

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zemědělská fakulta

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie

Katedra: Katedra krajinného managementu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Posouzení stavu malých vodních nádrží z hlediska
jejich krajinných funkcí**

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Lubomír Bodlák, Ph.D.

Autor: Bc. Karel Ruč

České Budějovice, duben 2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMELECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Karel RUC**
Osobní číslo: **Z11668**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Agroekologie**
Název tématu: **Posouzení stavu malých vodních nádrží z hlediska jejich kra-
jinných funkcí.**
Zadávací katedra: **Katedra krajinného managementu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Práce bude zaměřená na problematiku hodnocení krajinných funkcí malých vodních nádrží. Cílem práce bude u vybraných vodních nádrží analyzovat jejich základních parametry ve vztahu k jejich ekologickým funkcím. DP rámcově navazuje na bakalářskou práci.


1. Seznámení s problematikou hodnocení malých vodních nádrží ve vztahu ke krajinným funk-
cím.
2. Vypracování literární rešerše.
3. Analýza získaných dat.
4. Zpracování zjištěných výsledků, prognózy vývoje, návrh opatření.

Rozsah grafických prací: **5 - 10 str. grafů a tabulek**
Rozsah pracovní zprávy: **40 - 60 stran textu**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:


Eiseltová, M., Pokorný, J.: Toky energie, vody a látek v krajině in Krajina
a voda, EnviTypo, 1998, Praha.
Just, T. et al.: Revitalizace vodního prostředí, AOPK ČR, 2003, Praha.
Michal, I.: Ekologická stabilita, Veronica, 1994, Brno.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Lubomír Bodlák, Ph.D.**
Katedra krajinného managementu

Datum zadání diplomové práce: **8. března 2012**
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2013**


Ing. Karel Suchý, Ph.D.
proděkan pověřený vedením ZF

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
študentská 13
370 05 - České Budějovice


prof. Ing. Tomáš Kutlík, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 15. března 2012

Posouzení stavu malých vodních nádrží z hlediska jejich krajinných funkcí

Abstrakt

Malé vodní nádrže jsou historicky neodmyslitelnou součástí naší krajiny. Budují se k různým účelům a podle svého určení plní celou řadu hospodářských funkcí. Nejběžnějším typem malé vodní nádrže jsou rybníky, které kromě tradičního chovu ryb významně přispívají k podpoře mimoprodukčních funkcí.

Tato práce je zaměřena na hodnocení krajinných funkcí malých vodních nádrží s cílem analyzovat jejich základní parametry. K tomuto účelu je vybrán realizovaný projekt soustavy vodních nádrží se zaměřením na revitalizace. Z podkladových materiálů a terénního průzkumu je provedena srovnávací analýza stavu vodních nádrží před stavbou a po jejím dokončení. Pomocí vybraných ukazatelů a kritérií se identifikovaly základní data a revitalizační opatření, ze kterých jsou odvozeny převládající funkce vodních nádrží.

Klíčová slova: malé vodní nádrže, mimoprodukční funkce, revitalizace, revitalizační opatření

Assess of the condition of small water reservoirs in terms of landscape functions

Abstract

Small water reservoirs are a historically inseparable part of our countryside. There are various reasons to build them according to the purpose of economic functions. The most common type of small reservoirs is ponds that are of relevance not only to traditionally fish farming but they also support other functions.

This thesis is focused on evaluation of landscape functions of small water reservoirs. The aim is to analyze their basic parameters. For this purpose a realized project of the whole range of water reservoirs with special focus on revitalization was chosen. The source materials and the field research contributed to the final evaluation of the analysis of the water reservoirs condition before and after their completion. The basic data and revitalizing arrangements were identified according to the chosen indicators and criteria. Prevailing functions of the water reservoirs are derived from these indicators and criteria.

Key words: small water reservoirs, revitalization, off-production functions, revitalizing arrangements

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou 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 diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 6. 4. 2013

.....

Karel Ruč

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce Ing. Lubomíru Bodlákovi za cenné rady a připomínky, které mi v průběhu vypracování diplomové práce poskytl.

Obsah

1. Úvod	8
2. Cíle práce	9
3. Literární přehled	10
3.1 Historický vývoj malých vodních nádrží (rybníků) v krajině.....	10
3.2 Významné krajinné funkce malých vodních nádrží.....	11
3.2.1 Stabilizace mikroklimatu.....	11
3.2.2 Retence vody.....	12
3.2.2.1 Ochranná, protipovodňová funkce.....	13
3.2.3 Akumulace vody.....	14
3.2.4 Retardace.....	14
3.2.5 Doplnění zásob podzemní vody.....	14
3.2.6 Zlepšování jakosti povrchových vod.....	15
3.2.7 Krajnotvorná a estetická funkce.....	16
3.2.8 Biologická funkce.....	17
3.2.9 Rekreační funkce.....	18
3.3 Revitalizace krajiny.....	19
3.4 Revitalizační opatření na malých vodních nádržích.....	20
3.4.1 Odstraňování sedimentů z nádrží.....	22
3.4.1.1 Problémy vodohospodářské.....	22
3.4.1.2 Problémy ekologické.....	23
3.4.1.3 Preventivní opatření proto zabránění zdrže.....	24
3.4.2 Úprava dna nádrže.....	24
3.4.3 Úprava břehové linie.....	25
3.4.3.1 Členění pobřežního území.....	25
3.4.3.2 Litorální pásmo.....	26
3.4.3.3 Pobřežní vegetace u vodních nádrží.....	28
3.4.4 Zanášení vodních nádrží.....	28
3.4.4.1 Vnitřní zanášení.....	29
3.4.4.2 Břehová abraze.....	29
3.4.4.3 Zanášení přítokem.....	31
3.4.4.4 Ochranná opatření v povodí.....	31
3.4.5 Zásakovací pásy.....	32
3.4.6 Rekonstrukce, obnova, údržba a opravy vodních nádrží.....	33
3.5 Revitalizační nádrže.....	34
3.6 Charakteristika přírodních poměrů v území.....	34

4. Metodika	37
4.1 Návrh hodnocení.....	37
4.2 Identifikace projektu.....	37
4.3 Popis zájmového území.....	38
4.4 Systém hodnocení vodních nádrží.....	38
5. Výsledky	41
5.1 Zastoupenost stavebních objektů a jejich provedení.....	41
5.2 Vodohospodářské řešení vodních nádrží.....	48
5.3 Depozice sedimentu ve vodních nádržích.....	49
5.4 Krajinně ekologický význam vodních nádrží.....	49
5.5 Revitalizační prvky a opatření na vodních nádržích.....	50
6. Diskuse	51
7. Aplikační výstupy	59
8. Závěr	60
9. Použitá literatura	61
10. Přílohy	67

1. ÚVOD

Voda v krajině je nenahraditelné bohatství přírody, které určuje její mnohotvárnost, druhovou rozmanitost i ekologickou stabilitu. Ve všech podobách je voda současně významným krajinnotvorným a estetickým prvkem. Sama o sobě plní v krajině mnoho funkcí, a jako přírodní zdroj, je předpokladem veškerého organického života na Zemi.

S vodou v krajině přímo souvisí řada vodohospodářských děl reprezentovaných stavbami i krajinnými úpravami. Do této skupiny patří především rybníky jako malé vodní nádrže, které jsou důležitou součástí životního prostředí (na rybníky je vázáno mnoho druhů chráněné fauny a flory). Mají významnou klimatickou, vodohospodářskou a protipovodňovou funkci v krajině. Díky tomu také zákon o ochraně přírody a krajiny řadí rybník, stejně jako např. les, mezi tzv. významné krajinné prvky.

Rybníky a rybníkářství, jako tradiční činnost v české krajině, jsou součástí našeho kulturního dědictví s hlubokými historickými kořeny. V České republice se v současnosti nachází více než 24 tisíc rybníků a malých vodních nádrží s celkovou vodní plochou cca 52 000 ha a objemem zadržené vody 625 mil. m³. Rybníky se stále častěji stávají předmětem zájmu ochrannářských institucí, především pro svoje mimoprodukční funkce v krajině. Ekonomický tlak na producenty dotvářejí tvrdé podmínky obhospodařování rybníků, zejména v chráněných územích, spojené (podle názorů rybníkářů) s extrémními požadavky ochránců přírody, doprovázené nízkou účastí státu na krytí údržby rybníční krajiny (odbahňování aj.) i neřešené úhrady nákladů mimoprodukčních funkcí rybníků a veřejných zájmů spolu s narůstajícím tlakem na rekreační využívání rybníků. Maximální snahou vlastníků i nájemců rybníků je udržet rybníky v kulturním a provozuschopném stavu i s ohledem na zájmy ochrany přírody, což je velice nákladná záležitost, která se neobejde bez podpory zvenčí (kompenzace újmy na hospodaření a podpora na zabezpečování mimoprodukčních funkcí rybníků).

Výstavbou, rekonstrukcí či vhodnou údržbou rybníků, spojenou s řádným hospodařením, může dojít k obohacení vodních ekosystémů a k posílení ekologické stability daného území včetně podpory mimoprodukčních funkcí v krajině. Mezi doporučené postupy patří revitalizace rybníků jako činnost podporující obnovu základních ekologických funkcí v krajině. Aby bylo možné hovořit o revitalizačních nádržích, musejí být pro jejich uplatnění vytvořeny podmínky stavebních koncepcí, konstrukčním provedením i způsobem hospodaření.

2. CÍLE PRÁCE

Zadané téma diplomové práce je zaměřené na posouzení stavu malých vodních nádrží z hlediska jejich krajinných funkcí. K tomu abych mohl dodržet zadání diplomové práce a předložit konkrétní návrhy pro zlepšení ekologických (krajinných) funkcí, zaměřil jsem se na problematiku hodnocení vodních nádrží z hlediska jejich revitalizace, a to prostřednictvím revitalizačních opatření s pozitivním vlivem na krajinné funkce.

Pro tento účel hodnocení jsem vybral realizovaný projekt soustavy vodních nádrží, zaměřený na revitalizační a protipovodňová opatření. Zvolený projekt byl finančně podpořen z Operačního programu Životní prostředí, který v rámci oblasti podpory 6.4 – Optimalizace vodního režimu krajiny, významně podporuje funkce vodních nádrží v krajině. Operačním programem Životní prostředí jsem se rámcově zabýval i ve své bakalářské práci, zaměřené na problematiku dotačních programů na výstavbu, rekonstrukci a odbahnění rybníků z hlediska jejich následného využívání ve vztahu ke zlepšování stavu přírody a krajiny.

Stanoveným cílem diplomové práce je u vybraných vodních nádrží analyzovat jejich základní parametry ve vztahu k jejich ekologickým (krajinným) funkcím. Vzhledem k tomu, že posuzovaný projekt odpovídá požadavkům hlavního cíle, zaměřil jsem se na hodnocení revitalizace vodních nádrží podle vypracovaného souboru účelových opatření pro obnovu hlavních funkcí nádrží v krajině.

Dílčí cíle:

- Vybrat a definovat nejdůležitější funkce vodních ploch v krajině, které zároveň odpovídají stejným funkcím z hlediska revitalizace malých vodních nádrží.
- Provést analýzu realizovaného projektu se zaměřením na malé vodní nádrže.
- Vypracovat návrh metodiky hodnocení revitalizačních opatření u malých vodních nádrží.
- V rámci metodiky vyhodnotit provedené práce na malých vodních nádržích a navrhnout případná další opatření.

3. LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Historický vývoj malých vodních nádrží (rybníků) v krajině

Historie budování nádrží je stará více než 5 tis. let a v blízkosti Káhiry jsou patrné hráze z období 3 tis. let př.n.l. Na území dnešního Izraele jsou známy tzv. Šalamounovy rybníky, které zásobovaly Jeruzalém vodou. O existenci nádrží k chovu ryb svědčí také zprávy z Číny více než 2 tis. let př.n.l. a o rybnících (piscina) k přechovávání mořských i sladkovodních ryb Římany. Původní latinský název pro nádrže rybníčního typu byl obstaculum (Pokorný, 2009).

Malé vodní nádrže, dříve nazývané prakticky výhradně rybníky, tvořily vždy v krajině významný prvek její ekologické stability. Začátek výstavby rybníků byl podporován církví, hlavní účel nádrží v té době byl rybochovný a ryby tvořily základ postních jídel. O výstavbu rybníků a o chov ryb však velmi brzo a velmi rychle začala projevovat zájem i šlechta i města. V polovině 14. století byla technika výstavby nádrží již natolik osvojena a rozvinuta, že byly budovány už poměrně vysoké hráze v širokých údolích toků. Důvodem k tomu byla i skutečnost, že chov ryb se stal v té době jedním z nejvýnosnějších podnikání v zemi, rybami nebyly zásobovány jen domácí trhy, nýbrž i trhy v sousedních zemích. Mnoho vybudovaných rybníků začalo sloužit i jiným účelům než jen chovu ryb, jako např. k provozu mlýnů, pil, hamrů, báňských zařízení či k plavení dřeva. Pro nové rybníky byly využívány hlavně stávající močály a blata, přispívalo se tak i k ozdravení krajiny a nové hráze se stávaly základem pro tvorbu nové cestní sítě.

Počátkem 15. století byl zaznamenán první větší útlum výstavby rybníků. Nepokoje a husitské války nejenže nemotivovaly k další výstavbě, ale řada hrází rybníků byla násilně protržena či zpusťla jako důsledek vypleněných statků a klášterů či dobitých měst. Teprve v sedmdesátých letech 15. století se začíná projevovat úsilí zejména šlechty o obnovu poničených rybníků a o rybníkářství vůbec. Počátkem 16. století se začalo projevovat velké úsilí v tomto směru u Rožmberků v jižních Čechách, přesněji na Třeboňsku. Kvalitativní posun byl zaznamenán v tom, že úvahy o budování rybníků směřovaly k vytváření celé rybníční soustavy (Vrána, 2004).

Na konci 16. století za panování Rudolfa II. se celková plocha rybníků odhaduje celkem hodnověrně na 180 000 ha. Rybníkářství bylo v té době hned vedle chovu ovcí nejlépe odborně zvládnutým oborem praktické hospodářské činnosti (Kender, 2000).

Skutečnou pohromou českému rybníkářství přinesla třicetiletá válka na počátku 17. století. Mnohé rybníky tehdy zanikly docela. V Čechách a na Moravě zbylo kolem roku 1787 jen 79 tis. ha rybníků. Také napoleonské války zastavily hospodářský rozvoj v našich zemích na více než třicet let. Rybníkářství živořilo a počátkem 19. století je zasáhlo radikální rušení vodních ploch. Nejvíce rybníků bylo zrušeno v úrodných oblastech Polabí a na jižní Moravě. Byl to důsledek rozvoje polaření, zavádění nových plodin a střídavého osevního postupu i rozvoje průmyslové výroby. Nejméně dotčeny zůstaly jihočeské rybníky, vybudované na málo úrodných, zamokřených půdách. V padesátých letech minulého století nastal obrat. Následkem zvýšené poptávky po sladkovodních rybách v Německu i Anglii rostly jejich ceny na trhu, výnos z hospodaření na rybnících se zlepšil (Čítek, Krupauer, Kubů, 1998).

20. století bylo provázeno v rybníčním hospodářství snahou o celkové zvýšení produkce ryb a mírným trendem k zvětšování rybníčních ploch. Nejvíce rybníků je v současnosti soustředěno do 24 hlavních rybníčních soustav. Řada menších soustav je situována např. na Karlovarsku, Chebsku, Pelhřimovsku, Jihlavsku, Telčsku, Třeštsku, Lanškounsku, Dečínsku, Ostravsku, v okolí Prahy a v dalších oblastech (Vrána, 2009).

3.2 Významné krajinné funkce malých vodních nádrží

3.2.1 Stabilizace mikroklimatu

Oběh vody je základním procesem regulujícím životní prostředí, počasí, makroklima, mezoklima i mikroklima a tvorbu živé hmoty (Jermář, 2010). Příčinou koloběhu vody na Zemi je sluneční záření, zemská gravitace, zemská tepelná energie a geochemická energie. Hydrologický oběh se skládá ze čtyř hlavních částí: z atmosférických srážek, z povrchového odtoku, z podpovrchového a z podzemního odtoku a z výparu spojeného s transpirací rostlin (evapotranspirace) (Sklenička, 2003). Voda se však může odpařovat a plnit svůj klimatizační úlohu jedině, pokud je v krajině přítomná v dostatečném množství (Kravčík, 2008).

Pro funkční (zdravou) krajinu je charakteristický uzavřený (krátký) koloběh vody (Funkce krajiny, 2012). Jeho předpokladem je dostatečné množství a rovnoměrné prostorové rozdělení relativně chladných částí krajiny, kterými jsou především lokální zdroje vysoké evapotranspirace (lesy, mokřady, vodní plochy,...) (Sklenička, 2003).

Za optimálních podmínek se na evapotranspiraci spotřebuje až 80% dopadající sluneční energie. Vodní pára pak na chladnějších místech nebo po nočním ochlazení kondenzuje a tvoří se místní srážky či rosa. Energie uložená ve formě skupenského tepla se po kondenzaci uvolňuje a přispívá k vyrovnávání teplotních rozdílů mezi dnem a nocí a mezi místy. Voda cirkuluje v malých množstvích na krátké vzdálenosti. Časté a pravidelné místní srážky udržují vyšší hladinu spodní vody (Funkce krajiny, 2012). V opačném případě (rozsáhlé urbanizované plochy, intenzivní zemědělská krajina,...), kdy v krajině chybí kondenzační místa, se mohou objevovat velké teplotní extrémy a veškerá vypařená voda kondenzuje až ve velkých vzdálenostech – nad mořem, pobřežím či vzdálenými pásmy hor. Takový cyklus se nazývá otevřený (dlouhý) koloběh vody. V tomto případě jsou srážky malé časté a kolísavé (Sklenička, 2003).

Velký hydrologický cyklus je koloběh vody na úrovni celé biosféry, jako malý hydrologický cyklus je označován koloběh vody na úrovni ekosystému. Hydrologický cyklus je primárně daný vydatností srážek na určitých územích, a je základem celé vodní bilance lidské společnosti (Rajchard, 2002). Jeho součástí je též voda akumulovaná v přirozených a umělých nádržích (Sklenička, 2003).

Vodní nádrže způsobují mikroklimatické změny ve svém bezprostředním okolí a projevují se jako regulátor teploty. Na počátku jarního období může teplota vzduchu v noci poklesnout v důsledku styku se studenou hladinou na bod mrazu a nepříznivě ovlivnit rostliny. V létě ve dne stoupá vzduch nad rychleji ohřátou půdou do výše a naopak nad hladinou nádrže vzniká sestupný proud chladného vzduchu, a tím vzniká vítr, který vane od hladiny ke břehu. V noci, kdy teplota půdy klesne pod teplotu hladiny, vane vítr obráceně. Přímá klimatická působnost ojedinelých nádrží dosahuje jen několik desítek metrů od břehu. Zjistitelné podnebí změny nastávají jen v oblastech velkých rybníčních soustav. Teplu akumulované ve vodě zmírňuje v létě náhlé změny počasí snižováním teploty vzduchu (Šálek, 1996).

3.2.2 Retence vody

Retencí vody rozumíme přirozené nebo umělé dočasné zadržetí vody v prostředí (Kvítek, 2004). Jde o zpomalení jak povrchového, tak podpovrchového odtoku vody z krajiny (Adámek, 2010). Tato voda může být dočasně zadržena lesním stromovím (intercepce), na povrchu terénu, v půdním krytu (tvořeném nadložním humusem a přízemní vegetací), v půdě, v korytě toku, ve vodní nádrži ap. Retence vody je důležitým faktorem pro zachycení srážek a transformaci

průtokových, jinak též povodňových vln. Větší retenci vody dosáhneme zmenšení okamžitých povodňových průtoků při současném prodloužení doby trvání zvýšených průtoků a v důsledku toho i delší a pravidelnější zásobování odběratelů vodou (Kvítek, 2004).

Změna využívání krajiny ovlivňuje retenci a vsakovací schopnost (Sklenička 2003). Voda dnes z krajiny rychleji odtéká, nevrací se zpět malým vodním oběhem, což se v místním klimatu projeví rozkolísaností srážek (Štěrba, 2008). Ve výsledku dochází ke změnám charakteristik povrchového odtoku, v negativním slova smyslu dochází ke zvyšování povodňových průtoků a ke snížení průtoků v suchých obdobích (Sklenička, 2003). Jejich průvodními jevy jsou například častější povodně, prodloužené období sucha spojené s výskytem lesních požárů (Kravčík, 2008).

3.2.2.1 Ochranná, protipovodňová funkce

Na všech stupních vývoje činily lidem potíže jednak nedostatkem vody v období sucha, jednak její přebytek za povodní. Člověk, dlouho bezmocný proti těmto živelním pohromám, jak se postupně vymaňoval ze závislosti na přírodě vytvářel si také stále účinnější prostředky obrany proti živelnosti vody. Požadavek ochrany před povodněmi je vyvolán hospodářskými ztrátami za povodní. Kromě přímých škod při zaplavování zemědělských pozemků nebo objektů působí povodně často i nepřímé ztráty národnímu hospodářství, např. přerušením nebo omezením dopravy, přerušením dodávky elektrické energie atd. Cílem povodňového řízení odtoku je snížení povodňových průtoků na ekonomicky odůvodněný neškodný průtok, při němž ještě nedochází v údolní nivě k větším hospodářským škodám (Votruba, Broža, 1966).

Za protipovodňovou funkci můžeme považovat soubor všech faktorů, dějů a opatření v krajině, které tlumí povodně a snižují škody na lidských zájmech i na přírodě. Vzhledem k tomu, že se pohybujeme převážně v polopřírodní nebo zcela umělé krajině, patří sem jak přírodní prvky, tak umělá opatření (Štěrba, 2008).

Mezi nejúčinnější prostředky dnešní doby patří vodní nádrže. Snižováním povodňových odtoků chrání nádrže hospodářské hodnoty a lidské životy (Votruba, Broža, 1966). Celkově se působení nádrže projevuje zploštěním povodňové vlny (Just, 2003). Požadavky na ochrannou funkci nádrže spočívají ve stanovení transformace povodňové vlny a průtoku vody v toku pod nádrží, určení objemu povodňové vlny, která se zachytí v nádrži (Šálek, 1996).

3.2.3 Akumulace vody

Představuje zpravidla dlouhodobé přirozené nebo umělé hromadění vody v prostředí nebo v určitém prostoru. K přirozené akumulaci vody dochází zejména vsakem srážkové vody do půdy (půdního krytu). Přirozená akumulace vody v půdě má za následek vznik podzemní vody (Kvítek, 2004). Umělá akumulace je převážně důsledkem výstavby vodních nádrží a příčných objektů na vodních tocích (Sklenička, 2003).

3.2.4 Retardace

Znamená zpomalení odtoku z povodí vlivem přirozených nebo umělých faktorů. Retardační schopnost povodí ovlivňuje povodňové průtoky ve smyslu zmenšení okamžitých povodňových průtoků a prodloužení doby jejich trvání (Sklenička, 2003).

U malého povodí se uplatňuje na utváření odtoku v plné míře charakter povodí, jeho geofyzikální vlastnosti a způsob obhospodařování. O velikosti odtoku v zájmovém profilu určitého malého povodí rozhodují vedle úhrnu, intenzity a doby trvání deště i geofyzikální vlastnosti povodí, především faktory ovlivňující retenci srážek, tj. intercepce vegetačního krytu, povrchová akumulace půdy a vsak, dále pak sklon a drsnost povrchu půdy ovlivňující rychlost odtoku především nesoustředěného svahového a tím i dobu koncentrace spolu s geometrickými vlastnostmi povodí, uspořádáním a hustotou vodní sítě (Krešl, 2007).

3.2.5 Doplnění zásob podzemní vody

Rozsáhlá exploatace krajiny vedla k plošné a prostorové redukci mokřadů, prostřednictvím meliorací a nadměrným odběrem povrchové i podzemní vody dochází k velkoplošnému odvodnění, což vede k poklesu hladiny podzemní vody a narušení vodního režimu (Strategie ochrany biologické rozmanitosti České republiky, 2005).

Většina malých vodních nádrží je spojena v rybníční soustavy a má polyfunkční (víceúčelové) poslání. Tyto malé vodní nádrže a rybníky, kromě úkolů pro které byly zřizovány (např. chov ryb), plní výrazné stabilizační funkce (zachycování smyvů, dočišťování odpadních vod z povodí i nejbližšího okolí, zásobují podzemní zdroje vody aj.).

Vyprázdnění půdního prostoru může u menších rybníků trvat týdny, u velkých rybníků až několik měsíců. Po opětovném napuštění nádrže je tento prostor znovu zaplněn a může představovat s nasycením spodních vrstev i více než 50% celkového objemu vody v nádrži (Pokorný, 2009). V bezprostřední blízkosti rybníka se předpokládá úroveň podzemní vody přibližně na úrovni hladiny vody v rybníce. Převýšení terénu by mělo odpovídat běžně udávaným žádoucím hloubkám hladiny podzemní vody podle jednotlivých typů půdy a vegetačního pokryvu, např. pro louky min. 30 cm, (lépe 60 cm) (Hasík, 1974). V závislosti na kolísání hladin se mění stupeň nasycenosti půdy vodou a výška hladiny podzemní vody v dosahu průsaku vody z nádrže do okolních pozemků (Novák, Ibllová, Škopek, 1986).

Mezi podzemními a povrchovými vodami tekoucími i stojatými existuje určitá spojitost. Toto propojení je umožněno zahloubením koryt řek nebo vyhloubením rybníků a jezer do hloubek do propustných horizontů. Tím dochází k přítoku podzemních vod do vod povrchových a opačně (Česalová, 2012).

Mokřady napomáhají komunikaci mezi systémy podzemní a povrchové vody. Pokud mokřady saturují systém podzemní vody, hovoříme o nadlepšování zásob podzemní vody, pokud mokřady odebírají vodu ze systému podzemní vody, hovoříme o uvolňování podzemní vody (Funkce mokřadů při plánování vodního hospodářství v povodích řek, 2006).

3.2.6 Zlepšování jakosti povrchových vod

Kvalita vody v nádržích je ovlivňována některými látkami, které se dostávají do rybníčního prostředí z menší části jako produkty biochemických procesů v nádrži, z větších částí přítokem zatíženým vypouštěnými odpadními vodami, splachem hnojiv z polí apod. Znečištění může být nárazové nebo permanentní. Vyvolává kyslíkové deficity a narušuje biocenotickou rovnováhu (Šálek, Mika, Tresová, 1989).

Na zvýšení jakosti vody se podílejí klasické rybníky, účelové malé vodní nádrže a speciálně stabilizační nádrže (Šálek, 2004). V podstatě všechny malé vodní nádrže se různým dílem samočisticími procesy podílejí na zlepšení jakosti povrchových vod. V malých vodních nádržích probíhají složité fyzikální, chemické a biologické procesy ovlivňující život v nádržích, rozhodují o jakosti vody a možnostech využití nádrží (Vodohospodářský Bulletin, 2009). Jejich význam je nezastupitelný v oblastech s malými vodními toky a řídkou hydrografickou sítí. Malé vodní nádrže významně přispívají k dosažení souladu mezi kapacitou vodních zdrojů, kvalitou vody a nároky všech uživatelů v rámci daného prostoru a času.

Jejich čistící účinek se projevuje především v poutání suspendovaných látek, postupném rozkladu a mineralizaci organického znečištění a nitrifikaci amoniaku. Mimořádně vysoký je čistící účinek při odstraňování mikrobiálního znečištění a poutání nutrientů biomasou (Šálek, 2004).

Čistící procesy, které probíhají ve vodním prostředí, dělíme na anaerobní a aerobní podle obsahu kyslíku v prostředí, ve kterém probíhají. U běžných nádrží rybničního typu vysoce převažují aerobní pochody, které můžeme charakterizovat jako proces bakteriální oxidace a fotosyntetické redukce, probíhající ve vodním prostředí (Šálek, 1996). Důležitou podmínkou odbourávání nečistot je dostatečný obsah ve vodě rozpuštěného kyslíku, umožňující činnost aerobních mikroorganismů, zvláště bakterií, které mineralizují organické látky ve znečištěné vodě (Hartman, Příkryl, Štědranský, 1998). Minerální látky jsou z vody odebírány fytoplanktonem (drobnohledné řasy) a slouží mu jako živiny. Fytoplankton je potravou zooplanktonu (živočišný plankton – korýši, vířníci, prvoci), který požírá ryba (Šálek, Mika, Tresová, 1989). Důležitou součástí malých vodních nádrží jsou autotrofní organismy a vyšší rostliny, především makrofyta, která se podílejí na výsledném čistícím účinku nádrže (Šálek, 1996). Ponořené a některé druhy bažinných rostlin přispívají k samočištění vod kromě důležité produkce kyslíku také podporováním usazování nečistot místním tlumením rychlosti proudu a odčerpáváním nadměrných živin i některých toxických látek z vody (Hartman, Příkryl, Štědranský, 1998).

3.2.7 Krajinotvorná a estetická funkce

Ekosystém, který tvoří rybník a jeho bezprostřední okolí (rybníční kotlina – litorální zóna, mokřady, vlhké louky) patří mezi přírodovědně a krajinářsky nejcennější složky, které můžeme v české krajině nalézt. Tato skutečnost našla své vyjádření i v zákoně ČNR č. 114/1992 Sb., O ochraně přírody a krajiny, který rybníky zařazuje mezi ekologicky, geomorfologicky a esteticky hodnotné části krajiny, které nezřídka utvářejí její typický vzhled a přispívají k udržení její stability – tzv. významné krajinné prvky. Takto vymezené významné části krajiny jsou legislativně chráněny před poškozováním a ničením. Význam rybníků ve volné krajině zvyšuje i to, že jsou vždy – více nebo méně – kompromisními ekosystémy, u nichž ostatní, člověkem požadované funkce a jejich vliv ještě nepotlačuje celou řadu cenných vlastností, jimiž se vyznačují přírodní ekosystémy. Intenzivní rybářské hospodaření může sice znamenat ohrožení nebo ústup některých citlivých druhů, jiné se s ním však velmi dobře vyrovnají a pro další může být prospěšné.

Krajinářská a estetická funkce rybníka se ani v tomto případě nezhorší. Rybník může být nadále stabilním a stabilizujícím prvkem v krajině (Kender, 2000).

Rybníky, i když umělé vodní nádrže, přispívají u nás v mnoha oblastech k harmonické skladbě (architektuře) krajiny, k její malebnosti a neopakovatelné kráse (Čítek, Krupauer, Kubů, 1998). Krajina s dobře udržovanými rybníky a vyváženou vegetací vyvolá svou harmonií a krásou pocit pohody. Velká hladina rybníků lemovaná hrází s letitými stromy je krásná při pohledech dálkových i detailních. Tiché rybníky obklopené lesy působí nezapomenutelným dojmem velebnosti přírody. Pobyt v takové krajině je estetickým zážitkem. Dobře udržované rybníky jsou nositelem estetické funkce v krajině a tímto způsobem pozitivně přispívají k tvorbě životního prostředí člověka (Hasík, 1974).

Estetické uplatnění vody vyplývá z jejího relativně dominujícího vzhledu, který je umocňován i členitostí, kontrastem a rozmanitostí v břehové zóně. Na vzhledu vody se podstatně podílí její čistota, jasnost a průhlednost, které umožňují jak zrcadlení vodních hladin, tak i působivost vody tekoucí, či tryskající a přepadající. Jak ve městě, tak i v příměstské krajině mají zvláštní význam břehové okraje vodních ploch a toků. Úměrné střídání vhodných typů břehových okrajů bývá vítaným zvýšením estetické působivosti (Horký, Vorel, 1988).

Využití kladných účinků vegetace, zejména keřových a stromových dřevin, je možno pouze na březích rybníků. Uplatňuje se především jejich estetická krajínovorná a stabilizační funkce. Stromové a keřové porosty mají důležitý úkol i při spoluutváření krajiny, jsou součástí tzv. rozptýlené zeleně, výrazného krajínovorného prvku (Novák, Iblová, Škopek, 1986).

3.2.8 Biologická funkce

Vodní a mokřadní biotopy jsou v České republice i na celém evropském kontinentě nejvíce ovlivněným a degradovaným typem ekosystémů. Jejich biodiverzita je ohrožena více než biodiverzita ekosystémů terestrických. Společenstva vodních a mokřadních ekosystémů; fyto/zooplankton, fyto/zoobentos, makrofytocenózy, a ichtyocénózy se již zřídka vyskytují v přirozeném druhovém složení. Většina na vodu vázaných obratlovců; obojživelníků, plazů, vodní ptáků a savců patří mezi ohrožené druhy. Na území České republiky je jen zanedbatelný počet přirozených vodních ekosystémů stojatých vod. Jejich funkci z hlediska biodiverzity do určité míry suplují rybníční systémy, které jsou nezbytnou součástí

české kulturní krajiny (Strategie ochrany biologické rozmanitosti České republiky, 2005).

Díky svým přírodním hodnotám patří rybníky k významným krajinným prvkům a rybníční ekosystémy představují nesmírně významný zdroj biodiverzity v krajině (Pechar, 2008). Diverzitou druhů rostlin a živočichů a estetikou vegetační pokrývky dodávají místům, kde se vyskytují, charakter vzorové kulturní krajiny. Obsahují rovněž genofond druhů, potenciálně využitelných člověkem v budoucnosti. Mnohé rybníky jsou díky své biodiverzitě významnými chráněnými územími; některé z nich jsou chráněny Ramsarskou úmluvou o ochraně mokřadů mezinárodního významu (Husák, Květ, 2008).

Rybníky jsou nádrže, které v důsledku kombinace řady vlastností jsou silně individualizované a k nimž nelze použít z pohledu ochrany přírody paušální přístup (Příkryl, Faina, Dušek, 2010). Ochrana druhů i vegetace v podmínkách vodních a pobřežních biotopů se stala důležitým problémem posledních asi 20 let. Netýká se ovšem jenom rostlinstva, ale i všech organismů (Hejný 2000).

Snahou opatření pro rybníky je podpořit zachování pestré mozaiky biotopů a zajistit optimální péči o rybníky z hlediska druhové bohatosti při současném zachování primární role rybníka – chovu ryb (Aktualizace státního programu ochrany přírody a krajiny České republiky, 2009). Odměnou je návrat k přírodě blízkému relativně stabilnímu ekosystému rybníka s velkou druhovou diverzitou (Franková, Marešová, 2008).

3.2.9 Rekreační funkce

Nádrže bývají v mnoha případech jedinou oázou klidu v krajině, svým specifickým prostředím a vlivem na bezprostřední okolí umožňují soustředění ptactva a drobných savců, ale i rekreaci člověka (Šálek, 1996).

V letním období je rekreace obyvatel často spojena s pobytem u vody. Proto rybníky svým charakterem a okolím nabývají stále větší důležitosti jako krajinný článek, umožňující tuto aktivní formu odpočinku (Čítek, Krupauer, Kubů, 1998). Estetická a rekreační hodnota rybníků se uplatňuje zejména u těch z nich, jež jsou k tomuto účelu vyhrazeny, s vodní plochou vhodnou pro vodní sporty, a u rybníků s pobřežím turisticky přitažlivým (Husák, Květ, 2008).

Vodní plochy v ČR jsou hojně využívány pro rekreaci v různých formách. V této souvislosti hovoříme buď o hromadné, nebo individuální rekreaci (Čítek, Krupauer, Kubů, 1998). Pro organizovanou rekreaci je užíváno 54 vodních

nádrží, 375 rybníků, 44 vodních ploch po těžbě štěrkopísku a 60 úseků vodních toků pro sportovní a rekreační plavbu (Kvítek, 2004). Pro hromadnou rekreaci musí být rybník k tomuto účelu vhodně doplněn nezbytným technickým vybavením a způsob jeho obhospodařování musí být v souladu s příslušnými hygienickými předpisy (Čítek, Krupauer, Kubů, 1998).

3.3 Revitalizace krajiny

Revitalizace krajiny je poměrně mladým oborem, který se v České republice začal rozvíjet na počátku devadesátých let. Jeho vznik byl podpořen vytvořením podpůrného finančního programu Revitalizace říčních systémů. Zpočátku se týkaly revitalizace převážně výstavby malých vodních nádrží, protože zde bylo z minulosti jasno, jak nádrže navrhovat, byly k dispozici legislativní nástroje, normy, vyhlášky. Revitalizace vodních toků nabíhaly postupně tak, jak se projektanti učili tento nový obor pojímat. Ke konci trvání Programu revitalizace říčních systémů se cca polovina všech akcí, realizovaných s podporou tohoto programu, týkala revitalizace vodních toků nebo byla řešena alespoň kombinace výstavby malé vodní nádrže s revitalizací napájecího toku. V období ukončení Programu revitalizace říčních systémů nastartoval další finanční podpůrný program, který byl z větší části dotován prostředky Evropské unie. Nejdříve to byl Operační program infrastruktura, na něj pak navazoval Operační program životní prostředí (Šedivý, Vrána, 2011). Kromě státních programů jsou revitalizace podporovány i soukromíky, neziskovými společnostmi a v souvislosti s přívalovými dešti stále častěji také obcemi.

Pojem revitalizace vlastně znamená v překladu „opětné oživení“. Většinou máme na mysli zvýšení druhové pestrosti na nějakém (revitalizovaném) území, ale řada revitalizací také směřuje k jiným cílům, například k zadržení vody v krajině, k zamezení půdní eroze, ke zlepšení estetiky území, velmi často také ke zlepšení protipovodňové situace atd. Všechny tyto změny současně zlepšují celkový ekologický stav revitalizovaného území. Obvyklé motivy dnes prováděných revitalizací jsou tyto: Zvýšení druhové nebo stanovištní diverzity. Vytvoření vhodných biotopů pro zvláště chráněné druhy živočichů nebo rostlin. Záchrana ohroženého druhu. Zadržení vody v krajině. Obnova či tvorba mokřadů. Ekologická náprava odpřírodněných částí říční krajiny (říční koryta, břehů, nivy atd.). Znovunapojení odstavených říčních meandrů a ramen. Aktivace opuštěných náhonů. Obnova zlikvidovaných úseků řek, případně tvorba nových koryt. Ekologické protipovodňové úpravy koryta, břehů, dna řeky nebo nivy. Obnova rybníků v nivě. Změna využívání krajiny. Obnova podélného či příčného

ekologického kontinua krajiny. Vybudování rybích přechodů. Navození samovolné revitalizace. Úpravy ve prospěch rekreace a estetiky.

Ideálním předobrazem revitalizované krajiny je nesporně její původní přírodní stav, ovšem znovu ho dosáhnou v plném rozsahu se nám podaří snad jen ve výjimečných případech (Štěrbá, 2008).

3.4 Revitalizační opatření na malých vodních nádržích

Obecně se pod pojmem revitalizace míní obnovení původních ekologických funkcí krajiny a s nimi i návrat přirozených společenstev rostlin a živočichů, jak již bylo uvedeno v kapitole Revitalizace krajiny. Tedy návrat přírodních hodnot a vzájemných vztahů, na které byla lidská populace adaptována stovky let, a které se v průběhu posledního půlstoletí silně zredukovaly nebo úplně vymizely. S tím lze souhlasit při revitalizaci vodních toků nebo celého povodí, avšak u malých vodních nádrží je situace poněkud odlišná. Největší druhové bohatství rostlin a živočichů nám totiž poskytují nádrže již částečně živinově obohacené, ovlivněné činností člověka (Vrána, 2009).

Cílem moderních projektů obnovy nádrží je realizovat takové procesy a opatření, která navrátí ekosystém do požadovaného stavu a nastolí rovnováhu vodního ekosystému a zahájí integrovaný a dlouhodobě udržitelný management nádrží a jejich povodí. Projekty obnovy vodních ekosystémů mohou mít řadu různých cílů (obnovit biodiverzitu, redukovat vnos živin z povodí, omezit rozvoj sinic, makrofyt či určitých skupin ryb, detoxifikace povodí či nádrže, obnovení kyslíkového režimu v nádrži atd.) (Adámek, 2010).

K základním revitalizačním opatřením patří:

- odstranění nežádoucích sedimentů,
- úprava dna nádrže,
- úprava litorální zóny, včetně obnovy břehových porostů,
- úprava břehů nádrže,
- vytvoření infiltračních pásů, mokřadních ploch a tůní kolem nádrže, včetně ozelenění,
- vytváření podmínek pro možnost migrace,
- zapojení malých vodních nádrží do přírodního ekosystému ve vazbě na územní systémy ekologické stability,
- vhodná hospodářská opatření na zemědělské a lesní půdě v povodí (např. protierozní opatření)

- rekonstrukce a obnova hrází a objektů na malých vodních nádržích,
- vytvoření ekologických prvků na konci vzdutí nádrže s menšími lagunami, které umožní přežití obratlovců po vypuštění nádrže.

Revitalizační opatření na malých vodních nádržích musí být v souladu s vytvářením přírodně hodnotných ekosystémů a mají se přibližovat svým charakterem přirozeným biotopům (Šedivý, Vrána, 2011). Přehled jednotlivých revitalizačních opatření a jejich účinky jsou uvedeny v tab. č. 1.

Tab. č. 1: Revitalizační zásahy.

revitalizační zásah	změny, které zásah vyvolá	konečné účinky revitalizace
odstranění sedimentů	zvětšení akumulačního prostoru nádrže	návrat k původním hydrologickým funkcím
	prodloužení doby zdržení, snížení vnitřní zásoby živin v nádrži	oligotrofizace vodního prostředí
úprava dna nádrže	zrušení prohlubní zaplněných organickým kalem s vodou anaerobní	zablokování vyplavování, fosforu, snížení trofie vody
úprava břehové linie	vymezení plochy pro rozvoj litorálního pásu	posílení ekologické funkce nádrže
	návrh a výsadba doprovodné vegetace podle odpovídajícího vegetačního stupně	posílení biodiverzity a lepší začlenění nádrže do krajinného prostoru
zatravnění pásu o šířce min. 20 m po souvislém obvodu nádrže	v místech, kde není navržen litorální pás představuje vytvoření ochranného pásu bariéru před eutrofizací a zanášením nádrže z okolních pozemků	omezení eutrofizace a zanášení nádrže
rekonstrukce a obnova tělesa hráze a obslužných zařízení	bezpečná manipulace s akumulovanou vodou	návrat k původním hydrologickým funkcím
opatření k omezení transportu sedimentu z povodí	organizace z hlediska protierozní ochrany povodí, budování a zakládání odsazovacích míst nad nádrží nebo v nádržní kotlině	posílení všech výše uvedených funkcí, zejména hydrologických

(Kvítek, 2004)

Malé vodní nádrže po revitalizaci plní celou řadu dalších funkcí:

- zvyšují zásobu vody v krajině i zásobu podzemní vody,
- akumulují část velkých vod při povodních,
- mají vliv na dočišťování povrchových vod,
- jsou sídlem pro vodní, mokřadní a pobřežní druhy organismů,
- jsou místem pro trvalý rozvoj biodiverzity krajiny,
- umožňují vznik a trvání obvodového lemu nádrže a jeho přechod na blízké území.

Výsledkem všech revitalizačních zásahů má být především zachování biodiverzity fauny a flóry dané lokality a zajištění její stability a vhodným navázáním na všeobecně prospěšnou hospodářskou exploataci (Pokorný, 2009).

3.4.1 Odstraňování sedimentů z nádrží

Odbahňování malých vodních nádrží je nutné v důsledku jejich zanesení, způsobené přítokem suspendovaných látek z povodí, břehovou abrazí v nádrži, přítokem rozpuštěných látek, vytvářejících podmínky pro eutrofizaci a růst biomasy a její následné odumírání a sedimentaci v nádrži.

Důsledkem zanášení (zabahňování) je potom postupné omezování až znemožňování vodohospodářských, biologických a ekologických funkcí malých vodních nádrží (Šálek, 1996).

3.4.1.1 Problémy vodohospodářské

Současný stav zanesení rybníků sedimenty v podstatě odpovídá stáří rybníčního fondu a souvisí se změnami krajiny (odlesnění, změny zemědělské agrotechniky, atd.), ke kterým došlo v povodí i na vlastních tocích. Důvodem tohoto stavu je dlouhodobě zanedbávaná údržba rybníčních nádrží. Stav zanesení rybníků sedimenty omezuje významnou měrou jejich akumulční a ochranné prostory a je v současné době patrně problémem nejzávažnějším (Vrána, 2009).

V České republice vykazuje třetina rybníků nadměrné zatížení sedimenty. Celkové množství sedimentů je ve vodních nádržích ČR odhadováno na 197 mil. m³, v drobných vodních tocích a závlahových kanálech na 5 mil m³ a v odvodňovacích kanálech 0,8 mil m³. Tato množství značně zmenšují objem akumulace vody a snižují i míru ochrany krajiny proti povodním (Kubík, 2009).

Nárůst sedimentů uložených v rybnících České republiky za období let 1962 – 1992 je uveden v tab. č. 2.

Tab. č. 2: Porovnání objemu usazenin v rybnících v ČR v l. 1962 a 1992 /údaje v tis. m³/.

Ukazatel	rok 1962	rok 1992	rozdíl
Objem rybníčního bahna	162 571	151 500	11 071
Objem usazenin rybníčních okrajů	20 327	44 731	+24 359
Rybníční usazeniny celkem	182 943	196 188	+13 245

(Vrána, 2009)

Odhad ročního přírůstku usazenin v rybnících činí 441,5 tis.m³. Poměr rybníčního bahna k organominerálnímu materiálu z rybníčních okrajů se změnil z 8 : 1 (rok 1962) na 3,39 : 1 (rok 1992), tedy se snížil 2,36 krát. Je to způsobeno tím, že mělké rybníční nádrže v živinově bohatém prostředí vlivem zárůstu tvrdé vodní vegetace rychle vymělčují. Tvrdé vodní rostliny po skončení vegetační sezóny hynou. Poločas rozpadu takto vytvořené biomasy rostlin je asi 6 až 9 měsíců. Roční přírůstek biomasy (makrofyt) je tedy větší než jejich rozklad, a to je příčinou ztráty

akumulačního prostoru nádrže a vodní plochy. Nádrž tak pozvolna od okrajů k výpusti „vyrůstá z vody“ (Vrána, 2009).

Obsah bahna za posledních 30 let zdánlivě ubyl. Tento rozpor vyplývá z faktu, že plochy, které náležely před 30 lety vodní hladině a na jejichž dně bylo uloženo rybníční bahno se změnilo v zarostlé litorální části nádrže. Z hlediska metodického je zřejmé, že odhad nárůstu rybníčních sedimentů podle nějakého lineárního modelu naprosto selhává. Zazemňování rybníků je kontinuální proces v čase až do okamžiku, kdy se část dna rybníční kotliny dostane pod kritickou hranici hloubky vody, tj. 60 – 40 cm. Od té doby začíná intenzivní nárůst litorálního pásu a rychlé vyrůstání rybníka z vody. Při těžbě takto zarostlých nádrží již nelze hovořit o odstraňování rybníčního bahna, ale litorálního pásu, který vlastně pokrývá celou plochu nádrže (Kvítek, 2004).

3.4.1.2 Problémy ekologické

Nejzávažnější je jakost vody, kvalita sedimentů vzhledem k jejich dalšímu využití nebo zneškodnění, ochrana flóry, fauny a ekosystémů. Často se jedná o společné navzájem se ovlivňující problémy. Velice významný je například střet dvou problémů – příbřežní zóna, mělké litorální pásmo vlivem vysoké trofie vody rychle zarůstá, čímž se zmenšuje rozloha vodní hladiny a akumulovaný vodní prostor. Na druhé straně jsou litorály ceněny jako poslední refugia fauny a tedy všemožně chráněny (Vrána, 2009).

Přísun nadbytečného množství živin z povodí vede k eutrofizaci nádrží provázané rozvojem vodního květu a výrazným zhoršením kvality vody. Odumřelé organismy se hromadí spolu s jemnými částicemi na dně vodních nádrží a vytvářejí vnitřní zdroj živin. Tento sediment, bohatý na organické látky, je černý, anaerobní (bez kyslíku) a uvolňuje do vody takové množství živin, že dochází k rozvoji zmíněného vodního květu, i když se omezí přísun živin z povodí. Roční přírůstek těchto sedimentů je různý podle individuálních podmínek nádrže co do složení i množství, obecně se udává průměrně 4 cm za rok (Petříček, 1999). Základní myšlenka zní – zadržíme-li vodu v krajině, zadržíme v krajině také živiny. Živiny zadržené v krajině nezvyšují trofii nádrží a působí tedy jako prevence eutrofizačních pochodů.

Hlavními antropogenními zdroji živin v povrchových vodách jsou komunální a průmyslové odpadní vody a splachy z urbanizovaných území, intenzivní zemědělská výroba a akvakultury (Adámek, 2010). Zvyšování účinnosti vod

(eutrofizaci) způsobuje výhradně fosfor (P), nikoli dusík (N). Nejdůležitějším zdrojem P v povodích jsou v naprosté většině případů bodové zdroje, především komunálního (+ případně průmyslového) znečištění (Duras, 2008).

Těžba sedimentů je velmi efektivní metoda pro mezení obsahu živin v nádrži. Těžba by měla zajistit redukci vnitřní zásoby fosforu v jezerech díky odstranění svrchní vrstvy sedimentů, které obsahují fosforu nejvíce a dále je takto odkryta vrstva s větší kapacitou pro další vázání fosforu. Navíc z hlediska omezení masového rozvoje sinic má těžba tu výhodu, že spolu se sedimentem je odstraněna značná část inokula sinic, které je v sedimentu trvale přítomno (Adámek, 2010).

3.4.1.3 Preventivní opatření proti zabahňování zdrže

Odbahňování rybníka je značně nákladné, a proto je výhodnější předcházet nadměrnému zabahňování vhodnými opatřeními. Zabahňování bahnem převážně organického složení bráníme pravidelným vysekáváním především tvrdých porostů a jejich kompostování. Rozklad a mineralizaci organické hmoty rovněž urychlíme vydatnějším vápněním. Významným opatřením k urychlení rozkladu organického bahna je též zimování rybníků na suchu se současným vápněním na dno, a častější letnění. Bahno ztrácí vysušením na objemu a vlivem střídání teplot, stykem se vzduchem a jinými povětrnostními vlivy se v něm mineralizují humusové součásti, které přecházejí z koloidního stavu v drobtovitou formu. U pravidelně zimovaných a letněných rybníků se zpravidla nesetkáváme s nadměrným zabahňováním (Čítek, Krupauer, Kubů, 1998). Při letnění zpracováváme dno vhodným kultivačním náradím, aby se umožnil větší přístup vzduchu do půdy. Kladně se též projevuje zpevňování vrstvy bahna kořeny rostlin při letnění rybníka.

Zabahňování a zanášení rybníků převážně minerálními částicemi strhávaným vodou se bráníme zřízením obvodové stoky, kterou odvádíme kalné přívalové vody mimo rybník. Splavování jemného bahna z okrajových částí rybníka zabraňujeme udržováním větrolamů z úzkých pásů tvrdých porostů a udržováním rybníčních stok v řádném stavu (Nováček, 1997).

3.4.2 Úprava dna nádrže

Rybníční a účelové nádrže umístované do přírodního prostředí vyžadují poměrně rozsáhlé úpravy dna a břehů; přizpůsobujeme je podmínkám zatopení a jsou nutné z důvodů hygienických, estetických a provozních. Úprava rybníčního

dna a břehů je tedy neoddelitelnou součástí výstavby rybníků a účelových nádrží (Šálek, Mika, Tresová, 1989).

Jakost dna je ovlivňována jednak přírodními podmínkami (půdním útvarem, na němž se rybník nachází, naplaveninami přiváděnými napájecí vodou, velikostí a hloubkou rybníka, vodními porosty a spádem dna), jednak prováděnými hospodářskými zásahy. Úpravy rybníčního dna sledují jak zlepšení jeho jakosti, tak i ulehčení a zhospodárnění prací spojených s obhospodařováním rybníků (Čítek, Krupauer, Kubů, 1998).

Úprava dna rybníků a účelových nádrží rybníčního typu záleží v odstranění porostů (stromů a keřů) ze zátopového území, v odstranění objektů v zátopovém území, v urovnání a ve stabilizaci rybníčního dna, v odvodnění rybníčního dna a ve snížení propustnosti rybníčního dna (Šálek, Mika, Tresová, 1989).

3.4.3 Úprava břehové linie

Břehy nádrží se upravují při speciálních požadavcích investora, např. jako ochrana proti vymílání okrajů, pro účely rekreace, popř. z hospodářských důvodů (Pokorný, 2009).

Speciálním požadavkem orgánu ochrany přírody u řady rybníků je zachování přirozeného charakteru břehu a litorálního pásma. To umožní růst mokřadních porostů v pobřežním pásu. Spolu vegetačním opevněním břehů, stromy a keři, se tak vytváří prostředí pro specifické druhy fauny, která v dnešní kulturní a devastované krajině jindy nenajde místo (Vrána, 2009).

Při obnově nebo budování rybníka, který má plnit všechny potřebné funkce, je proto třeba věnovat velkou pozornost právě tvarování a úpravě litorálu. Tam, kde se alespoň ve zbytcích zachoval, snažíme se zasahovat co nejméně, protože ponechání třeba jen tohoto rezidua může významně přispět k rychlému a dobrému obnovení celé pobřežní zóny, pochopitelně nepříznivě ovlivněné nutnou stavební činností na vodní nádrži (Kender, 2000).

3.4.3.1 Členění pobřežního území

Z hlediska situování vegetace na březích vodních nádrží je možno charakterizovat pobřežní území jako prostor umožňující existenci vegetace. Pobřežní území se člení ve vertikálním směru na část v zátopě nádrže a na část

břehovou. Spodní hranici v zátopě tvoří nejčtenější hladina zásobního prostoru nádrže, horní hranicí kóta hladiny maximálního vzduť.

Břehová část, která leží nad maximální hladinou, může mít značně proměnlivou šířku a je obvykle zakončena přírodní hranicí, která je tvořena vrcholem svahu břehu, náhorní plošinou břehu, skalním srázem nebo uměle stanovenou hranicí ve vzdálenosti, která je nutná pro situování ochranné a doprovodné vegetace.

Ve smyslu rozdělení litorálního pásma ve vztahu k hladinám nádrže odpovídá sublitorální pásmo plochám břehů, které jsou pod nejčtenějšími hladinami zásobního prostoru trvale zatápěny, eulitorální pásmo odpovídá plochám v rozpětí od nejčtenějších hladin ke kótě maximální hladiny (pásmo kolísání hladin a pásmo střídavě zatápěných a obnažovaných ploch). Supralitorální pásmo odpovídá plochám břehů, které leží nad maximální hladinou a nikdy nejsou zaplavovány. V rozmezí těchto hranic je nejčastěji uváděno různé členění pobřeží vodních nádrží v souvislosti s návrhy prostorového uspořádání různých druhů vegetace (Novák, Iblová, Škopek, 1986).

3.4.3.2 Litorální pásmo

Rybníky jsou prvky ekosystémů krajiny. Prostorem, kde dochází ke styku rybníků s ostatními prvky ekosystémů krajiny, je litorální pásmo. Toto pásmo spolu s okrajovými plochami rybníka a s břehovými plochami má zásadní vliv pro začlenění rybníků do krajiny (Hasík, 1974).

Má-li malá vodní nádrž rybníčního typu tvořit součást biocentra, musíme zabezpečit plynulý přechod mezi nádrží a okolním územím. Rozhodující je pečlivé vyřešení litorálního pásma v návaznosti na suchý břeh. Jedná se o hraniční ekosystém mezi terestrickými a vodními ekosystémy, tzv. ekoton (Šálek, 1996). Litorál je tedy vzhledem ke své poloze mezi vodním a suchozemským živlem ve stavu neustále se proměňující, napjaté dynamické rovnováhy a počet faktorů, kterými může být ovlivněn, se násobí různorodostí prostředí, mezi nimiž se litorální zóna nachází. Litorální zóna má proto zásadní význam pro začlenění vodní nádrže do krajiny, a to nejen z hlediska estetického, ale především funkčního (Kender, 2000).

Základním předpokladem pro příznivý rozvoj litorálu je technická úprava rybníku (sklony dna, břehů, zahloubení do terénu), optimální je hloubka vody do

40 cm na 10-30% rozlohy rybníku. (Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, 2008). Místa, kde je počítáno s rozvojem litorálního pásu, musí být vysvahována v zátopě v poměru 1:3 až 1:5. (Gergel, 2004). Podporuje se rozvoj litorální zóny zejména v přítokové části nádrže (ČSN 75 2410).

V rozsáhlých porostech litorálního pásma je velmi vhodné vytvářet průplavy, které se tvoří tak, že 1/3 až 1/4 plochy litorálního pásma se odtěží na hloubku min. 0,6 m a vytvoří jakýsi nepravidelný vodní záliv – průplav o šířce 4 až 12 m. Tento průplav nemá lineární okraje a působí v ekosystému litorálu rybníka velmi příznivě. Mimo rybníční kotlinu je nepřístupný, a proto do něj s oblibou zajíždějí jak ryby, tak i vodní ptactvo. Po určité době, která odpovídá rychlosti zazemňování (5 až 15 let) nádrže, se vybuduje tento vodní tvar na další třetině nebo čtvrtině plochy litorálu. Tak se v podstatě stabilizuje stárnutí nádrže a významně se při tom rozšiřují ekologické niky v rybníční kotlině (Vrána, 2009).

Litorál s vodními rostlinami má obrovský význam pro celý ekosystém nádrže:

- Je stanovištěm pro bohatá společenstva vodních organismů, kterým poskytuje životní prostředí i potravní nabídku.
- Má zásadní vliv na strukturu rybí obsádky, protože poskytuje stanoviště dravcům, je obrovským potravním zdrojem pro většinu druhů ryb, je místem pro život nejmladších ročníků většiny druhů ryb, je trdlištěm pro řadu druhů ryb.
- Má význam pro živinový režim nádrží. V přítokové části pohlcuje fosfor přinášený přítokem, zachycuje splachy z okolí, odčerpává část fosforu z vodního sloupce. Maximální pozitivní vliv na obsah živin se projevuje u nádrží spíše mělkých, s delší dobou zdržení vody a nepřesycených fosforem.

Je tedy zřejmé, že litorál má význam nejen z pohledu čistě ekologického (zvýšení biodiverzity...), ale je důležitý také pro kvalitu vody (Duras, 2008). Na průhlednosti vody záleží, do jaké hloubky mohou zasahovat porosty měkké ponořené makrovegetace. Jejich pronikání do větších hloubek i za dostatečných světelných podmínek je však limitováno. „fyzikální bariérou“, hydrostatickým tlakem. Stonky jsou protkány soustavou vzdušných kanálků o velké světlosti, které procházejí celou rostlinou (Lellák, Kubíček, 1991).

3.4.3.3 Pobřežní vegetace u vodních nádrží

Břehový doprovod plní řadu významných biologických funkcí, je stanovištěm četných rostlinných druhů a poskytuje potravu, úkryt, hnízdění a rozmnožování živočichů. Ochranný pás kolem nádrže má mimořádný význam protierozní, infiltrační, mikroklimatický apod. V ochranném pásmu se zachycují povrchové smyvy a polutanty, které by jinak znečišťovaly vodní nádrž (Šálek, 1996).

Využití kladných účinků vegetace, zejména keřových a stromových dřevin, je možno pouze na březích rybníků. Uplatňuje se především jejich estetická krajínotvorná a stabilizační funkce. Při navrhování i provádění nových výsadeb lze proto použít stejných zásad a technologických postupů jako při zakládání břehových porostů na březích vodních toků nebo vodních nádrží. Vhodně navržený a udržovaný vegetační doprovod na březích rybníků vytváří harmonickou přírodní kulisu podél vodní plochy a přispívá ke zlepšení přírodního a životního prostředí. Podle účelu, jemuž rybník slouží, volíme druhovou skladbu dřevin a jejich prostorové uspořádání.

Podél vodních nádrží se vyskytují dva základní typy vegetace: souvislá zeleň, tvořená lesními komplexy na svazích břehů nebo pásy břehových porostů, a rozptýlená zeleň ve formě menších skupin dřevin a rostlinných společenstev. Podle funkcí můžeme vegetaci obou typů rozdělit na ochranné břehové porosty (ochranné vegetační pásy) a na doprovodné porosty (lesní parky, lesní porosty a rekreační zeleň) (Novák, Iblova, Škopek, 1986).

3.4.4 Zanášení vodních nádrží

Zanášení nádrží rybníčního typu je kontinuální proces, který postupně omezuje vodohospodářské, estetické a ekologické funkce nádrže. Hlavními zdroji zanášení jsou:

- přítok nerozpuštěných látek z povodí nádrže,
- eroze koryta nad nádrží a abraze břehů vlastní nádrže,
- přítok rozpuštěných látek, především nutričních z povodí nádrže, které jsou příčinou rozvoje biomasy, která postupně zanáší nejnižší položená místa (Šedivý, Vrána, 2011).

Tyto procesy způsobují stárnutí nádrží, neboť zmenšují zásobní prostor nádrže, způsobují zhoršování kvality vody, ale i jiné problémy, např. zarůstání břehů, rozvoj řas, vznik limnické slatiny z odumřelých rostlin apod (Šálek, Mika, Tresová, 1989).

3.4.4.1 Vnitřní zanášení

Vnitřní zanášení spočívá: v činnosti autotrofních organismů a produkci jejich rostlinné hmoty včetně fytoplanktonu, v odumírání heterotrofních organismů a produktech jejich látkové přeměny. Intenzita vnitřního zanášení je přímo závislá na přísunu biogenních prvků. Odumíráním rostlin, mikroorganismů a živočichů vzniká humus i detrit a po jejich mineralizaci anorganické látky. Tím také dochází k druhotnému znečišťování recipientů. Průměrně se za rok v malých vodních nádržích usadí několik cm nánosů v závislosti na trofii (obsahu živin) (Pokorný, 2009).

Voda přitékající z přilehlých povodí má v současné době zpravidla vždy nadbytek živin, které jsou příčinou zvýšení intenzity růstu vodních rostlin. To se projevuje především v nádržích mělkých s hloubkou vodního sloupce pod 0,6 m. Produkce měkkých a především tvrdých vodních rostlin zde často dosahuje několika desítek tun hmoty z hektaru vodní plochy za rok (Gergel, Husák, 1997).

Tato hmota po skončení vegetační sezóny odumírá a doba jejího rozkladu trvá u měkké vegetace 1 – 3 měsíce, u tvrdé vodní vegetace 1 – 3 roky. Představuje tak významný podíl nárůstu sedimentů. Roční přírůstek nově se vytvořivších usazenin činí 20 – 50 mm. Při průměrné hloubce nádrže 0,6 m je možné její životnost odhadnout na 10 - 30 let. Proto je jedním ze základních požadavků směřujících k zachování životnosti nádrží, a tím i pohotových bilančních zásob vody v krajině minimální průměrná hloubka okrajů nádrže 0,6 – 0,8 m (Kvítek, 2004).

Ochranu proti tomuto typu vnitřní zátěže nádrží spočívá v systému hospodaření v povodí, který zahrnuje především následující opatření:

- převod povrchového odtoku na hypodermický s využitím travního drnu a zatravněných údolnic,
- zmenšení velikosti honů s cílem zvýšení pestrosti pěstovaných plodin,
- zvýšení aktivních povrchů v půdním prostředí maximálním využitím pícnin na orné půdě,
- úpravou pH půdního prostředí,
- dokonalou technologickou kázní při všech polních operacích,
- revizi hnojení v povodí (Gergel, Husák, 1997).

3.4.4.2 Břehová abraze

V oblastech přístupných větru se u nádrží s vyššími hlinitými břehy projevuje často ve zvýšené míře proces porušování břehové linie doprovázený sesuvy půdy. Vlnobití svou kinetickou energií poškozují břehy nádrže. Jeho účinek závisí na

délce břehu a charakteru nádržní kotliny. Tento jev je častý u nádrží s kolísající hladinou, např. zavlažovacích nádrží. Při náhlém snížení vodní hladiny tlačí prosakující voda částice zeminy směrem do nádrže, a tím vzniká nebezpečí sesuvu svahu. Eroze se projevuje nejvíce na svazích z hlín, sutí, písku a spraší. Nachází-li se nádrž ve svážném území, pak sesouvající zemina postupně zanáší celou nádrž. Podobná situace může nastat při úpravě břehové části zahloubených nádrží, kdy je na původní přirozený svah vyhrnuta a následně upravena zemina ze stavby (Gergel, Husák, 1997).

Velikost, tvar a intenzitu přetváření břehů způsobených abrazi závisí především na geologických a pedologických poměrech břehů, na fyzikálně mechanických vlastnostech pokryvných útvarů a na úhlu sklonu svahu břehů. Výsledky pozorování a měření na vodních nádržích prokazují, že do sklonu svahů břehů 3° až 4° se abraze zřetelně neprojevuje v žádných geologických útvarech.

Základní faktory, jejichž působením vzniká abraze břehů vodních nádrží, jsou:

- vlnění eolického původu,
- vlnění způsobené pohybem plavidel,
- kolísání hladin v nádrži,
- účinek ledové pokrývky a pohybu ledových ker,
- účinek mrazu a tání.

Ochranu břehů proti abrazi lze zajišťovat třemi způsoby, a to pomocí vegetačních, technických a kombinovaných neboli biotechnických opatření. Největší význam byl dosud přikládán vegetační ochraně břehů pomocí přirozeně vzniklých nebo uměle zakládaných porostů hygrofilních rostlin, zvláště tvrdé vodní flóry a keřových nebo stromových dřevin. Nejvhodnější ochranu břehů proti abrazi poskytují biotechnické způsoby opevnění břehů. Kombinací neživého materiálu (dřeva, kamene) s kořeny a s nadzemními orgány živé vegetace dosahujeme optimálního ochranného a estetického účinku (Novák, Iblová, Škopek, 1986).

Na místech s nižší svažitostí se používá v posledních desetiletích prostý pohoz lomovým kamenem nebo makadamem. Velikost kamenů je ovlivňována stupněm ochrany před vlnobitím apod (Pokorný, 2009). Dynamickým účinkem vln na břeh dochází k uvolňování zemitého materiálu a vytváření příbřežní oblasti – litorální zóny. Proti rozšiřování litorální zóny doporučuje se vegetační zpevnění, plůtková a haťová ochrana, ochrana zátopovou hrázkou a zvýšeným násypem (Šálek, 1996).

3.4.4.3 Zanášení přítokem

Zanášení se nejintenzivněji projevuje u nádrží a rybníků průtočných, vytvořených čelní hrází, což můžeme charakterizovat jako antropogenní vliv v geologickém procesu (Šálek, Mika, Tresová, 1989). Nádrže průtočné mají zajištěn stálý přítok po celý rok a jeho velikost je odvislá od velikosti a tvaru povodí a jeho hydrologické charakteristiky. V povodích erozně narušených slouží přítok jako stabilní transportní zdroj nerozpuštěných (allochtonních) látek. Nádrže periodicky protékané mají odtok uměle řízen (např. při napouštění rybochovné nádrže) nebo jsou vybudovány na malých povodích nebo povodích s nízkým specifickým odtokem. V málo vodných obdobích roku se povrchový odtok korytem přivaděče často zaklesává jako hypodermický odtok pod vyvinuté dno. I v tomto případě je přítok stabilním zdrojem usazenin, neboť ty jsou většinou transportovány při větších průtocích. O rychlosti sedimentace rozhoduje především velikost částic, podstatně méně jejich měrná hmotnost (Gergel, Husák, 1997).

U průtočných nádrží se vytváří v místě vtoku sedimentační kužel tvořený písčitymi a hrubšími částicemi. Na něj navazuje pásmo usazování jemnějších částic podle doby zdržení a dále je zpravidla usazen nejjemnější organominerální kal (Šedivý, Vrána, 2011).

Pro ochranu nádrží před nadměrným zanášením splaveninami lze jim předřazovat sedimentační prohlubně nebo do přítokových partií vkládat ponořené zemní či palisádové hráze, vytvářející usazovací prostory (Just, 2004). Zanášení nádrže významně omezí usazovací nádrže na hlavním toku i přítocích, v nichž se usadí podstatná část splachů (Pavlica, 1967).

3.4.4.4 Ochranná opatření v povodí

Materiál přinášený vodou z celého povodí (plaveniny a splaveniny) je hlavní příčinou zanášení toků a nádrží. Na průtočných nádržích se v přítokové části nejdříve usazují štěrky a písky, někdy i předměty pevného komunálního odpadu. Ve středních částech nádrže jsou to jemné písky a dále v hlubších místech jemné sedimenty a bahno (Pokorný, 2009).

U malých rybníků a nádrží může zanášení podstatně ovlivnit jejich akumulační schopnost. Je proto na místě činit opatření ke snížení přítoku splavenin a plavenin do nádrží komplexem protierozních zásahů (Šálek, Mika, Tresová, 1989).

Nadměrné zanášení nádrže z povodí lze částečně zabránit souborem následujících opatření:

- realizací protierozních opatření v povodí nádrže souběžně s odbahněním,
- založením přeronových pásů tvořených vyšší vodní vegetací u vtoku do nádrže,
- vybudování sedimentační nádrže s řádově několikaminutovou dobou zdržení k odsazení nejhrubších částic. Nádrž se pravidelně čistí, zpravidla však vždy po každém návrhovém průtoku, aby nedošlo ke zkrácení doby zdržení, a tím snížení její účinnosti,
- snížením břehové abraze (což je jev, způsoben účinky vlnobití na břehovou linii),
- odstraněním příčin eutrofizace a zarůstání nádrže biomasou (Šedivý, Vrána, 2011).

3.4.5 Zasadovací pásy

Kolem toků i nádrží by měly být navrženy travní pásy o minimální šířce 15 m, které tvoří ochranný pás před transportem půdních částic, přinášených do toků nebo nádrží erozními procesy z okolních pozemků. Tento travní pás je možno výhodně využít pro výsadbu doprovodné vegetace (Šedivý, Vrána, 2011).

Vlastní zatravnění spočívá ve výsevu travního osiva buď v jarním období či podzimním období do podsevu nebo bez podsevu v dávce ca 40 kg/ha dle stanovištních podmínek. Tomuto opatření musí předcházet zpracování půdy resp. odplevelení půdy (Katalog opatření 17 – Zatravnění a zalesnění, 2005). Při volbě travních směsí se doporučuje, aby převládaly trávy výběžkaté nad travami trsnatými, neboť z hlediska ochrany svahu mají příznivější hydraulické vlastnosti. Rovněž lépe snášejí zastínění vyššími travami (Novák, Iblová, Škopek, 1986).

Ve výškově členitějším terénu je vhodný také další ochranný pás – lesní (Hasík, 1974). Zasadovací pásy – travní, křovinné, popřípadě lesní, se navrhují buď na svažitéch pozemcích podél vrstevnic, nebo lemují vodoteče a nádrže, které chceme chránit před vznikáním erozních smyčů. Nespornou výhodou zasadovacích pásů je jejich investiční nenáročnost (Katalog opatření 14 - Technická protierozní opatření, 2005).

Zatravnění a zalesnění snižuje důsledky vodní eroze nejvýrazněji, v mnoha případech maximálně. Zatravnění a zalesnění tyto důsledky nejen eliminuje, ale má dále příznivý vliv na:

- Vodní režim krajiny – zvyšuje retenční kapacitu půdy, zvyšuje intercepci, zvyšuje evapotranspiraci, zpomaluje povrchový odtok, převádí povrchový odtok na podzemní resp. hypodermický.
- Jakost vody infiltrující na pozemcích zatravněných a zalesněných (Katalog opatření 17 – Zatravnění a zalesnění, 2005).

Záchytná účinnost zasakovacích pásů je závislá na charakteru vegetačního pokryvu, půdě (hydrologické půdní skupině), vlhkosti půdy, sklonu svahu, šířce pásu a velikosti (intenzitě) přívalemého deště. Zalesněné pásy mají vzhledem k menšímu promrznání půdy vyšší účinnost při zachycování odtoku v době jarního tání než zatravněné. Účinnost těchto pásů je možné zvýšit i ve spojení s dalšími technickými protierozními opatřeními, jako jsou průlehy, záchytné příkopy apod (Katalog opatření 14 - Technická protierozní opatření, 2005).

3.4.6 Rekonstrukce, obnova, údržba a opravy vodních nádrží

Při rekonstrukcích se upravují, přestavují a nově budují zařízení a části malých vodních nádrží (hráze, objekty, prostor nádrže a okolí) provozovaných, zrušených nebo havarovaných, které nevyhovují požadavkům na jejich funkci a bezpečnost.

K nejčastějším rekonstrukčním pracím zejména u starších nádrží rybníčního typu, patří výměna původního výpustného zařízení, rekonstrukce nevyhovujících bezpečnostních přelivů, dodatečná instalace odběrných zařízení aj. U rybochovných nádrží to bývá rekonstrukce rybochovných zařízení a umístění loviště pod nádrž, přístupové komunikace apod (Šedivý, Vrána, 2011).

Při obnově rybníků často zvyšujeme starou hráz, po které jde komunikace. Při každém zvyšování nebo zesilování staré hráze musí být dodrženy všechny zásady o těsnění, odvodnění a o statické, deformační i filtrační stabilitě platné pro nově budované hráze. Zvláštní pozornost je třeba věnovat zvýšení hrany bezpečnostního přelivu a vyřešení rekonstrukce odpadu od přelivu (Šálek, Mika, Tresová, 1989).

Údržba zahrnuje práce menšího rozsahu, kterými udržujeme nádrž, objekty a zařízení v dobrém provozuschopném stavu. Jedná se o čištění, nátěry, úpravu, kosení a zavlažování svahů, údržbu objektů, odstraňování splavenin aj. práce v souladu s podmínkami provozního řádu.

Opravy se soustřeďují na odstranění vad a škod, které vznikly při provozu nádrže, atmosférickými vlivy, zejména přívalemými srážkami, mrazem, cizími zásahy

aj. příčinami, soustřeďují se na určitou část nádrže, nevyžadují obvykle speciální vybavení a nemění původní uspořádání stavby (Šálek, 1996).

3.5 Revitalizační nádrže

Za revitalizační nádrže označujeme malé vodní nádrže (ve smyslu ČSN 75 2410), budované nebo rekonstruované v rámci revitalizací (Just, 2004). Revitalizace malých vodních nádrží je činnost, kterou se obnovují narušené, popř. změněné základní ekologické funkce malých vodních nádrží (Šedivý, Vrána, 2011). Jejich účelem je současně obohacovat přírodu a krajinu a zlepšovat vodohospodářské poměry, tedy především plnit veřejné vodohospodářské funkce, jakými jsou zadržování vody v krajině, tlumení průběhu povodní a příznivé ovlivňování kvality vody. Revitalizační nádrže nejsou prioritně určeny pro chov ryb, proto zde nehovoříme o rybnících (Just, 2004).

Jsou budovány s výraznou podporou cílených programů MŽP ČR a náleží do revitalizačních programů k ochraně a rozvoji biodiverzity fauny i flóry. V současné době jsou tyto akce propagovány a mezi veřejností mají značnou popularitu. Jedná se o menší až malé nádrže, často velmi mělké. U nádrží revitalizačního typu jsou specifické požadavky na mělkovodní pásma. U nádrží velikosti 0,1 – 0,5 ha má tento podíl činit min. 10% a u nádrží nad 0,5 ha má být min. 20% (Pokorný, 2009). Z hlediska požadavku vytvoření ekologicky stabilního prvku v krajině nejlépe vyhovují vodní nádrže o ploše nad 0,5 ha. Při menší ploše klesá rozsah mělkovodního pásma a výrazně rostou měrné stavební náklady (Just, 2003).

Nové revitalizační nádrže nelze budovat v místech, kde by docházelo k poškozování nebo ničení hodnotného přírodního prostředí, rostlinných a živočišných společenstev. V podobných nebo sporných případech musí být provedeno odborné biologické posouzení (Pokorný, 2003).

3.6 Charakteristika přírodních poměrů v území

Předmětné území je vymezeno jako lokální biokoridor č. 3 – Cihlářský potok. Území patří k Havlíčkobrodskému bioregionu 1.48. Bioregion leží v mezofytiku a zabírá fytogeografický okres 66. Hornosázavská pahorkatina.

Reliéf, geologická a pedologická charakteristika

Základní reliéf terénu tvoří plošina ve východní části a středně sklonitý svah. Reliéf má charakter ploché vrchoviny s členitostí 150 – 170 m. Nadmořská výška se pohybuje v rozmezí 460 – 510 m. n. m.

Z hornin převažuje matečná žulová hornina a krystalické břidlice. Z pedologického hlediska převládají půdy hlinitopísčité až písčitohlinité.

Geomorfologické členění

Provincie : Česká Vysočina

Soustava (subprovincie): II Česko-moravská soustava (subprovincie)

Podsoustava (oblast): IIC Českomoravská vrchovina

Celek: Hornosázavská pahorkatina (Demek, 1987).

Klimatické podmínky

Podnebí je mírně teplé až chladnější, kromě severního okraje dostatečně dotované srážkami (sever má průměrné roční teploty až 8 °C a roční úhrn srážek pod 600 mm, Havlíčkův Brod 7,0 °C , 712 mm (Culek, 1996). Nejteplejší měsíc je červenec 16,9 °C. Nejchladnější měsíc je leden -3,2 °C. Sněhová pokrývka bývá 80 – 100 dní, délka vegetační doby je 145 dní.

Zastoupení dřevin

Z jednotlivých dřevin má zcela dominantní zastoupení smrk ztepilý, který zaujímá více než 80% plochy, druhou nejhojnější dřevinou je buk lesní, který tvoří cca 5% porostní plochy. V menší míře je zde dub letní a olše lepkavá. Dále se pak vyskytuje bříza bělokorá, javor klen, modřín evropský, lípa srdčitá, jasan ztepilý, jedle bělokorá, stejně tak dřeviny v České republice nepůvodní, např. dub červený, borovice vejmutovka či douglaska tisolistá.

Vodní a mokřadní vegetace

Na Vysočině dominují z vodních makrofyt především rdesty (s plovoucími listy na hladině i úplně ponořené). Nejhojnější je rdest vzplývavý s listy na hladině a rdest maličký s jemnými listy pod hladinou. Ostatní druhy jsou již vzácné. V rozsáhlejších tůňích doplňujících, popř. nahrazujících litorální zóny rybníků, prorůstá od volné vodní hladiny často pruh přesličky říční, na který navazují porosty vysokých ostřic a (či) rákosin. Z vysokých ostřic většinou dominuje ostřice štíhlá. Pokud je stanoviště oligotrofnější či rašelinné, vyskytuje se ostřice zobánkatá,

popř. ostřice měchýřkatá. Při dostatku sedimentu, nejlépe lehce rašelinného se pak vzácněji vyskytuje ďáblík bahenní, nebo rozpuh jizlivý. Nově vytvořené nebo odbahněné nádrže či tůně zarůstá s oblibou zblochan vzplývavý. Dříve nádrže občas kompaktně zarůstal dnes už ne tak častý nepůvodní vodní mor kanadský. Stulík žlutý a leknín bělostný se většinou objeví díky umělé výsadbě. Z rákosin převažuje na Vysočině rákos obecný a orobinec široolistý (Hlaváč, Jermlová, 2005).

Zastoupení fauny

Rybníky a tůně splňují požadavky pro život mnoha druhů živočichů – obratlovců i bezobratlých. Z obojživelníků můžeme nalézt prakticky všechny naše druhy. Nejčastějšími jsou skokani krátkonozí, zelení a hnědí, ropuchy obecné a čolci obecní. Místy lze nalézt také pulce rosničky zelené nebo blatnice skvrnité. Z plazů se na Vysočině setkáme převážně s užovkou obojkovou. V dostatečně vyvinuté vodní vegetaci (rákos, orobinec, vyšší ostřice atp.) s oblibou hnízdí slípka zelenonohá, lyska černá, potápka malá, případně také chřástal vodní. V rákosí můžeme nalézt více druhů rákosníků, cvrčilek či pěníc. Rákosí slouží jako nocoviště třeba pro vlaštovky obecné, špačky obecné či konipasy bílé. V zimě poskytuje potravu také např. sýkorám. V rákosinách často hnízdí moták pochop. Nově se objevily druhy preferující vody a příbřežní porosty (slavík modráček, červenka obecná, konipas bílý). Ze savců jsou to obecně živočichové vázaní na vodní biotopy – rejsek vodní, rejsek černý, ondatra pižmová, hryzec vodní, norek americký, vydra říční (Hlaváč, Jermlová, 2005).

Současný stav krajiny

Území náleží do 4. vegetačního stupně (bukový). Ve 4. vegetačním stupni převládá zemědělsko-lesní krajina s charakteristickým střídáním převážně jehličnatých lesů, polí, luk, pastvin a často se zachovanou soustavou liniových společenstev. Právě v tomto stupni jsou nejčastější oblasti harmonické kulturní krajiny. Místy jsou zachovány i lesní komplexy. Souvislá plocha polních pozemků je obvykle menší než v nižších vegetačních stupních.

V Rámci celého vegetačního stupně (včetně kontinentální varianty) orná půda zaujímá méně než polovinu území (35,8%) a nadprůměrný je podíl luk a pastvin (16,9%). Zahrady a sady zaujímají 2,7%, podíl lesů je již mírně nad celostátním průměrem (37,0%). Vodní plochy zabírají asi 2,2%. Současná hustota obyvatel je v oblasti 4. vegetačního stupně podprůměrná (70 obyvatel na km²) (Culek, 2003).

4. METODIKA

4.1 Návrh hodnocení

Pro posuzování stavu malých vodních nádrží, z hlediska krajinných funkcí, byl vypracován vlastní návrh hodnocení, založený na analýze realizovaného projektu soustavy vodních nádrží, podle vybraných ukazatelů a kritérií.

Výchozím podkladem k vypracování metodiky byla projektová dokumentace, dále manipulačně-provozní řády vodních děl, zápisy z technicko-bezpečnostních prohlídek vodních děl, informační tabule, propagační materiály, zprávy o probíhající výstavbě, vlastní průzkum zájmové lokality, pořízená fotodokumentace a další informační zdroje.

Po získaných znalostech z odborné literatury a podkladových materiálů byly navrženy způsoby hodnocení včetně ukazatelů a souvisejících kritérií, které vyplývají především z revitalizačních opatření a ovlivňují funkce vodních nádrží. Jejich vyhodnocení bylo podnětem k návrhu nerealizovaných opatření a prognózy vývoje rekonstruovaných vodních nádrží.

Vypracováno bylo celkem pět tématicky odlišných způsobů hodnocení v následujícím sledu:

- Hodnocení podle zastoupenosti stavebních objektů a jejich provedení.
- Hodnocení vodohospodářského řešení vodních nádrží.
- Hodnocení depozice sedimentu ve vodních nádržích.
- Hodnocení krajinně ekologického významu vodních nádrží.
- Hodnocení revitalizačních prvků a opatření na vodních nádržích.

Detailní informace k jednotlivým bodům jsou uvedeny v systému hodnocení vodních nádrží. Pro lepší orientaci v dané problematice je součástí metodiky identifikace projektu a zájmového území.

4.2 Identifikace projektu

Předmětem hodnocení je projekt s názvem „Revitalizační a protipovodňová opatření na Cihlářském potoce“ (Příloha 4 – foto č. 22). Na tento projekt byla poskytnuta podpora z Operačního programu Životní prostředí, výzva č. 6. (oblast podpory 6.4 - Optimalizace vodního režimu krajiny).

Stavba byla zahájena 1.3.2010 a dokončena 31.3.2013. Investorem stavby je město Havlíčkův Brod. Celkové uznatelné náklady na stavební akci činily 44 881 249 Kč.

Projekt řeší rekonstrukce stávajících malých vodních nádrží, výstavbu suché retenční nádrže (poldru) a revitalizační opatření na vodním toku. Prioritním zdrojem dat k provedení analýzy a zpracování výsledků je soustava vodních nádrží.

4.3 Popis zájmového území

Území leží ve střední části České republiky na severozápadním okraji Českomoravské vrchoviny v okrese Havlíčkův Brod.

Řešeným územím je soustava sedmi průtočných vodních nádrží (rybník Obora, rybník Hastrman, rybník Cihlář, rybník Hajdovec, rybník Pfaffendorfský, rybník Zádušní, rybník Štičí) na Cihlářském potoce v katastrálním území Havlíčkův Brod, Kraj Vysočina, správní obvod obce s rozšířenou působností Havlíčkův Brod (Příloha 1 - obr. č. 1). Jednotlivé vodní nádrže jsou řazeny od rybníka Štičí v ř.km 4,530 Cihlářského potoka směrem po toku k závěrnému profilu v ústí do významného vodního toku řeky Sázavy, číslo hydrologického pořadí 1-09-01-072, číslo regionálního povodí je 20 – 14 Sázava 4. Celková plocha řešeného povodí Cihlářského potoka k závěrnému profilu v ústí do Sázavy je 8,803 km².

Vodní nádrže jsou součástí městského parku „Budoucnost“ a lokality příměstských lesů nazývaných „Vlkovsko“, která se nachází severně od intravilánu města. Park „Budoucnost“, založený v roce 1889, zaujímá rozlohu cca 25 ha, zatímco celková rozloha lokality „Vlkovsko“ činí 53,16 ha, z toho 52,21 ha tvoří lesní porosty a 1,95 ha bezlesí.

4.4 Systém hodnocení vodních nádrží

Hodnocení podle zastoupenosti stavebních objektů a jejich provedení

Cílem je vytvořit pro každou vodní nádrž souhrnný přehled o stavebních objektech, které byly součástí realizované stavby a popsat způsob jejich provedení. Z těchto údajů jsou určeny priority stavebního záměru i předchozí nedostatky vodních nádrží. Stav vodní nádrže před zahájením stavby a po jejím dokončení názorně doplňuje srovnávací fotodokumentace vybraného stavebního objektu. Klíčovým ukazatelem je procentuální vyjádření o zastoupení stavebních objektů v rámci projektového řešení.

Hodnocení vodohospodářského řešení vodních nádrží

Hodnocení vodohospodářského řešení vodních nádrží je zaměřeno na zásobní (akumulační) a ochranný (retenční) prostor, včetně sledování vodních

stavů. K tomuto účelu byla vybrána tato kritéria: kóta koruny hráze, kóta hladiny ovladatelného retenčního prostoru, kóta hladiny neovladatelného retenčního prostoru, kóta provozní hladiny a typ měřicího zařízení ke sledování vodních hladin.

Hodnocení depozice sedimentu ve vodních nádržích

Vzhledem k tomu, že snížení akumulční schopnosti vodních nádrží je často přisuzováno k množství usazeného sedimentu, zabýval jsem se odpovědí na otázku, jak velký objem usazeného sedimentu představuje zatížení u sledovaných vodních nádrží a co je jeho hlavní příčinou. Pro výpočet objemu usazeného sedimentu a následného procentuálního vyjádření byly vybrány tyto určující parametry: plocha nádrže při provozní hladině, objem nádrže při současné provozní hladině (nad sedimentem), objem sedimentu a celkový dosažitelný objem nádrže při provozní hladině.

Hodnocení krajinně ekologického významu vodních nádrží

Hodnocení krajinně ekologického významu vodních nádrží bylo provedeno dle metodiky 22/1997 – Revitalizace vodních nádrží (Gergel, Husák, 1997) viz tabulka č. 3 s přehledem jednotlivých druhů vodních nádrží rozdělených podle převažující funkce v prostředí a podle jejich ocenění v krajině. Patří sem typ jezerní, údolní, rybníční, malé víceúčelové nádrže, zanikající a suché nádrže. Mezi určující kritéria jejich zařazení jsou považovány tyto ukazatele: usazení v terénu, způsob napájení, doba zdržení, účely, krajinná hodnota, stupeň ekologické stability, střety zájmů a odhad životnosti.

K tomu, aby bylo možné zařadit sledované vodní nádrže do příslušného typu a zároveň zjistit jejich význam v krajině, vypočítal jsem pro každou vodní nádrž tzv. teoretickou dobu zdržení vody v nádrži, která je jedním z určujících kritérií požadovaného zařazení. Teoretická doba zdržení vody v nádrži ukazuje míru její průtočnosti, dále patří mezi základní podpůrné materiály pro posouzení funkce malých vodních nádrží a je jedním z kritérií pro hodnocení jejich vlivu na kvalitu povrchových vod.

Stanovení teoretické doby zdržení vychází ze vzorce:

$$t = Vz / Qa \cdot 86,4$$

kde t... teoretická doba zdržení /d/

Qa...návrhový průměrný dlouhodobý roční průtok /l.s⁻¹/

Vz ..zásobní objem nádrže /m³/ (Gergel, 1992)

Datové údaje pro výpočet teoretické doby zdržení vody v nádrži jsou čerpány z hydrologických údajů a z manipulačně-provozních řádů vodních děl.

Tab. č. 3: Přehled jednotlivých druhů vodních nádrží a jejich ocenění v krajině.

typ nádrže	usazení v terénu	způsob napájení	doba zdržení	účely	krajinná hodnota	stupeň ekologické stability	střety zájmů	odhad doby životnosti
jezerní	rybníční soustavy v plochém terénu	přivaděčem	několik set dní	zkulturnění krajiny, rybochovný	I.	4 - 5	zpravidla nejsou	< 100 let
údolní	nádrže nebo soustavy v mírně svažitém terénu	přivaděčem nebo přímé	80 – 150 dní	rybochovný	I- II.	3 - 4	částečné, v konkrétních případech	desítky let
rybníční	nádrže nebo soustavy v členitém terénu	přímé, obvodová stoka	40 – 150 dní	rybochovný, akumulací	I- II.	3 - 4	silné tlaky na omezení litorálních pásem	několik let až desítky let
malé víceúčel. nádrže	nádrže v terénních depresích, neúrodná místa	přímé, výjimečně obvodová stoka	několik hodin až 40 dnů	akumulací	II- III.	2 - 3	částečné, v konkrétních případech	několik let
zanikající nádrže	zpravidla v členitém terénu, v depresích	přímé	několik minut až několik hodin	akumulací	I- III.	1 - 3	ze strany producentů nejsou vyvolány	při pečlivé údržbě neomezená
suché	v různých depresích na větších povodích	přímé, spádnicí nebo vodotečí	několik minut až několik hodin	akumulací a sedimentační	III.	1 – 3 podle použité plodiny	ze strany ochrany přírody nejsou	při pečlivé údržbě neomezená

(Gergel, Husák, 1997)

Hodnocení revitalizačních prvků a opatření na vodních nádržích

Důvodem k vypracování návrhu hodnocení revitalizačních prvků a opatření na vodních nádržích je skutečnost, že vodní nádrže byly rekonstruovány za finanční podpory z Operačního programu Životní prostředí, proto by mělo jejich provedení odpovídat tomuto zaměření. Od realizované stavby se tedy očekává příznivý vliv na základní ekologické funkce v krajině, a to zejména z pohledu vytváření podmínek pro rozvoj biodiverzity a zlepšení vodohospodářských poměrů v daném území.

Aby mohly vodní nádrže alespoň z části naplňovat požadované cíle a funkce, bylo třeba posoudit jejich stavební řešení a případně doplnit o nové poznatky. V tomto smyslu byla hodnocena zastoupenost a způsob provedení u těchto ukazatelů: podíl litorálního pásma z celkové plochy (%), revitalizační doplňky, migrační propustnost, opatření proti zanášení a ozelenění. Protože jsou tyto ukazatele mezi odbornou veřejností nejvíce diskutované a mají svůj význam v krajině, byla k jednotlivým ukazatelům přiřazena fotodokumentace.

5. VÝSLEDKY

5.1 Zastoupenost stavebních objektů a jejich provedení

Rybník Obora

Nachází se v městském parku „Budoucnost“ na Cihlářském potoce v ř. km 0,200 (Příloha 2 – ortofoto č. 1). Jeho katastrální výměra činí 4 533 m². Hlavním účelem vodní nádrže je akumulace povrchové vody a chov ryb. Dále je využíván jako zdroj vody pro napájení rybních sádek, pro požární účely a v neposlední řadě jako zdroj vody pro zavlažování veřejné zeleně. Projektové řešení bylo navrženo pro tyto stavební objekty: výpustné zařízení, bezpečnostní přeliv, břehy, litorální pásmo, mostní konstrukce a potrubí. Způsob provedení je popsán v tab. č. 4. Stav vodní nádrže před zahájením stavby a po jejím dokončení názorně doplňuje foto č. 1 a 2.

Tab. č. 4: Rybník Obora – souhrnný popis řešených stavebních objektů.

Stavební objekty	Popis a způsob provedení
Výpustné zařízení	výměna dřevěného čapu za uzavřený železobetonový požerák s dvojitou dlužovou stěnou, ocelový poklop (uzamykatelný), bez obslužné lávky, dřevěné potrubí spodní výpusti nahrazeno za potrubí z PVC Ultra-Rib DN 300
Bezpečnostní přeliv	obnova nefunkčního přímého hrazeného přelivu za přepad přes hradící stěnu tvořenou z 1/3 dlužovou stěnou a ze 2/3 mechanickými stavítky navazující na mostek, vytvořen nový nouzový přeliv v pravém závězu hráze (kamenná dlažba, beton), kapacita Q ₁₀₀
Břehy	provedena stabilizace (lomovým kamenem a urovnání) břehů do úrovně břehové hrany v narušených místech
Litorální pásmo	vytvořeno násypem při obou březích v přítokové části zdrže, stabilizace proti rozplavení patou z kamenné rovnání
Mostní konstrukce, potrubí	<u>mostní konstrukce (součást hráze)</u> : ze dvou železobetonových desek a s asfaltovým povrchem včetně obrubníků, chodníku a zábradlí po obou stranách, osazena na vyšší kótu (o 35 cm) oproti původní, <u>potrubí</u> : přeložky stávajících potrubí pro napájení rybníkových sádek a provoz Technických služeb města (závlahy...)

Foto č. 1: Hráz a bezpečnostní přeliv před realizací



Foto: Karel Ruč

Foto č. 2: Hráz a bezpečnostní přeliv po realizaci stavebních prací. Voda je čistší a břehy upravené.



Foto: Karel Ruč

Rybník Hastrman

Nachází se v městském parku „Budoucnost“ na Cihlářském potoce v ř. km 0,370 (Příloha 2 – ortofoto č. 2). Jeho katastrální výměra činí 15 506 m². Hlavním účelem vodní nádrže je akumulace povrchové vody a chov ryb. Dále je využíván jako zdroj vody pro umělou (okrasnou) vodní nádrž. Projektové řešení bylo navrženo pro tyto stavební objekty: výpustné zařízení, bezpečnostní přeliv, hráz, břehy, litorální pásmo, odbahnění. Způsob provedení je popsán v tab. č. 5. Stav vodní nádrže před zahájením stavby a po jejím dokončení názorně doplňuje foto č. 3 a 4.

Tab. č. 5: Rybník Hastrman – souhrnný popis řešených stavebních objektů.

Stavební objekty	Popis a způsob provedení
Výpustné zařízení	výměna uzavřeného železobetonového požeráku kruhového tvaru za otevřený železobetonový požerák s dvojitou dlužovou stěnou, ocelový poklop (uzamykatelný), s obslužnou lávkou a zábradlím
Bezpečnostní přeliv	výměna nehrazeného přímého přepadu z ocelového válce osazeného do betonu za nehrazený kašnový přepad půlkruhového tvaru s jednotnou obloukovou přelivnou hranou z betonu a kamene navazující na úpravu mostku (snížena niveleta dna mostku o 300 mm), bystřinná úprava skluzu (stabilizace prahy a kamenem), kapacita Q ₁₀₀
Hráz	hrana koruny hráze navýšena, úprava obrubníků a prostoru mezi obrubníky (ohumusování, osetí a osázení keří)
Břehy	rekonstrukce pravobřežní zdi, z lícové části obložena kameny, u paty pobřežní zdi vytvořen násyp jako obousměrná stezka pro pěší šířky 1,50 m z drceného kameniva, pata násypu návodního svahu opevněna kamennou rovnatinou, u paty pobřežní zdi násyp osázen keří, ocelové zábradlí nahrazeno dřevěným
Litorální pásmo	vytvořeno násypem při obou březích v přítokové části zdrže, stabilizace litorálního pásma při hloubce vody do 0,75 m zápleťovým plůtkem a při vyšší hloubce lomovým kamenem, v severní části zdrže vysázeny do dna skupiny leknínů (<i>Nymphaea alba</i>)
Odbahnění	vytěženo 9 500 m ³ sedimentu

Foto č. 3: Pravobřežní zeď (břeh) před realizací



Foto: Karel Ruč

Foto č. 4: Pravobřežní zeď (břeh) po realizaci



Foto: Karel Ruč

Rybník Cihlář

Nachází se v lokalitě příměstských lesů „Vlkovsko“ na Cihlářském potoce v ř. km 2,090 (Příloha 2 – ortofoto č. 3). Jeho katastrální výměra činí 34 637 m². Hlavním účelem vodní nádrže je akumulace povrchové vody, chov ryb a rekreace. Dále je využíván jako zdroj vody pro zahrádkářskou kolonii (individuální odběr). Projektové řešení bylo navrženo pro tyto stavební objekty: výpustné zařízení, bezpečnostní přeliv, hráz, břehy, litorální pásmo, ostrov. Způsob provedení je popsán v tab. č. 6. Stav vodní nádrže před zahájením stavby a po jejím dokončení názorně doplňuje foto č. 5 a 6.

Tab. č. 6: Rybník Cihlář – souhrnný popis řešených stavebních objektů.

Stavební objekty	Popis a způsob provedení
Výpustné zařízení	stávající otevřený železobetonový požerák s dvojitou dlužovou stěnou navýšen (nabetonován) o 1 m, ocelový poklop (uzamykatelný), lávka odstraněna, požerák z jižní strany doplněn travézou pro opění přístupové konstrukce (žebříku)
Bezpečnostní přeliv	výměna přímého nehrazeného přelivu s půlobloukovou přepadovou hranou za kašnový s odstupňovanou přelivnou hranou, úprava navazujícího mostku (ze dvou rámových propustí 2 x 1m postavené na výšku), spadiště obloženo dlažbou z lomového kamene do beton. lože, bystřinná úprava skluzu (stabilizace prahy a kamenem) s tůněmi, kapacita Q ₁₀₀
Hráz	navýšení koruny hráze v pravém závázání hráze (obnova živičného krytu komunikace v délce 39,0 m), zbytek koruny hráze dosypán zeminou včetně ohumusování a osetí
Břehy	provedena stabilizace (lomovým kamenem a urovnání) břehů, ohumusování a osetí
Litorální pásmo	vytvořeno násypem při obou březích v přítokové části zdrže, stabilizace litorálního pásma při hloubce vody do 0,75 m zápleťovým plůtkem a při vyšší hloubce lomovým kamenem, umístěny prvky z „mrtvého dřeva“ (kmeny stromů, pařezy apod.) částečně zasypany zeminou a stabilizovány dřevěnými kůly
Ostrov	vytvořen ve zhlaví rybníka hutnějším násypem zeminy o ploše 500 m ² , svahy násypu stabilizovány rovnaninou z lomového kamene ve sklonu 1:5 až 1:8, výška ostrova je max. 500 mm nad provozní hladinou, povrch ostrova osázen vrbami, dále umístěn a stabilizován jeden kmen, včetně větví

Foto č. 5: Mostek (součást přelivu) před realizací



Foto: Karel Ruč

Foto č. 6: Mostek (součást přelivu) po realizaci



Foto: Karel Ruč

Rybník Haidovec

Nachází se v lokalitě příměstských lesů „Vlkovsko“ na Cihlářském potoce v ř. km 3,190 (Příloha 2 – ortofoto č. 4). Jeho katastrální výměra činí 27 060 m². Hlavním účelem vodní nádrže je akumulace povrchové vody a chov ryb. Projektové řešení bylo navrženo pro tyto stavební objekty: výpustné zařízení, bezpečnostní přeliv, hráz, břehy, litorální pásmo, ostrov, odbahnění. Způsob provedení je popsán v tab. č. 7. Stav vodní nádrže před zahájením stavby a po jejím dokončení názorně doplňuje foto č. 7 a 8.

Tab. č. 7: Rybník Haidovec – souhrnný popis řešených stavebních objektů.

Stavební objekty	Popis a způsob provedení
Výpustné zařízení	dvě tlakové litinové trubky DN 200 mm (výpusť a odběr) s uzávěrem na vzdušné straně hráze v betonové šachtě (vedeny pod hrází v cihlovém klenutém tunelu) nahrazeny za otevřený železobetonový požerák s dvojitou dlužovou stěnou, uvnitř zavzdušňovací potrubí DN 120, ocelový poklop (uzamykatelný), obslužná lávka se zábradlím, odběr zrušen, nové potrubí spodní výpusti korugované PP DN 300 z výpustného zařízení do výpustné štol, a odtud napojeno na stávající betonové potrubí DN 500
Bezpečnostní přeliv	výměna nehrazeného přímého přepadu z ocelového válce osazeného do betonu za boční kašnový přeliv s kaskádovým spadištěm, ve stěně bezpečnostního přelivu umístěn obdélníkový výřez pro převedení běžných průtoků s přelivnou hranou, spadiště obloženo dlažbou z lomového kamene do betonového lože, bystřinná úprava skluzu (stabilizace prahy a kamenem), nový korunový nouzový přeliv, kapacita Q ₁₀₀
Hráz	navýšení koruny hráze, koruna hráze ohumusována a oseta, stabilizace vodorysu rozšířena pohozem z makadamu do úrovně 0,2 m nad úroveň hladiny při Q ₁₀₀ a nad úroveň provozní hladiny ohumusována a oseta
Břehy	dosypání svahu hutněnou zemínou, násyp se opírá o patu z kamenného záhozu a částečně zápleťovými plůtky, vodorys svahu je opevněn pohozem z makadamu
Litorální pásmo	vytvořeno násypem v přítokové části zdrže, stabilizace částečně patou z kamenného záhozu a částečně zápleťovým plůtkem, povrch násypu a záhozu prohumusován, v blízkosti litorálního pásma vysázeny do dna skupiny leknínů (<i>Nymphaea alba</i>)
Ostrov Odbahnění	vytvořen ve zhlaví rybníka hutněným násypem zeminy o ploše 400 m ² , svahy násypu stabilizovány pod úrovní provozní hladiny kamennou rovnáninou z lomového kamene, výška ostrova je max. 0,25 m nad provozní hladinou, povrch ostrova ohumusován, oset a osázen vrbami, odbahnění: vytěženo 20 722 m ³ sedimentu

Foto č. 7: Právě zavázání hráze před realizací



Foto: Karel Ruč

Foto č. 8: Hráz s nouzovým přelivem po realizaci



Foto: Karel Ruč

Rybník Pfaffendorfský

Nachází se v lokalitě příměstských lesů „Vlkovsko“ na Cihlářském potoce v ř. km 3,550 (Příloha 2 – ortofoto č. 5). Jeho katastrální výměra činí 5 846 m². Hlavním účelem vodní nádrže je akumulace povrchové vody a chov ryb. Projektové řešení bylo navrženo pro tyto stavební objekty: výpustné zařízení, bezpečnostní přeliv, hráz, břehy, litorální pásmo, odbahnění. Způsob provedení je popsán v tab. č. 8. Stav vodní nádrže před zahájením stavby a po jejím dokončení názorně doplňuje foto č. 9 a 10.

Tab. č. 8: Rybník Pfaffendorfský – souhrnný popis řešených stavebních objektů.

Stavební objekty	Popis a způsob provedení
Výpustné zařízení	výměna otevřeného železobetonového požeráku s dvojitou dlužovou stěnou za nový - stejného technického řešení, ocelový poklop (uzamykatelný), bez obslužné lávky
Bezpečnostní přeliv	výměna nehrazeného přímého přepadu z ocelového válce osazeného do betonu za boční přeliv, přelivná hrana (tvořena v obloucích betonovými prefabrikovanými dílci půlkruhového průřezu) a konstrukce opěrné zdi jsou z armovaného betonu a pohledová strana opěrné zdi včetně přelivu a dna spadiště obložena kamennou dlažbou do betonu, spadiště obloženo dlažbou z lomového kamene do betonového lože, bystřinná úprava skluzu (stabilizace prahy a kamenem), nová dřevěná lávka pod přelivem, kapacita Q ₁₀₀
Hráz	navýšení koruny hráze, koruna hráze ohumusována a oseta, stabilizace vodorysu rozšířena pohožem z makadamu do úrovně 0,2 m nad úroveň hladiny při Q ₁₀₀ a nad úroveň provozní hladiny ohumusována a oseta
Břehy	dosypání svahu hutněnou zeminou, násyp se opírá o patu z kamenného záhozu, vodorys svahu opevněn pohožem z makadamu 0,2 m nad max. hladinu, úprava posunuta o cca 1 m směrem k nádrži z důvodu rozšíření místní komunikace
Litorální pásmo	vytvořeno násypem v přítokové části zdrže a částečně i okolo pravého břehu, stabilizace částečně patou z kamenného záhozu a částečně zápletovým plůtkem, povrch násypu a záhozu prohumusován
Odbahnění	vytěženo 3 760 m ³ sedimentu

Foto č. 9: Skluz přelivu a lávka před realizací



Foto: Karel Ruč

Foto č. 10: Skluz přelivu a lávka po realizaci



Foto: Karel Ruč

Rybník Zádušní

Nachází se v lokalitě příměstských lesů „Vlkovsko“ na Cihlářském potoce v ř. km 4,070 (Příloha 2 – ortofoto č. 6). Jeho katastrální výměra činí 24 525 m². Hlavním účelem vodní nádrže je akumulace povrchové vody, sportovní rybolov (rybářský revír) a zdroj vody pro zahrádkářskou kolonii (hromadný odběr). Projektové řešení bylo navrženo pro tyto stavební objekty: výpustné zařízení, bezpečnostní přeliv, hráz, patní drén, vtok do rybníka, odbahnění. Způsob provedení je popsán v tab. č. 9. Stav vodní nádrže před zahájením stavby a po jejím dokončení názorně doplňuje foto č. 11 a 12.

Tab. č. 9: Rybník Zádušní – souhrnný popis řešených stavebních objektů.

Stavební objekty	Popis a způsob provedení
Výpustné zařízení	výměna železobetonového požeráku (zároveň jako vodárenský odběr) v patě návodního svahu hráze za kombinovaný objekt ze dvou uzavřených šachet (uzavřený požerák s dvojitou dlužovou stěnou, potrubí spodní výpusti - korugované PVC DN 600) a odběrný objekt (odběrná šachta hrazena jednou dlužovou stěnou, odběrný koš s litinovým navazujícím potrubím DN 200) umístěný v tělese hráze, dva ocel. poklopy (uzamykatelné)
Bezpečnostní přeliv	výměna přímého nehrazeného přelivu s vodorovnou korunou širokou 1 m za kašnový, ve stěně přelivu umístěno okno s přelivnou hranou (rozděleno do 2 polí po 1 m), konstrukce z armovaného betonu a pohledové strany obloženy kamennou dlažbou do betonu, dno spadiště stabilizováno prahy a kamenným záhozem, objekt ukončen betonovým prahem s kamenným opevněním nad rozdělovacím objektem, obnovena lávka přes objekt (dřevěná s trubkovým zábradlím), kapacita Q ₁₀₀
Hráz	navýšení koruny hráze, koruna hráze zpevněna makadamem s prohumusováním a osetím, vzdušní svah stabilizován patou z kamenného záhozu, narušená místa návodního svahu stabilizovány lomovým kamenem, stabilizace vodorysu rozšířena pohozem z makadamu do úrovně 0,2 m nad úroveň hl. při Q ₁₀₀ a nad úrovní provoz. hladiny ohumusována a oseta
Patní drén, Vtok do rybníka	<u>patní drén</u> : vybudován v celé délce hráze, drenážní potrubí rozděleno na pravostrannou a levostrannou větev zaústěnou přes kontrolní šachtu do vývaru, <u>vtok do rybníka</u> : opraven a doplněn kamennou rovnaninou
Odbahnění	vytěženo 20 971 m ³ sedimentu

Foto č. 11: Bezpečnostní přeliv před realizací



Foto: Karel Ruč

Foto č. 12: Bezpečnostní přeliv po realizaci



Foto: Karel Ruč

Rybník Štičí

Nachází se v lokalitě příměstských lesů „Vlkovsko“ na Cihlářském potoce v ř. km 4,530 (Příloha 2 – ortofoto č. 7). Jeho katastrální výměra činí 7 389 m². Hlavním účelem vodní nádrže je akumulace povrchové vody a chov ryb. Projektové řešení bylo navrženo pro tyto stavební objekty: výpustné zařízení, bezpečnostní přeliv, hráze, odbahnění. Způsob provedení je popsán v tab. č. 10. Stav vodní nádrže před zahájením stavby a po jejím dokončení názorně doplňuje foto č. 13 a 14.

Tab. č. 10: Rybník Štičí – souhrnný popis řešených stavebních objektů.

Stavební objekty	Popis a způsob provedení
Výpustné zařízení	výměna tlakové litinové trubky DN 200 mm ukončené šachtou na vzdušné straně hráze s uzávěrem (opatřená litinovým poklopem a zámkem, na vtoku česle z dřevěných kulánek ve tvaru trojúhelníka) za otevřený železobetonový požerák s dvojitou dlužovou stěnou, ocelový poklop (uzamykatelný), potrubí spodní výpusti - korugované PVC DN 500, bez obslužné lávky
Bezpečnostní přeliv	sanace poškozených kamenných a betonových konstrukcí (kamenné zdi a dlažby ve dně) u stávajícího přímého nehrazeného přelivu s vodorovnou korunou širokou 1 m, v levém závězu hráze vytvořen nový korunový nouzový přeliv, v patě vzdušného svahu pod nouzovým přelivem jsou umístěny proudové rozrážeče, kapacita Q ₁₀₀
Hráze	navýšení koruny hráze, koruna hráze ohumusována a oseta, stabilizace vodorysu rozšířena pohozením z makadamu do úrovně 0,2 m nad úroveň hladiny při Q ₁₀₀ a nad úrovní provozní hladiny ohumusována a oseta
Odbahnění	vytěženo 3 187 m ³ sedimentu

Foto č. 13: Hráze před realizací



Foto: Karel Ruč

Foto č. 14: Hráze s nouzovým přelivem po realizaci



Foto: Karel Ruč

Souhrnná analýza dat

Analýzou stavebních objektů bylo zjištěno (tab. č. 11), že většina stavebních prací byla zaměřena na rekonstrukci a obnovu funkčních zařízení (výpustná zařízení, bezpečnostní přelivy), dále na úpravy hrází spočívající v navýšení koruny a ve stabilizaci návodních svahů. Důvodem k tomuto kroku byl nevyhovující stav, požadavek investora, a nebo rozpor s ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže, a to zejména u bezpečnostních přelivů z hlediska jejich nedostatečné kapacity. Tyto technické prvky mají v celkovém součtu 100% zastoupení. Stejně takové zastoupení mají i ostatní objekty, kam patří: mostní konstrukce a propustky jako součást bezpečnostních přelivů a hrází, přeložky nebo odstranění stávajících potrubí, vybudování patního drénu, úprava vtoku do nádrže, zásahy související s přípravou stavby (odstraňování dřevin) aj. Naproti tomu 70% zastoupení mají stavební objekty se zvýšeným revitalizačním efektem, tj. stabilizace a úprava břehů, odbahnění zdrže, vytvoření litorálního pásma.

Tab. č. 11: Hodnocení stavby podle zastoupenosti stavebních objektů v projektu.

Název rybníka	Hráz	Bezpečnostní přeliv	Výpustné zařízení	Břehy	Odbahnění	Litorální pásmo	Ostatní
Obora	x	x	x	x	0	x	x
Hastrman	x	x	x	x	x	x	x
Cihlář	x	x	x	x	0	x	x
Hajdovec	x	x	x	x	x	x	x
Pfaffendorfský	x	x	x	x	x	x	x
Zádušní	x	x	x	0	x	0	x
Štičí	x	x	x	0	x	0	x
Procento (%) zastoupení	100	100	100	70	70	70	100

Pozn.: x – realizace; 0 – bez realizace

5.2 Vodohospodářské řešení vodních nádrží

Ze zjištěných údajů (tab. č. 12) je zřejmé, že všechny vodní nádrže mají vymezený zásobní (akumulační) a ochranný (retenční) prostor. Akumulační prostor ve všech případech odpovídá hladině ovladatelného prostoru (u nádrží k chovu ryb označována jako normální hladina), což je hladina v úrovni pevné části nehrazeného přelivu nebo horní hrany uzávěru u hrazeného přelivu (rybník Obora). Z údajů o retenčním prostoru bylo zjištěno, že provozní hladina je shodná s normální hladinou. To znamená, že vodní nádrže nemají část ovladatelného retenčního prostoru, kdy normální hladina je níž než hrana bezpečnostního přelivu. V případě neovladatelné části retenčního prostoru je tomu naopak. Při terénním průzkumu bylo zjištěno, že každá vodní nádrž má vodočetnou lať s vyznačenou normální a maximální hladinou.

Tab. č. 12: Hodnocení ukazatelů vodohospodářského řešení vodních nádrží.

Název rybníka	Kóta koruny hráze (m n.m.)	Kóta H_{ro} (m n.m.)	Kóta H_m (m n.m.)	Kóta provozní hladiny (m n.m.)	Měřicí zařízení
Obora	414,01	413,54	414,01	413,54	lať
Hastrman	419,37	418,63	419,28	418,63	lať
Cihlár	446,35	444,61	445,51	444,61	lať
Hajdovec	462,27	461,03	461,90	461,03	lať
Pfaffendorfský	466,80	465,90	466,36	465,90	lať
Zádušní	477,90	476,15	477,35	476,15	lať
Štičí	482,60	481,30	482,03	481,30	lať

Pozn.: H_{ro} – hladina ovladatelného retenčního prostoru
 H_m – hladina neovladatelného retenčního prostoru

5.3 Depozice sedimentu ve vodních nádržích

Výsledné hodnoty (tab. č. 13) jsou dány výpočtem procenta zaplnění nádrže sedimentem, vzhledem k celkovému objemu nádrže (pokud bychom uvažovali stoprocentní odstranění sedimentu). Nejvyšší procento zanesení cca 62% vykazoval rybník Pfaffendorfský, naproti tomu nejmenší zatížení sedimentem cca 36% byl vypočítán u rybníka Hajdovec. Průměrné zatížení rybníků sedimentem se pohybovalo kolem 42% z celkového objemu vodních nádrží.

Tab. č. 13: Hodnocení depozice sedimentu ve vodních nádržích.

Parametry	Hastrman	Hajdovec	Pfaffendorfský	Zádušní	Štičí
Plocha nádrže při provozní hladině (m^2)	14 640	23 890	4 740	24 040	6 800
Objem nádrže při současné provozní hladině (nad sedimentem) (m^3)	20 120	36 383	2 310	31 104	4 730
Objem sedimentu (m^3)	9 500	20 722	3 760	20 971	3 187
Celkový dosažitelný objem nádrže při provozní hladině (m^3)	29 620	57 105	6 070	52 075	7 917
Procento zanesení z celkového dosažitelného objemu nádrže (%)	32	36	62	40	40

Pozn.: u rybníků Obora a Cihlár nebylo provedeno odbahnění

5.4 Krajině ekologický význam vodních nádrží

Na základě stanovení teoretické doby zdržení vody v nádržích, bylo možné přistoupit k jejich zařazení do příslušného typu vodní nádrže z hlediska krajinně - ekologického významu a ocenění v krajině. Výsledky (tab. č. 14) ukazují na poměrně rozdílné hodnoty teoretické doby zdržení vody u jednotlivých nádrží, které se pohybují v rozmezí od 1,5 do 16 dnů.

Podle metodické tabulky (Gergel, Husák, 1997) odpovídají zařazení do typu malé víceúčelové nádrže. Teoretická doba zdržení vody u malých víceúčelových nádrží má rozmezí několik hodin až 40 dnů.

Tab. č. 14: Hodnocení teoretické doby zdržení vody ve vodních nádržích.

Název rybníka	Průměrný dlouhodobý průtok Q_a ($l.s^{-1}$)	Zásobní objem nádrže V_z (m^3)	Teoretická doba zdržení (d)
Obora	59,50	7 910	1,5
Hastrman	58,90	29 620	6
Cihlář	51,00	41 300	9
Hajdovec	44,00	57 105	15
Pfaffendorfský	38,90	6 070	2
Zádušní	37,00	52 075	16
Štičí	28,80	7 917	3

5.5 Revitalizační prvky a opatření na vodních nádržích

Princip hodnocení revitalizačních prvků a opatření na vodních nádržích byl založen na jejich identifikaci a zařazení do příslušného ukazatele (tab. č. 15). Podle zastoupenosti v řešeném projektu byla zjištěna míra vyváženosti a přístupu k revitalizačním zásahům.

Litorální pásmo bylo řešeno téměř u všech vodních nádržích s výjimkou rybníka Zádušní a Štičí. Jeho největší podíl 21% z celkové plochy nádrže byl zjištěn u rybníka Pfaffendorfský a nejnižší tj. 6% u rybníka Hajdovec. Revitalizační doplňky byly aplikovány u rybníka Cihlář a Hajdovec, kde byla provedena ve zhlaví obou nádrží výstavba ostrova (Příloha 3 – foto č. 15). Na celé soustavě vodních nádrží můžeme dále vidět u rybníka Cihlář migrační cestu pro vydrů říční v podobě skupiny balvanů osazených do betonu jako součást bezpečnostního přelivu (Příloha 3 – foto č. 16). Za opatření proti zanášení nádrží lze považovat průtočné tůně (Příloha 3 – foto č. 17) na vodním toku a jeho revitalizaci (Příloha 3 – foto č. 18), dále výstavbu suché retenční nádrže (Příloha 3 – foto č. 19) na přítoku do rybníka Cihlář s protierozní hrázkou (Příloha 3 – foto č. 20). Ozelenění je řešeno výsadbou leknínů bílých (Příloha 3 – foto č. 21) a osázením ostrovů (vrba křehká, vrba ušatá).

Tab. č. 15: Hodnocení ukazatelů revitalizace vodních nádrží.

Název rybníka	Podíl litorálního pásma z celkové plochy (%)	Revitalizační doplňky	Migrační prostupnost	Opatření proti zanášení	Ozelenění
Obora	6	0	0	x	0
Hastrman	6	0	0	x	x
Cihlář	8	x	x	x	x
Hajdovec	6	x	0	x	x
Pfaffendorfský	21	0	0	x	0
Zádušní	0	0	0	x	0
Štičí	0	x	0	x	0

Pozn.: x – realizace; 0 – bez realizace

6. DISKUSE

Prvotním úkolem hodnocení bylo zjistit, jaký charakter mají provedené stavební práce a jejich účel. Už z názvu projektu „Revitalizační a protipovodňová opatření na Cihlářském potoce“ lze odhadnout očekávané cíle. Pro jejich identifikaci byla vypracována podrobná analýza k jednotlivým stavebním objektům. Samotné realizaci stavby předcházely technickobezpečnostní prohlídky, které ukázaly na nedostatky vodních nádrží, a to zejména u hrází a funkčních objektů.

Na podobné závady z technickobezpečnostních prohlídek upozorňuje Vrána (2004), díky průzkumu společnosti Vodní díla - TBD a.s, která vyhodnotila technický stav hrází a funkčních objektů u cca 500 malých vodních nádrží. Téměř u 40% nádrží byl zjištěn špatný stav výpustných zařízení, u 35% nádrží neudržovaná vegetace na hrázi, u téměř stejného počtu zamokření podhrází, u 30% průlehy na koruně hráze, u cca 25% nádrží špatný stav bezpečnostního přelivu, deformace svahů hráze a porušené opevnění návodního svahu. U přibližně třetiny sledovaných nádrží bylo zjištěno, že hráze nejsou dostatečně zabezpečeny proti přelití vodou při průchodu povodně.

V případě řešeného projektu se jednalo o nevyrovnané koruny hrází, nekapacitní bezpečnostní přelivy, poškozená výpustná zařízení, zarostlé hráze náletovými dřevinami, zamokřené vzdušné paty hrází, zanesené zdrže apod. Příčinou tohoto stavu byla zanedbaná údržba a jejich stáří (konec 19. století), proto neodpovídají požadavkům současné platné normy ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže. Analýzou stavebních objektů bylo zjištěno, že většina stavebních prací je zaměřena na výměnu výpustných zařízení, zkapacitnění bezpečnostních přelivů, navyšování koruny hrází, včetně souvisejících opatření (stabilizace svahů, odstranění náletových dřevin apod.).

Podle Pokorného (2009) se navyšují hráze za účelem výrazného zvětšení objemu nádrže, rozšíření zátopové výměry apod. Tímto způsobem lze výrazně posílit jejich akumulaci a ochrannou funkci. Co se týká zkapacitnění bezpečnostních přelivů u historických rybníků (budovaných ve 13. až 19. století), nevylučuje možnost navrhnout průtok Q_{50} , nejméně však Q_{20} , za předpokladu, že jeho snížení bude odsouhlaseno příslušným odborem vodního hospodářství.

Dalším ukazatelem hodnocení bylo procentuální vyjádření o zastoupení stavebních objektů v rámci projektového řešení. Výsledky ukázaly o 30% vyšší zastoupení technických opatření proti revitalizačním. Rozdílnost je dána zanedbaným stavem vodních nádrží u převážné většiny technických objektů

a snahou vyhovět technickobezpečnostním požadavkům dle platných norem. Průzkumem bylo dále zjištěno, že veškerá technická opatření směřují za účelem retence a akumulace vody v krajině, jako reakce na možné klimatické změny a další nepříznivé faktory. Ve vztahu k revitalizacím jsou rekonstrukce vodních nádrží považovány za revitalizační zásahy, neboť v konečném důsledku umožňují bezpečnou manipulaci s akumulovanou vodou a návrat k původním hydrologickým funkcím, zejména k obnově retenční a akumulační funkce krajiny.

Hydrologické funkce malých vodních nádrží byly hodnoceny podle stanoveného zásobního (akumulačního) a ochranného (retenčního) prostoru, včetně souvisejících faktorů. Pomocí vybraných ukazatelů byla zjištěna odchylka u retenčních prostorů, které jsou ve všech případech sníženy o ovladatelnou část retenčního prostoru. V důsledku toho dochází k omezení protipovodňového a retenčního účinku. Doporučujícím opatřením a zároveň ochranou před povodněmi může být zvětšování ovladatelné i neovladatelné části retenčního prostoru. Stejného názoru je Pokorný (2009), který při hodnocení retenčního prostoru zjistil, že čím větší bude retenční prostor, tím bude transformace povodňové vlny větší a povodňová vlna menší.

Ochranný účinek zásobního prostoru je možno podstatně zvýšit vhodným vodohospodářským provozem nádrže. V nádrži se hospodaří s vodou tak, aby byl před jarním odtokem zásobní prostor nádrže dostatečně vyprázdněn. Vhodným manipulačním řádem sestaveným v souladu s předpovědí odtokového množství z povodí se může dosáhnout zachycení většiny povodní z tajícího sněhu v zásobním prostoru nádrže (Votruba, Broža, 1966). Předvypouštění vodních nádrží v období zvýšených průtoků (jarní tání) je jeden ze způsobů zvyšování retenčního prostoru.

Naopak při běžném provozu vodních nádrží je výškové kolísání nežádoucí. Poklesy vodní hladiny zvýrazňují eutrofizační projevy a negativně ovlivňují rybí obsádku. Poklesem hladiny se snižuje objem nádrže, zkracuje se doba zdržení vody a zvyšuje se specifické zatížení fosforem, což vede přímou cestou ke zvýšení úživnosti (+ zvýšené přítomnosti sinic). Zároveň ale pokles hladiny ničí příbřežní pás ponořené vegetace, tzv. litorál, který dokáže zadržovat živiny a je důležitým stanovištěm pro ryby a další vodní organismy (Duras, 2008).

K částečnému zamezení výkyvů hladin (pomineme-li období sucha) lze předcházet stanovením požadované úrovně hladiny nádrže do vodoprávního povolení (rozhodnutí o povolení k nakládání s povrchovými vodami)

a manipulačního řádu. Bez praktického ověření však nelze vodní stavy řádně sledovat. Za tímto účelem se provedlo terénní šetření, při kterém bylo zjištěno, že měřicí zařízení jsou instalována na viditelném a pevném místě (požerák nebo samostatný betonový sloupek v tělese hráze) v podobě vodočetných latí s barevným označením provozní a maximální hladiny. Po prvním napuštění, lze dále konstatovat, že úrovně nastavených hladin odpovídaly označené provozní hladině na vodočetných latích.

Na rozdíl od retenčního prostoru se zásobní prostor vodních nádrží potýká s problémem usazování sedimentů. Podle Vrány (2009) je zanášení vodních nádrží hlavním problémem jejich špatného stavu, což lze interpretovat také jako celkové a postupné snižování objemu akumulované vody. To představuje v některých územích citlivou položku vodohospodářské bilance. Za nápravné opatření pro zvětšení zásobního objemu nádrže je považováno odstraňování sedimentů. V žádném případě se nejedná o protipovodňové opatření posilující retenční prostor, jak bývá často mylně citováno. Tento prostor bývá v praxi v důsledku snahy o maximální nadržení prakticky nulový. Není podstatné, zda je pod úrovní normální hladiny v nádrži voda nebo bahno. Zdůvodňování odbahňování nádrží protipovodňovou ochranou je zpravidla neopodstatněné. Pokud se z části nádrže sediment shrne a uloží ve zbytku prostoru nádrže, včetně jejího někdejšího retenčního prostoru, protipovodňová funkce nádrže se tím naopak poškozuje (Just, 2009).

Hodnotícím kritériem zásobního prostoru vodních nádrží se stalo posuzované množství odstraněného sedimentu. O jeho vlivu na objem zásobních prostorů vypovídá např. hodnota průměrného zatížení sedimentem, která se pohybovala kolem 42% z celkového objemu vodních nádrží. V přepočtu na jednotlivé nádrže byl nejvíce zabahněn rybník Pfaffendorfský a nejméně rybník Hajdovec. Mezi hodnocenými vodními nádržemi chybí rybníky Cihlář a Obora, u kterých nebylo provedeno odbahnění. Průměrné množství usazeného sedimentu na hektar vodní plochy činilo 785 t ($78,5 \text{ kg/m}^2$) a odstraněno bylo celkem $58\,140 \text{ m}^3$ sedimentů. Tento objem vytěženého sedimentu přibližně odpovídá množství zadržené vody ($50\,000 \text{ m}^3$) při maximálním naplnění suché retenční nádrže (poldru). Ta byla vybudována v rámci revitalizačních a protipovodňových opatření mezi rybníky Cihlář a Hajdovec za účelem zachycení významného objemu povodňové vlny a k její transformaci.

Zanášení vodních nádrží je přirozený a kontinuální proces. Určit hlavní příčinu jejich zanášení by nebylo zcela objektivní, neboť každá hodnocená nádrž je specifická svým umístěním, rozlohou, tvarem, příčným a podélným profilem, hloubkou, způsobem hospodaření, okolním prostředím atd. Jisté je pouze to, že svůj podíl na zanášení, vzhledem ke způsobu napájení (průtočné nádrže), má přítok nerozpuštěných látek z povodí o rozloze 8,803 km², dále abraze břehů (původně nezpevněné a podemleté břehy), ale i vnitřní zanášení (rozvoj a odumření biomasy). Množství usazeného sedimentu je dané především údržbou, spočívající v pravidelném odstraňování sedimentů. Petříček (1999) doporučuje odbahňovat po 5 – 20 letech. Záznamy o posledním odbahňování vodních nádrží se nedochovaly. Podle vyjádření místních občanů se jedná řádově o desítky let. Příkladem může být rybník Hastrman, který byl údajně naposledy odbahněn před zhruba 60-ti lety.

Z hlediska krajinně ekologického je vhodné rozdělit vodní nádrže podle jejich převažující funkce v přírodním prostředí. Pro tento způsob rozdělení existuje metodická tabulka (Gergel, Husák, 1997) s přehledem jednotlivých druhů vodních nádrží a jejich ocenění v krajině, která se stala vodítkem dalšího hodnocení. Záměrem bylo vypočítat tzv. „teoretickou dobu zdržení vody v nádrži“ a výsledné hodnoty přiřadit k typu vodní nádrže se stejnou hodnotou. Porovnáním výsledků bylo zjištěno, že vodní nádrže s teoretickou dobou zdržení v rozmezí 1,5 - 16 dnů odpovídají typovému zařazení – malé víceúčelové nádrže. O naplnění tohoto zařazení hovoří i skutečnost, že vodní nádrže jsou v současné době využívány k extenzivnímu chovu ryb (všechny vodní nádrže), jako zdroj pro požární účely (rybník Obora – čerpací zařízení), vodárenský odběr pro zahrádkářskou kolonii (rybník Zádušní – vodovodní potrubí), sportovní rybolov (rybník Zádušní - rybářský revír), zdroj vody pro rybí sádky (rybník Obora), zdroj vody pro zavlažování parku a veřejné zeleně (rybník Obora), zdroj vody pro individuální odběr (rybník Cihlář – samostatná čerpací zařízení) a k rekreaci (všechny vodní nádrže – součást parku „Budoucnost“ a příměstských lesů „Vlkovsko“). Pro některé vícefunkční nádrže mohou být zvláště stanoveny podmínky soužití přírodních funkcí, rybářství a rekreace. Například jeden břeh a přítoková partie nádrže může být vyhrazena jako klidová přírodní zóna, zbytek obvodu může být přístupný pro rybáře a koupající se (Just, 2003).

Podle teoretické doby zdržení vody v nádrži můžeme vyvodit vliv na kvalitu vody, který bývá jedním z kritérií hodnocení přínosnosti malých vodních nádrží a vypovídá o budoucí funkci vodního ekosystému. Pokud nádrž poskytuje aktuálnímu průtoku vody skutečné zdržení několika minut až několika desítek minut,

je funkčně na úrovni lapače písku a nelze vyloučit, že tento průtok uvede do pohybu jemnější bahenní usazeniny. Pro funkci na úrovni čistírenské usazovací nádrže, zachycující snadno usaditelné jemné částice (organické kaly a hlinité částice), je nezbytná skutečná doba zdržení nejméně několik hodin. Pro účinné biologické odstraňování organického znečištění na úrovni stabilizační nádrže se vyžaduje skutečná doba zdržení nejméně 5 dnů (Just, 2003). Z pohledu eutrofizace hraje klíčovou roli fosfor, který už při nízké koncentraci v přítoku vyvolává silné eutrofizační projevy (vodní květy, vegetační zákaly). Obecně platí, že čím kratší doba zdržení (= rychlejší obměna vody), tím jsou nádrže citlivější na eutrofizaci. Krátká doba zdržení vody je do cca 100 dní. U nádrží s dlouhou dobou zdržení (nad 1 rok) roste význam vnitřních procesů, především těch, které jsou zapojeny do koloběhu P - rybí obsádka, vodní rostliny...(Duras, 2008). Za optimální dobu držení považuje Gergel (1992) 21 – 35 dnů. Další prodlužování doby zdržení má za následek neúměrné zvyšování stavebních nákladů na zvětšování akumulacího prostoru a z pohledu zlepšení kvality vody již není tak efektivní.

Malé víceúčelové nádrže v rámci ocenění v krajině odpovídají stupni ekologické stability 2 – 3. Vzhledem k tomu, že posuzované vodní nádrže mají nevýrazně vyvinutý litorální pás a tělesa hrází na návodní straně jsou zpevněná, oceňují se zpravidla 3. stupněm ekologické stability. 2. stupněm se oceňují nádrže se zcela zpevněným obvodem a přirozeným dnem (Gergel, 1992). Tato charakteristika 2. stupně ekologické stability neodpovídá současnému stavu vodních nádrží. Podobné hodnocení vyjádření stupňů ekologické stability z hlediska typů aktuální vegetace pro vodní plochy a toky klasifikoval Kopp (2005). K 3. stupni ekologické stability přiřadil vodní nádrže s opevněním břehů, nebo trvale narušovanými břehovými společenstvy, mírně narušenými společenstvy vlivem snížené čistoty vody. Hodnocení ekologické stability krajiny poskytuje zpřesňující pohled na kvalitu ekologických funkcí území. Po praktické stránce představuje metodicky, odborně i časově náročný úkol. V praxi se proto pro hodnocení větších území používají postupy, které přinášejí rychlé, i když jen orientační výsledky. Číselné označení stupňů ekologické stability vyjadřuje význam plochy. Stupnice je zpravidla šestibodová (0 - bez významu, 1- velmi malý význam, 2 – malý význam, 3 – střední význam, 4 – velký význam, 5 – výjimečně velký význam) (Kopp, 2005). Stanovením 3. stupně ekologické stability patří vodní nádrže mezi středně ekologicky stabilní plochy.

Při posuzování revitalizačního efektu se vycházelo z projektového řešení skutečného provedení stavby se zaměřením na revitalizační prvky a opatření na vodních nádržích. Porovnáním výsledků sledovaného podílu litorálního pásma z celkové plochy vodní nádrže bylo nejlépe dosaženo u rybníka Pfaffenforfský (21%) a nejméně u rybníka Hajdovec (6%). Menší podíl litorálního pásma u rybníka Hajdovec je zřejmě daný výstavbou ostrova v zadní části nádrže na úkor plochy litorálního pásma. Naopak předmětem řešení litorálního pásma nebyly rybníky Štičí a Zádušní. U rybníka Štičí by bylo umělé vymělčování dna zbytečné, protože stávající vodní nádrž je situována jako první v kaskádě, kde dochází k samovolnému vymělčování dna díky přirozenému usazování sedimentů. V tomto smyslu se dá říci, že rybník funguje zároveň jako sedimentační nádrž. V případě rybníka Zádušní může být vysvětlením jeho pravidelný tvar (úzký obdelník), příkré svahy břehů s poměrně velkou hloubkou a účel využití – sportovní rybolov (rybářský revír). Obvykle se pokládá za přijatelné, když litorál představuje alespoň 15 až 20% z celkové plochy nádrže při běžném nadržení, i když tyto hodnoty nemohou být dogmatem například v údolích s přirozeně více sklonitými svahy nebo u malých nádrží uvnitř obcí (Just, 2009).

Revitalizační doplňky v podobě ostrovů byly zaznamenány u rybníka Cihlář a Hajdovec. Ostrovy se nachází ve zhlaví obou rybníků a jsou vytvořeny hutnějším násypem zeminy s pozvolným sklonem svahů. Součástí ostrovů je opevnění svahů kamennou rovinou a výsadba doprovodné zeleně. Just a Moravec (2008) doporučují pro nádrže plochý ostrůvek, který do vody sestupuje mírně sklonitými svahy, a který zaroste keřovými vrbami nebo mokřadní vegetací.

Pro ryby a další živočichy je důležitá možnost pohybu podél vodního toku, po proudu i proti proudu. Problémem hodnocené soustavy vodních nádrží jsou hráze přehrazující vodní tok jako významné migrační bariéry, které znemožňují protiproudě migrace. V tomto případě lze prostupnost pro vodní organismy v opodstatněných případech zajišťovat výstavbou rybochodných zařízení. U řady malých vodních nádrží se uplatňuje jednoduchá koncepce prostupných kynet, vestavených do bezpečnostních přelivů a protékaných běžnými průtoky. Na druhé straně by se neměla vynucovat výstavba rybích přechodů na tocích a u nádrží, kde to není z přírodovědného hlediska účelné (Just, 2003). V rámci soustavy vodních nádrží byla vybudována jedna migrační cesta pro vydru říční. Nachází se pod oknem bezpečnostního přelivu rybníka Cihlář, a je tvořena ze skupin balvanů osazených do betonu. Přesné důvody k jejímu zřízení nejsou známy. Rozhodujícím faktorem může být skutečnost, že hráz rybníka Cihlář se nachází v blízkosti

frekventované silnice, kde by mohlo docházet k dopravním střetům s tímto živočichem.

Mezi účinná opatření k zabránění vnosu sedimentů do vodních nádrží byla vyhodnocena revitalizace vodního toku (meandrování koryta, stabilizační prvky) jako součást stavby, díky které dochází v důsledku zpomalení vodního toku k postupnému ukládání sedimentů v prostorách koryta vodního toku. Kromě jiného se revitalizace vodního toku obecně považuje za opatření ovlivňující kvalitu vody. Problematikou kvality vody v souvislosti s odbouráváním organických látek na výtoku z vodních nádrží se zabýval Gergel (1992). Podle jeho názoru je provozně nejjednodušší a technologicky a ekologicky zcela vyhovující vybudování soustavy prahů, jízků, využití zdrsněných koryt, stupňů apod. Cílem těchto opatření je maximální prokysličení vody, které účinným způsobem odbourává transportovanou organickou hmotu. Dalším zjištěným opatřením byly dvě průtočné tůně na vodním toku v prostoru mezi rybníky Zádušní a Pfaffendorfský. Přestože k jejich hlavním funkcím patří podpora retenční kapacity území, prostředí pro rostliny a živočichy či podpora rozmnožování obojživelníků, fungují zároveň jako lapače smyvů. Jako poslední významné opatření proti zanášení vodních nádrží je suchá retenční nádrž na přítoku do rybníka Cihlář s protierozní hrázkou. Podle Gergela (1992) se suché retenční nádrže budují jako součást protierozní ochrany v povodí nebo celkového vodohospodářského řešení krajiny. K zajištění dobré funkce je nutno pravidelně odstraňovat nánosový kužel a kontrolovat přírůstek sedimentů na celé ploše jako podklad k odbahnění a sanaci dna. Výstavba se sedimentační funkcí musí předcházet využití všech dostupných prostředků protierozní ochrany v povodí a úprava vodoteče nad nádrží (Gergel, 1992).

Ozelenění vodních nádrží se stalo posledním hodnotícím ukazatelem revitalizačních opatření. Podrobným průzkumem bylo zjištěno, že řešení vegetačních úprav u vodních nádrží tvoří zanedbatelnou část v porovnání s navrženou vegetační úpravou revitalizovaného vodního toku. Tento stav vypovídá o poměrně pestré a bohaté vegetaci, která vodní nádrže obklopuje (park „Budoucnost“, příměstské lesy „Vlkovsko“). Při realizaci stavby došlo ke kácení náletových porostů dřevin pouze v místech, kde bylo nutné zajistit přístup ke stavebním objektům. Náhradou za smýcené dřeviny vznikly litorální pásy u většiny vodních nádrží, doplněné o výsadbu leknínů bílých (rybník Hastrman a Hajdovec) a vrb do prostoru nově vytvořených ostrovů (rybník Cihlář a Hajdovec). Jiná výsadba nebyla zjištěna.

Pro budoucí využití rekonstruovaných vodních nádrží je podstatné znát návrh rybářského hospodaření. Ten je zřejmý již z odborného posudku pro poskytnutí finanční podpory z Operačního programu Životní prostředí, kde je uvedeno, že po realizaci se na rybnících bude hospodařit 20 let pouze takovým způsobem, který neoslabí ekologické funkce rybníků. K naplnění podmínek pro přiznání dotace a pro udržení rybníků v příznivém stavu z hledisek krajinářských, estetických, rekreačních a ekologických funkcí stanovila Agentura ochrany přírody a krajiny ČR způsob (zásady) rybářského hospodaření. Se zájmy ochrany přírody a krajiny mohou být slučitelné pouze extenzivní formy rybářského využívání se sportovním lovem na udici nebo chovy ryb, přímo zaměřené k podpoře ochrany přírody (Just, 2009). Kromě nepřípustnosti hnojení a krmení ryb to znamená nasazovat pouze takové hustoty obsádek, které nebudou působit destruktivně na ostatní složky ekosystému nádrže (Just, 2003). Nutno počítat s tím, že takovéto akvakultury jsou většinou prodělečné (Just, 2009). Důležité je nastavit rovnováhu mezi zájmy rybářů a ochranou přírody i po uplynutí doby udržitelnosti projektu.

7. APLIKAČNÍ VÝSTUPY

Dalším z cílů diplomové práce bylo navrhnout doplňující či nápravná opatření ke zlepšení stavu a funkcí vodních nádrží. Podkladem k jejich zpravování se staly vlastní záznamy z terénních průzkumů a podkladové materiály ke stavbě a provozu. Výsledkem je následující přehled technických a provozních opatření.

Technická opatření: posoudit stav dřevin na všech hrázích; na přítoku do rybníka Štičí vybudovat ochranné opatření proti zanášení; stabilizovat pravý břeh rybníka Zádušní proti sesuvu a vývrátům stromů; výpustná zařízení (požeráky) u rybníků Štičí, Pfaffendorfský, Cihlář a Obora vybavit obslužnou lávkou; u rybníků Cihlář a Obora prověřit stav zabahnění; u rybníka Hastrman opevnit návodní svah hráze; změnit označení hladin na vodočetných latí pro lepší čitelnost; přetřít kovová zábradlí u funkčních objektů ze současné modré na zelenou případně hnědou barvu; pro každou vodní nádrž zhotovit informační ceduli s popisem; u rybníků Štičí, Pfaffendorfský a Cihlář umístit alespoň jednu odpočinkovou lavičku s odpadkovým košem; posoudit stav cest a komunikací vedoucích po hrázích a podél vodních nádrží.

Provozní opatření: vypracovat plán péče a údržby revitalizovaného území; zajistit technickobezpečnostní dohled nad vodními díly; aktualizovat manipulační a provozní řády vodních děl; pověřit odborně způsobilou osobu kontrolou nad dodržováním stanovených podmínek Agenturou ochrany přírody a krajiny ČR, zejména s ohledem na rybářské hospodaření; identifikovat možné zdroje, které mohou zhoršovat kvalitu vody v nádržích; zajistit ekologicky přijatelné minimální průtoky ve vodním toku; před uplynutím doby udržitelnosti projektu vyhodnotit stav vodních nádrží a stanovit další postupy.

8. ZÁVĚR

Práce byla zaměřena na hodnocení krajinných funkcí malých vodních nádrží s cílem analyzovat jejich základní parametry. Zadané téma oproti předchozí bakalářské práci rozšiřuje poznatky o vlivu vodních nádrží na krajinu prostřednictvím aplikovaných zásahů a opatření. V tomto směru byla nejlépe vyhodnocena revitalizační opatření, jako rozhodující faktor pro zpravování návrhu metodiky. Vlastní metodice předcházelo zajištění dostatečných odborných znalostí a podkladových materiálů.

Pro získání detailních výsledků byl vybrán projekt soustavy vodních nádrží stejného zaměření, na jehož realizaci byla poskytnuta finanční podpora z Operačního programu Životní prostředí, výzva č. 6. (oblast podpory 6.4 - Optimalizace vodního režimu krajiny). Pomocí projektu se provedla srovnávací analýza stavu vodních nádrží před stavbou a po jejím dokončení. Dále bylo posuzováno projektové řešení a jeho dopad na funkce vodních nádrží v krajině.

Výsledky přinesly celou řadu praktických poznatků o aplikaci revitalizačních a technických opatření. Prostřednictvím vybraných ukazatelů a kritérií se ukázalo, že záměrem realizované stavby nebylo pouze odstranit závadný stav na vodních nádržích, ale i podpořit veřejné funkce (retence povodňových průtoků, zlepšování kvality vody, zkvalitňování krajinného prostoru, podpora biodiverzity a rekreačního zázemí), charakterizující celospolečenské potřeby.

Stavba je vzhledem ke krátkodobému užívání hodnocena pozitivně, neboť má předpoklady pro široké uplatnění a využití v krajině. Ve vztahu k lokalizaci budou její funkce významné i pro občany žijící v tomto regionu. Kromě zlepšení podmínek pro rekreační využití se předpokládá příznivý vliv z hlediska zajištění protipovodňové ochrany a snížení povodňových škod s přímým pozitivním dopadem na obyvatelstvo širšího zájmového území.

Rozhodující vliv na zachování dlouhodobě udržitelného stavu rybníčních ekosystémů a mimoprodukčních funkcí bude mít v konečném důsledku hospodářská aktivita na vodních nádržích a v jejich okolí, včetně samotné údržby.

9. POUŽITÁ LITERATURA

1. **ADÁMEK, Z., et al.** *Aplikovaná hydrobiologie*. 2. vyd. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 2010. s. 151-289. ISBN 978-80-87437-09-4.
2. **CULEK, M., et al.** *Biogeografické členění České republiky*. 1. vyd. Praha: ENIGMA, 1996. s. 191. ISBN 80-85368-80-3.
3. **CULEK, M., et al.** *Biogeografické členění České republiky II. díl*. 1. vyd. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2003. s. 42. ISBN 80-86064-82-4.
4. **ČÍTEK, J., KRUPAUER, V., KUBŮ, F.** *Rybníkářství*. 2. vyd. Praha: INFORMATORIUM, spol. s r.o., 1998. s. 13-301. ISBN 80-86073-26-2.
5. **DEMEK, J., et al.** *Zeměpisný lexikon ČSR Hory a nížiny*. 1. vyd. Praha: Academia, 1987. s. 34.
6. **DURAS, J.** *Možnosti ovlivnění kvality vody v nádržích: sborník přednášek z konference Mokřady a voda v krajině*. 1. vyd. Třeboň: ENKI, o.p.s., 2008. s. 8-9. ISBN 978-80-254-2329-5.
7. **FRANKOVÁ, L., MAREŠOVÁ, L.** *Rybníky ve správě AOPK ČR: sborník přednášek z konference Mokřady a voda v krajině*. 1. vyd. Třeboň: ENKI, o.p.s., 2008. s. 14. ISBN 978-80-254-2329-5.
8. **GERGEL, J.** Ochrana krajinného prostředí pomocí malých vodních nádrží: Metodika 10/1992. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 1992. s. 2-22.
9. **GERGEL, J., HUSÁK, Š.** Revitalizace vodních nádrží: Metodika 22/1997. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 1997. s. 13-55.
10. **HARTMAN, P., PŘIKRYL, I., ŠTĚDRONSKÝ, E.** *Hydrobiologie*. 2. vyd. Praha: INFORMATORIUM, spol. s r.o., 1998. s. 51-52. ISBN 80-86073-27-0.
11. **HASÍK, O.** *Vodohospodářská výstavba a životní prostředí člověka*. 1. vyd. Praha: Academia, 1974. s. 160-162.
12. **HEJNÝ, S., et al.** *Rostliny vod a pobřeží*. Praha: East West Publishing Company, 2000. s. 38. ISBN 80-7219-000-8.

13. **HORKÝ, J., VOREL, I.** *Tvorba krajiny*. 2. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1988. s. 13.
14. **HUSÁK, Š., KVĚT, J.** *Chráněná rybníční území a metody hodnocení vlivů hospodaření na rybnících z hlediska zájmů ochrany přírody: sborník přednášek z konference Mokřady a voda v krajině*. 1. vyd. Třeboň: ENKI, o.p.s., 2008. s. 22-23. ISBN 978-80-254-2329-5.
15. **JERMÁŘ, M. K.** *Globální změna, Cesta ze světového chaosu do budoucnosti*. 1. vyd. Praha: Aula, 2010. s. 83. ISBN 978-80-86751-05-4.
16. **JUST, T., et al.** *Obnova rybníků, Obnova malých vodních nádrží jako významných krajinných prvků*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2009. s. 8-24. ISBN 978-80-87051-63-4.
17. **JUST, T., et al.** *Revitalizace vodního prostředí*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2003. s. 71-85. ISBN 80-86064-72-7.
18. **KENDER, J.** *Teoretické a praktické aspekty ekologie krajiny*. Praha: ENIGMA, 2000. s. 79-82. ISBN 80-7212-148-0.
19. **KOPP, J.** *Nauka o krajině a životním prostředí: cvičení*. 2. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2005. s. 14-21. ISBN 80-7043-311-6.
20. **KRAVČÍK, M.** *Voda v krajině: sborník přednášek z konference Mokřady a voda v krajině*. 1. vyd. Třeboň: ENKI, o.p.s., 2008. s. 28. ISBN 978-80-254-2329-5.
21. **KVÍTEK, T., et al.** *Využití a ochrana vodních zdrojů*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2005. s. 30-96. ISBN 80-7040-773-5.
22. **LELLÁK, J., KUBÍČEK, F.** *Hydrobiologie*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova, 1991. s. 75. ISBN 80-7066-530-0.
23. **NOVÁČEK, J.** *Péče o rybníky a jejich zařízení*. 1. vyd. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1997. s. 21. ISBN 80-7105-148-9.
24. **NOVÁK, L., IBLOVÁ, M., ŠKOPEK, V.** *Vegetace v úpravách vodních toků a nádrží*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, n. p., 1986. s. 16-234. ISBN 04-701-86.

25. **PAVLICA, J.** *Výstavba a využití malých vodních nádrží*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1967. s. 210.
26. **PECHAR, L.** *Rybniční ekosystémy – eutrofizace a ekologická stabilita: sborník přednášek z konference Mokřady a voda v krajině*. 1. vyd. Třeboň: ENKI, o.p.s., 2008. s. 62. ISBN 978-80-254-2329-5.
27. **PETŘÍČEK, V., et al.** *Péče o chráněná území I. Nelesní společenstva*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 1999. s. 96-115. ISBN 80-86064-42-5.
28. **POKORNÝ, J.** *VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ Stavby v rybářství*. Praha: INFORMATORIUM, spol. s r.o., 2009. s. 17-181. ISBN 978-80-7333-071-2.
29. **RAJCHARD, J., et al.** *Ekologie III*. 1. vyd. České Budějovice: KOPP, 2002. s. 67-144. ISBN 80-7232-191-9.
30. **SKLENIČKA, P.** *Základy krajinného plánování*. 2. vyd. Praha: Naděžda Skleničková, 2003. s. 54-268. ISBN 80-903206-1-9.
31. **ŠÁLEK, J.** *Malé vodní nádrže v životním prostředí*. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1996. s. 26-131. ISBN 80-7078-370-2.
32. **ŠÁLEK, J., MIKA, Z., TRESOVÁ, A.** *Rybničky a účelové nádrže*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, n. p., 1989. s. 60-254. ISBN 80-03-00092-0.
33. **ŠEDIVÝ, V., VRÁNA, K.** *Vodní hospodářství*. 1. vyd. Vodňany: Střední rybářská škola a Vyšší odborná škola vodního hospodářství a ekologie, 2011. s. 125-170. ISBN 978-80-87096-14-7.
34. **ŠTĚRBA, O., et al.** *Říční krajina a její ekosystémy*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2008. s. 261-384. ISBN 978-80-244-2203-9.
35. **VOTRUBA, L., BROŽA, V.** *Hospodaření s vodou v nádržích*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, n. p., 1966. s. 15-247.
36. **VRÁNA, K., et al.** *Revitalizace krajiny*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2009. s. 69-104. ISBN 978-80-7394-160-4.

Ostatní zdroje

Agentury ochrany přírody a krajiny České republiky. *Metodické listy k hospodaření na rybnících zakládaných či obnovovaných s finanční podporou MŽP.* Metodické listy Agentury ochrany přírody a krajiny ČR, 2008. s. 12.

Strategie ochrany biologické rozmanitosti České republiky. Praha : Ministerstvo životního prostředí ČR, [online]. 2005, [cit. 2013-01-15]. Dostupný z WWW: <http://www.bioinstitut.cz/documents/Strategie-CR_biodiverzita.pdf>.

Aktualizace státního programu ochrany přírody a krajiny České republiky. Praha : Ministerstvo životního prostředí ČR, [online]. 2009, [cit. 2013-01-23]. Dostupný z WWW: <http://www.mzp.cz/cz/statni_program_ochrany_prirody_a_krajiny>.

Funkce krajiny. Třeboň : ENKI, o.p.s., [online]. [cit. 2013-02-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.enki.cz/cs/cinnost/mokrady-a-voda-v-krajine/funkce-krajiny>>.

Funkce mokřadů při plánování vodního hospodářství v povodích řek [online]. 2006 [cit. 2013-03-07]. Dostupný z WWW: <<http://www.uprm.cz/data/docs/publikace/mokrady.pdf>>.

KREŠL, J. Vliv lesa na utváření odtoku při přívalových a dlouhotrvajících deštích [online] 2007 [cit. 2013-01-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.silvarium.cz/lesnicka-prace-c-11-99/vliv-lesa-na-utvareni-odtoku-pri-privalovych-a-dlouhotrvajicich-destich>>.

ČESALOVÁ, M. Vodní zdroje, akumulace vody [online] [cit. 2013-01-30]. Dostupný z WWW: <<http://chemikalie.upol.cz/skripta/tv/index.htm>>.

Vodohospodářský Bulletin 2009 [online]. 2009 [cit. 2013-02-13]. Dostupný z WWW: <<http://www.csvh.cz/bulletin/bulletin.htm>>.

GERGEL, J. Hydrobiologie malých vodních nádrží, sedimenty v nádržích, vegetační doprovody. Koncepce řešení malých vodních nádrží a mokřadů – Seminář 24. března 2004 [online]. 2004, [cit. 2010-01-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.cski.krajinari.com/archiv.html/>>.

VRÁNA, K. Malé vodní nádrže – součást revitalizace krajiny. Koncepce řešení malých vodních nádrží a mokřadů – Seminář 24. března 2004 [online]. 2004, [cit. 2010-01-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.cski.krajinari.com/archiv.html/>>.

ŠÁLEK, J. Možnosti samočisticích schopností malých vodních nádrží. Koncepce řešení malých vodních nádrží a mokřadů – Seminář 24. března 2004 [online]. 2004, [cit. 2010-01-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.cski.krajinari.com/archiv.html/>>.

JUST, T. Malé vodní nádrže a mokřady z pohledu ochrany přírody a krajiny. Koncepce řešení malých vodních nádrží a mokřadů – Seminář 24. března 2004 [online]. 2004, [cit. 2010-01-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.cski.krajinari.com/archiv.html/>>.

PŘIKRYL, I., FAINA, R., DUŠEK, M. Obnova rybníčních ekosystémů České republiky a jejich správný management., [online]. [cit. 2010-01-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.enki.cz/download.php?id=106>>.

DURAS, J. Ekologický potenciál vodních nádrží a jeho vztah k vodárenské praxi. *Sborník konference Pitná voda 2008* [online]. 2008, [cit. 2013-03-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.wet-team.cz/files/konference/2008/PV%20Tabor/>>.

KUBÍK, L. Monitoring rybníčních a říčních sedimentů, průběžná zpráva 1995 – 2008 [online]. 2009, [cit. 2013-03-18]. Dostupný z WWW: <http://www.ukzuz.cz/Folders/Uploads/108270-7-Sedimenty_ZP_final_oprpdf.aspx/>.

JUST, T., MORAVEC, P. Doporučení k projektům malých vodních nádrží. [online]. 2008 [cit. 2013-02-28]. Dostupný z WWW: <<http://www.jarojaromer.cz/doc/malevodninadrze.pdf>>.

HLAVÁČ, V., JERMLOVÁ, B. Tůňe a umělé drobné vodní plochy v regionu Vysočina. *Časopis – Ochrana přírody*, ročník 60, č. 9 [online]. 2005 [cit. 2013-01-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.casopis.ochranaprirody.cz/res/data/003/000480.pdf> >.

Katalog opatření 14, Technická protierozní opatření [online]. 2005 [cit. 2013-02-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.eagri.cz/public/web/mze/voda/planovani-v-oblasti-vod/plany-povodi-pro-1-obdobi/podpurne-dokumenty/katalogove-listy-katalogu-opatreni.html/>>.

Katalog opatření 17, Zatravnění a zalesnění [online]. 2005 [cit. 2013-02-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.eagri.cz/public/web/mze/voda/planovani-v-oblasti-vod/plany-povodi-pro-1-obdobi/podpurne-dokumenty/katalogove-listy-katalogu-opatreni.html/>>.

ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže.

10. PŘÍLOHY

Příloha 1

Obr. č. 1 Soustava vodních nádrží

Příloha 2

Ortofoto č. 1 Rybník Obora
Ortofoto č. 2 Rybník Hastrman
Ortofoto č. 3 Rybník Cihlář
Ortofoto č. 4 Rybník Hajdovec
Ortofoto č. 5 Rybník Pfaffendorfský
Ortofoto č. 6 Rybník Zádušní
Ortofoto č. 7 Rybník Štičí

Příloha 3

Foto č. 15 Ostrov
Foto č. 16 Migrační cesta pro vydru říční
Foto č. 17 Průtočné tůně
Foto č. 18 Revitalizace koryta vodního toku
Foto č. 19 Suchá retenční nádrž
Foto č. 20 Protierozní hrázka
Foto č. 21 Výsadba leknínů

Příloha 4

Foto č. 22 Informační tabule

Příloha 1

Obr. č. 1: Soustava vodních nádrží



č. VH mapy 23-21 Havlíčkův Brod (© Český úřad zeměměřický a katastrální)

Příloha 2

Ortofoto č. 1: Rybník Obora



Twist – Mapový server

Ortofoto č. 2: Rybník Hastrman



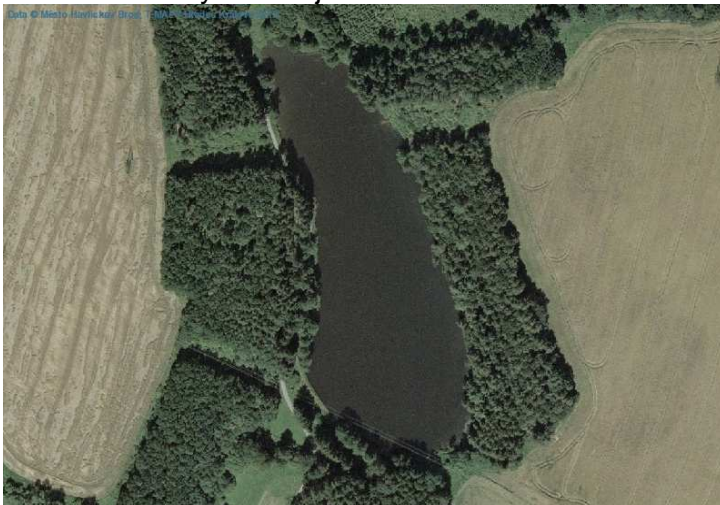
Twist – Mapový server

Ortofoto č. 3: Rybník Cihlář



Twist – Mapový server

Ortofoto č. 4: Rybník Hajdovec



Twist – Mapový server

Ortofoto č. 5: Rybník Pfaffendorfský



Twist – Mapový server

Ortofoto č. 6: Rybník Zádušní



Twist – Mapový server

Ortofoto č. 7: Štičí



Twist – Mapový server

Příloha 3

Foto č. 15: Ostrov



Foto: Karel Ruč

Foto č. 16: Migrační cesta pro vydru říční



Foto: Karel Ruč

Foto č. 17: Průtočné tůň



Foto: Karel Ruč

Foto č. 18: Revitalizace koryta vodního toku



Foto: Karel Ruč

Foto č. 19: Suchá retenční nádrž



Foto: Karel Ruč

Foto č. 20: Protierozní hrázka



Foto: Karel Ruč

Foto č. 21: Výsadba leknínů



Foto: Karel Ruč

Příloha 4

Foto č. 22: Informační tabule



Foto: Karel Ruč