců, ale jejich vysokým počtům.

Vzhledem k tomu, že každá následující úroveň využívá jen malou část biomasy úrovně předcházející a k dalším ztrátám dochází při vlastním metabolismu na každé úrovni, jsou potravní řetězce jen výjimečně tvořeny více než 4 až 5 články a biomasa každé vyšší úrovně je vždy výrazně menší. V ekosystémech s vyšší primární produkcí je úměrně vyšší i sekundární produkce na všech úrovních, ale průměrná délka potravních řetězců se nemění. Zdá se, že délka potravních řetězců je tedy omezena množstvím energie. Přes logické zdůvodnění je toto vysvětlení řadou ekologů odmítáno, i když jiný pádný důvod omezené délky potravních řetězců nebyl předložen. Za omezující faktor délky řetězců je některými ekology považována s délkou rostoucí křehkost a klesající pružnost, tj. kratší řetězce se v proměnlivém prostředí snáze uchovávají a proto převládají.

Existence izolované, lineárně probíhající potravní řetězce je spíše teoretickou představou pro snadnější pochopení trofických vztahů. V reálných ekosystémech je většinou každý článek součástí většího počtu potravních řetězců. Tentýž druh se může uplatňovat na více trofických úrovních, může být zapojen do dekompozičního řetězce a současně být potravou parazitů i predátorů. Důležitou roli hraje šíře potravních nároků přítomných druhů (monofágové až pantofágové), střídání potravy (hostitelů) v průběhu jejich vývoje a existence potravních cechů (guild). Obecně obvykle převládají druhy oligo- až úzce polyfágní, směrem k monofágní i široké polyfágní až pantofágní druhů ubývá. Výjimkou jsou dekompoziční složky potravních sítí, které zpravidla vykazují převahu pantofágů. Potravní řetězce probíhají jak dlouhodobě, tak mohou mít jednorázový charakter. Potravní vztahy v ekosystému jsou často velmi spletité a díky nim vzniká tzv. **trofická (potravní) síť** neboli **trofická struktura ekosystému** (obr. 76). Složitost a míra propojenosti potravní sítě (nikoli délka řetězců) může podmiňovat autoregulační schopnosti ekosystému a zvyšovat jeho pružnost (nahraditelnost článků).



Obr. 76 Potravní síť ekosystému se směry toku energie. Podle Schuberta, 1986

6.5 Tok energie

Ekosystémy jsou otevřenými systémy s plnou platností termodynamických zákonů, tj. zákona o zachování energie a zákona o přeměně energie. Jsou to systémy energeticky závislé na vnějším prostředí. Rozhodujícím zdrojem energie v přírodních ekosystémech je energie sluneční. Trvalý tok energie ekosystémem je předpokladem jeho fungování a vývoje (obr. 77). Energetickou bilanci ekosystému (Q_n) můžeme vyjádřit následující rovnicí:

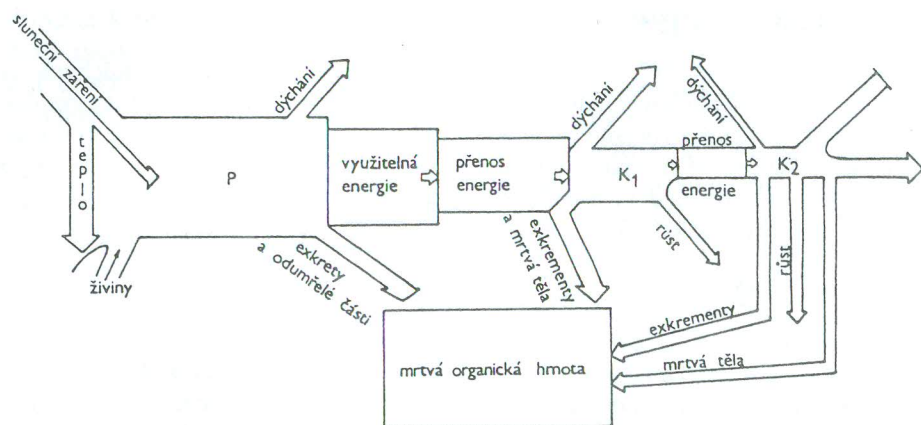
$$Q_n = I_v + I_i - I_e - Ex + Im - T \pm H - (F - R),$$

kde I_v a I_i jsou hodnoty ozáření v oblasti viditelné a infračervené, I_e je energie vyzařovaná ekosystémem (půdou, vodou, organismy) do prostoru, Ex a Im jsou množství energie vázané v exportované a importované organické hmotě, T je energie využitá při evapotranspiraci (za určitých okolností, při kondenzaci a tuhnutí vody, může mít kladné hodnoty), H výměna tepla s okolím, F energie fixovaná v hrubé produkci (fotosyntéza) a R představuje energetické ztráty (uvolňování tepla) při respiraci a rozkladných procesech. Dlouhodobě je celková energetická bilance ekosystému nulová (v průběhu dne obvykle pozitivní, v noci vždy negativní). Je-li rozdíl $F - R$ rovněž nulový, je ekosystém v rovnováze. Pokud je dlouhodobě $F < R$, ekosystém žije na úkor dříve vytvořené biomasy a dochází k jeho degradaci. Jestliže je naopak $F > R$, tj. narůstá biomasa, ekosystém se vyvíjí (sukcese). Analogicky je možné vyhodnotit energetickou bilanci jednotlivých trofických úrovní ekosystému i jednotlivých druhů organismů. Pak je nutné zohlednit rozdíly v příjmu energie zejména mezi autotrofy a heterotrofy, ale také mezi poikilotermy a homoiothermy. Energetickou bilanci ekosystémů může různě ovlivnit lidská činnost a antropogenně uvolňovaná energie, v nepatrné míře také vnitrozemské teplo.



Obr. 77 Důležité cesty toku energie ekosystémem

Tok energie ekosystémem znázorňuje velmi zjednodušeně obr. 78. Ze slunečního záření dopadajícího na zemský povrch je 47 % využitelných k fotosyntéze (tzv. **fotosynteticky aktivní radiace - FAR**). Z tohoto množství je přeměněno činností producentů (zelených rostlin) v energii chemicky vázanou asi 1 až 6 %



Obr. 78 Tok energie ekosystémem. Podle Stugrena, 1986

(průměrně 1,6 %). Zbývající energie slouží k ohřátí povrchu Země, a tím ovlivňuje klima, podmiňuje biogeochemické cykly a poskytuje teplo i samotným organismům.

Bylo spočteno, že i kdyby fotosyntetický aparát rostlin pohltit a použil veškeré fotosynteticky aktivní záření, bylo by fixováno maximálně 27 % FAR. Nejvyšší známé hodnoty využití FAR, až 22 %, byly zjištěny u řasových kultur. Z vyšších rostlin dosahují značné účinnosti rákos (*Phragmites australis*) se 4–7 % a skřipinec jezerní (*Schoenoplectus lacustris*) až 10 %. U kulturních rostlin se uvádí průměrná hodnota účinnosti 0,6 %, např. u řepy cukrovky 2,5 % a u pšenice 0,9 %. Příčiny poměrně malé účinnosti přeměny energie spočívají zejména v neúplné absorpci FAR, ve značných ztrátách v průběhu fixace, v omezené rychlosti přísunu CO₂, vody, minerálních látek a odvodu produktů fotosyntézy.

Značná část (10–75 %) fixované energie je spotřebována při metabolismu rostliny, zbytek (25–90 %) zůstává vázán v čisté produkci rostlinné hmoty. Z té je zkonsumováno obvykle 2–10 % (až 30 %) býložravci (ve vodních ekosystémech až 99 %) a 70–98 % saprofágy a mikroorganismy, příp. zůstává část energie fixována v nerozložených organických látkách a může přecházet do trvalé zásoby (viz koloběh uhlíku). Účinnost přenosu energie mezi producenty a primárními konzumenty se v závislosti na vývojové fázi a systematické příslušnosti živočicha i charakteru přijímané potravy pohybuje mezi 10 a 90 % (u bezobratlých většinou 20–50 %, u obratlovců 50–90 %). To znamená, že 10–90 % přijaté potravy je asimilováno a 10–90 % odchází ve formě výkalů a dalších nevyužitelných zbytků. Pro energii vázanou v tělech živočichů platí totéž co u rostlin. Značná část (30–99 %) chemicky vázané energie se mění v energii tepelnou při respiraci (u poikilotermů 30–92 %, u homoiotermů 95–99 %), zbytek je fixován v čisté produkci a je využitelný další trofickou úrovní.

Zoofágové zkonsumují 2–80 % čisté produkce fytofágů, zbytek (20–98 %) připadá na saprofágy a mikroorganismy. Účinnost přenosu energie je mezi trofickými

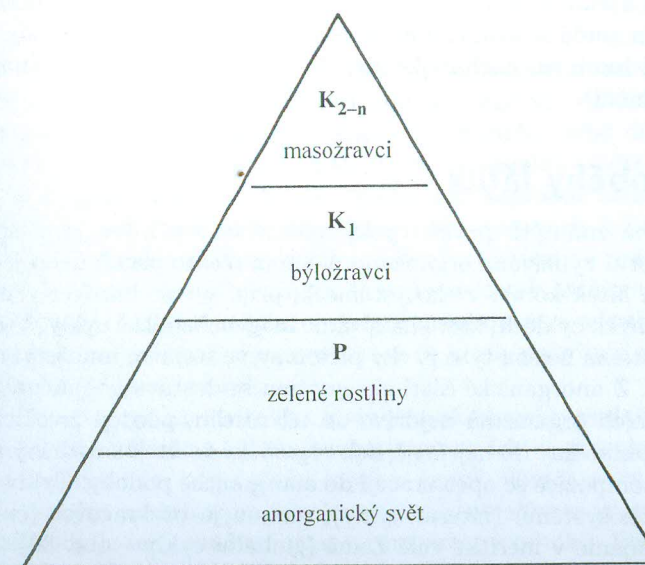
úrovněmi živočichů poněkud vyšší než mezi rostlinami a živočichy. Zjištěné hodnoty se pohybují mezi 30–96 %, u obratlovců je to nejčastěji 70–90 %, u bezobratlých 30–50 %. Asimilace potravy mikroorganismy v dekompozičních řetězcích je značně vysoká a pohybuje se kolem 90 %.

Při přenosu energie mezi jednotlivými trofickými úrovněmi i při životních procesech organismů samotných (respirace) se vždy část energie uvolňuje ve formě tepla. Tak se postupně množství chemicky vázané energie v trofickém řetězci zmenšuje, až je nakonec v ideálním případě organická hmota zcela mineralizována a veškerá energie přeměněna v teplo.

Ekosystémy, které člověk udržuje nejrůznějšími regulačními zásahy a z nichž odnímá část energie, např. v podobě úrody, vyžadují kompenzaci těchto ztrát ve formě tzv. **dotatkové energie** (hnojení, kultivace půdy atd.). Kromě sluneční energie pak hrají v energetické bilanci ekosystému důležitou roli i energie fosilních paliv, příp. energie atomová. V celkové energetické bilanci ekosystému je sice podíl dodatkové energie velmi malý (obvykle desetiny až setiny procenta FAR), ale ve vztahu k energii vázané v úrodě činí desítky procent.

6.6 Ekologické pyramidy

Ekologické pyramidy slouží ke schématickému znázornění trofické struktury ekosystému. Základem každé takové pyramidy je úroveň producentů a nad ní jsou umístěny další úrovně podle počtu článků příslušného potravního řetězce (obr. 79). Rozlišujeme **pyramidy početnosti** zachycující přímo počty jedinců, **pyramidy biomasy** znázorňující celkovou biomasu nebo pouze produkci a konečně **pyramidy energie** vyjadřující tok energie.



Obr. 79 Trofickou strukturu ekosystému lze znázornit pomocí různých typů ekologických pyramid

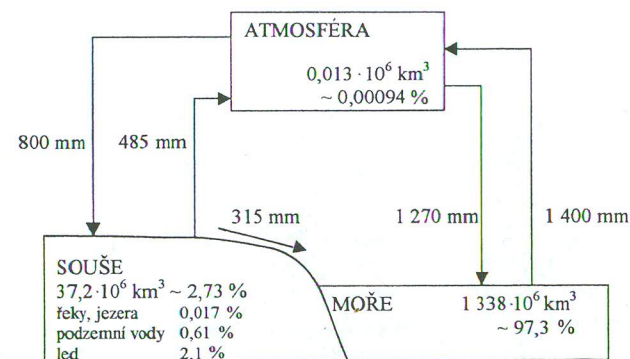
Pyramidy početnosti a biomasy mohou mít za určitých okolností převrácený, nebo nepravidelný tvar, to když je početnost nebo biomasa některé vyšší úrovně větší než na úrovni předcházející (např. hostitel–parazit nebo fytoplankton–zoo-plankton). Pyramida energie se vždy směrem nahoru zužuje.

6.7 Dekompozice

Odumřelá biomasa a všechny organické látky uvolňované organismy do vnějšího prostředí vstupují do dekompozičních potravních řetězců. **Dekompozice** se uskutečňuje obvykle v půdě, na jejím povrchu nebo na dně vod. Součástí dekompozičních řetězců jsou saprofágní konzumenti, jako např. půdní prvoci a hlístice, žížaly, pancířníci, chvostoskoci a larvy mnoha druhů hmyzu a mikroorganismy, tj. mikroskopické houby a bakterie. Saprofágové často požírají organické zbytky teprve až jsou pokryté nárůstem mikroorganismů (tzv. zchutňování). Kterýkoli z článků dekompozičního řetězce může být využíván znovu predátory i parazity. Trus saprofágů je vyluhován vodou, znovu porůstán houbami a bakteriemi a s nimi opět konzumován. Jednotlivé organické látky jsou různě stravitelné a rezistentní. Z látek rostlinného původu jsou nejobtížněji rozložitelné lignin a celulóza, z živočišných zbytků kosti, srst, peří, keratin apod. Dekompozici lze charakterizovat jako dva nezávisle probíhající procesy, **humifikaci** a **mineralizaci**. Ze sloučenin, které se uvolňují v průběhu dekompozice, je syntetizován humus (humifikace). Humus je odolnější vůči biologickému rozkladu než látky, ze kterých vznikl. Mineralizace je úplný rozklad organické hmoty až na výchozí anorganické látky, přičemž se uvolňuje zbytek chemicky vázané energie a CO_2 . Rozpustné minerální látky se pak opět mohou stát zdrojem výživy rostlin. Rychlost dekompozice rozhoduje o rychlosti koloběhu látek a produkci ekosystémů. Pokud probíhá dekompozice pomaleji než produkce, v půdě se hromadí organická hmota (např. rašelinště). V opačném případě ubývá humusu, dochází ke ztrátě živin a degradaci půd (např. tropické půdy po odlesnění).

6.8 Koloběhy látek

Téměř polovina známých prvků vyskytujících se v přírodě je alespoň v minimálním množství využívána organismy. Většina těchto prvků nebo jednoduchých anorganických látek koluje v ekosystémech, příp. v celé biosféře v určitých více méně pravidelných cyklech, které nazýváme **biogeochemické cykly**. V jednotlivých částech ekosystému nejsou tyto prvky přítomny ve stejném množství a stejné chemické podobě. Z anorganické části ekosystému se dostávají zejména prostřednictvím autotrofních organismů nejdříve do těl rostlin, později živočichů. V jejich tělech jsou zabudovány do nejrůznějších organických látek s rozličnými funkcemi. V procesu dekompozice se opět vrací do anorganické podoby. Cykly mohou probíhat uvnitř ekosystémů (interní cykly), mohou je překračovat (externí cykly) nebo je posuzujeme v měřítku celé Země (globální cykly – obr. 80). Rozhodující silou, která uvádí tyto cykly do pohybu je sluneční energie. Nejdůležitější jsou cykly vody, uhlíku, dusíku, fosforu, síry a kationtů draslíku, vápníku a hořčíku.



Obr. 80 Globální koloběh vody. Podle Slavíkové, 1986

Koloběhy některých prvků a látek podstatně ovlivňuje člověk. Odebírá některé prvky obsažené v surovinách a plodinách a naopak produkuje a uvolňuje do prostředí prvky jinak vzácné a mnohdy působící na organismy negativně. Narušení koloběhu látek může vést k vážným následkům v podobě snížení produktivity až destrukce ekosystémů. Proto jsou jednotlivé cykly i celkový koloběh látek v ekosystémech předmětem trvalého studia. Jako příklad uvádíme koloběhy vody, uhlíku, dusíku a fosforu.

6.8.1 Cyklus vody

Voda je v organismech i mimo ně zdrojem vodíku a kyslíku, je nezbytnou složkou prostředí a tvoří podstatnou část těl organismů. Zdrojem vody pro ekosystém jsou především vertikální (děšť, sníh), ale i horizontální atmosférické srážky (rosa, mlha), v některých případech přítok. V našich podmínkách dosahují srážky 400 až 2 100 mm za rok. Srážky se zachycují buď na vegetaci, odkud se vypařují, jsou absorbovány rostlinami, stékají a okapávají na půdu, nebo dopadají přímo na půdní povrch. Na povrchu půdy voda vsakuje, povrchově odtéká a částečně se odpařuje. Vsáknutá voda se udržuje v půdě jako **kapilární voda**, nebo se dostává až k hladině **podzemní vody**. Kapilární voda vystupuje k povrchu a opět se vypařuje nebo je čerpána kořeny rostlin. Odpařování vody z neživých i živých povrchů se nazývá **evaporace**. Rostlinami je voda vedena k listům a rovněž odpařována (**transpirace**). Celkové množství vody transpirované a odpařené z povrchů nazýváme **evapotranspirace**. Evapotranspirace se u nás pohybuje mezi 3 a $7 \cdot 10^3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tj. 300 až 700 mm) za rok.

Povrchovým a podzemním odtokem vody jsou zásobovány vodní toky. Velikost povrchového odtoku závisí na sklonu svahu, stavu půdy a charakteru vegetace. Příkré svahy s narušeným vegetačním krytem (např. likvidace lesního porostu) se projevují vysokým povrchovým odtokem provázeným často silnou vodní erozí. Celkový výdej vody je tedy součtem evapotranspirace a odtoku. Poměr těchto veličin je v jednotlivých ekosystémech a oblastech Země různý, obdobně jako poměr srážek a výparu (oblasti aridní a humidní). Část vody zůstává fixovaná v přírůstku biomasy ekosystému (obr. 80, 81).