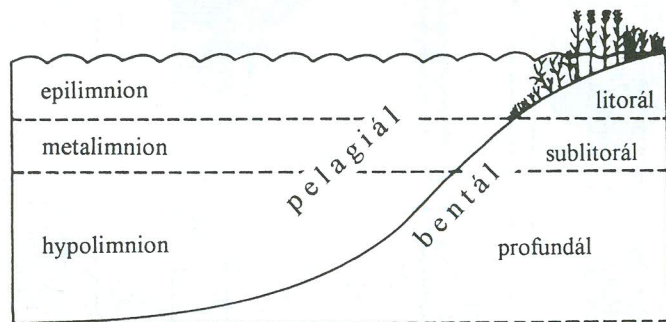


degradaci a prudkému poklesu produkčních vlastností. Nápravná opatření pak představují další značně vysoké energetické vstupy.

Hodnoty energetických vstupů a jejich podíl k energii vázané v úrodě (tj. technologická účinnost) jsou u jednotlivých plodin značně rozmanité a liší se také zejména podle úrodnosti půdy. Například u pšenice představují energetické vklady 15–40 % úrody, u kukuřice na zrno až kolem 50 %, u cukrovky asi 25 %, u brambor 40–45 % a u vojtěšky 5–15 %. Při ekologickém způsobu pěstování jsou ve srovnání s konvenčním hospodařením například u obilnin energetické vstupy o 30–60 % nižší a úroda je podle plodiny menší o 10–35 %. Ekonomika pěstování dané plodiny však není odrazem uvedené technologické účinnosti, ale je určována především cenou produktu.

6.10.4 Ekosystém rybník

Rybník představuje uměle vytvořený, prostorově více méně zřetelně vymezený ekosystém. Na jeho příkladu si stručně popíšeme obecné struktury i procesy ve všech stojatých sladkovodních ekosystémech. Prostorové členění tohoto ekosystému je částečně závislé na jeho velikosti a zejména hloubce vody (obr. 93). Rozli-



Obr. 93 Prostorové členění stojatých vod

šujeme zde oblast volné vody – **pelagiál** a dno – **bentál**. Pelagiál se dále dělí podle světelných, příp. teplotních poměrů a životních procesů na svrchní **epilimnion** (eufotická vrstva) a spodní **hypolimnion**. Obě vrstvy odděluje přechodná zóna zvaná **metalimnion**. Eufotická vrstva je dobře zásobená světlem a probíhá v ní produkce organické hmoty, proto bývá nazývána také **zóna trofogenní**. Hypolimnion, kde je naopak světla nedostatek a převládají rozkladné procesy, tvoří **zónu trofolytickou**. Část dna, která odpovídá epilimnionu a kde se obvykle vyskytuje kořeničky vegetace, se nazývá **litorál**. Zbývající, neosvětlenou část bentálu označujeme **profundál**. Spodní část litorálu, tzv. **sublitorál** odpovídá metalimnionu. Litorál zasahuje do různé hloubky, především v závislosti na průsvitnosti vody a množství živin. V mělkých nádržích (močály, tůně) nemusí být profundál vůbec přítomen.

Prostor nádrže obývají dílčí společenstva organismů. Nejvýznamnější z nich jsou:

- **plankton** – společenstvo drobných, málo pohyblivých a většinou pasivně přenášených organismů ve vodním sloupci; dělí se na fito- a zooplankton,



Obr. 94 Rybníky jsou často bohaté na živiny a jejich primární produkce je vysoká; Salka, jižní Slovensko

- **nekton** – společenstvo aktivně pohyblivých živočichů; patří sem především ryby,
- **neuston** – společenstvo organismů povrchové vodní blanky (prvoci, vířníci),
- **pleuston** – společenstvo žijící na hladině (vodoměrky, bruslačky aj.),
- **bentos** – společenstvo organismů dna nádrže.

Primární produkci zajišťují zástupci fytoplanktonu (zelené řasy, sinice, rozsvivky) a plovoucí nebo kořeničky vyšší rostliny (okřehek, leknín, rdest, rákos, orobinec). Velikost primární produkce je ovlivněna teplotou a množstvím živin (N, P, K, Ca). V **oligotrofních** nádržích chudých na živiny je primární produkce malá, vzniklá organická hmota je rychle spotřebována a mineralizována. V **eutrofních** nádržích (obr. 94) s dostatkem živin vzniká velké množství organické hmoty, která klesá do hypolimnionu. Tam se těla organismů postupně rozkládají, přičemž dochází ke značné spotřebě kyslíku a tím často ke kyslíkovým deficitům. **Dystrofní** nádrže se vyznačují vyšším obsahem huminových látek a nedostatkem minerálních živin. Mají velmi nízké pH a poměrně málo kyslíku, což brzdí rozvoj planktonu i dalších organismů a omezuje mikrobiální rozkladné procesy. Proto se v těchto nádržích hromadí velké množství nerozložené organické hmoty. Nádrže tohoto typu se vyskytují v oblastech rašelinišť.

Hodnoty roční primární produkce jsou z uvedených důvodů značně rozdílné a pohybují se od několika desítek kg sušiny na hektar u chladných oligotrofních nádrží po několik desítek tun u teplých, mělkých a silně eutrofizovaných vodních ploch. Primární produkce produkčního rybníka se pohybuje kolem $6 \cdot 10^3$ kg sušiny ha^{-1} za rok.

Vytvořená primární produkce je konzumována množstvím pelagických i bentických druhů živočichů a rozkládána mikroorganismy. Fytoplankton je požíran,

zejména zooplanktonem, který je tvořen zástupci prvoků, vířníků, koryšů, roztočů apod. Vyššími rostlinami se živí například vodní plži, příp. někteří hlodavci. Býložravé ryby konzumují jak fytoplankton, tak porosty kořenících rostlin. Býložravci jsou potravou četných druhů zoofágů. Z těch jsou významné mnohé druhy prvoků, hlístic, koryšů, larvy některých druhů hmyzu, dravé ryby, larvy i dospělci obojživelníků. Mezi bentickými druhy převládají formy dravé a saprofágní. Biomasa ryb je v našich rybnících kolem $100\text{--}400\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, roční produkce průměrně $70\text{--}290\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Podobně jako u jiných produkčních ekosystémů je nutné i zde kompenzovat ztráty způsobené výlovem ryb energetickými dodatky (hnojení rybníků, krmení ryb).

6.10.5 Ekosystém řeka

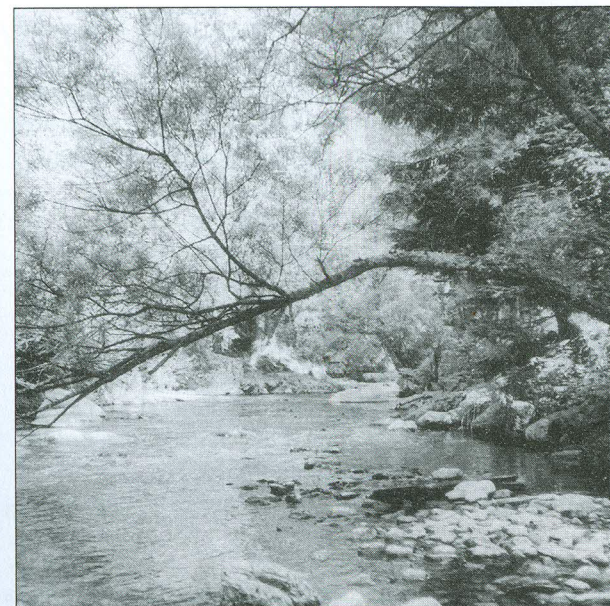
Rozhodující rozdíly proti ekosystémům stojatých vod jsou dány prouděním vody, obsahem kyslíku a horizontálním členěním toku na rozdíl od vertikální zonace vod stojatých. Důležitým faktorem je i přísun látek a energie prostřednictvím přítoků a splachů z okolí a současně ztráty vznikající odtokem.

Celý vodní tok členíme zejména podle rychlosti proudu, teploty a obsahu kyslíku na tři úseky. Prameniště toku tvořené pramenem a jeho odtokem nazýváme **krenal**, horní a část středního toku **rhitrál**. Rhitrál je bohatý na kyslík, vyznačuje se rychlým prouděním vody, průměrnými letními teplotami pod $20\text{ }^\circ\text{C}$ a šterkovitým nebo kamenitým dnem. **Potamal** s menším obsahem kyslíku a jeho možnými deficity, mírnějším prouděním vody, průměrnými letními teplotami nad $20\text{ }^\circ\text{C}$ a obvykle písčitém nebo bahnitým dnem zahrnuje spodní část středního toku a dolní tok. Na základě výskytu ryb jsou tekoucí vody tradičně členěny na čtyři rybí pásma – **pstruhové** a **lipanové** (odpovídají rhitrálu) a **parmové** a **cejnové** (odpovídají potamalu – obr. 95).

krenal	pramen a pramenná stružka	
rhitrál	horní tok	pásmo pstruhové
	střední tok	lipanové
potamal		parmové
	dolní tok	cejnové

Obr. 95 Různé přístupy k členění tekoucích vod

Proudění vody výrazně ovlivňuje utváření společenstev tekoucích vod i morfologii jednotlivých druhů. Plankton kromě omezených úseků s minimálním prouděním není přítomen, nekton je zastoupen rybami. Většina organismů obývá dno toků a je vybavena adaptacemi, které jim umožňují udržet se v rychlém proudu. Mezi tyto adaptace patří trvalé přilnutí k podkladu, přítomnost přísavek a háčků na končetinách nebo jiných částech těla, zploštělý nebo proudnicovitý tvar těla,



Obr. 96 Proudění tekoucích vod ovlivňuje abiotické podmínky a vyvolává vznik různých adaptací organismů

pozitivní **rheotaxe**, tj. pohyb proti proudu apod. Kromě toho vyhledávají živočišné často klidnější místa, ukrývají se pod kameny nebo se zahrabávají do písku a bahna (obr. 96).

Primární produkci vodních toků zajišťují částečně vodní rostliny, a to různé druhy řas, rozsivek, mechů a některých vyšších rostlin. Značné množství organické hmoty se však do toků dostává z okolních terestrických ekosystémů. Zoocenózy rhitrálu jsou tvořeny některými druhy ploštěnek, larvami jepic, pošvatek, chrostíků, některých druhů brouků, z dvoukřídlých jsou časté larvy muchniček. Ryby jsou zastoupeny především lososovitými. V potamalu se setkáváme s druhy méně náročnými na množství a kolísání kyslíku a snázejícími nebo vyžadujícími vyšší teplotu. Časté jsou opět larvy některých druhů jepic a pošvatek, larvy vážek, chrostíků, z dvoukřídlých zvláště pakomárovití, z ploštíc klešťankovití, některé druhy vodních brouků, dále četní zástupci vodních plžů a mlžů, i mnozí máloštětinatci a pijavice. Z ryb jsou početní zejména kaprovití.

Přísun živin (eutrofizace), ale i celkové znečištění vod ovlivňuje jejich kvalitu i složení biocenóz. Přítomné společenstvo organismů je poměrně dobrým ukazatelem stavu znečištění. Byla vypracována stupnice znečištění vod založená především na obsahu organických látek podléhajících rozkladu. Z této stupnice se v našich povrchových vodách setkáme obvykle s následujícími stupni znečištění (saprobity):

1. **xenosaprobity** – nejčistější vody s minimem rozkladných procesů; zahrnují oblast pramenů a horní úseky horských potoků; charakteristická je přítomnost druhů psychrofilních a náročných na vysoký obsah kyslíku. Indikačními druhy jsou rozsívka *Diatoma hiemale*, sinice *Chamaesiphon cataractum*, ploštěnka

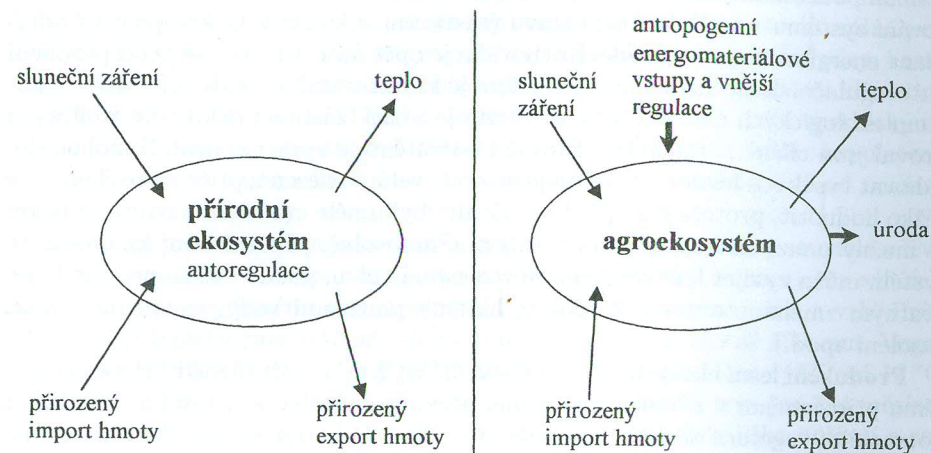
horská (*Crenobia alpina*), plž *Bithynella austriaca* a larvy jepice *Ameletus inopinatus*.

- oligosaprobita** – velmi čisté vody bez antropogenního znečištění; zahrnují dolní část pstruhového a horní úsek lipanového pásma. Charakteristickými druhy jsou zelená řasa *Tetraspora gelatinosa*, ploštěnka *Dugesia gonocephala*, jepice *Rhitrogena semicolorata* a pošvatka *Dinocras cephalotes*.
- β -mezosaprobita** – poslední stupeň přirozeného znečištění; patří sem v přirozených podmínkách zbývající úseky toků. Význačné pro tento stupeň jsou například sinice rodu *Microcystis*.
- α -mezosaprobita** – vody znečištěné organickými odpady; dochází k rozkladným procesům provázeným úbytkem O_2 a změnou pH; příležitostně deficity O_2 vedou k hynutí ryb; biocenózy jsou chudší ve srovnání s předcházejícími stupni, ale přítomné odolné druhy mohou dosahovat vysokých abundancí. Patří k nim například bičíkovec *Chilomonas paramecium*, pijavka *Erpobdella octoculata*, beruška vodní (*Asellus aquaticus*), nitěnky a larvy pakomárů.
- polysaprobita** – vody silně znečištěné, často zcela bez kyslíku; rozkladné procesy jsou pomalé a samočistící schopnost minimální; ryby přítomny nejsou, z dalších živočichů jsou zastoupeny druhy zvláště odolné k nedostatku O_2 (nitěnky). Charakteristický je masový výskyt bakterií *Bacterium vulgare*, *Spirillum undularis* a *Beggiatoa alba*, bičíkoviců a nálevníků, nitěnek a larev pakomárů rodu *Chironomus*.

6.10.6 Srovnání přirozeného a antropogenního ekosystému

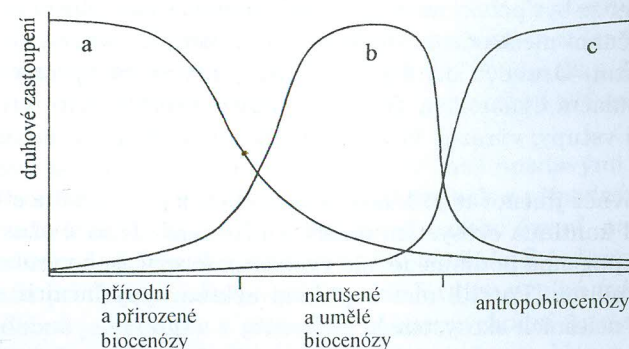
Vzájemné srovnání přirozeného a antropogenního ekosystému je možné pouze ve zcela obecné rovině. V rámci přirozených ekosystémů najdeme totiž značné rozdíly mezi klimaxovými a sukcesními stádii a dokonce i různé typy klimaxů se mohou výrazně lišit například v druhové diverzitě, strukturální složitosti, produktivitě, koloběžích látek i stabilitě. Ještě větší rozdíly existují mezi antropogenními ekosystémy. Zde hraje roli jednak funkce ekosystému (produkční, neprodukční), jednak míra jeho autotrofie a závislosti na antropogenním udržování. Zásadní rozdíl mezi přirozeným a antropogenním ekosystémem spočívá v energetických a materiálových vstupech, které jsou u prvního vždy pouze přírodního původu, zatímco u druhého tvoří různě velký podíl vstupy antropogenní (obr. 97). Uvedme si některé znaky zcela odlišných typů antropogenních ekosystémů, jako jsou laboratorní kultura mikroorganismů, akvárium, městský ekosystém, agroekosystém, lesní produkční ekosystém a ruderalní ekosystém. U většiny antropogenních ekosystémů kromě posledních dvou jmenovaných se člověk snaží nastolit rovnováhu, která by zaručovala jejich relativní dlouhodobou stálost (u produkčních stabilizovanou produkci). Tato antropogenní rovnováha je často v rozporu s působením autoregulačních mechanismů systému, které směřují k nastolení přírodní rovnováhy. Hovoříme-li tedy o rovnováze antropogenních ekosystémů, jde vždy o rovnováhu uměle udržovanou často v návaznosti na sociálně-kulturní a ekonomické podmínky – tedy o rovnováhu přesahující hranice přírodních procesů.

Laboratorní kultura mikroorganismů je plně závislá na energetických a materiálových vstupech, její diverzita je nepatrná, resp. určená člověkem. Podobná



Obr. 97 Vstupy energie a hmoty přirozeného ekosystému a agroekosystému

situace je i v případě **akvária**, které však při určitém způsobu řízení (osvětlení, teplota, živiny) může představovat dlouhodobě rovnovážný ekosystém, který může být dokonce modelovým objektem studia stabilizačních mechanismů. Fungování **městského ekosystému** je plně podmíněno značnými energetickými a materiálovými vstupy i výstupy a míra autotrofie je nepatrná. Rovnováha je uměle udržovaná na sociálně-ekonomickém pozadí. Druhová diverzita je velmi nízká a až na výjimky i hustoty přítomných druhů. Absolutně převládají r-strategové a značný podíl tvoří druhy synantropní (obr. 98). Mezi synantropy převládají druhy ob-



Obr. 98 Zastoupení druhů přirozených společenstev (a), kulturocenóz (b) a druhů synantropních (c) v různých prostředích. Podle Povolného a Šustka, 1985

těžující domácí zvířata i člověka, druhy hygienicky závadné (přenašeči původců chorob, cizopasníci) a skladištní škůdci. O stabilitě systému v ekologickém smyslu lze těžko hovořit.

Agroekosystém na rozdíl od předcházejících ekosystémů je ve vysoké míře autotrofní, závislý na energii slunečního záření. Antropogenní vstupy jsou sice nutné,