

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Přírodovědecká fakulta**

**Revitalizace malých vodních toků a jejich vliv na zadržení fosforu**

Bakalářská práce

**Josef Mikulič**

Školitel: RNDr. Jakub Borovec, Ph.D.

České Budějovice 2014

Mikulič, J., 2014: Revitalizace malých vodních toků a jejich vliv na zadržení fosforu

[Revitalization of small streams and their effect on the phosphorus retention. Bachelor thesis, in Czech.] – 24 pp., University of South Bohemia, Faculty of Science, České Budějovice, Czech Republic

**Anotace:**

Tato práce představuje návrh projektu, který se zabývá revitalizacemi technicky upravených toků a jejich následným vlivem na retenci fosforu v těchto korytech.

**Annotation:**

The thesis in the form of a project proposal that is deal with the revitalization of technically modified flows and their subsequent effect on the retention of phosphorus in these channels.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích.....

Josef Mikulič

## **Abstrakt**

Bakalářská práce je zpracována formou projektu. Pomocí literární rešerše a dostupných dat byl vyhodnocen vliv revitalizací technicky upravených toků na retenci fosforu. Na základě bilancí fosforu, naměřených na bezejmenném toku před revitalizací a dat naměřených v rámci projektu, bude následně vytvořen model, který ukáže závislost mezi retencí a revitalizací koryta. Studie umožní získat znalosti o bilanci fosforu v toku a o jeho retenci ve vybraných opatřeních.

## **Abstract**

This bachelor thesis is written in the form of a literature search and conception of project. Using a literature and available data has been evaluated the impact of technically modified flows on the retention of phosphorus. Based on the phosphorus balance measured in a nameless stream before and after engineering measures will be subsequently created a model that shows the influence of the retention and revitalization. The thesis will provide a access to knowledge about the phosphorus balance in the flow and its retention in the selected measures.

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval RNDr. Jakobovi Borovcovi, Ph.D., za vedení bakalářské práce a odbornou pomoc. Dále chci poděkovat spolužákům, obzvláště Pět'ovi, za pomoc a podporu.

## OBSAH

1. ÚVOD.....	5
2. REVITALIZAČNÍ OPATŘENÍ.....	6
2.1. Přírodní vodní toky .....	6
2.2. Technické úpravy vodních toků.....	6
2.3. Hlavní efekty revitalizací.....	9
2.3.1. Členitost koryt .....	9
2.3.2. Možnost rozlivu .....	9
2.3.3. Charakter břehů .....	10
2.3.4. Migrační propustnost.....	10
2.3.5. Omočený povrch.....	10
2.3.6. Objekty ve vodě.....	11
2.3.7. Prodloužení doby proběhu korytem .....	11
2.4. Fosfor .....	12
2.4.1. Dynamika rozpuštěných látek .....	12
2.4.2. Formy a koncentrace fosforu .....	13
2.4.3. Mechanismy a procesy retence fosforu .....	14
2.4.4. Procesy uvolňování fosforu .....	15
2.5. Revitalizace a fosfor .....	15
3. CÍLE A HYPOTÉZY PŘEDKLÁDANÉHO PROJEKTU .....	17
3.1. Cíle projektu.....	17
3.2. Hypotézy .....	17
4. POPIS LOKALITY .....	18
5. MĚŘENÉ PARAMETRY .....	19
5.1. Metodika .....	19
5.2. Časový harmonogram .....	20
5.3. Finanční náročnost projektu.....	20
6. ZÁVĚR.....	21
7. POUŽITÁ LITERATURA.....	22

## 1. ÚVOD

V současné době začínají čím dál více získávat na významu vodohospodářské revitalizace, které mají za cíl vrátit nevhodně upraveným tokům, jejich původní charakter a vlastnosti. Tyto technické úpravy, prováděné v minulosti za účelem bezpečného odvedení vod, měly za následek zrychlení odtoku vody z krajiny, odvodnění niv a degradovaly říční, potoční, a na ně vázané ekosystémy. Teprve nedávno jsme se začali dívat na vodní tok jako na dynamický systém, ve kterém dochází k neustálým změnám (eroze, transport a kumulace materiálu, vybřezování vody z koryta, atd.) a upouštíme od praxe, kde je koryto pouze dobře provedené technické dílo, které má za úkol, co nejrychleji odvést vodu pryč. Uvědomili jsme si totiž, jak pro nás může být toto navracení toku, do přírodě blízkého stavu, užitečné.

Důležitým aspektem při odnosu fosforu z povodí je retence fosforu. Ta je větší u přírodní, člověkem neupravené krajiny, než u toků s napřímenými a opevněnými koryty. V této kulturní krajině nemají systémy povrchových vod vysokou schopnost fosfor zadržovat a recyklovat a to nevede nejen ke zvýšení ztráty fosforu z krajiny, ale také k eutrofizaci vod, jelikož fosfor je ve vodních ekosystémech jeden z limitujících prvků primární produkce. Schopnost vysoké retence souvisí především s dobou zdržení vody v krajině a s možností vody komunikovat s okolním prostředím (HAUER a LAMBERTI, 1996).

Cílem této práce je charakterizovat základní úpravy toku při revitalizacích, shrnout jejich vlivy na procesy v korytě a zhodnotit oblasti, kde může doházet k nejvýznamnější retenci fosforu.

Pro navrhovaný projekt byl zvolen bezejmenný tok, ve kterém bylo prováděno měření bilance fosforu před revitalizací, aby bylo možné data, naměřená v rámci projektu, následně s čím porovnávat. V projektu se také bude měřit retence fosforu do šterkových lavic, u kterých se předpokládá významná retenční schopnost a dále se bude monitorovat vývoj těchto lavic v průběhu času.

## **2. REVITALIZAČNÍ OPATŘENÍ**

### **2.1. Přírodní vodní toky**

Vodní toky patří mezi základní činitele, které ovlivňují veškeré dění na naší planetě. V jejich okolí vzniká řada ekosystémů, které se podílejí na vytváření říční krajiny. Tyto dva celky, řeky a říční krajina, společně vytvářejí prostorový, funkční a časový celek propojený složitými vazbami (ŠTĚRBA a kol., 2008).

V České republice upravuje ochranu vod, jejich využívání a práva k nim zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění některých předpisů. Další závazné zákony jsou, zákon č. 183/ 2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu a zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny. ČSN 75 0101 (2003), která stanovuje základní terminologii ve vodním hospodářství, definuje vodní tok jako vodní útvar s trvalým nebo občasným pohybem vody v korytě, napájený z vlastního povodí nebo jiného útvaru.

Vodní toky jsou domovem mnoha druhů vodních a mokřadních organismů, tak rostlin. Všechny tyto organismy se svým nezastupitelným místem podílejí na vytváření biodiverzity prostředí. K jejímu zvýšení dále přispívá střídání proudných a klidných úseků toku, různých substrátů dna, výskyt stromů ve vodě, ale i mrtvé dřevo (www.koaliceproreky.cz, 2014).

V přírodních vodních tocích je diverzita významným způsobem ovlivněna dynamikou průtoku. Rozdělujeme ji na tři úrovně. První je oplachovací průtok, který zabraňuje zarůstání koryta nad únosnou mez a odnáší nánosy jemného sedimentu. Další je korytotvorný průtok, který určuje tvar koryta. Třetí je průtok, při kterém se nám tok vylévá ven z koryta a dochází k narušování bioty v korytě tak i v jeho okolí (www.koaliceproreky.cz, 2014).

### **2.2. Technické úpravy vodních toků**

Vodohospodářské zásahy do koryt potoků a řek, probíhaly již od středověku. Hlavním důvodem k tomu bylo budování mlýnů, pil a hamrů. Největší technické zásahy do vodního prostředí však nastaly ke konci 19. století, což bylo umožněno rozšířením strojů s parním pohonem (JUST a kol., 2003). Nejvíce technických úprav vodních toků se provádělo v zájmu rozšíření zemědělských ploch a jejich ochrany před povodněmi. Dále kvůli

protipovodňové ochraně zastavěných území a v zájmu využití vodní energie (JUST, 2010; HOLMES, 1993).

Pro technické úpravy toků je charakteristické napřimování a souvislé zkapacitnění vodních sítí, aby tak docházelo k rychlému odvádění vody (JUST a kol., 2003). Doprovází je i mizení říčních pásů z okolí toku. Takto technické úpravy omezují přirozený rozsah a členitost vodních prvků v krajině, členitost proudění vody a projevují se rozsáhlou ztrátou biodiverzity. Negativa však nalezneme i ve vodohospodářské oblasti, kde technicky upravená koryta sice mohou lokálně omezit vylévání povodňových průtoků (např. v zastavěných oblastech), ale na úkor níže položených oblastí povodí. Na ty nepříznivě působí omezování niv, ve kterých by se mohla voda rozlévat, soustřeďování a zrychlování povodňových odtoků a vzrůst jejich kulminačních úrovní (JUST, 2009).

V dnešní době vidíme, že rozsah technických úprav překročil správnou míru. Pociťujeme to hlavně v souvislosti s jejich schopností zhoršovat průběh jak povodní, tak i sucha (JUST, 2009). Celoplošné a hluboké zásahy do vodních toků nevratně zničily cenné říční, potoční a mokřadní biotopy a výrazně se také zhoršily podmínky pro samočištění vody (JUST a kol., 2003). Nyní se začínáme snažit navrátit vodní toky k přírodnímu stavu pomocí samovolných renaturací a revitalizací za pomoci technických prostředků (JUST, 2009).

Dle Justa a kol. (2003), jsou tři cesty, které směřují k obnově přírodního vodního toku:

1. Dlouhodobá samovolná renaturace
2. Renaturace povodněmi
3. Technická revitalizace

- **Dlouhodobá samovolná renaturace**

Ta spočívá v samovolném zanášení upravených koryt splaveninami, zarůstáním rostlinami a v postupné destrukci umělých opevnění a dalších technických prvků. Tato metoda se dnes může uplatňovat hlavně díky ústupu intenzivního zemědělství, dožívání odvodňovacích zařízení a návratu k přirozenému zamokření. Možnosti těchto samovolných renaturací jsou však limitovány a to nejčastěji tuhými opevněními koryty, která způsobují soustředěné proudění v korytě, čímž brání zanášení, a dále nadměrným zahloubením koryta, čímž je dosaženo většinou dalšího zahlubování koryta. Lze však říci, že tyto přirozené renaturace jsou z kvantitativního hlediska podstatně důležitější než technicky prováděné revitalizace a jsou prakticky zadarmo (JUST a kol., 2005).

- **Renaturace povodněmi**

Přirozená koryta a nivy v průběhu povodní prodělávají určité změny, které však patří k jejich přirozenému vývoji. Naopak je tomu u technicky upravených koryt, kde se vlivem povodní zásadně změní charakter koryta. V případě částečně upraveného koryta, kde není souvislé tuhé opevnění, může povodeň částečně obnovit přírodě blízký průběh trasy, profil koryta a tím v podstatě koryto revitalizovat. Popovodňová opatření je pak zapotřebí provádět diferencovaně. V zástavbě obcí a objektů, které vyžadují ochranu je potřeba obnovit stabilní a kapacitní koryta. Ale v úsecích toků a niv ve volné krajině je třeba chránit výsledky samovolné a povodňové renaturace a tak obnovit přirozený ráz toku (JUST a kol., 2005).

- **Technické revitalizace**

Vodohospodářskými revitalizacemi označujeme všechny zásahy, které se snaží napravit nevhodně provedené úpravy toků a jeho blízkého okolí k přírodě blízkému stavu. Ve vyspělejších zemích (Velká Británie, USA) se začaly realizovat od 70. let 20. století. Byla zde snaha rekonstruovat narušenou krajinu a obnovit ji do přírodě blízkého stavu. U nás se revitalizace začaly rozvíjet až po roce 1990 (JUST a kol., 2003).

Hlavními efekty revitalizací jsou: Zvětšení omočeného, resp. biologicky aktivního povrchu koryta, prodloužení trasy a doby průběhu vody korytem, obnovení členitosti dna a podélného profilu koryta, zvětšení aktuální zásoby vody v korytě, zvětšení zásoby nivní vody a obnovení mokřadních poměrů v nivě, tlumení velkých vod rozlivem v nivách, posílení přirozené stability koryta, obnovení ekologických funkcí vodního toku a nivy, obnovení migrační prostupnosti koryta, nahrazení degradovaných povrchů v blízkosti vodního toku biologicky a krajinářsky hodnotnějšími povrchy, zlepšení podmínek pro samočištění a dočišťování vody a také zlepšení vzhledu koryt a niv.

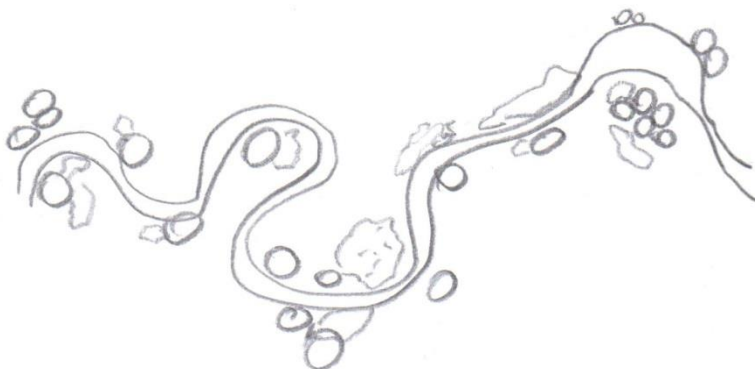
Problémem ale stále zůstává, že neexistuje univerzální návod, jak docílit jednoznačného pozitivního stavu. Každé území potřebuje specifický přístup a je zde mnoho aspektů, které nám ztěžují návrh revitalizace. Často lze jen velmi obtížně zjistit, jak daný tok vypadal před zásahem člověka, dále spory s majiteli pozemků a vysoké finanční náklady. V zastavěných územích, z důvodu ochrany majetku, nelze provést plnohodnotnou revitalizaci. Přesto se již dlouhou dobu ukazuje, že klady revitalizací mohou převýšit tyto zápor (JUST a kol., 2005).



## 2.3. Hlavní efekty revitalizací

### 2.3.1. Členitost koryt

Jedná se o jeden z nejdůležitějších faktorů. Oproti napřímeným a jinak technicky upraveným tokům, kde je rychlé proudění vody, se u členitých koryt, jak je vidět na Obr. 1, střídají rychlé úseky s pomalejšími místy a klidovými zónami, tak je zde i velká rozmanitost šířek koryta. Nejvýznamnějšími prvky jsou střídání míst s různou silou proudění, střídání hloubek a ukládání sedimentů jako je písek, štěrk a jemný organický materiál (JUST a kol., 2003).



Obr. 1: Členitost trasy a šířek koryta

### 2.3.2. Možnost rozlivu

Důležitým aspektem ekologické funkce vodních toků je vybřežování na okolní pozemky. Je to způsob efektivního zadržování vody v krajině a jedna z nejúčinnějších variant zmírňování průtoků, během povodní. Na možnost rozlivu by měl být při revitalizacích kladen důraz zejména ve volné krajině, kde se voda rozleje do niv a může tak obohatit okolní pozemky živinami (JUST a kol., 2005).

### **2.3.3. Charakter břehů**

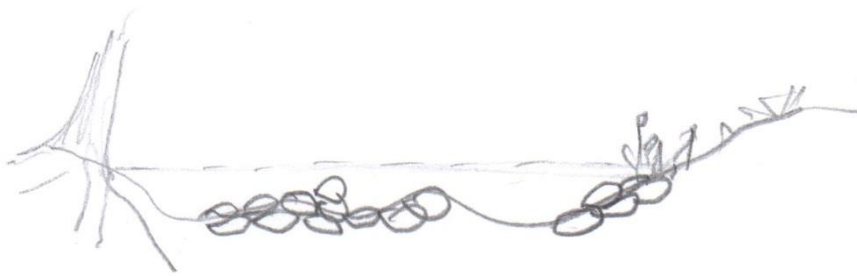
Těžko lze definovat správný charakter břehů. Nejvhodnější je ponechat jejich vývoj přirozeným procesům. Koryto se totiž v průběhu času neustále mění. Někde vznikají podemleté břehy, někde naopak převládá eroze břehů. Při revitalizacích je proto potřeba na toto pamatovat a ustoupit od přesvědčení, že koryta musejí být za každou cenu stabilizována (JUST a kol. 2005).

### **2.3.4. Migrační propustnost**

Migračně propustná místa na toku jsou důležitá pro mnoho živočichů. Vytvářením různých míst, kde mohou živočichové překonávat bariéry (např. skládané velké kameny, mezi kterými protéká voda a za nimiž se tvoří tišiny, či rybí přechody), se vytvářejí místa s peřejemi a kameny zároveň zvětšují omočený povrch, na kterém se může vytvářet biofilmová vrstva (JUST a kol., 2003).

### **2.3.5. Omočený povrch**

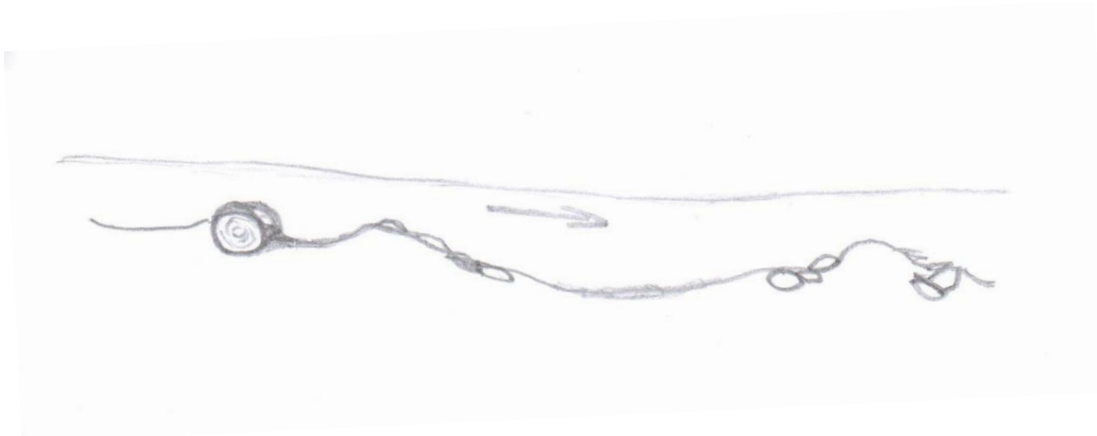
Nahrazením hladkých povrchů dna, vybudovaných při technických úpravách, přirozeným kamenivem (Obr. 2), je významný způsob, jak zvětšit omočený, tedy i biologicky aktivní povrch koryta. Na tomto omočeném povrchu se vyskytuje řada společenstev destruentů (bakterie, houby, prvoci,...) a producentů (řasy, sinice), kteří mají významný podíl na samočištění a dočišťování vody. Omočený povrch dna, které je pokryto kamenivem, může být menší, pokud je zaneseno jemnými částicemi. Může být ale i větší, jelikož kamenivo není v korytu vyrovnáno do jedné vrstvy, ale je na sobě navrstveno. Orientačně lze říci, že nahrazením rovného dna (tvořeného např. panely nebo betonovou a kamennou dlažbou) kamenivem, se zvětší aktivní povrch 1,5 násobně až několikanásobně (JUST a kol., 2003).



Obr. 2: Příčný profil koryta řeky

### 2.3.6. Objekty ve vodě

Pod těmito objekty si můžeme představit kameny, kořenové systémy, napadané větve, kmeny a listy, ale také záměrně vložené kmeny stromů, ponořené pod hladinu, jak můžeme vidět na Obr. 3. Tyto objekty jsou důležité pro přítomnost vodních živočichů, jelikož tvoří jejich úkryty. Kameny rozbíjejí proud a vytvářejí tak tišiny, ale hrají také důležitou roli v prokysličování vody. Napadané velké objekty jako kmeny a větve přirozeným způsobem přehrazují toky, zpomalují proud a umožňují tak vzniku tůní a ukládání naplaveného materiálu (JUST a kol., 2005, GORDON a kol., 1992).



Obr. 3: Podélný profil koryta řeky

### 2.3.7. Prodloužení doby průběhu korytem

Zvlněním koryta, tedy prodloužením jeho délky, zdrsněním koryta a zmírněním sklonu, se dosáhne zpomalení proudění a prodlouží se doba průběhu vody korytem. To příznivě ovlivňuje samočištění vody, jehož intenzita závisí na délce kontaktu vody s povrchem

koryta. Revitalizace může přinést až několikanásobné prodloužení této doby, přičemž největší význam má prodloužení trasy toku (JUST a kol., 2003).

## **2.4. Fosfor**

### **2.4.1. Dynamika rozpuštěných látek**

Rozpuštěné látky v toku můžeme klasifikovat podle mnoha hledisek. Jedním z nich je i rozdělení na základě jejich reaktivity, na látky konzervativní a nekonzervativní. Jako konzervativní označujeme takové látky, u kterých se nemění jejich koncentrace během říčních procesů. Patří mezi ně látky, které nejsou živiny a chemicky nereagují s vodou nebo říčním substrátem, např. lithium nebo bromid. Opakem jsou látky nekonzervativní, které chemickým procesům podléhají. Do této skupiny patří například živiny (WEBSTER a EHRMAN, 1996).

V dynamice konzervativních látek, hrají hlavní roli dva procesy a to advekce a disperze. Advekcí se rozumí transport látky v toku díky hromadnému pohybu kapaliny po proudu. Jedná se např. o transport polutantů či bahna v řece. Disperze probíhá difúzí molekul, což je proces, při němž se částice pohybují z míst s vyšší koncentrací do míst s nižší koncentrací. V tocích je ale primárně způsobena turbulencí vody. Vlastnosti přírodních toků (proměnlivá morfologie, vstupy podzemní vody a přítoků, místa s pomaleji proudící vodou, atd.) advekci a disperzi buď zvyšují, či snižují (WEBSTER a EHRMAN, 1996, BENCALA a WALTERS, 1983).

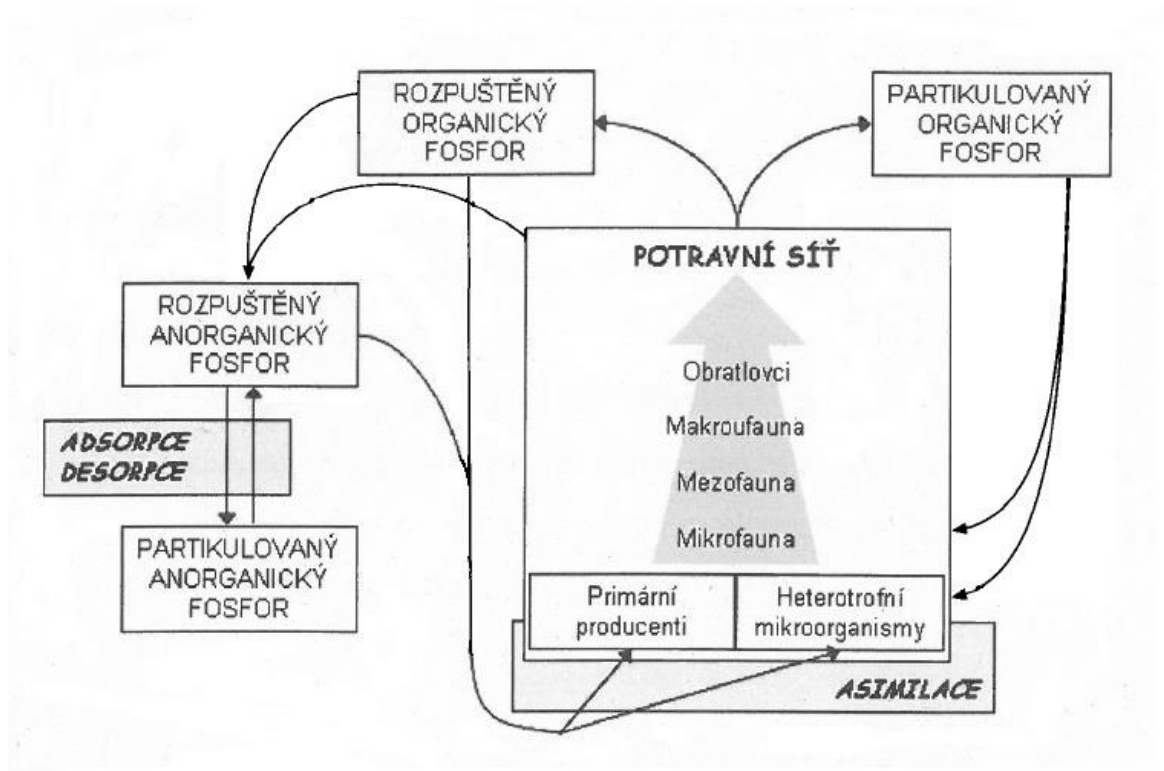
Dynamika nekonzervativních látek je mnohem složitější. Zahrnuje totiž jak abiotické procesy (adsorpce, desorpce, srážení, rozpouštění), tak biotické procesy (příjem řasami, rostlinami a heterotrofy, vylučování a mineralizaci), jak je patrné z Obr. 4 (WEBSTER a EHRMAN, 1996). Organismy u živin jako je např. fosfor nemohou významně ovlivnit jeho dlouhodobý celkový transport. Mohou však ovlivnit jeho chemickou formu a načasování jeho transportu a tím působit na fyzikální transportní procesy. Živiny procházejí v toku cykly, při kterých se podélně posouvají v toku. Tento transport nazýváme spirálování. Spirální délka je pak průměrná vzdálenost, kterou urazí atom v toku během jednoho cyklu (NEWBOLD, 1992).

## 2.4.2. Formy a koncentrace fosforu

V přírodě se fosfor nalézá pouze ve formě chemických sloučenin. Celkový fosfor je dán množstvím anorganicky vázaného fosforu ve formě orthofosforečnanů, polyfosforečnanů a organicky vázaného fosforu (LELLÁK a KUBÍČEK, 1992). Ve vodě rozeznáváme tyto dvě formy fosforu. Rozpuštěný a nerozpuštěný, neboli partikulovaný (NEWBOLD, 1992).

Rozpuštěný fosfor se ve vodách nalézá ve dvou formách. Za prvé ve formě rozpuštěného reaktivního fosforu (RRP), častěji nazývaného orthofosforečnan, nebo ve formě rozpuštěného nereaktivního fosforu (RNP). RNP tvoří především rozpuštěný organicky vázaný fosfor a polyfosforečnany (PITTER, 1999).

Partikulovaný fosfor zahrnuje P zabudovaný v minerálních strukturách (hlavní minerály jsou: apatit, variscit, strengit a vivianit) (KORBEL, NOVÁK, 2004), adsorbovaný na povrchy a zabudovaný do organické hmoty. Většina fosforu je v tocích přítomna v pevném stavu a jen velmi málo v roztoku (MOUTIN a kol., 1998, GOLTERMAN, 2004).



Obr. 4: Schéma cyklu fosforu v tocích. Upraveno podle Newbold (1992)

### 2.4.3. Mechanismy a procesy retence fosforu

Systémy povrchových vod mají vysokou schopnost fosfor zadržovat a recyklovat, protože fosfor je ve vodních ekosystémech nejčastějším prvkem limitujícím primární produkci. Mezi hlavní mechanismy zadržování fosforu v tocích patří příjem organismy, adsorpce na částice a depozice. Velký vliv na retenci fosforu má doba zdržení vody v krajině, koncentrace živin, možnost vody v korytech komunikovat s okolním prostředím, přechodné zásobníky a další. Vysoká schopnost retence fosforu v krajině indikuje dobrý ekologický stav vodních toků (KRONVANG a kol., 2004).

- ***Příjem organismy***

Fosfor z vody přijímá řada organismů. Jedná se o řasy, sinice, heterotrofní organismy, mechorosty a břehová makrofyta. Rychlost příjmu se velice liší. Některé organismy jako např. řasy, sinice a bakterie mohou přijímat fosfor větší rychlostí, než jakou ho jsou schopny využít pro svůj růst. Příjem je také velice ovlivněn okolními podmínkami, transportem nebo osvětlením (WEBSTER a kol., 1991). Po odumření vegetace se většina fosfátu rychle mineralizuje. Fosfor z mikrobiální biomasy se přeměňuje na ortofosfát (GOLTERMAN, 2004).

- ***Adsorpce***

Adsorpce fosforu probíhá na povrchu říčního sedimentu a suspendovaných částicích. Nejčastěji se popisuje Langmuirovou adsorpční izotermou, u které předpokládáme tvorbu monomolekulární vrstvy adsorbátu na povrchu adsorbentu, a že všechna aktivní místa na povrchu si jsou rovnocenná (PITTER, 1999). Sedimenty, v závislosti na jejich rovnovážné koncentraci fosforu (EPC), mohou do vody tuto látku buď uvolňovat nebo ji adsorbovat (MEYER, 1979).

- ***Depozice***

Depozice partikulovaného a rozpuštěného fosforu probíhá sedimentací. Fosfor se tak postupně stává součástí říčních sedimentů (SVENDSEN a kol., 1995). Díky resuspenzi se část usazeného fosforu vrátí do vody a je dál odnášen po toku. Větší retence fosforu

probíhá v obdobích s nižším stavem hladiny vody, naopak odnos a resuspenzi nastává za vyšších průtoků. Pokud se ve vodě vyskytuje větší obsah  $\text{Fe}^{2+}$ , který se dostane do kontaktu s kyslíkem, železo na sebe naváže rozpuštěný fosfor a vysráží se jako oxohydroxidy železa (KRONVANG a kol., 2004).

#### **2.4.4. Procesy uvolňování fosforu**

Regenerace fosforu z organismů může probíhat mnoha způsoby. Od vylučování fosforu (ve formě rozpuštěného reaktivního, či nereaktivního fosforu) z řas a bakterií, trávením a vylučováním potravy konzumenty nebo jejich smrtí (WEBSTER a kol., 1991). Fosfor přítomný v epilítu a detritu má dobu obratu týden a méně, zatímco u jemného sedimentu se může fosfor vrátit do vody s dobou obratu až o řád pomaleji (NEWBOLD a kol., 1983). V některých oblastech hraje významnou roli vysychání sedimentu, při kterém dochází k akumulaci ortofosfátu, díky rozkladu organického fosforu. Z vysušeného sedimentu se po opětovném zavodnění uvolňuje fosfor rychleji (GOLTERMAN, 2004).

#### **2.5. Revitalizace a fosfor**

Zatím není úplně běžné u revitalizací uvažovat o intenzitě zadržování fosforu. V Tab. 1 je výčet odhadovaných retencí v závislosti na různých revitalizačních opatřeních. V prvním sloupci této tabulky můžeme vidět navrhovaná opatření, ke zvýšení retenčního efektu v tocích. V druhém sloupci tabulky je odhad efektivity zadržení fosforu. Nabývá hodnot od 1 do 5, přičemž 1 znamená minimální až žádný efekt a 5 vysokou efektivitu. V posledním sloupci, jsou ke každému opatření vypsány nejvýznamnější mechanismy, kterými je fosfor v toku zadržován. Tento projekt je prováděn pro určení reálného množství zadrženého fosforu.

Tab. 1: Revitalizační opatření a jejich odhadovaný vliv na retenci fosforu

<b>Opatření</b>	<b>Retence fosforu</b>	<b>Mechanismus</b>
Členitost koryt	4	- větší mikrobiální nárůst na usazených částicích, kontakt s hyporeálem
Možnost rozlivu	3	- zadržení částicového fosforu, sorpce na půdní profil, zadržení rostlinami
Charakter břehů	1	-
Migrační prostupnost	1	-
Omočený povrch	5	- větší nárůst mikrobiálního biofilmu na šterkových lavicích a usazených objektech
Objekty ve vodě	2	- větší nárůst organické hmoty na objektech
Prodloužení doby proběhu korytem	1	-



### **3. CÍLE A HYPOTÉZY PŘEDKLÁDANÉHO PROJEKTU**

#### **3.1. Cíle projektu**

Na základě měření retence fosforu, jak v podélném profilu, tak v štěrkových plochých lavicích u břehů bezejmenného toku zjistit

- a) Vliv revitalizace na retenci fosforu v toku
  
- b) Významnost štěrkových lavic (jesepů) na retenci fosforu

#### **3.2. Hypotézy**

Po revitalizaci bude zamezeno dalšímu zahlubování koryta a podpoří se sedimentace zvýšením tvarové diverzity a drsnosti koryta. Vytvoří se tak lepší podmínky pro retenci fosforu (větší plocha dostupná pro retenci, delší doba zdržení vody v korytě, obnovení rozlivu do niv, aj.).

#### 4. POPIS LOKALITY

Tento bezejmenný tok byl v minulosti pomocí technických úprav napřímen a jeho příčný průřez upraven do tvaru lichoběžníku. V současné době je vodní tok v nevyhovujícím ekologickém stavu, koryto je výrazně zahloubené oproti okolnímu terénu, je zde nedostatečný přísun splavenin (zejména štěrků) a jsou zastaveny fluviálně- geomorfologické procesy vývoje koryta. V okolí toku se vyskytují louky a pastviny, částečně s lesními pozemky. Doprovodný břehový porost je částečně vyvinut. Přírozené střídání tůní a brodových úseků je zde nahrazeno unifikovaným prostředím s několika málo vyhraněnými stanovišti. Toto napřímené a zahloubené koryto odvodňuje okolní nivu a urychluje odtok vody z povodí. Lidskou činností pozměněné vazby v těchto ekosystémech způsobují narušení základních ekologických funkcí.

Investorem, který bude provádět revitalizaci na tomto toku je bezejmenný Podnik Povodí, státní podnik. Revitalizační úpravy budou probíhat v roce 2015. Revitalizací se vytvoří podmínky pro vznik a průběh dynamických říčních procesů, včetně vzniku a periodické obnově dnových útvarů. Výsledný charakter tohoto bezejmenného toku bude kyneta s tvarem vinoucího se koryta a výraznými štěrkovými útvary (lavice, jesepty) a velkým poměrem šířky k hloubce (miskovitý tvar). Budou se zde střídát brodové úseky, kde převládá rychlejší proudění, s tůněmi v obloucích, které budou zajišťovat dostatečnou hloubku vody i za nižších průtoků.

## 5. MĚŘENÉ PARAMETRY

### 5.1. Metodika

Stanovení retence fosforu bude prováděno po dobu dvou let v bezejmenném toku jednou měsíčně. Celkem budou dvě měřící místa, která jsou od sebe vzdálena 3 km. Na těchto měřících místech již monitoring bilance fosforu probíhal před revitalizací. S těmito daty se budou následně porovnávat data, naměřená v rámci projektu.

Na každém z měřících míst bude zaznamenáván průtok pomocí průtokoměru a budou odebírány vzorky vody, které budou v laboratoři analyzovány. Bude se u nich stanovovat celkový, celkový rozpuštěný a rozpuštěný reaktivní fosfor. Látkové toky celkového fosforu budou vypočítány z naměřených koncentrací a průtoku.

Dále budou probíhat, třikrát v průběhu roku, měření retence fosforu do šterkových nánosů, které se tvoří na konvexní straně meandru koryta. Do těchto šterkových lavic se umístí celkem 9 drátěných košů, vyplněných šterkem, o stejném množství, známém objemu materiálu a jeho ploše povrchu v každém koši. V každém termínu se odeberou 3 vzorky o známém objemu a povrchu (2 koše z krajů a 1 z prostředka lavice). Následně proběhne předúprava vzorku, při které se kvantitativně oddělí mikrobiální nárůst. Všechny organický materiál se pečlivě vysuší. Vysušený a zhomogenizovaný vzorek se následně odešle na analýzu celkového P, Fe, Al a obsahu organických látek do specializované laboratoře.

Jednou ročně se provede geodetické zaměření toku a zaměření vytipovaných šterkových lavic, u kterých je prováděno měření fosforu. Pomocí těchto zaměření se zjistí, jak se koryto v průběhu roku změnilo.

V průběhu a ke konci projektu budou veškerá data vyhodnocena a porovnána s naměřenými daty, z období před revitalizací. Všechny výsledky, které vzejdou z tohoto projektu, budou prezentovány na kontrolních dnech, seminářích a konferencích.

## 5.2. Časový harmonogram

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Měření bilance P												
Měření P v jesepech												
Geodetické zaměření												
Vyhodnocování dat												
Prezentace výsledků												

## 5.3. Finanční náročnost projektu

Předpokládaná finanční náročnost celého projektu je určena na 1 337 000 Kč.

V každém roce bude z toku odebráno 24 vzorků vody a ze štěrkových lavic bude odebráno 45 vzorků. U každého vzorku, který bude odebrán ze štěrkových lavic, budou provedeny 4 analýzy (celkový P, Al, Fe, organické látky). Celkem bude provedeno 204 analýz za rok.

NÁKLADY/ROK		2016	2017
<b>Věcné náklady</b>	Notebook	20 000 Kč	
	Terénní vybavení	30 000 Kč	20 000 Kč
	Kancelářské potřeby	5 000 Kč	
<b>Služby</b>	Analýza vzorků	41 000 Kč	41 000 Kč
	Geodetické zaměření	60 000 Kč	60 000 Kč
<b>Cestovní náklady</b>	Prostředky spojené s terénním měřením a cestovné na konzultace	40 000 Kč	60 000 Kč
<b>Mzdové náklady</b>	1 zaměstnanec	480 000 Kč	480 000 Kč
<b>CELKEM/ROK</b>		<b>676 000 Kč</b>	<b>661 000 Kč</b>
<b>CELKEM/PROJEKT</b>	<b>1 337 000 Kč</b>		

## 6. ZÁVĚR

Dosavadní literatura ukazuje, že revitalizace významně přispívají ke zvýšení retenční schopnosti území. Retenční efekt závisí především na době zdržení vody v krajině a na možnosti komunikace mezi vodou a okolním prostředím. Jak se ale zvýší retence fosforu, není v literatuře podrobně zdokumentováno. Postupným přirozeným vývojem koryta dojde k dalším příznivým faktorům. Například k výraznému zvýšení heterogenity území s pozitivním vlivem na druhovou a stanovištní diverzitu, zlepšení migrační prostupnosti a zvýšení samočisticích schopností toku.

Navrhovaný projekt se zabývá retencí fosforu v revitalizovaných tocích. Bude se měřit retence v podélném profilu a dále retence v nanesených šterkových lavicích. K posouzení efektu revitalizace, jsou k dispozici naměřená data z let před revitalizací, s kterými se budou naměřená data porovnávat. Na základě naměřených dat se vyhodnotí, jak velkou roli hrají jesepty v retenci fosforu. Hrozí zde riziko, že provedená revitalizace nebude dostatečně stabilní a jesepty se budou neustále měnit a posouvat.

## 7. POUŽITÁ LITERATURA

Bencala, K. E., Walters, R. A., 1983: Simulation of solute transport in a mountain pool-and-riffle stream—A transient storage model: *Water Resources Research*, v. 19, no. 3, p.

ČSN 75 0101, 2003: *Vodní hospodářství- Základní terminologie*

Golterman, H. L., 2004: *The Chemistry of Phosphate and Nitrogen Compounds in Sediments*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Gordon, N. D, McMahon, T. A., Finlayson, B. L., 1992: *Stream Hydrology, An Introduction for Ecologists*, John Wiley and Sons, Chichester

Hauer, F. R., Lamberti, G. A., 1996: *Methods in Stream Ecology*, Academic Press, San Diego

Holmes, N. T. H., 1993: *River restoration/enhancement as an integral part of river management in England and Wales*, *European Water Pollution Control*, č. 3

Just, T., Šámal, V., Dušek, M., Fischer, D., Karlík, P., Pykal, J., 2003: *Revitalizace vodního prostředí*, AOPK ČR, Praha

Just, T., Matoušek, V., Dušek, M., Fischer, D., Karlík, P., 2005: *Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi*, ZO ČSOP Hořovicko, AOPK ČR a MŽP ČR, Praha

Just, T., 2009: Revitalizace, renaturace a ekologicky zaměřená správa vodních toků, *Ochrana přírody*, č. 3

Just, T., 2009: Revitalizace, renaturace a ekologicky zaměřená správa vodních toků, *Ochrana přírody*, č. 4

Just, T., 2010: Přírodě blízké úpravy vodních toků v intravilánech a jejich význam v ochraně před povodněmi, *Ochrana přírody*, č. 6

Korbel P., Novák M., 2004: *Kompletní encyklopedie minerálů*, Praha

Kronvang, B., Hezlar, J., Boers, P., Jensen, J. P., Behrendt, H., Anderson, T., Arheimer, B., Venohr, M. & Hoffmann, C. C., 2004: *Nutrient Retention Handbook*. Software Manual for EUROHARP-NUTRET and Scientific review on nutrient retention, EUROHARP report 9-2004, NIVA report SNO 4878/2004, Oslo, Norway

Lellák, J., Kubíček, F., (1992): *Hydrobiologie*, Karolinum, Praha

Meyer, J. L., 1979: The role of sediments and bryophytes in phosphorus dynamics in a headwater stream ecosystem. *Limnol. Oceanogr.* 24

Moutin, T., Raimbault, P., Golterman, H. L., Coste, B., 1998: The input of nutrients by the Rhone river into the Mediterranean Sea: Recent observations and comparison with earlier data. *Hydrobiol.* 374

Newbold, J. D., 1992: *Cycles and Spirals of Nutrients*. In: *The Rivers Handbook*. Calow P., Petts G. E. (Eds.), Blackwell Science, Oxford

Newbold, J. D., Elwood, J. W., O'Neill, R. V., Sheldon, A. L., 1983: Phosphorus Dynamics in a Woodland Stream Ecosystem: *A Study of Nutrient Spiralling*, *Ecology* 64 (5)

Pitter, P., 1999: *Hydrochemie*, Vydavatelství VŠCHT, Praha

Svendsen, L. M., Kronvang, B., Kristensen, P., Græsbøl, P., 1995: *Dynamics of phosphorus compounds in a lowland river system: Importance of retention and non-point sources*, *Hydrological Processes*

Štěrba, O., Kubíček, F., Bednář, V., Šarapatka, B., Řehořek, V., Měkotová, J., Rychnovská, M., 2008: *Říční krajina a její ekosystémy*, Univerzita Palackého, Olomouc

Webster, J. R., Ehrman, T. P., 1996: *Solute Dynamics*. In: *Methods in Stream Ecology*. Hauer F. R., Lamberti G. A. (Eds.), Academic Press, San Diego, California

Webster, J. R., S' Angelo, S. J., Peters, G. T., 1991: *Nitrate and phosphate uptake in streams at Coweeta Hydrologic Laboratory*. Verh. Internat. Verein. Limnol. 24

INTERNET

<http://www.koaliceproreky.cz/temata/reky-a-biodiverzita/>

14. 3. 2014