

PŘEDMLUVA.....	5
1. PŘÍČINY OVLIVNĚNÍ KOLOBĚHU VODY ČLOVĚKEM	6
1.1 Koloběh vody v přírodě a lidské činnosti, které ho ovlivňují.....	6
1.2 Změny využití krajiny	8
1.3 Města.....	10
1.4 Zemědělství.....	17
1.5 Průmysl.....	21
1.6 Doprava.....	22
1.7 Úpravy vodních toků	24
2. DŮSLEDKY OVLIVNĚNÍ KOLOBĚHU VODY ČLOVĚKEM	28
2.1 Povodně.....	29
2.2 Sucho.....	33
2.3 Globální oteplování a změna klimatu	34
2.4 Znečištění vod	37
2.5 Živiny ve vodě a eutrofizace vod	42
2.6 Kyselé deště a acidifikace vod	47
2.7 Vodní stopa člověka.....	50
3. OPATŘENÍ.....	53
3.1 Trvale udržitelné hospodaření s vodou ve městě.....	53
3.2 Správná zemědělská praxe.....	56
3.3 Revitalizace vodních toků.....	57

V **usazovací nádrži** se pak usazují nerozpuštěné organické látky, které jsou lehčí než písek.

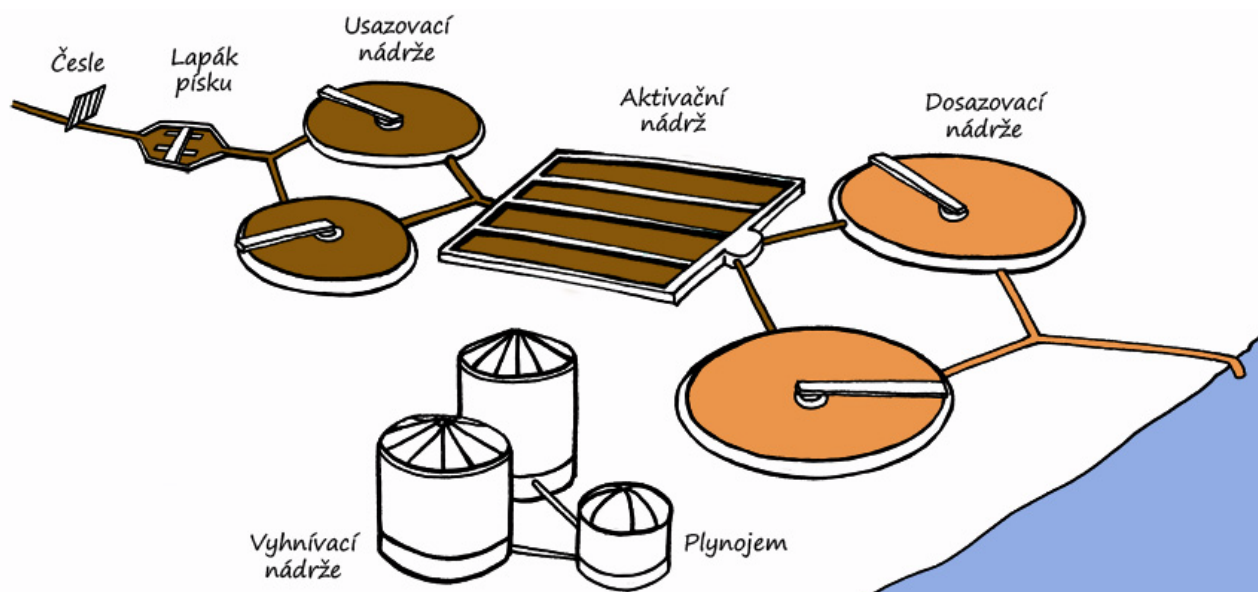
Po skončení mechanického čištění vody nastupuje **biologické čištění**. To se odehrává v tzv. **aktivační nádrži** (Foto 8). Tato nádrž dostala jméno podle mikroorganismů (bakterií), které jsou zde pěstovány. Tyto mikroorganismy se nazývají aktivovaný kal, odtud tedy název aktivační nádrž. Mikroorganismy se živí znečištěním obsaženým v odpadní vodě (zejména rozpuštěnými organickými látkami z fekálií a dusíkem z moči), a tak ho odstraňují. Aby mohly mikroorganismy žít, potřebují kyslík, nádrže se tedy provzdušňují. Některé části nádrže se však neprovzdušňují. Tam probíhá jiný biologický proces, tzv. denitrifikace, při němž z vody uniká do ovzduší plyný dusík, a tím se se z vody odstraňuje. Mikroorganismy se shlukují ve vločkách, a proto je voda v nádrži kalná. Z aktivační nádrže putuje voda s vločkami kalu do **dosazovací nádrže**, kde se kal usazuje u dna a stírá se a odčerpává, zatímco vyčištěná voda se vypouští do řeky.

Na větších čistírnách se z odpadní vody odstraňuje i fosfor. To se dělá **chemicky**. Do vody se přidává srážedlo, které s fosforem vytvoří nerozpustnou sraženinu. Ta se usadí spolu s kalem.

Kal, který vznikne při čištění odpadních vod (v usazovacích i dosazovacích nádržích), se zpracovává různými způsoby. Odvodňuje se, suší a odváží k dalšímu použití nebo k likvidaci. Ideální by bylo používat kal na polích jako hnojivo, protože obsahuje hodně živin, avšak to není vždy možné. Kal totiž může obsahovat i řadu škodlivin, které se původně nacházely v odpadní vodě (např. těžké kovy). Z toho důvodu končí kal často na skládkách nebo ve spalovnách. Na velkých čistírnách se kal ukládá do vyhnívacích nádrží a používá k výrobě bioplynu. Z něj se pak vyrábí teplo nebo elektřina.



Foto 8. Čistírna odpadních vod (aktivační nádrž; vlevo provzdušňovaná část, vpravo neprovzdušňovaná část)



Obr. 6. Schéma čistírny odpadních vod

Na čistírnách odpadních vod se z vody vyčistí větší část škodlivých látek. Ne ale všechny, a tak se do vody stále vypouštějí tuny dusičnanů a solí, ale i např. mnoho lidmi vyloučených léčiv.

Navíc je stále ještě i řada vesnických kanalizací, které nejsou vůbec napojeny na čistírnu, a odpadní voda končí přímo v potoce. I ve městech se občas vykytují tzv. černá zaústění – kanalizace vyvedené přímo do potoka.

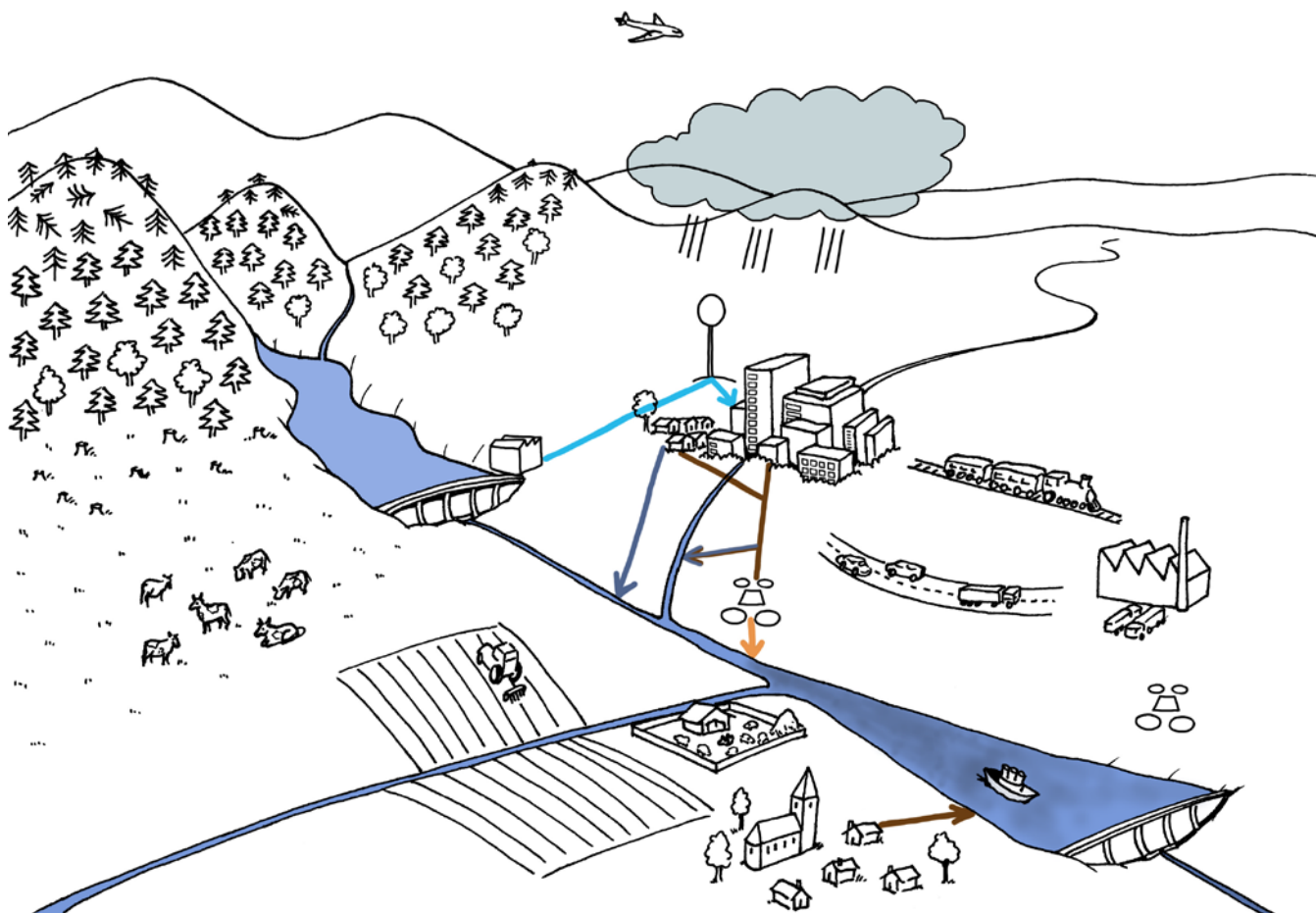
Koloběh vody ve městě

Cesta vody od místa odběru po její návrat do přirozených vod se nazývá koloběh vody ve městě a velmi se liší od přirozeného koloběhu vody (Obr. 7).

V přirozeném povodí většina vody pocházela ze srážek, jejichž největší podíl se opět vypařil, vý-

znamná část se vsákla a jen malá část otekla po povrchu. Do města se **přivádí značné množství pitné vody** ze vzdálených zdrojů (kde pak někdy může chybět), přičemž tato voda se **stává vodou odpadní** a vypouští se do vodních toků. Kromě pitné vody je také do města přiváděno velké množství vody skryté v potravinách a zboží, tzv. **virtuální voda** (→ kap. 2.7).

Ze zpevněných ploch ve městě **odtéká** do vodních toků **hodně dešťové vody**. Ve městech se tak značně **snižuje množství vody, která se vsakuje** do podzemních vod. Všimli jste si, že ve městě se vám hůře dýchá než v přírodě? Příčinou je **nižší výpar**, a tudíž nižší vlhkost vzduchu. Zásobování města vodou a odvádění odpadních a dešťových vod tak významně **mění jednotlivé složky koloběhu vody** v povodí, jak je vidět na Obr. 8.



Obr. 7. Koloběh vody ve městě

Další podmínkou biodiverzity je **čistá voda**. Čistá voda na horním, středním i dolním toku má své typické složení (➡ kap. 2.4).

Úpravy vodních toků a změny říční krajiny

Technické úpravy vodních toků (tzv. **regulace**) se v naší krajině prováděly od středověku do nedávné minulosti a na některých místech dodnes.

Vodní toky se upravovaly z různých důvodů:

- získávání pozemků poblíž řek pro výstavbu domů (zvláště ve městech), silnic a železnic;
- získávání zemědělských ploch v nivách a jejich odvodnění;
- snaha odvést zvýšené průtoky co nejrychleji z krajiny a ochránit před povodněmi sídla, silnice, železnice a ornou půdu;
- splavnění řek;
- využívání vodní energie pro pohon vodních kol nebo ve vodních elektrárnách.



Foto 20. Vodní kolo



Ve středověku bylo cílem úprav vodních toků především využití energie vody ve mlýnech, pilách a hamrech. Koryta toků byla přehrazována a voda byla převáděna do náhonů a jimi na vodní kola (Foto 20).

Při těchto úpravách byla původní přírodní **koryta** vodních toků **napřimována** a nahrazována koryty **geometricky pravidelnými**, hlubokými, **se dnem a břehy opevněnými** např. kamennou dlažbou nebo betonovými bloky, a lemovanými **hrázemi** (Foto 21, Foto 22, Obr. 10, Obr. 11). Takto upravená koryta umožňují rychle odvádět podstatně větší průtoky z území, a tak ho chrání před povodněmi.



Foto 21. Upravený vodní tok ve městě lemovaný ná-břežními zdmi



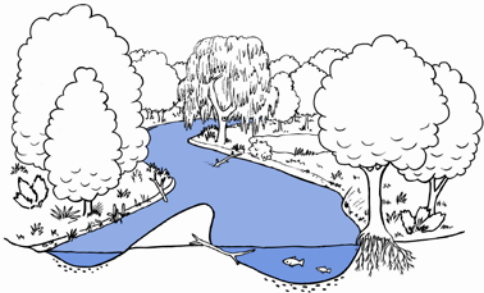
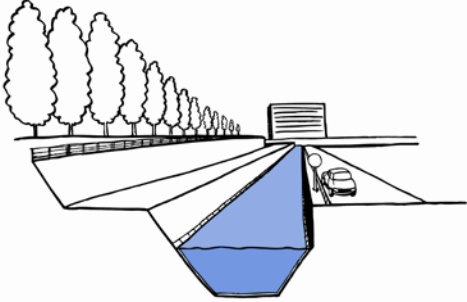
Foto 22. Upravený potok v polích lemovaný hrázemi



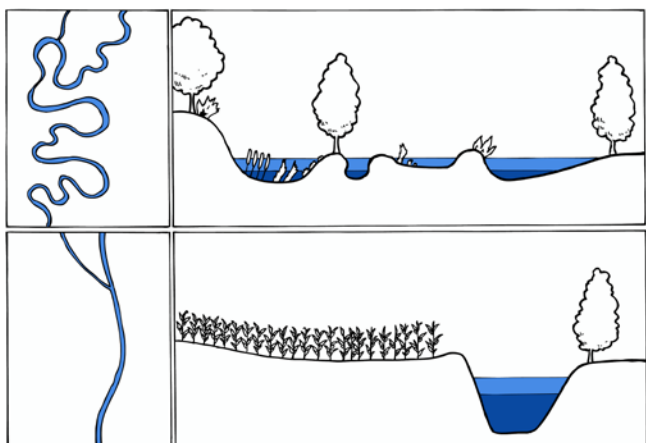
Foto 23. Plavební stupeň

Pro splavnění vodních toků byly budovány **jezy a plavební stupně**, které vzdušným zvyšují hladinu vody (Foto 23). Jezy poskytují také spád nutný pro **využití vodní energie**.

Na vodních tocích byly rovněž budovány **přehrady** (Foto 24). Přehrady plní řadu funkcí: zásobují vodou, chrání před povodněmi, podílí se na výrobě elektrické energie, umožňují chov ryb a slouží rekreaci.

	přírozený potok	upravený potok
		
průběh toku	meandry	rovný nebo jen mírně zvlněný
tvar koryta	různý, s pozvolnými i strmými břehy	lichoběžníkový, strmé břehy
rychlost proudění	velmi rozmanitá, střídání rychle proudících bystřin a pomalých tišin	rovnoměrná, všude stejná
dno	různorodé: písek, štěrk, mrtvé dřevo, listí...	z jednoho materiálu: kamenný zához, dláždění nebo betonové desky
zpevnění břehů	přírozené díky kořenům stromů (olší)	kamenný zához, dlažba nebo betonové desky, někdy zdi
okolí	olše, vrby, místy vodní rostliny a rákosí	zatravněné svahy, vysoké stromy

Obr. 10. Přírozený a upravený potok



Obr. 11. Řeka a její niva u přírodního toku a u upraveného toku



Foto 24. Přehrada

➤ **Jedovaté látky (toxiny)**

Mnoho druhů sinic produkuje toxické látky, které jsou nebezpečné nejen pro vodní organizmy (vodní hmyz, ryby a obojživelníky), ale i pro člověka. Toxiny způsobují lidem při koupání lehké otravy se střevními a žaludečními potížemi, jaterní problémy, zánět spojivek či kožní alergie.

➤ **Problémy v úpravách vody**

Voda obsahující řasy a sinice se obtížně upravuje na pitnou vodu, náročné je i odstraňování toxinů. Byla zaznamenána úmrtí při dlouhodobém požívání pitné vody upravené ze zdroje s masovým rozvojem sinic.

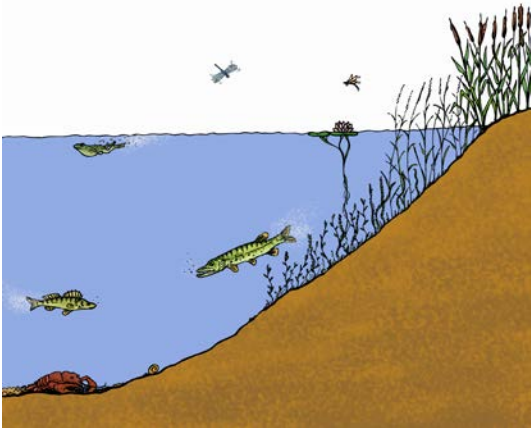
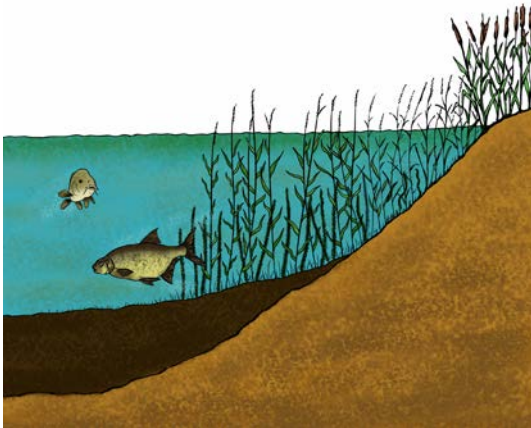
➤ **Úbytek ceněných druhů ryb**

V eutrofizovaných vodách žijí jen odolné druhy ryb. Druhy ryb citlivých zejména na nedostatek kyslíku a na toxiny vymírají. Právě tyto druhy jsou však hospodářsky ceněné.

Srovnání základních charakteristik neeutrofizovaných a eutrofizovaných nádrží je na Obr. 21.



V mořích a oceánech se u pobřeží v blízkosti velkých sídel vyskytují oblasti bez rozpuštěného kyslíku ve vodě, tzv. mrtvé zóny (Obr. 20). Vznik některých takových oblastí je přirozený, ale jejich počet se rychle zvyšuje. Ohromné množství řas, které narostlo díky nadbytku živin, totiž po určité době odumírá a hnije, přičemž se spotřebovává mnoho kyslíku. Živočichové a rostliny v těchto zónách hynou. Studie z roku 2008 napočítala na celém světě 405 mrtvých zón, z nichž největší je velká asi 70 tisíc km², což je téměř rozloha České republiky.

	neeutrofizovaná nádrž	eutrofizovaná nádrž
		
živiny	málo	hodně
řasy a sinice	málo	hodně
ryby	menší počet, rozmanité druhy, cenné citlivé druhy (pstruh, bělice)	větší počet, méně druhů, jen odolné druhy (okoun, plotice, cejn)
biodiverzita	vysoká	nízká
kyslík	dostatek v celé nádrži	ve svrchní vrstvě vody výrazně kolísá ve dne a v noci, u dna chybí

Obr. 21. Neeutrofizovaná a eutrofizovaná nádrž



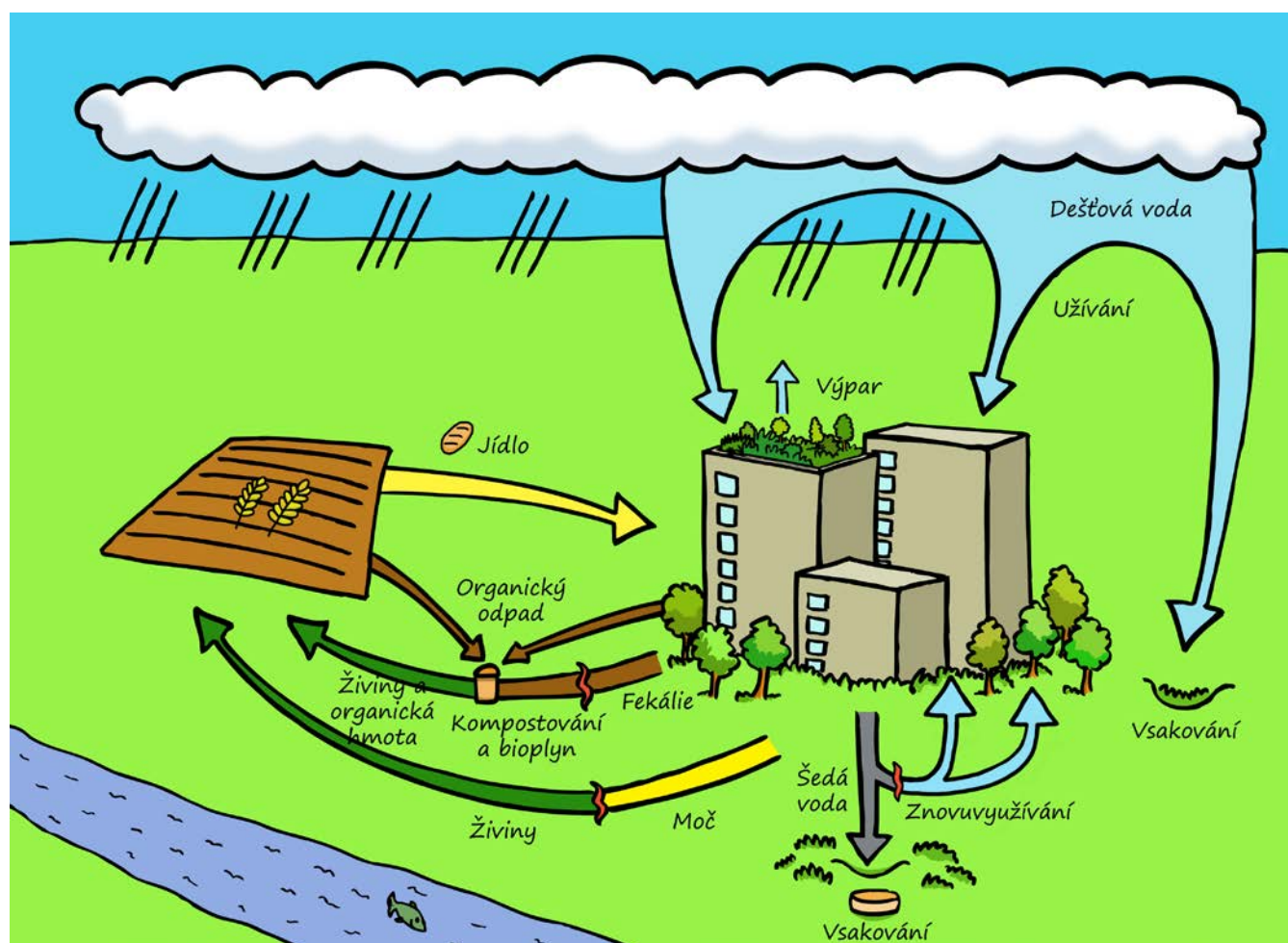
87% dusíku v odpadních vodách z domácností je obsaženo v moči, kde je zároveň 50% fosforu. Moč přitom tvoří jen 1% z celkového objemu odpadní vody. Téměř celý zbytek do 100% je pak u obou živin obsažen ve fekáliích (10% dusíku a 40% fosforu) a jen nepatrný podíl ve vodě z kuchyně či koupelny (10% fosforu kvůli čisticím a mycím prostředkům).

Město a přilehlá zemědělská oblast, v nichž je udržitelně hospodařeno s vodou a živinami, je znázorněno na Obr. 25.

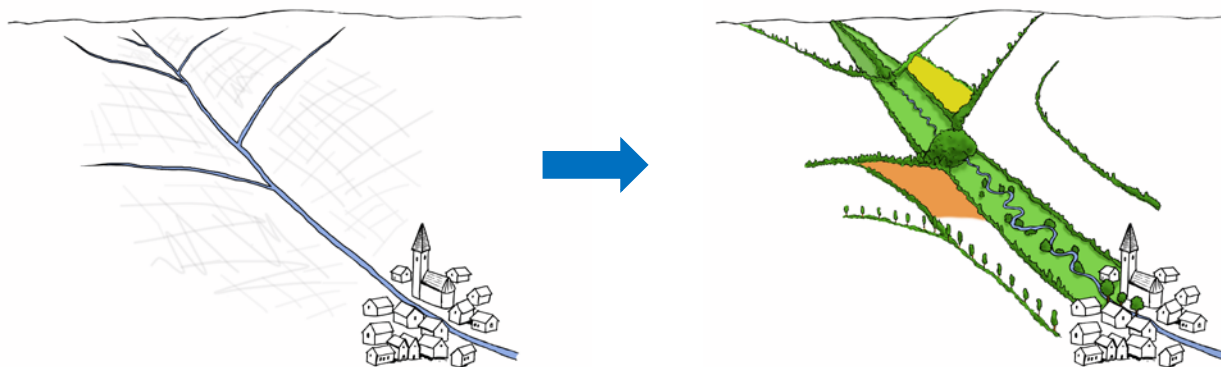
Přínosy

Uzavření koloběhů vody a látek ve městě a přilehlé zemědělské oblasti má mnoho přínosů:

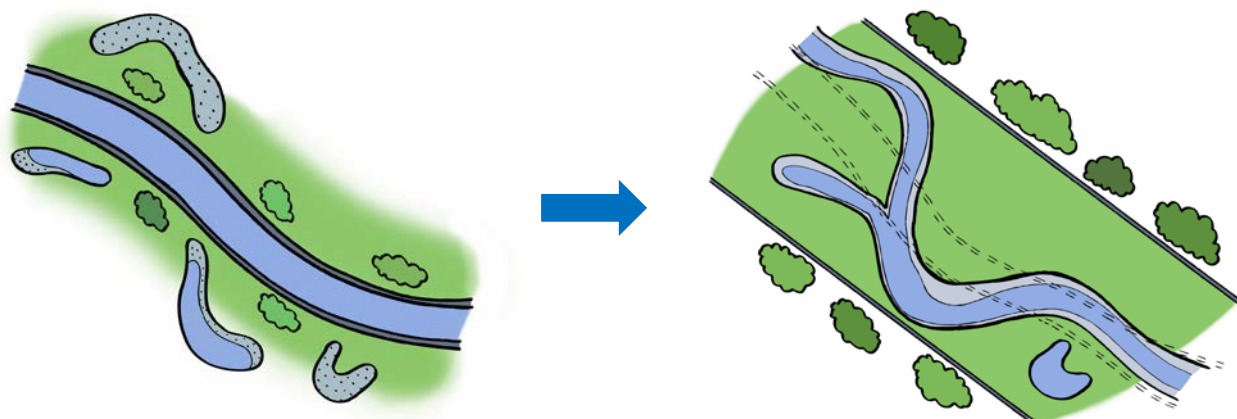
- snížení vzniku a závažnosti povodní a sucha (zadržováním dešťové vody a doplňováním zásob podzemních vod);
- velmi malá spotřeba pitné vody (díky užívání dešťové vody a recyklaci šedých vod);
- v ideálním případě z města neodtéká téměř žádná odpadní voda, takže není zapotřebí budovat nákladné čistírny odpadních vod (případně jen malé) a vodní toky jsou chráněny před znečištěním;
- hnojení močí a fekáliemi zlepšuje úrodnost půdy (znovuvyužitím organických látek se lépe zadržuje v půdě voda a živiny);
- z fekálií a organických odpadů je možno zpracováním v bioplynových stanicích získávat teplo a z něj případně elektrickou energii;
- tento způsob hospodaření s vodou ve městech se lépe přizpůsobuje klimatickým změnám.



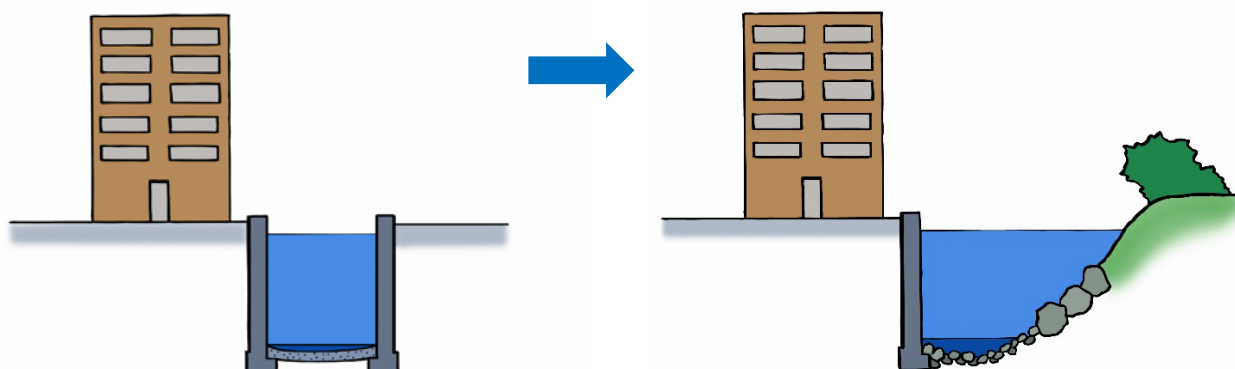
Obr. 25. Město s trvale udržitelným hospodařením s vodou a živinami



Obr. 26. Revitalizace povodí nad obcí snižující její ohrožení při povodních a zadržující splachy z polí

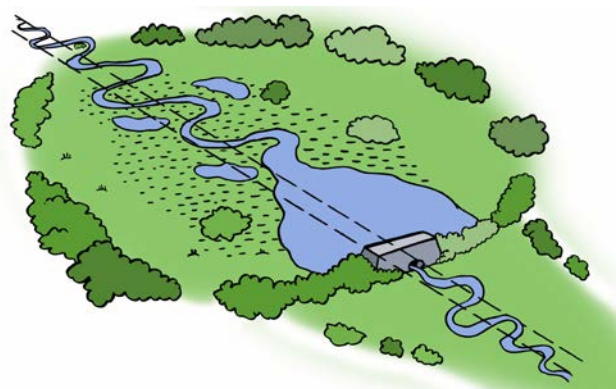


Obr. 27. Obnova širokého říčního pásu odsazením hrází dál od řeky umožňující rozliv povodní



Obr. 28. Částečné rozvolnění koryta ve městě do přírodě bližšího tvaru

- * ve volné krajině se v nivách odstraňuje nebo posouvá ohrázování a obnovují se širší potční a říční pásy a v nich meandrující členitá a mělká koryta, podporující rozlévání povodní do okolních niv (Obr. 27) nebo do poldrů (Obr. 29);
- * v zastavěných územích se odstraňují nábrežní zdi a obnovuje se členitost koryt (bere se při tom ohled na protipovodňovou ochranu stávající zástavby; Obr. 28), nebo se vytváří nové přírodě blízké koryto okolo města, kterým protékají povodňové průtoky (Obr. 30);



Obr. 29. Poldr s přírodě blízkou zátopovou plochou, revitalizovaným vodním tokem, tůňemi a mokřady, zachycující velký objem povodní