

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra ekologie a životního prostředí



Hodnocení antropogenních vlivů působících na řeku Březnou

Zdeněk Vogl

Bakalářská práce
předložená
na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků
na získání titulu Bc. v oboru
Ochrana a tvorba životního prostředí

Vedoucí práce: RNDr. Petr Hekera, Ph.D.

Olomouc 2013

Abstrakt

Vodní tok Březná patří mezi vodoteče, které jsou výrazně poznamenány antropogenními vlivy. Cílem této práce bylo zmapovat a následně zhodnotit lidské faktory zájmového území, jenž ovlivňují hydromorfologii recipientu, narušují jakost vody a dnových sedimentů. V praktické části byly hodnoceny fyzikální a chemické vlastnosti vody (teplota vody, pH, konduktivita, obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě, koncentrace NH_4^+ , NO_3^- a PO_4^{3-}), dále byla provedena analýza vybraných těžkých kovů v sedimentech (Cu, Zn, Fe, Pb, Ni, Cr a Cd) a došlo ke klasifikaci přirozenosti vodního toku na území přírodního parku Březná. Bylo prokázáno, že výrazně negativní vliv na kvalitu vody v řece Březné má amoniakální dusík, jehož zdrojem jsou průmyslové a komunální odpadní vody a částečně i zemědělská činnost v povodí Březné. Taktéž byly naměřeny vysoké koncentrace některých vybraných těžkých kovů, zejména železa. Zdrojem znečištění byly ve velké míře průmyslové odpadní vody, dále pak automobilová doprava a odpady vznikající v zemědělství. Při hodnocení hydromorfologie vodního toku jsem došel k závěru, že se jedná převážně o antropogenně málo ovlivněný lotický systém.

Klíčová slova: Vodní tok, terénní průzkum, kvalita vody, hydromorfologie toku, fyzikálně-chemické vlastnosti vody, těžké kovy.

Počet stran: 69

Počet příloh: 5

Jazyk: Český (anglický)

Abstract

The Březná watercourse belongs to influent streams that are considerably impacted by anthropogenic influence. The aim of this thesis is to map and evaluate human factors that are at work in the area of interest, factors that influence the hydromorphology of the recipient and distort the quality of water and bed sediments. The practical part presents an evaluation of physical and chemical properties of water (temperature, pH, conductivity, concentration of dissolved oxygen, concentration of NH_4^+ , NO_3^- a PO_4^{3-}), an analysis of particular heavy metals in sediments (Cu, Zn, Fe, Pb, Ni, Cr and Cd) and a classification of naturalness of the watercourse in the Březná natural reserve. It shows that a highly negative influence on the Březná River comes from ammoniacal nitrogen whose sources are industrial and municipal wastewaters and partly agriculture in the Březná River basin. High concentrations of some of the sample heavy metals—mainly iron—were measured. The sources of pollution were most importantly industrial wastewaters, traffic and agricultural waste, respectively. After evaluating the hydromorphology of the watercourse I conclude that this lotic system is very little influenced by human activity.

Key words: watercourse, fieldwork, water quality, watercourse hydromorphology, physical and chemical properties of water, heavy metals

Pages: 69

Attachments: 5

Language: Czech (English)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Petra Hekery, Ph.D. a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci dne 30. března 2013

.....
Podpis

Obsah

Seznam tabulek.....	viii
Seznam obrázků.....	ix
Seznam příloh.....	x
Seznam zkratk.....	xi
1. Úvod.....	13
2. Cíle práce.....	14
3. Teoretická část.....	15
3.1. Tekoucí vody.....	15
3.2. Antropogenní faktory ovlivňující vodní toky.....	18
3.2.1. Vliv člověka na kvalitu vody.....	18
3.2.2. Vliv člověka na hydrologický režim vodních toků.....	22
3.2.2.1. Úpravy vodních toků.....	23
4. Metody a materiály.....	26
4.1. Základní charakteristika povodí.....	26
4.2. Popis vodního toku.....	29
4.3. Informační materiály.....	30
4.4. Terénní průzkum vodního toku.....	31
4.4.1. Komplex antropogenních faktorů ovlivňující vodní tok.....	32
4.4.2. Lidské aktivity v povodí s vysokým potenciálem ovlivnit kvalitu toku.....	36
4.4.2.1. Odpadní vody.....	36
4.4.2.2. Čistírny odpadních vod a jejich provoz.....	40
4.4.2.3. Zemědělská činnost.....	42
4.4.2.4. Úpravy vodního toku.....	44
4.4.3. Výběr hodnotících lokalit a úseků.....	46
4.4.3.1. Popis zvolených lokalit a úseků.....	47
4.5. Hodnocení kvality vody a sedimentů.....	54
4.5.1. Terénní stanovení vybraných parametrů.....	55
4.5.2. Odběry vzorků vody a sedimentů.....	56
4.5.3. Laboratorní analýzy odebraných vzorků.....	56
4.6. Získaná data a jejich zpracování.....	58
4.7. Hodnocení přirozenosti toku.....	59

5.	Výsledky	60
5.1.	Fyzikálně-chemické ukazatele vody	60
5.2.	Obsahy vybraných těžkých kovů	65
5.3.	Zpracovaná získaná data	65
5.4.	Zařazení jakosti vody na základě fyzikálně-chemických ukazatelů	67
5.5.	Hodnocení přirozenosti vodního toku	69
6.	Diskuse	73
6.1.	Závěr	78
7.	Citace literatury	80
8.	Přílohy	83

Seznam tabulek

Tabulka 1 Přehled stanovených zůstatkových průtoků pod jednotlivými jezy	45
Tabulka 2 Naměřené hodnoty rozpuštěného kyslíku ve vodě (mg/l) během tří odběrových termínů (17.7.2012, 21.9.2012 a 15.2.2013)	60
Tabulka 3 Naměřené hodnoty vodivosti ($\mu\text{S}/\text{cm}$) během tří odběrových termínů (17.7.2012, 21.9.2012 a 15.2.2013)	61
Tabulka 4 Naměřené teploty vzduchu a vody ($^{\circ}\text{C}$) během tří odběrových termínů (17.7.2012, 21.9.2012 a 15.2.2013)	61
Tabulka 5 Naměřené hodnoty pH během tří odběrových termínů (17.7.2012, 21.9.2012 a 15.2.2013)	62
Tabulka 6 Naměřené hodnoty amoniakálního dusíku (mg/l) během tří odběrových termínů (17.7.2012, 21.9.2012 a 15.2.2013)	62
Tabulka 7 Naměřené hodnoty dusičnanového dusíku (mg/l) během tří odběrových termínů (17.7.2012, 21.9.2012 a 15.2.2013)	63
Tabulka 8 Naměřené hodnoty fosforečnanů (mg/l) na jednotlivých stanovištích během tří odběrových termínů (17.7.2012, 21.9.2012 a 15.2.2013)	63
Tabulka 9 Průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů naměřených na jednotlivých stanovištích za celé odběrové období (17.7.2012-15.2.2013)	64
Tabulka 10 Naměřené hodnoty vybraných těžkých kovů v sedimentech (12.11.2012)	65
Tabulka 11 Hodnoty sledovaných ukazatelů naměřených v odtoku odpadní vody v ČOV v Bílé Vodě v roce 2011	66
Tabulka 12 Hodnoty sledovaných ukazatelů naměřených ve vodním toku Březné po smísení s odpadními vodami odtékajícími z ČOV v Bílé Vodě (čtyři termíny měření v roce 2011)	66
Tabulka 13 Týdenní průměrné hodnoty srážek naměřené v roce 2011 ze srážkoměrné stanice obce Červené Vody (ČHMÚ)	67
Tabulka 14 Mezní hodnoty tříd jakosti vody dle ČSN 75 5221 (vybrané ukazatele)	68
Tabulka 15 Zařazení průměrných hodnot vybraných ukazatelů vztažených z tab. č. 12 do jakostních tříd vody	69
Tabulka 16 Klasifikace antropogenních opatření ve vybraných úsecích vodního toku Březné	70
Tabulka 17 Legenda k bodovému hodnocení zvolených úseků v recipientu z hlediska antropogenních opatření vztažená k tab. č. 16	71

Seznam obrázků

Obr. 1 Vyznačení zájmového území v rámci České republiky (www.zemepis.com)	27
Obr. 2 Vymezení povodí Březné (www.mapy.cz)	28
Obr. 3 Soutok řeky Březné s Moravskou Sázavou	30
Obr. 4 Rybaření v dolní části vodního toku Březné	33
Obr. 5 Rybník určený k chovu kaprovitých druhů ryb, nacházející se v dolní části povodí Březné	34
Obr. 6 Textilní společnost Intercolor v Bílé Vodě	40
Obr. 7 Čistírna odpadních vod v Bílé Vodě	42
Obr. 8 Nízký vodní stav v řečišti v důsledku výstavby jezu s derivačním kanálem pod osadou Drozdovskou pilou	46
Obr. 9 Mapa zájmového území s vyznačenými stanovišti odběru vzorků (www.mapy.cz)	47
Obr. 10 Stanoviště číslo 1.....	48
Obr. 11 Stanoviště číslo 2.....	48
Obr. 12 Stanoviště číslo 3.....	49
Obr. 13 Stanoviště číslo 4.....	49
Obr. 14 Stanoviště číslo 5.....	50
Obr. 15 Stanoviště číslo 6.....	50
Obr. 16 Stanoviště číslo 7.....	51
Obr. 17 Stanoviště číslo 8.....	51
Obr. 18 Stanoviště číslo 9.....	52
Obr. 19 Mapa zájmového území s vyznačenými klasifikačními úseky (www.mapy.cz)	52
Obr. 20 Možnosti úpravy podélné geometrie toku (Lusk 1990)	83
Obr. 21 Stabilizační stupeň vybudovaný v obci Bílé Vodě	85
Obr. 22 Stabilizační stupeň vybudovaný nad městem Štíty	85
Obr. 23 Jez s derivačním kanálem vybudovaný v osadě Drozdovské pile	85
Obr. 24 Jez s malou vodní elektrárnou vybudovaný v obci Hoštejně	86
Obr. 25 Břehové opevnění vytvořené z uloženého kamene spolu s betonovou směsí (vybudované cca 200 m nad firmou Renostav)	86
Obr. 26 Betonové opevnění břehové linie v dolní části toku (20 m pod firmou Renostav)	86
Obr. 27 Vypouštění odpadních vod z čistírny odpadních vod v Bílé Vodě do recipientu	87
Obr. 28 Soustava náhonů vytvořená v Drozdovské pile	87
Obr. 29 Vyústění derivačního kanálu do původního řečiště pod Drozdovskou pilou.....	87

Seznam příloh

Příloha 1: Polohová úprava toku.....	83
Příloha 2: Grafy	83
Příloha 3: Fotodokumentace	85

Seznam zkratek

aj. - a jiné

apod. - a podobně

cca - cirka

č. - číslo

m n. m. - metrů nad mořem

např. - například

neroz. - nerozpuštěné

rozp. - rozpuštěný

tj. - to jest

tzn. - to znamená

tzv. - takzvaný

AOX - absorbovatelné organicky vázané halogeny

BSK₅ - biochemická spotřeba kyslíku pětidenní

C₁₀-C₄₀ - uhlovodíky s deseti až čtyřiceti uhlíkovými atomy

ČOV - čistírna odpadních vod

ČHMÚ - Český hydrometeorologický ústav

HEM - Hydroekologický monitoring

CHSK_{Cr} - chemická spotřeba kyslíku dichromanovou metodou

MVE - malá vodní elektrárna

PAL - povrchově aktivní látky

RAS - rozpuštěné anorganické soli

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce RNDr. Petru Hekerovi, Ph.D. za jeho vstřícný přístup a odborné vedení. Dále děkuji RNDr. Evě Staňkové, CSc. za ochotu a cenné rady.

1. Úvod

Jedním ze základních prvků krajiny je voda, jejíž význam je podtrhnut skutečností, že bez její přítomnosti není možný život. Voda se stala v poslední době jedním z nejdůležitějších a v řadě případů i limitujícím činitelem, který ovlivňuje další vývoj naší společnosti. Význam vody je nutné chápat komplexně a ne pouze z úzkého pohledu některých odvětví a uživatelů. V minulosti byly při posuzování významu a využití vody preferovány funkce výrobní včetně likvidace odpadů a funkce vody jako suroviny (Lusk 1990). V posledních letech však stoupá význam vody nejen z hlediska zásobování obyvatelstva pitnou vodou, ale i obecně hodnota vod z hlediska životního prostředí se dostává do popředí. Problémem v dnešní době není množství vody, ale mnohem významnější je její kvalita. V průměru se od roku 1989 kvalita vody ve většině našich vodních toků výrazně zlepšila díky výstavbě a modernizaci čistíren odpadních vod (Blažek et al. 2006).

Na druhé straně stále větší potřeba vody pro zemědělství, průmysl, energetiku, pro lidská sídliště, spolu se snahou ochránit okolní pozemky před povodněmi vedou k zásahům člověka do vodního režimu povodí a k úpravám koryt vodních toků. Vodní stavby a úpravy vodních toků vedle užitku, jež přinášejí, vyvolávají i negativní důsledky a škody. Mělo by být samozřejmostí a je ve vlastním zájmu naší společnosti omezit negativní důsledky prováděných vodohospodářských úprav na vodní ekosystém (Lusk 1990).

Stejně jako většina toků v České republice, tak i řeka Březná je výrazně poznamenána antropogenními vlivy. Převážně v minulosti docházelo, jak k hydro-morfologickým změnám recipientu, tak i ke zhoršení kvality vody. Právě v devadesátých letech minulého století proběhla kauza týkající se jakostní změny vody. Příčinou této změny byly odpadní vody pocházející z textilních závodů, nacházejících se v horní části toku v obci Červené Vodě. Kromě nepřirozeného zbarvení vody se dále v říčním toku objevovalo mohutné zpěnění. Následkem této havárie byl podle Českého rybářského svazu markantní úhyn ryb, jakožto velice citlivých vodních organismů k jakýmkoliv negativním změnám ve vodním prostředí (Hanel a Lusk 2005).

2. Cíle práce

Cílem bakalářské práce bylo hodnocení antropogenních vlivů, které významným způsobem ovlivňují vodní tok Březnou. Nejprve došlo k terénnímu průzkumu a zároveň ke komplexnímu zmapování lidských faktorů, které se podílí na ovlivnění daného toku v jakékoliv míře. Poté se tato práce zaměřuje pouze na ty vlivy, které mají větší potenciál významně ovlivňovat kvalitu vody a dnových sedimentů v recipientu a míru narušení přirozeného charakteru vodního toku. Mezi tyto faktory patří úpravy vodních toků, které významným způsobem ovlivňují vodní režim a samočisticí schopnost recipientu. Dalšími činiteli podmiňujícími jakostní změnu vody, v tomto případě negativním způsobem, jsou odpadní vody více kategorií. Naopak velice příznivý efekt mají čistírny odpadních vod, které se snaží stupeň znečištění zmírnit.

Na základě těchto antropogenních vlivů byly v praktické části stanoveny tyto cíle a úkoly:

- Teoretické podklady pro vypracování bakalářské práce
 - zpracování dostupné odborné literatury k tématu bakalářské práce
 - informace poskytnuté veřejnými institucemi
 - informace sdělené veřejností
- Hodnocení kvality vody a sedimentů
 - terénní stanovení vybraných fyzikálních a chemických ukazatelů vody
 - odběry vzorků vody a dnových sedimentů
 - laboratorní analýzy odebraných vzorků
 - zpracování získaných dat
 - zařazení kvality vody do jakostních tříd na základě její fyzikálně chemických ukazatelů
- Hodnocení přirozenosti vodního toku

3. Teoretická část

3.1. Tekoucí vody

Srážková voda, která se nevypaří, nevsákne do půdy a nezachytí vegetací, stéká spádem jako povrchový odtok a se zdroji podzemních vod vytvářejí vodní toky propojené v hydrografické síti odvodňující povodí (Lellák a Kubiček 1991).

Vodní toky jsou charakterizovány přirozeně utvářeným korytem liniového a podélného průběhu v krajině, které se vyznačují trvalým či dočasným jednosměrným prouděním vody. Voda je tedy odváděna korytem z výše položených míst do níže položených míst a ve většině případů končí v mořích. Kromě přirozených vodních toků existují umělé toky (kanály, derivační náhony) budované pro závlahy, odvodnění, plavbu, energetiku apod. (Hanel a Lusk 2005).

V globálním měřítku tvoří vodní toky cca jednu tisícinu zemského povrchu. Z hlediska České republiky se jedná o velice významné vodní útvary tvořící hydrologickou síť o celkové délce 76 000 km, z toho 60 000 km představují malé vodní toky (Blažek et al. 2006).

Mezi základní činitele určující morfologii a vlastnosti vodního toku patří jeho podélný a příčný profil. Podélný profil vodního toku je v podstatě určován rozdílem mezi pramenem, zaústěním a délkou toku. U delších toků lze vyčlenit tři charakteristické části (horní, střední a dolní), které se liší sklonem (niveletou) dna. Druhého základního činitele představuje příčný profil, který se dále dělí na tři části: dno, příbřežní zónu a volný vodní sloupec. Tyto oddíly se liší jak po stránce morfologické, tak i rychlostí proudu vody (Lusk 1990). Charakter dna spolu s výškou hladiny vody a rychlostí proudu má rozhodující vliv na výskyt vodních rostlin a řasových nárostů (Husák a Květ 1989) a také na druhové a kvantitativní složení bentosu tvořící hlavní část potravy pro ryby v tekoucích vodách.

Pro všechny přirozené toky je charakteristické tzv. nerovnoměrné proudění, při kterém vznikají válce a víry, voda teče různým směrem vzhledem k průběhu koryta vodního toku a různou rychlostí. Koryta toků s nerovnoměrným prouděním mění v průběhu doby svůj příčný profil, směr i podélný profil. Mění se i morfologie jednotlivých částí koryta a tím vznikají rozdílná makro i mikrostanoviště vhodná pro zastoupení specifických společenstev vodních organismů (Lusk 1990). Jednotlivé typy mikrohabitatů se zde střídají a vzájemně na sebe navazují. Mírný proud s klidnou hladinou a malou hloubkou vytváří v toku mělčiny, kde juvenilní stadia ryb nachází

vhodná stanoviště a dostatek potravy. Klidná hladina s relativně značnou hloubkou ve vztahu k velikosti toku a poměrně pomalým prouděním tvoří tzv. tůň. Lavice tvořené šterkem či kameny s nerovnoměrným prouděním a mělčí vodou vytváří peřeje. Kaskády jsou dalším mikrostanovištěm, jejichž vznik je podmíněn velkými kameny v profilu dna, případně i stupni, kde voda teče v podobě vodopádů. Posledním zástupcem mikrohabitatů jsou proudy, které představují úseky toku, kde koryto má relativně úzký a stabilní profil s jednotnou šířkou i hloubkou. Proudění v těchto místech je poměrně rovnoměrné. Dno a břehy jsou málo členité a pro ryby v proudech nejsou optimální podmínky. Rozsah a podíl výše uvedených mikrohabitatů se liší podle typu a části vodního toku (Hanel a Lusk 2005).

Klíčovou charakteristiku odtoku v korytě představuje rychlost proudění. Rychlost odtékající vody je přímo závislá na drsnosti dna, strmosti spádu, hloubce a šířce koryta i na množství protékající vody. Rychlost proudění se výrazně podílí na erozivní a vymílací aktivitě toku. Největší rychlost vody je vždy v proudnici v určité hloubce pod hladinou, směrem k břehům a ke dnu se snižuje. Také pod ledovou pokrývkou, s rozvojem makro vegetace a se zvýšeným množstvím unášených látek se pohyb vody díky zvýšenému tření výrazně zpomaluje (Hanel a Lusk 2005). Při povodni je naopak rychlost proudění značně vyšší než při normálním stavu, přičemž největší rychlost mají průtoky na čele povodňové vlny (Blažek et al. 2006).

Podle Lelláka a Kubíčka (1991) lze jednotlivé segmenty v toku rozdělit z hlediska dynamiky vody na rychle proudící nebo peřejnaté torrentilní úseky (riffles) typické pro větší spádové profily a pomalu až neznatelně proudivé fluvialní části (pools). Delší proudivé toky jsou označovány jako lotické a málospádové, nížinné řeky jako lenitické. Podle ruské terminologie se proudnicová část toku nazývá medial a příbřežní ripal. Všechny formy pohybu vody zahrnuje pojem turbulence, jenž se dělí na dvě fáze, a to laminární neboli přímočaré a turbulentní neboli vířivé. Laminární proudění je počátek turbulentního proudění a zároveň je důležité pro funkci mezní vrstvy a pro pohyb hydrobiontů, zatím co turbulentní proudění má hlavní význam při transportních procesech ve vodním toku.

Všeobecně ve vodohospodářské oblasti se toky označují vzhledem k různým kritériím jako bystřiny, potoky, řeky a veletoky. Z hlediska rybářské praxe se vodní toky podle Luska (1990) rozdělují dle šířky koryta na následující kategorie:

Potoky obvykle představují pramenné části či zdrojnice větších toků, šířka jejich koryta většinou nepřesahuje 5 m. Protékají v zalesněných oblastech v sevřených údolích nebo v lukách s bohatými břehovými porosty. Rybí osídlení má převážně pstruhový charakter [pstruh obecný, *Salmo trutta fario* Linnaeus 1758, vranka obecná, *Cottus gobio* Linnaeus 1758 nebo vranka pruhoploutvá, *Cottus poecilopus* Heckel 1837, střevle potoční, *Phoxinus phoxinus* (Linnaeus 1758)]. V případě vhodných podmínek (střídání písčitého dna s bahnitými náplavami s organickým detritem) se vyskytuje i mihule potoční, *Lampetra planeri* (Bloch 1784).

Říčky jsou charakterizovány jako vodní toky či jejich úseky o šířce koryta přibližně od 5-10 m. V toku se již střídají zřetelné šterkové lavice s proudivou vodou (peřeje), s úseky s pomalu tekoucí vodou, místy jsou i menší tůně. V rovinném terénu říčky silně meandrují. Jsou jakýmsi přechodem mezi tůň a řekou. V našich podmínkách tvoří rybí obsádku pstruh obecný či lipan podhorní, *Thymallus thymallus* (Linnaeus 1758).

Řeky reprezentují vodní toky, u nichž jsou koryta obvykle širší než 10 m a mají různý charakter podle typu dna a spádu. Úseky s čistou chladnější vodou mají obsádku tvořenou pstruhem obecným a lipanem podhorním, střední úseky řek, kde se střídají peřejnaté prahy se šterkovito-kamenitým dnem a úseky s klidnější vodou mají obsádku parmového typu. Dolní úseky toků mají cejnovitý typ rybího osídlení.

Jiné dělení vodních toků se provádí z hlediska hydrologického, jedná se o zařazování podle řádů, bez ohledu na jejich délku a velikost. Z hlediska zoocenologické klasifikace toku se recipienty člení na tři zóny: krenon, ritron, potamon a další podzóny. Detailním popisem těchto tříd se zabývají Illies et al. (1963).

Každý vodní tok je přírodní jedinečností a zároveň významný krajinný prvek vznikající po tisíciletí. Je výslednicí působnosti mnoha faktorů, mezi něž patří geologie podloží, spád koryta, chemické složení a teplota vody, stejně jako biotičtí činitelé. Soubor ve vodě žijících organismů se dlouhodobě přizpůsoboval těmto podmínkám (Blažek et al. 2006). Z toho vyplývá, že říční soustavy jako oživené systémy mají mnohostranný ekologický význam pro přírodu a člověka. Jako každý systém mají také tekoucí vody hranice ekologické únosnosti, které je třeba respektovat při všech antropogenních zásazích (Lellák a Kubíček 1991).

3.2. Antropogenní faktory ovlivňující vodní toky

Lidská činnost počala ovlivňovat nivy vodních toků již v pravěku. Od doby bronzové lze sledovat zvýšený přínos splachů a narůstání nivních uloženin v důsledku orby a pastvy ve sběrných oblastech. Od středověku se uplatňují různé úpravy související s přímým využíváním vodních toků. Nehledě k průmyslovým aktivitám jako byly zejména hamry na zpracování rud, jde především o mlýnské úpravy, které postihly téměř všechny jen trochu větší vodní toky. Budovaly se náhony a docházelo i k regulaci některých částí malých vodotečí. Pestrost a dynamika změn v nivě se snížily, na místo původních luhů vznikly vlhké kosené louky, přirozené tůně z části nahradily umělé rybníčky. Nicméně nedocházelo k většímu chemickému znečištění vod a většina prvků původních říčních ekosystémů se včlenila do těchto umělých, avšak přírodě blízkých soustav.

První velice drastické antropogenní ovlivnění říční krajiny začalo v průběhu 19. a 20. století. Již s rozvojem drobného průmyslu (např. textilního) se neobyčejně zvýšila zátěž některých menších toků v hustě zalidněných oblastech jako jsou podhorské okrsky. Skutečným zásahem do dynamiky vodních toků i celých nivních ekosystémů jsou však soustavné regulační úpravy spočívající v napřímení a zahlobení koryt a plošné odvodnění nivních pozemků. Zároveň stoupalo znečištění vod, jak z rostoucích obcí nebo průmyslových podniků, tak v důsledku rozvoje zemědělské činnosti. Také původní vlhké louky se mění na druhově chudé louky kulturní, z nichž vymizely celé skupiny druhů rostlin a drobných živočichů. V posledním půlstoletí pak došlo i k stále většímu zornění nivních pozemků, čímž nivy ztratily svůj přirozený charakter a význam a často se včlenily do okolní jednotvárné krajiny (AOPK 1998).

3.2.1. Vliv člověka na kvalitu vody

Lidská činnost ovlivňuje kvalitu vody v recipientu převážně negativním způsobem, jedná se tedy o znečištění vody. Pod tímto pojmem si lze představit jakékoliv nežádoucí změny ovlivňující fyzikálně-chemické vlastnosti vody. Příčinu antropogenního znečištění má nejčastěji na svědomí odtok odpadních vod z domácností, průmyslu a zemědělské činnosti. Existuje mnoho kategorií, do nichž je možné znečištění povrchových vod rozdělit. Jednou z těchto variant je třídění podle rozsahu znečištění:

Bodové znečištění charakterizuje rozpoznatelný zdroj znečištění, jenž se dostává do recipientu v úzce lokalizovaném prostoru. Do této kategorie patří především odpadní vody různého složení a účinku, které se zpravidla do vodního prostředí dostávají jedním nebo více vypustnými objekty kanalizací, z čistíren odpadních vod a dříve i přímo z technologií výrobních provozů (Adámek et al. 2010).

Plošné znečištění vodního prostředí nastává při dopadu atmosférických srážek na rozsáhlé plochy, jenž jsou následně odváděny spolu rozpuštěnými či nerozpuštěnými látkami v podobě povrchového odtoku přímo do recipientu. Jedním z nejdéle studovaným znečištěním plošného až globálního charakteru je acidifikace kontinentálních vodních ekosystémů (Adámek et al. 2010).

Trvalé nebo dlouhodobé znečištění lze označit jako opakující se znečištění vody pocházející v převážné většině ze stejného zdroje. V průběhu času se však může lišit svou intenzitou při vypouštění odpadních vod do vodního toku (Svobodová et al. 1987).

Kampaňové znečištění je možné definovat jako náhlé ovlivnění jakosti vody negativním způsobem na několik týdnů či měsíců. Dané znečištění úzce souvisí s nárazovou výrobou jednoho produktu. Po ukončení výrobního procesu se zdroj znečištění zastaví a jakost vody v recipientu se pomocí samočistící schopnosti navrátí do původního stavu (Štěrbá a Rosol 1989).

Havarijní znečištění představuje náhlé, obvykle krátkodobé, nepředvídatelné a přechodné zhoršení kvality povrchové vody, které má vliv na zhoršení některých vlastností vody a způsobuje biologické, hygienické, estetické a technické závady (Vučka et al. 1984). Je obvykle způsobeno výtokem odpadních vod, haváriemi při transportu chemických látek a přípravků (bodové znečištění), splachem z polních kultur ošetřenými chemickými přípravky, zasažením povrchových vod při leteckém ošetření polních a lesních kultur (plošné znečištění) (Hanel a Lusk 2005). Nejlépe pozorovatelné účinky havárie jsou prostřednictvím úhynu rybí obsádky, Svobodová et al. (1994) vytvořili přehledný diagram, který napomáhá nalézt příčinu úmrtí.

Další typ členění znečištění povrchových vod představuje bodové neboli místní znečištění. Do této kategorie patří převážně odpadní vody, které lze rozdělit na:

Komunální odpadní vody jsou tvořeny odpadními vodami z domácností. Složení těchto vod je závislé na způsobu života obyvatel, životní úrovni a technické vybavenosti domácností i obce. V komunálních odpadních vodách jsou obsaženy látky rozpustné

a nerozpustné, jenž jsou dále rozděleny na sunuté po dně (písek, hlína) a plovoucí (papír, hadry a jemný kal z organických zbytků a výkalů). Právě látky organického původu jsou nejdůležitější díky prudkému rozkladu v aerobním prostředí, který může vyústit až ke kyslíkovému deficitu. Velký problém splaškových odpadních vod představuje vysoký obsah povrchově aktivních látek (tenzidů a detergentů), jenž snižují povrchové napětí vody (Adámek et al. 2010). I v dnešní době v některých případech dochází k vypouštění těchto odpadních vod přímo do recipientu. Původce znečištění vodního toku reprezentují malé obce, které nemají vybudované čistírny odpadních vod (Blažek et al. (2006).

Průmyslové odpadní vody mají na rozdíl od vod splaškových rozmanitý charakter. Proto se jejich škodlivost při vypouštění do recipientu může velmi lišit. Z jednotlivých výrobních postupů se odvádějí vody typických vlastností a složení. Právě Adámek et al. (2010) rozděluje nejvýznamnější odvětví průmyslu, jenž mají zásadní vliv na vodní recipienty. Dále se obvykle dělí průmyslové odpadní vody podle znečišťujících látek na převážně organicky znečištěné nebo převážně anorganicky znečištěné. Tyto dvě hlavní kategorie detailněji popisuje Pitter (2009). Znečištění z průmyslové činnosti můžeme také rozdělit na přechodné tzv. kampaňové a trvalé. Většina odpadních vod z průmyslu spadá pod trvalé znečištění, které negativně ovlivňuje jakost vody v průběhu celého roku. Mezi kampaňové znečišťovatele patří potravinářský průmysl obzvláště cukrovarnictví, škrobárny (Štěrbá a Rosol 1989).

Oteplené odpadní vody neboli tepelné znečištění představuje vypouštění velkých objemů teplé vody z výrobních provozů a sídel do vodního recipientu. Za vysokou teplotu vody lze považovat již hodnotu 30 °C. Nejčastějším zdrojem jsou průtočné chladicí okruhy v elektrárnách, teplárnách a podobných energetických systémech. Negativní vliv zvýšené teploty závisí na druhovém a kvantitativním složení společenstva, velikosti oteplení, stupni organického znečištění v kombinaci s dalšími typy znečištění, na výskytu toxických látek a na klimatických a hydrologických podmínkách. Vysoká teplota vody velice úzce souvisí se sníženou rozpustností kyslíku a se změnou druhové diverzity vodních organismů (Lellák a Kubíček 1991).

Zemědělství produkuje relativně malé množství odpadních vod. Ve velkochovech jsou však velkou zátěží kapalně odpadní vody, jako kejda, močůvka, silážní šťávy apod. Kejda představuje suspenzi tuhých výkalů a moči v proměnlivém podílu technologické

vody s vysokými podíly živin (N, P, K). Při nesprávné manipulaci hrozí značná rizika povrchové vody spojené s tzv. eutrofizací (Hanel a Lusk 2005). Pro močůvky je typické velká koncentrace amoniakálního dusíku a při skladování za aerobních podmínek i obsah sulfidické síry. Silážní šťávy mají tmavě hnědou barvu s reakcí silně kyselou (3,5-4 pH), což způsobuje silnou acidifikaci při únicích do povrchových vod a následné nežádoucí vlivy na vodní organismy (Pitter 2009). V zemědělských objektech dále mohou být úniky ropných látek a skladových pesticidů (Adámek et al. 2010).

Významný negativní vliv na jakost vody představují také úpravy vodních toků, jenž snižují jejich samočistící schopnost. Toto narušení přirozeného čištění je vyvoláno sníženou členitostí dna, zkrácení délky toku a kratší dobou zdržení (Lellák a Kubíček 1991). Právě snížení samočistící schopnosti toku výrazně ovlivňuje kvalitativní parametry a vlastnosti vody, jedná se např. o hodnotu pH, míru organického znečištění, ale také teplotu vody a následně i obsah kyslíku (Lusk 1990).

Naopak velice pozitivní antropogenní faktory ovlivňující kvalitu vody zastupují čistírny odpadních vod (ČOV), které se snaží míru znečištění odpadních vod snížit na minimum. Jedná se o odpadní vody komunální nebo také průmyslové, které jsou přiváděny do čistírny kanalizačními systémy. Odpadní vody jsou v ČOV čištěny fyzikálními, chemickými a biologickými metodami, případně kombinací všech tří postupů. U průmyslových odpadních vod, vzhledem k jejich různorodému složení, jsou čistírny charakteristické poměrnou složitostí a různorodostí použité technologie. Čistírny odpadních vod musí být konstruovány tak, aby odpadní vody, které čistí splňovaly tzv. emisní a imisní standardy. V současné (od roku 2010) době musí být staré i nové čistírny doplněny o stupeň cílené eliminace živin (sloučenin fosforu a dusíku) (Blažek et al. 2006).

Obecně platí, že znečištění vodního prostředí může mít zásadní vliv na společenstva vodních organismů. Mezi obzvláště citlivé živočichy k nepříznivým jakostním změnám ve vodě patří ryby. Silné znečištění vodního prostředí se na ichtyofauně projeví např. těmito způsoby: snížení plodnosti, snížení vitality spermií a oplození jiker, narušení embryonálního a larválního vývoje, snížení imunity a tím i zvýšení náchylnosti k různým onemocněním. Dlouhodobé znečištění vod ovlivňuje negativně i růst ryb a také složení rybích společenstev, citlivější druhy (lososovitě) jsou často zastoupeny odolnějšími, ale za to méně žádoucími druhy (Hanel a Lusk 2005).

Znečištění vod může za jistých okolností mít i pozitivní význam. Mírně organicky znečištěné vody vykazují značnou úživnost, která zvyšuje saprobitu u oligotrofních vod a tím zajišťuje vyšší abundanci a diverzitu druhů ve vodním prostředí (Adámek et al. 2010).

3.2.2. Vliv člověka na hydrologický režim vodních toků

Člověk ovlivňuje krajinu již velmi dlouho, dá se dokonce říci, že přechodem společnosti z lovecké na pasteveckou a pěstitelskou jsou již známy zásahy do odtokových poměrů v důsledku odlesňování, intenzivního vypásání travních ekosystémů a vytváření ploch intenzivně obdělávané půdy. K razantním změnám v hydrologii krajiny došlo až v polovině 20. století v oblasti rozvoje intenzivního zemědělství v období tzv. kolektivizace. Došlo nejen ke scelování pozemků, ale i k odvodňování přirozených mokřadů, vypouštění historických rybničních soustav a k tvrdé regulaci drobných toků v zemědělské krajině (Adámek et al. 2010). V České republice bylo do roku 1990 odvodněno 25,3 % celkové výměry zemědělských půd (Blažek et al. 2006). Zmíněné antropogenní změny v krajině zásadně ovlivnily odtokové poměry, došlo ke změně schopnosti zadržovat vodu a postupně ji předávat tokům, také se změnila četnost a sezónní distribuce průtoků i jejich objemové hodnoty (Adámek et al. 2010).

Mezi další historické činnosti člověka, jenž narušují hydrologický režim v recipientech, patří odběry vody z těchto vodotečí. Již hluboce před našim letopočtem se odváděla voda z vodních toků k závlahám a využívala se vodní energie k pohonu mlýnů a hamrů. Od počátku 19. století s rozvojem potřeby vody se však začaly realizovat přímé odběry z recipientů pro potřeby průmyslu, zemědělství a energetiky. Obecně se v těchto případech sníží průtok v mateřském toku pod místem odběrů, ať již odvedením do náhonu, derivačního kanálu nebo do technologického provozu a často dochází i k snížení hladiny mělkých podzemních vod v nivě vodoteče. Vždy dojde ke změně hydrologického režimu úseku, který může být dlouhý až několik kilometrů, s tím že odvedená voda se nemusí navrátit v původním množství (Adámek et al. 2010). Největší odběry z povrchových vod na území České republiky pro potřeby průmyslových a energetických odvětví byly zaznamenány v roce 1975 s hodnotou 2885 mil. m³ (Blažek et al. 2006).

Dalšími antropogenními faktory ovlivňující hydrologické poměry (rychlost vody, průtok) jsou často opomínané dočasné stavební či těžební práce v toku, jako např. stavba mostů, jezů, přepadů, těžba písku. Kromě zmíněných hydrologických parametrů se také výrazně zvyšuje obsah splavenin způsobujících zákal vody a dochází k ovlivnění po určitou trasu původní biocenózy. Po dokončení prací, pokud nedošlo ke změně tvaru a velikosti koryta, se biologické poměry rychle stabilizují (Lellák a Kubíček 1991).

Mnohem závažnější problém z hlediska hydrologických a biologických charakteristik ve vodních tocích představuje dlouhodobé kolísání průtoků v úsecích pod odběrovými profily vodních děl. Kromě zmíněné průtokové oscilaci dochází také ke změně teploty, trofii, výšky hladiny a rychlosti vody. Toto výrazné kolísání způsobené antropogenními faktory má vliv na vodní společenstva, jenž jsou vystaveny stresovým situacím. Pouze malý počet druhů se dokázal adaptovat na zmíněné situace, např. některé řasy, pijavice, maloštětinatci, předožábří plži, berušky, nezmaři a další (Lellák a Kubíček 1991).

Vzhledem k malému průtočnému množství vody v malých vodních tocích se odběry vody zejména v období nízkých průtoků stávají faktorem, který výrazně ovlivňuje a v určitých případech i ohrožuje existenci vodních organismů, obzvláště ryb. Důležitý je tzv. minimální potřebný průtok, který zohledňuje pouze požadavky na hydroenergetiku, odběry vody apod. (Hanel a Lusk 2005). Proto se v posledních letech uvažuje o zavedení tzv. minimálního ekologického průtoku, který by byl nezbytný pro udržení základních ekologických funkcí. Hodnota takového průtoku by měla činit Q_{330} denní doby, což je pravděpodobný průtok dosažený nebo překonaný po dobu 330 dní v roce (Lusk a Halačka 1995). Pokud však dojde k úplnému zmizení vody v korytě v důsledku klimatických podmínek nebo antropogenních zásahů, má to významný negativní vliv na vodní organismy, který popisují Lellák a Kubíček (1991).

3.2.2.1. Úpravy vodních toků

Úpravy vodních toků mají dlouholetou tradici a jejich cílem bylo omezit nekontrolovatelný vliv vody v rozporu s požadavky a přáním lidí a nebo je upravit pro cílené využití. Hlavními cíli úprav vodních toků bylo především dosažení protipovodňové ochrany lidských sídlišť a staveb, zamezení záplav krajiny,

hydromeliorace zemědělské půdy, rychlé odvedení vody, možnost manipulace s vodou pro různé účely (Hanel a Lusk 2005).

Úpravy malých vodních toků se prováděly převážně v zemědělsky využívané krajině, kde jejich úprava byla specificky zaměřena podle požadovaného lokálního účelu. V naprosté většině antropogenní zásahy do recipientů představovaly jejich napřímení a změnu podélného spádu, také zahlubování koryta pod úroveň okolních pozemků za účelem zaústění odvodňovacích drenáží. Naprosto zavrženíhodnou formu úpravy bylo tzv. zaklenuť (zatrubnění) toku, které lze výjimečně a pomístně uplatnit v sídlištní zástavbě. S tímto typem úpravy se lze setkat v některých pramenných oblastech v trati přes luční či polní parcelu. Další možnou úpravu představovalo zpevnění dna a břehů betonovými panely, ojediněle i spárovou dlažbou či tvárnicemi (Lusk 1990).

U vodních toků větších rozměrů bylo provedeno především napřímení podélné trasy říčního koryta, průpichy byly odříznuty říční meandry, v některých úsecích byl říční tok převeden do nově vytvořeného koryta. Vlastní příčný profil byl obvykle upraven na jednu šířku i tvar, hráze byly často zpevněny kamenným záhozem. Podélný spád byl unifikován na jednu hodnotu. Úpravy vodních toků také představovaly budování příčných stupňů různého typu, jenž mají stabilizační funkci, vyrovnávají podélný spád a umožňují manipulaci s vodou. Upravená koryta recipientů kanálového charakteru jsou často obklopená protipovodňovými hrázemi zamezující rozlivu vody do inundačního území při povodňových průtocích (Hanel a Lusk 2005).

Podle AOPK (1998) bývají při extrémních povodních škody na upravených korytech podstatně větší než na korytech neupravených. Je to vyvoláno jednak výrazně zvýšenou rychlostí odtoku a tedy namáháním rozšířených, upravených koryt, ale také vyšší cenou základního prostředku (opevnění koryta). Na druhé straně tam, kde koryta vodních toků nebyla upravena vznikly při povodních v inundačních území mnohem závažnější škody než v okolí komplexních úprav.

Většina úprav vodních toků respektují především požadavky a hlediska technicko-vodohospodářská a až na výjimky zcela pomíjejí biologicko-ekologickou funkci vody v naší kulturní krajině (Lusk 1990).

Přestože úpravy vodních toků mají pozitivní účinky a většinou plní záměry se kterými byly budovány, je již dlouho upozorňováno na některé jejich nepříznivé

dopady. Negativní vlivy úprav se projeví zejména v nevhodné volbě šířky a profilu koryta a materiálu pro zpevnění břehů a dna, v napřimování toku, v likvidaci břehových porostů apod. Následky těchto opatření se promítly ve změně rychlosti odtoku, ve snížení hladiny vody, ve změně tepelného, světelného režimu a mikroklimatu (odstranění břehové vegetace), v celkové biologické přestavbě a snížení samočistící schopnosti. Ve většině případů došlo ke snížení rybí produkce, nebo dokonce k úplnému vymizení rybí obsádky (Lellák a Kubíček 1991).

Právě Adámek et al. (2010) popisují základní typy hydromelioračních úprav toků z ekologického hlediska. Jedná se o tyto čtyři kategorie: zatrubnění toku, opevnění dna a břehů, úprava kamennou rovnatinou nebo jiným přírodním materiálem a úprava toku blízká přírodním podmínkám.

Dlouholeté domácí i zahraniční zkušenosti ukazují, že většina v minulosti provedených úprav vodních toků nerespektovala i základní ekologické vazby v prostředí, a proto v řadě případů požadované cíle úpravy byly dosaženy pouze částečně a v mnoha případech se projevil trvale negativní vliv na stabilitu vodního ekosystému (Oglesby et al. 1972; Hellawell 1986).

V letech 1985-1995 se jednoznačně začaly projevovat negativní aspekty „tvrdě“ upravených vodních toků a jejich neúčelnost, a proto se přistoupilo k tzv. úpravám toku blízké přírodním podmínkám. V podstatě se jednalo o částečnou úpravu toku respektující původně asymetrický tvar koryta. Směrová úprava trasy byla prováděna pouze v nejnutnějším případě v krátkých úsecích. Opevnění bylo uplatňováno u nejvíce ohrožených částí břehů převážně kamenem. Součástí tohoto přístupu k úpravě toku bylo i zachování břehových porostů pro udržení optimálních teplotních i světelných podmínek (Hanel a Lusk 2005). V současnosti však získává pojem úpravy vodních toků i opačný význam. Jedná se o změny původně klasicky upraveného vodního toku v rámci tzv. revitalizací za účelem částečného obnovení přirozeného charakteru a přírodních funkcí (Blažek et al. 2006).

4. Metody a materiály

4.1. Základní charakteristika povodí

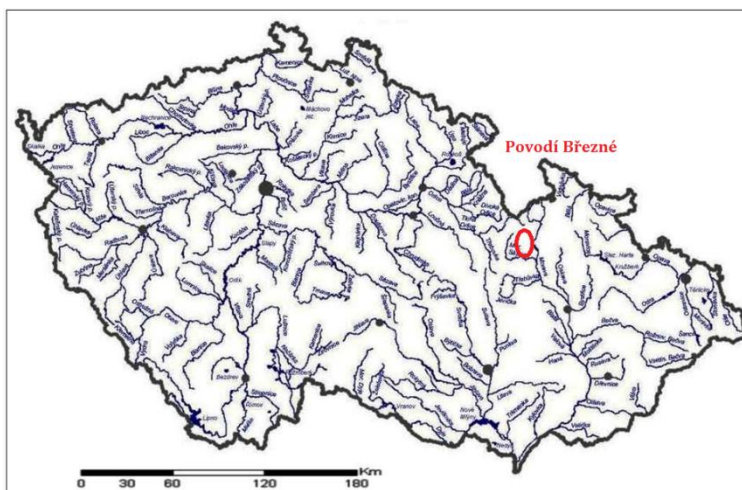
Povodí Březné se nachází na území České republiky, převážně v západní části Olomouckého kraje v okrese Šumperk. Pouze severozápadní a jihozápadní část daného území náleží kraji Pardubickému, konkrétně okresu Ústí nad Orlicí.

Z geomorfologického hlediska povodí spadá do Hercynského systému, provincie České Vysočiny a Krkonošsko-Jesenické soustavy. Dále zájmové území náleží třem celkům, na severu Hanušovické vrchovině, uprostřed Kladské kotlině a na jihu Zábřežské vrchovině (www.geoportal.gov.cz).

Klimatické poměry v dané oblasti se kontinuálně mění od severu směrem k jihu. V severní části je průměrná roční teplota 4,5 °C a průměrný roční úhrn srážek činí 800-900 mm. Ve střední a jižní části povodí je průměrná roční teplota 6,4 °C a průměrný roční úhrn atmosférických srážek se pohybuje v rozmezí 700-800 mm (www.chmi.cz). Podle Tolasze (2007) oblast z větší části spadá do mírně teplé klimatické oblasti (MT 2 a 7), pouze severní část vykazuje chladné klima (CH 7).

Z geologického hlediska je severovýchodní a severozápadní část území převážně tvořená metamorfovanými horninami, různými typy rul a svorů. Severní a střední část povodí spadá pod geomorfologický podcelek Králickou brázdu, ta je součástí Kladské kotliny. V celém prolomu jsou horniny krystalinika překryty svrchno-křídovými sedimenty, typu jílovce, slínovce a prachovce. V jižní části území se na geologickém složení v údolí podílí právě vodní tok. Převažují zde fluviální jíly a písky s příměsí štěrku. Okolní svahy jsou pokryty deluviálními kamenito-hlinitými sedimenty (Cink 2000).

Na území převládají typické kambizemě, které nalezneme v nižších polohách převážně na strmějších svazích. Ve vyšších polohách je půdní složení zastoupeno kyselými kambizeměmi, dále i districkými kambizeměmi a místy i kambizemními podzoly. Na úpatí svahů směrem do nižších poloh se vyvinuly luvizemě, často pseudoglejové a typické hnědozemě. Nivy vodních toků tvoří glejové fluvizemě s velkým obsahem štěrku a valounů (Culek 1995).

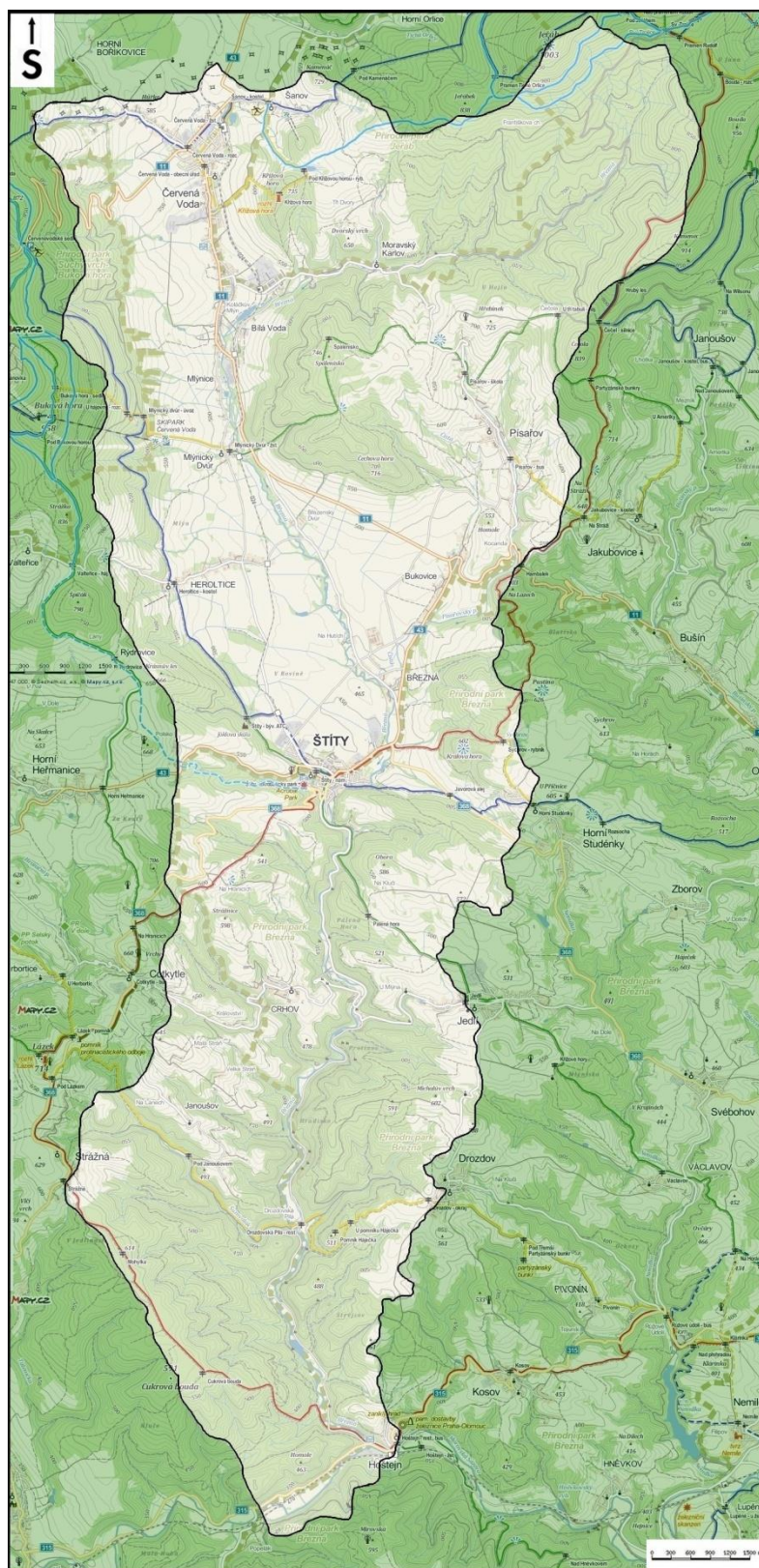


Obr. 1 Vyznačení zájmového území v rámci České republiky (www.zemepis.com)

V dané oblasti se nachází i maloplošná chráněná území. Prameniště řeky Březné v severní části území zasahuje do přírodního parku Jeřáb. Dále Bukovohorská hornatina v severozápadní části povodí představuje přírodní park Bukovou horu a přírodní park Suchý vrch. Pro téměř celou jižní část území byl vyhlášen stejnojmenný přírodní park Březná.

Zájmové území je z hlediska využití zastoupeno 51,8 % lesy, což vymezuje plochu 67,3 km². Z lesního společenstva tvoří 70 % smrkové monokultury, ale hojně zastoupeny jsou také květnaté bučiny. Na druhém místě jsou zemědělsky využívané plochy (orná půda, smíšené zemědělské oblasti) z 25,1 %, tedy 32,6 km². Dále travní porosty z 19,3 % (25 km²) a nejméně zastoupeny jsou umělé přetvořené plochy z 3,9 %, což je 5,1 km².

Uměle přetvořené plochy, zastupující lidská sídla, se nachází převážně v severní a střední části povodí lemující vodní tok Březnou. Na severu území se jedná o obec Červenou Vodu, která je s příslušnými částmi (Šanovem, Bílovou Vodou, Mlýnicemi, Mlýnickým Dvorem a Moravským Karlovem) osídlena cca 3200 obyvateli (www.cervenavoda.cz). Ve střední části toku leží město Štíty s 2041 obyvateli, ke kterému jsou započítány i obce Březná a Heroltice (www.stitecko.cz). Na jihu území vodní tok protéká pouze osadou Drozdovskou pilou.



Obr. 2 Vymezení povodí Břežné (www.mapy.cz)

4.2. Popis vodního toku

Vodní tok Březná pramení v severní části daného území na jihovýchodních svazích nejvyššího vrcholu Jeřábu v nadmořské výšce 890 m. Teče jihozápadním směrem v podobě lesní bystřiny až k Bílé Vodě, kde dochází k mírnému rozšíření údolí. Poté se začne stáčet směrem k jihu a teprve ve střední části toku protéká otevřeným údolím tvořeným nelesními biotopy, v těchto místech šířka řečiště dosahuje pouze 3-4 m. Pod městem Štíty se řeka začíná svírat a prohlubovat, získává divoký charakter, řečiště dosahuje prudšího spádu a v kamenitém korytě se objevují mohutné peřeje. Od Drozdovské pily se spád snižuje, ale charakter toku zůstává. Dále směrem k ústí je to volně meandrující vodní tok doprovázený vysokými, zalesněnými stráněmi. Řečiště v těchto místech dosahuje šířky až 6 m (Štefáček 2008). V konečné fázi vodní tok tvoří u obce Hoštejna levý přítok Moravské Sázavy ve výšce 310 m n.m.

Povodí Březné náleží úmoří Černého moře, jedná se o vodní tok čtvrtého řádu. Délka od pramene až k ústí činí 31,6 km a zaujímá plochu 130,4 km². Průměrný průtok v dolní části toku je 1,75 m³/s.

Vodní tok je hospodářsky velice významný a z hlediska zařazení podle Luska (1990) spadá do pstruhového pásma.

Mezi významné přítoky v horní části území patří Červenovodský potok, přitékající ze severu Králickou brázdou. Do řeky Březné vodní tok ústí u obce Bílá Voda. Ve střední části toku ještě před městem Štíty se zprava vlévají říčky Čistá a Písařovský potok, pramenící u obce Písařov. Dolní část území je kromě dominantního toku dále odvodňována hluboce zaříznutými, méně významnými potoky (Jedelský, Cokytelský a potok Šumvalák).



Obr. 3 Soutok řeky Březné s Moravskou Sázavou (pořízeno 5.7.2012)

4.3. Informační materiály

Pojmem informační materiály lze vysvětlit jako veškeré získané podklady nezbytné pro vypracování této bakalářské práce.

Kromě nastudované literatury týkající se dané problematiky, bylo nutné navštívit vhodné, veřejné instituce. Konkrétně se jednalo o níže zmíněné organizace, jenž mi poskytly následující informace či podklady:

- Správce vodního toku Březné, Horní závod Morava provoz Šumperk
 - podklady o úpravě vodního toku a vodních stavbách
 - informace o hospodářském využití zájmového území
- Městský úřad Zábřeh, odbor životního prostředí
 - informace o hydrologické charakteristice vodního toku
 - podklady o stanovených minimálních průtocích pod jezy v dolní části toku
 - informace o přírodním parku Březná
- Městský úřad Králíky, odbor životního prostředí
 - informace o odběru vody za účelem zasněžování ve Ski parku Červená Voda
- Městský úřad Štítý
 - informace a podklady o provozu čistírny odpadních vod
 - informace o kanalizační síti a odvádění komunálních odpadních vod
- Obecní úřad Červená Voda
 - informace o kanalizační síti a odvádění komunálních odpadních vod

- Textilní společnost Intercolor
 - informace o používaných výrobních technologiích
 - informace o používaných chemických látkách
- Čistírna odpadních vod obce Červené Vody (respektive Bílé Vody)
 - informace o rozvoji čistírny odpadních vod
 - informace o provozu čistírny odpadních vod a její nedostatecích
 - podklady týkající se měřených koncentrací chemických ukazatelů jakosti vody v odtoku odpadních vod či po smíšení s vodou v recipientu
- ZEAS Březná, a.s.
 - informace o minulosti, současnosti a budoucích záměrech zemědělské činnosti v okolí města Štítů a obce Březné
- Český rybářský svaz, místní organizace Zábřeh
 - informace o druhové skladbě rybí obsádky ve vodním toku
 - podklady o umělé obnově rybích společenstev

Mimo veřejné instituce jsem oslovil i veřejnost (níže uvedenou), jenž mi poskytla následující informace:

- provozovatelé umělých aquakultur
 - informace o druhové skladbě chovaných ryb
 - informace týkající se zarybňování či krmení
- obyvatelé Mlýnic (části obce Červené Vody)
 - informace související s vypouštěním odpadních vod z čistírny odpadních vod v Bílé Vodě

4.4. Terénní průzkum vodního toku

V květnu v roce 2012 byl proveden průzkum vodního toku a jeho blízkého okolí, od ústí až po konec Moravského Karlova (cca 26 km). Kromě řeky Březné také její přítok Červenovodský potok byl podroben terénnímu šetření z důvodu zvýšeného rizika ovlivnění jakosti vody.

Cílem této práce bylo zjištění všech lidských faktorů ovlivňujících vodní tok. Poté byly vytipovány antropogenní vlivy s největším potenciálem ovlivnit kvalitu vody a přirozený charakter toku. Mimo jiné terénní průzkum sloužil ke správnému výběru odběrových míst a úseků hodnotících „odpřirodnění“ toku.

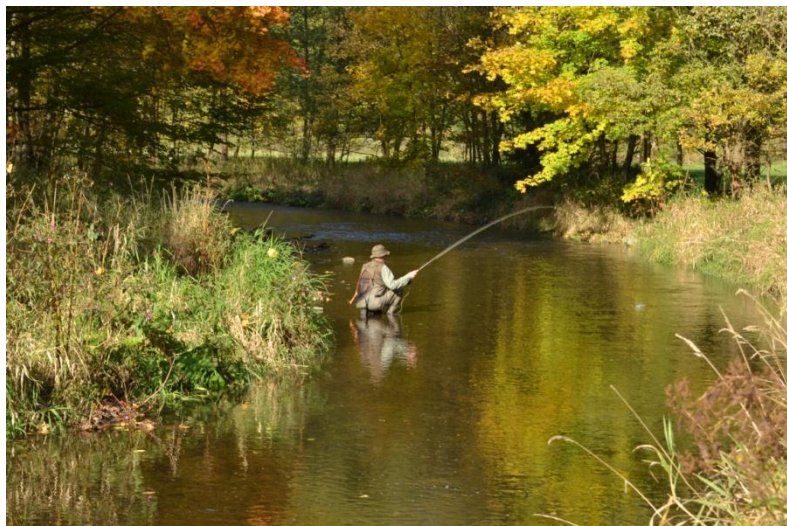
4.4.1. Komplex antropogenních faktorů ovlivňující vodní tok

Při terénním průzkumu vodního toku bylo zjištěno hned několik antropogenních faktorů, které více či méně, pozitivně či negativně ovlivňují kvalitu vodního toku. Jedná se tedy o:

Český rybářský svaz, místní organizace Zábřeh (ČRS) svojí činností každoročně obohacuje vodní tok Březnou o rybí obsádku náležící pstruhovému pásmu. Jedná se především o přirozeně se vyskytujícího pstruha potočního (*Salmo trutta m. fario*), jehož počet vysazených jedinců po celém recipientu v roce 2012 činil 1500 kusů. Ve stejném roce bylo také vysazeno cca 200 kusů nepůvodního pstruha duhového, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum 1792) pro zvýšení atraktivnosti vodního toku z hlediska sportovního rybaření. V dolní a střední části (cca od 0-19 km) toku se kromě těchto lososovitých ryb vyskytuje mník jednovousý, *Lota lota* (Linnaeus 1758), jehož početní stavy jsou zcela závislé na umělém vysazování. Narušení jeho přirozené reprodukce je dáno mnoha faktory převážně antropogenního původu, podle Merty (2008) se v daném případě jedná o zhoršení jakosti vody, snížení obsahu kyslíku spojeného s velkým množstvím odpadních vod a narušení kontinuity vodního toku příčnými stupni. Dále ichtyofaunu doplňuje po celém toku vranka obecná (*Cottus gobio*) a v dolních úsecích recipientu lipan podhorní (*Thymallus thymallus*).

Podle veřejných zdrojů se mimo zmíněné druhy ryb v řece Březné a jejich přítocích vyskytovaly ichtyologicky mnohem cennější druhy, jako jsou: střevle potoční (*Phoxinus phoxinus*), mřenka mramorovaná, *Barbatula barbatula* (Linnaeus 1758) a piskoř pruhovaný, *Misgurnus fossilis* (Linnaeus 1758). Příčinu jejich vymizení měla na svědomí zhoršená kvalita vody v recipientu a především ztráta biotopu způsobená rozsáhlými, melioračními zásahy na přelomu sedmdesátých let minulého století.

Vysazování přirozeně se vyskytující rybí obsádky patří mezi příznivé, antropogenní faktory, ale pouze do určité míry. Pokud by však došlo k přerybnění vodního toku, výrazně by se zvýšil predanční tlak na jiné, vodní organismy tvořící přirozenou, potravní složku ryb a to by mohlo vést k narušení rovnováhy celého, vodního ekosystému.



Obr. 4 Rybaření v dolní části vodního toku Březné (pořízeno 10.10.2012)

Rybníkářství v blízkosti vodního toku je velice rozšířené. Rybníky jsou převážně situovány v horní a dolní části toku, lišící se velikostí a chovem rybí obsádky. Od Bíle Vody až po Moravský Karlov se nachází osm malých, rybníčních systémů určených k chovu lososovitých ryb. Jedná se o nepůvodní druhy, pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) a sivena amerického, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill 1814), jejichž chov v umělých akvakulturách je velice běžný a výhodný z hlediska snížené ekologické náročnosti vůči životním podmínkám a vyššímu nárůstu biomasy během kratší doby, než je tomu u původního pstruha potočního (*Salmo trutta* m. *fario*) (Hanel a Lusk 2005). Jedním z rizik těchto odchovů je přenos různých onemocnění (zejména plísňových) z uměle chovaných ryb na původní společenstva ichtyofauny ve vodním toku. Také granulové krmení, které tyto druhy ochotně přijímají, může představovat riziko spojené s jeho závadností. Nejen, že může dojít k úhynu ryb v umělých odchovech, ale také při úniku do recipientu může vzniknout rozsáhlá havárie ohrožující celý vodní ekosystém. Pokud tedy dojde k úhynu několika kusů ryb, je vhodné provést test na aflatoxiny, peroxidové a thiokarbiturové číslo. V případě úhynu pouze raných stádií plůdku odchovaného na rybochovných objektech při použití zooplanktonu jako krmiva se provádí test na dravost buchaneč (Svobodová et al. 1994).

V dolní části toku, tedy od Štítů až po ústí, se v blízkosti recipientu nachází pět rybníčních systémů určených k chovu běžných, kaprovitých ryb. Mimo jiné se zde vyskytuje i rybí predátor, štika obecná, *Esox lucius* Linnaeus 1758. Výběr takto zvolené rybí obsádky je dán teplejším, místním klimatem, které podporuje rychlejší nárůst rybí

biomasy. Významné riziko představuje únik dravců do lotického systému, což vede k následné regulaci přirozeně se vyskytujících rybích společenstev.

Velice významný negativní dopad má v obou částech toku odběr vody z přirozeného řečiště pro zásobování těchto umělých, vodních systémů. Naopak příznivým vlivem je nárůst druhové biodiverzity, jedná se o druhy, které jsou vázané na lentické systémy.



Obr. 5 Rybník určený k chovu kaprovitých druhů ryb, nacházející se v dolní části povodí Březné (pořízeno 19.10.2012)

Lesnická činnost ovlivňuje vodní tok převážně v horní a dolní části zájmového území. Jedná se především o rizika spojené s výsadbou smrkových monokultur a naopak kácením lesních porostů. Smrkové porosty jak je známo zvyšují acidifikaci půdy a za vydatných dešťů postihne stejný proces i vodní prostředí. Dalším nežádoucím faktorem měnící mikroklima a hydrologický režim je těžba lesních porostů. Vykácené mýtiny na svazích jsou vystaveny v období sucha mnohem vyšším teplotám než je tomu v hustě zapojeném lese a tím i odtokové poměry dosahují menších hodnot. Naopak za přívalových dešťů kromě velkého množství vody stéká z holin do recipientu velké množství půdního materiálu.

Vyhlášení maloplošných chráněných území patří mezi záslužné činy člověka zajišťující určitý stupeň ochrany daného území. Právě do povodí Březné z větší části zasahují dva přírodní parky. V severní části území se jedná o přírodní park Jeřáb

vytvořený pro ochranu vrcholových partií stejnojmenného vrcholu Jeřáb (1003 m n. m.) a pramenných oblastí na jeho svazích. Přírodní park byl založen v roce 1987.

Naopak v dolní části zájmového území velice výrazně zasahuje přírodní park Březná vyhlášený v roce 1997 okresním úřadem v Šumperku pro zachování krajinného rázu typického pro tuto část Zábřežské vrchoviny. Jedná se o soustavu hluboce zaříznutých údolí řeky Březné a Moravské Sázavy, obklopených strmými svahy, porostlými přírodě blízkými, lesními společenstvy. Dále slouží pro zachování charakteristických zemědělských kultur a krajinné zeleně s vhodnými podmínkami pro rekreaci. Z ekologického hlediska má význam při ochraně významných biotopů a zvláště chráněných rostlin a živočichů.

Kromě přirozených mezofilních a hydrofilních luk a olšin se v příbřežní linii v dolní části toku vyskytují člověkem zavlečené, invazní druhy rostlin. Jedná se o trnovník akát, *Robinia pseudacacia* (Kubát) Linnaeus, netykavku žláznatou, *Impatiens glandulifera* Royle a křídlatku českou, *Reynoutria bohemica* Chrtěk a Chrtková. V současné době velmi běžné a problematické druhy jsou známé velice rychlým šířením a vytlačení původní vegetace. Především křídlatka vytváří velice kompaktní břehové porosty, měnící světelné i teplotní podmínky v toku. Také netykavka žláznatá má vysokou regenerační schopnost a navíc pomocí semen vystřelovaných ze svých tobolek se mnohem rychleji šíří proti proudu (Pyšek a Tichý 2001). Jiné konkurenčně silnější strategie využívá trnovník akát, jedná se o alelopatické účinky.

Další invazní druh, tentokrát živočišného původu, úzce souvisí s rybníkářstvím v dolní části toku, jedná se o rybího zástupce, střevličku východní, *Pseudorasbora parva* (Temminck et Schlegel 1846). Poprvé se do České republiky dostala v roce 1982 s násadou herbivorních druhů ryb z Maďarska a od té doby se v našich podmínkách velice dobře aklimatizovala (Hanel a Lusk 2005). Podle Holčíka (1987) vrchol invaze střevličky východní už je překročen, nyní dochází k její stabilizaci v naší ichtyofauně. S oblibou tedy obývá rybníční systémy, ale také tůň v lotických vodách, kde se stává fakultativním parazitem, nativních stadií ryb. Jedná se o velice odolný druh vůči parazitózám a sám je původce infekčního onemocnění vyvolané patogenem *Sphaerothecum destruens* přenášeného na slunkou obecnou, *Leucaspis delineatus* (Heckel 1843) (Gozlan et al. 2005).

Ski park Červená Voda vybudovaný v roce 2010 v horní části zájmového území u Mlýnic ovlivňuje vodní tok pouze sezoně. V zimním období dochází z řeky Březné pro účely zasněžování odčerpání vody do uměle vytvořené nádrže s kapacitou 4000 m³.

Podmínkou je podle zákona zachování minimálního průtoku v recipientu, který v tomto případě činí 109 l.s^{-1} . Problematikou vznikající při nedodržování zůstatkového průtoku se zabývají Lellák a Kubíček (1991).

4.4.2. Lidské aktivity v povodí s vysokým potenciálem ovlivnit kvalitu toku

Antropogenní vlivy, s vysokým potenciálem ovlivnit kvalitu vody, dnových sedimentů a přirozený charakter vodního toku, byly zvoleny na základě subjektivního rozhodnutí. Při výběru byly zohledněny obecně známé lidské faktory a jejich dopady ovlivňující kvalitu toku, ale také velký význam měla minulost daného recipientu související s touto problematikou. Jednalo se zejména o odpadní vody, čistírny odpadních vod, zemědělskou činnost, vodní stavby a úpravy vodního toku.

4.4.2.1. Odpadní vody

Významné negativní faktory ovlivňující kvalitu vody v recipientu představují odpadní vody, v daném případě se jedná o běžné komunální a méně časté průmyslové.

Za komunální (splaškovou) odpadní vodu lze považovat jakostně znehodnocenou vodu vznikající v domácnostech. Její ztráta kvality je dána převážně nadměrným obsahem organických látek, sloučenin fosforu a dusíku. Splašková odpadní voda je z lidských objektů odváděna prostřednictvím kanalizační sítě přes čistírnu odpadních vod do vodního toku nebo v horším případě přímo do recipientu. S oběma způsoby zbavování komunálních, odpadních vod, se potýká i řeka Březná. Snahu zmírnit negativní dopad odpadních vod ovlivňující kvalitu vody v recipientu se podílí město Štítý a obec Červená Voda, které mají vybudovanou kanalizační síť napojenou do čistíren odpadních vod (ČOV). V obou případech se jedná o kanalizace tzv. jednotné, což znamená, že kanalizace odvádí, jak odpadní vody splaškové, tak zároveň i vody dešťové. Podle provozovatele ČOV v Bílé Vodě nastává problém při přivalových deštích, kdy veškeré množství odpadní vody z obce Červené Vody přicházející do čistírny, nelze pročistit. Příčinou jsou málo výkonná čerpadla, odvádějící odpadní vodu do biologické části čistírny. Aby nedošlo k poškození provozu ČOV, byl vybudován odtokový kanál vyústějící 150 m pod čistírnou, kde komunální odpadní voda bez jakýchkoliv změn odtéká struhou do řeky Březné.

Další, závažný problém představují malá lidská sídla, v konkrétním případě obec Březná a osada Drozdovská pila, kde čištění splaškových odpadních vod probíhá méně

kvalitním způsobem nebo dokonce vůbec. V mnoha případech byly v minulosti budovány tzv. septiky, což jsou nádrže sloužící k zadržení odpadních vod z domácností a jejich částečnému čištění pomocí přirozených, enzymatických a bakteriálních pochodů. V dnešní době budování těchto zařízení není v mnoha případech vodohospodářskými orgány povolen, poněvadž nesplňují emisní limity, vypouštěných odpadních vod do vodních toků.

Obecně v současné době platí, že čištění komunálních odpadních vod nepředstavuje z technologického hlediska nějak závažný problém, kvalita vody v recipientech by mohla být v mnoha případech výrazně lepší. Důvodem nevyužití těchto možností, vedoucích ke zlepšení kvality vodního prostředí, je finanční nákladnost čistících zařízení či jejich metod čištění.

Mnohem závažnější hrozbu pro vodní ekosystém představují v daném případě odpadní vody textilního průmyslu. Tyto průmyslové odpadní vody, s vysokým potenciálem výrazně znehodnotit jakost vody v recipientu, jsou produkovány textilní společností Intercolor nacházející se v horní části povodí Březné v Bílé Vodě. V současné době je pouze jedinou firmou vyrábějící textilní produkty, ale ještě do roku 2005 se na produkci textilu a zároveň odpadních vod podílela s firmou San Valentinem převzatou od bývalého závodu Perly. Právě textilní společnost Perla sídlící v blízkosti dnešního Intercoloru byla výrazným znečišťovatelem vodního toku. Příčinou zvýšené míry znečištění vody v recipientu bylo dáno způsobem čištění textilních odpadních vod. Čistící proces probíhal v tzv. stabilizačních nádržích, v daném případě se jednalo o tři nádrže, v nichž se uskutečňovalo čištění přirozeným způsobem. Jednalo se o nejprimitivnější způsob čištění založený na rozkladných procesech bakterií obsažených ve vodě i v kalu. Podle Adámka et al. (2010) tento způsob čištění je vhodný pouze pro komunální odpadní vody a takřka neúčinný pro odpadní vody průmyslové. Dále také v 90 letech 20. století došlo k znečištění vodního toku průmyslovými odpadními vodami i přes účinnější metody čištění čistírnou odpadních vod. Příčinou vzniklé havárie bylo nadměrné množství odpadních vod z textilních společností San Valentina a Intercoloru, jenž přesáhlo tehdejší kapacitu ČOV. V současné době textilní vody společnosti Intercolor nezpůsobily žádnou významnou havárii v recipientu, pouze dochází k mírnému znečištění v rámci povolených emisních limitů znečišťujících látek.

Textilní společnost Intercolor se zabývá barvením a zušlechťováním pletenin a tkanin. Právě z těchto dvou divizí vznikají odpadní vody, jenž obsahují především směs barviv. Co se týče jejich druhového zastoupení, jedná se o sedm typů rozdělených

do technologických tříd podle aplikace a způsobu jejich použití. Jednotlivé kategorie barviv jsou následně popsány podle Arienta (1968).

- a) reaktivní barviva - vážou se s celulózu, případně s hedvábím, vlnou nebo polyamidy kovalentní vazbou. Reaktivním zbytkem barviva je např. sulfoesterová skupina, chlor apod. Barví se z alkalické lázně a nevýhodou je malá trvanlivost v pastách či v substanti. V daném případě představují téměř 100% produkci u celulozových materiálů.
- b) sírná barviva - k barvení celulózy, vyznačují se nízkou stálostí a tupým odstínem.
- c) kypová barviva - barviva, která se v alkalickém prostředí převádějí na rozpustnou leukoformu, což má za následek silnou afinitu k celulózovým, polyamidovým i živočišným vláknům. Jsou rozpustné ve vodě.
- d) disperzní barviva - barviva s velmi malou molekulou, nerozpustná ve vodě. Jimi se barví acetátová a polyamidová vlákna.
- e) substantivní (přímá) barviva - z důsledku planární konfigurace vyniká výbornou afinitou k celulózovému vláknu. Převážně azo-barviva s dlouhou konjugovanou molekulou. Barví se z neutrální lázně.
- f) kyselá barviva - obsahují sulfoskupinu a izolují se ve formě svých sodných solí. Slouží k barvení vlny, hedvábí, polyakrylonitrilu a polyamidu.
- g) pigmentová barviva - nerozpustná barviva s větší molekulou sloužící k barvení syntetických látek ve hmotě.

Vzhledem k tomu, že se v textilním závodu využívá široké spektrum technických postupů (např. praní, bělení, barvení) pro výrobu textilních produktů, tak i odpadní voda po smísení z těchto jednotlivých provozů je heterogenního složení. Kromě výše uvedených barviv, se také v odpadních vodách vyskytují organické látky, nerozpustné látky a další chemikálie používané především v barvicích lázních. Součástí odpadních vod tohoto typu jsou také těžké kovy¹ (Fe, Cu, Zn, Ni, Pb, Cr, Cr^{VI} aj.) často zastoupené ve vysokých koncentracích, zejména železo. Nepatrné zastoupení zde mají i detergenty, jenž jsou součástí saponátů používaných k čištění strojního zařízení.

Dlouhodobě trvající problém představují průmyslové odpadní vody s obsahem takových barviv, která jsou díky vysoké rozpustnosti ve vodě a relativně nízké molekulové hmotnosti téměř neodstranitelná při čistících procesech. Pouze dochází ke snížení pH a organických látek, ale zbarvení odpadní vody zůstává prakticky nezměněné. Přesto dochází k vypouštění těchto nepřírodně barevných odpadních vod přímo do recipientu. Nejčastěji se jedná o červené zbarvení vody způsobené

reaktivními barvivy nebo také černé odstíny vody vykazující barviva sirná. Výjimkou není ani žlutohnědé zbarvení vody v řečišti, které však vzniká při čištění odpadních vod. Vzhledem k tomu, že se během čistícího procesu používá síran železnatý ke srážení zbarvení odpadních vod z výroby, dochází v prostředí s nadměrným obsahem kyslíku k oxidaci zbytkových železnatých kationtů na železité a tím i ke zmíněnému zbarvení. Předejít tomuto intenzivnímu zbarvení lze přesným dávkováním síranu železnatého nebo nižším obsahem kyslíku.

Textilní odpadní vody mají před vstupem do čistírny odpadních vod podle jejího provozovatele vysoké hodnoty CHSK_{Cr} (až 3316,6 mg/l), BSK_5 (až 942,1 mg/l), teploty (30-35 °C), pH (10-13) a proměnlivé zbarvení dané použitím různých barviv a jejich různou konzistencí. Dále je velice problematické určit s dostatečnou přesností chemické složení těchto odpadních vod.

Po průchodu textilních odpadních vod ČOV dochází ke snížení hodnot CHSK_{Cr} (pod 230 mg/l), BSK_5 (pod 40 mg/l) a pH (7-8). Také teplota odpadní vody se výrazně snižuje, přesto vykazuje o cca 5 °C vyšší hodnotu než je teplota vody ve vodním toku, dochází tedy k tepelnému znečištění. Podle Neilla a Magnusona (1974) může být daný problém příčinou absence některých druhů ryb, zejména vranky obecné (*Cottus gobio*).

¹Většina těžkých kovů je v nízkých koncentracích nezbytná pro životní pochody organismů, ale ve vysokých koncentracích se však projevuje jejich toxicita. Z hlediska negativních účinků má vedle jejich celkového obsahu značný význam i samotná forma výskytu (Adámek et al. 2010). Ve vodním prostředí je významnou negativní vlastností mnohých těžkých kovů (Hg, Pb, Cd) jejich kumulace v sedimentech, vodní flóře a fauně (tzv. bioakumulace). Těžké kovy způsobují řadu chronických onemocnění spojené např. s reprodukčními poruchami u ryb. Ukazatelem znečištění vodního prostředí není koncentrace těžkých kovů ve vodě, ale v již zmíněných sedimentech nebo také v bentofágních a dravých rybách, které představují poslední článek potravního řetězce ve vodním prostředí (Hanel a Lusk 2005).



Obr. 6 Textilní společnost Intercolor v Bílé Vodě (pořízeno 16.4.2013)

4.4.2.2. Čistírny odpadních vod a jejich provoz

Čistírny odpadních vod (ČOV) jsou velice příznivé antropogenní faktory, jejichž cílem je zmírnit rozsah znečištění odpadních vod. V zájmovém území, podél vodního toku se nacházejí hned dvě tato zařízení.

Jedna z nich byla vybudována v Bílé Vodě, v horní části toku už v sedmdesátých letech minulého století. Původně sloužila pouze pro čištění odpadních vod textilního průmyslu, ale od roku 2001 došlo k úpravě technologie, jenž spočívala v rozšíření o čištění komunálních odpadních vod, přicházejících nově vybudovanou kanalizací z obce Červené Vody.

Čistírna odpadních vod se od svého vzniku postupně vyvíjela z hlediska kapacity a kvality čištění. Až do roku 1990 byly použity pouze mechanické a chemické metody čištění, poté došlo k rozšíření čistírny o biologickou část. Dále v letech 1997-2000 došlo k tzv. intenzifikaci, což je zvýšení kapacity průtočného množství odpadních vod danou čistírnou z dosavadních 3000 m³ na dvojnásobek. Celý proces zahrnoval rozšíření chemické části o usazovací nádrže, dále výstavbu kruhové dosazovací nádrže (místo původní lamelové) a hlavně došlo k doplnění biologické části čistírny o pravidelně dodávaný, čistý kyslík. Příčinou této inovace bylo zvýšené zatížení čistírny průmyslovými odpadními vodami, přicházejících kromě původní Perly (později San Valentina) také z nově vybudované textilní společnosti Intercolor. V roce 2005 však došlo k úpadku společnosti San Valentina a tím se i využití ČOV z celkové kapacity snížilo na 30-35 %. V červenci v roce 2013 by se využití čistírny mělo zvýšit o 5 % z důvodu napojení kanalizace dalších částí obce Červené Vody.

Celkovou kapacitu čistírny lze vyjádřit pomocí tzv. ekvivalenčního počtu obyvatel (EO), jenž udává kolika ekvivalentním obyvatelům je rovno dané množství odpadních vod. Podle Adámka a kol. pro výpočet EO je nutné znát hodnotu BSK₅ odpadní vody a množství spotřebované vody za den. V daném případě čistírna odpadních vod je projektována na 26 135 ekvivalentních obyvatel, ale vzhledem k nízkému dennímu zatížení čistírny odpadními vodami se počet EO pohybuje od 6950 do 8300.

Čistírna odpadních vod se skládá ze tří zmíněných metod čištění a to mechanické, chemické a biologické. Mechanickou část čistírny tvoří česle, na nichž se usazují hrubé mechanické nečistoty, dále pak lapače písku, tuku a síta. Podrobným popisem vzhledu a funkce těchto zařízení se zabývá Bartůšek et al. (1985).

Chemická metoda čištění slouží pouze pro textilní odpadní vody. Zde se využívá technologického postupu zvaného číření. Jedná se o proces používaný pro odstranění suspendovaných a koloidně dispergovaných látek z vody. Jeho podstatou je převedení malých částic na větší a jejich následné separaci prostřednictvím sedimentace. Tohoto procesu lze dosáhnout destabilizací zmíněných látek a následným spojením s přípravky sloučenin tzv. kolagulanty, v daném případě síranem železnatým. Při nízké alkalitě odpadní vody nebo při vysoké dávce kolagulantu se dále do čistících nádrží přidává suspenze oxidu vápenatého, jenž zajišťuje vysokou hodnotu pH, nezbytnou pro správnou funkci dané technologie (Adámek et al. 2010). Při konečné aglomeraci síranu železnatého s nežádoucími látkami vznikají vločky, které jsou mechanicky odstraněny a následně po vysušení odvezeny na skládku.

Konečnou fází čištění představuje biologická část čistírny, kam přichází, jak průmyslové, tak komunální odpadní vody. V daném případě se jedná o dvě 12m věže, v níž probíhá biologické čištění odpadních vod. Tento biologický proces je založen na využívání schopnosti mikroorganismů (tzv. aktivovaného kalu) rozkládat a mineralizovat organické látky, jak je tomu v přírodě. Proces mineralizace spočívá v rozložení organických látek na anorganické (H₂O, CO₂) za nepřístupu kyslíku. Na rozdíl od přírodních poměrů je rychlost rozkladných procesů mnohem vyšší díky zvýšené koncentraci mikroorganismů, kyslíku a míchání. Poté pročištěná voda se zbytky aktivovaného kalu proudí do kruhové dosazovací nádrže, kde dojde k jejich separaci prostřednictvím sedimentace a následnému vypuštění vody do recipientu.

Vzhledem k tomu, že průmyslové odpadní vody vznikají nárazově, díky zakázkové výrobě, bylo nutné vybudovat zařízení regulující průtok odpadních vod

vypouštěných do recipientu. Podle požadavků Povodí Moravy provozu Šumperk nesmí odtok přesahovat 35 l/s.

Druhá čistírna odpadních vod se nachází ve střední části toku, u města Štítů a slouží pouze k čištění komunálních odpadních vod. Čistírna byla vybudována v roce 2001 a její složení zahrnuje mechanickou a biologickou část. Funkčně jsou tyto části čistírny shodné s předchozí ČOV, pouze se liší objemovým rozdílem denního zatížení odpadními vodami. Celková kapacita čistírny je určena pouze na 2100 ekvivalentních obyvatel.

Podle příslušných vodohospodářských orgánů, vázaných na nařízení vlády ČR č. 61/2003 Sb., musí obě čistírny stanovit ukazatele znečištění vod. Pokud se jedná o čištění komunálních odpadních vod, provádí se v daném případě v obou zařízeních stanovení běžných indikátorů znečištění, jako jsou: nerozpuštěné látky, BSK₅, CHSK_{Cr}, pH, a nutriční prvky (celkový fosfor a dusík). Kromě zmíněných ukazatelů musí být ČOV v Bílé Vodě měřen v odpadních vodách obsah těžkých kovů (Cu, Fe, Zn, Ni, Cr, Cr^{VI}, Cd, Hg), dále chloristany, sírany, absorbovatelné organicky vázané halogeny (AOX), rozpuštěné anorganické soli (RAS), uhlovodíky (C₁₀-C₄₀) a povrchově aktivní látky (PAL).



Obr. 7 Čistírna odpadních vod v Bílé Vodě (pořízeno 16.4.2013)

4.4.2.3. Zemědělská činnost

Zemědělství představuje významný antropogenní faktor, jehož ovlivnění kvality vody a hydrologického režimu v recipientu se v průběhu historie značně měnilo.

Zemědělská činnost si uchovala už v minulosti velkou tradici převážně ve střední části území v okolí města Štítů, kde až do roku 1945 byly okolní pozemky

o celkové výměře 1388 ha velice šetrným způsobem obhospodařovány německými přistěhovalci. Po novém osídlení dané oblasti českými obyvateli však došlo k značnému úpadku tohoto hospodářského odvětví. Situace se změnila až v roce 1964 po zřízení Státního statku Štítý, který začal obhospodařovat cca 3600 ha půdy v katastru města i v okolních vesnicích. Příčinou takového nárůstu obdělávaných ploch byla tzv. zemědělská kolektivizace, jejíž důsledky významně, negativním způsobem poznamenaly vodní tok Březnou. Při snaze zvýšit rostlinou výrobu a velkokapacitní chov dobytka docházelo k scelování polí do velkých lánů a zároveň k jejich zavodnění nebo naopak odvodnění pomocí melioračních zásahů. Odvedení vody z vysoce zamokřených pozemků vedlo k zazemění malých vodotečí tvořících přítoky řeky Březné. Kromě zmíněných opatření vedoucích k narušení hydrologického režimu v recipientu docházelo také k výraznému zhoršení kvality vody. Jakostní změnu vody měly na svědomí hnojiva a pesticidy, které byly z půdy do recipientu splachovány při vydatných deštích. V roce 1993 Statní statek Štítý přebrala akciová společnost ZEAS Březná, což vedlo ke snížení rostlinné výroby a redukci stavů hospodářských zvířat. Tento útlum zemědělské činnosti také znamenal mnohem menší negativní dopad na půdní a vodní složku životního prostředí.

Kromě zmíněné zemědělské společnosti ZEAS Březná a.s. se také na zemědělské činnosti podílí Rolnická společnost s.r.o. sídlící v obci Červené Vodě. Dále zanedbatelná část zájmového území v bezprostřední blízkosti vodního toku je využívána k chovu hospodářských zvířat soukromými zemědělci. Právě exkrementy chovaného dobytka představují značné riziko při znečištění vody v recipientu.

Další neméně závažný problém představuje odnos půdního materiálu při vydatných deštích do vodního toku. Míra odtékání půdního substrátu závisí především na svažitosti terénu a typu plodiny pěstované na zemědělsky obhospodařované ploše. S velice neracionálním návrhem přišla zemědělská společnost ZEAS Březná a.s., jejíž cílem je zaměření se na pěstování kukuřice v celé střední části zájmového území. Kukuřičná biomasa by po sklizni sloužila jako surovina pro provoz nově plánované bioplynové stanice. Zemědělská společnost si však neuvědomuje, že tímto způsobem hospodaření na zemědělských plochách bude docházet k intenzivnímu a hlavně nenávratnému odnosu zeminy. Mimo degradaci zemědělské půdy bude nepříznivým způsobem ovlivněna i kvalita vody v recipientu. Podle Hanela a Luska (2005) velký obsah hlíny a jílových částic vede u ryb k ucpaní žáber a následnému udušení.

4.4.2.4. Úpravy vodního toku

Úpravy vodních toků patří mezi významné antropogenní faktory ovlivňující přirozený charakter recipientu. V posledních padesáti letech došlo k masivnímu budování antropogenních opatření téměř ve všech tocích bez ohledu na jejich velikost. Také řeka Březná se řadí mezi vodní toky, jejichž kontinuální charakter narušuje hustá síť různých typů příčných stupňů (jezů či stabilizačních prahů), budovaných v rámci vodohospodářských úprav.

V daném vodním toku je vybudováno jedenáct příčných barier větších rozměrů (nad 30 cm), z nichž osm představují jezy a zbytek náleží stabilizačním prahům. Dále mezi méně významné antropogenní opatření v recipientu patří čtyři dřevěné stabilizační prahy a dřevěné příčné stupně do výšky třiceti centimetrů, vytvořené v horní části toku (od 26 do 28 říčního kilometru).

Osm zmíněných jezů bylo vybudováno v dolní části toku pro účely vodního hospodářství při zajištění odběru vody pro provoz malých vodních elektráren (MVE) a za rybníkářskými účely. Vzduvací stupně tedy slouží k zadržení dostatečného množství vody, jehož odvedení z hlavního řečiště do MVE se v daném případě uskutečňuje pomocí tzv. derivačních náhonů. Jedná o uměle vytvořené vodní kanály s délkou pohybující se od 10 do 100 m. Všechny vybudované MVE spolu s náhony a příčnými stupni představují negativní faktory působící jak na fyzikálně-chemické tak na hydromorfologické charakteristiky vodního toku a následně pak i na vodní biotu, zejména na ryby. Především pro ichtyofaunu představují vzduvací stupně fragmentační element narušující podélnou kontinuitu recipientu potřebnou pro jejich migraci. Další významný problém nastává v části toku pod odběrovými profily nebo nepřímo nad nimi. V místě nad příčnými stupni, neboli v nadjezí vzniká v důsledku vzduť vody jezová zdrž, kde zaniká původní říční charakter. V jezové zdrži se výrazně snižuje proud vody, dochází tam ke zvýšené akumulaci sedimentů, organické hmoty a vzniká prostředí blízké stojaté vodě. S tímto jevem velice úzce souvisí zhoršení kvality vody, kdy nakumulované sedimenty jsou při zvýšených průtocích vyplachovány do nižších poloh vodního toku (Hanel a Lusk 2005). Mnohem závažnější problém však vzniká v podjezí, kde se díky neohleduplnému provozu MVE výrazně mění průtokový režim. Mezi odběrovými profily a výtoky ze zmíněných energetických zařízení jsou úseky dlouhodobě s minimálními průtoky vody a při porušování provozních podmínek voda chybí úplně. V takových místech dochází ke zvýšení teploty vody, nežádoucímu zarůstání, k sedimentaci jílovitých částí, zvýšené predaci rybožravým ptactvem apod.

Všichni provozovatelé MVE musí podle vodního zákona dodržovat stanovené, minimální průtoky v úsecích pod příčným profilem, konkrétní hodnoty byly shrnuty v tab. č. 1.

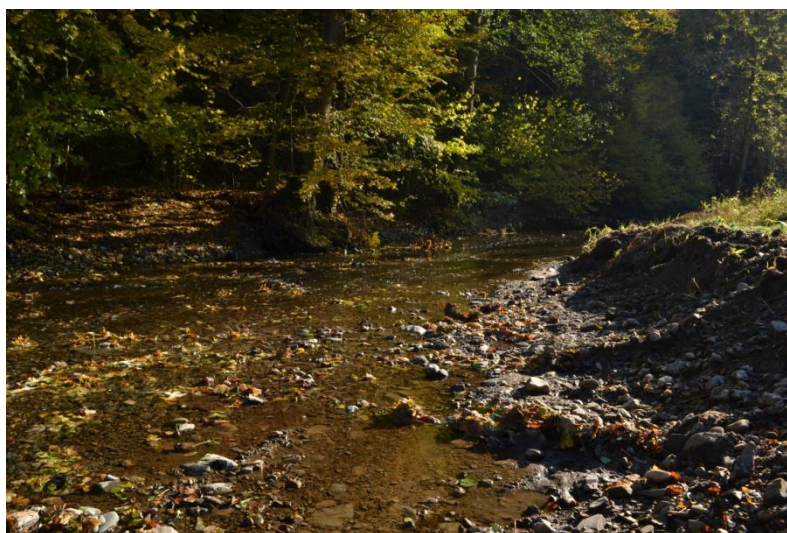
Tabulka 1 Přehled stanovených zůstatkových průtoků pod jednotlivými jezy

Umístění jezu v recipientu (říční kilometr)	Minimální průtok v podjezí (m ³ /s)
0,145	Q ₃₃₀ = 0,383
3,600	Q ₃₅₅ = 0,320
4,140	Q ₃₃₀ = 0,320
5,100	Q ₃₃₀ = 0,250
8,780	Q ₃₃₀ = 0,250
9,600	Q ₃₃₀ = 0,320
9,740	Q ₃₃₀ = 0,320

Další vodní stavby v řece Březné představují tři kamenné stabilizační prahy, z nich dva jsou vytvořené ve střední části toku ve městě Štítů (na 12,6 a 13,7 říčním kilometru) a jeden byl vybudován v horní části povodí v Bílé Vodě. Na rozdíl od jezů nedochází u těchto vodních opatření k žádným odběrům vody pouze vyrovnávají skokově podélný spád a stabilizují podélný profil vodního toku. Cílem těchto antropogenních opatření je omezení tvorby splavenin vznikajících při výmolové (dnové) erozi. Stejně jako u předchozích jezů i zde dochází ke vzdutí vody nad příčným profilem a narušení kontinuity vodního toku z hlediska migrace většiny vodních živočichů. Naopak velice příznivé podmínky vznikají pod vzdouvacím profilem, kde ryby nalézají vhodná útočiště díky stálému průtoku vody v řečišti. Tato místa bývají velice atraktivní pro ichtyofaunu převážně v letním období díky zvýšené koncentraci kyslíku ve vodě.

Spolu se stabilizačními prahy se také na stabilizaci koryta vodního toku podílí břehová opevnění, jenž představují regulační zásah do přirozeného řečiště se snahou potlačit „krajinotvorné aktivity“ vodního toku. V daném případě se jedná o betonové a panelové kolmé stěny vysoké až pět metrů lemující vodní tok pouze z jedné strany. Takto antropogenně přeměněná břehová linie se nachází v dolní části toku (na 8,5 až 9,4

říčním kilometru) a její hlavní funkcí je zamezení výmolové (boční) erozi v řečišti. Mimo zmíněnou pozitivní vlastnost těchto antropogenních opatření dochází také ke ztrátě heterogenity břehu a zamezení prostupnosti mezi terestrickým a aquatickým prostředím, což vede k narušení celého ekosystému. Negativními zásahy do břehových linií recipientu se detailněji zabývá Lusk (1990).



Obr. 8 Nízký vodní stav v řečišti v důsledku výstavby jezu s derivačním kanálem pod osadou Drozdovskou pilou (pořízeno 19.10.2012)

4.4.3. Výběr hodnotících lokalit a úseků

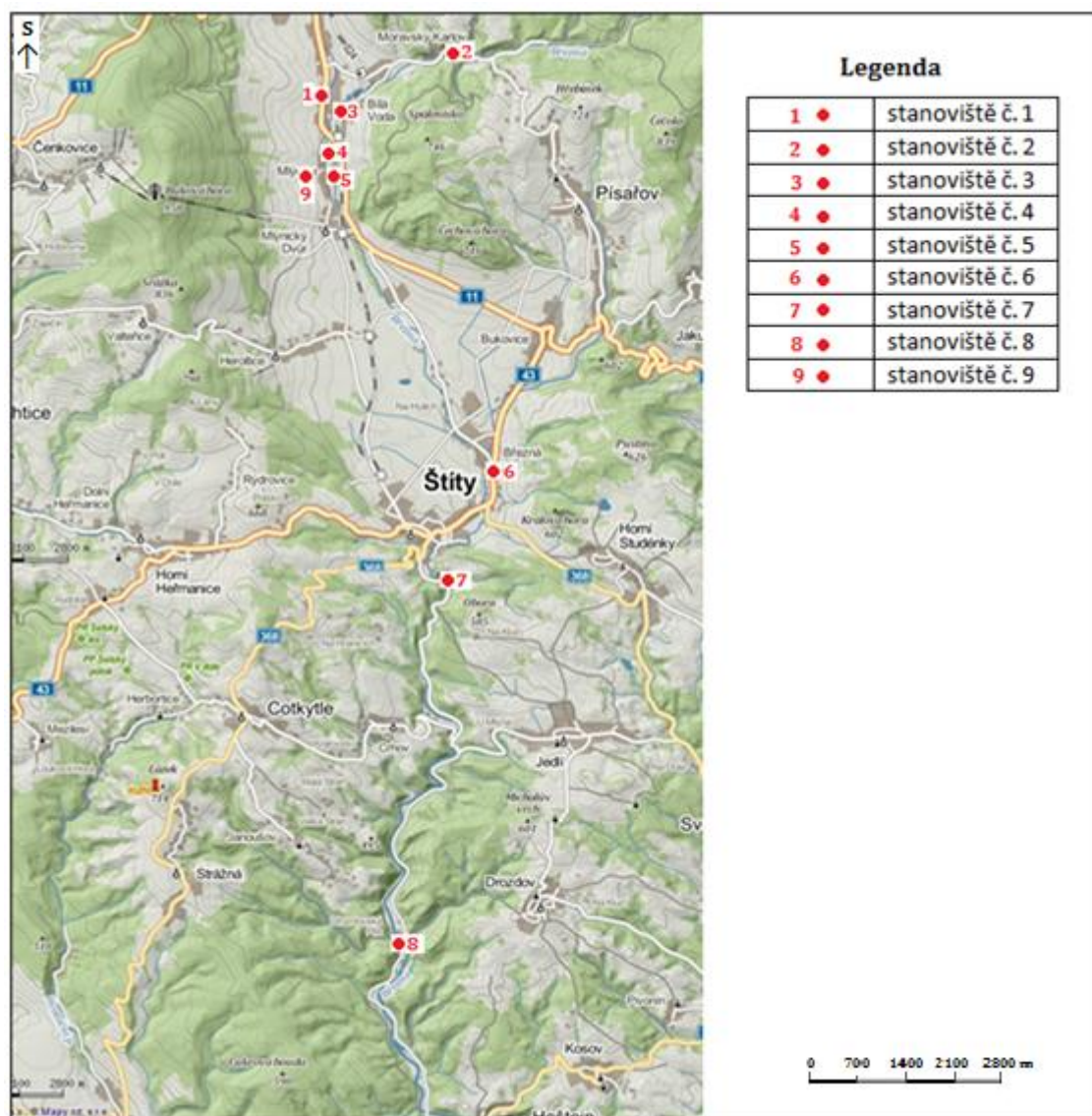
Na základě terénního průzkumu po vytipování antropogenních vlivů s vysokým potenciálem ovlivnit kvalitu toku, byl proveden výběr míst a úseků reprezentujících určité části recipientu za účelem hodnocení lidských faktorů působících na kvalitu vody a přirozený charakter toku. Právě prostřednictvím klasifikace jakosti vody, sedimentů a mírou „odpřírodnění“ vodního toku bylo možné jejich ovlivňující antropogenní vlivy zhodnotit.

Reprezentativní místa určená pouze k hodnocení kvality vody a sedimentů byla záměrně situovaná v částech toku s vysokým potenciálem ovlivnění jakosti vody a substrátu dna antropogenními faktory. Jednalo se celkem o devět stanovišť, z nichž tři náležela horní, dvě střední a jedno dolní části vodního toku Březné. Zbylá dvě místa také zastupovala horní část zájmového území, ale jednalo se pouze o přítoky hlavního recipientu.

Úseky hodnotící míru „odpřírodnění“ vodního toku byly situovány pouze v dolní a částečně střední části recipientu (0-14 km) na území náležícím přírodnímu parku Břežná. Jednalo se o pět stejně dlouhých úseků (500 m) rozmístěných od sebe v pravidelných intervalech (2,3 km).

4.4.3.1. Popis zvolených lokalit a úseků

Vybrané stanoviště a úseky byly charakterizovány přesnou polohou v povodí Břežné, hydromorfologickými parametry řečiště (šířka koryta, hloubka vody a rychlost proudu), dále popisem substrátu dna a břehové linie.



Obr. 9 Mapa zájmového území s vyznačenými stanovišti odběru vzorků (www.mapy.cz)

Stanoviště č. 1

Stanoviště č. 1 reprezentuje Červenovodský potok v horní části povodí, přesněji

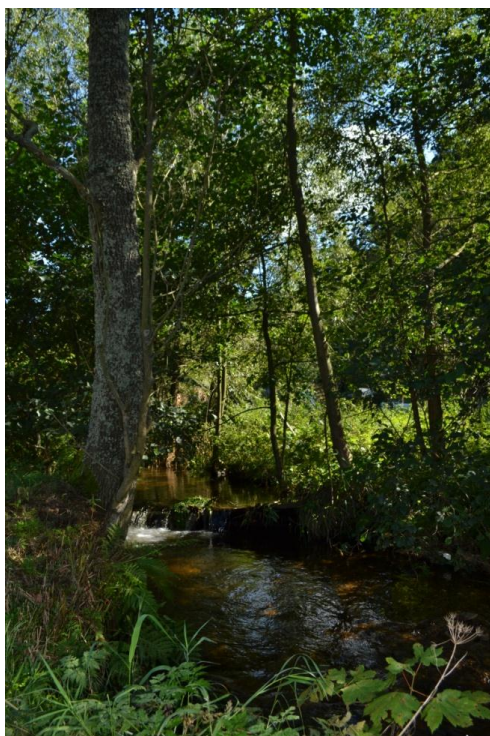


se nachází cca 450 m proti proudu od jeho ústí do řeky Březné. Přítok v místě klasifikace představuje 1,5 m široké koryto lichoběžníkového tvaru s hloubkou vodního sloupce 15 cm. Proud vody je v těchto místech rychlý a téměř laminárního charakteru. Substrát dna se skládá z menších kamenů (do 15 cm) spolu s hlinitými sedimenty. Břehovou linii v přímé blízkosti vodního toku tvoří převážně porosty bylinného patra ohraničené z jedné strany plotem a druhé silniční komunikací.

Obr. 10 Stanoviště číslo 1

Stanoviště č. 2

Lokalita č. 2 představuje nejvýše položené místo ve vodním toku Březné,

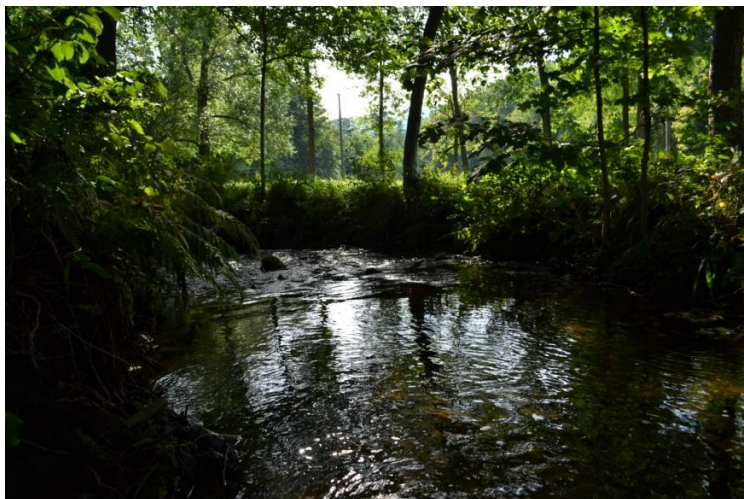


nachází se v Moravském Karlově na 24,86 říčním kilometru. Šířka koryta v řečišti činí 1,8 m a hloubka vodního profilu je 15-20 cm. Dno se skládá ze substrátu kamenitého charakteru (do 20 cm) doprovázeného pískem. Břehy vodního toku v daném případě lemují porosty jak bylinného tak stromového patra. Ve vzdálenějším okolí cca 10 m recipient na jedné straně doprovází silniční komunikace a na druhé bezlesé biotopy (louky).

Obr. 11 Stanoviště číslo 2

Stanoviště č. 3

Stanoviště č. 3 se nachází v Bílé Vodě na 23,08 říčním kilometru recipientu. V těchto místech působením proudu vody se vodní tok zařezává do méně odolného dna složeného převážně z jemnozrnných frakcí hlíny a písku. V souvislosti se značně erodovaným substrátem se zvyšuje také hloubka vodního sloupce (45 cm). Šířka koryta



dosahuje pouze 2 m a břehovou linii doprovází stromové porosty. Zvýšené riziko znečištění recipientu představuje pastva dobytka v jeho bezprostřední blízkosti.

Obr. 12 Stanoviště číslo 3

Stanoviště č. 4

Lokalita č. 4 reprezentuje část vodního toku pod soutokem s Červenovodským potokem a nad místem vypouštění odpadních vod z čistírny odpadních vod. Stanoviště



se nachází 880 m po proudu pod předchozí lokalitou a je charakterizováno silným proudem. Příčinou zvýšené rychlosti vody je náhlá změna spádu způsobená stabilizačním prahem nacházejícím se 10 m nad zvoleným místem. Dno v řečišti je tvořeno většími kameny (do 30 cm), štěrkem a ojediněle i pískem. Hloubka vodního sloupce se pohybuje v rozmezí 25-35 cm a šířka řečiště měří 3,5 m. Břehová linie je zastoupena travnatými porosty s několika fragmenty keřů. Okolní pozemky vodního toku slouží k pastvě dobytka.

Obr. 13 Stanoviště číslo 4

Stanoviště č. 5

Tato lokalita představuje hodnotící místo pod ČOV a textilní společností Intercolor a nachází se pouze 320 m pod předchozím stanovištěm. Šířka vodního toku má stejnou hodnotu jako u předešlé lokality, ale výrazně se liší hloubkou vodního profilu, ta v daném místě činí pouze 10-15 cm. Také substrát dna je jiný, jedná se

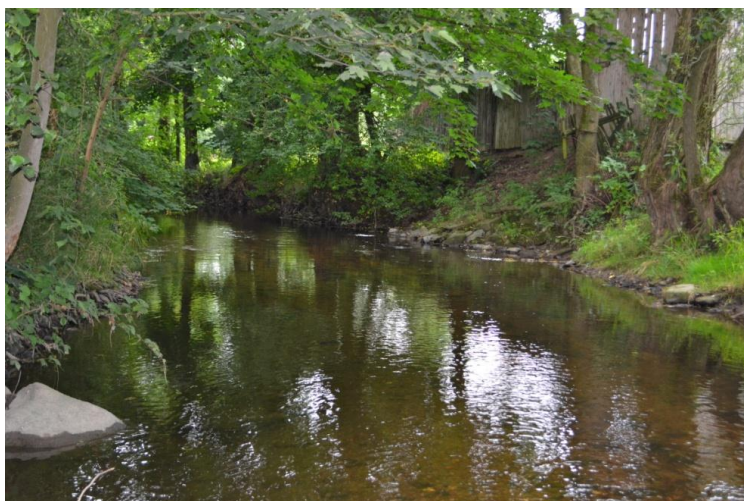


Obr. 14 Stanoviště číslo 5

o kameno-štěrkovité (5-15 cm) dno pokryté sedimenty bahnitého charakteru. Břehy koryta jsou na jedné straně pokryté stromy a na straně druhé hustým zápojem porostů bylinného patra (převážně *Urtica dioica*).

Stanoviště č. 6

Stanoviště č. 6 reprezentuje střední část řeky Březné pod stejnojmennou obcí Březnou na 15,57 říčním kilometru. Proud vody je v těchto místech slabý, řečiště dosahuje šířky 4 m a hloubka vody má až 45 cm. Dno se skládá převážně z drobného

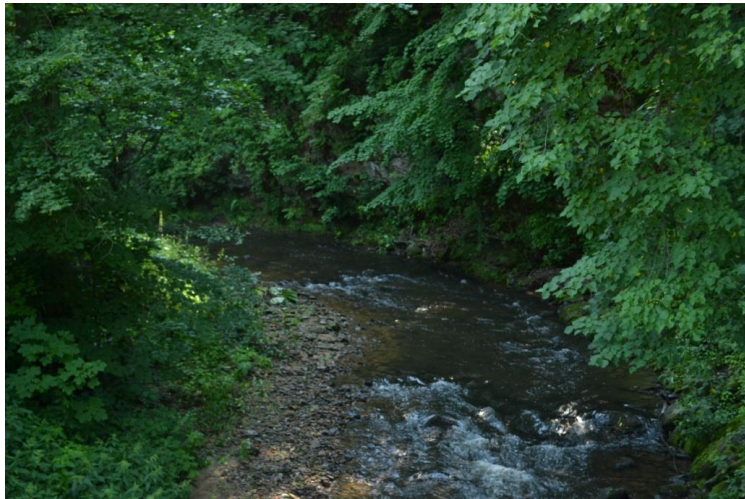


Obr. 15 Stanoviště číslo 6

kamení (5-10 cm), štěrku a v blízkosti břehů i písku. Břehovou linii tvoří porosty stromového patra a za nimi se nachází rozsáhlé pozemky sloužící pro zemědělské účely.

Stanoviště č. 7

Stanoviště č. 7 představuje druhé, zvolené místo ve střední části vodního toku, tentokrát 900 m pod městem Štítý. Vodní tok se v této části zužuje, prohlubuje a vykazuje turbulentní proudění vody. Koryto řeky je široké 3,5 m a hloubka vody



činní 45-55 cm. Substrát dna v daném případě tvoří kameny (v průměru 10 cm), štěrky a fragmentovitě i velké valouny (až do 50 cm). Břehy recipientu a jeho vzdálené okolí tvoří hustá lesní společenstva.

Obr. 16 Stanoviště číslo 7

Stanoviště č. 8

Lokalita č. 8 reprezentuje nejnižší položené, zvolené stanoviště v recipientu. Konkrétně se nachází 200 m pod Drozdovskou pilou na 4,13 říčním kilometru. Koryto řeky zde dosahuje šířky 6 m a hloubka vody činní pouze 20-30 cm. Příčinou sníženého vodního stavu je příčný stupeň vybudovaný spolu s náhonem cca 50 m nad zvoleným místem. Složení dna představují hlinitopísčité sedimenty s lokálním výskytem štěrku. V bezprostřední blízkosti břehů se nachází porosty stromového patra a za nimi louky



využívané k extenzivnímu chovu dobytka.

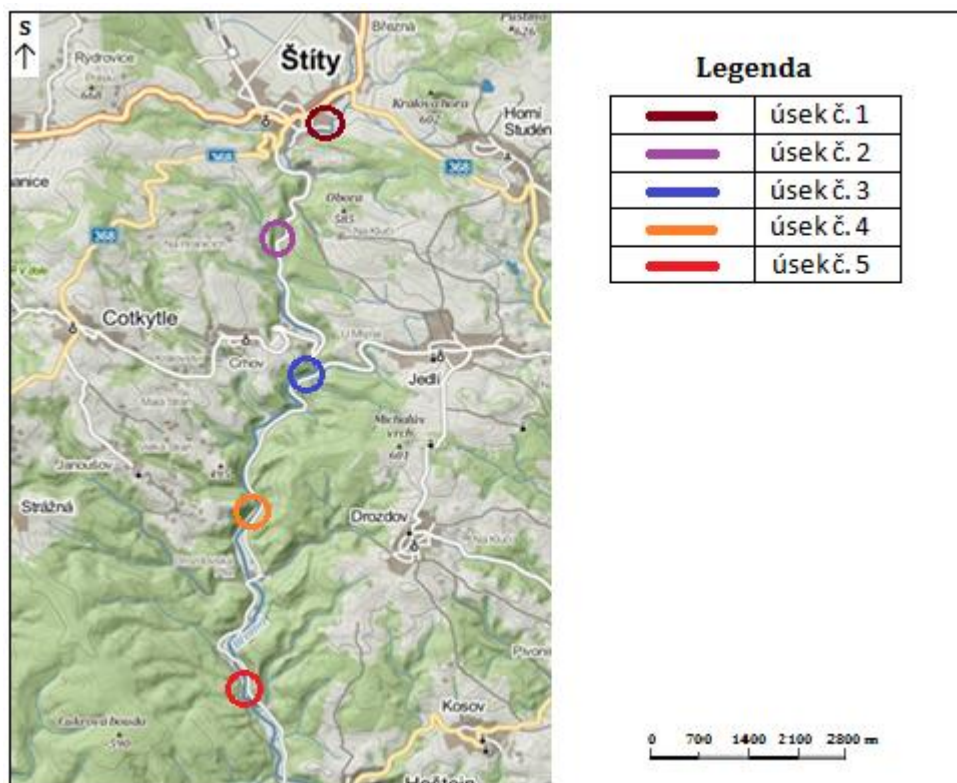
Obr. 17 Stanoviště číslo 8

Stanoviště č. 9

Stanoviště č. 9 se nachází v horní části povodí Březné v Mlýnicích a reprezentuje přítok vodního toku. Konkrétně se jedná o uměle vytvořenou strouhu do níž ústí podzemní kanál (150 m dlouhý) přivádějící odpadní vody z čistírny odpadních vod. Strouha se vine cca 700 m podél vodního toku a před Mlýnickým Dvorem, přesněji 10 m za železničním mostem, ústí do recipientu. V místě klasifikace šířka stoky činní 1 m a hloubka vodního sloupce měří 15 cm. Dno v daném případě vytvářejí sedimenty bahnitého charakteru s oranžovo-černým zbarvením a velice silným zápachem. Odpadní strouhu v dané lokalitě obklopuje velmi hustá vegetace zastoupená rákosem obecným (*Phragmites australis*)



Obr. 18 Stanoviště číslo 9



Obr. 19 Mapa zájmového území s vyznačenými klasifikačními úseky (www.mapy.cz)

Úsek č. 1

Úsek č. 1 představuje nejvýše zvolenou klasifikační část vodního toku nacházející se na 13,5 až 14 říčním kilometru. Daný úsek začíná 30 m nad kamenným stabilizačním prahem a končí směrem po proudu prvním silničním mostem ve městě Štítů. Řečiště v celé délce zvoleného segmentu dosahuje šířky 4,5 m, naopak rychlost proudu a hloubka vody se výrazně mění díky zmíněnému příčnému stupni. Nad vodním dílem je proud vody velice slabý a výška vodního sloupce dosahuje 45 cm. Také přímo pod vodním zařízením v tzv. vývařišti vodní stav dosahuje vysokých hodnot (až 60 cm), ale s přibývajícím vzdáleností hloubka vody dosahuje pouze 15-20 cm. Substrát dna po celé délce úseku se skládá z kamenů (15-20 cm) a šterku. Břehy vodního toku jsou v blízkosti stabilizačního prahu zpevněné volně sypaným lomovým kamenem a na konci segmentu břehovou linií tvoří kamenný zához v podobě lichoběžníkového profilu. V blízkosti vodního toku se kromě antropogenních opatření vyskytují porosty stromového a bylinného patra.

Úsek č. 2

Druhý vybraný úsek nacházející se na 10,7-11,2 říčním kilometru představuje vodní tok v hluboce zaříznutém údolí. Přesněji začíná 450 m pod pilou města Štítý a končí 270 m nad nejmenovaným přítokem. Řečiště v těchto místech dosahuje prudšího spádu, střídají se zde silné proudy s klidně tekoucími tůněmi. Hloubka vody v peřejnatých místech měří 25 cm a ve vyhloubených částech toku dosahuje až 45 cm. Šířka koryta činí 3,5 m a dno je složeno z kamenů (v průměru 15 cm), šterku a lokálně i hrubozrnného písku. Břehy recipientu jsou velice strmé převážně porostlé stromy, ale také antropogenně upravené (uložený lomový kámen jako zdivo, zpevněný betonovou směsí).

Úsek č. 3

Úsek č. 3 reprezentuje hodnotící část recipientu na 7,9-8,4 říčním kilometru, přesněji se nachází u firmy Renostav náležící obci Jedlí. Daný úsek začíná betonovým příčným stupněm a končí zároveň s rybníkem doprovázející vodní tok. Proud vody je po celé délce velice silný a hloubka vodního sloupce se pohybuje od 20-45 cm. Složení dna je podobné jako u předchozího úseku, zato břehová linie představuje heterogenní charakter díky antropogenním zásahům. Přímo za zmíněnou firmou jsou břehy zpevněné betonovými dlaždicemi, betonovými bloky a dále po proudu získávají přirozenější charakter.

Úsek č. 4

Úsek č. 4 se nachází cca 350 m nad Drozdovskou pilou na 5,1 až 5,6 říčním kilometru. Klasifikační úsek začíná 300 m pod ústím nejmenovaného přítoku a končí 10 m pod vybudovaným jezem spolu s derivačním kanálem napojeným na MVE. V nadjezí vzniká značné vzduť vody s velmi slabým proudem a hloubka vodního profilu zde dosahuje až 60 cm. Také substrát dna je v této části úseku ovlivněn vodním dílem, skládá se z naakumulovaného, jemnozrnného materiálu (písek, jílovité částice). Naopak v podjezí proud vody je silný, hloubka vody je pouze 25 cm a dno kromě štěrkopísčitých sedimentů tvoří i valouny do 50 cm. Šířka koryta dosahuje 5 m a břehy recipientu lemují po celé délce úseku stromové porosty místy přerušeny antropogenními zásahy (volně sypaný lomový kámen).

Úsek č. 5

Úsek č. 5 představuje nejnižší zvolenou hodnotící část vodního toku nacházející se na 2,3 až 2,8 říčním kilometru. Úsek začíná 350 m nad uměle vytvořeným kamenným stupněm a končí 150 m pod ním v blízkosti největšího rybničního systému v celém povodí. Stejně jako stabilizační stupeň u segmentu č. 1 také tento mění hydrologické poměry v recipientu (rychlost proudu a hloubka vodního sloupce). Hloubka vody ve vzduť části úseku činí 40-50 cm a pod antropogenním opatřením dosahuje pouze 25 cm. Substrát dna tvoří kameny do 10 cm a písčité sedimenty. Řečiště v celé délce zvoleného úseku dosahuje šířky 6 m a opevnění břehové linie představuje pouze volně sypaný lomový kámen porostlý vegetací převážně bylinného patra.

4.5. Hodnocení kvality vody a sedimentů

Monitoring jakosti vody ve vodním toku Březné byl prováděn na osmi² předem zvolených stanovištích ve třech termínech (17.7.2012, 21.9.2012 a 15.2. 2013).

²Kromě zmíněných osmi zvolených lokalit bylo také stanoveno deváté stanoviště, na kterém byla klasifikována jakost vody jako u předešlých lokalit, ale pouze v jednom termínu (15.2. 2013).

Kvalita vody byla klasifikována na základě svých fyzikálních a chemických vlastností prostřednictvím vybraných ukazatelů. Mezi ukazatele zastupující fyzikální vlastnosti vody patřily: teplota vody, vodivost a obsah kyslíku. Chemismus vody byl hodnocen na základě koncentrace amoniakálního dusíku (N-NH_4^+), dusičnanového dusíku (N-NO_3^-), fosforečnanů (PO_4^{3-}) a prostřednictvím parametru pH (ČSN, vyhláška 75 7220).

Výsledné hodnoty chemických sloučenin (N-NH_4^+ , N-NO_3^- , PO_4^{3-}), jakožto významných ukazatelů jakosti vody, byly navíc podrobeny testování ve statistickém programu SPSS (verze 18). Pro naměřená data byly použity statistické testy hodnotící jejich normalitu (Kolmogorov-Smirnovův a Shapiro Wilkův test) a frekvenci (Test dobré shody neboli Chí-kvadrátový test). Hodnoty byly dále graficky zobrazeny pomocí Box-plot (viz. kapitola Přílohy).

Z hlediska podezření ze znečištění recipientu těžkými kovy obsaženými v průmyslových odpadních vodách, došlo také ke stanovení vybraných kovů (Cu, Zn, Fe, Cr, Pb, Ni, Cd) v sedimentech vodního toku. Odběr sedimentů byl prováděn na všech zmíněných lokalitách, ale pouze jednorázově (12.11.2012). Právě u těžkých kovů není směrodatným ukazatelem znečištění vodního ekosystému koncentrace kovů ve vodě, ale jeho obsah v sedimentech dna (Hanel a Lusk 2005).

4.5.1. Terénní stanovení vybraných parametrů

Přímo v terénu na jednotlivých stanovištích došlo k měření těchto vybraných parametrů: pH, obsahu rozp. kyslíku ve vodě, vodivosti, teploty vody a vzduchu.

Při zjišťování hodnoty pH pomocí pH-metru (Checker fy HANNA) bylo nutné nejprve přístroj nakalibrovat prostřednictvím standardních pufrů pH 4 a 7. Poté mohlo dojít k vlastnímu měření.

Koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě byla stanovena bateriovým oxymetrem s membránovou elektrodou (MKT 44 L fy INASA). Před vlastním měřením bylo nutné přístroj nakalibrovat podle zjištěné teploty vody na tabulkovou hodnotu.

Elektrická vodivost vody, jejíž hodnota je dána množstvím rozpuštěných látek ve vodě, byla měřena pomocí přístroje tzv. konduktometru (Dist 3 fy HANNA).

Měření teploty vody bylo prováděno pomocí teplotního čidla elektrody oxymetru. Elektroda byla ponořena cca 10 cm pod vodní hladinu. Teplota vzduchu byla měřena digitálním teploměrem (TFA 30.5016) přibližně 50 cm nad vodní hladinou.

4.5.2. Odběry vzorků vody a sedimentů

Na všech zvolených lokalitách byly prováděny v souladu s ČSN 75 7051 odběry vody a sedimentů.

Vzorky vody byly odebírány do polyethylenových 0,75 litrových vzorkovnic. Každá čistá vzorkovnice měla své identifikační číslo a před každým odběrem byla propláchnuta vodou přímo z vybraného stanoviště. Všechny vzorky vody byly odebrány cca 20 cm pod vodní hladinou a následně zakonzervovány pomocí konzervačního činidla (Chloroform 1,1 ml). Před vlastní analýzou chemických sloučenin v laboratoři byly vzorky uchovány v chladničce při teplotě 3-4°C.

Dnové sedimenty byly odebírány pomocí teleskopického shrabovacího odběráku z povrchové vrstvy sedimentu do hloubky cca 15 cm (tzv. čerstvý sediment). Z každé lokality bylo odebráno pět dílčích vzorků a spojeno do směsného vzorku. Ten byl následně mokrým síťováním (plastové síto, velikost ok 1,5 mm) zbaven větších anorganických i organických částic a homogenizován.

4.5.3. Laboratorní analýzy odebraných vzorků

Odebrané vzorky vody a sedimentů byly použity k předem určeným laboratorním analýzám. Ve vodě byly stanoveny chemické sloučeniny (N-NH_4^+ , N-NO_3^- , PO_4^{3-}) a v sedimentech vybrané těžké kovy (Cu, Zn, Fe, Cr, Pb, Ni, Cd).

Amoniakální dusík (N-NH_4^+)

Pro stanovení amoniakálního dusíku ve vodách byla použita spektrofotometrická metoda s využitím Nesslerova činidla. Stanovení N-NH_4^+ je založeno na reakci amoniaku a hydroxidů alkalických kovů s Nessler-Reagent činidlem (firmy Hach) za vzniku jodidu, který při malých koncentracích amoniaku vytváří žlutohnědé koloidní roztoky (Horáková et al. 2007).

Do jedné ze dvou 5 ml skleněných kyvetek bylo napipetováno 5 ml vzorku a do druhé 5 ml deionizované vody, ta sloužila jako blank. Poté do obou kyvetek byly přidány 3 kapky činidla Nessler-Reagent (tj. tetrajodortu'natan draselný). Po promíchání a následné homogenizaci došlo po 10 min. ke stanovení absorbance pomocí spektrofotometru DR/2000 při vlnové délce 425 nm. V případě, že byla překročena mez stanovitelnosti přístroje, bylo nutné daný vzorek ředit deionizovanou vodou 1:10.

Jednotlivé hodnoty absorbance byly následně převedeny na výsledné koncentrace N-NH_4^+ v mg/l pomocí počítačového programu Windowchem Standard Curves.

Dusičnanový dusík (N-NO_3^-)

Pro stanovení N-NO_3^- byla použita spektrofotometrická metoda založená na redukci dusičnanů na dusitany pomocí kadmiového redukčního činidla v prostředí chloridu amonného. Dusitanové ionty následně reagovaly s kyselinou sulfanilovou za vzniku diazoniové soli. Poté vzniklá diazoniová sůl reagovala s kyselinou 4,5-dihydroxynaftalen-2,7-disulfonovou za vzniku červeného zbarvení (Horáková et al. 2007).

Do jedné 25ml kyvety bylo napipetováno 25 ml vzorku a do druhé 25 ml deionizované vody (blank). Poté ke vzorku i k blanku bylo přidáno jedno balení NitraVer6 (reagencie Hach) a po promíchání také balení NitraVer3 (reagencie Hach). Po celkovém promíchání a následné homogenizaci došlo cca po 5 min. ke stanovení absorbance ve vzorku pomocí předchozího spektrofotometru při vlnové délce 507 nm proti blanku. Výsledné hodnoty N-NO_3^- udávané v mg/l byly znázorněny přímo na displeji přístroje. Pokud vzorky obsahovaly vysoké koncentrace N-NO_3^- bylo nutné jejich desetinásobné ředění.

Fosforečnany (PO_4^{3-})

Analýza fosforečnanů byla prováděna spektrometrickou metodou založenou na reakci orthofosforečnanů s molybdenanem amonným. V kyselém prostředí tvoří orthofosforečnany, za katalytického účinku antimonitých iontů, v přítomnosti nadbytku molybdenanových iontů heterokomplex polykyseliny molybdátosfosforečné. Redukcí kyselinou askorbovou přechází komplex na molybdenovou modř (Horáková et al. 2007).

Pro stanovení fosforečnanů bylo nutné vzorek vody přefiltrovat přes membránový filtr o průměru 0,45 μm . Poté ze vzorku bylo odpipetováno 25 ml do 25ml skleněné kyvety a následně přidáno jedno balení PhosVer3 (reagencie Hach). Po dostatečném promíchání a po 8-10min. odstavení došlo ke stanovení absorbance spektrofotometrem při vlnové délce 890 nm proti blanku (deionizovaná voda). Při vysoké koncentraci fosforečnanů nad míru detekce přístroje bylo nutné ředění deionizovanou vodou 1:10. Stejně jako u stanovení N-NO_3^- i zde byly koncentrace PO_4^{3-} (v mg/l) ihned zobrazeny na displeji přístroje.

Vybrané těžké kovy (Cu, Zn, Fe, Cr, Pb, Ni, Cd)

Odebrané vzorky sedimentů byly v laboratorních podmínkách před vlastní analýzou vybraných těžkých kovů rozdrceny v třecí misce na jemnozrnné frakce a prosety přes sítko (0,5 mm). Dále následovalo sušení upraveného materiálu v sušárně (SANYO-Gallenkamp) při teplotě 105 °C po dobu 30 min. Poté bylo nutné z každého vzorku navážít na elektronické váze (Precisa 1212 M) 0,5 gramu.

Pro vlastní úpravu vzorků byla zvolena metoda pseudototální mineralizace. Navážené vzorky byly vloženy do mineralizačních nádob spolu s 2 ml kyseliny dusičné a 6 ml kyseliny chlorovodíkové. Kromě jednotlivých vzorků bylo nutné vytvořit dva stejné blanky pouze se zmíněnými kyselinami ve stejném poměru. Poté vzorky s blanky byly zpracovány v mikrovlnném mineralizačním přístroji (BERGHOF SW-2). Délka mineralizačního procesu trvala 40 minut a následné chlazení 15 minut. Výsledné mineralizáty byly postupně přemístěny do 50ml baňky a doplněny po rysku deionizovanou vodou. Po zředění byly přefiltrovány přes filtrační papír.

Takto upravené vzorky byly analyzovány na obsah vybraných těžkých kovů (měď, zinek, železo, chrom, olovo, nikl a kadmium) pomocí atomového spektrometru AVANTA Σ v plamenové verzi na plameni acetylen - vzduch.

4.6. Získaná data a jejich zpracování

Od provozovatele čistírny odpadních vod v Bílé Vodě byly získány data s naměřenými koncentracemi vybraných ukazatelů jakosti vody v odtoku odpadních vod a také v recipientu po jejich smíchání (směsný vzorek). Klasifikace koncentrací vybraných ukazatelů v odtoku proběhla jednou v každém měsíci v roce 2011 a ve směsném vzorku jednou ve čtyřech měsících (v únoru, červnu, červenci a listopadu) ve stejném roce. Mezi ukazatele kvality vody v odtoku odpadních vod patřily: chemická spotřeba kyslíku dichromanem, biochemická spotřeba kyslíku, celkový fosfor a dusík, nerozpustné látky, absorbovatelné organicky vázané halogeny, rozpuštěné anorganické soli, povrchově aktivní látky, vybrané těžké kovy (Cu, Fe, Zn, Ni, Cr, Cr^{VI}, Cd, Hg). Ve směsném vzorku byly měřeny téměř všechny předchozí ukazatele jakosti vody, vynechány byly pouze vybrané těžké kovy kromě železa. Všechna tyto získaná data byla zpracována do tab. č. 11 a tab. č. 12.

Další získaná data představují denní hodnoty úhrnů srážek naměřené v roce 2011 Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ) ve srážkoměrné stanici v Červené

Vodě. Konkrétně se jedná o denní úhrny srážek za požadovaná týdenní období měsíců leden a březen až prosinec (10-16. 1. 2011, 25-31. 1. 2011, 7-13. 3. 2011, 4-10. 4. 2011, 16-22. 5. 2011, 13-19. 6. 2011, 11-17. 7. 2011, 15-21. 8. 2011, 5-11. 9. 2011, 17-23. 10. 2011, 31.10.-6. 11. 2011, 13-19. 12. 2011). Všechna tato sedmi denní rozmezí byla následně zprůměrována na týdenní hodnoty, které jsou zobrazeny v tab. č. 13.

4.7. Hodnocení přirozenosti toku

Hodnocení přirozenosti vodního toku Březné na pěti stejně dlouhých úsecích (500 m) bylo provedeno na základě metodiky převzaté z publikací (Lusk 1990) a (Jůva et al. 1984). V tabulce jsou znázorněny jednotlivé antropogenní úpravy podle nichž se míra „odpřírodnění“ toku hodnotí. Konkrétně se jedná o tyto lidská opatření: úpravy trasy toku, příčný profil koryta, opevnění koryta a konstrukce v korytě. Hodnocení spočívalo v přiřazení různě obodovaných antropogenních opatření ke zvoleným úsekům, po sečtení všech bodů náležícím každému úseku došlo k zařazení do jednotlivých kategorií. Zmíněná tabulka (č. 16) je zobrazena v kapitole Výsledky.

5. Výsledky

5.1. Fyzikálně-chemické ukazatele vody

Naměřené hodnoty vybraných fyzikálních a chemických ukazatelů jakosti vody, jenž náleží osmi³ zvoleným lokalitám ve vodním toku Březné ve třech odběrových termínech (17.7. 2012, 21.9. 2012 a 15.2. 2013), jsou znázorněny v následujících sedmi tabulkách (tab. č. 2, tab. č. 3, tab. č. 4, tab. č. 5, tab. č. 6, tab. č. 7, tab. č. 8). Poslední tabulka (č. 9) znázorňuje průměrné hodnoty vybraných ukazatelů reprezentujících jednotlivá zvolená stanoviště během celého odběrového období.

Tabulka 2 Naměřené hodnoty rozpuštěného kyslíku ve vodě (mg/l) během tří odběrových termínů (17.7.2012, 21.9.2012 a 15.2.2013)

Číslo lokality	Obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě (mg/l)		
	Červenec	Září	Únor
1	8,51	10,52	12,49
2	11,00	12,65	13,95
3	9,60	11,53	13,03
4	11,29	11,51	11,61
5	10,43	11,47	10,98
6	9,78	11,89	13,41
7	10,73	11,51	14,07
8	10,91	12,11	14,50
9			1,88
Průměrná hodnota	10,28	11,65	13,01*

Poznámky: **maximální** a **minimální** hodnota

* průměrná hodnota nezahrnuje hodnotu naměřenou na lokalitě č. 9

³Kromě zmíněných osmi zvolených lokalit bylo také stanoveno deváté stanoviště, na kterém byly klasifikovány stejné ukazatele jakosti vody, ale pouze v jednom termínu (15.2. 2013).

Tabulka 3 Naměřené hodnoty vodivosti ($\mu\text{S}/\text{cm}$) během tří odběrových termínů (17.7.2012, 21.9.2012 a 15.2.2013)

Číslo lokality	Vodivost ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		
	Červenec	Září	Únor
1	301	225	143
2	99	70	62
3	103	77	70
4	129	146	117
5	179	152	385
6	205	161	124
7	197	196	135
8	193	205	136
9			593
Průměrná hodnota	176	154	147*

Poznámky: **maximální** a **minimální** hodnota

* průměrná hodnota nezahrnuje hodnotu naměřenou na lokalitě č. 9

Tabulka 4 Naměřené teploty vzduchu a vody ($^{\circ}\text{C}$) během tří odběrových termínů (17.7.2012, 21.9.2012 a 15.2.2013)

Číslo lokality	Teplota vzduchu ($^{\circ}\text{C}$)			Teplota vody ($^{\circ}\text{C}$)		
	Červenec	Září	Únor	Červenec	Září	Únor
1	20,4	13,5	3,2	16,1	10,2	2,8
2	21,5	15,2	3,4	15,4	9,7	2,5
3	21,1	12,4	3,8	15,9	10,1	2,7
4	23,1	15,4	4,1	16,2	10,6	3,1
5	22,2	14,7	4,2	16,7	10,8	3,8
6	20,1	14,3	3,2	16,3	10,1	2,6
7	19,3	11,7	3,1	15,8	9,9	2,3
8	22,5	12,3	2,7	16,2	9,8	2,0
9			4,1			4,7
Průměrná hodnota	21,3	13,7	3,4*	16,1	10,2	2,7*

Poznámky: **maximální** a **minimální** hodnota

* průměrná hodnota nezahrnuje hodnotu naměřenou na lokalitě č. 9

Tabulka 5 Naměřené hodnoty pH během tří odběrových termínů (17.7.2012, 21.9.2012 a 15.2.2013)

Číslo lokality	pH		
	Červenec	Září	Únor
1	6,60	7,01	6,39
2	5,83	6,05	5,96
3	5,76	6,25	5,87
4	6,31	6,91	6,18
5	6,34	6,96	6,12
6	6,68	7,14	6,56
7	6,56	7,24	6,57
8	6,98	7,37	6,94
9			6,32
Průměrná hodnota	6,38	6,87	6,32*

Poznámky: **maximální** a **minimální** hodnota

* průměrná hodnota nezahrnuje hodnotu naměřenou na lokalitě č. 9

Tabulka 6 Naměřené hodnoty amoniakálního dusíku (mg/l) během tří odběrových termínů (17.7.2012, 21.9.2012 a 15.2.2013)

Číslo lokality	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)		
	Červenec	Září	Únor
1	2,14	1,55	0,58
2	1,67	3,35	0,29
3	0,76	0,69	0,50
4	1,12	0,94	2,11
5	6,32	8,82	1,80
6	1,10	0,76	0,42
7	0,42	0,38	0,33
8	0,63	0,55	0,32
9			58,67
Průměrná hodnota	1,77	2,13	0,79*

Poznámky: **maximální** a **minimální** hodnota

* průměrná hodnota nezahrnuje hodnotu naměřenou na lokalitě č. 9

Tabulka 7 Naměřené hodnoty dusičnanového dusíku (mg/l) během tří odběrových termínů (17.7.2012, 21.9.2012 a 15.2.2013)

Číslo lokality	N-NO ₃ ⁻ (mg/l)		
	Červenec	Září	Únor
1	0,89	0,71	0,07
2	0,25	0,23	0,09
3	0,34	0,26	0,22
4	0,56	0,47	0,13
5	0,42	0,30	0,14
6	0,84	0,62	0,39
7	0,41	0,57	0,32
8	0,58	0,50	0,44
9			0,11
Průměrná hodnota	0,54	0,46	0,23*

Poznámky: maximální a minimální hodnota

* průměrná hodnota nezahrnuje hodnotu naměřenou na lokalitě č. 9

Tabulka 8 Naměřené hodnoty fosforečnanů (mg/l) na jednotlivých stanovištích během tří odběrových termínů (17.7.2012, 21.9.2012 a 15.2.2013)

Číslo lokality	PO ₄ ³⁻ (mg/l)		
	Červenec	Září	Únor
1	0,92	0,75	0,06
2	0,26	0,23	0,04
3	0,32	0,11	2,37
4	0,47	0,39	0,42
5	0,34	0,25	0,05
6	0,73	0,24	0,10
7	0,47	0,40	0,21
8	0,38	0,31	0,17
9			1,19
Průměrná hodnota	0,49	0,36	0,43*

Poznámky: maximální a minimální hodnota

* průměrná hodnota nezahrnuje hodnotu naměřenou na lokalitě č. 9

Při testování (Testem dobré shody neboli Chí-kvadrátovým testem) naměřených hodnot vybraných chemických ukazatelů (N-NO_3^- , PO_4^{3-} , N-NH_4^+) náležící osmi lokalitám v jednotlivých odběrových termínech se ukázalo, že mezi naměřenými hodnotami dusičnanového dusíku a fosforečnanů ve všech zvolených termínech nebyly statisticky významné rozdíly⁴ při hladině $\alpha = 0,05$. Taktéž ani v únorovém termínu mezi jednotlivými hodnotami zastupujících amoniakální dusík nebyl dle statistického testování prokázán významný rozdíl ($\chi^2 = 4,67$; $\text{df} = 7$; $P = 0,69$). Jediný významný statistický rozdíl mezi jednotlivými hodnotami N-NH_4^+ vybraných lokalit byl prokázán v červencovém ($\chi^2 = 14,61$; $\text{df} = 7$; $P = 0,04$) a v zářijovém ($\chi^2 = 26,99$; $\text{df} = 7$; $P = 0,01$) odběrovém termínu.

Tabulka 9 Průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů naměřených na jednotlivých stanovištích za celé odběrové období (17.7.2012-15.2.2013)

Číslo lokality	Průměrná hodnota						
	Obsah rozp. O_2 (mg/l)	Konduktivita ($\mu\text{S/cm}$)	Teplota vody ($^\circ\text{C}$)	Reakce vody	N-NH_4^+ (mg/l)	N-NO_3^- (mg/l)	PO_4^{3-} (mg/l)
1	10,51	223	9,7	6,67	1,42	0,56	0,58
2	12,53	77	9,2	5,95	1,77	0,19	0,18
3	11,39	83	9,6	5,86	0,65	0,27	0,93
4	11,47	131	10,0	6,47	1,39	0,39	0,43
5	10,96	239	10,4	6,47	5,65	0,29	0,21
6	11,69	163	9,7	6,79	0,76	0,62	0,36
7	12,10	176	9,3	6,79	0,38	0,43	0,36
8	12,51	178	9,3	7,10	0,50	0,51	0,29

poznámka: Tabulka nezahrnuje lokalitu č. 9 z důvodu jediné naměřené hodnoty.

⁴Konkrétní výsledky při testování rozdílnosti naměřených hodnot dusičnanového dusíku a fosforečnanů na osmi zvolených lokalitách v jednotlivých odběrových termínech byly následující. U testovaných hodnot N-NO_3^- v odběrovém termínu v měsíci červenci ($\chi^2 = 0,68$; $\text{df} = 7$; $P = 0,99$), v září ($\chi^2 = 0,48$; $\text{df} = 7$; $P = 0,99$) a v únoru ($\chi^2 = 0,63$; $\text{df} = 7$; $P = 0,99$) nebyly prokázány statisticky významné rozdíly. Taktéž ani u naměřených hodnot fosforečnanů pro červencový ($\chi^2 = 0,74$; $\text{df} = 7$; $P = 0,99$), zářijový ($\chi^2 = 0,77$; $\text{df} = 7$; $P = 0,99$) a únorový ($\chi^2 = 0,73$; $\text{df} = 6$; $P = 0,99$) odběrový termín.

5.2. Obsahy vybraných těžkých kovů

Naměřené obsahy vybraných těžkých kovů (Cu, Zn, Cr, Fe, Pb, Ni, Cd) v sedimentech, jenž byly odebrány 12. listopadu 2012 na všech zvolených lokalitách, jsou kromě kadmia znázorněny v tab. 10. Veškeré naměřené hodnoty kadmia byly pod mezí detekce přístroje.

Tabulka 10 Naměřené hodnoty vybraných těžkých kovů v sedimentech (12.11.2012)

Číslo lokality	Těžké kovy (mg/kg)					
	Cu	Zn	Fe	Ni	Cr	Pb
1	4,7	58,3	6910,3	3,4	14,5	14,0
2	3,9	38,0	4872,7	<3,4*	3,7	<8,1*
3	2,6	32,1	3626,2	<3,4*	2,2	<8,1*
4	1,9	34,8	4330,2	<3,4*	1,3	<8,1*
5	4,3	39,9	4849,2	<3,4*	1,4	8,1
6	35,4	31,9	4863,7	4,6	7,3	<8,1*
7	4,8	41,6	5907,5	4,0	11,1	<8,1*
8	6,0	45,2	7614,3	6,4	9,0	<8,1*
9	338,1	325,2	14658,9	47,2	78,9	41,2

Poznámky: maximální hodnota

*Hodnoty nižší než míra detekce přístroje

5.3. Zpracovaná získaná data

Zpracovaná data naměřených koncentrací vybraných ukazatelů jakosti vody v odtoku odpadních vod v ČOV v Bílé Vodě a také v recipientu po jejich smíchání (směsný vzorek), jsou znázorněny v tab. č. 11 a tab. č. 12.

Dále v tab. č. 13 jsou zobrazeny získaná data představující požadované průměrné týdenní úhrny srážek naměřené Českým hydrometeorologickým ústavem v roce 2011 ve srážkoměrné stanici v obci Červené Vodě.

Tabulka 11 Hodnoty sledovaných ukazatelů naměřených v odtoku odpadní vody v ČOV v Bílé Vodě v roce 2011

Datum	Ukazatel (mg/l)										
	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N	P	Neroz. látky	RAS	Fe	AOX	Cr ^{VI}	Zn	Cu
	230*	40*	30*	3*	50*	2000*	6*	0,7*			
17.01.2011	23	7	2,5	0,09	22	174	3,30	0,01	-	-	-
01.02.2011	95	32	5,3	0,31	29	578	4,39	0,01	0,05	0,13	0,01
14.03.2011	56	9	7,6	0,23	18	778	3,15	0,03	-	-	-
11.04.2011	39	10	8,6	0,15	20	742	2,08	0,01	-	-	-
23.05.2011	36	8	12,4	0,34	11	556	1,26	0,01	0,02	0,17	0,01
20.06.2011	97	5	15,4	0,03	38	570	5,61	0,01	-	-	-
18.07.2011	40	10	11,7	0,56	20	488	1,91	0,01	-	-	-
22.08.2011	40	10	9,1	0,22	21	492	4,46	0,01	0,03	0,24	0,01
12.09.2011	96	5	10,8	0,51	38	550	5,88	0,01	-	-	-
24.10.2011	104	25	17,8	0,04	53	876	5,00	0,02	0,02	0,10	0,02
07.11.2011	47	13	12,8	0,03	26	938	1,26	0,01	-	-	-
20.12.2011	79	37	6,4	0,22	37	424	1,89	0,01	-	-	-
Průměrná hodnota	63	14	10,0	0,23	28	597	3,35	0,01	0,03	0,16	0,01

poznámka: * maximální povolená koncentrace

Mezi další ukazatele hodnotící odtokové odpadní vody v ČOV v Bílé Vodě v roce 2011 patřily Cr, Ni, Cd a Hg. Všechny tyto ukazatele byly hodnoceny ve stejných dnech jako Cr^{VI}, Zn, Cu. Koncentrace Cr a Ni byly pokaždé 0,06 mg/l, koncentrace Cd byla vždy 0,001 mg/l a koncentrace Hg byla pokaždé 0,0003 mg/l.

Tabulka 12 Hodnoty sledovaných ukazatelů naměřených ve vodním toku Březné po smísení s odpadními vodami odtékajícími z ČOV v Bílé Vodě (čtyři termíny měření v roce 2011)

Datum	Ukazatel (mg/l)							
	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N	P	Neroz. látky	RAS	Fe	AOX
01.02.2011	25	9	4,5	0,12	7	170	1,69	0,01
20.06.2011	9	1	2,3	0,10	6	122	0,44	0,01
18.07.2011	17	3	6,0	0,34	7	166	0,35	0,01
11.10.2011	19	3	2,3	0,19	15	56	0,45	0,01
Průměrná hodnota	18	4	3,8	0,19	9	129	0,73	0,01

Tabulka 13 Týdenní průměrné hodnoty srážek naměřené v roce 2011 ze srážkoměrné stanice obce Červené Vody (ČHMÚ)

Rozpětí dnů	Průměrná hodnota úhrnu srážek (mm)
10-16.01.2011	4,1
25-31.01.2011	1,5
07-13.03.2011	0,3
04-10.04.2011	0,5
16-22.05.2011	0,3
13-19.06.2011	1,7
11-17.07.2011	2,9
15-21.08.2011	1,2
05-11.09.2011	6,2
17-23.10.2011	0,3
31.10.-06.11.2011	0,0
13-19. 12.2011	3,9

5.4. Zařazení jakosti vody na základě fyzikálně-chemických ukazatelů

Kvalita vody byla orientačně klasifikována na základě tab. č. 14 znázorňující mezní hodnoty tříd jakosti vody jednotlivých ukazatelů stanovené ČSN 75 5221. S touto tabulkou byly srovnány a následně zařazeny naměřené průměrné hodnoty jednotlivých ukazatelů z tabulek č. 9 a 12. Z hlediska přehlednosti byla vytvořena tab. č. 15, která znázorňuje zařazení průměrných hodnot získaných z tab. č. 12 do jakostních kategorií vody.

Tabulka 14 Mezní hodnoty tříd jakosti vody dle ČSN 75 5221 (vybrané ukazatele)

Ukazatel	Značka	Jednotka	Jakostní třída vody				
			I.	II.	III.	IV.	V.
Rozpuštěný kyslík ve vodě	O ₂	mg/l	>7,5	>6,5	>5	>3	≤3
Konduktivita	x	μS/cm	<400	<700	<1100	<1600	≥1600
Teplota vody	t	°C	<22	<23	<24	<26	>26
Reakce vody	pH		6,0-8,5	6,0-8,5	6,0-8,5	5,5-9,0	5,5-9,0
Amoniakální dusík	N-NH ₄ ⁺	mg/l	<0,3	<0,5	<1,5	<5,0	>5,0
Dusičnanový dusík	N-NO ₃ ⁻	mg/l	<1,0	<3,4	<7,0	<11,0	>11,0
Celkový fosfor	P	mg/l	<0,05	<0,15	<0,4	<1	≥1
Nerozpuštěné látky		mg/l	<20	<40	<60	<100	≥100
Biochemická spotřeba kyslíku	BSK ₅	mg/l	<2	<4	<8	<15	≥15
Chemická spotřeba kyslíku	CHSK _{Cr}	mg/l	<15	<25	<45	<60	≥60
Železo	Fe	mg/l	<0,5	<1	<2	<3	≥3

Vysvětlivky k tabulce č. 14

Třída I. - neznečištěná voda: stav povrchové vody, který nebyl významně ovlivněn lidskou činností, při kterém ukazatele jakosti vody nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí v tocích.

Třída II. – mírně znečištěná voda: stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému.

Třída III. – znečištěná voda: stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které nemusí vytvořit podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému.

Třída IV. – silně znečištěná voda: stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky, umožňující existenci pouze nevyváženého ekosystému.

Třída V. – velmi silně znečištěná voda: stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky, umožňující existenci pouze silně nevyváženého ekosystému.

Průměrné hodnoty jednotlivých ukazatelů (obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě, konduktivita, reakce vody, dusičnanový dusík a amoniakální dusík) jakosti vody odpovídající osmi lokalitám byly zařazeny do následujících jakostních tříd. Do jakostní kategorie I. spadaly průměrné hodnoty téměř všech zmíněných ukazatelů (kromě N-NH_4^+) náležící všem lokalitám. Pouze u amoniakálního dusíku byly průměrné hodnoty na jednotlivých stanovištích velice variabilní, tudíž se lišily i jakostní třídy. Kvalita vody ze zvolených lokalit č. 3, 7 a 8 náležela II. kategorii, voda ze stanovišť č. 1, 2, 4 a 6 spadala do III. jakostní třídy a ze stanoviště č. 5 do kategorie V.

Vzhledem k tomu, že fosforečnany nejsou řazeny mezi ukazatele jakosti vody dle ČSN 75 5221, tak jsem byl nucen tento ukazatel vynechat z dané klasifikace.

Tabulka 15 Zařazení průměrných hodnot vybraných ukazatelů vztažených z tab. č. 12 do jakostních tříd vody

Ukazatel	Průměrná hodnota (mg/l)	Jakostní třída vody
Chemická spotřeba kyslíku	18,00	II.
Biochemická spotřeba kyslíku	4,00	III.
Celkový fosfor	0,19	III.
Železo	0,73	II.
Nerozpuštěné látky	9,00	I.

Poznámky: N, AOX a RAS nejsou zařazeny mezi ukazatele jakosti vody dle ČSN 75 5221

5.5. Hodnocení přirozenosti vodního toku

Výsledné ohodnocení všech pěti zvolených úseků na základě míry „odpřírodnění“ vodního toku odpovídající různému stupni zátěže z hlediska antropogenních opatření bylo zobrazeno v tab. č. 16.

Tabulka 16 Klasifikace antropogenních opatření ve vybraných úsecích vodního toku Březné

Klasifikační prvky	Body	Úseky				
		1	2	3	4	5
Úpravy trasy toku*						
Původní přirozené koryto	1					
Polohová úprava toku typu I	2		2		2	2
Polohová úprava toku typu II	3	3				
Polohová úprava toku typu III	4			4		
Polohová úprava toku typu IV	5					
Polohová úprava toku typu V	6					
Příčný profil koryta						
Neupravené koryto	1		1		1	1
Výkopový profil	2			2	2	2
Hrázový profil	3	3	3	3		
Technicky upravený profil koryta jež je v podobě jednoduchého nebo dvojitého lichoběžníku	4	4				
Opevnění koryta						
Přirozené opevnění v podobě různorodého vegetačního pokryvu (všechna vegetační patra)	1		1		1	1
Vrbkový plůtek	2					
Laťový plůtek	3					
Volně sypaný lomový kámen	4	4			4	4
Betonové dlaždice	5			5		
Uložený lomový kámen jako zdivo, zpevněný betonovou směsí < ½ svahu	5	5	5			
Kamenný zához v podobě lichoběžníkovitého profilu, jež je zpevněný betonovou směsí	6					
Betonový blok	7			7		
Betonové opevnění dna	8					
Konstrukce v korytě						
Konstrukční prvky v korytě vzniklé přirozenými procesy v rámci vývoje daného úseku toku	1		1		1	1
Osamělé balvany	2		2		2	
Uměle vytvořené nízké dřevěné stupně	3					
Uměle vytvořené nízké kamenné stupně (1x)	4					4
Betonové stupně s výškou do 30 cm (1x)	5					
Betonové stupně s výškou nad 30 cm (1x)	6	6		6	6	
Celkem		25	15	27	19	15

Poznámky: * Kategorie úprav trasy toku byly rozděleny na základě schématu vytvořeného Luskem (1990) (viz. kapitola Přílohy).

Tabulka 17 Legenda k bodovému hodnocení zvolených úseků v recipientu z hlediska antropogenních opatření vztažená k tab. č. 16

Kategorie „odpřírodění“	Stupeň „odpřírodění“	Bodové rozmezí
Přírozený tok	I	4
Přírodě blízký	II	5-11
Člověkem málo ovlivněný	III	12-25
Člověkem středně ovlivněný	IV	26-44
Člověkem značně ovlivněný	V	45-68
Zcela odpřírodněný	VI	69 <

Vysvětlivky k tabulce č. 17

Kategorie I. přírozený tok – není doposud ovlivněný lidskou činností, nebo tok, který byl ovlivněn lidskou činností a navrátil se do svého přírodního stavu.

Kategorie II. přírodě blízký tok – nebyl významně zasažen lidskou činností. Tok se zachovalou morfologií koryta, dna, hojným počtem zákrut i rybích úkrytů a přírodním vegetačním pokryvem. Nebo tok, který je v předposledním stadiu znovu navracení do svého přírodního stavu.

Kategorie III. člověkem málo ovlivněný tok – úpravy, opevnění, konstrukce v korytě buď to nejsou trvalého charakteru (vrbové plůtky, nízké dřevěné jízky s výškou do 20 cm) nebo se vyskytují v malém zastoupení. Morfologie dna i koryta je jen z malé části ovlivněna lidskou činností s ještě dostatečným množstvím zákrutů a rybích úkrytů.

Kategorie IV. Člověkem středně ovlivněný tok – morfologie koryta je již ovlivněna ve prospěch pravidelného lichoběžníkovitého koryta s malým počtem zákrutů. Opevnění a konstrukce v korytě jsou trvalejšího rázu. Heterogenita dna je výrazně narušena. Břehový porost je značně pozmeněn, nebo redukován až na bylinné patro.

Kategorie V. člověkem značně ovlivněný tok – voda teče v nepůvodním (nově navrženém), nebo jen z malé části původním korytem. Tvar profilu koryta je jednoduchý nebo dvojitý stejnoramenný lichoběžník, který je navržen tak, aby tok byl schopen bezpečně odvést Q_{50} a více. Typy opevnění jsou trvalého charakteru, které odolají beze změn i vysokým průtokům. Dno je relativně homogenní, s přibližně stejnou výškou vodního sloupce a s minimem úkrytů pro ryby a vodní organismy. Břehový porost je značně ovlivněný člověkem, který se většinou omezuje jen na bylinné patro. Tato kategorie se většinou nachází v inravilánech obcí a opevnění břehů je pravidelně udržováno správci povodí.

Kategorie VI. zcela „odpřírodněný“ tok – tento typ toku nemá nic společného s vodním tokem, voda je svedena v betonovém korytě, nebo je v horším případě odvedena potrubím.

Úseky č. 1, 2, 4 a 5 náleží podle tab. č. 17 do kategorie III. (člověkem málo ovlivněný tok) a úsek č. 3 do kategorie IV. (člověkem středně ovlivněný tok).

6. Diskuse

Vodní tok Březná patří mezi recipienty, které jsou výrazně poznamenány antropogenními faktory měnící jejich hydromorfologické poměry a narušující jakost vody a dnové sedimenty. Na základě této problematiky byly stanoveny cíle práce, kterých bylo dosaženo prostřednictvím následujících výsledků. Jedná se o naměřené hodnoty fyzikálně-chemických ukazatelů vody s následným zařazením do jakostních tříd, dále o zpracovaná získaná data, o obsahy vybraných těžkých kovů v sedimentech a také o vyhodnocení přirozenosti toku v předem zvolených úsecích.

U naměřených hodnot rozpuštěného kyslíku ve vodě na osmi zvolených lokalitách (č. 1-8) během všech hodnotících termínů lze konstatovat, že se od sebe výrazným způsobem nelišily a odpovídají tak samotné poloze vodního toku. Nepatrné rozdíly naměřených koncentrací byly ovlivněny převážně přírodními poměry charakteristickými pro každé roční období. Jednalo se např. o výkyvy teploty vody, o změnu intenzity fotosyntézy a rozkladných procesů aj. Jedním z antropogenních faktorů, jenž ovlivnil koncentraci rozpuštěného kyslíku ve vodě lze považovat příčný stupeň, který se nachází 10 m nad zvolenou lokalitou č. 4. Dochází zde k nárazové změně nivelety vodního toku a tím i ke zvýšení prostupnosti kyslíku z atmosféry do vodního prostředí prostřednictvím vysoké turbulence vody. Obecně lze říci, že veškeré naměřené hodnoty koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě jsou vysoké (od 8,5-14,5 mg/l), přičemž vodní prostředí vytváří vhodné podmínky pro výskyt vodních organismů se striktními nároky právě na vysoký obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě.

Stejně jako obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě tak i teplota vody v recipientu byla na osmi zvolených stanovištích ve všech hodnotících termínech ovlivněna převážně přírodními poměry. Nejnížší naměřené hodnoty ve všech termínech klasifikace byly podle očekávání vzhledem k blízkosti prameni na stanovišti číslo dvě, naopak nejvyšší hodnoty vykazovalo stanoviště č. 5 (pod výpustí ČOV), i když o zanedbatelný rozdíl. Příčinou mohly být tepelně znečištěné odpadní vody pocházející z textilní společnosti Intercolor. Dokladem zvýšené teploty vody spolu s vyšším obsahem živin v dané části recipientu jsou husté řasové nárosty na povrchu hrubého substrátu dna.

Při hodnocení elektrolytické konduktivity na výše zmíněných lokalitách, byly naměřeny nejvyšší hodnoty v červencovém a zářijovém termínu na lokalitě č. jedna.

Vzhledem k tomu, že v Červenovodském potoce cca 1 km nad zvoleným místem probíhaly v těchto měsících úpravy břehové linie v podobě uloženého lomového kamene zpevněného betonovou směsí, tak bylo zřejmé, že jemné frakce betonu se dostaly do vodoteče a ovlivnily tak i její vodivost. Dokladem obvinění této antropogenní činnosti byla šedě zakalená voda přitékající z místa zmíněných antropogenních zásahů. Mnohem vyšší hodnota byla naměřena v měsíci únoru na stanovišti číslo pět, kde právě docházelo k vypouštění odpadních vod z ČOV, které obsahovaly zvýšené množství rozpuštěných látek.

Reakce vody se během třech klasifikačních termínů na jednotlivých zvolených stanovištích výrazně nelišila, pohybovala se v rozmezí od 5,8-7,4, což podle Hanela a Luska (2005) jsou přijatelné hodnoty pro výskyt našich druhů ryb. Kritickou hranicí pro poškození či úhyn lososovitých ryb představuje hodnota pH pod 4,8 a nad 9,2. Spíše bylo překvapivé, že pod výpustí z ČOV (na lokalitě č. 5) reakce vody vykazovala téměř optimální hodnoty ve všech klasifikačních termínech, i přes to, že odpadní vody z textilního závodu při vstupu do ČOV vykazují hodnoty 10-13 a po čistícím procesu mohou být vypouštěny s hodnotou pH 9.

Následující tři chemické ukazatele (PO_4^{3-} , N-NO_3^- , N-NH_4^+) kvality vody byly testovány jednoduchým Chí-kvadrátovým testem, který měl zjistit, zda se naměřené hodnoty na jednotlivých lokalitách během tří odběrových termínů výrazně lišily. Kromě zmíněného statistického testu byly naměřené hodnoty podrobeny k testování normality pomocí Kolmogorova-Smirnova testu a Shapiro Wilkova testu. Tyto testy však neměly vypovídací schopnost kvůli nízkému počtu dat.

U fosforečnanů byly naměřeny zvýšené hodnoty v měsíci červenci a září na odběrové lokalitě číslo jedna, ale i přesto podle statistického testu mezi jednotlivými hodnotami během těchto odběrových termínů nebyly statisticky významné rozdíly. Ten by však nastal díky extrémně vysoké hodnotě na lokalitě č. 3 v měsíci únoru. Vzhledem k tomu, že ostatní hodnoty v daném odběrovém termínu byly přibližně stejné, tak nebylo možné tuto silně vychylující hodnotu zařadit do statistického testu. Příčinou vysoké naměřené koncentrace fosforečnanů mohlo být mnoho faktorů, přičemž s velkou pravděpodobností bude souviset s chovem skotu, které se i v tomto zimním měsíci kolem dané části recipientu nacházejí.

Při testování odlišnosti mezi naměřenými hodnotami dusičnanového dusíku na jednotlivých lokalitách během všech odběrových termínů nebyl prokázán statisticky významný rozdíl. Nepatrné zvýšené hodnoty v měsíci červenci a září byly opět

na lokalitě č. 1 a dále č. 6 (pod obcí Březnou), což může souviset s úniky hnojiv ze zemědělsky obdělávaných okolních pozemků nebo s úniky komunálních odpadních vod přímo do recipientu.

Mnohem vyšší a v některých případech až extrémní hodnoty představovaly naměřené koncentrace amoniakálního dusíku na některých lokalitách. Především na stanovišti č. 5 byly v měsíci červenci a září naměřeny výrazně vysoké koncentrace, jenž zapříčinily při statistickém testování významné rozdíly pro jednotlivé odběrové termíny. Pouze hodnoty naměřené v měsíci únoru byly vyhodnoceny při Chí-kvadrátovém testu jako nesignifikantní. Příčinou vysokých hodnot naměřených pod výpustí ČOV v Bílé Vodě mohly být splaškové odpadní vody, ale s velkou pravděpodobností se na znečištění vody ve větší míře podílely odpadní vody textilního závodu, které obsahují s těžko odbouratelnými barvivy zvýšené množství amoniaku, jenž je nezbytnou přísadou právě při barvicím procesu. Vysoká koncentrace amoniakálního dusíku bude, vzhledem k ostatním měřeným ukazatelům kvality vody, hlavní příčinou absence ryb v dané části toku. Podle Hanela a Luska (2005) se letální hodnota N-NH_4^+ pro lososovité ryby pohybuje v rozmezí 0,5-0,8 mg/l. Toxicita amoniakálního dusíku však závisí na hodnotě pH, teplotě vody a obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě. Naopak nejnižší naměřené hodnoty v měsíci červenci a září vykazovalo v obou případech stanoviště číslo sedm, i přesto, že se nachází 900 m pod městem Štítý. Příčinou nižších koncentrací v dané části vodním toku může být moderní čistírna odpadních vod města Štítů, jejíž metody čištění komunálních odpadních vod jsou zřejmě účinnější než u předchozí ČOV.

Kromě osmi zvolených stanovišť, jenž byly klasifikovány ve všech odběrových termínech, byla dodatečně stanovena devátá lokalita, která byla hodnocena pouze v měsíci únoru. Odběrové místo bylo doplněno z důvodu existence zdroje znečištění odpadními vodami, jenž odtékaly z ČOV v Bílé Vodě přepadovým podzemním kanálem do rákosovitého porostu bez procesu čištění. Podle provozovatele ČOV jde pouze o komunální odpadní vody, ale vzhledem k silnému zabarvení vody, lze předpokládat, že jde i o odpadní vodu z textilního závodu. Klasifikace vybraných ukazatelů vody byla na daném místě prováděna na základě upozornění občana z Mlýnic, jemuž znečištěný pozemek patří a s ČOV vede dlouholeté spory. Při hodnocení se prokázala zvýšená teplota vody, vysoká hodnota vodivosti díky zvýšenému obsahu rozpustných látek převážně anorganického původu a látek organických, jenž podléhají intenzivnímu rozkladu, což prokazuje nízká koncentrace rozpuštěného kyslíku. Opravdový extrém

však představovala koncentrace naměřeného amoniakálního dusíku (58,67 mg/), jehož zdrojem mohou být splaškové odpadní vody z obce Červené Vody, nebo už zmiňované odpadní vody z podniku Intercolor. Vzhledem k tomu, že lokalita byla klasifikována pouze v jediném termínu, tak je nutné brát naměřené hodnoty pouze orientačně.

Při srovnání průměrných hodnot vybraných ukazatelů kvality vody s tabulkou jakosti vody dle ČSN 75 5221 lze konstatovat, že právě amoniakální dusík výrazně ovlivnil zařazení vody jednotlivých lokalit do jakostních tříd. Právě lokalita č. 5 vykazuje jako jediná nejvíce znečištěnou vodu náležící jakostní třídě V. Vzhledem k tomu, že jakostní tabulka nezahrnuje fosforečnany, ale pouze celkový fosfor, tak bylo nutné je z hodnocení vynechat. Pokud by však byl měřen celkový fosfor mohlo dojít k výraznému snížení jakostní třídy vody i u ostatních zvolených lokalit.

Kromě zařazení vlastních naměřených hodnot do jakostních kategorií byly také stejným způsobem hodnoceny i získaná data týkající se naměřených koncentrací vybraných ukazatelů pod výpustí ČOV v Bílé Vodě v roce 2011. Voda v daném místě spadala podle celkového fosforu a BSK₅ do jakostní třídy III. S velkou pravděpodobností zvýšená koncentrace fosforu byla dána splaškovými odpadními vodami, jenž mohly obsahovat fosforečnany z pracích prostředků. Jakostní kategorie vody mohla být ještě nižší, pokud by nebyl měřen pouze celkový dusík, který není v jakostní tabulce zařazen, ale byly klasifikovány zvlášť jeho součásti (N-NO_3^- , N-NH_4^+).

Ostatní získaná data (koncentrace vybraných ukazatelů jakosti vody v odtoku v odpadních vodách a týdenní úhrny srážek) byla pouze zpracována do přehledných tabulek pro další analýzy. Vzhledem k tomu, že dešťová voda se dostává spolu s komunálními odpadními vodami do ČOV, tak by bylo možné zjistit, zda výrazně neovlivňuje čistící proces dané čistírny odpadních vod prostřednictvím naměřených koncentrací vybraných ukazatelů vody. Velice zajímavé by bylo sehnat podklady stejného typu i z ostatních let, za účelem srovnání a následného zjištění vývoje čistícího procesu ČOV.

Nejvyšší koncentrace všech vybraných těžkých kovů (Cu, Zn, Fe, Cr, Pb, Ni) v sedimentech byly naměřeny na stanovišti číslo devět, což bylo dáno jejich nadměrným obsahem v odpadních vodách převážně textilního průmyslu. V těchto místech vysoký obsah těžkých kovů ve svrchní vrstvě sedimentů je dán víceletou kumulací, která je zajištěna dlouhodobým zdržením vody díky nízké rychlosti proudu. Extrémně vysoké koncentrace naměřené, jak na stanovišti číslo devět, tak na ostatních zvolených

lokalitách v recipientu, náležely železu, jehož hodnoty se pohybovaly v tisících miligramů na kilogram. Kromě antropogenních faktorů (odpadní vody, automobilová doprava aj.) je hlavním důvodem nadměrných hodnot tzv. přirozené pozadí daných lokalit v závislosti na geologickém podloží, to je totiž tvořeno kromě šterkopísků také Limonitem (směsí oxidů a hydroxidů železa) (Pitter 2009). Dále zvýšené koncentrace těžkých kovů (Pb, Cr, Zn) vykazovalo stanoviště číslo jedna, což mohlo být dáno automobilovou dopravou či zemědělskou činností soukromých subjektů. Výrazně zvýšená koncentrace mědi se projevila na lokalitě číslo šest (pod obcí Březnou), což mohlo být způsobeno podle Pittra (2009) používáním fungicidů na zemědělsky obhospodařovaných pozemcích. Dále se mírné zvýšení obsahu některých těžkých kovů (Fe, Cu, Zn, Ni) v sedimentech projevilo díky zvýšené kumulaci v nejnižších partiích vodního toku, jenž představovalo stanoviště číslo osm. Při porovnání naměřených hodnot nad (lokalita č. 4) výpustí ČOV v Bílé Vodě a pod ní (lokalita č. 5) lze konstatovat, že v rozsahu 300 m koncentrace téměř všech vybraných těžkých kovů (mimo Ni) pod výpustí se zvýšily. Příčinou vyššího obsahu těžkých kovů ve svrchní vrstvě sedimentů je nedokonalé čištění průmyslových odpadních vod ČOV.

Je však nutné podotknout, že naměřené koncentrace vybraných těžkých kovů nemusí s naprostou přesností odpovídat zvoleným lokalitám. Důvodem sníženého obsahu těžkých kovů v sedimentech mohla být vysoká rychlost proudu či skladba dna představující lehce vyplavitelné sedimenty (písky).

Při hodnocení přirozenosti vodního toku Březné na pěti zvolených úsecích se prokázalo, že největší míru odpřírodnění části recipientu vykazoval úsek číslo tři. Právě díky silně upravenému korytu trvalého charakteru a betonovému příčnému stupni souvisejícím s provozem malé vodní elektrárny bylo nutné daný úsek začlenit do kategorie IV. O třídu níže náležely zbylé čtyři úseky, i přes to, že úsek č. 1 zasahuje do intravilánu města Štítý. Příčinou zvýšené míry přirozenosti v těchto částech toku byl menší antropogenní zásah do břehové linie a polohové úpravy toku. Je však nutné podotknout, že se jedná o jednoduchou klasifikační metodu hydromorfologie vodního toku, která bere v potaz pouze typy a četnost (konstrukce v korytě) antropogenních zásahů, ale nezohledňuje už délku upravené břehové linie či celého upraveného příčného profilu koryta. Pokud by však tento parametr byl zahrnut do klasifikace, mohly zvolené úseky v daném případě náležet do kategorie s nižší mírou odpřírodnění. Proto je nutné danou metodiku založenou na základě terénních zkušeností autorů zmíněných publikací (viz. kapitola Metodika) brát pouze orientačně. Kromě samotné metodiky

mohla reprezentativnost vodního toku, náležící území přírodnímu parku Březná, ovlivnit velikost a umístění klasifikačních úseků v recipientu.

V poslední době velice využívanou metodikou pro monitoring hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků je tzv. HEM (hydroekologický monitoring) (Adámek et al. 2010). Tato možná klasifikace přirozenosti toku je založena na stejném principu jako předchozí metodika, ale je mnohem propracovanější, kromě hodnocení přirozenosti toku se také hodnotí přilehlé inundační území recipientu. Také je potřeba mnohem více vstupních dat a materiálů, např. vojenské mapové podklady z let 1832-1854 pro hodnocení změny trasy koryta vodního toku a dále srážkové úhrny z ČHMÚ pro vyhodnocení variability průtoků. Vzhledem k těmto okolnostem a časové náročnosti nebylo možné postupovat podle zmíněné metodiky, jejíž vypracování by bylo na samostatnou práci.

6.1. Závěr

Při hodnocení antropogenních faktorů působících na vodní tok Březnou bylo zjištěno, že kvalita vody v recipientu je výrazně ovlivněna amoniakálním dusíkem, jehož hlavním zdrojem jsou odpadní vody textilního závodu a částečně i komunální odpadní vody či odpady související se zemědělskou činností. Právě díky vysokým koncentracím N-NH_4^+ byla kvalita vody pod výpustí ČOV v Bílé Vodě klasifikována dle ČSN 75 7221 jako nejvíce znečištěná (jakostní třída V.). Vysoká koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě však snižuje toxicitu amoniakálního dusíku a umožňuje tak snadnější přežívání vodních organismů, zejména ryb.

Při klasifikaci svrchní vrstvy sedimentů ve vodním toku či jeho přítocích se prokázalo, že extrémně vysoké koncentrace vybraných těžkých kovů (Cu, Zn, Fe, Cr, Pb, Ni) pocházely převážně z nepročištěných odpadních vod textilní společnosti Intercolor. Mírně zvýšené koncentrace vybraných těžkých kovů v sedimentech recipientu byly naměřeny v blízkosti silničních komunikací v důsledku automobilové dopravy či v blízkosti zemědělsky obhospodařovaných pozemků.

V rámci hodnocení přirozenosti vodního toku na území přírodního parku Březná byly čtyři klasifikační úseky zařazeny do kategorie III. (Člověkem málo ovlivněný), pouze jediný úsek náležel do třídy IV. (Člověkem středně ovlivněný). Příčnou zvýšené míry odpřírodnění toku byly antropogenní zásahy spojené s úpravami břehové linie, konstrukčními prvky v korytě či celkovými úpravami trasy vodního toku.

Do budoucna by bylo vhodné se zaměřit především na klasifikaci chemických ukazatelů kvality vody (N-NH_4^+ , N-NO_3^- , PO_4^{3-}) doplněné o celkový fosfor, aby bylo možné při zařazování vody do jakostních tříd dle ČSN 75 7221 zhodnotit jaký antropogenní faktor má největší vliv na jakost vody v recipientu. Hodnocení chemismu vody by bylo vhodné provádět alespoň jednou v každém měsíci po dobu 2-3 let, aby vznikl dostatek dat, které by měly při statistickém testování mnohem větší vypovídací schopnost. Vzhledem k tomu, že byly naměřeny vysoké koncentrace některých vybraných těžkých kovů v sedimentech vodního toku, bylo by zajímavé zjistit, zda se také kumulují v živých tkání bentofágních či dravých druhů ryb. Pokud by byl záměr zhodnotit detailněji hydromorfologii vodního toku, bylo by záhodno postupovat podle velmi propracované metodiky HEM (hydroekologického monitoringu).

7. Citace literatury

Adámek Z, Helešic J, Maršálek B, Rulík M. 2010. Aplikovaná hydrobiologie. Vodňany: VÚRH JU. str. 22-202.

[AOPK] Agentura ochrany přírody a krajiny. 1998. Krajina a voda. Praha: EnviTypo. str. 60-98.

Arient J. 1968. Přehled Barviv. Praha: SNTL. str. 68-203.

Bartůšek P, Fišer J, Janák P, Jansová I, Semrád J. 1985. Odpadní vody v textilním průmyslu. Praha: SNTL. str. 16-204.

Blažek V, Cílek V, Ehrlich P, Frank D, Gergel J, Hladný J, Hofmeister T, Jánský B, Kakos V, Kender J, Kopp J, Král M, Krátká M, Krátký M, Kvítek T, Lídlová D, Langhammer J, Maníček J, Matoušek V, Matoušková M, Nesměrák I, Němec J, Nietzscheová J, Plesník J, Pokorný D, Punčochář P, Řádek T, Satrapa L, Šamalová Z, Šťastný B, Vrabec M, Vylita T, Zeman O. 2006. Voda v České republice. Praha: Consult. str. 25-108.

Cink J. 2000. Červená Voda a okolí blízké i vzdálené. Lanškroun: TISK TG. str. 16-153.

Culek M. 1995. Biogeografické členění České republiky. Praha: Enigma. str. 347.

Gozlan RE, St-Hilaire S, Feist SW, Martin P, Kent ML. 2005. Disease threat to European Fish. Nature, Vol. 435, 23 June. pp. 1046.

Hanel L, Lusk S. 2005. Ryby a mihule České republiky. Vlašim: ČSOP. str. 41-315.

Hellawell JM. 1986. Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. London, New York, Elsevier Appl. Sci. Publ. pp. 546.

Holčík J. 1987. Niektoré problémy introdukcie rýb. Sb. Perspektivní druhy ryb pro ČSSR. České Budějovice: ČSVTS při VÚRH Vodňany. str. 9-26.

Horáková M, et al. 2007. Analytika vody. Praha: VŠCHT. str. 154-174.

- Husák Š, Květ J. 1989. Vegetace v malých vodních tocích. In: Ekologické úpravy toků a rybářství. Sbor. přednášek z konference v Českých Budějovicích 14.-15. října 1989. str. 45-46.
- Illies J, Botosaneanu L. 1963. Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considéré surtout du point vue faunistique. Mitt. Internat. Verein. Limnol. 12: 1-57.
- Jůva K, Hrabal A, Tlapák V. 1984. Malé vodní toky. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. str. 103-156.
- Lellák J, Kubíček F. 1991. Hydrobiologie. Praha: Karolinum UK. str. 84-196.
- Lusk S. 1990. Rybářství a úpravy vodních toků. Brno: Hydroprojekt. str. 3-103.
- Lusk S, Halačka K. 1995. The river bottom and fish populations in stress. Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Masarykianae Brunensis, Biologia. 91: 95-100.
- Merta L. 2008. Vzácné druhy mihulí a ryb Olomouckého kraje. Rozšíření a ochrana. Olomouc: AOPK ČR. str. 80.
- Neill WH, Magnuson JJ. 1974. Distribution ecology and behavioral thermoregulation of fishes in relation to heated effluent from a power plant at lake Monona. Wisconsin: Trans. Am. Fish. Soc. 103: 663-710.
- Oglesby TR, et al. 1972. River ecology and man. New York, London, AP. pp. 465.
- Pitter P. 2009. Hydrochemie. Praha: VŠCHT. str. 277-483.
- Pyšek P, Tichý L. 2001. Rostlinné invaze. Brno: Rozekvítek. str. 23-30.
- Svobodová Z, et al. 1987. Toxikologie vodních živočichů. Praha: SZN. str. 5-105
- Svobodová Z, Machová J, Vykusová B, Adámek Z. 1994. Metodické pokyny k vyšetřování havarijního úhynu ryb. Praha: MZ ČR. 6:1-26.
- Štefáček S. 2008. Encyklopedie toků Čech, Moravy a Slezka. Příbram: Baset. str. 69-70.
- Štěrba O, Rosol J. 1989. Znečišťování a ochrana vod. Olomouc: UPOL. str. 71-150.
- Tolasz R. 2007. Atlas podnebí Česka. Olomouc: UPOL. str. 255.

Vučka V, et al. 1984. Havarijní stavy v čistotě vod. Praha: SPN. str. 207.

Internetové zdroje:

Český hydrometeorologický ústav. [online]. [c2000]. [cit. 2012-10-15]. Dostupný z WWW: <http://portal.chmi.cz/portal/dt?action=content&provider=JSPTabContainer&menu=JSPTabContainer/P1_0_Home&nc=1&portal_lang=cs#PP_TabbedWeather>

Národní geoportál INSPIRE. [online]. [c2010-2013]. [cit. 2012-10-16]. Dostupný z WWW: <<http://geoportal.gov.cz/web/guest/map>>

Oficiální stránky města Štítý. [online]. [c2006] [cit. 2012-10-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.stitecko.cz/about.php>>

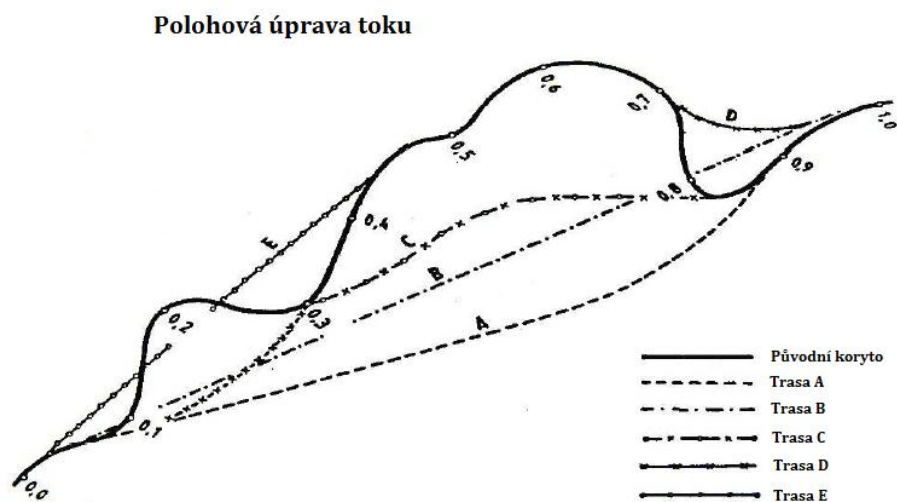
Oficiální stránky obce Červená Voda. [online]. [c2010] [cit. 2012-10-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.cervenavoda.cz/obec-cervena-voda>>

Seznam. Mapy. [online]. [c2005-2011] [cit. 2012-09-21]. Dostupný z WWW: <http://www.mapy.cz/#q=%25C5%25A1t%25C3%25ADty&t=s&x=16.817212&y=49.960953&z=10&qp=14.370286_50.052987_14.477013_50.093666_12&d=muni_451_1&l=16>

Zeměpis. com. [online]. [c2002-2013] [cit. 2012-09-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.zemepis.com/rekycr.php>>

8. Přílohy

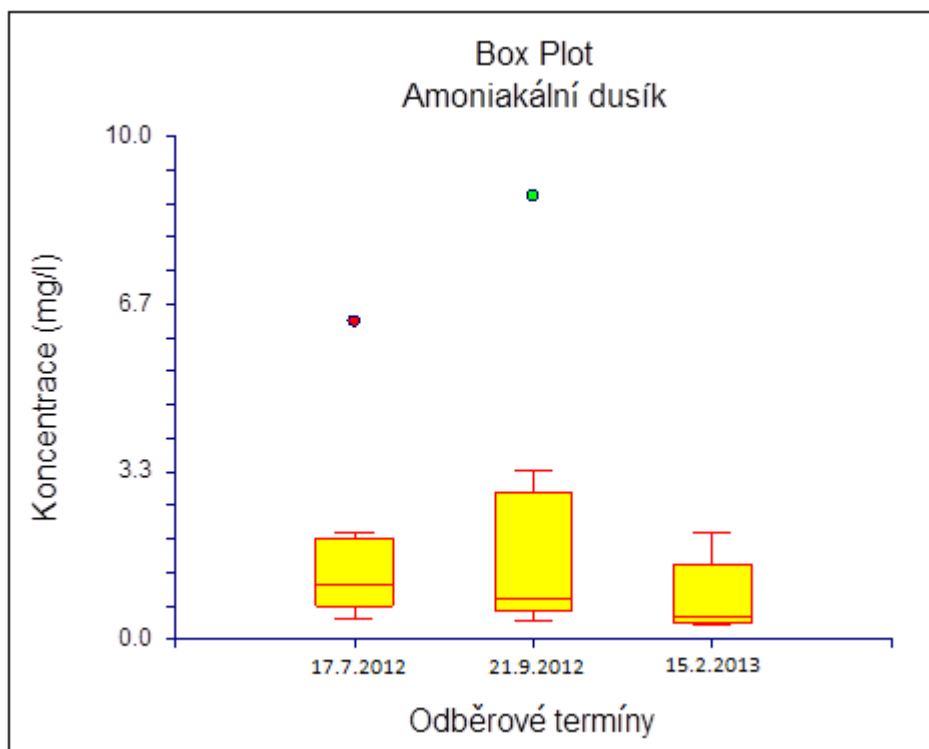
Příloha 1: Polohová úprava toku



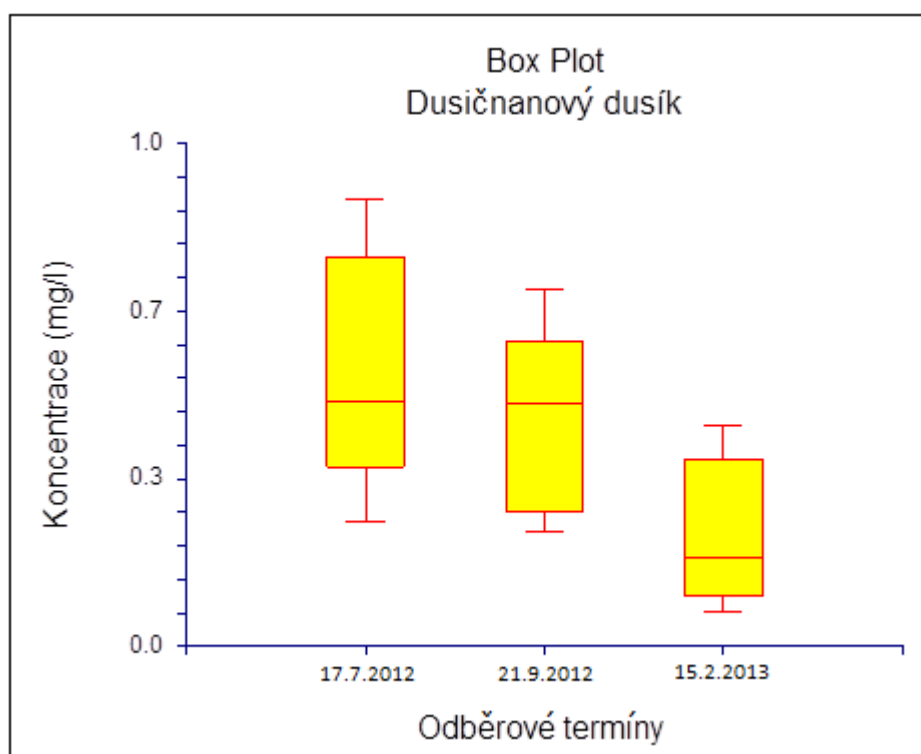
Obr. 20 Možnosti úpravy podélné geometrie toku (Lusk 1990)

Příloha 2: Grafy

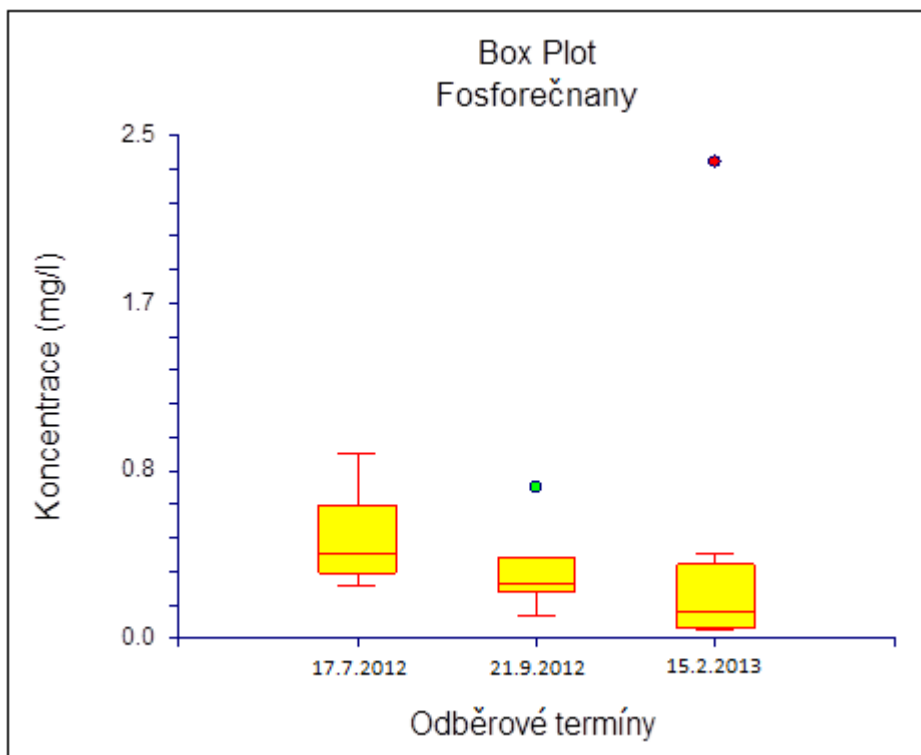
Graf 1 Naměřené hodnoty amoniakálního dusíku (mg/l) na osmi zvolených lokalitách během tří odběrových termínů (17.7.2012, 21.9.2012 a 15.2.2013)



Graf 2 Naměřené hodnoty dusičnanového dusíku (mg/l) na osmi zvolených lokalitách během tří odběrových termínů (17.7.2012, 21.9.2012 a 15.2.2013)



Graf 3 Naměřené hodnoty fosforečnanů (mg/l) na osmi zvolených lokalitách během tří odběrových termínů (17.7.2012, 21.9.2012 a 15.2.2013)

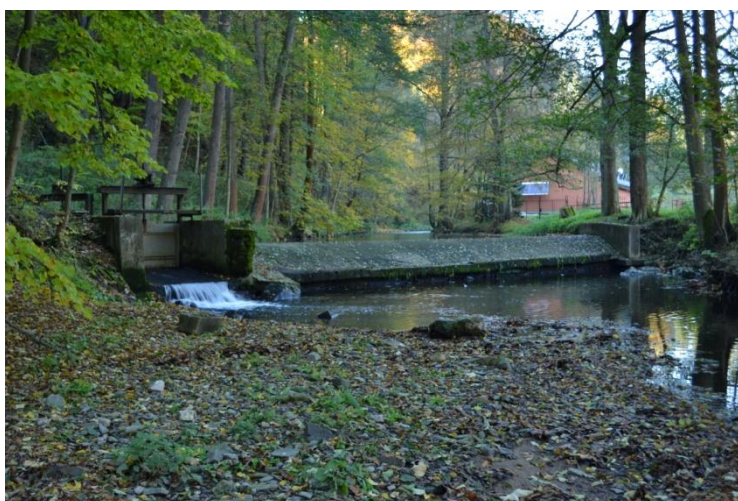


Příloha 3: Fotodokumentace

Obr. 21 Stabilizační stupeň vybudovaný v obci Bílé Vodě (pořízeno 20.7.2012)



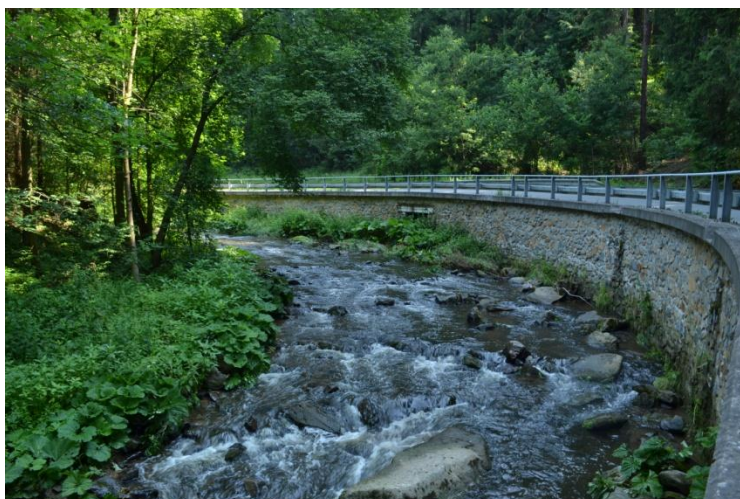
Obr. 22 Stabilizační stupeň vybudovaný nad městem Štíty (pořízeno 21.3.2013)



Obr. 23 Jez s derivačním kanálem vybudovaný v osadě Drozdovské pile (pořízeno 19.10.2012)



Obr. 24 Jez s malou vodní elektrárnou vybudovaný v obci Hoštejně (pořízeno 21.3.2013)



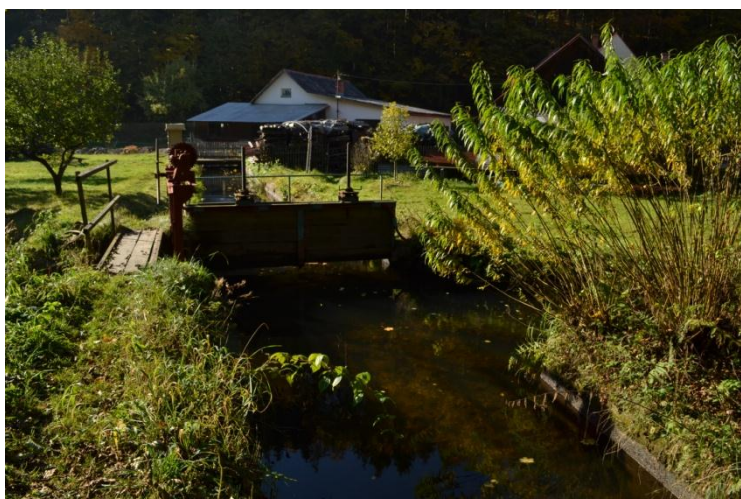
Obr. 25 Břehové opevnění vytvořené z uloženého kamene spolu s betonovou směsí (vybudované cca 200 m nad firmou Renostav) (pořízeno 5.7.2012)



Obr. 26 Betonové opevnění břehové linie v dolní části toku (20 m pod firmou Renostav) (pořízeno 19.10.2012)



Obr. 27 Vypouštění odpadních vod z čistírny odpadních vod v Bílé Vodě do recipientu
(pořízeno 15.2.2012)



Obr. 28 Soustava náhonů vytvořená v Drozdovské pile (pořízeno 19.10.2012)



Obr. 29 Vyústění derivačního kanálu do původního řečiště pod Drozdovskou pilou
(pořízeno 19.10.2012)