

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2015

ZUZANA PRCHLÁ

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav aplikované a krajinné ekologie



Hodnocení I. fáze projektu Čistá Svatka
Bakalářská práce

Vedoucí práce:

Ing. Petra Opletová, Ph.D.

Vypracoval:

Zuzana Prchlá

Brno 2015



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Zuzana Prchlá**
Studijní program: Zemědělská specializace
Obor: Pozemkové úpravy a ochrana půdy
Název tématu: **Hodnocení I.fáze projektu Čistá Svatka**
Rozsah práce: 30 stran textu, mapové přílohy, fotodokumentace

Zásady pro vypracování:

1. Zpracování literární rešerše na téma jakost a znečišťování povrchových vod, související vodoprávní legislativa
2. Charakteristika zájmového území
3. Popis navržených opatření
4. Terénní průzkum, fotodokumentace
5. Zhodnocení realizovaných opatření
6. Diskuze, závěr



Seznam odborné literatury:

1. JUST, T. *Vodohospodářské revitalizace: a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi*. Praha: Český svaz ochránců přírody, 2005. 395 s. ISBN 80-239-6351-1.
2. GERGEL, J. *Metodická pomůcka-Revitalizace drobných vodních toků*. VÚMOP Praha, 1999.
3. KOUTNÝ, L. *Stabilní úpravy toků v přírodních podmínkách*. MZLU Brno, 1995.
4. EHRLICH, P. *Revitalizační úpravy potoků: Objekty*. VÚMOP Praha, 1994.
5. PUNČOCHÁŘ, P. a kol. *Zákon o vodách č. 254/2001 Sb. : v úplném znění k lednu 2004 s rozšířeným komentářem*. Praha: Sondy, 2004. 392 s. ISBN 80-86846-00-8.
6. HETEŠA, J. – KOČKOVÁ, E. *Hydrochemie*. 1. vyd. Brno: MZLU, 1998. 95 s. ISBN 80-7157-289-6.
7. PITTER, P. *Hydrochemie*. 3. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1999. 568 s. ISBN 80-7080-340-1.

Datum zadání bakalářské práce: říjen 2013

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2015

Zuzana Prchlá
Autorka práce



Ing. Petra Oppelová, Ph.D.
Vedoucí práce

prof. Ing. František Toman, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Ladislav Zeman, CSc.
Děkan AF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: **Hodnocení I. fáze projektu Čistá Svatka** vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnici o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne: 26. 04. 2015

.....
podpis

Poděkování

Mé poděkování patří Ing. Petře Oppeltové, Ph.D. za pomoc a odborné vedení při psaní této práce. Především za doporučení vhodné literatury a hodnotné připomínky ke konkrétním částem práce. Velký dík bych ráda věnovala také Ing. Janu Morongovi (ředitel Závodu Dyje, Povodí Moravy, s.p.) za poskytnutí údajů a materiálů ohledně opatření na Brněnské nádrži.

ABSTRAKT

Bakalářská práce pojednává o jakosti povrchových vod a pak popisuje a hodnotí konkrétní opatření, která byla na Vodní nádrži Brno (obce Brno-Bystrc, Brno-Kníničky, okres Brno-město, kraj Jihomoravský) provedena.

Revitalizace na tomto vodním díle byla nevyhnutelná. Důvodem byl nadlimitní výskyt sinic, které poškozovaly nejen ekosystém nádrže ale i lidské zdraví. Opatření proběhlo hned několik. Došlo k přípravným opatřením (zahrnovala také odpuštění nádrže), k ošetření přítoku, úpravě rybí obsádky, byly uvedeny do provozu aerační věže, sbírány sinice a pravidelně dochází k monitoringu nádrže.

Klíčová slova:

- Brněnská přehrada, jakost vody, revitalizace, sinice

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the surface water quality and describes and evaluates the specific measures that were on the water tank Brno (municipality Brno - Bystrc, Brno - Kníničky, district Brno- city, South Moravian region) performed.

Revitalization of this water work was inevitable. The reason was excess of cyanobacteria, which damaged the ecosystem of the tank and human health too. Measures taken place a several. There was a preparatory measure (also included the forgiveness of the tank), treatment of the tributary, treatment of the fish stock, were set to do the operation aeration towers, collected cyanobacteria and there is regular monitoring of the tank.

Key words:

- Water reservoir Brno, water quality, revitalization, cyanobacteria

Obsah

1	ÚVOD.....	10
2	CÍL PRÁCE	11
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE	12
3.1	Jakost povrchových vod.....	12
3.1.1	Ukazatele jakosti vody	13
3.1.2	Hodnocení jakosti vod a třídy jakosti	20
3.2.	Znečištění povrchových vod	21
3.2.1	Zdroje znečištění.....	21
3.2.2	Samočistící schopnost vody	22
3.2.3	Eutrofizace.....	23
3.3.	Vodoprávní podklady.....	25
3.3.1	Zákon o vodách 254/2001 Sb., v platném znění	25
3.3.2	NV č. 61/2003 Sb., v platném znění	26
3.3.3	NV - č. 262/2012 Sb., v platném znění	26
4	CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	27
4.1	Základní údaje	27
4.2	Brněnská přehrada – historie	28
4.3	Krajinná struktura.....	31
4.3.1	Biogeografické poměry.....	31
4.3.2	Reliéf a geologické poměry.....	31
4.3.3	Klimatické poměry	32
4.3.4	Pedologické poměry	32
4.3.5	Hydrologické poměry.....	32
4.3.6	Biotické faktory.....	32
4.3.7	Ochrana krajiny, památná a zajímavá místa	34
5	PROJEKT „Realizace opatření na Brněnské údolní nádrži“	35
6	POPIS NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ.....	38

6.1 Aerační věže	38
6.2 Ošetření přítoku	39
6.3 Úprava rybí obsádky	40
6.4 Odstraňování biomasy z hladiny	41
6.5 Monitoring	41
7 MATERIÁLY, METODY	42
8 TERÉNNÍ PRŮZKUM A FOTODOKUMENTACE	43
8.1 Informovanost veřejnosti	43
8.2 Průzkum a provedení fotodokumentace	44
9 DISKUZE	45
10 ZÁVĚR	51
11 POUŽITÁ LITERATURA	52
11.1 Knižní zdroje	52
11.2 Elektronické	53
11.3 Zákony a vyhlášky	54
11.4 Normy	54
SEZNAM OBRÁZKŮ	55
PŘÍLOHY	56
VYSVĚTLIVKY	61

1 ÚVOD

Voda je nezbytným předpokladem pro existenci života na Zemi. Nalezneme ji jako součást atmosféry, v půdě, ve formě vodních útvarů a moří.

Člověk si často neuvědomuje, jak velkou úlohu voda v našem životě hraje. To je hlavní důvod, proč se lidstvo dostatečně nezaobírá problémy souvisejícími se znečišťováním povrchových i jiných vod. Z vody se stává strategická surovina, která je limitujícím faktorem pro rozvoj mnoha geografických oblastí. Tento jev je také ovlivněn nerovnoměrnými srážkami, rychlostí výparu, zásobami podzemních vod, odtokem povodí a antropogenní činností. Je více než pravděpodobné, že neustále se zvyšující počet obyvatel planety a způsob jejich života významnou měrou přispějí k možnému znehodnocení vodních ploch, či k úplné eliminaci vodních zdrojů. Z těchto důvodů má péče o vodní zdroje opravdu značný význam.

Sledování jakosti povrchových vod je velice důležitou, ba nezbytnou, součástí péče o vodní zdroje a udržení neznečištěných ploch pro budoucí generace. Při tomto sledování vyhodnocujeme jednotlivé ukazatele jakosti vod a vodu poté řadíme do příslušné třídy jakosti.

Brněnská přehrada se v minulosti potýkala se značnými problémy, které byly způsobeny přemnožením cyanobakterií, jež způsobují růst tzv. vodního květu.

Po vyhodnocení nepříznivých výsledků lze doporučit konkrétní opatření. Těchto opatření může být, stejně jako v případě Brněnské nádrže, hned několikero. Jejich cílem je náprava způsobených škod a návrat jednotlivých ukazatelů do požadovaných hodnot.

Pokud vezmeme v úvahu Brněnskou přehradu, byla zde opatření úspěšná a v současné době je zdejší voda pro lidský organismus neškodná. Brněnská přehrada je v současné době v Brně jedinečným místem skýtajícím klid a přírodu, rekreačně je opravdu čteně využívána. Je zde mimo jiné hojně provozována lodní dopravu, kterou zajišťuje Dopravní podnik města Brna. Nalezneme zde dále veslařský klub, v letní sezoně se zde koná přehlídka ohňostrojů Ignis Brunensis a dále je přehrada lákadlem především pro milovníky procházek a sportu.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce, Hodnocení I. fáze projektu Čistá Svratka, bude seznámení se s problematikou jakosti povrchových vod a představení Vodní nádrže Brno spolu se všemi problémy s ní související a seznámení se s opatřeními, která zde byla v rámci revitalizací provedena.

Popsána bude problematika jakosti povrchových vod, znečištění povrchových vod a hodnocení jakosti vod. Zároveň bude součástí této bakalářské práce detailnější seznámení se s Brněnskou přehradou z hlediska struktury a historie a především s „Realizací opatření na Brněnské údolní nádrži“. Tohoto cíle bude dosaženo sběrem vodních dat a následným vyhodnocením (jak daná opatření fungují v současné době a výhled do budoucna).

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Jakost povrchových vod

Na jakost povrchových vod se můžeme dívat jak z kvalitativního, tak z kvantitativního hlediska. Je to z toho důvodu, že požadavek na jakost vody, může být za určitých okolností také limitujícím faktorem pro použití jinak častých zdrojů (za odlišných podmínek). (Říha, 1987)

Snahu člověka pečovat o čistotu vody lze definovat jako usilování o kontrolu fyzikální, chemické a biologické charakteristiky vody. (Říha, 2002)

Mezi povrchové vody řadíme všechny vody vyskytující se na zemském povrchu. Může se jednat o vodu kontinentální či vodu mořskou. Z hlediska složení může jít o vodu podzemní a atmosférické. Dále kontinentální povrchové vody dělíme podle pohybu na tekoucí vody a stojaté. Tekoucí vody jsou například vodní toky a stojaté mohou být nádrže, jezera či rybníky. (Grünwald, 1993)

Vliv na složení kontinentálních povrchových vod mají:

- dnové sedimenty a geologická stavba podloží
- hydrologické a klimatické poměry – např. teplota, roční období, srážky aj.
- pedologické a vegetační poměry – druhy půd, lesy
- antropogenní činnost – odpadní vody, zemědělství
- podzemní vody – jejich přívon do vod povrchových (Hubačiková a Oppeltová, 2008)

Nejvýznamnějším zdrojem vody bývají ve vnitrozemských oblastech srážky. Proto je snaha jich co nejvíce zadržet v zájmové krajině. To lze prostřednictvím půdy, lesního porostu a vhodných podmínek. Nicméně svou roli hraje i výpar, který může být přímo z půdy, z povrchu rostlin (intercepce), z vodní hladiny či produktivní výpar rostlin (transpirace). Z časových hodnot a objemu srážek vyplývá následně i přirozená vodnost vodních toků. (Říha, 1987)

Získ dat potřebných pro analýzu jakosti vody bývá nejnáročnější částí celé studie. Data jsou členěna jako:

1) Geometrická a topologická data území

- základní informace o povodí (geografie, katastr, obyvatelstvo)
- údaje o vodních útvarech (o tocích a jejich struktuře, o nádržích, o objektech na tocích a o manipulaci s vodou)

2) Hydrologické údaje

- klima (srážky, teplota)
- množství vody
- jakost vody – monitoring

3) Data o zdrojích znečištění (viz kap. 3.2.1) (Říha, 2002)

3.1.1 Ukazatele jakosti vody

Zaměření na popis kvalitativních vlastností je mnohem obtížnější a složitější než hodnocení kvality zdroje z hlediska kvantity. Ukazatele kvality vody se mohou členit do čtyř hlavních skupin:

- ukazatele kyslíkového režimu (sem se řadí např. rozpuštěný kyslík, BSKⁱ, volný sirovodík aj.)
- ukazatele základního chemického složení (ionty – chloridové, síranové, hořčíkové, rozpuštěné a nerozpuštěné látky atd.)
- zvláštní ukazatele (pach, teplota vody, celkové železo, ionty amonné, kyanidové, vodíkové aj.)
- ukazatele makrobiálního znečištění (patogenní zárodky a coliformní bakterie)

Dále můžeme využít i pomocných ukazatelů jako například:

- škodlivé látky
- radioaktivní látky

- ukazatele všeobecně zdravotní
- zdravotně toxikologické ukazatele
- organoleptické ukazatele (Říha, 1987)

V přírodních vodách se nalézají kapalné, tuhé a plynné látky, přičemž kapalné a tuhé lze dále rozdělit na látky anorganické a organické. Infiltrace látek do vody může být již v atmosféře, nicméně většinou dojde k obohacení prostřednictvím půdy a hornin. Do anorganických látek můžeme zařadit:

- elektrolyty – kationty a anionty
- neelektrolyty

Organické látky mohou být přírodního i antropogenního původu. Přírodního původu mohou být zbytky těl živých organismů, produkty živých organismů, přírodní výluhy z půdy a rostlin. Do organických látek vyprodukovaných lidskou činností patří látky z odpadních vod, skládek a ze zemědělství.

Ke zjištění množství organických látek se využívá stanovení:

- chemické spotřeby kyslíku
- organického uhlíku
- biochemické spotřeby kyslíku (Hubačíková a Oppeltová, 2008)

Organoleptické vlastnosti vod

Jedná se o charakteristiky, které můžeme vnímat a hodnotit pomocí smyslů. Mezi tyto vlastnosti vod patří:

- Teplota

Teplota vody má vliv na obsah kyslíku ve vodě. Kyslík hraje v jakosti vod významnou roli. Například u nádrží a dalších vodních ploch nám ovlivňuje vznik a množství fytoplanktonuⁱⁱ. Voda může být ohřívána prostřednictvím slunečního záření a teplem z ovzduší. Výši teploty ovlivňuje především druh vody, roční období a hloubka vody. (rakoi, 2012)

- Barva

Barvu vody charakterizuje převládající vlnová délka neabsorbovaného záření v oblasti viditelného spektra. Zbarvit vodu mohou například huminové látky (žlutá až žlutohnědá barva). Hodnotit barvu lze několika způsoby. Nejjednodušší je vizuální hodnocení, další možnostmi jsou srovnávací metody a měření absorpčního spektra. (vo-da, 2015)

Rozlišovat můžeme také pravou barvu od barvy zdánlivé. Zdánlivá barva může být způsobena barvami nerozpuštěných látek. Dále může být zbarvení způsobeno odpady z textilního průmyslu a barviv. (Hubačíková a Oppeltová, 2008)

- Zákal

Zákal může být způsoben například hydratovanými oxidy železa, jílem, bakteriemi, planktonem apod.. (vo-da, 2015)

Stanovení zákalu probíhá turbidimetricky či nefelometricky a jednotkami jsou formazinové jednotky zákalu.

- Průhlednost

Pro průhlednost vody jsou určujícími faktory barva a zákal. Pro stanovení se určuje výška sloupce vody, při kterém přestane být bílá deska nebo písmo určitých rozměrů vidět. Jednotkami jsou metry a centimetry. (Hubačíková a Oppeltová, 2008)

- Pach

Ze zdravotního hlediska je pach neškodný, ovšem pochopitelně je člověku nepříjemný. Příčiny zápachu jsou primární a sekundární. Primární jsou látky obsažené ve vodě. Tyto látky mohou být přirozenou součástí vody, biologického původu či z odpadních vod. Sekundární zdroje vznikají při zpracování vody například při chloraci. (vo-da, 2015)

Rozlišujeme několik druhů pachu: například zemitý, fekální, hnilobný, plísňový, rašelinový... Pach můžeme také hodnotit a to odhadem prostřednictvím stupnice – žádný, velmi slabý, znatelný, zřetelný, silný a nakonec velmi silný.

- Chuť

Látky, které ovlivňují pach vody, ovlivňují také její chuť. (vo-da, 2015)

Jedná se především o vápník, hořčík, železo, mangan, zinek, sírany a jiné. Pokud pH vody přesáhne hodnotu 8, stane se voda chuťově mýdlovou. (Hubačiková a Oppeltová, 2008)

Vody, které mají zvýšený obsah minerálů, většinou chutnají lépe. (vo-da, 2015)

Pokud se budeme zabývat vodními nádržemi, tak se od toků liší jak hloubkou, tak i dobou průtoku. Voda v nádrži je stagnující, doba průtoku bývá od desítek dnů až po dobu delší než 1 rok. Jedná-li se o hlubší nádrž, dochází zde k vertikální stratifikaci některých složek vč. teploty. Toto vše má vliv na chemické složení. Můžeme tedy říci, že prostřednictvím řízení odtoku lze měnit chemické složení vody. Toto se týká organických i anorganických látek. Voda se po přitečení do nádrže mění v rámci svých fyzikálních, biologických i chemických vlastností. Vytvoření chemických vlastností se v ničem neliší u vod stojatých od vod tekoucích. (Pitter, 2009)

Při monitoringu stojatých vod je naprosto nezbytné je provádět dlouhodobě. Složení se totiž mění v závislosti na ročním období, klimatických, hydraulických a dalších podmínkách. Složení také závisí na místě odtoku a odběru.

Celková mineralizace vodních nádrží se blíží tekoucím povrchovým vodám. Převládajícím kationtem tu bývá vápník, dále následují sodík, hořčík a draslík. Dominantní aniont se odvíjí od stupně acidifikace. Pokud se jedná o neacidifikovanou vodu, bývají dominantními hydrogenuhličitany. U acidifikovaných vod to pak bývají zpravidla sírany. Výjimečně se můžeme setkat také s příklady dominujících dusičnanů. Amoniakální dusík a dusitany jsou obsaženy v nepatrném množství. Častým typem je molární typ $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ a v acidifikovaných vodách pak $\text{SO}_4\text{-Ca}$. (Grünwald, 1993)

Biochemická spotřeba kyslíku

Biochemická spotřeba kyslíku (BSK) nás může v povrchových a odpadních vodách informovat o obsahu organických látek.

„Tato hodnota je definována jako množství rozpuštěného kyslíku spotřebovaného aerobními organismy za určitých podmínek při biochemické oxidaci organických látek ve vodě.“ (Grünwald, 1993)

V případě, že se rozhodneme porovnat biochemickou spotřebu kyslíku s chemickou spotřebou kyslíku, dospějeme k závěru, že zatímco chemická spotřeba kyslíku postihuje látky biologicky rozložitelné i nerozložitelné, BSK je stanovena pouze mírou znečištění vod organickými látkami biochemicky rozložitelnými. (Grünwald, 1993)

Biochemická spotřeba kyslíku se vyjadřuje v $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Pro stanovení lze užít standardní zředovací metodu, kdy měříme změnu obsahu kyslíku ve vzorku vody na začátku a na konci inkubace – teplotní inkubace, která je celosvětově stanovena na 20 °C. Proces inkubace probíhá ve tmě, aby nedocházelo k fotosyntetickému shromažďování řas, které by výsledek ovlivňovaly. Jelikož byla zvolena standardní inkubační pětidenní doba, označujeme výsledek jako pětidenní biochemickou spotřebu kyslíku (BSK₅). Tato zředovací metoda byla celosvětově unifikována, ovšem kromě ní existuje ještě metody respirometrické. Výsledky ovšem nemůžeme porovnávat, protože se pracuje za odlišných podmínek. (Pitter, 2009)

Chemická spotřeba kyslíku

Chemickou spotřebu kyslíku charakterizuje množství kyslíku, které je za určitých podmínek spotřebováno na oxidaci organických látek ve vodě. Jako oxidační činidlo se často využívá dichroman draselný či manganistan draselný. Smysl stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSK) pomocí dichromanu draselného spočívá v oxidaci organických látek tímto oxidačním činidlem v kyselém prostředí 50% H₂SO₄ za teploty 150 °C po dobu 2 hodin, kdy necháme katalyticky působit síran stříbrný. Pokud stanovujeme CHSK u odpadních vod, využíváme především této metody. U pitných, užitkových a podzemních vod lze využít i metodu druhou (CHSK_{Mn}). (Pitter, 2009)

Dusík

Dusík ve vodě je většinou důsledkem atmosférických procesů, ale může být také produkován mikroorganismy během denitrifikace. (Grünwald, 1993)

Pokud budeme hovořit o sloučeninách dusíku a jejich stabilitě, lze říci, že jsou ve vodách málo stabilní. V závislosti na oxidačně–redukčním potenciálu a pH pak dochází především k biochemickým změnám.

Amoniakální dusík se nalézá ve vodách ve formě kationtu NH_4^+ a také jako neiontová forma NH_3 . Pokud stanovujeme amoniakální dusík, stanovují se obě formy společně, takže získáme hodnotu celkového amoniakálního dusíku N ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$). Ve vodách bývá za provzdušňovacích (oxických) podmínek nestálý a snadno podléhá nitrifikaci.

Dusičnany můžeme nalézt téměř ve všech vodách a řadí se mezi čtyři hlavní anionty. Pokud jsou podmínky oxické, jsou stabilní, pokud ovšem ne, tak podléhají biologické denitrifikaci a při tomto procesu se uvolňuje oxid dusný. (Pitter, 2009)

Fosfor

Fosfor se nejčastěji do vod dostane prostřednictvím zvětrávání a rozpouštění minerálů, dále z hnojiv, nedokonalým čištěním odpadních vod atd. Vyskytuje se jak v rozpuštěné, tak nerozpuštěné formě a může být organického i anorganického původu. Jako formu nerozpuštěného fosforu najdeme například jednoduché ortofosforečnany jako je PO_4^{3-} , H_2PO_4^- či HPO_4^{2-} , komplexní ortofosforečnany (např. FeHPO_4^+) a dále polyfosforečnany.

Fosforečnany se v podzemních vodách příliš nevyskytují, v povrchových vodách je jejich koncentrace mnohem vyšší. Tento jev je způsoben především znečišťováním povrchových vod vodami odpadními, zemědělskými splachy aj. V koloběhu přírody má ovšem fosfor nezastupitelnou roli. Vyšší organismy přeměňují anorganické formy na organické. Z odumřelých organismů se pak fosfor dostává zpět do půdy a vod. Podílí se také na eutrofizaci. (Grünwald, 1993)

Saprobni index makrozoobentosu

Mezi makrozoobentos řadíme živočichy, kteří jsou vázáni na dno stojatých a tekoucích vod. Nazývají se též bentické organismy. Tyto organismy nám mohou pomoci při sledování určitých území, která jsou zatížena závadnými látkami. Saprobni index S, který lze vypočíst na základě biologické analýzy, charakterizuje stupeň znečištění vody. Podle něj pak lze rozlišit několik skupin povrchových vod.: oligosaprobita ($S = 0,1 - 0,5$), beta-mesosaprobita ($S = 1,5 - 2,5$), α -mesosaprobita ($S = 2,5 - 3,5$) a polysaprobita ($S = 3,5 - 4,5$). (Pitter, 2009)

Tabulka 1: Limity vybraných ukazatelů (ČSN 757221)

Ukazatel	Měrná jednotka	Třída			
		I	II	III	IV
Obecné, chemické a fyzikální ukazatele					
Biochemická spotřeba kyslíku pětidenní	mg/l	< 2	< 4	< 8	< 15
Chemická spotřeba kyslíku dichromanem	mg/l	< 15	< 25	< 45	< 60
Amoniakální dusík	mg/l	< 0,3	< 0,7	< 2	< 4
Dusičnanový dusík	mg/l	< 3	< 6	< 10	< 13
Celkový fosfor	mg/l	< 0,05	< 0,15	< 0,4	< 1
Specifické organické látky					
chlorbenzen	µg/l	< 0,2	< 1	< 3	< 10
Kovy a metaloidy					
olovo	µg/l	< 3	< 8	< 15	< 30
rtuť	µg/l	< 0,05	< 0,1	< 0,5	< 1
Mikrobiologické a biologické ukazatele					
Saprobni index makrozoobentosu	Číslo	< 1,5	< 2,2	< 3,0	< 3,5
Radiologické ukazatele					
uran	µg/l	< 10	< 50	< 100	< 200

3.1.2 Hodnocení jakosti vod a třídy jakosti

U tekoucích povrchových vod bylo stanoveno 5 tříd jakosti. Do těchto kategorií se vody řadí podle jednotlivých vybraných ukazatelů. Každý ukazatel je vypočten a srovnán se stanovenou mezní hodnotou. Hodnotit jakost vody můžeme jen z uceleného období, které trvalo minimálně jeden rok a hodnotí se každý jednotlivý ukazatel zvlášť. Mezi vybrané ukazatele jakosti vody patří biochemická spotřeba kyslíku, dusičnanový dusík, amoniakální dusík, celkový fosfor, saprobní index makrozoobentosu a chemická spotřeba kyslíku dichromanem. Poté se podle nejnepříznivějšího zařazení u jednotlivých skupin určí výsledná třída jakosti. Výsledky všech měření a porovnání s mezními hodnotami se nejčastěji vyjadřuje tabelárně. Toto hodnocení musí vždy obsahovat identifikační údaje o profilu, v jakém období se měření uskutečnila, aritmetický průměr jednotlivých denních průtoků ve dnech odebrání příslušných vzorků, základní klasifikace jakosti vody a dále pro každý ukazatel počet stanovení celkem, aritmetický průměr hodnot, medián, počet hodnot, které leží pod limitem stanovitelnosti, charakteristická hodnota a nakonec třída jakosti vody.

Jakost vody je poté barevně vyznačena na mapě v profilech podle výsledné třídy.

- I. světle modrá
 - II. tmavě modrá
 - III. zelená
 - IV. žlutá
 - V. červená
-
- I. neznečištěná voda – voda téměř neovlivněna lidskou činností, naměřené hodnoty nepřesahují hodnoty běžného pozadí toků
 - II. mírně znečištěná voda – zde už je vliv lidské činnosti, naměřené hodnoty umožňují existenci rozmanitého a udržitelného ekosystému
 - III. znečištěná voda – zřejmý vliv lidské činnosti, naměřené hodnoty vypovídají o tom, že existence rozmanitého a udržitelného ekosystému už nemusí být možná

IV. silně znečištěná voda – povrchová voda je ovlivněna lidskou činností, naměřené hodnoty vypovídají o možné existenci pouze nevyváženého ekosystému

V. velmi silně znečištěná voda – ovlivněna lidskou činností, naměřené hodnoty zde umožňují pouze silně nevyvážený a neudržitelný ekosystém. (ČSN 757221)

3.2.Znečištění povrchových vod

Jako znečištění lze chápat každou změnu chemických, fyzikálních nebo biologických vlastností ve srovnání s předchozím přirozeným stavem. Znečištění může být organické, fyzikální či chemické. (Hubačíková a Oppeltová, 2008)

3.2.1 Zdroje znečištění

Zdroje znečištění povrchových vod můžeme rozdělit na přírodní a antropogenní činitele. Přírodní zdroje mohou být projevem půdních, klimatických, geologických a dalších změn. Naproti tomu antropogenní zdroje jsou vyvolány lidskou činností a jejími dopady na prostředí. Může to být například vlivem zemědělství, průmyslu, či osídlení. Nejčastěji ovšem souvisí s vypouštěním nejrůznějších odpadních vod do nádrží, toků a půd. (Tlapák, 1992)

Přírodní zdroje

Jako činitelé znečištění se objevují hlavně eroze půdy, zemní sesuvy, laviny aj.. (Tlapák, 1992)

Eroze půdy je proces, při kterém je půda vlivem větru či vody rozrušována, a půdní částice jsou poté unášeny dál. Tyto půdní částice pak mnohokrát zanáší i mimo jiné povrchové vody. Toto zanášení způsobuje problémy hlavně v případě vodních nádrží. Důsledkem je totiž zmenšování jejich objemu. Tento jev můžeme pozorovat především u malých vodních nádrží, které se nachází v horních částech povodí.

V důsledku eroze jsou roznášeny také různé chemické prostředky jako například průmyslová hnojiva, pesticidy a další chemické látky především z výroby.

Antropogenní zdroje

Vlivem osídlení vzniká velké množství odpadních vod. Můžeme je nazvat také jako sídlištní odpadní vody. Jedná se o směs splachů a odtoků z domácností, menších provozoven a také srážkového odtoku z ulic, střech apod.

Jedním z největších zdrojů znečištění povrchových vod je průmysl. Dochází při něm totiž k tvorbě velkého množství průmyslových odpadních vod, které vznikají ve všech jeho odvětvích, ať už se jedná o odpadní vody z chemického, hutního, papírenského, potravinářského průmyslu aj.

Další možné rozdělení zdrojů znečištění je dle prostorového charakteru. Jedná se poté o:

- zdroje bodového charakteru – především komunální znečištění z ČOV, dále průmyslové a také zemědělské znečištění
- zdroje liniového charakteru – například průsak podél silnic, produktovodu apod.
- plošné zdroje znečištění – především průsaky ze zemědělských ploch
- difúzní zdroje znečištění – rozptýlené, šíří se například ze skládek odpadů (Hubáčiková a Opeltoová, 2008)

3.2.2 Samočišticí schopnost vody

Pokud vodě zajistíme dostatečně dobré podmínky, je schopna se čistit sama. Taková situace může být například u nezregulovaného koryta vodního toku. Pokud je tok určitým způsobem regulován, tato samočišticí schopnost je značně omezena. (cestyvenkova, 2015)

Samočištění lze chápat jako komplex všech fyzikálních, chemických a biologických procesů, které probíhají přirozenou formou a které vracejí znečištěnou vodu téměř do normálního, původního stavu.

Významnou roli v tomto procesu hrají mikroorganismy. V tekoucích vodách je tato funkce mnohem větší než ve vodách stojatých. Rozeznáváme několik druhů procesů samočištění. Jedná se o fyzikální, chemické a biologické procesy. Mezi fyzikální patří především disturbance proudem, sunutí po dně, sorpce látek na povrch dna, difuze,

sluneční záření, disperze částic aj... Mezi chemické pochody samočištění patří hydrolyza, oxidoredukční reakce, hydratace a iontová výměna. Poslední kategorie, biologické procesy, jsou nejdůležitější. Jedná se o transformaci organických látek. (vsb, 2015)

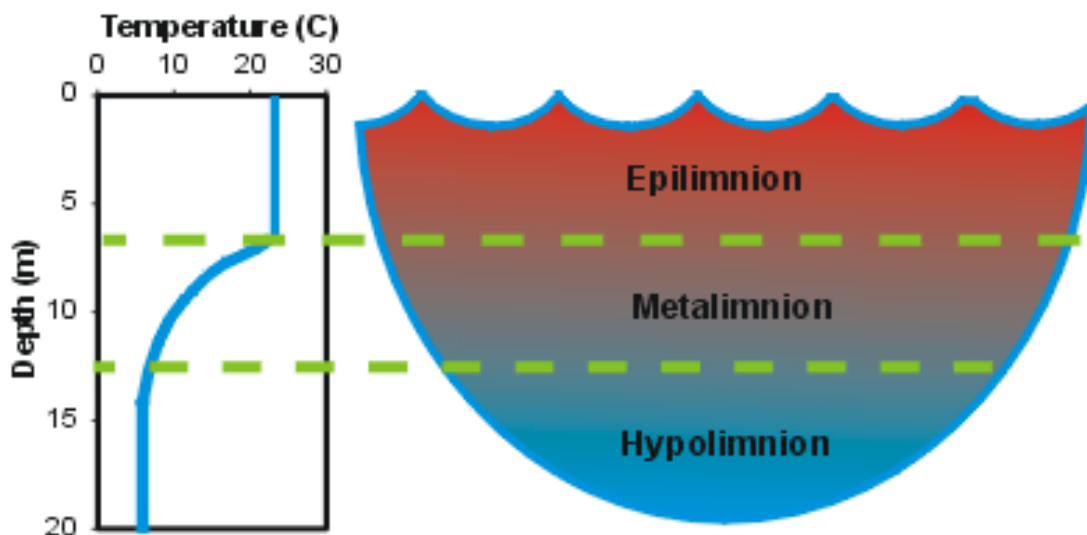
3.2.3 Eutrofizace

„Eutrofizací je označován proces zvyšování obsahu minerálních živin, zejména sloučenin fosforu a dusíku v povrchových vodách. Původ těchto sloučenin může být buď přirozený (půdní výluhy, rozklad odumřelých organismů atd.) nebo antropogenní (odpadní vody, splachy hnojiv ze zemědělsky obdělávané půdy a další).“ (Grünwald, 1993)

Významnou roli můžeme přisoudit teplotní stratifikaci v jezerech a vodních nádržích. Způsobuje ji sluneční záření dopadající na hladinu vody, které způsobuje její ohřátí. Tato teplá voda má poté nižší hustotu než voda studená, a proto se v letních obdobích vytváří v horní vrstvě epilimnion a naopak ve větší hloubce, kde je voda studenější, vzniká hypolimnion, kde se teplota s hloubkou mění velmi málo (viz obr.č.1). (Grünwald, 1993)

Epilimnion je tedy oproti tomu teplejší vrstva s nízkou hustotou, oblast s intenzivnější cirkulací a přibližně konstantní teplotou. Oblast mezi nimi nazýváme termoklima, neboli metalimnion. Metalimnionu se říká také skočná vrstva. V této vrstvě vody se s hloubkou významně mění teplota, která klesá. Metalimnion může být hluboký až několik metrů (v případě hlubokých nádrží).

V období podzimní cirkulace se vrchní vrstva ochlazuje a dojde k poklesu metalimnionu na dno. Teplota se tedy v celé hloubce vyrovná, dojde k homotermii. Následuje období zimní stagnace, kdy se voda pod teplotu 4 °C hromadí u hladiny, jelikož má nižší hustotu. V cyklu následuje na jaře opět cirkulace, kdy dojde k promíchání vrstev. Následně oteplením postupně nastává opět období letní stagnace a celý cyklus se opakuje. (Hubačiková a Oppeltová, 2008)



Obrázek 1: Teplotní stratifikace (upstatefreshwater, 2015)

Růst fytoplanktonu se mění v závislosti na teplotě. V zimním období je značně omezen, ovšem na jaře může prudce růst. Dochází k růstu populace, což vede ke zvýšenému spotřebování rozpuštěných živin v epilimniu. V důsledku této činnosti ovšem klesá růst a reprodukce rostlin, které se na hladině vyskytují. Tyto rostliny odumírají a klesají do oblasti hypolimnia a na dno, kde se rozkládají. Produktem rozkladu jsou pak anorganické živiny, které se drží ve vrstvě hypolimnia. Se zimním obdobím se epilimnion ochlazuje, čímž vzrůstá hustota vody. Naopak teplejší voda z hypolimnia stoupá a tím dochází k promíchání. Tímto procesem se živiny z hypolimnia dostanou k povrchu a vytvoří podmínky pro rozvoj sinic v dalším období. Celý tento proces má samozřejmě vliv i na změny ve fyzikálně-chemickém složení. Jezera a nádrže mají krátce po svém vzniku velmi nízké koncentrace rozpuštěných anorganických živin a nepatrné množství organických látek. Časem se koncentrace zvyšují vlivem splachů z půdy a infiltrací podzemních vod. Zvyšováním živin ve vodě se vytváří podmínky pro rozvoj řas, sinic a vyšších rostlin. Eutrofizací vzniká vegetační zbarvení vody a také tzv. vodní květ. Jedná se o zelenou, modrozelenou vrstvu nahromaděných řas a sinic u hladiny. To vede ke zhoršení organoleptických vlastností vody a může docházet i k tvorbě toxických látek. Tyto látky mohou škodit živým organismům včetně člověka. Proto se nedoporučuje koupání ve vodách, které jsou takto postiženy. Může to vést k zánětům spojivek, tvorbě vyrážky apod. Pokud by došlo k požití těchto vod, mohou se objevit bolesti hlavy, nevolnost a žaludeční potíže. (Grünwald, 1993)

Eutrofizaci můžeme částečně korigovat pomocí snížení obsahu dusíku a fosforu ve vodách. Prostředků, které můžeme použít, je celá řada. Jmenujme například omezení produkce pracích prostředků s obsahem fosfátů, čištění odpadních vod, rozumné využívání půdy a šetrné zemědělství. Již vzniklý fytoplankton můžeme odstranit pomocí tzv. algicidních chemických prostředků. Tyto prostředky obsahují specifické látky jako například síran měďnatý. (Grünwald, 1993)

3.3. Vodoprávní podklady

3.3.1 Zákon o vodách 254/2001 Sb., v platném znění

Vodní zákon 254/2001 Sb., v platném znění, patří do oblasti veřejného správního práva. Upravuje podmínky pro hospodaření s vodou, slouží k ochraně vodních ekosystémů, stanovuje podmínky při tvorbě vodních děl apod. Zabývá se také subjekty, které s vodou souvisí. Tvoří ho 11 částí o 13 hlavách. První část zákona informuje o nakládání s vodami, stavu vod povrchových a podzemních, plánování, ochraně vod, poplatky atd. V dalších částech jsou definovány změny zákonů a závěrečná ustanovení.

Dle zákona slouží zjišťování a hodnocení stavu povrchových a podzemních vod k zajištění podkladů pro výkon veřejné správy, plánování v oblasti vod a k poskytování informací veřejnosti. Proces zjišťování a hodnocení se provádí podle povodí povrchových vod a hydrogeologických rajonů podzemních vod.

Zjišťuje se několik údajů: množství a jakost povrchových vod, vliv lidské činnosti, ekologický potenciál silně ovlivněných a umělých útvarů, vodní bilance a vedení evidence. Evidence v sobě zahrnuje vodní toky a objekty na nich, povodí, hydrogeologické rajony, vodní nádrže, množství a jakost vod, odběry vod, vypouštění vod a jejich akumulace v nádržích, chráněné oblasti přirozené akumulace vod, ochranná pásma vodních zdrojů, zdroje pitné vody, citlivé oblasti, zranitelné oblasti, koupací vody, vody pro reprodukci původních živočichů, vodní díla k melioracím a záplavová území.

Dále zákon upravuje užívání povrchových vod k plavbě, což se týká i Brněnské přehrady. (Zákon č.254/2001 Sb., v platném znění)

3.3.2 NV č. 61/2003 Sb., v platném znění

Celý název tohoto předepisuje: Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Jak již název napovídá, zabývá se mimo jiné hodnotami přípustného znečištění povrchových vod. Jsou zde uvedeny požadavky pro užívání vody a také normy environmentální kvality. (NV č. 61/2003 Sb., v platném znění)

3.3.3 NV - č. 262/2012 Sb., v platném znění

Nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu je nařízením, které zapracovává nařízení Evropské unie a stanovuje zranitelné oblasti a akční program, který by měl být v těchto oblastech použit. Jedná se především o ochranu vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských ploch. (NV č. 262/2012 Sb., v platném znění)

4 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

4.1 Základní údaje

Některé důležité parametry Brněnské přehrady:

- Obec: Brno – Kníničky
- Tok: Svratka
- Největší výška hráze nad terénem: 23,5 m
- Délka hráze v koruně: 120 m
- Šířka hráze v koruně: 7,14 m
- Šířka hráze v patě: 27,5 m
- Objem nádrže: 21 mil. m³
- Objem zásobního prostoru: 10,8 mil. m³
- Zatopená plocha: 259 ha
- Plocha povodí: 1586,23 km²

Brněnskou přehradu nalezneme na severozápadním okraji Brna. Mapa širších územních vztahů je znázorněna na obrázku č. 6. Tato přehrada a její okolí slouží jako nejnavštěvovanější rekreační plocha v okolí. Původní název přehrady zněl Kníničská, dle obce, která byla při její výstavbě zatopena. Nachází se na 56. kilometru řeky Svratky (dříve řečeno Švarcavy) pramenící na jihozápadní straně Žákovy hory (a to ve výšce 780 m n. m.), která je zároveň největším levým přítokem řeky Dyje. Povodí řeky Svratky se rozkládá od severu Českomoravské vrchoviny, dále přes Boskovickou brázdu, Brněnský vyvřelý masiv a Moravský kras dále do Dyjskosvrateckého úvalu. Celková délka činí asi 115 km a šíře 60 km. Svratka se na konci svého povodí vlévá do Dyje v oblasti střední části Novomlýnských nádrží. (Povodí Moravy, s.p., 2015)

I. Fáze projektu Čistá Svratka byla orientována na řešení problémů na brněnské nádrži Brno. Vodní dílo Brno bylo vystavěno na řece Svratce a v roce 1940 bylo

zprovozněno. Nádrž má hned několik vodohospodářských funkcí. Slouží především k akumulaci vody pro trvalé zajištění minimálního průtoku, snížení povodňových průtoků a zajištění odběru vody pro účely závlah v Brně a pod ním. Dále také slouží k vodárenskému odběru pro úpravnu vody v Brně, díky špičkové vodní elektrárně umožňuje výrobu elektrické energie a neopomenutelnou funkcí nádrže je také rekreace a využití pro nejrůznější vodní sporty a plavbu. Celkový objem brněnské nádrže činí 17,702 mil. m³, přičemž zatopená plocha je 231 ha. (Zahrádka, 2010)

Každé Opatření, které je provedeno v rámci revitalizace by mělo být vhodně zvoleno nejen z hlediska hydrauliky, ekonomiky, ochrany životního prostředí, ale také z hlediska estetického. Estetická stránka je velmi specifickou oblastí, nicméně zachovává a tvoří podmínky pro vývoj přírodních prvků. (Koutný, 2003)

4.2 Brněnská přehrada – historie

V minulosti byla výstavba přehrady zvažována hned na několika místech nad soutokem s řekou Svitavou. Bylo to způsobeno zúžením říčního údolí pouze na několika málo desítkách metrů. V plánech z poloviny 20. století se tak nachází v této oblasti přibližně 9 přehrad. (Šlezinger, 1998)

Již za Rakouska-Uherska vznikaly první plány na výstavbu přehrady. V roce 1911 vznikl projekt inženýrů J.Mazela, K.Lossmana, S.Kratochvíla a A.Homoly. Nádrž dle tohoto projektu měla především zabránit každoročním opakujícím se povodním na řece, být zásobárnou vody pro Brno, levným energetickým zdrojem, řídicím aspektem při regulaci velikosti průtoku řeky pod přehradou, za účelem většího rozředění splašků z městské kanalizace a také měla plnit rekreační funkci. Došlo ovšem k přepracování projektu a jeho realizace byla odsunuta až do let 1936 – 1940, kdy vrcholila hospodářská krize.

K nalezení konkrétního místa pro výstavbu bylo přihlíženo k několika hlediskům: finanční náročnost celé stavby, hustota obyvatelstva a ekonomická ztráta v místě zátopy a rozloha zatopené plochy. Nynější lokalita byla nakonec vybrána kvůli vizi nejmenší kontroverze. I přesto zde ale byl poměrně velký problém týkající se zatopení obce Kníničky a přesídlení jejích obyvatel a také některé zásahy ve Veverské Bítýšce. Jelikož v Kníničkách nebyla nijak zemědělsky významná a cenná půda, ani těžba nerostných surovin, přistoupilo se k výstavbě. (brnenskaprehrada, 2015)

Obec staré Kníničky se v minulosti potýkala s problémy, které jim řeka Svratka způsobovala. Docházelo k větším, či menším záplavám, které měly mnohdy významný dopad. Stavba Brněnské nádrže byla však mnoho let jen ve fázi přípravy. Když začal být projekt opět aktuální, několik let docházelo jen k přípravným pracím a místní už ani nedoufali, že k nějaké výstavbě dojde. To se však změnilo a 18. 3. 1929 byl vydán vodoprávní výměr. Samozřejmě to se sebou neslo i nevoli některých občanů, ať už z obce Kníničky, či z okolních obcí, kterých se výstavba také dotkla (např. Veverská Bítýška). Obyvatelům byla samozřejmě nabídnuta náhrada, ovšem to se netýkalo neevidovaných staveb. (Šlezinger, 1998)

Přípravné práce byly zahájeny v roce 1935, kdy došlo k počátku přesídlování 530 obyvatel Kníniček. Vlastní stavba započala o rok později. (Povodí Moravy, s.p., 2015) Obyvatelé byli definitivně odstěhováni v roce 1937 a 1 km od starých Kníniček vznikla nová obec Kníničky.

Při stavbě hráze byla využita velká pracovní síla z řad dělníků. Využilo se jen jednoho kompresoru, malého parního jeřábu a dvou větších míchaček na beton, který se rozvážel v ručních dvoukolových vozících a také se ručně pěchoval. Bohužel výstavbu již od počátku přerušovaly vznikající povodně, z nichž nejničivější byla v roce 1938. Následky byly hrozné, nicméně stavební práce i přes tuto skutečnost dále pokračovaly. V roce 1939, těsně před dokončením hráze, přišla druhá nejničivější povodeň, která zatopila celé údolí i se starou obcí. (brnenskaprehrada, 2015)

Výstavba trvala až do roku 1940, kdy již probíhaly pouze dokončovací práce. (Šlezinger, 1998)

Akce byla provedena jen s minimálním použitím mechanizace, aby dala pracovní příležitost v době již zmíněné krize. Výstavbou nebyly narušeny žádné důležité lesní komplexy ani historické památky, takže jejich kouzlo můžeme obdivovat i dnes. Jedná se zejména o hrad Veveří, kapli Matky Boží v blízkosti hradu, která je postavena v pozdně románském slohu, či historické centrum ve Veverské Bítýšce.

Před započítáním prací se počítalo s celkovým rozpočtem 44 milionů korun, konečné náklady dosáhly částky 59 milionů protektorátních korun. Investorem bylo bývalé Ministerstvo veřejných prací a došlo také k příspěví země Moravsko-slezské a města Brna. Přehradní zeď postavila firma Müller a Kapsa z Prahy. (Šlezinger, 1998)

Došlo také ke spolupráci výše jmenované firmy s Českomoravskými strojírnami a Vítkovickými železárnami. (Povodí Moravy, s.p., 2015)

Na konečné verzi se podíleli inženýři Kratochvíl, A. Homola, K. Lossman, J. Mazel a také Ing. arch. J. Grunt z hlediska architektiky. (Šlezinger, 1998)

Během okupace (1940–1945) zde měl být v rámci dopravního spojení Vídeň–Vratislav postaven v těsném okolí hráze dálniční most. K realizaci tohoto plánu ovšem hned z několika důvodů nakonec nikdy nedošlo. Z celého projektu zůstal pouze vysoký pilíř pod hrázi.

Přehrada přečkala 2. světovou válku bez narušení, ovšem na samém konci byla málem zničena přehradní hráz. 26. dubna 1945 byla totiž podminována ustupujícím německým vojskem, které nad přepady umístilo několik min a čekalo, až zde budou projíždět sovětské tanky. Situaci zachránil hrázný Jan Šikula se svými spolupracovníky, když zabránil nacistům nálože odpálit, což by znamenalo katastrofu obrovského rozsahu. Na jeho počest je zde také postaven pomník připomínající jeho statečnost. Jelikož se sovětský postup zpomalil, nacisté podminovali betonový most pod hradem Veveří, který byl nakonec také zničen. Jeho zbytky se dochovaly až do roku 2002, v roce 2003 zde byla postavena lávka pro cyklisty a turisty.

Přehrada začala plnit regulační funkci, kdy dochází ke snižování povodňových průtoků, a funkci akumulární pro trvalé zajištění průtoku pod nádrží. Původně se uvažovalo i o vodárenském využití přehrady, ovšem voda pro tento účel byla nakonec odebírána přímo ze Svratky. Dříve se nádrž využívala i pro závlahové účely, ale postupem času došlo k nárůstu jejího významu z hlediska plavby, rybářství, rekreace a výrobu energie. Brněnská přehrada vyniká zvláště jednou věcí a tou je veřejná lodní doprava, která je zajišťována osobními loděmi na elektrický pohon, a která zde má tradici již od roku 1946.

Roku 1959 byla Kníničská přehrada přejmenována na Brněnskou přehradu. (brnenskaprehrada, 2015)

4.3 Krajinná struktura

4.3.1 Biogeografické poměry

Celý Jihomoravský kraj je nejheterogennější částí České republiky. Území přehrady leží v provincii středoevropských listnatých lesů. Biogeografickou podprovincií je pak Hercynská. Jedná se o Brněnský bioregion, který je tvořen okrajovou vrchovinou již zmíněného Hercynika. Tento bioregion se nachází mezi Blanskem, Brnem, Svitávkou, Tišnovem a Ivančicemi. Nalezneme zde hercynské, karpatské i panonské druhy. (Křijhomoravsky, 2003)

4.3.2 Reliéf a geologické poměry

Z geomorfologického hlediska leží Vodní dílo Brno v podsestavě Brněnská vrchovina, konkrétně v Bobravské vrchovině v oblasti zvané jako Lipovská vrchovina. Lipovská vrchovina se rozkládá na 259 km² v západní části Brna a jeho blízkém okolí. Jedná se o morfostrukturní krajinný typ, který není příliš rozšířený. Neotektonika – úzké časové vymezení tektonických pohybů trvajících od paleogénu až do dnešního kvartéru - , tu má na svědomí jak základní utváření povrchu, ale díky drobným hráštím a prolomům také i územní detail. Nalezneme zde nejvyšší počet vymezených geomorfologických okrsků, takže zde dochází k rychlému střídání sníženin a vyvýšenin. Brněnská nádrž se nachází v malé Bystrcké kotlině v severní části vrchoviny. (Bína a Demek, 2012)

Území povodí řeky Svatky je složeno z několika tektonických jednotek - moldanubikum, moravikum, svrchnokřídová tabule, boskovická brázda, masiv brněnské vyvěřeliny, devon, karbon, perm, jura, svrchní křída, neogen, diluvium a aluvium. Plošně můžeme říci, že je oblast tvořena asi ze 3/4 horninami krystalinika a vyvěřelinami, a z 1/4 ho tvoří horniny usazené.

Boskovická brázda je tzv. tektonická propadlina a nalezneme zde hlavně permské sedimenty, dále pak sedimenty svrchnokřídové, miocénní a čtvrtohorní. Objevují se zde především červené jílovité břidlice a křemité pískovce, ale můžeme nalézt hrubé slepence. V oblasti brněnského vyvěřelého masivu se nachází především granitit, diorit a diabas. Dno řeky Svatky tvoří hlavně neogenní sedimenty. Dříve se v oblasti Brněnské přehrady nacházela také četná naleziště rud. I dnes je zde můžeme v menší míře nalézt

stejně jako naleziště kaolinu a užitkových hornin. Tohoto hlediska můžeme jako významné oblasti označit např. Veverskou Bítýšku či okolí Tišnova. (Šlezinger, 1998)

4.3.3 Klimatické poměry

Podle Quitta se převážná část Brněnského bioregionu nachází v nejteplejší mírně teplé oblasti označované jako MT11.

Podnebí bývá relativně teplé a také mírně suché jelikož leží v mírném srážkovém stínu Českomoravské vrchoviny. Četné jsou zde teplotní inverze a také extrémně suché oblasti v jižní části. To je způsobeno značně členitým terénem. (Culek, 1995)

4.3.4 Pedologické poměry

Nalézají se zde především hnědozemě, místy hnědozemní černozemě na sprašovém základu ve sníženinách. Ve vyšších polohách se vyskytují kambizemě s luvizeměmi. Nepříliš často lze narazit také na kyselé typické kambizemě. (Culek, 1995)

4.3.5 Hydrologické poměry

Jako významnou oblast z hlediska hydrologických poměrů na Svatce můžeme označit úsek Brno–Veverská Bítýška. Povodí Svatky, které je tvořeno především krystalickými horninami, je poměrně chudé na podzemní vody (oproti například povodí Svitavy). Tyto hydrologicky chudé horniny jsou rozšířeny hlavně na západní straně povodí a tvoří je především ruly, svory, fylity, hadce aj. Jedná se o pevné horniny, které mají poměrně malou pórovitost, která způsobuje, že je jejich nasákavost velmi malá. V důsledku četných hlubokých trhlin a puklin, do kterých vtéká okolní voda, je způsobeno velké ochuzení podzemních vod. V bezprostředním okolí přehrady hovoříme o vydatnějších puklinových vodách.

Na jihozápadní části Žákovy hory pramení řeka Svatce a to ve výšce 780 m. n. m. Obtéká Žákovu hory a protéká obcí Svatkou, podle které se jí dostalo i pojmenování. Dále její tok míří jihovýchodním směrem. (Šlezinger, 1998)

4.3.6 Biotické faktory

Nalezneme zde typickou Hercynskou biotu. V této podprovincii je vyvinuta vegetační stupňovitost od 1., dubového, vegetačního stupně až do stupně 8., subalpinského. (muni, 2010)

Konkrétně v oblasti přehrady lesy ani zdaleka neodpovídají původní druhové skladbě. Byly zde vysazeny jehličnany, nicméně naštěstí to nevedlo až k jehličnaté monokultuře. Nalezneme zde především duby zimní (*Quercus petraea*), habry obecné (*Carpinus betulus*) a buky lesní (*Fagus sylvatica*). Také lípy, javory a břízy.

Za bývalým Sokolským koupalištěm se nalézá pozůstatek bývalé vodní plochy, kde nalezneme jedinečné druhy rostlin. Většina z nich je ponořená. Jmenujme například masožravou bublinatku obecnou, uměle vysazený leknín bílý či sitiny a orobince, které jsou charakteristické pro procesy zarůstání.

I v jiných částech přehrady se setkáme se zajímavými představiteli flóry. Jedná se především o česnek šerý horský, hlístník hnízdák, sleziník nepravý, kruštík širokolistý, modřelec chocholatý, náprstník velkokvětý, okrotici bílou, pavinec horský, pupalku dvouletou či například rozchodník velký. (NESEHNUTÍ, 2015)

I fauna je v okolí přehrady velice zajímavá. Nejčastěji jsou zde k vidění ptáci jako slípka zelenonohá, labuť velká, břehule říční a zřídka i ledňáček říční. Potravně nádrž využívají především kachna divoká, racek chechtavý, volavky popelavé, vlaštovky a jiříčky.

Mimo početné druhy ptáků lze zde zahlédnout také mloka skvrnitého, čolka velkého, žáby (ropucha obecná a zelená, skokan hnědý, zelený a rosnička zelená), užovku obojkovou a podplamatou či ojediněle zmiji obecnou.

Ryby v nádrži jsou zde také významným prvkem. Rybářským hospodařením zde bylo dosaženo vysoké četnosti kapra a byl zde zaveden cejn siný. Dále jsou zde k vidění cejn velký, cejnek malý, plotice obecná, lín, hrouzek obecný. Další k vidění jsou dravé ryby, jejichž populace zde byla v rámci revitalizace posílena (viz kapitola 6.3), jako štika, okoun a bolen. (Povodí Moravy, s.p., 2012)

Nalézají se tu také specifické druhy brouků. Můžete se setkat s kozlíčkem písečným, střevlíkem vrásčitým, majkou obecnou, roháčkem kozlíkem a také se zlatohlávkem zlatým. V těsné blízkosti vody pak s vodomilem černým. (NESEHNUTÍ, 2015)

Nádrž byla dlouhá léta oblíbeným rekreačním místem pro místní obyvatele. To se ovšem stalo zároveň i důvodem, proč se začala horšit kvalita vody. Stovky nově postavených rekreačních chat mělo nekvalitně provedené žumpy, některé měly pouze

septik. Odpadová voda se tak přelévala do půdy. Nicméně největším znečišťovatelem se staly obce nad přehradou, které vypouštěly svůj kanalizační odpad přímo do řeky. Došlo k masivnímu výskytu sinic, který z velké míry ovlivnil její rekreační funkci. Sinice jsou jednobuněčné či vláknité bakterie, jejichž životní potřeby zajišťuje světlo, teplo a přísun živin. Právě z důvodu zvýšeného množství živin došlo k tvorbě tzv. vodního květu na hladině nádrže. Z tohoto květu jsou poté do vody uvolňovány ve velké míře toxiny. (brnenskaprehrada, 2015)

4.3.7 Ochrana krajiny, památná a zajímavá místa

Okolní příroda je z velké části formována Podkomorskými lesy, které se označují za přírodní park. Patří do systému ÚSES a to do neregionálního biocentra K 129 a K 139. (Veronica, 2015)

Park má plochu asi 40 km² a nalezneme v něm několik přírodních rezervací a přírodních památek. Mezi přírodní rezervace řadíme Břenčák, Jelení Žlábek a Krnovec a do přírodních památek v parku Junáckou louku, Kůlny a Na Skalách. Junácká louka leží na opačném břehu, než je hrad Veveří, na který poskytuje výhled. Je zde možnost i tábořit. Přírodní památka Kůlny je chráněna z důvodu existence specifického lesního společenstva, můžeme zde narazit i na vzácné druhy plazů. Důvodem ochrany přírodní památky Na Skalách jsou lesní společenstva zakrslých doubrav, jejich bylinný podrost a teplomilná travino-bylinná společenstva. Přírodní rezervace Břenčák je chráněna ze stejného důvodu. Předmětem ochrany Jeleního žlábků jsou pak přírodě blízké lesní porosty s velkými buky a duby se zástupem charakteristických druhů rostlin a živočichů. Tato přírodní rezervace se nachází na území evropsky významné lokality Nad Brněnskou přehradou navržené k ochraně v rámci programu Natura 2000 a rozkládá se na pravém břehu přehrady. Třetí přírodní rezervace, Krnovec, leží nad pravým břehem přehrady ve Hvozdecké pahorkatině. Předmětem ochrany jsou opět přírodě blízká až přirozená lesní společenstva dubohabřin a druhově bohatý bylinný podrost. Krnovec je bohužel částečně znehodnocen ukládáním odpadu z blízké zahrádkářské kolonie.

V Podkomorských lesech narazíme na Podkomorskou myslivnu, což je hlavní dějiště Mrštíkovy Pohádky máje. Asi 200m od myslivny se nachází památné místo Černá borovice, což bylo místem dětských her Viléma Mrštíka a Heleny Nováčkové. V roce 2003 byla původní borovice nahrazena novou. Stejně tak zde můžeme najít

Helenčinu studánku či Helenčino údolí. Dále se nedaleko nachází Přírodní park Baba a Junácká louka. (prygl, 2015)

V okolí přehrady se nachází také hned několik památných stromů, které jsou jedinečné vzrůstem a stářím či jsou spojené s významnou historickou událostí. Jedním z nejstarších je dub letní (*Quercus robur*) ležící v příkopu hradu Veveří. Byl vysazen již v polovině 18. století. Nedaleko tohoto stromu je vysazen jilm habrolistý, který je zde již 300 let, nicméně dnes je zde jen suché torzo tohoto majestátného stromu, jež podlehl nemoci jilmů. Dále najdeme památné stromy na místě Junácké louky, Jelením žlíbku, u zoologické zahrady a na náměstí u restaurace U Šťávů.

Brněnská přehrada po svém výrazném upuštění v roce 2009 odkryla kromě odpadů také relikty starých Kníniček. Jednalo se o zídky, schody, kamna, bylo možné vidět dřívější umístění domů a studní. Bohužel zde byla ukryta také munice z druhé světové války. Sjelo se zde také mnoho hledačů pokladů, kteří zde našli zajímavé mince a šperky. Nicméně v roce 2010 byla nádrž po deseti měsících opět zaplavena, takže si lidé budou muset na dosud neobjevené poklady počkat delší čas. (NESEHNUTÍ, 2015)

5 PROJEKT „Realizace opatření na Brněnské údolní nádrži“

Samotný projekt Čistá Svatka dostal základ již v roce 2002. Týká se krajů Vysočiny, Jihomoravského a Zlínského kraje. Odborným garantem projektu je Povodí Moravy, s.p. Cílem bylo, jak již napovídá název, vyčištění řeky Svatky, vodních nádrží Brno a Vír, a to co nejšetrněji. V roce 2002 byl Evropskou komisí pořádán seminář, který se věnoval vztahu mezi Rámcovou směrnicí o vodní politice EU a programy ISPA (Nástroj předvstupních strukturálních politik). V roce 2003 byl projekt zahájen Jihomoravským krajem a městem Brnem. Byly také započaty práce na přípravné dokumentaci „Návrhy opatření k realizaci projektu Čisté povodí Svatky“. (Povodí Moravy, s.p., 2011)

V této práci se věnuji pouze části I. etapy a tím jsou opatření provedená na Brněnské nádrži, která trvala v letech 2009 – 2012. Na obr. č. 2 je vyobrazena mapa povodí s vyznačením dotčených obcí.



Obrázek 2: Mapa dotčených obcí (pmo, 2011)

Srdcem projektu „Realizace opatření na Brněnské údolní nádrži“ je myšlenka omezení přísunu živin a tím pádem snížení rozvoje cyanobakterií – sinic, omezení

používání pracích prostředků s obsahem fosforu a také odstranění již vzniklých infikovaných sedimentů. Projekt si klade za cíl snížit množství sinic v sedimentech a zvýšit také koncentraci kyslíku v hloubce 1 m nade dnem na 2 mg/l.

Projekt byl spolufinancován Evropskou unií a to Fondem soudržnosti a také Státním fondem životního prostředí České republiky v rámci Operačního programu Životní prostředí. Celkové náklady se vyšplhaly na 93 247 970 Kč. Příspěvek z fondu Evropské unie činil 79 260 775 Kč, což činí zhruba 85 % všech nákladů. Zhruba 5 % pak tvořil příspěvek Státního fondu životního prostředí, který činil 4 662 399, další příspěvek byl od Statutárního města Brna a činil 1 798 775 Kč a zbylé 4 662 399 Kč doplatil Jihomoravský kraj. (pmo, 2015)

6 POPIS NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ

Již v roce 2007 došlo k přípravným opatřením, kdy byl na obnažené dno nádrže (viz obr. č. 8) letecky aplikován vápenný hydrát (viz obr. č. 9). Tento způsob ošetření sedimentů byl opakován v únoru a listopadu 2008 a poté v dubnu 2009. V roce 2009 došlo také na rok ke snížení hladiny přibližně o 10 metrů. Toto snížení bylo učiněno na podporu mineralizace sedimentů. Před tímto krokem bylo nutné zredukovat rybí obsádku. Cílem těchto přípravných ošetření byla reaktivace procesů, které vedou ke snížení obsahu množství živin v sedimentech a tím pádem také k omezení vzniku vodního květu.

Roku 2010 byly spuštěny aerační věže. Dále byl také ošetřen přítok do nádrže pomocí síranu železitého. Došlo rovněž k úpravě rybí obsádky, ke sběru sinic z hladiny a k podrobnému monitoringu, jak vody, tak sedimentů. (Povodí Moravy, s.p., 2011)

6.1 Aerační věže

Provoz aeračních věží se řadí mezi nejvýznamnější opatření celého projektu. Aerační proces slouží k promíchání a prokysličení vodního sloupce za účelem dostatečné koncentrace kyslíku u dna. Na brněnskou přehradu bylo proto instalováno 20 aeračních věží. 15 věží, tzv. aeračně-mísících, pomocí čerpadel nasává vodu těsně pod hladinou a dopravují ji ke dnu. Tím se voda s největší koncentrací kyslíku dostane i ke dnu nádrže. Zbylých 5 věží je opatřeno aerátory a vhání ke dnu vzduch. Celý tento proces zapříčiní zvýšení koncentrace kyslíku u dna, promíchání vodního sloupce nádrže, zvýšení teploty vody u dna a díky těmto procesům se zhorší podmínky pro rozvoj sinic. Horní část věží jsou umístěny přibližně 3 m pod hladinou a spodní části 3 m nad dnem díla. Jsou zde ukotveny pomocí panelů ke dnu nádrže. Každá věž je označena žlutou bójkou s reflexním pruhem a příslušným číslem. Bójky jsou připevněny k věžím prostřednictvím řetězů.

Aerační věže jsou v provozu od května do konce září. Během zimy by totiž mohlo dojít k jejich deformaci mrazem, proto se počátkem října sklopí na kótu 223 m n. m. a jsou zajištěny směrem ke dnu (viz obr. č. 10 Demontace aerační věže).

V okolí aeračních věží panují přísné bezpečnostní pokyny. Je zde zakázáno: pohybovat se v okolí 10 m od žlutých bójí (viz obr. č. 15), pohybovat se v prostoru vymeze-

ném jako stanoviště, na březích je zakázán vstup na staveniště (to je označeno výstražnými páskami kolem strojoven)

Na obrázku č. 11 je zobrazeno rozmístění aeračních věží i s kontejnery. (pmo, 2013)

6.2 Ošetření přítoku

Aplikace síranu železitého na přítoku do nádrže má za cíl vysrážení fosforu. Fosfor je základní živinou pro sinice (viz kap. 3.2.3). Omezení potravy pro sinice postupně vede k jejich úbytku. Za rok do nádrže přiteče kolem 34 tun fosforu, přičemž zhruba 70% (23,8 tun) se do vody dostane v poslední části řeky (posledních 13 km).

Síran železitý je pro zdraví člověka zcela neškodný. Používá se především při úpravě pitné vody. Dávkovat lze ve stejnou dobu, jako jsou v provozu aerační věže, tzn. od začátku května do konce září. Poté je přehrada a zařízení na ní "zazimována". Dle výsledků a výzkumů lze říci, že dávkováním síranu železitého do přítoku lze až z 96 % odbourat fosforečnany v nádržích.

Zařízení pro dávkování síranu železitého se skládá z nadzemní skladovací nádrže o objemu 60 m³ a z příslušenství k dávkování koagulantuⁱⁱⁱ na bázi železa. Část zařízení je ve vodě, kde dochází k aplikaci a rovnoměrnému dávkování koagulantu do Svratky v určeném profilu a s možností dálkového sledování a řízení provozu (možnost okamžité změny dávky koagulantu). (Povodí Moravy, s.p., 2012)

V jednotlivých letech bylo ošetřeno toto množství vody:

Tabulka 2: Dávkování síranu železitého (Povodí Moravy, s.p., 2012)

Rok	Množství vody [m ³]	Dávka síranu železitého [g/ m ³]
02010	8 666 810,35	20
2011	81 856 937	10-30
2012	54 079 142	20-60

Celková spotřeba tedy byla:

- za rok 2010 – 390 t
- za rok 2011 – 1340 t
- za rok 2012 – 1069 t

Dohromady tedy bylo za tyto 3 roky spotřebováno 2799 t síranu železitého.

Aby byla zjištěna účinnost ošetření, je na několika místech v říční části přehrady sledován obsah železa a také fosforu. Je pochopitelné, že u dávkovacího místa je obsah železa zvýšený a následně se hodnoty snižují, jelikož došlo k vysrážení látky. Železo vytvoří vločky, které se usadí na dně přehrady. Hodnoty fosforu jsou nejvyšší těsně u přítoku, následně se také snižují a fosfor se sráží opět do vloček, takže se již nestává potravou sinic.

Na obrázku č. 12 jsou zobrazeny zásobní nádrže 3 x 20 m³. Další obrázek č. 13 nám poskytuje pohled na aplikační rámy. (Povodí Moravy, s.p., 2012)

6.3 Úprava rybí obsádky

Brněnskou nádrž lze označit za rybářský revír. Je obhospodařována Moravským rybářským svazem, o.s.

Projektem Revitalizace opatření na Brněnské údolní nádrži byl aktualizován Zarybňovací plán. Účelem tohoto opatření je snížení počtu bílých ryb, jako je např. cejn, plotice a jiné, a naopak podpora dravých ryb. Důvodem je to, že potravou bílých ryb je zooplankton^{iv}, který se ovšem živí fytoplanktonem. Zooplankton nám tedy pomáhá při redukci sinic a jeho požívání bílými rybami není v zájmu přehrady. Tím že dojde k vysazení dravých ryb, které požívají bílé ryby, podpoříme rozvoj zooplanktonu a naopak omezíme fytoplankton. Potravní pyramida pak funguje na tomto principu: dravé ryby – kaprovité ryby – zooplankton – fytoplankton. Nejvíce je zde zastoupena plotice obecná a cejnek malý. (Povodí Moravy, s.p.,2012)

V rámci činnosti zde bylo vysazeno 4417 ks štik (1003 kg) a 12500 ks candáta (1000 kg). (Hanák, 2012)

6.4 Odstraňování biomasy z hladiny

Pokud dojde k přemnožení sinic na vodní hladině, využije se speciálně vybavené lodi, která je vybavena jemným sítem, které vodu přefiltruje (viz obrázek č. 14). Sesbírané sinice se pak odvázejí k ekologické likvidaci mimo přehradní nádrž. (Povodí Moravy,s.p., 2012)

Tento mechanizovaný sběr byl prováděn po dobu 15 dní v roce 2011 a 2 dní v roce 2012. (Hanák, 2012)

6.5 Monitoring

Monitoringem se rozumí rozsáhlé a podrobné chemické analýzy vody, sedimentů a také ryb. Rozbor vody se uskutečňuje jedenkrát týdně, sedimenty se analyzují čtyřikrát do roka a analýza ryb se provádí dvakrát ročně. Vyhodnocená data slouží k rozhodnutí, jak dále s opatřeními pokračovat.

Při analýze vody je sledována teplota, průhlednost, pH, obsah fosforu, železa a také množství rozpuštěného kyslíku ve vodě. (viz kap. 3.1). U sedimentů je zaměření na analýzu dusíku, fosforu, železa, vápníku a hliníku. Jako nejdůležitější se ale stále jeví určení počtu buněk sinic ve vodě i v sedimentu. Sledováno je také jejich druhové zastoupení, protože jen určité druhy jsou toxické a nebezpečné. (Biologické centrum AV ČR, 2010)

7 MATERIÁLY, METODY

Veškeré technické dokumenty mi byly poskytnuty panem Ing. Janem Morongou během naší konzultace. Jednalo se o materiály z přípravy revitalizace, průběhu i hodnocení daných opatření odborníky. Některá z dat jsou volně přístupná rovněž z internetových stránek Povodí Moravy, s.p.

Množství literárních zdrojů mi bylo doporučeno vedoucí práce, paní Ing. Petrou Oppeltovou, Ph.D. Těchto zdrojů jsem využila především v literární rešerši.

Množství uveřejněných dat jsem získala také během terénního průzkumu, kde jsem čerpala informace z informačních tabulí podél přehrady. Nakonec jsem provedla fotodokumentaci nádrže.

8 TERÉNNÍ PRŮZKUM A FOTODOKUMENTACE

8.1 Informovanost veřejnosti

Okolí Brněnské přehrady je lemováno množstvím jak turistických tak cykloturistických tras. Po revitalizaci, která zde probíhala od roku 2009, bylo Povodím Moravy umístěno několik informačních tabulí podél břehů celé přehrady. Tyto tabule informují o činnostech, které zde proběhly, doprovázejí je i fotografie z průběhu realizace opatření.

Hnutí NESEHNUTÍ – NEzávislé Sociálně Ekologické HNUTÍ, se stalo tvůrcem naučné stezky „Brněnská přehrada, jak ji neznáte“. Jedná se o šestici informačních tabulí, které byly instalovány podél levého břehu Brněnské přehrady. Tento břeh je nejvyužívanější vycházkovou trasou v okolí.

Trasa, která je dlouhá něco málo přes dva kilometry, kopíruje červenou turistickou trasu, která se v místě nachází. Cesta směřuje od Přístaviště dále přes hráz, odtud poté klesá vlevo k vrstevnici, míjí veslařský klub a končí poté v rekreační zóně, která nabízí nádhernou okolní přírodu.

První informační tabule (viz obr. č. 7) nás informuje o základních údajích Brněnské přehrady, okolí, zajímavostech výstavby a také o hnutí NESEHNUTÝCH. Vítá návštěvníky u vstupu na přístaviště. O 600 m dál (již za hrází) se nachází druhá tabule popisující vzácnou flóru vyskytující se na svazích přírodní památky Skalky u Přehrady. Dále je zde popsán Hitlerův záměr vystavět říšskou dálnici, která by procházela také v okolí tohoto území. Třetí tabule pokračuje po 250 m. Nalezneme zde informace o počátcích budování nádrže a o stavu před tímto zásahem. Je tu tedy popsána stará ves Kníničky, která byla kvůli výstavbě zatopena a po které přehrada také jeden čas nesla název. Zmínka je zde také o konci 2. světové války a situaci na přehradě v této době a zajímavosti, které se týkají rekreační funkce nádrže. Čtvrtá informační tabule se nalézá o 650 m dále (v lese) a informuje nás o typických stromových porostech v oblasti Brněnské přehrady a také o památných stromech, které se zde nalézají. Pátá cedule se nachází nad zátokou u bývalého Sokolského koupaliště pouhých 170 m od čtvrté a podává informace o vzácných zástupcích fauny a flóry. Poslední, šestá tabule, nás zavede do světa vodního květu, sinic a řas. Je zde popsána eutrofizace a zásahy, které je

nutné provést a které byly realizovány na této přehradě (viz obrázek č. 16). (NESEHNUTÍ, 2015)

8.2 Průzkum a provedení fotodokumentace

V rámci této práce jsem provedla také vlastní terénní šetření. Obsahovalo mimo jiné absolvování naučné stezky a vyhotovení vlastních fotografií z šetřené oblasti. Veškeré fotografie jsou odkazovány v příslušných částech textu a přiloženy v kapitole č. 12.

Okolí přehrady je opravdu jedinečné. To dokazuje i fakt, že jsem při průzkumu narazila na zástupce ledňáčka říčního, kterého lze považovat za bioindikátora čisté vody.

9 DISKUZE

V této kapitole jsou shrnuty informace o výsledcích monitoringu během let, kdy se přehrada potýkala s problémy ve srovnání s obdobími po opatřeních.

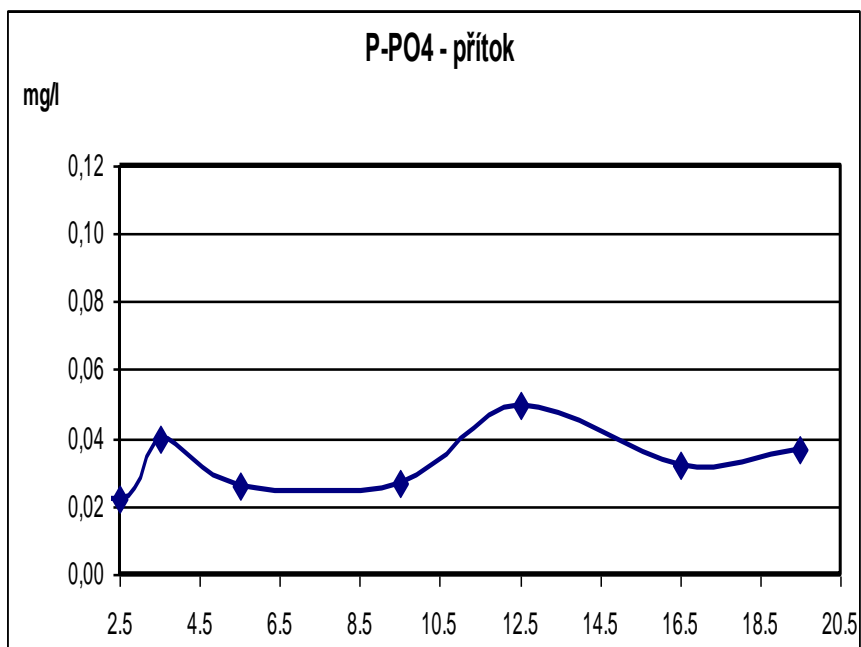
Veškerá uskutečněná opatření vedla k výraznému zlepšení kvality vody v Brněnské údolní přehradě. Tím došlo ke zlepšení z biologického i rekreačního hlediska. Již od roku 2010 sinice nejsou dominantním druhem ve fytoplanktonu a jsou zde zastoupeny v menšině. Zlepšení potvrdila i Krajská hygienická stanice Jihomoravského kraje. Tento fakt dokládá i to, že od roku 2010 nebyl na Brněnské přehradě vyhlášen zákaz koupání.

Co se týče koupání v brněnské přehradě, není v současné době důvod, proč by mělo být omezeno. Jak již bylo řečeno, od roku 2010 nebyl Krajskou hygienickou stanicí vydán zákaz. Voda svou kvalitou již neohrožuje zdraví návštěvníků. Tato krajská hygienická stanice ve spolupráci s Povodím Moravy, s.p. sledovala množství buněk sinic ve vodě během letních sezón. Sledování byla prováděna v lokalitách přírodních koupališť Rakovec, Kozí Horka, Rokle a Sokolské koupaliště. Na konci sezony bylo v roce 2011 stanoveno max. množství buněk sinic jako 62 000, zatímco v roce 2012 to již bylo na konci sezóny pouhých 15 000 buněk.

Při dlouhodobém sledování fytoplanktonu, který počátkem roku 2008 tvořil hustý vodní květ rodu *Microcystis* na hladině brněnské přehrady, se došlo k závěru, že byl fytoplankton stabilizován a došlo k jeho větší diverzitě. Zároveň byla také snížena hodnota chlorofylu, jehož hodnoty se pohybují pod limitem, který stanovila Světová zdravotnická organizace (50 µg/l).

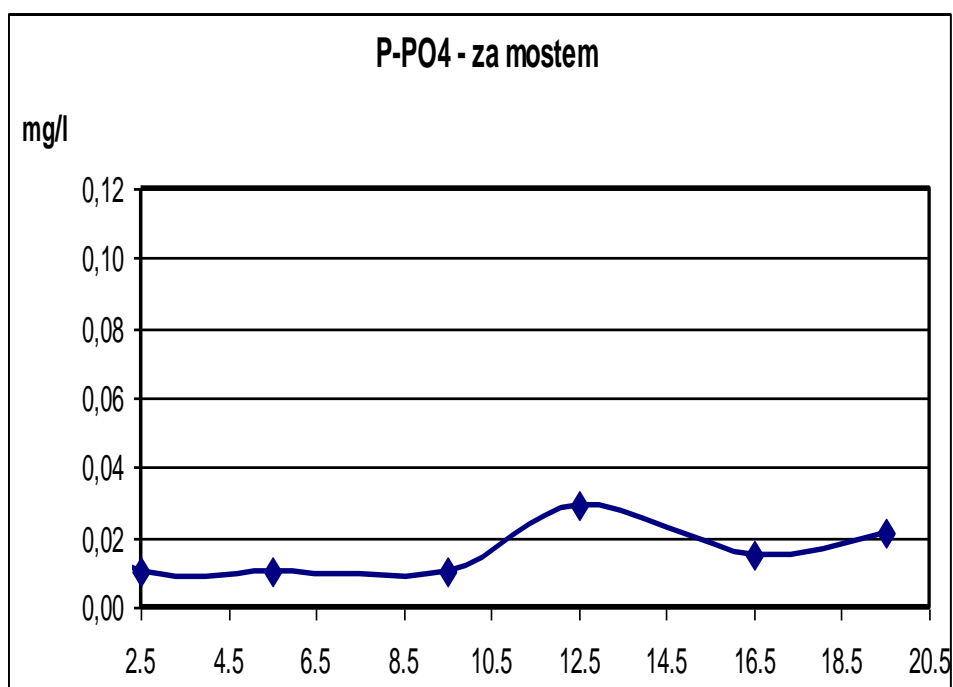
Snížení množství sinic v sedimentech bylo celkově o 50 %. V roce 2011 lze hovořit dokonce o 90 % snížení.

Sedimenty jsou na základě chemických analýz stabilizované a nerizikové (jak z hlediska živin, tak i organických látek). Z desítek milionů buněk sinic v 1 ml sedimentu byl tento počet snížen na stovky tisíc na 1 ml.



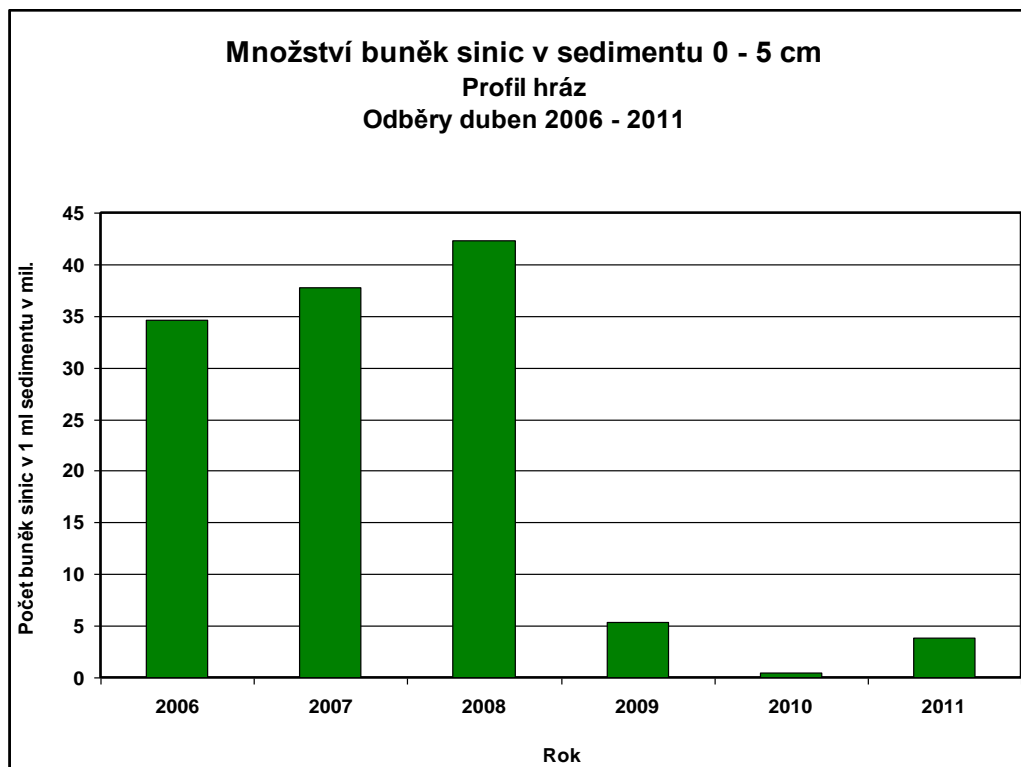
Obrázek 3: graf č. 1 (Moronga, 2011)

Na obrázku č. 3 (graf č. 1) vidíme hodnoty P-PO₄ na přítoku do přehrady. Obrázek č. 4 (graf č. 2) pak ukazuje hodnoty v místě za mostem. Fosfor se nám vlivem vodného roztoku síranu železitého v nádrži vysrážel.



Obrázek 4: graf č. 2 (Moronga, 2011)

Předběžná opatření, která zahrnovala úpravu vlastností sedimentů, popisuje obrázek č. 5 (graf č. 3). Na tomto grafu lze vidět hodnoty množství buněk sinic v sedimentu v jednotlivých letech. Lze pozorovat zřetelné výrazné snížení výskytu sinic.



Obrázek 5: graf č. 3 (Moronga, 2011)

Aerace se ukázala potřebnou a vysoce funkční tím, že i přes extrémní horka a sucha (obzvláště co byly v roce 2012) zajišťuje dostatečné prokysličení vody. Co se týče hodnot kyslíku v nádrži, došlo ke zvýšení koncentrace kyslíku v hloubce 0,5 – 1,0 m nade dnem na 2 mg/l.

Výsledky opatření ošetření přítoku ukazují, že nejnižší možná účinná dávka koagulantu je 10 – 30 g/m³. Železitý koagulant se projevoval s účinností 90 % srážení PO₄-P. V celém průběhu aplikace nebyla v přítokové části překročena koncentrace 2mg/l Fe, zároveň také v jezerní části Brněnské nádrže nebyla naměřena koncentrace Fe nad přirozenou úroveň. Také nedocházelo ani k výrazným změnám pH, které se pohybuje na stálé hodnotě 7 – 7,5. Síran železitý neměl ani žádný negativní dopad na zooplankton ani na populaci ryb.

Zooplankton také změnil své složení vlivem změn, které zde proběhly. Planktonofágní ryby byly zčásti odloveny a rybí obsádka byla ovlivněna a stabilizována výsádkem ryb dravých. Jako významný faktor, který ovlivnil průhlednost vody, se

ukázal filtrující zooplankton rodu *Daphnia*. Tento rod totiž mohl využívat prakticky veškerou potravní nabídku.

Opatření byla provedena v souladu s projektovou dokumentací vydanými vodoprávními povoleními, územními souhlasy a stavebními povoleními. (Povodí Moravy, s.p., 2012)

Tato opatření se dají porovnat s revitalizací, která byla provedena na Plumlovské nádrži Povodím Moravy, s.p. v rámci projektu „Čistá Hloučela a vodní nádrž Plumlov“(2009-2014). Cílem zde bylo rovněž omezení výskytu sinic. V této lokalitě byla eutrofizace způsobena zemědělskou činností a nevhodnou likvidací odpadních vod. Vlivem této situace byla znemožněna rekreační funkce přehrady. Proběhla zde těžba sedimentů po upuštění nádrže a rovnou došlo i k opravě hráze. Další opatření byla revitalizace výše položeného Podhradského rybníka, který vodu v nádrži velkou měrou ovlivňuje, a stavba mokřadu poblíž nádrže, který by měl přirozeným způsobem zajistit čištění přitékající vody. Přehrada měla začít sezonu již v létě 2013, nicméně díky průtahům se revitalizace na rok protáhla. Celé opatření vyšlo na čtvrt miliardy korun. V současné době hovoří výsledky o kvalitní vodě, která je vhodná ke koupání a má první stupeň hodnocení (nejlepší). Čili z tohoto hlediska můžeme říci, že stejně jako na Brněnské údolní nádrži, i zde byla revitalizace úspěšná. Nicméně je otázkou, zda bude reálné udržet tento stav i do budoucna. Oproti Brněnské přehradě je zde totiž komplikace. Jedná se o situaci místní kanalizace, která sice byla dokončena, nicméně ještě na ni nejsou napojeni všichni občané města. Je navíc nutné zajistit důsledné čištění odpadních vod u všech obcí nad přehradou. Tato opatření jsou v současné době již z části realizována, ovšem je těžké odhadnout, zda se to podaří na celém řešeném území. Letos budou také po dvou letech přesunuta srážedla fosforu. Tyto kontejnery se síranem železitým budou umístěny blíže obcím. (vecernikpv, 2013)

Problém sinic řešila také Hostivařská přehrada v Praze. Tato přehrada nebyla do své revitalizace (od uvedení do provozu v roce 1963) čištěna. Zanášela se tak splaveninami z říčky Botič. Došlo tak ke snížení hladiny v přehradě, zvyšování teploty vody v nádrži a tím masivnímu rozvoji vodního květu. Nádrž tedy byla vypuštěna, dno bylo odbahněno, byly obnoveny retenční nádrže, zpevněny břehy kamenným záhozem a dále upravena hráz i vegetační pokryv břehu. Výsledky této rekultivace ovšem nejsou příliš dobré. Pokud to porovnáme s Brněnskou přehradou, je zřejmé, že neúspěch revitalizace

tkví v nedostatečném opatření. Přestože byla nějakou dobu vhodná i ke koupání, od léta 2014 byla její kvalita opět zhoršená. Nehrozí zde sice přímé nemoci, nicméně je nutností se po vykoupání v této nádrži osprchovat. I proto se hlavní město rozhodlo situaci vyřešit dávkováním síranu železitého, který by měl vysrážet fosfor. Takto upravená voda by se v letošním roce mohla více rekreačně využívat. (envis.praha-mesto, 2011 a 2015)

To, jak jsou sinice ve vodě nebezpečné pro lidský organismus, dokazuje i situace ze srpna 2014, kdy se v americkém městě Toledu (stát Ohio) radikálně zvýšil počet cyanobakterií v Erijském jezeře. Lidé zde čerpají pitnou vodu právě z jezera, které bylo kontaminováno. Vyskytly se zde zdravotní potíže po požití této vody. Platilo zde tedy doporučení, aby lidé již nepili vodu z kohoutku. Sinice se zde vyskytly díky nadměrnému hnojení v okolí jezera a špatné kanalizaci. Tento problém byl ovšem ojedinělý. Velká jezera měla potíže s nadměrným výskytem cyanobakterií především v 70. letech. Díky omezení zdrojů znečištění se situace podařila stabilizovat.

Ve Velké Británii byly vytvořeny tzv. „pump storage reservoirs“. Jednalo se o nádrže vzniklé přehrazením údolí s málo vodným tokem. Přes 90 % vody sem bylo přivedeno z okolních řek a tyto přehrady se potýkaly s velkými problémy z hlediska kvality. Proto zde byla realizována různá opatření, která měla potřebný efekt většinou až po delší době. Ve srovnání s Brněnskou přehradou lze říci, že v Brně provedená opatření byla efektivnější a rychlejší. (Duras, 2010)

V současné době se s tímto problémem na světě potýká jen malý počet zemí. Kromě České republiky můžeme jmenovat například Čínu a Nizozemí. (vodnihospodarstvi, 2014)

Právě v Nizozemí lze zaznamenat četné snahy o řešení problému eutrofizace. Jedná se například o případy již z 80.let, kdy byl dávkován síran železnatý ke snížení obsahu fosforu v nádrži a chlorid železitý do přítoku postižených jezer. Výsledky byly pozitivní a v současné době můžeme říci, že se Nizozemci řadí ke skutečným odborníkům na tuto problematiku. (Duras, 2010)

Nicméně Česká republika si v celosvětovém měřítku také vede poměrně dobře a zásluha na tom mají zcela jistě i opatření na Brněnské údolní nádrži, která jsou hodnocena jako úspěšná.

Současný reálný stav eutrofizace na nádrži je ve shodě s projektovými předpoklady a očekáváníí tedy byla splněna. Bylo dosaženo cílových parametrů projektu (množství sinic v sedimentech a koncentrace rozpuštěného kyslíku v hloubce 1 m nade dnem).

10 ZÁVĚR

Práce byla zaměřena na vyhodnocení jednotlivých opatření, která byla na Vodním díle Brno uskutečněna.

V roce 2013 jsem kontaktovala pana Ing. Jana Morongu, ředitele závodu Dyje, se kterým jsme se dohodli, že mi poskytne další rok potřebné materiály k vypracování mé bakalářské práce. Na základě převážně těchto získaných materiálů a díky uskutečnění individuálního terénního průzkumu, byl proveden popis opatření na Brněnské údolní nádrži a veškerá provedená opatření byla také vyhodnocena.

Literární rešerše týkající se jakosti vody byla zkompletována také za použití zdrojů doporučených vedoucí práce paní Ing. Petrou Oppeltovou, Ph.D.

Jedním z cílů bakalářské práce bylo provést hodnocení realizovaných opatření. Shledávám provedení revitalizace Brněnské přehrady jako úspěšný a významný krok k podpoře péče o vodní zdroje. Pozitivní vliv měla bez diskuze opatření na kvalitu vody v nádrži. Nicméně došlo k ovlivnění celého ekosystému a to v kladném slova smyslu. Brněnská přehrada je domovem mnoha zajímavých a mnohdy vzácných živočichů a současně uspokojuje i antropické nároky na území. Brněnská přehrada se opět stala rekreačně velmi využívanou částí města, která skýtá vhodné podmínky pro odpočinek.

Výsledky rozborů kvality vody hovoří samy za sebe. Voda v přehradní nádrži odpovídá kvalitou vody vhodnou pro koupání, její stav je ohodnocen stupněm jedna.

Brněnská přehrada bude do budoucna stále podrobena monitoringu. Nadále zde budou probíhat popisované aktivity, které vedou k udržení vody v požadované kvalitě. V rámci II. etapy projektu v letech 2013 – 2017 je dokonce správce nádrže povinen zachovat udržitelnost dosavadních výsledků.

11 POUŽITÁ LITERATURA

11.1 Knižní zdroje

BÍNA, Jan a Jaromír DEMEK. *Z nížin do hor: geomorfologické jednotky České republiky*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2012, 343 s. Průvodce. ISBN 9788020020260.

Biologické centrum AV ČR, *Realizace opatření na Brněnské údolní nádrži: Soubor opatření "Monitoring"*. Brno, 2010.

CULEK, Martin. *Biogeografické členění České republiky*. 1.vyd. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2005, 589 s. ISBN 80-860-6482-4.

DURAS JINDŘICH, *Posouzení možnosti dávkování protieutrofizačně působících látek do přítoku nádrže Brno, zejména přípravků na bázi Fe*. Tlučná, 2009.

GRÜNWARD, Alexander. *Hydrochemie*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1993, 175 s.

HANÁK ROMAN, *AD stanovisko k dokončené akci*. Brno, 2012.

HUBAČÍKOVÁ, Věra a Petra OPPELTOVÁ. *Úpravy vodních toků a ochrana vodních zdrojů*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008, 131 s. ISBN 978-80-7375-243-9.

KOUTNÝ, Ladislav. *Stabilní úpravy toků v přírodních podmínkách: monografie*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003, 52 s. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. ISBN 80-715-7669-7.

PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 4. aktualiz. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2009, viii, 579 s. ISBN 9788070807019.

ŘÍHA, Jaromír. *Jakost vody v povrchových vodních tocích a její matematické modelování*. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000, c2002, 269 s. ISBN 80-86020-31-2.

ŘÍHA, Josef. *Voda a společnost*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1987, 338 s.

ŠLEZINGR, Miloslav. *Brněnská přehrada a lidé kolem ní*. Brno: Vysoké učení technické, 1998, 83 s. , [4] s. barevných obrazových příloh. ISBN 80-214-1127-9.

TLAPÁK, Václav, Jan ŠÁLEK a Vladimír LEGÁT. *Voda v zemědělské krajině*. 1. vyd. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda, 1992, 318 s. ISBN 8020902325.

ZAHRÁDKA JIŘÍ, *Posouzení vlivu záměru: Aplikace polyaluminiumchloridu, polyaluminiumhydroxichloridu na Vodním díle Brno“ na zákonem chráněné zájmy ochrany přírody*. Brno, 2010.

11.2 Elektronické

Aerační věže zůstanou tři metry pod hladinou brněnské přehrady. *Česká televize* [online]. 2011 [cit.2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/regiony/jihomoravsky-kraj/113867-aeracni-veze-zustanou-tri-metry-pod-hladinou-brnenske-prehrady/>

Biogeografie. *Informační systém Masarykovy univerzity* [online]. 2010 [cit. 2015-01-10]. Dostupné z: http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps10/biogeogr/web/index_book_5-2-1-1.html

Brněnská přehrada [online]. 2009-2015 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.brnenskaprehrada.cz/>

Brněnská přehrada a okolí průvodce kouzelnými místy [online]. 2000-2015 [cit. 2015-02-19]. Dostupné z: <http://www.prygl.net/>

ENVIS - Informační servis [online]. 2011 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: [http://envis.praha-mesto.cz/\(ntvvgz45gkmpxo55euo15545\)/default.aspx](http://envis.praha-mesto.cz/(ntvvgz45gkmpxo55euo15545)/default.aspx)

Generel regionálního a nadregionálního ÚSES na území Jihomoravského kraje. *Geoportál územního plánování JMK*[online]. 2003 [cit. 2015-01-05]. Dostupné z: http://up.kr-jihomoravsky.cz/download/US/2238/USES_JMK.pdf

Povodí Moravy [online]. 2010-2015 [cit. 2015-03, 2015-02]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/>

Prostějovský večerník [online]. 2004 - 2015 [cit. 2015-03-28]. Dostupné z: <http://www.vecernikpv.cz/>

RAKOI prodej okrasných ryb [online]. 2012 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <http://rakoi.webnode.cz/>

Samočistící schopnost toků. *Hornicko-geologická fakulta* [online]. 2015 [cit. 2015-02-11]. Dostupné

z:http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/loticky_system/4_samocistici/cistici.htm

Thermocline Depth. *Upstate Freshwater Institute* [online]. 2014 [cit. 2015-02-11]. Dostupné z:<http://www.upstatefreshwater.org/NRT-Data/Data-Analysis/data-analysis.html>

Územní systém ekologické stability. *Veronica* [online]. 2015 [cit. 2015-03-17]. Dostupné z:<http://www.veronica.cz/uses/Zimova.pdf>

Vo-da.cz [online]. 2015 [cit. 2015-02-12]. Dostupné z: <http://www.vo-da.cz/>

Voda v krajině. *Cesty venkova* [online]. 2013 [cit. 2015-02-12]. Dostupné z: <http://www.cestyvenkova.cz/index.php?id=108>

Vodní hospodářství [online]. 2012 [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://vodnihospodarstvi.cz>

11.3 Zákony a vyhlášky

Česká republika. Nařízení vlády o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu. In: *262/2012*. 2012.

Česká republika. Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. In: *61/2003*. 2003.

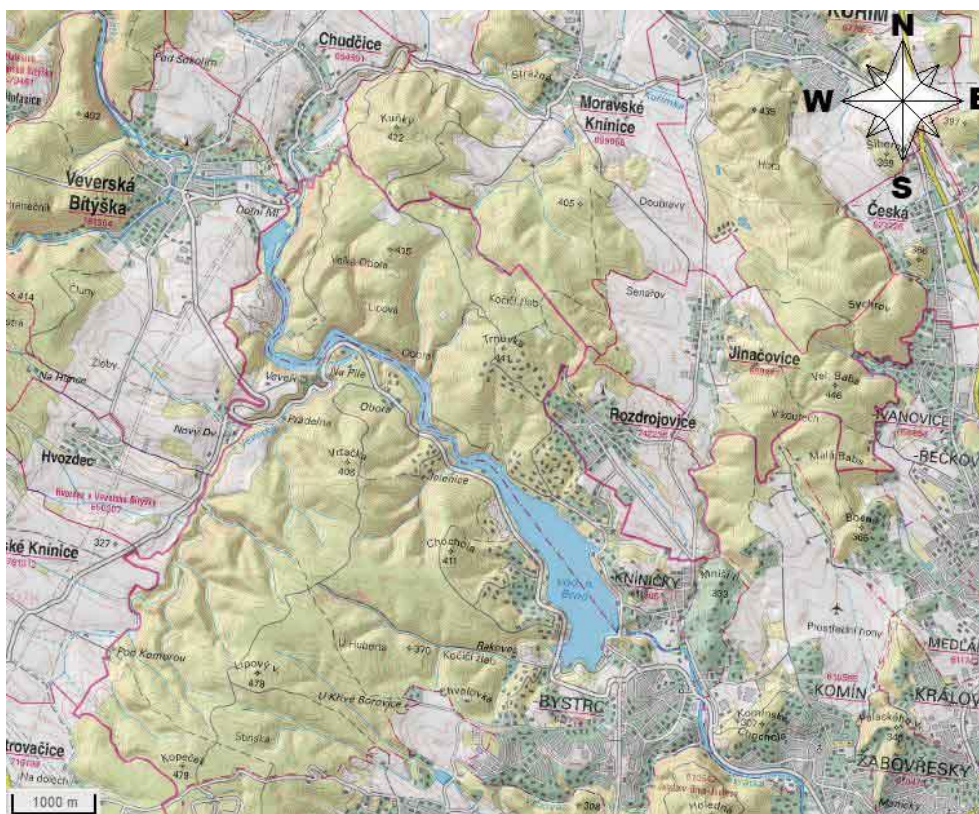
11.4 Normy

ČSN 757221. *Jakost vod. Klasifikace jakosti povrchových vod*. Praha: Český normalizační institut, 1998.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Teplotní stratifikace (upstatefreshwater, 2015).....	24
Obrázek 2: Mapa dotčených obcí (pmo, 2011).....	36
Obrázek 3: graf č. 1 (Moronga, 2011).....	46
Obrázek 4: graf č. 2 (Moronga, 2011).....	46
Obrázek 5: graf č. 3 (Moronga, 2011).....	47
Obrázek 6: Mapa širších územních vztahů (pmo, 2012)	56
Obrázek 7: První informační tabule	56
Obrázek 8: Vypuštěná přehrada (g.denik, 2012)	57
Obrázek 9: Vápnění (stezka.nesehnuti, 2012)	57
Obrázek 10: Demontace aerační věže (g.denik, 2012)	58
Obrázek 11: Umístění aeračních zařízení (img.ct24, 2011).....	58
Obrázek 12: Zásobní nádrže (Moronga, 2011).....	59
Obrázek 13: Aplikační rámy (Moronga, 2011)	59
Obrázek 14:Sběr sinic (asio, 2012)	60
Obrázek 15: Výstražná tabule	60
Obrázek 16:Poslední informační tabule	61

PŘÍLOHY



Obrázek 6: Mapa širších územních vztahů (pmo, 2012)



Obrázek 7: První informační tabule



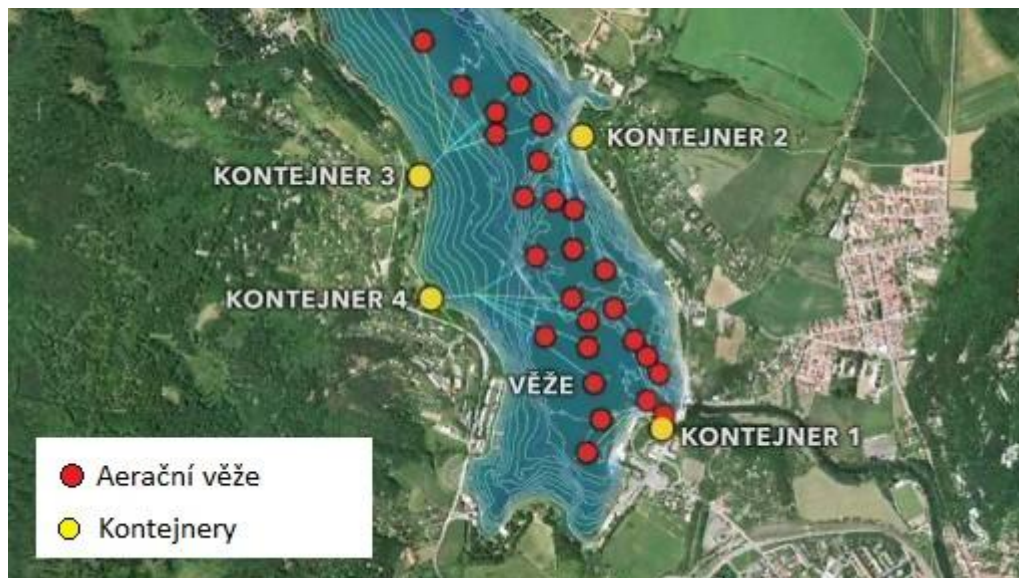
Obrázek 8: Vypuštěná přehrada (g.denik, 2012)



Obrázek 9: Vápnění (stezka.nesehnuti, 2012)



Obrázek 10: Demontace aerační věže (g.denik, 2012)



Obrázek 11: Umístění aeračních zařízení (img.ct24, 2011)



Obrázek 12: Zásobní nádrže (Moronga, 2011)



Obrázek 13: Aplikační rámy (Moronga, 2011)



Obrázek 14: Sběr sinic (asio, 2012)



Obrázek 15: Výstražná tabule



Obrázek 16: Poslední informační tabule

VYSVĚTLIVKY

- i BSK – biochemická spotřeba kyslíku
- ii Fytoplankton – společenstvo jednobuněčných mikroorganismů tvořící plankton
- iii Koagulant - srážedlo
- iv Zooplankton – součást planktonu tvořená živočichy
- v Planktonofágní – živočichové živící se planktonem