

3. Holistický přístup ke struktuře a funkci mokřadů a jejich degradaci

Wilhelm Rippl, Jan Pokorný, Martina Eiseltová a Steve Ridgill

Holistický přístup k péči o mokřady

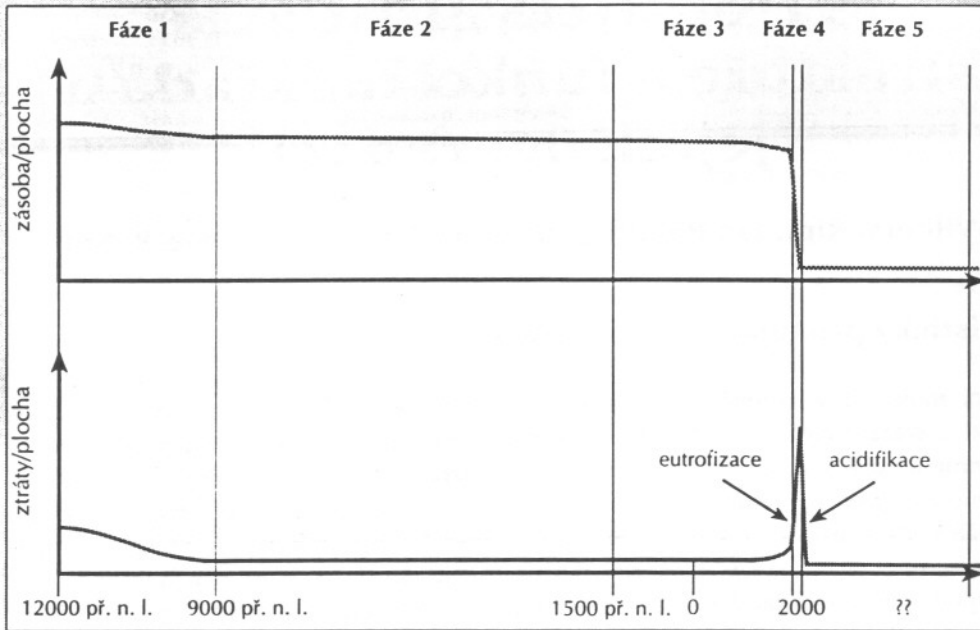
Funkci mokřadů v krajině a jejich možnou degradaci můžeme pochopit pouze při pečlivém zvážení všech procesů v prostoru a čase, tedy aplikací tzv. holistického přístupu. Uvedeme-li do souvislosti pochody živých organismů, koloběh vody a spotřebu energie, uvidíme tyto procesy v novém světle. Porozumění, jak jsou energeticky řízené procesy, koloběh vody a procesy živých organismů vzájemně propojeny a na sobě závislé, nám umožní nový pohled na destabilizující vlivy člověka na ekosystémy. Holistický přístup k hospodaření s mokřady je předpokladem pro napravení současné nerovnováhy a obnovení stability systému.

Stav a pravděpodobná délka života povodí a v něm se vyskytujících přirozených vodních systémů jsou určovány účinností systému snižovat odtok neobnovitelných rozpuštěných látek z povodí. Člověk tyto ekosystémy destabilizuje náhodným rozdělováním energie v prostoru i v čase, což vede ke snížení efektivity systému (a tedy i stability) a velkému nárůstu nevratných ztrát látek. Během posledních sta let se nevratný odtok látek (zejména bazických kationtů) povrchovými vodami do moře často více než stonásobil, takže ztráty látek ze zemědělských ploch mnohdy převyšují jednu tunu z hektaru za rok. Používání umělých hnojiv tyto ztráty těžko nahradí, neboť dusík a fosfor představují dohromady pouhé 1 až 2% odnesené hmoty.

Necitlivé hospodaření člověka v krajině narušilo koloběh vody i jeho propojení s tokem energie a transportem látek. Nezbytným předpokladem pro snížení ztrát vody a látek z krajiny je obnova vegetace a vodou nasycených půd. Mokřady, jež účinně disipují energii v prostoru a čase, pomáhají zvlhčovat podnebí, zkracovat a uzavírat koloběh vody, udržovat vysokou hladinu podzemní vody, udržovat vysoký obsah živin a minerálních látek v půdě a tím minimalizovat jejich ztráty. Při obnově a novém rozvoji povodí a jejich přirozených vodních ekosystémů je nutno vzít v úvahu všechny tyto aspekty.

Historický vývoj krajiny

Paleolimnologické výzkumy jihošvédských jezer, které vedl na začátku 70. let Digerfeldt a jež byly zaměřeny na pochopení vývoje krajiny, odhalily podmínky panující v povodí od



Obrázek 1. Plošné ztráty látek odnesených vodou v postglaciálním období ze severoevropských povodí.

Fáze/časové období	Vývoj reaktivity a koncentrace nábojů v recipientních vodách		Odtokový faktor bazí	Odtokový faktor živin
	pH	vodivost $\mu\text{S cm}^{-1}$		
Fáze 1: 12000–9000 př. n. l. Pionýrská vegetace	6,5–8	20–200	2–3	2–10
Fáze 2: 9000–1500 př. n. l. Klimaxové poměry	6,5–8	10–40	1	1
Fáze 3: 1500 př. n. l.–1850 n. l. Rozvoj lidské společnosti	4–9	30–300	2–5	5–100
Fáze 4: 1850–2000 Desertifikace	3–11	50–1000	5–100	10–1000
Fáze 5: po r. 2000 Obnova před dalším zaledněním?	4–10	klesá	nízký	klesá

posledního zalednění. Zpočátku (12 000 př. n. l.), těsně po ústupu zalednění, byla rychlost zanášení jezer poměrně vysoká (obrázek 1). Během dalších 3 000 až 4 000 let se rychlost sedimentace jednotlivých látek postupně snížila 4–10krát. Nízká rychlost sedimentace (0,1–0,2 mm za rok) se od té doby udržovala na dosti stabilní úrovni až do druhé poloviny 19. století. Prudké zvýšení sedimentace nastalo, když města a příměstské zóny začaly odvádět své splašky do jezer; tehdy se rychlost ukládání zvedla téměř stokrát na 8–10 mm za rok. Studium různých parametrů jezerních ekosystémů odhalilo vysoký stupeň autokorelace, to znamená, že organické látky, živiny (zejména fosfor a dusík) a bazické kationty (např. vápník a hořčík), vykazovaly stejný relativní průběh ukládání do sedimentů (Digerfeldt 1972).

Zvážení těchto faktů vede k několika závěrům:

- rychlost zanášení jezera je přímo úměrná intenzitě procesů v prostoru a v čase, které probíhají na území povodí;
- všechny děje v povodí jsou propojeny a jejich energie a potenciály jsou usměřovány vývojem vegetace;
- množství látek přitékajících do jezera je nepřímo úměrné zvyšující se organizaci biocenózy v krajině;
- narušení přirozeného vegetačního pokryvu má za následek značné zvýšení odtoku látek z krajiny do vodních systémů;
- rostoucí množství látek, které se neuloží do sedimentů je nenávratně odnášeno do moře;
- existuje závislost mezi množstvím látek uložených v sedimentech a nenávratně odnesených (do moře), která je dána hydrografií krajiny, morfometrií jezerního dna a metabolickými procesy v jezeře;
- pro určitou morfometrii dna vyšší metabolismus vyústí v relativně nižším zadržování látek v jezeře. Tato závislost ovšem není lineární, nýbrž je ovlivněna časoprostorovou distribucí cenózy. Například rychle se obnovující biofilmy s vysokým metabolismem na povrchu makrofyt (perifyton) zadržují mnohem více látek než společenstvo planktonu;
- z předchozích závěrů vyplývá, že ochrana vody by se měla provádět řízením procesů a toku látek v krajině a ne jen pouhou ochranou vodních ekosystémů;
- hlavní příčiny degradace vodních ekosystémů se objevily současně s velkoplošnými zásahy do přirozených rostlinných porostů a manipulacemi s vodním režimem, které vedly k náhradě uspořádané struktury v krajině vzrůstající neuspořádaností.

Výše uvedené body ukazují, že holistický přístup k integrovanému systému krajiny a transportu vody je pro obnovu životního prostředí nezbytný. Výrazné zvýšení odtoku látek a celkové zhoršení fungování krajiny je spojeno s rozvojem průmyslové společnosti a jejích typických příznaků (např. rozšiřování zastavěných ploch na úkor rostlinného

pokryvu), což s sebou přináší snížení ochlazovací schopnosti vegetace v důsledku narušení jejich disipačních schopností (tj. distribuce energie, potenciálů a procesů v krajině).

Koloběh vody a ztráty látek

Hlavním předpokladem rozumného využívání krajiny a vodních zdrojů je pochopení úlohy energie a jejího dynamického činitele – vody. V přírodě je voda téměř výlučně médiem, v němž se uskutečňují transportní a chemické reakce. Kvalita i kvantita vody v krajině a s ní spojených vodních systémech jsou téměř zcela určovány energií a její časovou a prostorovou distribucí a interakcemi s převládajícími porosty. Porosty rozdělují energii mezi vodní evaporaci, chemický rozklad a biologickou produkci. Všechny tyto procesy jsou procesy ochlazovací, jejichž protějšky v koloběhu vody jsou procesy oteplovací: kondenzace, srážky a dýchání. Koloběh vody tedy můžeme považovat za energetický převaděč, který usměrňuje energii do disipačních cyklických dějů podle své vlastní struktury v daných podmínkách prostředí.

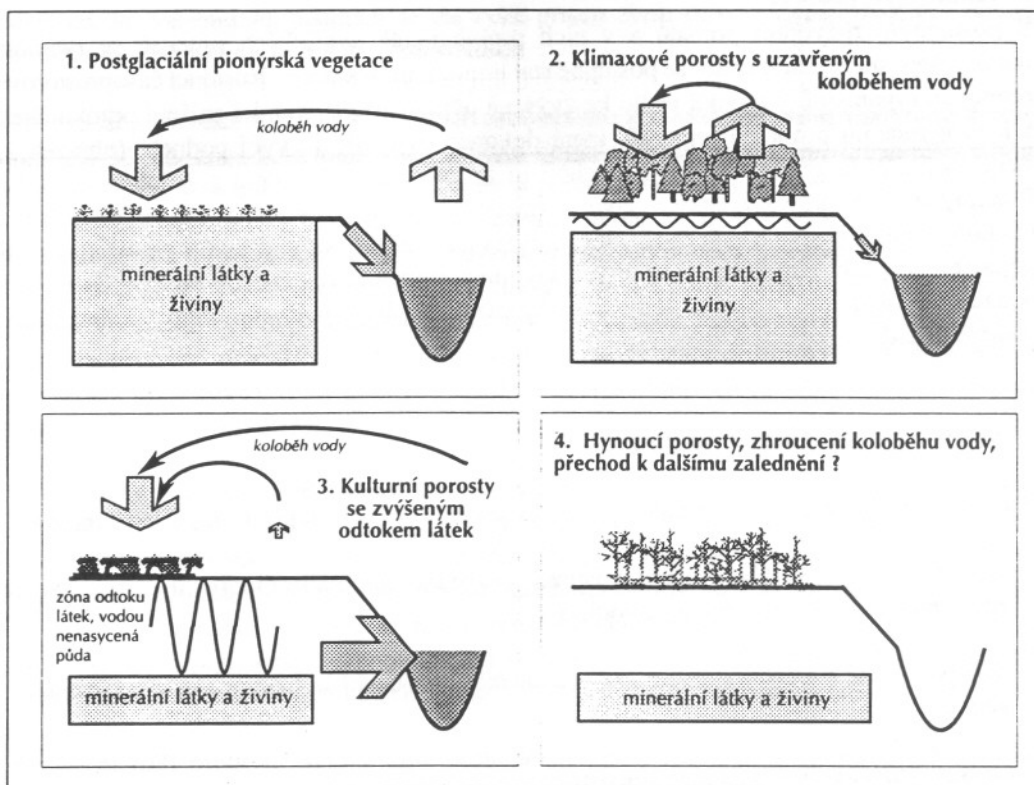
Energie-Transport-Reakce (ETR) model

Vztahy mezi energií, vodním transportem, fyzikálními, chemickými a biologickými procesy jsou popsány v novém ekologickém modelu nazvaném ETR model, který navrhl první autor (detailněji Rippl 1992, 1995). Ekosystémy díky své struktuře, která je ve fázi s pravidelnými pulsy energie (během dne a noci), jsou **optimálními disipačními procesory energie**, k jejichž disipaci dochází prostřednictvím koloběhu vody. Člověk zaváděním náhodných prvků do systému zasahuje do pravidelně fázovaného příkonu energie a její pravidelné disipace vybranými, optimalizovanými porosty. **Spotřeba fosilní energie spojená s dopravou materiálů má za následek nadměrný tok energie a látek.** Degradace biocenóz a narušování koloběhu vody vedou ke stále se zhoršujícím ochlazovacím schopnostem krajiny. Důsledkem toho vznikají mimořádné výkyvy, které způsobují vysoce nepravidelné narušování přirozených systémů, jež se projevuje čtenějším výskytem záplav a sucha, teplotními extrémy, abnormálními podmínkami v horních vrstvách atmosféry, masovým odumíráním rostlinných i živočišných společenstev atd., tedy procesy náhodně rozdělenými v prostoru i v čase.

Vývoj rostlinného krytu

Koloběh vody, vývoj rostlinného pokryvu a regulace odtoku živin spolu úzce souvisejí. Pro lepší pochopení těchto souvislostí a jejich důsledků, včetně rušivého vlivu člověka je níže podrobněji uveden vývoj krajiny od konce posledního zalednění. Obrázek 1 znázorňuje plošné ztráty živin vodním transportem v postglaciálních severoevropských povodích v pěti časových fázích, které korespondují s 1) rozvojem vegetace, 2) klimaxovou vegetací, 3) rušivým vlivem člověka způsobeným rozvojem zemědělství, 4) dramatickými následky průmyslového věku a 5) předpovídaným zhroucením koloběhu vody. Vývoj rostlinného

Obrázek 2.
Koloběh vody a odtok
látek během různých
stadií vývoje krajiny od
doby posledního
zalednění.



krutu a plošné ztráty živin jsou schematicky zachyceny na obrázku 2, kde čtyři stadia podobně korespondují s výše uvedenými: 1) pionýrská a 2) klimaxová vegetace, 3) rušivé působení člověka, a 4) zhroutil koloběh vody.

Ve vývoji krajiny se dají rozlišit dvě stadia nebo-li fáze (obrázek 2, stadium 1 a 2) :

1. *ustavovací fáze* s expanzí organismů, vyvíjejícími se strukturami a klesajícími ztrátami živin, a
2. *doplňovací fáze nebo-li fáze vytvářejících se vzájemných vazeb*, v níž roste stabilita systému a ztráty jsou minimální.

1. Postglaciální pionýrská vegetace

Rozvoj vegetace a půd začal po ústupu ledovců, kdy vodní toky formovaly krajinu tříděním ve vodě rozpuštěného a vodou unášeného materiálu. Díky zvýšenému přívodu živin, způsobenému chemickou povrchovou erozí a vytvářením půd, se zvýšila biologická aktivita a metabolické procesy ve vodě. S rozvojem vegetace byly z půdy odebrány ionty, při tom se spotřebovalo určité množství energie, pH se snižovalo a rozpuštěné ionty se zpřístupnily dešťové erozi. Proto byl v této fázi odtok látek zpočátku vysoký (obrázek 2, stadium 1), ale s rozvojem zapojeného vegetačního krutu v celém povodí se tyto ztráty postupně snižovaly.

2. Klimaxové porosty

S postupným rozvojem porostů a v nich probíhajícími cyklickými procesy se rychlost odtoku látek snižovala. Prostor se postupně stal limitujícím faktorem. Rostoucí časoprostorové propojení organismů v povodí vedlo ke zvýšené účinnosti systému, ke snížení odtoku látek a k vzájemnému propojení procesů, které dokonce ovlivnily i vývoj podnebí (obrázek 2, stadium 2). Půda se stala styčnou plochou mezi vegetací, substrátem a koloběhem vody. Rostliny zde recyklovaly látky a živiny, regulovaly koloběh vody, primární produkci a hladinu energie pomocí evapotranspirace. Rozklad detritu byl regulován prostřednictvím koloběhu vody. Systém se stal uzavřeným, s minimálními ztrátami; značné ztráty způsobovala pouze čistá produkce (sklizeň). Narůstající biomasa získávala potřebné ionty z minerálního podloží (snadno rozpustné minerály).

Degradace rostlinného krytu

Další dvě stadia (obrázek 2, stadium 3 a 4) ukazují následky zásahů člověka v krajině:

3. *fáze narušování systému* charakteristická zvýšenou mineralizací organických látek a zrychleným odtokem látek z povodí, a
4. *fáze přechodu k dalšímu zalednění* v důsledku zhroucení koloběhu vody a odumření vegetace.

3. Zásahy člověka a degradace porostů

Klimaxové porosty se zachovaly v severní Evropě zhruba do r. 1500 př. n. l., kdy je člověk začal se stoupající intenzitou kultivovat. Nicméně ve srovnání s dneškem bylo v této době zemědělství zaměřeno téměř výlučně na přímé lidské potřeby, hospodaření bylo ve shodě s prostorovými a časovými fázemi a bylo méně náhodné ve vztahu k dynamice vody určující ztráty látek. Rušivé zásahy do struktury systému již sice vedly ke snížení jeho termodynamické účinnosti (co nejnižší ztráty látek), ale to stále ještě mohlo být tlumeno využíváním látek uložených v povrchové vrstvě půdy. Při tehdejší nízké populační hustotě, samoregulační mechanismy uvnitř systému ještě dovolovaly trvale udržitelný rozvoj.

Přechod k usedlému zemědělství a klučení lesů znamenal značné zvýšení úniku látek z povodí. Rozšiřování ploch zemědělské půdy vedlo k vypalování lesů a následným ztrátám na živiny bohatého popela. Stoupající tok živin byl nicméně využit na další rozšíření břehové vegetace řek a jezer. To pomáhalo udržet nadbytečné živiny v rostlinné biomase a rychlost sedimentace ve většině jezer a řek, stejně jako obsah živin ve vodě, byly stále velmi nízké.

V rozvíjejícím se zemědělství šly první sklizně na účet mineralizace existující organické hmoty. Nicméně pokračující mýcení lesů, obnažení půdy, odvodňování zemědělské půdy a rostoucí osídlení podél řek, kterých se začalo využívat pro dopravu a první manuální výroby, zrychlily ztráty látek z povodí. Snižování hladiny vody způsobené člověkem zvýšilo rychlost mineralizace a vedlo ke ztrátám látek z vodou nenasycené půdní zóny (obrázek 2,

stadium 3). Ve vodních nádržích se dá vyšší přísun živin doložit vyšší rychlostí ukládání sedimentů, což svědčí o počátku eutrofizace.

Před zásahy člověka byla elektrická vodivost (měřítko koncentrace iontů) v povrchové vodě cca 10–30 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (což odpovídá kvalitě dešťové vody odtékající z povrchu území s neporušenou soustavou huminových látek schopných udržovat vlhkost). Odtok fosforu je za stejných podmínek, tj. při neporušené vegetaci, okolo 10 $\mu\text{g P l}^{-1}$ nebo méně, dusíku cca 50–300 $\mu\text{g N l}^{-1}$. Elektrická vodivost v severoevropských povodích postupně stoupla na cca 150–250 $\mu\text{S cm}^{-1}$ v důsledku rostoucího vymývání látek z půdy. Tento člověkem způsobený vzrůst vodivosti byl doprovázen pětinasobným zvýšením koncentrace fosforu a dusíku. Potřeby primární produkce se zpočátku hradily mineralizací organických látek, avšak po vyčerpání dostupných živin bylo pro udržení intenzivního zemědělství nezbytné dodávat živiny do půdy s hnojivy.

Růst měst v průmyslové éře přinesl dramatické skoky v úniku látek. Voda většinou čerpaná z podzemí se vypouštěla do povrchových vod spolu s hnojivými splašky. Na přelomu 20. století stoupla vodivost na více než 300 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Porosty, zatížené nad únosnou mez samoregulace, většinou ztratily schopnost zadržovat živiny ve vodním systému. Rozpětím či mezi samoregulace porostů se myslí regulace celkového oběhu látek, který ovlivňují většinou samy organismy (evapotranspirací), a v němž může být udržována nulová čistá produkce beze ztrát anorganických látek.

Ustavení naší moderní industriální společnosti vedlo k exodu z venkova a k nutnosti pokrýt rostoucí poptávku po potravinách zintenzivněním zemědělství. Takovýto vývoj byl umožněn pouze enormními zásahy do koloběhu vody. Voda a vlhkost, omezující zemědělskou produkci, stejně jako stávající podzolové a glejové půdy, byly nakonec odstraněny. To vedlo k rozkolísání hladiny podzemní vody při každém dešti. Následkem byla rychlejší eroze částeczek humusu (jež jsou důležité pro zadržování vody a živin) z povrchových vrstev půd a oxidativní vznik kyselin síry a dusíku vedoucí k rozkládání a vyluhování vápence z půdy do povrchových vod a díky biogennímu srážení k jeho ukládání do jezerních sedimentů.

Únik látek z krajiny dále stoupal a dnes je 50 až 150krát vyšší ve srovnání s nedotčenými půdními systémy. V zemědělských oblastech jsou plošné ztráty rozpuštěných pevných látek pravidelně přes 1 tunu na hektar ročně. Průměrné koncentrace fosforu v severoněmeckých řekách dosahují v současnosti 200–500 $\mu\text{g P l}^{-1}$; koncentrace dusíku jsou 2–4 mg N l^{-1} a vodivost se pohybuje mezi 400–1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

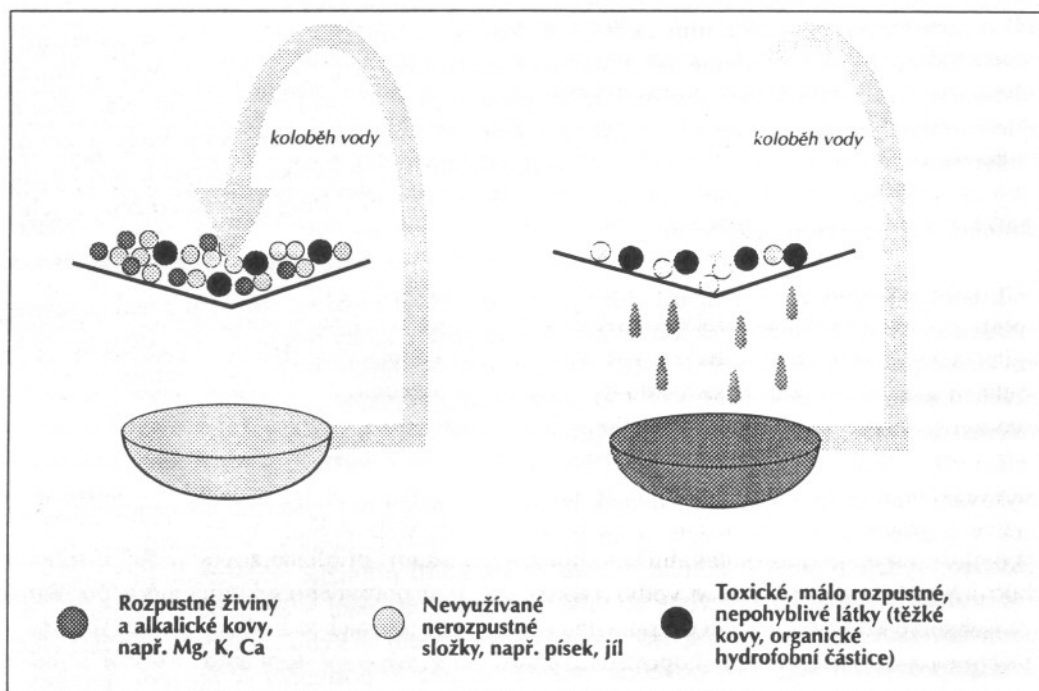
Zvyšování ztrát živin a minerálních látek lze stanovit nejen ze zvýšených koncentrací těchto látek v jezerech a řekách. Navíc roste také odtok vody z krajiny. V severní Evropě se koeficient výdeje (poměr lokálního odtoku ke srážkám) přibližně zdvojnásobil a současně se omezily krátké koloběhy vody (tvorba rosy), v porovnání s krajinou s neporušeným vegetačním krytem. Klesající evaporační potenciály na územích s chudou vegetací, vzdálených od míst pokrytých vegetací, povedou pravděpodobně k postupnému poklesu množství srážek a za nějaký čas k většímu kolísání klimatických ukazatelů (obrázek 2, stadium 3 a 4).

Pokračující ztráty živin musí být kompenzovány zesíleným hnojením. Nicméně tímto způsobem nelze nahradit celkové ztráty látek. Jedním z varujících následků neustálého vyplavování látek rozpustných ve vodě (např. uhličitánů) je stoupající koncentrace nepohyblivých složek, většinou ve vodě nerozpustných, např. křemene, těžkých kovů a málo rozpustných organických reziduí z průmyslové i zemědělské výroby (např. pesticidů) (obrázek 3).

4. Zhroucení koloběhu vody

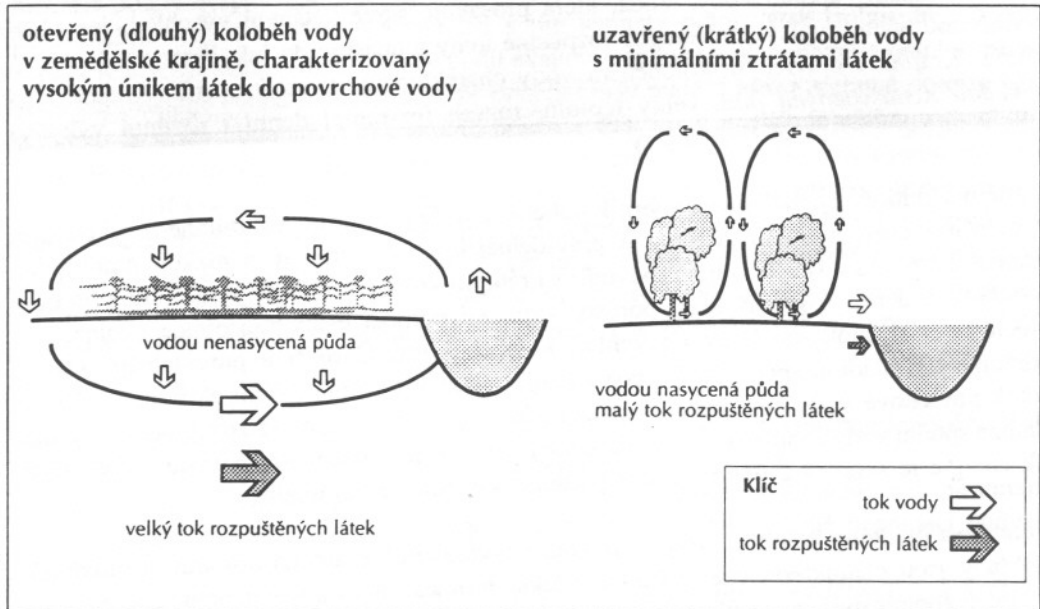
Se stoupajícím únikem látek rostoucí vegetace zvyšuje tok protonů (absorpce bazických kationtů), a pokud by tyto nebyly nahrazeny, následoval by pokles pH doprovázený rozpouštěním toxických látek, které by pak kořeny vstupovaly do rostlin a způsobily odumírání vegetace a celé cenózy. Spolu s hynutím porostů se ničí ochlazovací systém a hrouť se koloběh vody (obrázek 2, fáze 4).

Ačkoliv procesy nevratných plošných ztrát bazických kationtů a živin, unášených povrchovou vodou do moře, probíhají přirozeně, člověk svým hospodařením s vodními zdroji, které není trvale udržitelné, tento proces velmi urychluje. Čím větší jsou zásahy do vodní rovnováhy, tím rychleji postupuje degradace povodí. V jižních zemích se tyto degradační procesy mohou vystupňovat ještě rychleji díky většímu příkonu sluneční energie. Nakonec se koloběh vody hrouť a nastupuje proces desertifikace krajiny. K tomu již došlo ve starověkých kulturách Mezopotámie a severní Afriky.



Obrázek 3.
Dynamický model
akumulace toxických látek
v povrchové vrstvě půdy.

Obrázek 4.
Tok vody a látek vegetací
a půdou.



„Krátký (uzavřený)“ a „dlouhý (otevřený)“ koloběh vody

K disipaci sluneční energie prostřednictvím koloběhu vody dochází především v procesu zvaném evapotranspirace, tj. výpar vody z půdy (evaporace) a výdej vody rostlinou (transpirace). Uzavření koloběhu vody vyžaduje relativně chladnější plochu krajiny, nad níž může probíhat kondenzace (tvorba rosy) a případné srážky (déšťové či sněhové). Takováto „propadliště“ tepla či relativně chladnější místa jsou často vázána na lokální zdroje vysoké evapotranspirace, tj. rozsáhlé plochy rostlinného pokryvu, jako jsou lesy a mokřady. Voda cirkuluje na krátkých vzdálenostech, v malých a častých množstvích, a můžeme ji uvažovat jako *uzavřený* (jen nepatrné ztráty vody ze systému), krátkooběžný nebo jednoduše *krátký koloběh vody*. Naproti tomu když v krajině chybí kondenzační místa s dostatečnou tepelnou kapacitou (např. v krajině se vyskytují jen území s řídkou vegetací, městské zóny atd.), mohou se objevovat velké teplotní extrémů a všechna vypařená voda kondenzuje až daleko odtud – nad mořem, pobřežím či vzdálenými pásmy hor. Tento cyklus se nazývá *dlouhý* nebo *otevřený koloběh vody*. Většina vody v tomto případě není recyklována na místě a ztrácí se ze systému, srážky jsou málo časté a značně kolísají v rozsahu. Oba typy koloběhu vody jsou schematicky znázorněny na obrázku 4.

Otevřený (neboli dlouhý) koloběh vody je výsledkem nefázované náhodné distribuce energie v krajině (povodí). Nedostatek kolující vody znamená menší ochlazování lokálního klimatu pomocí evapotranspirace a větší tok energie. Tato situace nastává v povodích s rozrušenou vegetací, kde lesy byly vykáceny a převažuje orná půda (obilí nebo kořenové plodiny), nebo tam, kde jsou soustředěna města. V takové krajině dochází k abnormálním teplotním výkyvům (tokům tepelné energie). Hladina spodní vody je zpravidla nízká, půdy obvykle suché a ohřívány vysokými příkony energie, což zvyšuje oxidativní procesy a aktivitu

mikroorganismů, které uvolňují rozpustnější ionty. Nepravidelné deště zavinují prudké kolísání hladiny spodní vody. Voda, která prosakuje skrze většinou vyschlou, jen občas zvlhčenou půdu, vyplavuje dostupné rozpustné ionty a unáší je do řek, jezer a nakonec do moře. Krajinu s otevřeným koloběhem vody charakterizuje vysoký nevratný odtok látek z *vodou nenasycených půd*, velký teplotní rozsah (extrémní denní i sezónní výkyvy), nepravidelné a často snížené srážky.

Systém s krátkým (neboli uzavřeným) koloběhem vody je oproti tomu mnohem výkonnější, s menšími energetickými ztrátami a pravidelnějšími toky energie s nízkou amplitudou (zmenšené potenciály). V krajině (povodí) s krátkým koloběhem vody jsou nutně přítomny mokřady a dobrý rostlinný kryt; porosty vytvářejí pomocí evapotranspirace ochlazovací plochy a následnou kondenzaci zrychlují koloběh vody. Častější a pravidelnější srážky udržují vyšší hladinu spodní vody, což snižuje reaktivitu a mikrobiální aktivitu v půdě, a odtok povrchové vody nezadržené vegetací působí jen malé nevratné ztráty látek. Vysoká hladina spodní vody znamená *vodou nasycené půdy*, kde jsou metabolické procesy pomalejší, tok energie je snížený a odtok látek z půdního systému je minimální.

Přítomnost krátkého koloběhu vody v povodí nevyhnutelně znamená přítomnost mokřadů. Mokřady jsou charakteristické velkou produkcí biomasy a vysokou tepelnou kapacitou, velkou evapotranspirační rychlostí (energii rozptylující potenciál) a strukturou porostů, která udržuje vysokou hladinu spodní vody a nasycení půdy vodou, což snižuje odtok látek. Spočítejme disipaci tepla mokřadem: Pro typický červenový den ve střední Evropě je energie globálního slunečního záření 16 MJ m^{-2} za den. Mokřad zarostlý rákosem odpaří kolem 4 mm m^{-2} vody za den (Příbáň & Ondok, 1985). Budeme-li počítat se 4 mm m^{-2} vody za den, představuje evapotranspirace energii kolem 9 MJ m^{-2} za den (jako minimum pro horký den), která se vrací do atmosféry. Pokud uvažujeme čistou sluneční radiaci (globální záření minus albedo), tato hodnota představuje ještě větší část přicházejícího záření. Ekvivalentní údaj pro zemědělskou půdu je pouhý 1 mm m^{-2} vody za den nebo i méně, což znamená, že energie nedisipovaná evapotranspirací se uvolňuje jako teplo, přehřívá zemi a způsobuje vynášení prachu do vyšších vrstev atmosféry.

Otevřený koloběh vody má tedy škodlivé a často vážné účinky na podnebí v povodí. Náhodnější distribuce energie v prostoru a čase ovlivňuje průběh srážek, rozsah teplot a atmosférické podmínky (způsobuje silné větry a nestálé vertikální vzdušné proudy). Na severu střední Evropy se například zjistilo, že v mnoha oblastech se změnil roční průběh srážek. Obvyklé letní maximum srážek v červenci a srpnu se přesunulo na podzim - na září a říjen. Ačkoliv se celkové roční množství srážek nemění, během letní růstové sezóny je k dispozici méně vody. Závěrem můžeme říci, že otevřený koloběh vody, jako výsledek lidské činnosti v krajině, vytváří průkazné změny klimatu.

Ztráty látek u různých typů využívání půdy

Rozdílné množství a skladba vegetace v povodí, jak jsme právě viděli, mají za následek krátký nebo naopak dlouhý koloběh vody s různým stupněm odtoku látek. Obrázek 5

ilustruje podíly evapotranspirace, povrchového odtoku a průsaku vody půdou naměřených po srážkách v různých typech krajiny, a s tím spojený odtok látek (minerálů a živin). Mokřady a vodní nádrže mají vysoký podíl evapotranspirace a povrchového odtoku, žádná voda neprosakuje půdou a ztráty látek ze systému jsou malé. Lesní a slatinné porosty jsou z tohoto hlediska obdobného charakteru; přestože část vody prosakuje půdou, povrchový odtok je naopak o něco menší a ztráty látek jsou podobně nízké. Všechny ostatní uvedené typy stanovišť vykazují větší podíl odtoku látek z půdy či substrátu. Městská území mohou mít podobná množství povrchového odtoku jako mokřady, ale na rozdíl od mokřadů, kde jsou metabolické procesy pomalé, zde povrchová voda odnáší poměrně velká množství látek z ulic a dešťové kanalizace. Vysoké plošné ztráty látek spojené s rozsáhlým polním a do značné míry také lučním zemědělstvím se násobí na velkých plochách mnoha typických povodí.

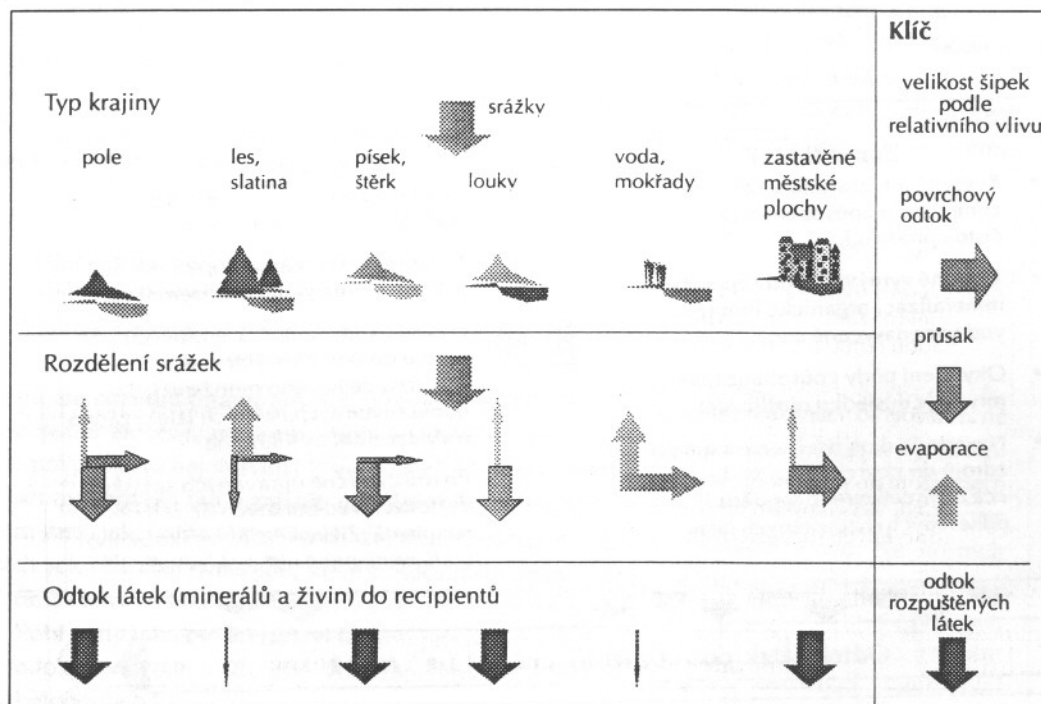
Ne každý způsob zemědělského hospodaření musí nutně vést k otevřenému koloběhu vody s vysokými ztrátami látek. Dvěma extrémními zemědělskými praxemi jsou:

(i) zemědělství založené na produkci obilnin – „suché zemědělství“ s plodinami vyšlechtěnými ze stepních trav suchých stanovišť, které vede k rychlé degradaci půdy, a

(ii) zemědělství založené na produkci rýže – „mokřadní zemědělství“ s krátkým koloběhem vody a nízkými ztrátami látek – příklad trvale udržitelného využívání půdy.

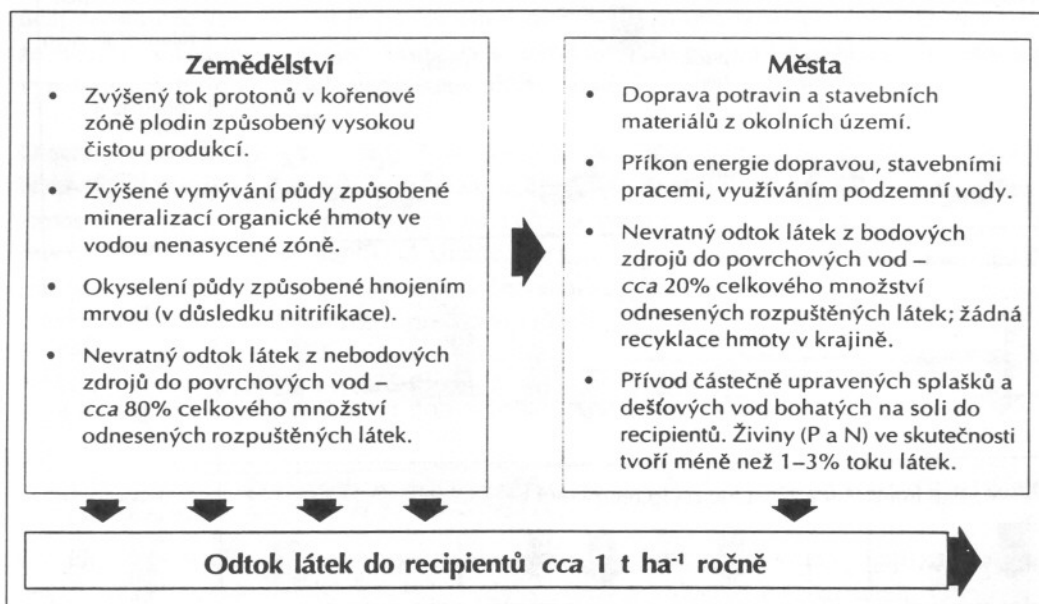
Pro převážně zemědělsky využívaná povodí bylo zjištěno, že specifické plošné ztráty zde dosahují řádově 900–1500 kg ha⁻¹ rozpuštěných látek ročně. V této hodnotě nejsou zahrnuty

Obrázek 5.
Pohyb vody a látek
následující po srážkách
pro různé typy využívání
půdy.



sodíkové ionty, v současnosti v nadbytku dodávané člověkem. Nižší hodnoty byly získány ze zalesněných ploch, kde se obsah bazických kationtů už snížil předchozím vyluhováním. Je to právě současná zemědělská praxe, která vede k vyplavování bazických kationtů a k okyselení povrchových vrstev půd. Výše uvedená čísla odpovídají ztrátě 20 kg protonů na hektar ročně v celém povodí, z čehož 5 až 10 kg ha⁻¹ ročně představují vápníkové ionty. Plošný příspěvek průmyslu a dopravy (spalování fosilních paliv) do toku protonů je mnohem nižší než u zemědělství a lesnictví. Znamená to, že hlavním problémem je proces primární produkce, pokud se tato nerecykluje (proces čisté produkce). Bodové zdroje, tj. odpadní vody, mohou za 20% odnesených rozpuštěných pevných látek, zatímco za zhruba 80% odnesených látek odpovídají nebodové zdroje, převážně zemědělství. Nevratné ztráty látek ze zemědělských a městských ploch jsou srovnány na obrázku 6.

Výše uvedený problém se vyskytuje téměř u všech kultur založených na plodinách suchého stepního typu, netolerantních k zaplavování, jako je například pšenice. Zemědělství vyžaduje odvodnění polí, aby se zabránilo zaplavení (nebo nasycení půdy vodou), anebo na suchých polích je nutné zavlažování, což v obou případech vede k zvýšenému stupni půdní aktivity a následnému vyplavování rozpuštěných iontů při dešti. Při rozsáhlém odvodnění se půda v létě nadměrně přehřívá a napomáhá tak větší půdní aktivitě, dochází k ubývání chladných kondenzačních míst a přeměně uzavřeného, krátkého koloběhu vody na koloběh otevřený. Zemědělství založené na mokřadním hospodaření, jako například rýžové kultury, představuje setrvalejší krajinný systém. Půda je nasycená vodou, odtok látek se drží na minimu, je podporován krátký koloběh vody, udržuje se úrodnost půdy a počasí je více předvídatelné.



Obrázek 6. Destabilizace ekosystémů urbanizací a zemědělstvím.

Holistický ekolog

Poté, co jsme popsali, k jak velkým ztrátám látek dochází, je zřejmé, že samotné ztráty živin (N, P) nejsou zatím prvořadým problémem severoevropských ani dalších povodí. Problémem je přecenění a přetížení schopnosti systému daleko za mez vlastní autoregulace (samočištění) příliš velkým tokem energie a látek a v souvislosti s tím degradací biologických struktur, které regulují transportní a metabolické děje. Problémem je neřízený rozkolísaný příkon energie, zrychlený tok vody, silné kolísání hladiny spodní vody a následná biochemická oxidativní eroze půd (oxidace amoniaku na kyselinu dusičnou, síry na kyselinu sírovou, uhlíku na kyselinu uhličitou, a přidružený únik kationtů z půdy), které také vedou ke ztrátám hmoty. Navíc se problém zhoršuje stále silnějším čerpáním podzemní vody a vypouštěním splašků do povrchové vody.

Územní analýzy v severním Německu ukázaly, že problém acidifikace, ubývání lesů a znehodnocování pitné vody stoupajícím obsahem nitrátů ve spodní vodě má jednu prostou příčinu, totiž neuspořádanou nefázovanou kinetiku oxidačních procesů ve vysušené, provzdušněné a poté při srážkách zvlhčené půdě. Jestliže použijeme heuristických modelů ke stanovení charakteru rozmístění procesů v prostoru a čase, vytvořených třeba pro plochu povodí, potom stačí ke zjištění stavu systému pouze poměrně jednoduchá měření vodivosti spolu s měřením průtoku (hustoty prošlých nábojů se mohou počítat jako energie pomocí Nernst-Petersenovy rovnice k ustavení energetické rovnováhy v ekosystému).

Heuristické regionální modely a monitorování prostředí, založené na sledování energie (hustota toku protonů) a koloběhu vody, poskytují prostředky pro pochopení soudržnosti systému, čehož se nedá dosáhnout integrací rychlostí jednotlivých procesů. Jde v zásadě spíše o nelineární děje, rozmístěné v prostoru i čase, než o děje lineární; a nedají se tudíž spojit do celkových ročních úhmů. Pouze holisticky školení ekologové budou v budoucnosti schopni zprostředkovat nezbytné vyjasnění místních časově souvisejících funkcí ekosystému včetně činnosti člověka a přispět k systémovým řešením.

Nový rozvoj povodí

Posílení rozvoje přirozeného rostlinného krytu

Pokud chceme dosáhnout nového rozvoje povodí, v němž přirozené koloběhy byly částečně nebo úplně zničené, musíme učinit opatření na všech územích povodí (obrázek 7). Horní části povodí jsou nejcitlivější k vymývání půdy povrchovou vodou. Tudíž hlavním zájmem při obnově povodí bude zajistit, aby horní území povodí byla pokryta neřízeným účelovým lesem bez jakékoliv těžby kvůli zajištění cirkulace látek a zamezení eroze. Na horních tocích je třeba více mokřadů, které působí jako pufry, pomáhají kompenzovat nevyrovnaný průtok (nerovnoměrnou distribuci v čase a prostoru) a snižovat živelnost (nahodilost) procesů. Pobřežní zóny, především na styku dvou přítokových sub-povodí, jsou zachycovacím územím odplavovaných látek. Zvláště zde zaplavované plochy významně pomáhají stabilizovat koloběh vody.

Pobřežní pufrční zóny se zapojenou vegetací podél okrajů vody se musí upravit podle podmínek daných jejich rozšířením a obhospodařováním. Zde se voda může zadržovat ve vegetaci a díky sníženým rozkladným procesům se zamezuje většině ztrát minerálních látek a současně se zadržuje organická hmota. Tyto pobřežní zamokřené plochy mohou rovněž zvýšit poměr mezi evaporací a odtokem díky své vyšší evaporaci. Živiny i minerální látky nahromaděné v biomase a v půdě by se měly recyklovat rozumným hospodařením ve shodě s poptávkou. Udržováním optimálního růstu si vegetační prvky účinně zachovávají zadržovací funkci. Hromadění biomasy dosažené vhodným hospodařením by mělo sloužit jako základ pro obnovu horní části povodí. Tedy v celém horním povodí by měly být silně zničené půdy znovu osídleny „nízkoztrátovým“ rostlinným krytem, který váže látky v biomase.

Snížení jedovatosti znečišťujících látek

Mozaikovitá vegetace s nepřetržitou cirkulací vody pomáhá řešit problém neustálého růstu toxicity znečišťujících látek v povrchové vrstvě půdy, způsobeného únikem užitečných látek (bazických minerálů a živin) z půdy, a zamezuje zvýšené cirkulaci prachu v atmosféře tím, že jej váže. Orosená vegetační pokrývka díky zvýšené kondenzaci v krátkém koloběhu vody váže suché spady, filtruje z prachu látky pro rostliny užitečné a zapojuje je do oběhu.

Toxické látky, které nejsou příliš dobře rozpustné, jsou „rozředěny“ produkcí organických látek a takto postupně mizí z rhizosféry přenesením do hlubších redukčních zón, kde již téměř není vodní transport (a tudíž je nízký redukční potenciál). Těžké kovy jsou ukládány ve formě sulfidů. Kořeny a oddenky mají například selektivní biologickou membránu, která je asi jediným nízkoenergetickým nástrojem detoxikace půdy pomocí ředění s živou biomasou. Jedovaté látky se také fixují v důsledku snížené možnosti transportu vodou v glejových a podzolových půdách.

Zmenšení ploch zemědělské výroby

Pro udržení současné úrovně populace v povodí musí být produkce potravin vedena intenzivněji na menší ploše. Nezbytného nárůstu či zvýšení biomasy a vegetačního krytu v povodí se nedá dosáhnout plošným rozšiřováním zemědělství, pokud by nebyla většina tohoto zemědělství založena na plodinách mokřadního typu s podstatným rozšířením půd s větší zadržovací kapacitou pro vodu. Rozumná živočišná výroba na menších plochách a intenzivní polní hospodářství na plochách vzdálenějších od vody dává možnost znovuvytvoření podstatně větších ploch s přirozeným vegetačním pokryvem a vlastním koloběhem vody.

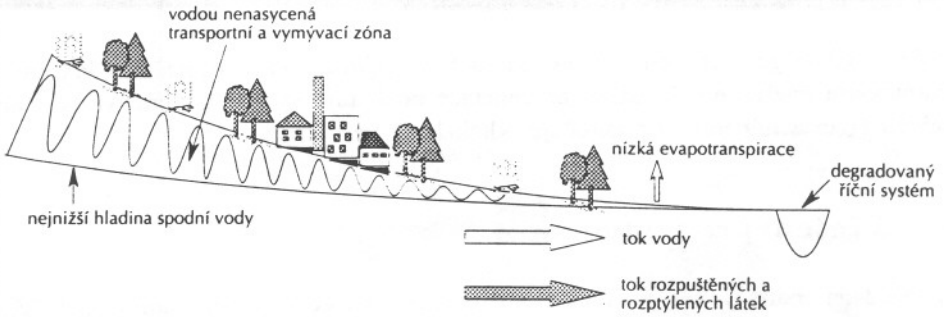
Zlepšení zadržování vody a látek

Obecně v celém povodí by se měly rozšířit vodou nasycené půdy, které by sloužily jako zásobárna vody pro vegetaci a umožnily by zvýšení evapotranspirace. Jak už jsme poznali,

Obrázek 7.
Model obnovy koloběhu
vody v povodí s cílem
zvýšení udržitelnosti
ekosystému.

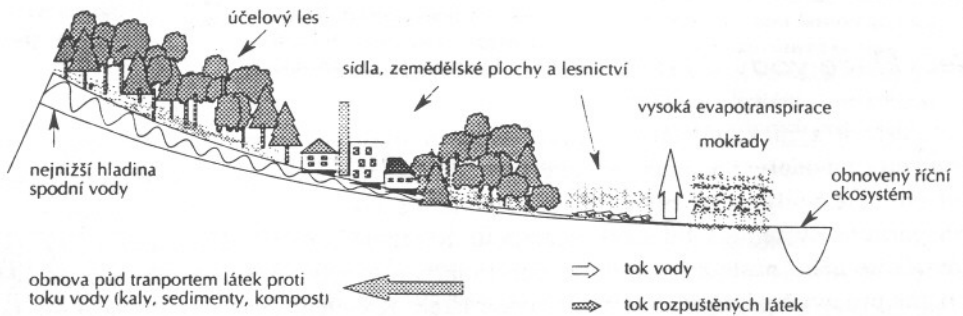
Současný stav

Náhodné rozmístění různých typů využívání půdy –
erozní systém, vysoké ztráty hmoty.



Po rekonstrukci povodí

Využívání půdy s ohledem na toky energie a vody, tradiční
systém, minimální ztráty látek, lepší disipace energie díky lepší
struktuře organismů (paralelní procesory energie)



Cíle obnovy

1. zlepšit vegetační kryt
2. snížit znečištění vzduchu (CO_2 , emise prachových částic)
3. zlepšit skladbu půdy zachycováním živin a minerálů
4. obnovit mikroklima a uzavřený koloběh vody
5. detoxikace půdy pomocí růstu vegetace
6. chránit podzemní vodu a zlepšit kvalitu vody

ochlazovací systémy jsou velmi důležité a jejich rozmístění má vliv jak na podnebí, tak na snížení gradientových potenciálů v krajině. Pokud jsou ochlazovací systémy rozloženy pravidelně v prostoru a čase, odpařování nevede ke ztrátám vody, ale je součástí její cirkulace v systému. Hladina spodní vody by neměla kolísat, neboť její kolísání způsobuje vyplavování látek ze systému. Jako zdroje pitné vody by se měly používat pouze povrchové vody, nikoli vody podzemní.

Analýzy hydrologických procesů na územích s neporušeným vegetačním krytem spolu s chemickými analýzami dokazují, že vegetace poskytuje vysoce kvalitní vodu s nízkým obsahem živin a minerálů a zpomaluje odtok látek ze systému.

Možná řešení pro budoucnost

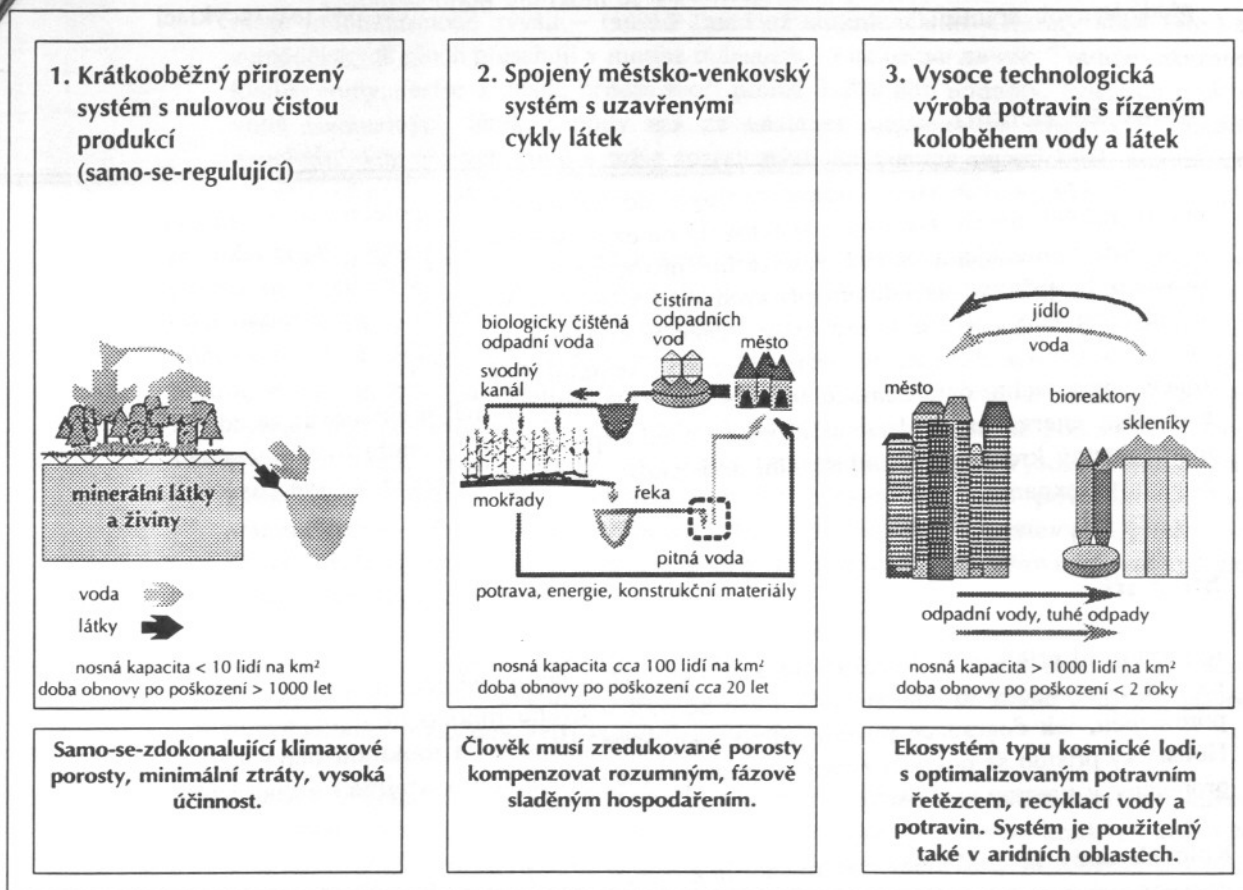
Výše uvedená opatření na obnovu a nový rozvoj povodí s cílem trvale udržitelného rozvoje jsou vhodná pouze při nízké hustotě osídlení podobné té před industriální érou. Bohužel tato opatření by trvale neunesla populační hustoty, jaké se v Evropě i jinde nacházejí dnes. Člověk nemůže nařídít hodinky zpět do období stabilních klimaxových porostů a doufat, že tyto vydrží současnou populační hladinu. Pro trvale udržitelnou budoucnost je potřeba bystrého a inteligentního úsudku. Obrázek 8 schematicky znázorňuje, jak by se dal uzavřít koloběh látek a vody, zvýšit přirozený rostlinný pokryv v horních oblastech povodí a jakým způsobem zajistit intenzivní výrobu potravy na malých plochách.

Recyklace vody a látek na venkově a ve městech

V oblastech s nízkou hustotou měst a jejich okolí je k uzavření koloběhu látek a zavedení hospodaření na půdě bez citelných látkových ztrát potřeba oddělit tok odpadních vod od čisté vody retenčními prostory, podobně jako je tomu u tepenného a žilného transportního systému v lidském organismu. Retenční prostory odpadů by měly sestávat z paralelně nebo následně uspořádaných mokřadů a vodních ploch. Takové uspořádání je nutné pro zvýšení účinnosti zachycování látek. K čištění vody pak dochází především zesílenou evapotranspirací a následnou kondenzací, a ne jako dříve prosakováním odpadní vody skrz půdu.

Největší zásahy do vodní rovnováhy představují města. Vzhledem k rozsáhlé zastavěné ploše dávají méně příležitosti pro vytvoření krátkého koloběhu vody. Lepších ochlazovacích podmínek a vodní rovnováhy se zkrácenými koloběhy je možné dosáhnout částečným otevřením a ozeleněním zastavěných ploch, fasád a střech obytných, průmyslových a obchodních center. Tím by se snížily emise na minimum a městské podnebí by se výrazně zlepšilo.

Zakládáním či obnovou mokřadů je možné zajistit potřebné zachycení dusíku odtékajícího z odvodněné zemědělské půdy (Stibe & Fleischer 1990; Fleischer 1990). V krajině by se měly vytvořit velké plochy mokřadů s extenzivní produkcí čerstvé hmoty a energie, které



Obrázek 8. Navržené krajinné systémy s nízkými ztrátami látek, začlenitelné do trvale udržitelných a říditelných ekosystémů.

by se využívaly k recyklování biologicky dobře upravených odpadních vod prostých škodlivin. Cestou, jak zastavit prudké ztráty, se zdá být vybudování soustředěných míst výroby potravy, např. ve vertikálních sklenících s vysokým stupněm recyklace, jež by umožnilo obnovení povodí se silně sníženým tokem podzemní vody. Vertikální skleníky využívající sluneční energii s úplně uzavřenými koloběhy vody i živin a minimální spotřebou vody by mohly být součástí měst a sloužit k pěstování zeleniny. Obdobné skleníkové stavby jsou přístupem, jak zajistit výrobu potravin i v suchých oblastech třetího světa.

Vodní farmářství

Vodní farmářství – využívání povrchové vody – je jediným trvale udržitelným způsobem užívání vody. Užívání podzemní vody by se mělo nahradit využíváním vody povrchové. Zemědělci by měli být placeni za kvalitu i množství vody odtékající z jejich pozemků – tzn. měli by se stát zodpovědnými za čištění odpadních vod a výrobu pitné vody. Tím by mohla vzrůst atraktivnost a hodnota venkova a zvýšit se zájem lidí o stěhování se

1. Krátkooběžný přirozený systém s nulovou čistou produkcí (samo-se-regulující)

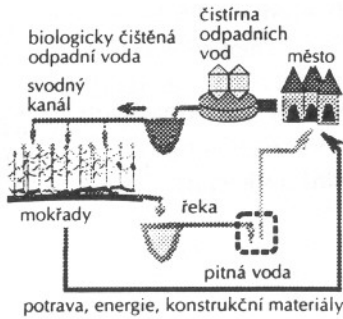


voda →
látky →

nosná kapacita < 10 lidí na km²
doba obnovy po poškození > 1000 let

Samo-se-zdokonalující klimaxové porosty, minimální ztráty, vysoká účinnost.

2. Spojený město-venkovský systém s uzavřenými cykly látek

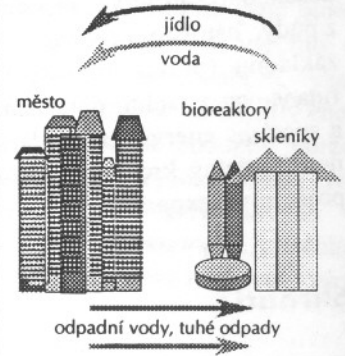


potrava, energie, konstrukční materiály

nosná kapacita cca 100 lidí na km²
doba obnovy po poškození cca 20 let

Člověk musí zredukovat porosty kompenzovat rozumným, fázově sladěným hospodařením.

3. Vysoce technologická výroba potravin s řízeným koloběhem vody a látek



odpadní vody, tuhé odpady

nosná kapacita > 1000 lidí na km²
doba obnovy po poškození < 2 roky

Ekosystém typu kosmické lodi, s optimalizovaným potravním řetězcem, recyklací vody a potravin. Systém je použitelný také v aridních oblastech.

Obrázek 8.
Navržené krajinné systémy s nízkými ztrátami látek, začlenitelné do trvale udržitelných a říditelných ekosystémů.

by se využívaly k recyklování biologicky dobře upravených odpadních vod prostých škodlivin. Cestou, jak zastavit prudké ztráty, se zdá být vybudování soustředěných míst výroby potravy, např. ve vertikálních sklenicích s vysokým stupněm recyklace, jež by umožnilo obnovení povodí se silně sníženým tokem podzemní vody. Vertikální skleníky využívající sluneční energii s úplně uzavřenými koloběhy vody i živin a minimální spotřebou vody by mohly být součástí měst a sloužit k pěstování zeleniny. Obdobné skleníkové stavby jsou přístupem, jak zajistit výrobu potravin i v suchých oblastech třetího světa.

Vodní farmářství

Vodní farmářství – využívání povrchové vody – je jediným trvale udržitelným způsobem užívání vody. Užívání podzemní vody by se mělo nahradit využíváním vody povrchové. Zemědělci by měli být placeni za kvalitu i množství vody odtékající z jejich pozemků – tzn. měli by se stát zodpovědnými za čištění odpadních vod a výrobu pitné vody. Tím by mohla vzrůst atraktivnost a hodnota venkova a zvýšit se zájem lidí o stěhování se

z měst na venkov. V městských oblastech by se mokřady měly využívat pro recyklaci předčištěných splašků.

Daně ze zdrojů

Možnou cestou, jak vnést zásady ekologie do života lidské společnosti, je změna společenských norem tak, aby respektovaly omezení v prostoru a čase, stejně jako čas a prostor vymezuje a účinně strukturuje přirozené systémy. Toho by bylo možné dosáhnout například zavedením přímých daní z energie či zdrojů a progresivní daní z půdy, namísto zdanění lidské práce. Takový systém samozřejmě vyžaduje sociální základnu (právo na existenční minimum a sociální jistotu), která by se mohla financovat z těchto daní namísto sociální sítě. Odpad by se měl přeměňovat ve zdroje a spotřeba energie by se dala snížit optimalizací dopravy. Tak by mohl být uskutečněn nevyhnutelný krok do postindustriální společnosti, která je omezena ve své časové i prostorové expanzi.

Shrnutí

K pochopení příčin a důsledků degradace mokřadů je nutné nahlížet na mokřady jako na nedílnou součást celého povodí. Musíme vzít v úvahu mnoho procesů, abychom porozuměli, jak degradace povodí přímo vede k neudržitelnosti mokřadů nebo jezer. Holistický přístup se pokouší zvážit všechny procesy probíhající v krajině i to, jak jsou propojeny v prostoru a čase.

Koloběh vody je základem pro metabolické děje v přírodě. Voda je spojovacím, transportním a reakčním médiem biosféry a vytváří její struktury v prostoru i v čase. Disipace energie v koloběhu vody je energeticky řízený děj, v němž voda anebo organismy jsou nahlíženy jako procesory, které usměrňují disipaci energie v systému, zatímco energie (sluneční záření) se dodává s denní a roční frekvencí. Voda jako energetický procesor má tři disipační vlastnosti působící reverzibilně; všechny tři se účastní jak ochlazovacích, tak ohřívacích dějů: fyzikální proces vypařování a kondenzace, chemický proces rozpouštění a srážení a biologický proces primární produkce a respirace (rozklad a slučování vody). Chemické děje spojené s rozpouštěním představují největší ztrátu energie v ekosystémech, a to v podobě látek odnášených vodou. Výše nevratných ztrát látek z uvažovaného systému (např. povodí) určuje stabilitu společenstev organismů (procesory energie) a tvoří rámec selekce cenózy. Účinnost takovéto struktury (porostu) a s ní spojeného koloběhu vody, jež má disipační funkci, je dána poměrem množství kolujících látek k jejich ztrátám (ztráty náboje, zreagované protony) při daném množství dodané energie.

Stav a vlastnosti ekosystémů, povodí a přirozených vodních nádrží, stejně jako jejich životnost, jsou určovány neobnovitelnými ztrátami rozpuštěných látek (zejména kationtů) z povodí. Za posledních sto let se nevratný odtok látek povrchovými vodotečemi do

moře mnohonásobně zvýšil – řádově často až stokrát. Celkové ztráty látek (solí) ze zemědělských ploch přesahují v mnoha oblastech 1 t na hektar za rok. Tradiční ukazatele kvality vody, fosfor a dusík, přitom tvoří pouhé 1–2% této hodnoty. Rostoucí únik ve vodě rozpustných látek z půdy má za následek okyselení půdy a hromadění nepohyblivých těžkých kovů a málo rozpustných jedovatých organických reziduí, což s sebou přináší neustálé zvyšování podílu vyčerpaných toxických půd.

Struktura mokřadních ekosystémů je dána jejich funkcí účinně disipovat energii v prostoru a čase (voda a organismy jako optimalizovaná vodní struktura). Mokřady jsou biotopy, kde je voda přítomna v takovém množství, že rostliny (biocenóza) řídí všechny děje regulováním vodního transportu setrvalým způsobem. Mokřady, jakožto stabilní, výkonné systémy v krajině, pomáhají udržovat krátké koloběhy vody, snižovat potenciály energie vytvářením ochlazovacích kondenzačních bodů a tím zmírňovat podnebí, udržovat vysokou hladinu spodní vody a vodou nasycené půdy, udržovat vysoký obsah živin a minerálních látek v půdě, snižovat vysoký přísun živin do povrchových vod, minimalizovat výkyvy a únik bazických kationtů z povrchových vrstev půd, produkovat velké množství biomasy a vytvářet rozsáhlý vegetační kryt, a tím vším udržovat vysokou kvalitu povrchové i spodní vody.

Naproti tomu, v důsledku narušení krátkého koloběhu vody nastávají prudké a nečekané změny počasí, evapotranspirace (ochlazovacích dějů) se účastní méně vody a v povodí jsou náhodně rozloženy větší teplotní gradienty.

Obnova vegetace a vodou nasycených půd je základním předpokladem pro snížení ztrát vody a živin na nejnižší možnou míru. Jinými slovy, obnovení krátkých koloběhů vody je nezbytné pro trvale udržitelný rozvoj. Dlouhodobé působení člověka v krajině zasáhlo do oběhu vody a jeho spojení s tokem energie a transportem látek. Stručně jsme nastínili některá krátkodobá řešení na zlepšení stavu povodí a vodních nádrží, i radikálnější řešení pro obnovu stability měst a venkova, koloběhu vody, výroby potravin a rovnováhy přirozených vodních i suchozemských ekosystémů pro trvale udržitelnou budoucnost.

Literatura

- Digerfeldt, G. 1972. The Post-Glacial Development of Lake Trummen. Regional vegetation history, water level changes and palaeolimnology. (Postglaciální vývoj jezera Trummen. Místní historie vegetace, změny vodní hladiny a paleolimnologie.), In: *Folia Limnologica Scandinavica* No. 16, 104 str. (v angličtině)
- Fleischer, S. 1990. Wetlands – a nitrogen sink. (Mokřady zadržují dusík.) *Acid Enviro* 9. (v angličtině)
- Příbáň, K. & Ondok, J.P. 1985. Heat balance components and evapotranspiration from a sedge-grass marsh. (Složky tepelné bilance a evapotranspirace v ostřicových porostech.) *Folia Geobot. Phytotax.*, Prague, 20: 41–56. (v angličtině)
- Ripl, W. 1992. Management of Water Cycle: An Approach to Urban Ecology. (Řízení koloběhu vody: přístup k ekologii měst.) In: *Water Pollution Resource Journal Canada*, Vol. 27, No. 2: 221–237. (v angličtině)
- Ripl, W. & Feibicke, M. 1992. Nitrogen Metabolism in Ecosystems – A new approach. (Nový přístup k metabolismu dusíku v ekosystémech.) In: *International Revue der gesamten Hydrobiologie* 77/1: 5–27. (v angličtině)

- Ripl, W. 1995. Management of Water Cycle and Energy Flow for Ecosystem Control – The Energy-Transport-Reaction (ETR) Model. (Řízení ekosystému: hospodaření s koloběhem vody a tokem energie – Energie-Transport-Reakce (ETR) model.) *Ecological Modelling* 78, str. 61–76. (v angličtině)
- Stibe, L. & Fleischer, S. 1990. Agriculture production methods – impact on drainage water nitrogen. (Metody zemědělské výroby – vliv na obsah dusíku v drenážní vodě.) *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 24. (v angličtině)