

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA

Bakalářská práce

BRNO 2016

ING. LENKA DVOŘÁKOVÁ HAMPLOVÁ

Mendelova univerzita v Brně
Agonomická fakulta
Ústav aplikované a krajinné ekologie

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

Ing. Petra Oppeltová, Ph.D.

Vypracovala:

Ing. Lenka Dvořáková Hamplová

Brno 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: „Problematika těžkých kovů v povrchových vodách na Blanensku“ 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 Směrnicí 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:.....

.....

podpis

„Principem všech věcí je **voda**, z **vody** je vše a vše se do **vody** vrací.“Thálét z Milétu

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě chci poděkovat všem, kteří mi poskytli podklady, rady nebo mi jiným způsobem pomohli při vypracování bakalářské práce.

Jmenovitě chci poděkovat vedoucí práce Ing. Petře Opletové za odborný dohled, všestrannou pomoc, kterou mi během tvorby této práce poskytla.

Dále děkuji rodině za podporu během studia. Jsem jim všem vděčná.

ABSTRAKT

V bakalářské práci na téma Problematika těžkých kovů v povrchových vodách na Blanensku je zpracována literární rešerše, ve které jsou shrnuty základní informace o vodě, znečišťování vodních toků, jakosti povrchových vod. Dále se zabývá výskytem těžkých kovů v toku a legislativou, která je spojena s vodním prostředím.

Cílem práce bylo provedení průzkumu zájmového území, což je vodní tok Semíče od pramene po ústí do Svitavy. Dalším bodem byl odběr vzorků vody a vyhodnocení ukazatelů jakosti vody. Rozbory vzorků provedla Vodárenská akciová společnost, a.s. v Boskovicích. Zjištěné výsledky byly porovnány s daty, získanými v roce 1992, 2002 – 2003, 2013 – 2014. Výsledky z roku 2015 ukazují zlepšující se kvalitu vody v Semíči.

Problémem, který se v území nachází, je intenzivní zemědělství. Mělo by dojít ke zlepšení hospodaření na zemědělské půdě, dodržovat správné orební systémy, šetřit aplikace hnojiv a ochranných prostředků.

Klíčová slova: Semíč, kvalita vody, těžké kovy, znečištění vody.

ABSTRACT

My Bachelor work 'Problems of Heavy Metal in Surface Water in a District of Blansko' is a processed literal research which includes basic information about water, contamination of watercourses and quality of surface water. It is also focused on a presence of hard metal in watercourses and on the aquatic environment legislation.

The aim of the work is to survey the area of interest - a watercourse Semíče from its spring to its mouth into the River Svitava. A samples collection and an evaluation of indicators of water quality are also included in the survey. The samples were sent to a company Vodárenská akciová společnost, a.s. Boskovice. The results were compared with the data gained in the years 1992, 2002 - 2003, 2013 - 2014. The results of the year 2015 show improving of quality of the water of the Semičí.

The problem of the area is intensive agriculture. It ought to be improved by a better usage of agriculture land, by respecting of an appropriate plow system, a considerate application of manure and preservative used in agriculture.

Key words: Semíč, water quality, heavy metal, water contamination

OBSAH

1 Úvod.....	12
2 Cíl práce	13
3 Literární přehled	14
3.1 Voda	14
3.2 Význam vody v ekosystémech	14
3.3 Význam vody pro životní prostředí	15
3.4 Oběh vody	15
3.4.1 Hydrologická bilance	15
3.4.2 Hydrologický cyklus	16
3.5 Hydrografická síť	16
3.5.1 Hydrografická síť ČR	16
3.5.2 Vodní toky dle § 43 zákona č. 254/2001 Sb.	17
3.5.3 Plocha povodí	17
3.5.4 Délka toku	17
3.5.5 Povodí malých toků	17
3.6 Revitalizace	18
3.6.1 Vývoj způsobu revitalizací	18
3.6.2 Dělení revitalizací	18
3.6.3 Cíle revitalizace drobných vodotečí	19
3.6.4 Podklady pro návrhy revitalizačních úprav	20
3.7 Revitalizační objekty	21
3.7.1 Rozdělení objektů na vodních tocích	21
3.8 Opevnění koryt a stabilizace břehů	22
3.8.1 Vegetační opevnění	22
3.8.2 Nevegetační opevnění	22
3.8.3 Kombinované opevnění vegetační a nevegetační	23
3.9 Funkce vegetačního doprovodu	23
3.9.1 Vegetační úpravy	23
3.9.2 Základní funkce vegetačních doprovodů vodních toků a nádrží	23
3.9.3 Volba dřevin	24
3.9.4 Druhovú skladbu porostů	24
3.9.5 Travinobylinné porosty	25

3.10	Jakost povrchových vod	25
3.10.1	Jakost vody při revitalizacích	26
3.10.2	Kontrola jakosti vod	26
3.10.3	Legislativa jakosti povrchových vod	26
3.11	Znečišťování vod	27
3.11.1	Vodní eroze	28
3.11.2	Vliv průmyslu a odpadních vod	29
3.11.3	Znečištění vod ze zemědělství	29
3.11.4	Eutrofizace vod	30
3.11.5	Acidifikace vod	30
3.11.6	Toxicita	31
3.11.7	Saprobity	31
3.12	Výskyt těžkých kovů ve vodách	31
3.13	Legislativa	32
3.13.1	Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách v platném znění	32
3.13.2	Evropská vodní charta	32
3.13.3	Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí ve znění zákona č. 100/2001 Sb.	33
3.13.4	Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny ve znění zákona č. 381/2009 Sb.	33
3.13.5	Nitrátová směrnice	34
3.13.6	Rámcová směrnice	34
3.14	Stanovované parametry	34
3.14.1	pH	34
3.14.2	Teplota vody	35
3.14.3	Kyslík	35
3.14.4	Mangan	35
3.14.5	Železo	36
3.14.6	Kadmium	36
3.14.7	Zinek	36
3.14.8	Měď	37
3.14.9	Hliník	37
3.14.10	Chloridy	38
3.14.11	Sírany	38

3.14.12	Celkový dusík	38
3.14.13	Dusitany	39
3.14.14	Dusičnany	39
3.14.15	Amoniakální dusík	39
3.14.16	Celkový fosfor	40
3.14.17	Chemická spotřeba kyslíku	40
4	Metodika zpracování.....	41
4.1	Odběrná místa	41
4.2	Odběr a zpracování vzorků	41
4.3	Vyhodnocení vzorků	41
4.3.1	Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.	42
4.3.2	ČSN 75 7221	42
5	Charakteristika zájmového území.....	43
5.1	Základní údaje	43
5.2	Popis povodí	43
5.3	Popis toku	44
5.4	Pedologie	44
5.5	Geomorfologie	45
5.6	Klima	45
5.7	Charakteristika odběrných míst	46
5.7.1	Odběrné místo č.1 – v obci Vanovice	46
5.7.2	Odběrné místo č.2 – soutok Osaky se Semíčem	47
5.7.3	Odběrné místo č.3 – v obci Knínice	47
5.7.4	Odběrné místo č.4 – v obci Vážany	47
5.7.5	Odběrné místo č.5 – pod rybníky u obce Sudice	47
5.7.6	Odběrné místo č.6 – nad obcí Svitávka	48
6	Výsledky z roku 2015	49
6.1.1	pH	49
6.1.2	Kyslík	49
6.1.3	Teplota vody	49
6.1.4	Mangan	50
6.1.5	Železo	50
6.1.6	Dusitanový dusík	50
6.1.7	Dusičnanový dusík	50

6.1.8	Amoniakální dusík	50
6.1.9	Sírany	51
6.1.10	Chloridy	51
6.1.11	CHSK _{cr}	51
6.1.12	Celkový fosfor	51
6.1.13	Celkový dusík	52
6.1.14	Zinek	52
6.1.15	Měď	52
6.1.16	Hliník	52
6.1.17	Kadmium	53
7	Diskuse.....	54
7.1	Mangan	54
7.2	Kadmium	54
7.3	Hliník	55
7.4	Měď	55
7.5	Zinek	56
7.6	Železo	56
7.7	Dusičnanový dusík	56
7.8	Sírany	57
7.9	Chloridy	57
7.10	Dusitanový dusík	57
8	Závěr.....	59
9	Seznam použité literatury.....	61
10	Seznam příloh.....	66
	PŘÍLOHY.....	70

1 ÚVOD

„Principem všech věcí je voda, z vody je vše a vše se do vody vrací“ to řekl již kolem roku 600 př.n.l. řecký filosof Thálet z Miletu.

Bez vody není život, voda je drahocenným zdrojem a pro člověka ničím nenahraditelná. První civilizace vznikaly kolem velkých řek, které zajišťovaly dostatek pitné vody, závlahu pro zemědělství, sloužily k zajištění potravy. Postupně člověk osídloval i vyšší polohy a začal ovlivňovat svou činností malá povodí.

Voda se nachází na zemském povrchu v různých formách, skupenstvích, v půdě, v atmosféře a zemské kůře. V přírodě plní celou řadu funkcí, nachází se ve všech složkách životního prostředí a je jejich nedílnou součástí.

Na Zemi je voda rozmístěna velmi nerovnoměrně. V mnoho částech světa trpí lidé nedostatkem nejen pitné vody. Necelé 3 % z celkového množství vody tvoří voda sladká. Je proto nezbytné tyto zdroje nejen chránit, ale dbát na to, aby byla zachována i budoucím generacím.

Česká republika je nazývána „střechou Evropy“. Na našem území pramení řada významných toků, které patří ke třem hlavním evropským povodím. Jedná se o povodí Labe, Dunaje a Odry. Voda, která z našeho území odtéká, by proto měla být bez většího antropogenního znečištění.

2 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je zhodnocení stavu kvality vody Semíče a porovnání s hodnotami z roku 1992 uvedenými v dokumentu Josefa Budiše Chemicky instrumentované povodí Bělé a Semíče, diplomové práce ing. Michala Lukeše z roku 2002 – 2003 a diplomové práce ing. Lukáše Najmana z roku 2013 – 2014. V literární rešerši jsou shrnuty základní informace o vodě, znečišťování vodních toků, jakosti povrchových vod. Dále se zabývá výskytem těžkých kovů v toku a legislativou, která je spojena s vodním prostředím.

Monitoring vodního toku Semíče, odběry vzorků a jejich následné vyhodnocení byly dalším cílem bakalářské práce.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Voda

Voda představuje nejrozšířenější látku na Zemi a zároveň naprosto nezbytnou podmínku života. Tato jednoduchá chemická sloučenina vznikla v procesu utváření Země a zdá se, že od té doby je jí na naší planetě víceméně konstantní množství. Je však nerovnoměrně rozloženo. Přes 97 % vody je ve světových oceánech a slaná voda je pro člověka do značné míry nepoužitelná. Lidstvo se musí spokojit se zbývajícími třemi procenty a to mu dělá v posledních tisíciletích stále větší problémy. Je vlastně velké štěstí, že nedochází k fyzické spotřebě vody, ale mluvíme o tzv. ekonomické spotřebě. V průběhu svého koloběhu, ve styku s člověkem, se mění vlastnosti vody – chemické příměsi, barva a teplota (13).

3.2 Význam vody v ekosystémech

Význam vody v krajině je závislý nejen na jejím množství, ale také na její kvalitě. Voda je nejrozšířenější látkou na Zemi a je nenahraditelnou složkou životního prostředí člověka, všech rostlinných i živočišných ekosystémů. Zajišťuje nejen transport živin, ale i jejich přijímání a vylučování (22).

V redukčních procesech se mění její vlastnosti jako je chemické složení, teplota, barva, chemické příměsi apod. Dochází také ke změnám skupenských forem vody (pevná, kapalná, plynná) (22).

Vodní prostředí zahrnující všechny přírodní vodní útvary, ve kterých se voda pohybuje, jsou pevně provázaným, avšak velmi zranitelným ekosystémem. Vodní útvar představuje trvalé nebo dočasné soustředění vody na zemském povrchu, v zemské kůře (22).

Voda v krajině je nenahraditelným bohatstvím přírody. Určuje její mnohotvárnost, druhovou rozmanitost i ekologickou stabilitu. Ve všech svých podobách je voda významným krajinotvorným a estetickým prvkem. Je důležité proto příznivě ovlivňovat vodní hospodaření v krajině s cílem udržovat přirozené podmínky pro život vodních i mokřadních ekosystémů. V podmínkách České republiky spadá značná část odpovědnosti na zemědělskou výrobu a lesní hospodářství. Procesy ovlivňující vývoj

vodního režimu v krajině se odehrávají na 90 % zemědělsky a lesnický obhospodařovaných plochách (22).

3.3 Význam vody pro životní prostředí

Význam vody v přírodě nespočívá jen v jejím množství a jakosti, ale také v přenosu energie a látek v oběhovém cyklu. Voda se v přírodě účastní všech podstatných biologických procesů, fyzikálních a chemických pochodů a tvorby klimatu (18).

Vodní toky, rybníky, mokřady a prameniště nejsou jen zdrojem vody, ale současně vždy pevně provázanými a zároveň snadno zranitelnými ekosystémy (18).

3.4 Oběh vody

Země vyniká mezi planetami sluneční soustavy výskytem vody ve velkém množství a v mnoha podobách. Voda se vyskytuje v různých formách a skupenstvích na zemském povrchu, pod povrchem v půdě, v zemské kůře a také v atmosféře, především v troposférické vrstvě do průměrné výšky 11 km. I když je objem hydrosféry nepředstavitelný, přesto se na objemu zeměkoule podílí pouhou tisícinou (23).

Množství vody na Zemi je rozděleno velmi nepravidelně, proto vznikají v mnoha regionech problémy s jejím nedostatkem. Celosvětově jde o velkou část Afriky, Blízkého a Středního východu, území Velké pánve na západě USA, oblast při pacifickém pobřeží Chile a Peru a o více než tři čtvrtiny plochy Austrálie (23).

3.4.1 Hydrologická bilance

Oceány jsou hlavní zásobárnou vody na zemském povrchu. Obsahují neuvěřitelných 1,39 mld.km³, tj. 97 % veškeré vody na Zemi, a plošně pokrývají více než dvě třetiny zemského povrchu. Nezanedbatelné, ale mnohonásobně menší jsou zásoby vody na pevnině. Nejvíce pevninské vody je akumulováno v ledovcích (29 mil. km³, což je však pouhých 2,05 % z celkového množství vody na Zemi). Na 9,5 mil. km³ (necelých 0,7 %) se odhadují zásoby vody pod zemským povrchem, 125 tis. km³ tvoří voda zadržaná v jezerech a nádržích. Relativně nepatrné množství vody je obsaženo v korytech řek, pouhých 1,7 tis. km³. Přes 13 tis. km³ je přítomno v atmosféře do vzdálenosti 11 km od zemského povrchu (2).

3.4.2 Hydrologický cyklus

Souhrn vody na Zemi nazýváme hydrosférou. Ta má pro přírodu základní význam – účastní se procesů fyzikálních, chemických i biologických, a zároveň je jedním z činitelů, který se podílí na formování zemského povrchu (9).

Voda podléhá na Zemi neustálému oběhu, který označujeme jako hydrologický cyklus. Hlavní silou tohoto gigantického a nepřetržitého oběhu je sluneční energie. Jejím účinkem dochází k vypařování vody ze zemského povrchu. Dominantní roli zde hrají oceány, neboť z jejich povrchu se vypaří přibližně 5 x více vody než z povrchu pevnin (2).

Převážná část vypařené vody se po kratším zdržení vrací zpět do oceánu ve formě srážek. Tomuto koloběhu se říká malý hydrologický cyklus. Podílí se na něm rovněž voda vypařená z povrchu pevnin, která vydává ve formě srážek zpět na pevninu. Pouze část vody vypařené z povrchu oceánů je díky vzdušným proudům přesunuta nad pevninu. Zde se přibližně z jedné třetiny stává přímo součástí povrchových vod, další část se vsákne, a obohatí tak zásoby podzemní vody. Určitá část se odtud vrací zpět do vodních toků, nádrží, oceánů. Zbývající třetina spadlých srážek se vypaří. Tento celkový oběh vody na zemi se nazývá velký hydrologický cyklus (2).

3.5 Hydrografická síť

Soutokem vodních toků v jednotlivých povodích vznikají hydrografické sítě. Páteří jsou velké toky a doplňujícími články do nich jsou malé toky. Vlivem různých geomorfologických, geologických, půdních a vegetačních poměrů v těchto povodích se vytvářejí říční sítě různé velikosti, členění a vlastnostech (9).

3.5.1 Hydrografická síť ČR

Hydrografická síť je tvořena vodními toky o celkové délce přibližně 76 000 km přirozených vodních toků, 15 000 km toků umělých jako jsou náhony, odvodňovací kanály, přivaděče. Hydrografická síť České republiky tvoří hierarchický systém od pramenných zdrojnic po hlavní toky, které opouštějí naše území a v případě Labe a Odry ústí do světového oceánu (10).

Sítí vodních toků odtéká průměrně asi 15 mld.m³ vody za rok s výrazným kolísáním v nejsušším a nejvodnatějším roce v rozmezí od 8 do 19 mld.m³ za rok v závislosti na klimatických podmínkách (18).

3.5.2 Vodní toky dle § 43 zákona č. 254/2001 Sb.

Vodní toky jsou povrchové vody tekoucí vlastním spádem v korytě trvale nebo převažující část roku, a to včetně vod v nich uměle vzdutých. V pochybnostech o tom, zda jde o vodní tok, rozhoduje vodoprávní úřad (37).

3.5.3 Plocha povodí

Základní hydrologickou oblastí, na které zjišťujeme vzájemný vztah bilančních prvků a zkoumáme odtokový proces, je povodí. Je to území, vztažené k určitému profilu na toku, omezené rozvodnicí (9).

3.5.4 Délka toku

Pod délkou toku rozumíme vzdálenost ústí od pramene měřenou po střednici toku (9).

3.5.5 Povodí malých toků

Povodí malých toků je území, ze kterého přitéká srážková voda do koryta toku. Je vždy menší velikosti. Má zaokrouhlený, protáhlý nebo prutovitý tvar. Z hlediska vegetačního krytu je zalesněné nebo zemědělsky obdělávané. Povodí je ohraničeno rozvodnicí, což je čára, která pomyslně spojuje nejvyšší body v povodí (10).

Správa vodních toků vychází ze zákona o vodách č. 254/2001 Sb., v platném znění, kdy vodní toky jsou předmětem správy. Člení se na významné vodní toky a drobné vodní toky. Rozhodujícími správci toků jsou – státní podniky Povodí, Lesy ČR, s.p. v působnosti Ministerstva zemědělství (10).

Důležitá je podrobná znalost charakteru povodí malých toků, ta rozhoduje o vzniku a průběhu srážkového odtoku. Velikostně malá povodí vytvářejí rychle probíhající a velké specifické odtoky, protože bývají zasažena na celé své ploše tzv. přivalovými dešti (10).

Pro průtokový režim malých toků je typická velká rozkolísanost průtoků. Znalost průtokových poměrů je nezbytná především pro navrhování jejich úprav, také pro meliorační, odvodňovací, energetické, závlahové účely, pro zásobení vodou. Průtoky se na tocích zjišťují ve výskytu, trvání a množství. Tato pozorování zajišťují hydrologická oddělení hydrometeorologických ústavů (10).

3.6 Revitalizace

Revitalizace je proces znovuoživení, při němž dochází k návratu vybraného krajinného prvku do přirozeného či přírodě blízkého stavu. Tento proces probíhá přirozenou cestou nebo pomocí technických opatření (10).

Revitalizační úpravou je vyvolán obnovný proces, tedy postupná obnova ekologické funkce vodního toku. Revitalizační opatření na vodním toku jsou jedním z článků revitalizačního procesu v povodí. Procesu, který usměrňuje vývoj toku a jeho okolí ke stavu, který byl dosažen přirozeným vývojem (17).

Pojem revitalizace vodních a mokřadních ekosystémů představuje znovuoživení těchto ekosystémů. Vlastní revitalizace se provádí úpravou některé z biotických složek ekosystémů doplněnou většinou úpravou fyto­složky (výsadba makrovegetace). Těmito úpravami dochází v sukcesní řadě ke změnám v ostatních složkách ekosystémů s tím, že odezva jednotlivých složek je závislá na charakteru revitalizačního opatření, jakosti jeho provedení, charakteru ekosystému před revitalizací atp. (17).

Relativně rychle reagují na provedené revitalizace společenstva mikrovegetace (fytoplankton, fytobentos) a bezobratlých (zooplankton, zoobentos), středně rychle reagují společenstva makrovegetace, nejdelší dobu odezvy lze očekávat u půdně morfologických projevů revitalizací (17).

3.6.1 Vývoj způsobu revitalizací

Ještě před rokem 1992 bylo za úspěšně revitalizovaný tok považováno koryto potoka ponechané v betonových deskách a vybavené kaskádou vložených dřevěných prahů. Dnes je již v řadě případů běžná úprava trasy koryta a podélného sklonu, snižování kapacity koryta, celkovém odstranění opevnění – tedy opatření a zásahy před lety těžko proveditelné (39).

3.6.2 Dělení revitalizací

Pro obnovení přirozeného rázu vodního prostředí směřují tři typy procesů:

- Dlouhodobá samovolná renaturace

Jedná se o zanášení upravených koryt splaveninami, zarůstání bylinami a dřevinami, postupném rozpadu umělých opevnění, příčných objektů a dalších technických prvků v korytech. Zásahy člověkem by měly být omezeny pouze na opodstatněnou činnost jako je čištění koryt, likvidace usazenin a porostů (1).

- Postupná renaturace je velmi pomalý děj a v jednotlivých případech může být dosažení plně uspokojivého stavu velmi vzdálené. U koryt opevněných polovegetačními tvárniciemi může samovolná renaturace trvat více než dvacet let, ale i přesto koryto bude jen částečně zaneseným, zarostlým korytem s polovegetačními tvárniciemi (1).

Ne ve všech situacích mohou přirozené procesy působit k obnově přírodě blízkého stavu. Obzvláště nepříznivé je zahloubení upravených koryt. Koryto má tendenci samovolně se dál zahlubovat (1).

- Renaturace povodněmi

Přirozená koryta a nivy může průběh povodní přetvářet, nemění však jejich podstatu. Upravená koryta a nivy však může ovlivnit zásadním způsobem.

U částečně upravených koryt bez souvislého pevného opevnění může povodní vytvořená soustava nánosů a břehových nátrží do značné míry obnovit přírodě blízký průběh trasy, příčný i podélný profil koryta, a tím podstatě revitalizovat.

V úsecích toků a niv ve volné krajině je třeba podporovat obnovu přirozeného rázu (1).

- Technická revitalizace

Revitalizacemi v širším smyslu se rozumějí takové zásahy, které se snaží posílit přírodní a krajinné hodnoty a současně příznivé vodohospodářské funkce vodního prostředí. Tato jednotka přínosů se mimo jiné promítá v pevné přesvědčení, že v oblasti revitalizací mají biolog, krajinář, vodohospodář hledat společný postup (17).

3.6.3 Cíle revitalizace drobných vodotečí

Kupec uvádí, že není cílem revitalizace návrat k „přirozenému“ stavu, ale zajistit dostatečnou diverzitu toku se zastoupením všech potřebných biotopů. Je nutné věnovat pozornost stanovení limitů pro dobrý potenciál silně ovlivněného toku. Cílem revitalizací by mělo být dosažení co nejlepšího ekologického potenciálu. Ke snížení potřebných finančních prostředků pro revitalizaci je třeba při návrhu ponechat a využít všechny kladné prvky, které tok v současnosti má (17).

Vrána uvádí, že cílem revitalizace je nepochybně „návrat do stavu bližšího přirozenému“. Revitalizace by měla znamenat zlepšení stavu vodního toku a jeho nivy v řadě parametrů (39).

Revitalizace toku by neměla řešit pouze jeden nebo jen některé problémy, ale být komplexním řešením, vycházejícím z řady sledovaných charakteristik. Jedná se o komplex vodohospodářských efektů (doba průchodu vody revitalizovaným úsekem,

objem vody v korytě, kontaktní povrch profilu koryta, zvýšení zásoby podzemní vody v údolní nivě, chování koryta za povodňových průtoků, průtok vody údolní nivou), efektů biologických a krajinářských (zvýšení biodiverzity, migrační prostupnosti, zvýšení zeleně v krajině), efektů užitkových (obnovení ryb v toku), společenských (estetický vzhled, pobytová hodnota prostředí), případně dalších. Některé z těchto charakteristik lze exaktně měřit, a tím určovat míru úspěšnosti realizované revitalizační akce (39).

3.6.4 Podklady pro návrhy revitalizačních úprav

Pro návrh revitalizace malých vodních toků je zapotřebí získat co nejúplnější informace o vodním toku a jeho povodí (10).

Součástí je terénní průzkum současného stavu. Dalšími zdroji informací jsou měřičský elaborát pro původní úpravu, projekt úpravy toku, dokumentace skutečného provedení, podklady z evidence nemovitostí (5).

Průzkumy a šetření se provádí v rozsahu a hloubce nezbytně nutné pro návrh revitalizace a pro vyhodnocení jejích účinků na přírodní poměry a výrobní podmínky zájmového území. Zhodnotí všechna protichůdná stanoviska a navrhne řešení (10).

Charakter revitalizovaného toku by měl být volen tak, aby se co nejvíce blížil stavu charakteristickému pro daný tok. Měly by být použity materiály z míst, kde je revitalizace prováděna. Případnou výsadbu je nutné volit tak, aby kořenové systémy stromů v budoucnu zpevňovaly a stabilizovaly břehy toku a zároveň vytvářely potenciální úkryt pro živočichy jak na souši, tak i ve vodě (17).

Pokud je to možné, je třeba při zvýšených průtocích umožnit rozliv vodotečí na okolní pozemky. Je potřebné akceptovat, že ukládání sedimentů v toku není nežádoucím jevem, ale nedílnou součástí jeho správné ekologické funkce (17).

Před zahájením prací na realizační projektové dokumentaci je účelné zpracovat studii, řešící komplexně součinnost jednotlivých revitalizačních opatření. Tato studie jasně definuje revitalizační záměr a stanoví priority realizace jednotlivých opatření. Současně tento typ studie umožní „průchodnost“ akce z hlediska vlastnických vztahů a z hlediska finančních dotací (17).

3.7 Revitalizační objekty

Objekty využívané při revitalizacích vodních toků se liší od objektů využívaných v praxi úprav vodních toků. Jedná se především o rozdíly v dimenzích, materiálech objektů i funkčním poslání objektů (17).

Objekty revitalizační praxe mají charakter biologických, biotechnických prvků realizovaných často z materiálu z místních zdrojů (padlé kmeny, kameny v tocích).

Mimo nezbytné hledisko hydraulické a hydrotechnické musí revitalizační objekty harmonizovat s nároky fauny a flóry, resp. splňovat hlediska estetická a krajinná.

Při vlastní realizaci objektů se umísťuje větší množství objektů menších rozměrů, nesmí však docházet k nadměrné semenci toku (17).

3.7.1 Rozdělení objektů na vodních tocích

- Prahy

Slouží pro stabilizaci dna koryta. Jsou to nízké příčné stavby zapuštěné do dna nebo mají charakter nízkých stupňů. Prahy nepřerušují břehové linie a při vyšších průtocích jsou zaplaveny vodou. Těleso prahů je zavázáno do břehu a zabezpečeno proti podtékání vodou. Vhodným materiálem na prahe je kámen, beton, dřevo (10).

Tento druh opevnění se používá především u malých vodních toků. Umožňuje zachovat v upraveném toku členitost dna, což má velký význam při zachování biologické hodnoty upraveného toku (10).

- Stupně

Stupně jsou přelivné objekty vyšší než 0,3 m, jejichž koruna je v úrovni nivelety dna horního koryta. Nemají záchytný prostor a jejich funkcí je vytvářet vyrovnaný sklon dna. Stupeň má vytvořit ve dně náhlý skok, který zmenší podélný sklon nivelety dna (10).

Těleso stupně se buduje nejčastěji z kameninového zdiva, ze dřeva, drátokamenných matrací, betonu (10).

- Skluzy

Přes skluzy voda proudí po skluzové ploše a neodděluje se od jejího povrchu. Skluzy tvoří základy z betonu a skluzová plocha z kamenné dlažby na cementovou maltu. Oba břehy skluzu musí být opevněny (10).

- Jezy

Jezy jsou budovány kolmo k jejich podélné ose tak, že odstupňují dno, avšak přepadovou hranou přečnivají jeho úroveň v horní trati, tak způsobí vzduť hladiny horní vody. Toto vzduť, jehož výška se mění podle velikosti průtoku, je buďto trvalá u tzv. pevných jezů, jejichž hradící stěna je pevná, anebo se může měnit u tzv. pohyblivých jezů, které nejsou na pevném prahu pohyblivé hradící konstrukce (10).

3.8 Opevnění koryt a stabilizace břehů

Opevňování koryt je v praxi revitalizací zcela nevhodné. Je však několik výjimek. Pokud se týká nížinných toků, pak zde mají určité typy opevnění oprávnění ve velmi namáhaných částech toků, případně v revitalizacích v místech, kde může mít vyšší korytotvorná činnost toku negativní následky z hlediska majetku, či lidských životů (17).

3.8.1 Vegetační opevnění

Vegetační opevnění koryt vodních toků je nejpřirozenější typ zpevnění a patří mezi nejstarší typy opevnění. Od poloviny 20. století, s rychlým nástupem techniky, se začal na úkor vegetačního zpevnění používat kámen a beton (10).

- Zatravnění – patří mezi nejstarší způsoby zpevňování a používá se často i v současnosti. Účelem travních porostů je vytvářet ochranné pásy, které omezují smyvy do vodního toku a zároveň slouží k přirozenému opevnění koryta. Travní porosty vyžadují pravidelné sečení (10).
- Vodní a břehové rostliny – často jsou jediným zpevňovacím materiálem v neupravených korytech. Význam rostlin, kromě uvedené zpevňovací funkce, je velmi velký (10).

3.8.2 Nevegetační opevnění

Nevegetační opevnění se používá všude tam, kde nevyhovuje vegetační opevnění, například díky vysoké vymílací rychlosti, stísněním prostorovým poměrů v intravilánu, silné znečištění toku, nevhodné podmínky pro vegetaci z hlediska splaveninového režimu apod. (17).

- Kamenný a štěrkový pohoz dna – provádí se z lomového kamene, říčního tříděného štěrku nebo drceného betonu tak, že se kámen na zpevňovanou plochu vysype a rozhrne bez urovnání (17).

- Kamenný zához – zhotovuje se z lomového kamene. Zához poskytuje bezpečné zajištění patky svahu a tvoří pevnou oporu dalšímu opevnění svahu.
- Kamenná rovnanina – realizuje se z neopracovaných kamenů nebo betonových prvků, které se kladou na sucho těsně vedle sebe. Spáry se vyklíňují menšími kameny (17).

3.8.3 Kombinované opevnění vegetační a nevegetační

Jde převážně o oživení nevegetačních způsobů opevnění. Mezi nejčastější typy kombinací vegetačních a nevegetačních opevnění (21).

- Oživený pohoz – do mezer kamenného pohozu se vkládají vrbové sazenice a zasypou se hlínou (10).
- Oživený štěrkový koberec – pohoz se pokryje vrstvou ornice (21).
- Oživený zához a rovnanina – oba typy opevnění se oživují nejčastěji vrbovými řízků (21).

3.9 Funkce vegetačního doprovodu

Vegetační doprovod vodních toků a nádrží je jedním ze stavebních kamenů územních systémů ekologické stability (ÚSES). Je součástí ekologicky vyvážené krajiny, jednou z forem rozptýlené zeleně rostoucí mimo ucelené komplexy. Je tvořen dřevinami a bylinami rostoucími podél vodních toků. V souvislosti s úpravami vodních toků, budováním liniových staveb podél vodních toků aj. se začal negativně projevovat úbytek břehových i doprovodných porostů (16).

3.9.1 Vegetační úpravy

Vodní toky jsou důležitým prvkem krajiny. Při správném vývoji a stavu projevují velmi prospěšnými krajinnými účinky povahy ekologické, biologické, hydrologické, půdoochranné, estetické. Tyto jednotlivé funkce se nesmějí prováděnými úpravami toků porušit. Je nutné je naopak zachovat a podle potřeby v účinnosti ještě zvyšovat pro zlepšení krajinného a životního prostředí (12).

3.9.2 Základní funkce vegetačních doprovodů vodních toků a nádrží

- Protierozní, protiabrazní (působení nadzemní i podzemní části, také ochrana proti vodě přitékající z okolních pozemků).

- Protideflační (ochrana proti zanášení říčního koryta, či nádrže větrem transportovaným materiálem).
- Ochranná (ochrana před zarůstáním nebo zanášením říčního koryta. Při nadměrném svitu na vodní hladinu dochází v součinnosti s nízkými vodními stavy k zvýšenému růstu vodní flóry. Důsledkem je kyslíkový deficit v nádrži a snížená schopnost koryta provést zvýšený průtok).
- Vliv na jakost vody (vliv na samočisticí schopnost vody). Předpokladem je dostatečně prokysličený vodní proud a přítomnost organismů ve vodě (jejichž stanovištěm jsou nerovnosti ve dně, kořeny a části rostlin). Úplné zastínění hladiny je nežádoucí. S rostoucím zastíněním toku klesá jeho samočisticí schopnost (17).

Břehové porosty jsou v přímé interakci s tokem, vodohospodářská a revitalizační praxe přímo využívá jejich funkcí k dosažení cílů úprav a revitalizací. Jsou zdrojem organické hmoty, mají samočisticí funkci. Jejich nadměrné množství však může zhoršit životní podmínky ryb rozkladem organické hmoty, odčerpávají kyslík, mění se pH (34).

3.9.3 Volba dřevin

Vhodnou druhovou skladbu nejlépe určíme na základě fytoecologických šetření. Břehové a zejména plošné porosty mají charakter lesních porostů. Je nezbytné při navrhování jejich druhové skladby využít poznatků lesnické typologie (17).

Výběr druhové skladby vychází z podmínek dané lokality a z druhového složení původních dřevin (39).

Vegetace by měla být kombinovaná ze stromů a keřů, což odpovídá přirozenému prostředí, a také jsou důležité pro život řady živočichů a navíc také pod sebou duší bujný plevel. Výsadba by měla být realizovaná v horizontálním i vertikálním členění. Z hlediska úspornosti je vhodné vysazování dlouhověkých, pomalu rostoucích dřevin a pionýrské dřeviny ponechat k šíření náletem či výsevem (39).

3.9.4 Druhová skladba porostů

Cílem zakládání břehových a doprovodných porostů je vytvoření vegetačního společenstva, které svou druhovou skladbou nejlépe odpovídá stanovištním podmínkám, se zastoupením jednotlivých druhů dřevin blížících se porostům, jež by v těchto podmínkách vznikly přirozeným vývojem (33).

Obecně lze říci, že v rámci břehových porostů jsou nejpoužívanějšími dřevinami olše (*Alnus*), vrby (*Salix*), jasan (*Fraxinus*), javor (*Acer*), jilm (*Ulmus*), topol (*Populus*)

aj. Z keřů pak především keřové vrby (*Salix*), svída (*Cornus*), brslen (*Euonymus*), hloh (*Crataegus*), krušina (*Frangula*) aj. (33).

3.9.5 Travinobylinné porosty

Během revitalizačních projektů vzniká potřeba ozelenění obnažené půdy travinobylinnou vegetací. Způsob řešení je třeba volit podle účelu, který může být však rozdílný (1).

Obecně bývá osévání ploch při revitalizaci problémové. Užívají se speciální regionální směsi, tvořené jen základními druhy (1).

Specifickým způsobem obnovy a zakládání travních porostů je přenášení drnů z druhově bohatých lučních porostů. Je nutné zvážit, zda luční porost nevyrostl z roku na rok a drn z této louky představuje hodnotný materiál, který by mohl být dobře využit. Drn po sejmutí se ukládá do nevysokých rovnanin, a co nejdříve se aplikuje (1).

3.10 Jakost povrchových vod

Jakost vody je souhrn jejich fyzikálních, chemických a biologických vlastností, přičemž jakost vody rozhoduje o jejím dalším využívání. K jednotlivým způsobům využívání musí být voda čistá, bez škodlivých příměsí fyzikální, chemické nebo biologické povahy, s dostatečným obsahem kyslíku a přiměřené tvrdosti a teploty. Jakost vody je ovlivněna jak přírodními tak antropogenními faktory (24).

Jakost povrchových vod ovlivňují také zásadním způsobem bodové zdroje znečištění (města, obce, průmysl) a znečištění plošné (látkové odnosy infiltrací půdním profilem, erozní smyvy, atmosférické depozice, rozptýlené malé zdroje) (18).

V kategorii bodového znečištění postupně získalo dominantní postavení znečištění komunálního charakteru jako důsledek rychlé urbanizace území, hromadné bytové výstavby a nedostatečné výstavby čistíren odpadních vod (18).

Informace o kvalitě vody představují základní informace o dějích, které probíhají v území. Při průtocích kolem Q_{270d} se mění kvalita vody pozvolna v souvislosti s vegetačními fázemi a tomu odpovídajícími lidskými aktivitami v povodí. Při větších průtocích způsobených srážkovou činností, táním sněhových mas nebo jinou technickou činností v povodí, se však kvalita výrazně mění. Ve vodě se objevují částice smyté z povrchu půdy, erodované částice a částice z abraze břehů toku, geneticky „jiná voda“ vytěsněná náhle z půdního prostředí a jiné vlivy. Jakost vody je v okamžiku,

když voda opouští půdní a horninové prostředí odvislá od geologického a s tím souvisejícího půdního pokryvu povodí. Již v prameništi se však může jakost vody měnit (18).

3.10.1 Jakost vody při revitalizacích

Jakost vody je nezbytnou součástí úspěšné revitalizace. Tok zatížený organickým znečištěním nebo toxickými látkami nelze revitalizovat z důvodu popření základních požadavků revitalizace tzv. přirozené oživení toku. U toku, který je silně zatížen živinami (eutrofizován) je situace sporná. Voda sice není opticky znečištěna, ale zvýšené množství živin umožní vznik polysaprobních společenstev.

Před definitivním rozhodnutím o revitalizaci toku by proto měla předcházet jednak analýza kvality vody a jednak studie povodí, zahrnující i bodové a plošné zdroje znečištění (39).

3.10.2 Kontrola jakosti vod

Za sledování státních sítí jakosti vod je zodpovědný Český hydrometeorologický ústav, dále jen ČHMU. Odběry vzorků povrchových a podzemních vod a jejich rozborů zajišťuje ČHMU v externích akreditovaných laboratořích. Výhodou monitoringu ve státní síti sledování jakosti vod je celorepublikové pojetí této problematiky (10).

3.10.3 Legislativa jakosti povrchových vod

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. 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

Toto nařízení v souladu s právem Evropské unie stanoví ukazatele vyjadřující stav povrchové vody, ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod, ukazatele a hodnoty přípustného znečištění odpadních vod, ukazatele a hodnoty přípustného znečištění odpadních vod pro citlivé oblasti a pro vypouštění odpadních vod do povrchových vod ovlivňujících kvalitu vody v citlivých oblastech (42).

Nařízení vlády č. 71/2003 Sb. o stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů, o zjišťování a hodnocení stavu jakosti těchto vod

Tímto nařízením se stanoví povrchové vody, kterou jsou vhodné pro život a reprodukci původních druhů ryb, dalších vodních živočichů. Rozděluje vody na lososové a kaprové, za účelem zvýšení ochrany těchto vod před znečištěním a zlepšení jejich jakosti. V příloze č.1 k tomuto nařízení je uveden seznam povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů. Ukazatele, cílové a přípustné hodnoty jakosti povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů, analytické metody pro stanovení těchto ukazatelů, minimální četnost odběrů vzorků a měření a další podrobnosti jsou stanoveny v příloze č. 2 k tomuto nařízení (43).

3.11 Znečišťování vod

Znečišťování vod se rozumí každá změna chemických, fyzikálních a biologických vlastností při srovnání s jejich přírodním stavem. Změny mohou být způsobeny organickými a anorganickými nečistotami, inertními látkami, mikroorganismy, látkami mutantními a karcinogeny a radionuklidy (18).

Mohutný rozvoj všech odvětví lidské činnosti vede k enormnímu znečišťování vod. Silně znečištěné jsou nejen povrchové vody ve státech s vyspělým průmyslem a zemědělstvím, ale nebezpečně roste znečišťování vod podzemních a vod oceánů (29).

Povrchové i podzemní vody jsou vystaveny vysokému antropogennímu působení, především při povrchovém odtoku, při průsaku půdou, při styku a následnou kontaminací s cizorodými látkami nebo i s nadměrným množstvím přírodních látek. Příčiny a důsledky znečišťování vod jsou různé, vždy však dochází k narušení autoregulační schopnosti vodního systému, zhoršení jakosti a čistoty vody (24).

V dnešní době si velkou pozornost vyžadují ve vodách radioaktivní látky a také např. rezidua související s antropogenními vlivy, civilizací, životní úrovní např. antibiotika, hormony, pesticidy (24).

Mezi nejvýznamnější chemické látky, které jsou ve vodách rozpuštěny, patří volné kyseliny, chloridy, sírany, dusičnany, těžké kovy a plynné látky. Rozpuštěné příměsi se někdy ve vodách projevují charakteristickým zbarvením, někdy však voda zůstává čirá, takže podle barvy nelze hodnotit chemické znečištění (10).

Za nejvýznamnější ukazatele biologického znečištění jsou považovány toxické látky, zplodiny hnilobného rozkladu, mikroorganismy, bakterie, zárodky různých chorob (10).

Fyzikální znečištění zahrnuje např. změnu teplotního režimu vod. V oteplených vodách se snižuje rozpustnost kyslíku ve vodě, zvyšuje rozkladnost pochodů ve vodách, urychluje vývoj vodních organismů. Voda s teplotou nad 32 °C působí na většinu vodních organismů letálně (29).

Ve znečištěných vodách dochází často ke kombinaci znečištění fyzikálního, biologického a chemického. Tato kombinace má za následek zesílení škodlivého účinku jednotlivých látek (24).

3.11.1 Vodní eroze

Eroze je přirozený proces, kdy je půda mechanicky a chemicky rozrušována a odnášena vodou. Při hospodářském využívání, mnohdy nevhodným způsobem a špatnou organizací půdního fondu, je množství erozního odnosu mnohonásobně vyšší, než na půdách pokrytých přirozenou vegetací. Odnosem půdy a živin dochází nejen k poškozování půdy, zároveň však produkty eroze zanášejí přilehlé pozemky, vodní toky, nádrže, poškozují vodní nádrže. Nadměrný výskyt splavenin a plavenin je považován za projev fyzikálního znečištění. Při zanášení vodních toků se zvyšuje niveleta dna, což zvětšuje možnost vzniku povodní a zvyšuje hladinu podzemní vody (24).

V zemědělsky využívané krajině se v půdě vyskytuje vysoké množství různých chemických látek. Tyto látky představují výrazné nebezpečí pro vodní zdroje (24).

Zdroji chemických látek jsou především průmyslová hnojiva a pesticidy. Dále sem patří různé odpady vznikající v zemědělství, které se likvidují ukládáním na zemědělskou půdu nebo do půdy (24).

3.11.1.1 Stav vodní eroze v České republice

Vodní eroze se nejničivěji projevuje na jižní Moravě. Částice půdy se vyplavují a následně kontaminují podzemní i povrchové vody, kde může lokálně docházet k odnosům v řádech stovek tun na hektar a rok (Obr.č.1). I přes to odnáší jen Labe z Čech ročně až 1 mil.tun splavenin. Předpokládá se, že převážná část splavenin pochází z eroze zemědělských půd. Významně se však podílí i eroze z ploch obnažených v důsledku stavební činnosti, eroze polních, lesních cest, koryt břehů toků při povodních apod. Současný stav zemědělských půd ohrožených vodní erozí není uspokojivý (38).

3.11.2 Vliv průmyslu a odpadních vod

Antropogenním činitelem způsobujícím znečištění vod je průmysl, který produkuje množství odpadních vod. V průmyslovém odvětví se používá při výrobních procesech velké množství vody. Většina odpadních vod obsahuje toxické látky, složení a koncentrace závisí na druhu odvětví a použitých technologiích (24).

V nařízení vlády č.401/2015 Sb. v platném znění jsou pro jednotlivá odvětví průmyslu uvedeny emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod. Dalším aktuálním problémem je tepelné znečištění vodních toků. Elektrárny odebírají vodu z toku do chladících věží, tato voda se pak vrací do toku o několik stupňů teplejší. Při vyšších teplotách dochází k růstu sinic a řas, což vede ke zhoršení bilance kyslíku (24).

Velké množství nečistot se dostává do vod ze sídlišť. Jedná se o směs splachů z ulic a střech, odpadních vod. Jako zvlášť nebezpečné jsou odpadní vody z nemocnic a zubních ordinací, které obsahují velké množství rtuti. Do sídlišťního znečištění je také zařazeno znečištění způsobené zimní údržbou vozovek – sůl, písek, štěrk (10).

3.11.3 Znečištění vod ze zemědělství

Významným znečišťovatelem povrchových i podzemních vod je intenzivní zemědělství. K nepříznivým činnostem v rostlinné výrobě patří velkoplošné hospodaření, těžká mechanizace, aplikace chemických prostředků a průmyslových hnojiv. V živočišné výrobě se pak jedná především o velkokapacitní chovy a následná likvidace odpadů (10).

V minulosti byla průmyslová hnojiva aplikována v nadměrném množství bez ohledu na klimatické a půdní podmínky, konkrétní potřeby pěstovaných plodin. Živiny, které rostliny nevyužijí, se dostávají do povrchových i podzemních vod. Jedná se především o hnojiva ve vodě dobře rozpustná. Proto je vhodné ve vodohospodářsky významných oblastech aplikovat hnojiva s postupným uvolňováním živin. S průmyslovými hnojivy se do půdy dostávají také těžké kovy (24).

Statková hnojiva jsou při správném používání méně závažným zdrojem znečištění, dále jsou významným zdrojem organických látek a živin. Při používání statkových hnojiv je nutné brát zřetel na aplikované množství, roční období a stanovištní podmínky (10).

Negativní vliv na vodní zdroje mají chemické prostředky na ochranu rostlin – pesticidy. Pesticidy působí toxicky a mohou mít mutagenní a karcinogenní účinky (10).

Za velmi nebezpečný zdroj znečištění jsou považovány silážní štávy, které mají vysoké hodnoty BSK₅, CHSK a vysoký počet bakterií. U povrchových vod silážní štávy narušují kyslíkový režim, umožňují rozvoj železitých a manganových bakterií (10).

3.11.4 Eutrofizace vod

Při eutrofizaci vod dochází k neustálému obohacování vodního prostředí živinami. Určitá míra eutrofizace je přirozeným fenoménem a je způsobena výplachem živin z půdy a rozkladem mrtvých organismů. Nepřirozená eutrofizace je spojená s intenzivní zemědělskou výrobou, používáním minerálních hnojiv, vypouštěním odpadních vod (28).

Eutrofizace narušuje rovnováhu vodních ekosystémů, ohrožuje zdraví lidí i zvířat. Eutrofizované vody podporují rozvoj primárních producentů a následně dochází k nadprodukci biomasy, fytoplanktonních organismů nebo k zvýšenému rozvoji vodní makrovegetace (10).

Hlavní příčinou antropogenní eutrofizace povrchových vod, která začala růst přibližně v padesátých letech dvacátého století, je intenzivní využívání sloučenin fosforu, zemědělská výroba spojená s hnojením a zvýšená produkce odpadních vod (14).

Toxiny sinic se nazývají cyanotoxiny a mohou být příčinou alergických reakcí, poruch trávicího traktu, onemocnění jater. Kromě produkce toxických látek dochází ke zhoršení organoleptických vlastností vody (pach, barva, chuť, zákal). Nadměrný rozvoj fytoplanktonu je možno snížit aplikací chemických látek např. síranem měďnatým (24).

3.11.5 Acidifikace vod

Se znečištěním vod souvisí i výskyt kyselých dešťů. Škodliviny, které se podílejí na jejich vzniku, jsou oxid uhličitý, oxid dusíku, kyselina sírová a siřičitá, kyselina dusičná. Kyselé deště ovlivňují úrodnost půd. Změna pH půdy má za následek uvolnění toxických iontů do půdního profilu a užitečné ionty jsou naopak z půdy vyplaveny. Uvolněné toxické kationty představují zdravotní riziko i pro člověka. Mobilizovaná měď způsobuje průjmy (28).

Vlivem acidifikace povrchových vod dochází k poškozování vodní flory a fauny, včetně vymizení některých druhů a dále ke snižování biodiverzity (24).

Nejúčinnější opatření ke snížení kyselé atmosferické depozice je snížení spalování fosilních paliv (24).

3.11.6 Toxicita

Toxicita je vliv jedovatých látek brzdící, až zcela usmrcující vodní organismy. Z biologického hlediska je vliv toxikantu významný pokud ovlivňuje organismy v takové míře, že je narušena schopnost rozmnožování, růstu, vitalita nebo rozšíření organismu (14).

3.11.7 Saprobity

U saprobity se jedná o organické znečištění, tedy obsah organických látek schopných biochemického rozkladu. Jde o nejrozšířenější formu znečištění povrchových vod. Organické znečištění ovlivňuje organismy žijící v toku především snížením koncentrace dostupného kyslíku ve vodě (15).

3.12 Výskyt těžkých kovů ve vodách

Z chemického hlediska bývají těžké kovy určeny měrnou hmotností nad 5 000 kg/m³. Téměř všechny kovy se ve vodách vyskytují přirozeně alespoň ve stopovém množství. Přirozená koncentrace kovů závisí na geologických podmínkách, vyšší koncentrace bývají například v blízkosti rudných nalezišť. K obohacení dochází stykem vody s horninami a půdou (2).

Hlavním antropogenním zdrojem kovů jsou odpadní vody z těžby a zpracování rud, z hutí, z válcoven, z povrchových úpraven kovů, z textilního a kožedělného průmyslu. Také atmosferické vody znečištěné exhalacemi ze spalování fosilních paliv a výfukovými plyny mohou být významným zdrojem kovů v povrchových vodách. Dalším zdrojem kovů ve vodách mohou být materiály, se kterými přichází voda do styku při rozvodu potrubím. Stejně jako v sedimentech se kovy hromadí i v čistírenských kalech. Při biologickém čištění odpadních vod dochází k absorpci těžkých kovů na primárním, ale především na biologickém kalu (25).

Také některé zemědělské chemikálie přispívají k obohacení prostředí těžkými kovy (2).

Největší nebezpečí z hlediska toxicity představuje rtuť, kadmium, olovo a arsen. Tyto kovy zpomalují růst organismů a činnost enzymů, a ovlivňují tak samočistící pochody (2).

3.13 Legislativa

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

Hlava I

§ 1 Účel a předmět zákona

(1) Účelem tohoto zákona je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství. Účelem tohoto zákona je též přispívat k zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou a k ochraně vodních ekosystémů a na nich přímo záviselých suchozemských ekosystémů (37).

(2) Zákon upravuje právní vztahy k povrchovým a podzemním vodám, vztahy fyzických a právnických osob k využívání povrchových a podzemních vod, jakož i vztahy k pozemkům a stavbám, s nimiž výskyt těchto vod přímo souvisí, a to v zájmu zajištění trvale udržitelného užívání těchto vod, bezpečnosti vodních děl a ochrany před účinky povodní a sucha. V rámci vztahů upravených tímto zákonem se bere v úvahu zásada návratnosti nákladů na vodohospodářské služby, včetně nákladů na související ochranu životního prostředí a nákladů na využívané zdroje, v souladu se zásadou, že znečišťovatel platí (37).

§33 Zranitelné oblasti

(1) Zranitelné oblasti jsou území, kde se vyskytující

a) povrchové nebo podzemní vody, zejména využívané nebo určené jako zdroje pitné vody, v nichž koncentrace dusičnanů přesahuje hodnotu 50 mg/l nebo mohou této hodnoty dosáhnout, nebo

b) povrchové vody, u nichž v důsledku vysoké koncentrace dusičnanů ze zemědělských zdrojů dochází nebo může dojít k nežádoucímu zhoršení jakosti vody (37).

3.13.2 Evropská vodní charta

Pro ochranu a zachování dostatku vody pro všechny byla vyhlášena 6. května 1968 ve Štrasburku „Evropská vodní charta“:

- Bez vody není život. Voda je drahocenná a pro člověka ničím nenahraditelná surovina.

- Zásoby sladké vody nejsou nevyčerpatelné. Je proto nezbytné tyto zásoby udržovat, chránit a podle možnosti rozhojňovat.
- Znečišťování vody způsobuje škody člověku a ostatním živým organismům, závislým na vodě.
- Jakost vody musí odpovídat požadavkům pro různé způsoby jejího využití, zejména musí odpovídat normám lidského zdraví.
- Po vrácení použité vody do zdroje nesmí tato voda zabránit dalšímu jeho použití pro veřejné i soukromé účely.
- Pro zachování vodních zdrojů má zásadní význam rostlinstvo, především les.
- Vodní zdroje musí být zachovány.
- Příslušné orgány musí plánovat účelné hospodaření s vodními zdroji.
- Ochrana vody vyžaduje zintenzivnění vědeckého výzkumu, výchovu odborníků a informování veřejnosti.
- Voda je společným majetkem, jehož hodnota musí být všemi uznávána. Povinnost každého je užívat vodu účelně a ekonomicky.
- Hospodaření s vodními zdroji by se mělo provádět v rámci přirozených povodí a ne v rámci politických a správních hranic.
- Voda nezná hranic, jako společný zdroj vyžaduje mezinárodní spolupráci (44).

3.13.3 Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí ve znění zákona č. 100/2001 Sb.

Zákon vymezuje základní pojmy a stanoví základní zásady ochrany životního prostředí a povinnosti fyzických a právnických osob při ochraně a zlepšování stavu životního prostředí a při využívání přírodních zdrojů, vychází z principu trvale udržitelného rozvoje (37).

3.13.4 Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny ve znění zákona č. 381/2009 Sb.

Cílem zákona je za účasti příslušných krajů, obcí, vlastníků a správců pozemků přispět k udržení a obnově přírodní rovnováhy v krajině, k ochraně rozmanitosti forem života, přírodních hodnot a krás, k šetrnému hospodaření s přírodními zdroji a vytvořit

v souladu s právem Evropských společenství v České republice soustavu Natura 2000. Je nutno zohlednit hospodářské, sociální a kulturní potřeby obyvatel a regionální a místní poměry (37).

3.13.5 Nitrátová směrnice

Směrnice Rady 91/676/EHS, ze dne 12.12.1991, o ochraně vod před znečišťováním způsobeném dusičnany ze zemědělských zdrojů – tzv. Nitrátová směrnice. Prováděcím předpisem je nařízení vlády č. 103/2003 Sb. ve znění pozdějších předpisů, o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv (41).

Cílem nitrátové směrnice je snižování znečištění vod, které je způsobené nebo jehož příčinou jsou dusičnany ze zemědělských zdrojů, předcházet dalšímu takovému znečištění (41).

3.13.6 Rámcová směrnice

Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady, ze dne 23.11.2000, ustanovuje rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky – tzv. Rámcová směrnice (41).

Cílem směrnice je stanovit rámec pro ochranu vnitrozemských povrchových vod, braktických vod, pobřežních vod a podzemních vod, který zabrání dalšímu zhoršování jejich kvality. Dále podpora trvale udržitelného užívání těchto vod, povede ke zvýšené ochraně a zlepšení vodního prostředí, zajistí cílené snižování znečišťování podzemních vod a přispěje ke zmírnění účinků povodní a období sucha (41).

3.14 Stanovované parametry

3.14.1 pH

Hodnota pH má velký vliv na chemické a biologické pochody ve vodách i formy výskytu jednotlivých látek a jejich účinky na vodní organismy (30).

V čistých povrchových a podzemních vodách kolísá pH od 4,5 do 8,3, což je nejčastěji dáno tzv. uhlíčanovou rovnováhou. Tuto rovnováhu mohou ovlivňovat huminové látky, vyšší koncentrace sulfanu, fosforečnanů, sloučenin boru a křemíku (30).

Nízké pH vody bývá nejčastěji tam, kde je ve vodě málo vápníku a kde se rozkládá mnoho organických látek (listí, jehličí, rašeliniště). Snížení pH povrchových vod bývá často způsobeno kyselými odpadními vodami (např. silážní šťávy), nebo

kyselými dešti. Zvýšení pH je nejčastěji způsobeno intenzivní fotosyntézou vodních rostlin a odpadními vodami (14).

Atmosférické srážky bez obsahu znečišťujících látek, mají hodnotu pH v rozmezí 5 až 6 (24).

3.14.2 Teplota vody

Teplota vody má významný vliv na kvalitu a vlastnosti vody. U povrchových vod závisí na počasí, slunečním záření, hloubce, pohybu, průhlednosti, barvě a dalších faktorech. Nejvýrazněji teplotu vody ovlivňuje sluneční energie – absorpce paprsků, dále předávání tepla z ovzduší a nepatrně i ze dna toku (6).

Na teplotě závisí chemické a biochemické děje, které probíhají ve vodě. Při teplotách blízkých se nule téměř neprobíhají biochemické děje, čímž je omezena samočisticí schopnost vody. S rostoucí teplotou se zvyšuje podíl toxického nedisociovaného amoniaku na celkové koncentraci amoniakálního dusíku (25).

Teplota má vliv i na rozpustnost kyslíku, tuhých látek, plynů, agresivitu vody (25).

3.14.3 Kyslík

Kyslík je nejvýznamnější z rozpuštěných plynů ve vodě, která s ním netvoří iontové sloučeniny. Množství rozpuštěného kyslíku ve vodě závisí na atmosferickém tlaku, množství rozpuštěných látek ve vodě a především teplotě vody (15).

Deficitní stavy kyslíku ve vodách mohou nastat při vysokých teplotách, kdy se zvyšuje rychlost chemických reakcí (24).

Podzemní vody obsahují malé množství kyslíku, protože při infiltraci vody půdním prostředím dochází k jeho spotřebování při chemických a biochemických pochodech (24).

Kyslík je limitujícím faktorem zajišťujícím samočisticí schopnost vody. Koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě udává čistotu vody v tocích. Dle obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě se vody zařazují do tříd z hlediska čistoty (24).

3.14.4 Mangan

Přírozený výskyt manganu v přírodě je vázán na železné rudy. Do vody se dostává nejčastěji z půdy a sedimentů. V sedimentech se jedná o druhý nejčastější kov. Antropogenní zdroje pochází z průmyslových odpadních vod při zpracování rud, z

chemických továren nebo z úpraven vody, kde se používá manganistan draselný jako oxidační činidlo (24).

Ve vodách je množství manganu ovlivněno chemickou reakcí a biochemickou oxidací manganovými bakteriemi. Rychlá biochemická oxidace probíhá již při neutrálním pH vody (25).

Pro rostliny a živočichy se jedná o nezbytný prvek. Ovšem v koncentracích přesahujících $0,3 \text{ mg.l}^{-1}$ negativně ovlivňuje organoleptické vlastnosti vody, především chuť (25).

3.14.5 Železo

Nejrozšířenější železné rudy jsou pyrit, magnetovec, siderit. Železo je v malém množství obsaženo v řadě přírodních hlinitokřemičitanů. Formy výskytu rozpuštěného a nerozpuštěného železa ve vodách závisí na hodnotě pH (14).

Nejvyšší koncentrace železa lze nalést v důlních vodách obsahujících kyselinu sírovou, která vznikla oxidací pyritu. Antropogenní zdroje tvoří odpadní vody z moření kovů, válcoven, drátoven a korozní procesy zejména vodovodního potrubí (24).

V povrchových vodách se koncentrace železa pohybuje od setin do desetin mg.l^{-1} . Při koncentraci vyšší než $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$ negativně ovlivňuje barvu, chuť a způsobuje zákal vody (24).

3.14.6 Kadmium

V České republice se největší množství kadmia spotřebovává při výrobě záporné akumulátorové hmoty a při výrobě niklokadmiových článků, při barvení skla, povrchových úpravách kovů galvanickým pokovováním. Další využití je možné v polygrafickém průmyslu a při výrobě plastických hmot (24).

Kadmium se vyskytuje jako doprovodný prvek při těžbě a zpracování neželezných rud a kovů, v surovinách pro hutní průmysl, při výrobě hnojiv (24).

Kadmium se dostává do prostředí hnojením nekvalitními fosforečnými hnojivy. Ve fosforečných hnojivech dosahuje koncentrace kadmia až 170 mg/kg (25).

3.14.7 Zinek

Nejrozšířenějšími zinkovými rudami jsou sfalerit, smithsonit. Je běžnou součástí hornin, půd a sedimentů (14). Zinek patří mezi esenciální stopové prvky, v

koncentracích nad 30 mg/l je však toxický. Toxicita pro ryby a jiné vodní organismy se projevuje při koncentraci v desetínách mg/l (2).

Zinek se nejčastěji dostává do odpadních vod při zpracování rud, z chemického průmyslu, z hutnictví a slévárenství. Do povrchových vod se dostává také atmosferickým spadem (2).

3.14.8 Měď

V přírodě se měď nejčastěji vyskytuje ve formě sulfidů, ze kterých se může v jejich rozkladu do podzemních vod dostat značné množství mědi (14).

Antropogenním zdrojem mědi v povrchových vodách mohou být odpadní vody z povrchové úpravy kovů, aplikace algicidních preparátů, atmosferické depozice (14).

Měď patří mezi kovy, které snadno komplexují, proto mohou být formy jejího výskytu ve vodách velmi rozmanité. Rozpustnost mědi je v přírodních vodách limitována v kyselé oblasti rozpustnosti malachitu, v neutrální a alkalické oblasti rozpustnosti hydroxidu (25).

V prostých podzemních a povrchových vodách se vyskytuje měď obvykle v koncentracích v jednotkách až desítkách mikrogramů na l⁻¹.

Přísné limity pro koncentraci mědi v povrchových vodách jsou dány její značnou toxicitou pro vodní organismy včetně ryb (25).

3.14.9 Hliník

V přírodě je hliník rozšířen ve formě hlinitokřemičitanů, dalším zdrojem mohou být tzv. kamencové břidlice. Antropogenním zdrojem hliníku jsou odpadní vody z povrchové úpravy hliníku a jeho slitin, z výroby papíru, kůže, barviv (14). Vlivem kyselých srážek se zvětšuje migrace hliníku v půdě, čímž je také způsobena koncentrace hliníku v podzemních a povrchových vodách (25).

Hliník se vyskytuje ve vodách buď v rozpuštěné, nebo suspendované formě. Koncentrace hliníku v prostých podzemních a povrchových vodách se pohybují obvykle jen v setinách až desetínách mg.l⁻¹. Velké množství hliníku obsahují kyselé vody z okolí nalezišť sulfidických rud nebo břidlic (25).

Hliník je toxický pro ryby a byla prokázána i jeho fytotoxicita (25).

3.14.10 Chloridy

V půdách se průměrně vyskytuje 10 mg až 500 mg chloridů na 1 kg. Jejich zvětráváním a vyluhováním přecházejí chloridy do vody. Větší koncentrace chloridů ve vodě pocházejí z ložisek kamenné soli nebo z ložisek draselných solí. Sloučeniny chloru mohou být také vulkanického původu (25).

Ve vodách jsou chloridy chemicky i biologicky stabilní. Jsou hygienicky nezávadné, při vyšších koncentracích ovlivňují chuť vody (25).

3.14.11 Sírany

Hlavními minerály jsou sádrovec a anhydrit. Sírany se také vytváří oxidací sulfidických rud, což je důvod jejich vysoké koncentrace v důlních vodách. Z antropogenních zdrojů se jedná o odpadní vody z mořízen kovů. Dalším zdrojem jsou městské a průmyslové exhalace, obsahující množství SO_2 a SO_3 . Vznikají spalováním fosilních paliv a pronikají do atmosferických vod (25).

Sírany v koncentracích vyskytující se v povrchových a prostých podzemních vodách nemají hygienický význam (25).

3.14.12 Celkový dusík

Dusík je jedním z nejdůležitějších makrobiogenních prvků, nezbytný pro rozvoj mikroorganismů. Je součástí všech biogenních procesů probíhajících ve vodách povrchových, podzemních i odpadních, při vlastním procesu samočištění vod i během čištění a úpravy vody (24).

Přibližná hodnota produkce dusíku na 1 obyvatele/den je cca 12 g celkového dusíku. Dusík se ve vodách vyskytuje v různých formách. Ve vodách se stanovuje anorganicky vázaný a organicky vázaný dusík, který dohromady tvoří celkový dusík. Anorganicky vázaný dusík je zastoupen ve formě amoniakální, dusitanové a dusičnanové. Organicky vázaný dusík se ve vodách nachází ve formě bílkovin a jejich rozkladných produktů, močoviny, monosacharidů (25).

Mezi nejvýznamnější antropogenní zdroje dusíku patří splaškové odpadní vody, odpady ze zemědělství, splachy ze zemědělsky obdělávaných pozemků, z potravinářského průmyslu (24).

3.14.13 Dusitany

V přírodě se jako minerály nevyskytují. Ve vodách jsou velmi nestálé, mohou se snadno biochemicky a chemicky oxidovat nebo redukovat. Vznikají biochemickou oxidací amoniakálního dusíku nebo biochemickou redukcí dusičnanů. V anoxických podmínkách dochází k biologické denitrifikaci na elementární dusík (24).

Mezi antropogenní zdroje patří odpadní vody z výroby barviv, strojírenských závodů, jsou také součástí protikorozních a nemrznoucích látek. Mohou vznikat redukcí dusičnanů při hygienizaci vod a UV zářením (31).

V povrchových tekoucích vodách se zpravidla vyskytují v nízkých koncentracích. Za oxických podmínek se přeměňují na dusičnany, které bývají obsaženy v podzemních vodách nebo hypolimniu hlubokých nádrží, kde je nízký obsah kyslíku (24).

3.14.14 Dusičnany

V Evropě se v minerálech téměř nevyskytují. Dusičnany jsou v aerobním prostředí konečným produktem rozkladu organických látek, ve vodách vznikají nitrifikací amoniakálního dusíku (31).

Hlavním antropogenním zdrojem dusičnanů jsou hnojiva používaná v zemědělství, odpadní vody z domácností, průmyslové odpadní vody a ze spalování fosilních paliv (31).

Dusičnany nejsou v půdě zadržovány a infiltrací se dostávají do podzemních a povrchových vod. Koncentrace dusičnanů v povrchových vodách se pohybují v rozmezí 1 – 100 mg.l⁻¹ (24).

Přítomnost vyšší koncentrace dusičnanů ve vodách je pro člověka nebezpečná, protože v lidském organismu se dusičnany redukují na dusitany a dochází k tzv. methenoglobinémii. Což je proces, při kterém je snížena schopnost krve přenášet kyslík (2).

3.14.15 Amoniakální dusík

Přirozeným zdrojem amoniakálního dusíku jsou rozkladné procesy rostlinných a živočišných organických látek. Antropogenním zdrojem jsou odpadní vody z domácností, průmyslu a ze zemědělské výroby. Významným zdrojem anorganického původu jsou dusíkatá hnojiva (24). Může také vznikat přímo ve vodě redukcí dusitanů nebo dusičnanů (15).

Amoniakální dusík je ve vodách přítomen ve formě disociované (NH_4^+) nebo nedisociované (NH_3^+). Formu výskytu ovlivňuje teplota a pH vody. S rostoucím pH a teplotou vody se zvyšuje koncentrace nedisociované formy. Nedisociovaná forma je toxická pro vodní organismy (11).

3.14.16 Celkový fosfor

Přírodním zdrojem fosforu jsou minerály, zvětralé horniny a půda. Obsah fosforu v půdě kolísá mezi 400 až 1200 mg.kg^{-1} . Mezi antropogenní zdroje fosforu patří fosforečná hnojiva, prací a čisticí prostředky. Významným zdrojem fosforu jsou také živočišné odpady a velkochovy hospodářských zvířat. Zdrojem organického fosforu je rozkládající se biomasa fytoplanktonu a zooplanktonu. Sloučeniny fosforu se do povrchových vod dostávají i z atmosferických depozic (24).

Celkový fosfor je ve vodách zastoupen ve formě rozpuštěné a nerozpuštěné. Dále se rozděluje na anorganicky a organicky vázaný (11).

V koloběhu látek má fosfor a jeho sloučeniny významnou úlohu. Organismy přeměňují ve svých tělech sloučeniny fosforu na organicky vázaný fosfor. Při rozkladu rostlinných i živočišných organismů se fosforečnany opět uvolňují do prostředí. Fosforečnany ve vodách tvoří limitující prvek růstu zelených organismů, především řas a sinic (24).

Vzhledem k eutrofizaci je celkový fosfor významným ukazatelem jakosti povrchových vod. Dále celkový fosfor patří mezi ukazatele přípustného znečištění městských odpadních vod vypouštěných do vod povrchových v závislosti na velikosti zdroje a dále se řadí mezi zpoplatněné ukazatele znečištění vypouštěných průmyslových vod (24).

3.14.17 Chemická spotřeba kyslíku

Při stanovení chemické spotřeby kyslíku se na koncentraci organických látek ve vodě usuzuje podle množství oxidačního činidla, které se za určitých podmínek spotřebuje na jejich oxidaci. Jako oxidační činidlo se v současné době používá zásadně dichroman draselný (25).

Chemická spotřeba kyslíku je jednou ze základních metod určování koncentrace organických látek ve vodách. Mezi organické látky, které se ve vodách vyskytují, patří fenoly, polyfenoly, huminové látky, lignin, ligninosulfonové kyseliny, pesticidy, karcinogenní látky, ropné látky a polychlorované bifenyly (8).

4 METODIKA ZPRACOVÁNÍ

4.1 Odběrná místa

Po délce toku Semíče jsem zvolila 6 odběrných míst, aby bylo možno porovnat vybrané ukazatele s daty uvedenými v publikaci Josefa Budiše Chemicky instrumentované povodí Bělé a Semíče, diplomové práce na téma Úprava v povodí potoka Semíče ing. Michala Lukeše z roku 2002 – 2003 a diplomové práce na téma Zhodnocení stavu toku Semíče a návrh opatření ing. Lukáše Najmana z roku 2013 – 2014. V obci Vanovice bylo odběrné místo stanoveno u místního zahradnictví, kde do toku je sveden levostranný nepojmenovaný přítok. Druhé odběrné místo se nachází přímo na soutoku Osaky se Semíčem. Třetí odběrné bylo vybráno v obci Knínice u Boskovic v centru obce. Čtvrté odběrné místo se nachází v obci Vážany. Páté odběrné místo je v obci Sudice pod chovnými rybníky. Šesté odběrné místo na toku Semíči je v obci Svitávka (Obr.č. 7).

4.2 Odběr a zpracování vzorků

Odběr vzorků byl prováděn v ranních hodinách do polyethylenových vzorkovnic, které byly vypláchnuté vzorkem vody. Po odběru byly vzorky převezeny v chladícím boxu do akreditované laboratoře Vodárenské akciové společnosti, a.s. - divize Boskovice, kde prováděli rozborů vzorků vody na vybrané parametry - kyslík, celkový dusík, celkový fosfor, dusičnanový dusík, dusitanový dusík, amoniakální dusík, CHSK_{Cr} , mangan, železo, sírany, chloridy, zinek, měď, hliník, kadmium (vše v mg/l) a pH a teplota vody.

Data byla zpracována v programu Microsoft Excel 2007. Čáry zobrazující jednotlivé limity nemusí být u všech grafů viditelné, což může být způsobeno vysokými hodnotami či mají limity stejnou hodnotu. U grafů je vyhotovena legenda s jednotlivými hodnotami limit. Hodnoty v legendě jsou v mg/l.

4.3 Vyhodnocení vzorků

Výsledky rozborů jakosti vody byly graficky zpracovány a vyhodnoceny dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění a dle ČSN 75 7221.

4.3.1 Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Toto nařízení stanovuje ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitosti povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech (Tab.č.1, Tab.č.2) (42). Dle tohoto NV se u vybraných ukazatelů jakosti vody porovnávají roční průměrné hodnoty a to následujících parametrů - sírany, mangan, železo, kadmium, hliník, měď, zinek, kyslík, teplota vody, pH, CHSK, celkový fosfor, amoniakální dusík, dusičnanový dusík, dusitanový dusík, celkový dusík a chloridy.

4.3.2 ČSN 75 7221

Tato norma slouží k hodnocení jakosti povrchových vod, které klasifikuje do 5 tříd jakosti (24):

1. neznečištěná voda – ukazatele nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí v toku
2. mírně znečištěná voda – dosud umožněna existence bohatého, vyváženého, udržitelného ekosystému
3. znečištěná voda – podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému nemusí být vytvořeny
4. silně znečištěná voda – podmínky umožňují existenci pouze nevyváženého ekosystému
5. velmi silně znečištěná voda – podmínky umožňující existenci pouze silně nevyváženého ekosystému (Tab.č.3) (24).

5 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

5.1 Základní údaje

Semíč pramení cca 600 m západně od obce Vanovice v části nazývané „Za Kovárnou“ v nadmořské výšce 450 metrů nad mořem. Plocha povodí Semíče je 57 km², délka toku od pramene po soutok se Svitavou je 18 km. Tok je rozdělen do povodí čtvrtého řádu číslo 4-15-02-036 a 4-15-02-038. Převýšení mezi pramenem a ústím je 140 metrů. Celé povodí je zařazeno mezi lososové vody (Obr.č.5) (46).

Semíč protéká katastrálním územím obcí Vanovice, Šebetov, Knínice u Boskovic, Vážany u Boskovic, Sudice u Boskovic, Bačov, Vísky u Letovic, Podolí u Boskovic, Míchov u Boskovic, Svitávka. Celé povodí je na katastrálním území obcí Vanovice, Borotín, Světlá, Šebetov, Knínice, Pamětice, Drválovice, Vážany, Sudice, Bačov, Boskovice, Vísky, Podolí, Míchov a Svitávka (Obr.č. 4) (22).

Katastrální území, kterými Semíč protéká, jsou vyhlášena jako zranitelné oblasti (Obr.č.6).

5.2 Popis povodí

Severní rozvodnici tvoří ploché sedlo, které se táhne od Světlé po Vanovice. Východní rozvodnici se táhne přes Mojetínský hřbet. Západní rozvodnice je tvořena vrcholky pahorkatiny. Horní a střední část povodí má spíše vějířovitý tvar, jižní část tvar spíše protáhlý (22).

Nejvyšším bodem západní části je vrch Čertovec s nadmořskou výškou 545 metrů. Nejvyšším bodem východní části je pak vrch Mojetín s nadmořskou výškou 608 metrů.

Zemědělsky obdělávané půdy tvoří cca. 80 % využívaného území, zbytek tvoří převážně jehličnaté lesy. Pole jsou obdělávána těžkou technikou, zrušeny byly remízky a meze, orba je často prováděna až k hraně břehu toku.

V území se nenachází větší průmyslové areály. Z živočišné výroby se v Šebetově v lokalitě Osaka nachází intenzivní chov prasat. Zemědělské družstvo se sídlem v Knínicích u Boskovic se zabývá chovem skotu v obcích Vanovice, Sudice, Šebetov a dále chovem prasat v Knínicích. Družstvo obdělává 2 400 ha orné půdu v území, jedná se především o plodiny kukuřice, obiloviny, řepka ozimá, slunečnice, ostropestřec, vojtěška a cukrovka. Ovocné sady zabírají 90 ha.

V Sudicích se nachází 5 rybníků s chovem kapra, amura, tolstolobika a sumce.

V celém povodí mají pouze dvě obce čistírnu odpadních vod a to Šebetov a Svitávka.

5.3 Popis toku

Semíč pramení v lokalitě Za kovárnou nad obcí Vanovice. Okolí pramene je tvořeno převážně travnatými porosty. Na jaře roku 2015 byl tok v obci Vanovice vyčištěn od nánosů, upraven byl i břehový porost.

Od svého pramene protéká Semíč napříč Boskovickou brázdou k Šebetovu. Dále v blízkosti toku u Vanovic jsou hnojiště od soukromých zemědělců, kteří zde mají chovy hospodářských zvířat. Do Semíče ústí Drválovický potok, Stříbrný potok a potok od Šebetova z lokality Osaka. Do potoka Osaka ústí vody z čistírny odpadních vod z obce Šebetov. Před Knínicemi se vlévají do toku Pamětický potok a Knínický potok. Od pramene po obec Knínice je území intenzivně hospodářsky obhospodařované, orba je často prováděna až do blízkosti toku. V minimálním množství se vyskytují remízky, kamenice, travní pásy, které by bránily splachům do toku (22).

Pod Knínicemi se do Semíče vlévá potok Loučnický. V obci Vážany je podél toku chov zvířat, převážně ovcí. Hnůj je skladován nevhodným způsobem v blízkosti toku, Vody z chovných ploch stékají do toku. Mezi Vážany a Sudicemi vtékají do toku z lesa drobné potůčky.

V Sudicích byla na Sudickém potoku vystavěna soustava chovných rybníků. Sudický potok ústí do Semíče pod obcí. Dále je zde v blízkosti toku další rybník a dvě tůňe. Toto území je opět intenzivně hospodářsky obdělávané.

Pod Bačovem přitéká do Semíče Vísecký potok, od Míchova a Podolí bezejmenný potůček. Před Svitávkou Semíč protéká rybníkem zaměřeným na chov kaprů, okolí tvoří trvalé travní porosty. V blízkosti rybníka je farma zaměřená na chov koní. Do Svitávky vtéká Semíč kolem chatové oblasti a dále podél obytné zástavby, kde ústí do Svitavy.

Semíč je po celé délce toku regulovaný, zatrubněný pod mosty a cestami. Koryto toku je v mnoho místech poškozeno orbou až k břehové hraně (22).

5.4 Pedologie

Semíč protéká územím, kde převládají černozemě a hnědozemě. Od Sudic až po ústí do Svitavy se vyskytují převážně hnědozemě a kambizemě.

5.5 Geomorfologie

Geomorfologické členění území dle Demka

Tab.č.4 Geografické členění (27)

Soustava	Podsoustava	Celek	Podcelek	Okrsek
Českomoravská	Brněnská vrchovina	Boskovická brázda	Malá Haná	Chrudichromský hřbet
Českomoravská	Brněnská vrchovina	Drahanská vrchovina	Adamovská vrchovina	Mojetínský hřbet

5.6 Klima

Povodí Semíče náleží do klimatické oblasti MT7. Pro tuto oblast jsou typická normálně dlouhá, mírná, mírně suchá léta. (36).

Tab.č.5 Charakteristika klimatické oblasti MT7 podle Quitta (26)

Počet letních dní	30 - 40
Počet dní s prům.teplotou 10 ⁰ C a více	140 - 160
Počet dní s mrazem	110 - 130
Počet ledových dní	40 - 50
Průměrná lednová teplota	-2 až -3
Průměrná dubnová teplota	6 - 7
Průměrná červencová teplota	16 - 17
Průměrná říjnová teplota	7 - 8
Průměrný počet dní se srážkami 1mm a více	100 - 120
Suma srážek za vegetační období	400 -450
Suma srážek v zimním období	250 - 300

Počet dní se sněhovou pokrývkou	60 - 80
Počet zatažených dní	120 - 150
Počet jasných dní	40 - 50

- Meteorologická stanice Boskovice

Nadmořská výška – 370 m.n.m

Průměrný roční srážkový úhrn – 626 mm/rok

Tab.č.7 Srážky v jednotlivých měsících (mm)

Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
H (mm)	31	30	31	45	64	77	90	79	54	49	41	35

Dlouhodobý průměr teplot ($^{\circ}\text{C}$) – 7,5

Délka vegetační doby (dny) – 160

Průměrné roční srážky (mm) – 622

Střední délka lijáků – 15 – 20 min (26).

5.7 Charakteristika odběrných míst

5.7.1 Odběrné místo č.1 – v obci Vanovice

Odběrné místo je v obci Vanovice před ústím Semíče do rybníka, který napájí. Do Semíče v tomto místě vtéká bezejmenný přítok, který vede podél cesty směrem k obci Borotín. Do tohoto přítoku jsou svedeny vody z místní komunikace, okolních pozemků. Tento drobný tok teče také kolem místního zemědělského družstva, které se zabývá chovem skotu (Obr.č.7), (Obr.č.8).

Tok v suchých letních měsících často vysychá. Odběrné místo je v obytné zóně se zahradami. V několika místech jsou nevhodně umístěná hnojiště na břehové hraně toku. Dále se zde nachází zahradnictví a ovocné sady. Do Semíče vtékají přepady ze septiků, protože v obci není vybudovaná čistírna odpadních vod.

Předchozí skupiny odebíraly vzorky vody v blízkosti pramene Semíče. Protože se jednalo přímo o pramen toku, koncentrace pozorovaných látek byly minimální. Z tohoto důvodu nelze přesně porovnávat koncentrace jednotlivých parametrů.

5.7.2 Odběrné místo č.2 – soutok Osaky se Semíčem

Odběrné místo č.2 se nachází na soutoku Osaky se Semíčem. Do Osaky ústí vody z čistírny odpadních vod ze Šebetova. V blízkosti toku se také nachází velkochov vepřů. Okolí odběrného místa jsou zemědělsky obdělávané plochy (Obr.č.7), (Obr.č.9).

Vzorky vod v minulých letech byly odebírány přímo z toku Osaka před ústím do Svitavy.

5.7.3 Odběrné místo č.3 – v obci Knínice

Toto odběrné místo se nachází na začátku obce Knínice na okraji obytné zóny. Okolí potoka Semíče je opět intenzivně zemědělsky obhospodařované (Obr.č.7), (Obr.č.10).

V obci Knínice není zbudovaná kanalizační síť ani čistírna odpadních vod. Přepady ze septiků a domácích čistíren jsou z velké části svedeny do toku.

Odběrné místo je stejné jako v předchozím pozorování a výsledky koncentrace lze proto objektivně porovnávat.

5.7.4 Odběrné místo č.4 – v obci Vážany

Odběrné místo č. 4 je umístěno v centru obce Vážany v blízkosti železniční tratě. Před odběrným místem se nachází ohrady s chovem ovcí a dalších zvířat. U toku jsou nevhodně umístěny hnojiště. Vody z ohrad stékají do toku (Obr.č.7), (Obr.č.11), (Obr.č.12).

Obci také chybí čistírna odpadních vod.

Odběrné místo č.4 je umístěno cca. 300 metrů nad odběrným místem z minulých pozorování, výsledky lze objektivně porovnávat.

5.7.5 Odběrné místo č.5 – pod rybníky u obce Sudice

Toto místo se nachází za zaústěním Sudického potoka do Semíče. Sudický potok pramení u obce Pamětice v zemědělsky obhospodařované krajině, poté protéká obcí Sudice. V obci také chybí veřejná kanalizace a čistírna odpadních vod.

Na Sudický potok je napojena soustava chovných rybníků. Oblast je intenzivně zemědělsky obhospodařovaná (Obr.č.7), (Obr.č.13).

Odběrné místo je stejné jako v předchozím pozorování a výsledky koncentrace lze proto objektivně porovnávat.

5.7.6 Odběrné místo č.6 – nad obcí Svitávka

Odběrné místo č.6 je nad obcí Svitávka v chatové oblasti. Semíč v těchto místech protéká chovným rybníkem a v blízkosti farmy zaměřené na chov koní. Okolí toku tvoří převážně trvalé travní porosty, v malé míře lesní porosty (Obr.č.7), (Obr.č.14).

Odběrné místo je stejné jako v předchozím pozorování a výsledky koncentrace lze proto objektivně porovnávat.

6 VÝSLEDKY Z ROKU 2015

Byly provedeny celkem 4 odběry v měsíci březnu, květnu, červenci a říjnu roku 2015. V červenci z důvodu nízké hladiny vody se rozborů mohly udělat pouze u 4 odběrných míst a to č. 3, 4, 5, a 6.

6.1.1 pH

Hodnota pH se zvyšuje od pramene k ústí a to u všech provedených odběrů. Dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění by se průměrná hodnota pH měla pohybovat v rozmezí mezi 5 až 9.

Nejvyšší hodnota pH byla naměřena v březnu 2015 u odběrného místa č.6, a to 8,2 (Graf č.1).

6.1.2 Kyslík

Udává množství rozpuštěného kyslíku ve vodě v mg/l. Dle normy ČSN 75 7221 řadíme odběrné místo č.1 do druhé jakostní třídy, ostatní odběrná místa spadají do první jakostní třídy.

Dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění splňovaly limit všechna odběrná místa (Graf č.2).

Nízký obsah kyslíku u odběrného místa č.1 může být způsobem vodami, které stékají do toku z nezabezpečených hnojišť a splachy z okolních polí, což potvrzují i vyšší hodnoty amoniakálního dusíku.

U odběrného místa č.4 kolísá obsah rozpuštěného kyslíku. Nižší obsah kyslíku je pravděpodobně způsoben odpadními vodami z obce Knínice a Vážany. U odběrného místa č. 4 je také zvýšené množství amoniakálního dusíku, což je pravděpodobně způsobeno odpadními vodami z obce Knínice a dále stékajícími vodami z chovu ovcí v blízkosti toku ve Vážanech.

6.1.3 Teplota vody

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění stanovuje jako nejvyšší přípustnou teplotu 29 °C. Nejvyšší naměřené teploty byly v červenci a nepřesáhly 25 °C.

6.1.4 Mangan

Dle normy ČSN 75 7221 splňují odběrná místa hodnoty první jakostní třídy a dále jsou výrazně nižší než průměrná hodnota v nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění (Graf č.3).

6.1.5 Železo

V nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění je stanoveno jako průměrné maximální množství železa 1 mg/l. Tuto hodnotu překračuje odběrné místo č.1.

Dle normy ČSN 75 7221 řadíme odběrné místo č.1 do druhé třídy, ostatní odběrná místa splňují podmínky první jakostní třídy.

Extrémní výskyt železa byl zaznamenán u odběrného místa č.1 v měsíci říjnu. Zvýšené množství železa může pocházet pravděpodobně z odpadních vod, které přitékají do toku (Graf č.4).

6.1.6 Dusitanový dusík

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění stanovuje jako maximální průměrnou hodnotu množství dusitanového dusíku 0,09 mg/l. Tuto hodnotu překračují odběrná místa mimo odběrné místo č.2.

Vyšší hodnoty jsou především u odběrného místa č. 4 a č. 6 (Graf č.5). To může být způsobeno odpadními vodami z obcí.

6.1.7 Dusičnanový dusík

Dle normy ČSN 75 7221 řadíme odběrné místo č. 1, 2 a 6 do třídy druhé jakostní třídy, ostatní odběrná místa jsou ve třídě první.

V nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění je dána jako průměrná hodnota 5,4 mg/l. Tuto hodnotu odběrná místa splňují (Graf č.6).

Zvýšená koncentrace dusičnanového dusíku mohla být způsobena odpadními vodami ústíci do toku, případně dusíkatými hnojivy používanými na okolních zemědělských pozemcích.

6.1.8 Amoniakální dusík

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění stanovuje jako průměrnou koncentraci amoniakálního dusíku 0,23 mg/l. Všechna odběrná místa tuto hodnotu výrazně překračují.

U odběrného místa č. 1 došlo u říjnového odběru k velkému navýšení množství amoniakálního dusíku. Výrazně kolísá i koncentrace amoniakálního dusíku u odběrného místa č.4.

Podle normy ČSN 75 7221 je odběrné místo č.1 zařazeno do druhé jakostní třídy, odběrné místo č.4 do třetí třídy, ostatní odběrná místa do druhé jakostní třídy (Graf č.7).

Vysoké koncentrace amoniakálního dusíku jsou nejspíše zapříčiněny odpadními vodami z domácností a fekálním znečištěním ze zemědělství.

6.1.9 Síraný

Žádné odběrné místo nepřekračuje průměrnou hodnotu množství síranů v povrchových vodách dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění (Graf č.8).

První a druhé odběrné místo je zařazeno do první jakostní třídy, ostatní do druhé třídy dle normy ČSN 75 7221.

6.1.10 Chloridy

Koncentrace chloridů u odběrných míst jsou výrazně pod průměrnou hodnotou stanovenou v nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění a dle normy ČSN 75 7221 jsou zařazena odběrná místa do první třídy jakosti vod (Graf č.9).

6.1.11 CHSK_{cr}

Hodnotu stanovenou nařízením vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění výrazně překračuje odběrné místo č. 1 a odběrné místo č. 4.

Výsledné průměrné hodnoty CHSK_{cr} spadají dle normy ČSN 75 7221 do následujících jakostních tříd. Odběrné místo č.1 řadíme do čtvrté jakostní třídy, odběrné místo č. 4 do třetí jakostní třídy, ostatní odběrná místa spadají do druhé jakostní třídy (Graf č.10).

Extrémní nárůst nasycení kyslíkem bylo v červenci u odběrného místa č.4 a u odběrného místa č.1 v říjnu.

Výsledky ukazují na vysoký obsah organických látek ve vodě.

6.1.12 Celkový fosfor

Dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění byla překročena průměrná hodnota u všech odběrných míst.

Dle normy ČSN 75 7221 řadíme odběrné místo č.1 do páté jakostní třídy, ostatní odběrná místa do třetí jakostní třídy (Graf č.11).

Zvýšené množství fosforu může být způsobeno fosforečnými hnojivy z okolních zemědělských pozemků, z živočišných odpadů z místního zemědělského družstva a odpadními vodami.

6.1.13 Celkový dusík

Odběrné místo č. 1 výrazně překračuje průměrnou hodnotu množství celkového dusíku v povrchových vodách dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění. Odběrná místa č. 3, 4 a 6 jsou na hranici limitu (Graf č.12).

6.1.14 Zinek

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění stanovuje jako průměrnou koncentraci zinku 0,092 mg/l.

Výsledné průměrné hodnoty koncentrace zinku dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění nebyly překročeny u žádného odběrného místa.

Dle normy ČSN 75 7221 řadíme odběrná místa č.1 a 2 do první jakostní třídy, ostatní odběrná místa do třetí jakostní třídy (Graf č.13).

Zvýšené hodnoty zinku mohou být způsobeny atmosferických spadem.

6.1.15 Měď

Žádné odběrné místo nesplňuje průměrnou hodnotu danou nařízením vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění, která je stanovena na 0,014 mg/l.

Podle normy ČSN 75 7221 náleží odběrné místo č. 2 a č. 5 do druhé jakostní třídy, odběrné místo č. 1 do čtvrté jakostní třídy, ostatní odběrná místa do třetí jakostní třídy (Graf č.14).

Zvýšený výskyt mědi může být způsoben přirozeným zdrojem mědi v povrchových vodách, ale také odpadními vodami z obcí, nebo algicidními a fungicidními preparáty.

6.1.16 Hliník

Koncentrace u všech odběrných splňuje limit daný nařízením vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění (Graf č.15).

6.1.17 Kadmium

Laboratorní vyhodnocení rozborů kadmia jsou u všech odběrných míst nižší než 0,0002 mg/l. Z tohoto důvodu nelze přesně určit zařazení do první nebo druhé jakostní třídy podle normy ČSN 75 7221.

Průměrnou hodnotu danou nařízením vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění. splňují všechna odběrná místa (Graf č.16).

7 DISKUSE

Hodnoty získané v roce 2015 jsem porovnávala s hodnotami z roku 1992 zveřejněnými v publikaci Josefa Budiše Chemicky instrumentované povodí Bělé a Semíče, diplomové práce na téma Úprava v povodí potoka Semíče ing. Michala Lukeše z roku 2002 – 2003 a diplomové práce na téma Zhodnocení stavu toku Semíče a návrh opatření ing. Lukáše Najmana z roku 2013 – 2014.

Jak bylo popsáno výše, odběrná místa jsem stanovila přibližně stejně, jak kolegové. Výrazně se liší odběrné místo č. 1 v obci Vanovice, kdy v předchozích letech byl prováděn odběr přímo u pramene Semíče, nyní dále po toku na konci obce. Z tohoto důvodu nelze hodnoty přesně porovnávat.

Porovnávala jsem parametry u odběrného místa č. 1, 2, 5 a 6, u kterých byly provedeny rozborů v minulých letech.

Získaná data byla zpracována v programu Microsoft Excel 2007. Čáry zobrazující jednotlivé limity nemusí být u všech grafů viditelné, což může být způsobeno vysokými hodnotami či mají limity stejnou hodnotu. U všech grafů je však legenda s jednotlivými hodnotami limit. Hodnoty v legendě jsou v mg/l.

7.1 Mangan

Koncentrace manganu v roce 2015 je nejnižší za všechna sledovaná období. Dosahuje hodnoty 0,03 mg/l a řadí odběrná místa do první jakostní třídy dle ČSN 75 7221 (Graf.č. 17, Graf.č. 18, Graf.č. 19, Graf.č. 20, Graf.č. 21, Graf.č. 22).

Nejvyšší koncentrace manganu byla dle Budiše naměřena u odběrného místa č.2 v roce 1992 a to 0,5 mg/l (3).

Zvýšené množství manganu mohlo být způsobeno odpadními vodami, které ústí do toku.

7.2 Kadmium

Při srovnání výsledků z minulých let je patrné, že koncentrace kadmia je v roce 2015 nejnižší u všech sledovaných míst. Výsledky mohou být ještě nižší, ale v laboratoři nebyli schopni stanovit koncentraci kadmia nižší než 0,0002 mg/l. Odběrná místa v tomto roce splňují limit v nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění. Hodnoty z

minulých let tento limit nesplňují (Graf.č. 23, Graf.č. 24, Graf.č. 25, Graf.č. 26, Graf.č. 27, Graf.č. 28).

Hodnoty z roku 2013 – 2014 nelze vyhodnocovat jako maximální. Laboratoř, která rozborů prováděla, nedokázala stanovit z technických důvodů koncentrace kadmia nižší než 0,005 mg/l. Skutečná hodnota mohla být také výrazně nižší (22).

Zvýšené hodnoty z roku 2002 – 2003 u všech odběrných míst, které spadají do páté jakostní třídy, mohly být způsobeny používáním nekvalitních fosforečnanových hnojiv na zemědělsky využívaných půdách (20).

7.3 Hliník

Koncentrace hliníku je u odběrných míst a v pozorovaných letech výrazně pod limitem daným nařízením vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění (Graf.č. 29, Graf.č. 30, Graf.č. 31, Graf.č. 32, Graf.č. 33, Graf.č. 34).

7.4 Měď

Dle Najmana byla nejvyšší koncentrace mědi naměřena v roce 2013 – 2014. Koncentrace narůstá již od pramene, maxima dosahuje u odběrného místa č. 4 to 1,58 mg/l, směrem k ústí mírně klesá (22). K zamyšlení jsou vysoké koncentrace mědi již u pramene. Hodnoty až stonásobně překročily limit Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění. Extrémní hodnoty mohly být pravděpodobně způsobeny jednorázovou kontaminací povrchové vody látkou obsahující měď (Graf.č. 35, Graf.č. 36, Graf.č. 37, Graf.č. 38, Graf.č. 39, Graf.č. 40).

U odběrného místa č.1 v roce 2015 jsou vyšší koncentrace mědi. To může být způsobeno tím, že u minulých rozborů byly vzorky odebírány u pramene a v roce 2015 dále po toku. Hodnota nesplňuje Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění a řadí odběrné místo č.1 do třetí jakostní třídy. Do druhé jakostní třídy jsou zařazena zbývající odběrná místa. Odběrná místa č. 3, 4, 5 a 6 mírně překračují limit Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění.

Z antropogenních zdrojů se mohla měď dostat do toku aplikací algicidních a fungicidních přípravků na zemědělské půdě, případně výluhy z půdy.

Vzhledem k chybějícímu průmyslu v území, je těžké hledat zdroj znečištění. Výrazný pokles oproti roku 2013 – 2014 může dokazovat jednorázové kontaminace povrchové vody.

7.5 Zinek

Z grafu je patrné, že v roce 2015 došlo ke snížení koncentrace zinku oproti roku 2013 – 2014. Najman popisuje extrémní nárůst zinku u všech odběrných míst. Odběrná místa č. 2 a č.6 odpovídají páté jakostní třídě dle ČSN 75 7221.

Při porovnání výsledků z roku 1992, 2002 – 2003 a 2015 byly u odběrného místa č.6 koncentrace zinku nejnižší a splňují dle ČSN 75 7221 druhou jakostní třídu (Graf.č. 41, Graf.č. 42, Graf.č. 43, Graf.č. 44, Graf.č. 45, Graf.č. 46).

7.6 Železo

Extrémní nárůst železa v toku byl u odběrného místa č. 1 v roce 2015. Průměrná hodnota za sledované období 2015 byla 2,86 mg/l. Tento nárůst vznikl u odběru v říjnu, kdy hodnota dosahovala 8,3 mg/l. Toto lze zdůvodnit jedinečně znečištěním vody ze splaškových vod v době odběru.

Zvýšená koncentrace železa je také v říjnu 2015 u odběrného místa č.2, ale je nižší než v roce 1992 (3). U odběrného místa č.2 je možné navýšení koncentrace železa způsobené extrémními hodnotami u odběrného místa č.1.

U zbývajících odběrných míst jsou hodnoty v roce 2015 mírně navýšeny v porovnání s rokem 2013 – 2014 (20). Koncentrace železa klesá od pramene k ústí. Odběrná místa splňují limit daný nařízením vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění.

Odběrná místa ve sledovaných obdobích, mimo odběrné místo č.1 a č.2 v roce 2015, jsou zařazena do první jakostní třídy dle ČSN 75 7221 (Graf č.47, Graf č.48, Graf č.49, Graf č.50, Graf č.51, Graf č.52).

7.7 Dusičnanový dusík

Koncentrace dusičnanového dusíku v roce 2015 výrazně klesla u všech odběrných míst v porovnání s daty Budiče, Lukeše, Najmana a splňuje limit z nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění (Graf č.53, Graf č.54, Graf č.55, Graf č.56, Graf č.57, Graf č.58).

Dle Lukeše byla nejvyšší koncentrace naměřena v roce 2002 – 2003 u odběrného místa č. 2, kdy dosáhla hodnoty 80 mg/l. a zařadila tak odběrné místo do páté jakostní třídy dle ČSN 75 7221 (20).

Z grafů je patrná klesající tendence koncentrace dusičnanového dusíku v toku.

Zvýšené hodnoty dusičnanového dusíku mohly být způsobeny splachem orné půdy, na které byla aplikována minerální hnojiva.

7.8 Síraný

Nárůst síranů byl zaznamenán v roce 2015 u odběrného místa č.4 a 6, ale i přesto hodnoty splňují limit nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění (Graf č.59, Graf č.60, Graf č.61, Graf č.62, Graf č.63, Graf č.64).

U zbývajících odběrných míst se koncentrace síranů snižuje (22).

7.9 Chloridy

V porovnání výsledků s Lukešem a Najmanem je patrné, že koncentrace chloridů se výrazně nemění. Všechna odběrná místa v pozorovaných letech splňují s velkou rezervou nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění a jsou zařazena do první jakostní třídy dle ČSN 75 7221 (Graf č.65, Graf č.66, Graf č.67, Graf č.68, Graf č.69, Graf č.70).

7.10 Dusitanový dusík

Z grafů je patrné, že koncentrace dusitanového dusíku jsou v průběhu let vysoké u všech odběrných míst (Graf č.71, Graf č.72, Graf č.73, Graf č.74, Graf č.75, Graf č.76). Již setiny mg/l mohou být toxické pro vodní živočichy.

U odběrného místa č.1 nelze hodnotit výsledky s předchozími lety, protože odběrné místo není stejné. V roce 2015 je u odběrného místa č. 1 zvýšená koncentrace dusitanového dusíku, která nespĺňuje limit daný nařízením vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění .

Nejvyšší koncentrace byla u odběrného místa č.2 v roce 1992 a to 4 mg/l (3).

U odběrných míst č. 3 a 4 byly porovnávány výsledky koncentrací pouze v roce 2013 – 2014 a 2015. U obou pozorování byl výrazně překročen limit v nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění.

K výraznému nárůstu koncentrace došlo u odběrného místa č. 6 v roce 2015 oproti předchozímu sledování. Koncentrace je ale nižší než v roce 1992 (3).

Koncentrace dusitanového dusíku má kolísavou tendenci nejen u odběrných míst, ale také ve sledovaných obdobích.

Vysoké koncentrace dusitanového dusíku v povrchových vodách mohou být způsobeny biologickými procesy - nitrifikací a denitrifikací. V menší míře také atmosferickým spadem.

8 ZÁVĚR

V bakalářské práci na téma “Problematika těžkých kovů v povrchových vodách na Blanensku“ jsem zpracovala literární rešerši, ve které jsou shrnuty základní pojmy z oblasti vod, znečišťování vodních toků, jakosti povrchových vod. Dále se zabývám legislativou spojenou s vodním hospodářstvím. Terénní průzkum, odběry vody z toku Semíče a jejich rozborů jsou popsány v praktické části, kde jsem rozborů vody z roku 2015 porovnávala s výsledky zveřejněnými v publikaci Josefa Budiše Chemicky instrumentované povodí Bělé a Semíče, diplomové práce na téma Úprava v povodí potoka Semíče ing. Michala Lukeše z roku 2002 – 2003 a diplomové práce na téma Zhodnocení stavu toku Semíče a návrh opatření ing. Lukáše Najmana z roku 2013 – 2014. Výsledky z pozorování jsou popsány v diskusi.

Při rozbořech v roce 2015 byly zjištěny vysoké koncentrace amoniakálního dusíku, dusitanového dusíku, fosforu, mědi a zinku. Tyto vysoké koncentrace byly naměřeny i v předchozím pozorovaném období 2013 – 2014. Nárůst koncentrace amoniakálního dusíku, dusitanového dusíku si lze pravděpodobně vysvětlit fekálním znečištěním, které mohlo vzniknout únikem fekálií ze zemědělského družstva, z hnojišť v blízkosti toku, smyvem aplikovaných hnojiv ze zemědělské půdy.

Růst koncentrace zinku je možno přičítat aplikací pesticidů, spalováním fosilních paliv, případně únikem odpadních vod z úpraven kovů.

U mědi došlo k výraznému poklesu koncentrace v porovnání s rokem 2013 – 2014. I přesto žádné odběrné místo nesplnilo limit daný v Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění. Zdůvodnění zvýšené koncentrace mědi v Semíči není jednoduché. V území chybí větší průmyslové závody, ze kterých by měď mohla pocházet.

Semíč se nachází v oblasti s vysokým zastoupením zemědělské půdy, převážně orné. Od svého pramene po ústí do Svitavy protéká tzv. zranitelnými oblastmi. Pouze dvě obce využívají čistírny odpadních vod, ostatní obce o výstavbě pouze uvažují. Z důvodu postupného nárůstu populace toto vidím jako velký problém nejen nyní, ale i do budoucna.

Dalším problémem se zdá intenzivní zemědělství, kdy se využívají kvalitní půdy k co nejvyšším ziskům. Orba probíhá převážně těžkou zemědělskou technikou, rozorány jsou remízky meze a pole tvoří velké lány. Orba se provádí v mnoha místech až na břehovou hranu. Což vede ke smyvu nejen půdy, ale také hnojiv a postřiků do toku. Vzhledem k tomu, že celá oblast toku Semíče se nachází ve zranitelné oblasti, mělo by

být na okolních pozemcích hospodařeno v souladu s Nitrátovou směrnicí. Dále by měl být podél celého toku zachován zatravněný pás, doplněný vhodnými břehovými porosty. Tím by došlo nejen ke zpevnění břehů, ale snížil by se i smyv z polí do toku. K zamyšlení by pro vlastníky pozemků mohlo být případné využití některých dotačních titulů, které by se daly využít na obnovu remízků, stromořadí, zatravnovacích pásů a podobně.

Rizikem může být také chov ryb v lokalitě „Sudického dvora“, kdy potůček z obce Sudice protéká kaskádou chovných rybníků a vlévá se do Semíče. Tok může být obohacován v tomto místě obohacován živinami z chovných rybníků.

V neposlední řadě je nutné upozornit na neukázněnost občanů, kteří si budují hnojiště v blízkosti toku. Nebo chovatelé, kteří mají svá stáda zvířat ustájena přímo u toku. Veškeré močůvky, hnojůvky stékají volně do Semíče.

Doporučuji provést další serii rozborů vody ze Semíče, případně přítoků, které do Semíče ústí. Při větším množství hodnot z jiných období by mohlo pomoci vysvětlit zvýšené koncentrace některých prvků.

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. Revitalizace vodního prostředí. 2002. ISBN 80-8064-72-7
2. Bratrych,V, Živel voda:člověk, příroda, technika,životní prostředí, 1 vyd., Praha:Koniklec,2005,ISBN 80-902606-6-7
3. Budiš,J., Colombo,P.A., Hynek,A.,Kanický,V.,Mazal,P.,Soldán,M., Chemicky instrumentované povodí Bělé a Semíče, 1.vyd.Brno: Katedra chemie pedagogické fakulty Masarykovy univerzity, 1993
4. Culek,M. Biogeografické členění ČR. Praha:Enigma,1995.347s. ISBN 80-85368-80-3
5. Gergel,J.,Benešová,J.,Březina,K.,Ehrlich,P. Revitalizace drobných vodních toků- metodická pomůcka, 1vyd. Praha:Výzkumný ústav meliorací a ochrana půdy, 1999. ISBN 1210-1672
6. Hartman,P,Přikryl,I,Štědronský,E, Hydrobiologie 3 přeprac.vyd. Praha, Informatorium,2005, ISBN 80-7333-046-6
7. Heteša,J, Sukop,I, Ekologie vodního prostředí, Vysoká škola zemědělská v Brně, 1.vyd., 1994. ISBN 55-927-94
8. Hlavínek,P., Říha,J., Jakost vody v povodí,vyd.1.Brno, Akademické vydavatelství CERM, 2004, ISBN 80-214-2815-5
9. Hubačíková, V.Hydrologie, 1vyd. MZLU v Brně, 2002. ISBN 80-7157-638-7
10. Hubačíková,V., Opletová,P. Úpravy vodních toků a ochrana vodních zdrojů. 1 vyd. MZLU v Brně, 2008. ISBN 978-80-7375-243-9

11. Horáková,M.,Analytika vody, 2.vyd.,Praha,Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003. ISBN 80-7080-520-x
12. Jůva,K., Hrabal,A., Tlapák,V. Malé vodní toky. 1vyd.Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1984. 256 s.
13. Kender, J., Voda v krajině. Konsult Praha, 2004. 207 s. ISBN 80-902132-7-8
14. Kopp,R, Hydrochemie – nejen pro rybáře, 1.vyd. Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-352-3
15. Kopp,R, Hilscherová,K, Poštulková,E, Základy vodní ekotoxikologie, 1.vyd. Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-334-9
16. Kravka,M. Úpravy malých vodních toků v krajině a lesnická meliorace, 1vyd. MZLU v Brně, 2009. ISBN 978-80-7375-337-5
17. Kupec,P.,Schneider,J.,Šlezinger,M. Revitalizace v krajině. 1vyd. Brno:MZLU v Brně, 2009. ISBN 978-80-7375-356-6
18. Kvítek,T., Gergel,J., Kvítková,G.,Využití a ochrana vodních zdrojů, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělský fakulta, 2005, ISBN 80-7040-773-5
19. Laštůvka,Z, Šťastná,P, Ekologie, 1.vyd. Mendelova univerzita v Brně, 2014. ISBN 978-80-7509-182-6
20. Lukeš,M., Úpravy v povodí potoka Semíč, diplomová práce, Ústí nad Labem, 2003
21. Mareš,K.,Úpravy toků: navrhování koryt, dot 2. vyd. Praha:České vysoké učení technické, 1997. ISBN 80-01-00903-3
22. Najman,L.,Zhodnocení stavu toku Semíč a návrh opatření, diplomová práce, 2014

23. Neruda, M. Vodní režimy v krajině. Univerzita J.E.Purkyně v Ústí nad Labem, 1.vyd., 2004. ISBN 80-7044-559-9
24. Opletová, P. Ochrana vodních zdrojů, 1.vyd. Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-218-2
25. Pitter, Pavel. Hydrochemie. 3.vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technická Praha, 1999. 568 s. ISBN 80-7080-340-1
26. Quitt, E., Klimatické oblasti Československa, Brno, 1971
27. Skořepa, H. (ed). Přírodní poměry Boskovicka. Muzeum Boskovicka, 2008. ISBN 978-80-904089-0-6
28. Středová, H. Environmentalistika. 1.vyd. Mendelova univerzita v Brně, 2014. ISBN 978-80-7509-183-3
29. Sukop, I. Ekologie vodního prostředí, 1.vyd. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2015. ISBN 80-7157-923-8
30. Svobodová, Z., Máchová, J. Ekotoxikologie praktická cvičení, část II. vyd. 1, Brno: Ediční středisko Veterinární a farmaceutické univerzity Brno, 2000
31. Šelešovská, R., Bandžuchová, L., Chýlková, J., Ekoanalýza II, vyd. 1, Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013, ISBN 978-80-7395-633-2
32. Šlesinger, M. Stabilizace říčních systémů. 1.vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 353s. ISBN 80-7204-403-6
33. Šlesinger, M. a Úředníček, L. Vegetační doprovod vodních toků a nádrží. 2.dopl.vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. 130s. ISBN 80-7204-269-6

34. Tlapák,V. a Herynek,J. Úpravy vodních toků a hrazení bystřin. 1vyd. Brno: MZLU v Brně, 2001. ISBN 80-7157-635-2
35. Tlapák,V. a Herynek,J. Malé vodní nádrže. 1vyd. Brno: MZLU v Brně, 2002. ISBN 80-7157-635-2
36. Tolasz,R., Atlas podnebí Česka, 1.vyd., Praha, Český hydrometeorologický ústav, 2007, ISBN 978-80-86690-26-1
37. Úplné znění zákonů, Sagit,a.s., 1042 Životní prostředí, k 15.9.2014
38. Vlček,V, Kvalita a zdraví půdy, 1.vyd. Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-215-1
39. Vrána,K.(ed.). Revitalizace malých vodních toků – součást péče o krajinu. 1.vyd. Praha: Konsult,2004. 60 s. s. ISBN 80-902132-9-4.
40. <https://www.cuzk.cz>[cit. 2.3.2016]
41. <https://www.mzp.cz/legislativa-eu.cz>[cit. 2.3.2016]
42. <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-401>[cit. 2.3.2016]
43. <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-71>[cit. 2.3.2016]
44. <http://www.ondeo.cz/cs/co-chcete-vedet-o-vode/o-vode-nejen-pro-skoly/evropska-vodni-charta>[cit. 24.2.2016]
45. <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-401>[cit. 15.3.2016]

46. [http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dllmap=mp_heis_voda&TMPL=AJAX_MAIN
&IFRAME=1&LEGEND_HIDE=0&QUERY_SELECTION=1&FULLTEXT_CHE
CKED=1](http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dllmap=mp_heis_voda&TMPL=AJAX_MAIN&IFRAME=1&LEGEND_HIDE=0&QUERY_SELECTION=1&FULLTEXT_CHECKED=1)) [cit. 2.3.2016]

10 SEZNAM PŘÍLOH

Obr.č.1 Potenciální ohroženost půdy vodní erozí

(http://www.vumop.cz/sites/File/Katalog_Map/20130529_katalogMap_Ohrozenost_Vodni_erozi.pdf, upraveno autorem)

Obr.č.2 Zájmové území

(http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dllmap=mp_heis_voda&TMPL=AJAX_MAIN&IFRAME=1&LEGEND_HIDE=0&QUERY_SELECTION=1&FULLTEXT_CHECKED=1, upraveno autorem)

Obr.č.3 Zájmové území

(http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dllmap=mp_heis_voda&TMPL=AJAX_MAIN&IFRAME=1&LEGEND_HIDE=0&QUERY_SELECTION=1&FULLTEXT_CHECKED=1, upraveno autorem)

Obr. č.4 Katastrální území povodí (<http://www.cuzk.cz>) upraveno autorem

Obr.č.5 Lososové vody, vodní tok Semíč

(http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dllmap=mp_heis_voda&TMPL=AJAX_MAIN&IFRAME=1&LEGEND_HIDE=0&QUERY_SELECTION=1&FULLTEXT_CHECKED=1, upraveno autorem)

Obr.č.6 Zranitelné oblasti, vodní tok Semíč

(http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dllmap=mp_heis_voda&TMPL=AJAX_MAIN&IFRAME=1&LEGEND_HIDE=0&QUERY_SELECTION=1&FULLTEXT_CHECKED=1, upraveno autorem)

Obr.č.7 Odběrná místa 2015 (www.mapy.cz, upraveno autorem)

Obr.č.8 Odběrné místo č.1 (autor)

Obr.č.9 Odběrné místo č.2 (autor)

Obr.č.10 Odběrné místo č.3 (autor)

Obr.č.11 Odběrné místo č.4 (autor)

Obr.č.12 Okolí odběrného místa č.4 (autor)

Obr.č.13 Odběrné místo č.5 (autor)

Obr.č.14 Odběrné místo č.6 (autor)

Tab.č.1 Ukazatele stavu vody dle nařízení vlády (<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-401>)

Tab.č.2 Ukazatele stavu vody dle nařízení vlády (<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-401>)

Tab. č.3 Mezní hodnoty tříd jakosti vody (<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-401>)

Graf č.1 Vývoj pH (autor)

Graf č.2 Vývoj koncentrace kyslíku (autor)

Graf č.3 Vývoj koncentrace manganu (autor)

Graf č.4 Vývoj koncentrace železa (autor)

Graf č.5 Vývoj koncentrace dusitanového dusíku (autor)

Graf č.6 Vývoj koncentrace dusičnanového dusíku (autor)

Graf č.7 Vývoj koncentrace amoniakálního dusíku (autor)

Graf č.8 Vývoj koncentrace síranů (autor)

Graf č.9 Vývoj koncentrace chloridů (autor)

Graf č.10 Vývoj chemické spotřeby kyslíku dichromanem (autor)

Graf č.11 Vývoj koncentrace celkového fosforu (autor)

Graf č.12 Vývoj koncentrace celkového dusíku (autor)

Graf č.13 Vývoj koncentrace zinku (autor)

Graf č.14 Vývoj koncentrace mědi (autor)

Graf č.15 Vývoj koncentrace hliníku (autor)

Graf č.16 Vývoj koncentrace kadmia (autor)

Graf č.17 Vývoj koncentrace manganu – odběrné místo č.1 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.18 Vývoj koncentrace manganu – odběrné místo č.2 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.19 Vývoj koncentrace manganu – odběrné místo č.3 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.20 Vývoj koncentrace manganu – odběrné místo č.4 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.21 Vývoj koncentrace manganu – odběrné místo č.5 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.22 Vývoj koncentrace manganu – odběrné místo č.6 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.23 Vývoj koncentrace kadmia – odběrné místo č.1 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.24 Vývoj koncentrace kadmia – odběrné místo č.2 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.25 Vývoj koncentrace kadmia – odběrné místo č.3 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.26 Vývoj koncentrace kadmia – odběrné místo č.4 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.27 Vývoj koncentrace kadmia – odběrné místo č.5 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.28 Vývoj koncentrace kadmia – odběrné místo č.6 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.29 Vývoj koncentrace hliníku – odběrné místo č.1 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.30 Vývoj koncentrace hliníku – odběrné místo č.2 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.31 Vývoj koncentrace hliníku – odběrné místo č.3 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.32 Vývoj koncentrace hliníku – odběrné místo č.4 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.33 Vývoj koncentrace hliníku – odběrné místo č.5 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.34 Vývoj koncentrace hliníku – odběrné místo č.6 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.35 Vývoj koncentrace mědi – odběrné místo č.1 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.36 Vývoj koncentrace mědi – odběrné místo č.2 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.37 Vývoj koncentrace mědi – odběrné místo č.3 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.38 Vývoj koncentrace mědi – odběrné místo č.4 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.39 Vývoj koncentrace mědi – odběrné místo č.5 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.40 Vývoj koncentrace mědi – odběrné místo č.6 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.41 Vývoj koncentrace zinku– odběrné místo č.1 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.42 Vývoj koncentrace zinku– odběrné místo č.2 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.43 Vývoj koncentrace zinku– odběrné místo č.3 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.44 Vývoj koncentrace zinku– odběrné místo č.4 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.45 Vývoj koncentrace zinku– odběrné místo č.5 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.46 Vývoj koncentrace zinku– odběrné místo č.6 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.47 Vývoj koncentrace železa – odběrné místo č.1 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.48 Vývoj koncentrace železa – odběrné místo č.2 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.49 Vývoj koncentrace železa – odběrné místo č.3 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.50 Vývoj koncentrace železa – odběrné místo č.4 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.51 Vývoj koncentrace železa – odběrné místo č.5 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.52 Vývoj koncentrace železa – odběrné místo č.6 (Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.53 Vývoj koncentrace dusičnanového dusíku – odběrné místo č.1(Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.54 Vývoj koncentrace dusičnanového dusíku – odběrné místo č.2(Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.55 Vývoj koncentrace dusičnanového dusíku – odběrné místo č.3(Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.56 Vývoj koncentrace dusičnanového dusíku – odběrné místo č.4(Budiš, Lukeš,Najman,autor)

Graf č.57 Vývoj koncentrace dusičnanového dusíku – odběrné místo č.5 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.58 Vývoj koncentrace dusičnanového dusíku – odběrné místo č.6 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.59 Vývoj koncentrace síranů – odběrné místo č.1 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.60 Vývoj koncentrace síranů – odběrné místo č.2 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.61 Vývoj koncentrace síranů – odběrné místo č.3 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.62 Vývoj koncentrace síranů – odběrné místo č.4 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.63 Vývoj koncentrace síranů – odběrné místo č.5 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.64 Vývoj koncentrace síranů – odběrné místo č.6 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.65 Vývoj koncentrace chloridů – odběrné místo č.1 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.66 Vývoj koncentrace chloridů – odběrné místo č.2 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.67 Vývoj koncentrace chloridů – odběrné místo č.3 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.68 Vývoj koncentrace chloridů – odběrné místo č.4 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.69 Vývoj koncentrace chloridů – odběrné místo č.5 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.70 Vývoj koncentrace chloridů – odběrné místo č.6 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.71 Vývoj koncentrace dusitanového dusíku – odběrné místo č.1 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.72 Vývoj koncentrace dusitanového dusíku – odběrné místo č.2 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.73 Vývoj koncentrace dusitanového dusíku – odběrné místo č.3 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.74 Vývoj koncentrace dusitanového dusíku – odběrné místo č.4 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.75 Vývoj koncentrace dusitanového dusíku – odběrné místo č.5 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

Graf č.76 Vývoj koncentrace dusitanového dusíku – odběrné místo č.6 (Budiš, Lukeš, Najman, autor)

PŘÍLOHY