

**UNIVERZITA PALACKÉHO v OLOMOUCI**

Přírodovědecká fakulta

Systematická biologie a ekologie

Katedra zoologie

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Makrozoobentos Moravské Sázavy v okolí Zábřehu  
(The Macrozoobenthos of the Moravská Sázava River near Zábřeh )**

2013

Vypracovala: Veronika Jílková

Vedoucí práce: Doc. RNDr. Martin Rulík Ph.D.

## ABSTRAKT

Cílem mé bakalářské práce je ověřit, zda má lidská činnost vliv na makrozoobentos řeky Moravské Sázavy, která protéká Zábřežskem, a získat data svědčící o stavu makrozoobentosu v roce 2011, kdy byly vzorky odebrány. Srovnávám taxonomickou strukturu makrozoobentosu řeky Moravské Sázavy. Vzorky jsem odebírala ve dvou ročních obdobích ze tří lokalit. První lokalitou byla obec Hněvkov před městem Zábřehem, druhou lokalitou bylo místo u NH továrny, třetí lokalitou místo asi 800 m za městem, nedaleko soutoku Moravské Sázavy a Moravy. Jediným měřeným fyzikálním parametrem byla vodivost, která se téměř nelišila ani na jedné z lokalit, stejně tak další měřené a srovnávané údaje byly zanedbatelné. Index diverzity byl největší u první lokality. Měl zde hodnotu 4,093. Dále hodnoty indexu diverzity postupně klesaly v podélném profilu směrem ke třetí lokalitě. Druhá lokalita za NH továrnou v Zábřehu měla index diverzity 3,042 a třetí lokalita 800 m za Zábřehem 2,746. Z hlediska indexu podobnosti se nejvíce taxonomicky shodovala druhá a třetí lokalita z 56,7. Zbylé lokality si byly méně podobné, z 56,25 % se taxonomicky shodovala první lokalita s druhou a nejméně první se třetí z 44,1%. První lokalita byla významná přítomností dvou taxonů, zcela odlišnými svými nároky na životní prostředí, čeledí *Tubificidae* a rodem *Gammarus fossarum*.

## ABSTRACT

The bachelor's thesis aims to explore whether anthropological activities influence the macrozoobenthos of the Moravská Sázava river which flows through the region of Zábřeh. The collected data aimed to reflect the state of macrozoobenthos in 2011. The macrozoobenthos of Moravská Sázava river was analyzed with respect to its taxonomic structure in the given river. Samples were collected at three localities within two seasons. The localities were the following: the village of Hněvkov around of Zábřeh, the second locality was at the HN factory in the vicinity of Zábřeh and the third locality was about 800 metres off the city near the Moravská Sázava and Moravia confluence. The only physical parameter measured was electrical conductivity, which however, showed minimal differences within the three localities. The other measured quantities showed insignificant differences at cross-locality comparison as well. In the first locality the diversity index showed the most significant diversification of the animals into particular taxonomical levels. The diversity index value was 4,093. The diversity index values were decreasing gradually with the longitude profile, towards the third locality. The second locality at the HN factory showed diversity index of 3,042. The third locality 800 m from the town of Zábřeh showed diversity index of 2,746. With respect to the similarity index the second and third localities proved to be the most similar ones, taxonomically, the similarity value being 56, 7 %. The remaining localities showed lower degree of similarity, as documented by the first and second localities similarity index value of 56, 25 %. The lowest degree of taxonomical similarity was attested between the first and third localities reaching only 44,1%. The first locality was of great interest as it was proved to host two taxa with completely different habitat requirements, i. e. *Tubificidae* family and *Gammarus fossarum* genus.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně na základě získaných výsledků a za použití uvedené literatury.

V Zábřeze 6. 1. 2014

.....

Podpis

Ráda bych na tomto místě poděkovala mému vedoucímu bakalářské práce Doc. RNDr. Martinu Rulíkovi Ph.D. za návrh tématu bakalářské práce, za potřebné informace, rady, připomínky a za vedení bakalářské práce. Dále bych touto cestou ráda poděkovala i své rodině, která mě po celou dobu studia podporovala. Dále mé poděkování patří slečně Kateřině Danielové za literární úpravu textu.

## OBSAH

|                                                                        |      |
|------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Seznam tabulek</b> .....                                            | viii |
| <b>Seznam příloh</b> .....                                             | viii |
| <b>1. Úvod</b> .....                                                   | 1    |
| <b>2. Problematika</b> .....                                           | 2    |
| 2.1. Stojaté versus tekoucí vody .....                                 | 2    |
| 2.2. Antropogenní ovlivnění kvality vod .....                          | 3    |
| 2.2.1. Odpadní vody s převahou organických látek a hnilobné kaly ..... | 3    |
| 2.2.2. Minerální látky .....                                           | 3    |
| 2.2.3. Toxické a kumulativní látky .....                               | 4    |
| 2.2.4. Hnojiva .....                                                   | 4    |
| 2.2.5. Speciace stopových prvků ve vodách .....                        | 4    |
| 2.2.6. Odpadní vody s olejovými látkami a ropnými produkty .....       | 5    |
| 2.2.7. Oteplené odpadní vody .....                                     | 5    |
| 2.2.8. Odpadní vody s patogenními organismy a parazity .....           | 5    |
| 2.3. Využití makrozoobentosu jako indikátoru kvality vod .....         | 6    |
| 2.3.1. Bioindikace jakosti vod pomocí makrozoobentosu .....            | 6    |
| 2.3.2. Tradiční metody hodnocení společenstva makrozoobentosu .....    | 6    |
| <b>3. Charakteristika území a popis lokality</b> .....                 | 8    |
| 3.1. Charakteristika území .....                                       | 8    |
| 3.2. Popis lokalit .....                                               | 9    |
| 3.2.1. První lokalita .....                                            | 9    |
| 3.2.2. Druhá lokalita .....                                            | 9    |
| 3.2.3. Třetí lokalita .....                                            | 10   |
| <b>4. Metodika</b> .....                                               | 11   |
| 4.1. Sledované období- data odběrů .....                               | 11   |
| 4.2. Zpracování vzorků v laboratoři .....                              | 12   |
| 4.3. Výpočet indexu diverzity a podobnosti .....                       | 12   |
| <b>5. Výsledky</b> .....                                               | 13   |
| <b>6. Diskuze</b> .....                                                | 14   |
| <b>7. Literatura a internetové zdroje</b> .....                        | 17   |

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| <b>8. Přílohy .....</b> | <b>20</b> |
|-------------------------|-----------|



## SEZNAM TABULEK

**Tabulka 1:** Index diverzity na první lokalitě

**Tabulka 2:** Index diverzity na druhé lokalitě

**Tabulka 3:** Index diverzity na třetí lokalitě

**Tabulka 4:** Index podobnosti (druhov<sup>á</sup> identita)

## SEZNAM PŘÍLOH

**Příloha 1:** Mapa zobrazující vzdálenosti mezi lokalitami [6]

**Příloha 2:** Lokalita Hněvkov

**Příloha 3:** Lokalita u bývalé NH fabriky, Zábřeh

**Příloha 4:** Lokalita cca 800 m od druhé lokality

## 1. ÚVOD

Ve své bakalářské práci s názvem Makrozoobentos Moravské Sázavy se zabývám taxonomickou strukturou makrozoobentu řeky Moravské Sázavy protékající Zábřežskem. Vzájemně srovnávám jednotlivé tři lokality a vyhodnocuji stav makrozoobentu. Kvalitativně zhodnocuji jednotlivé lokality pomocí indexu diverzity a indexu podobnosti. Téma výzkumu jsem zvolila proto, že mě zajímalo, jestli lidská činnost a průmysl ovlivňuje kvalitu řeky či nikoliv. Na příkladu z africké Keni týkající se denní činnosti místních obyvatel a jejich hospodářským zvířectvem je vidět, že vodní toky jsou hojně lidskou populací využívány celosvětově. Návštěvy vodních systémů lidmi a jejich domácím zvířectvem a následná narušení těchto systémů se děly od pradávna. Vzhledem k tomuto dlouhodobému vzájemnému působení je pravděpodobné, že již prakticky žádné původní toky na světě neexistují. Narušení definované jako „příčina, fyzikální síla, prostředek nebo proces, ať biotický nebo neživý, způsobující disturbance v ekologických částech nebo systémech“ (RYKIEL 1985) může být způsobeno činností lidí a jejich domácího zvířectva uvnitř koryta vodního toku. Vodní toky nejsou totiž pouze koryta, která naplňuje voda, jedná se hlavně o ekologické systémy mající svůj vlastní život. Poskytují životní prostředí mnoha organismům. Pokud dojde k narušení životního prostředí toku, vede to k ovlivňování společenstev a stejně tak narušení společenstev ovlivňuje kvalitu toků.

## 2. PROBLEMATIKA

### 2.1. *Stojaté versus tekoucí vody*

Stojaté vody: sluneční záření pronikající vodním sloupcem je velmi rychle pohlcováno. Nejteplejší je vrstva vody těsně u hladiny, do hloubky teplota vody rychle klesá. Stabilita tohoto termálního rozvrstvení by měla být podpořena sníženou hustotou ohřáté vody. Večer a v noci se však svrchní vrstva vody ochlazuje vyzařováním tepla i odparem silněji než hlouběji ležící vrstvy. Její hustota se proto zvětšuje a ochlazená voda klesá do hloubky, až narazí na vrstvu stejně chladné a husté vody. Teplejší a lehčí voda je současně vytlačena vzhůru. Oteplováním a ochlazováním svrchních vrstev vody vzniká konvekční vertikální proudění, jímž se cirkadiánně promíchávají svrchní vrstvy vody. Konvekční promíchávání vodních mas je podporováno horizontálním prouděním vyvolaným větrem. Promíchávání vody zasahuje však jen do takové hloubky, v níž konvekční i horizontální proudění vody již nemůže porušit stabilitu studených vrstev vody. Na této hranici vznikne teplotní skočná vrstva (termoklina), v níž lze na 1 m hloubky naměřit pokles teploty o několik °C. Reakce vody (pH) je podmíněna koncentrací vodíkových iontů. V přirozených vodách je pH určováno rovnovážnými stavy mezi kyselinou uhličitou a jejími solemi, především hydrouhličitánem a uhličitánem vápenatým. Sladké vody představují roztoky různých látek proměnlivých koncentrací, a proto jejich reakce kolísá. Zvláště intenzivní fotosyntéza rostlinstva, spojená s odčerpáváním CO<sub>2</sub> z vody, může způsobit vzrůst alkalické reakce vody na hodnotu pH = 11 (UHLMANN 1975). Na rozdíl od atmosféry je obsah kyslíku ve vodním prostředí proměnlivý. V čisté vodě bez organismů je obsah rozpuštěného kyslíku ovlivněn nepřímo teplotou a přímo úměrně tlakem v ovzduší, se kterým je kyslík v rovnováze. Kyslík rozpuštěný ve vodě pochází jednak ze vzduchu a jednak z asimilační činnosti rostlin. Jeho aktuální obsah v různých vrstvách vodního sloupce nádrže je dán kromě uvedených faktorů rovněž teplotním rozvrstvením vody. Oxid uhličitý ve sladkých vodách stojí v určitém protikladu vůči kyslíku. Oba plyny se intenzivně podílejí na biologických a chemických procesech výměny a koloběhu látek. Silná spotřeba CO<sub>2</sub> fotosyntézou fytoplanktonu stoupá se vzrůstem obsahu rozpuštěného O<sub>2</sub> v eufotické zóně vod. V hlubších vrstvách- v afotické zóně- dýchání živočichů a rozkladný mikrobiální proces vede naopak k úbytku kyslíku a ke zvýšení koncentrace CO<sub>2</sub>. V bohatě osídlených vodách obsah obou plynů ve vodním sloupci výrazně kolísá i během dne a noci v souvislosti s převahou dýchání nebo fotosyntézy. Jde o plyn ve vodě dobře rozpustný a jeho koncentrace ve sladkých vodách je obvykle větší než ve vzduchu. Jeho rozpustnost je závislá na obsahu solí, teplotě a tlaku (LOSOS a kol. 1984). Životní prostor stojatých vod bývá rozdělen do dvou odlišných oblastí- volné vody (pelagiálu) a dna (bentál). Prostor dna je obýván živočichy, kteří žijí na pevném podkladu, ale i v mělkých sedimentech dna- bentosem (HARTMAN a kol. 2005).

Tekoucí vody: na rozdíl od vodních nádrží, které představují systémy s víceméně uzavřeným autochtonním koloběhem látek, má v tekoucích vodách hlavní význam nejen přísun anorganických i organických látek splachy z okolí a přítokem, ale i jejich ztráty odtokem. Tekoucí vody jsou součástí určitých říčních systémů, v nichž se mohou rozšiřovat členové jejich biocenóz. Charakteristickým znakem toků je jednosměrné proudění vody, které ovlivňuje nejenom fyzikální a chemické vlastnosti vody, ale působí na všechny organismy morfoloplasticky, fyzioplasticky a etoplasticky. Teplota vody a rychlost proudění těsně souvisí s geologickými a topografickými podmínkami, které určují spád toku. Nejmenší roční kolísání teplot, s rozpětím do 5 °C, vykazují prameniště. Horní úseky toků nepřesahují roční výkyvy 10 °C, střední úseky nad 10 °C a v dolních úsecích mohou výkyvy teplot přesahovat 15 °C. v zastíněných úsecích (les, hluboká údolí) a při ústí studených přítoků se objevují lokální teplotní difference. Na charakter dna potoka nebo řeky lze usuzovat z rychlosti proudu vody a naopak. Všeobecně se velikost částic usazenin zmenšuje od horního k dolnímu toku. Rychlost vody v korytě potoka či řeky je bržděna jak oběma břehy, tak dnem, přičemž se výrazně uplatňují rovněž porosty makrovegetace. Za kameny vznikají proudové stíny a místa zklidněné vody (LOSOS a kol. 1984).

## **2.2. *Antropogenní ovlivnění kvality vod***

### **2.2.1. *Odpadní vody s převahou organických látek a hnilobné kaly***

Odpadní vody z domácností, některých průmyslových a zemědělských závodů (potravinářství, papírenství) obsahují organické látky s různou rychlostí rozkladu. Většina těchto látek je významným zdrojem minerálních forem živin. Jejich zvýšený přísun do toku vyvolává znatelné změny v kyslíkovém režimu a v celém společenstvu. Kromě kyslíkových změn dochází v trati pod vyústěním odpadů ke značnému zanášení dna sedimentujícími látkami (např. kalem, vlákninou) (LELLÁK a KUBÍČEK 1991).

### **2.2.2. *Minerální látky***

Odpadní vody z těžby a úpraven rud, ze závodů stavebního průmyslu a z dalších zdrojů se při trvale zvýšeném množství stávají limitujícím faktorem pro existenci říčního společenstva. Podle povahy odpadních látek se zvyšuje zákal, mění se světelné klima a přirozený charakter dna, které je pro většinu organismů troficky a prostorově nevyužitelné. Drobné částičky kalu izolují nárosty dna od volné vody, zraňují živočichy a zanášejí jejich dýchací ústrojí. Tak jsou z existence vyloučeny především filtrující a hrabavé formy živočichů a ryby (LELLÁK a KUBÍČEK 1991).

### 2.2.3. Toxické a kumulativní látky

Vlivem rozsáhlé a rozmanité činnosti člověka se dostávají ve zvýšené míře do toku látky narušující biogeochemické cykly a negativně ovlivňující celé společenstvo. Většinou se vyskytují v malém až stopovém množství a teprve při vyšších koncentracích působí škodlivě. Tyto látky likvidují některé složky společenstva a snižují druhovou rozmanitost, případně omezují růst, životní cyklus a reprodukci přežívajících organismů. Některé látky se mohou hromadit v organismech a přenášet do dalších trofických článků až k člověku. Za nejvážnější považujeme těžké kovy a biocidní látky (LELLÁK a KUBÍČEK 1991).

### 2.2.4. Hnojiva

V zemědělství se využívají hnojiva, která přispívají ke zvyšování koncentrace dusíku a fosforu ve vodních tocích. Dusík je nepostradatelný pro všechny živé organizmy. Díky němu vznikají důležité bílkoviny podporující růst. Na množství emisí dusíku ve vodních tocích má velký vliv lidská činnost, kromě hnojiv je to i pálení fosilních paliv. Ve vodních tocích nacházíme dusík v podobě iontů, jsou to: amoniak ( $\text{NH}_4$ ), dusičnany ( $\text{NO}_3$ ), dusitany ( $\text{NO}_2$ ). Vodní tok obsahuje zejména rozpuštěný anorganický dusík, součástí bývá i organický v podobě močoviny a aminokyseliny. Fosfor je důležitá stavební látka pro vývoj živých organismů. Je obsažen v zemské kůře. Tam, kde nedominuje lidská činnost, je ho nedostatek. Ve vodních tocích se nachází zejména díky erozi a splavování zemědělských půd a z čistíček odpadních vod. Nacházíme jej v pevné i rozpuštěné formě. Větší množství těchto prvků způsobuje eutrofizaci. Ta zapříčiňuje zvýšené množství minerálních a organických látek, jejichž důsledkem je přemnožení planktonu a jeho odumírání a snížení obsahu kyslíku. Což způsobuje např. snížení diverzity (RIVER SCIENCE 2005).

### 2.2.5. Speciálně stopových prvků ve vodách

Ve vzorcích přírodních vod jsou toxické prvky přítomny v různých formách jednak v kapalně fázi, jednak vázané v suspendovaných tuhých částicích (MARIAN 1991, FERGUSON 1990, PITTER 1990). Mezi oběma fázemi se ustavuje rovnováha závislá na chemických vlastnostech vzorku (zejména na pH, koncentraci aniontů, rozpustných plynů a dalších látek). Tyto procesy často vedou u kontaminovaných vod k přechodu iontů těžkých kovů do tuhých částic postupnou precipitací (např. ve formě sulfidů) a adsorpcí, takže o úhrnném zatížení dané části hydrosféry vypovídá spíše koncentrace prvků v sedimentech. Nicméně i přechodně zvýšený obsah toxických stopových prvků v důsledku jednorázového znečištění může vést k poškození či úhynu vodních organismů (KOPLÍK a kol. 1997).

#### 2.2.6. Odpadní vody s olejovými látkami a ropnými produkty

Zdrojem těchto látek jsou částečně odpadní kanalizace některých výroben potravin, petrochemického průmyslu, letištních zařízení, autodílen, strojních stanic apod. závažným zdrojem znečištění jsou havárie potrubního vedení, cisteren apod. (VUČKA 1984). Tento druh látek ohrožuje vodní systémy tím, že se vytvoří hladinový film nebo vrstvu znemožňující výměnu plynů a zeslabující biologickou účinnost světla (LELLÁK a KUBÍČEK 1991).

#### 2.2.7. Oteplené odpadní vody

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 i na typu vodního toku a na klimatických a hydrologických podmínkách. Zdrojem oteplených vod jsou chladicí systémy tepelných elektráren, některých hutních a potravinářských provozů. Negativní působení na společenstvo je tím větší, čím vyšší je rozdíl mezi původním a novým teplotním režimem, a dále závisí na saprobním charakteru toku. V silněji znečištěných tocích dochází ke zvýšené intenzitě rozkladu organických látek, k přechodu do anaerobní fáze a k přestavbě celého společenstva. Původní společenstva zvláště horních částí toků jsou přísunem teplých vod zcela rozrušena a nahrazena jinými (LELLÁK a KUBÍČEK 1991).

#### 2.2.8. Odpadní vody s patogenními organismy a parazity

Odpadní vody mnohých zařízení (např. nemocnic, sanatorií, zemědělských velkochovů, jatek) mohou kromě hnilobné a střevní mikroflóry obsahovat také patogenní mikroby, viry, vajíčka nebo vývojová stadia parazitů a jejich dospělce. Tento druh odpadní vod ve většině případů nelikviduje dané společenstvo, ale je vážným nebezpečím při použití vody k dalším účelům (k závlahám, pro chovné rybníky apod.). Sekundárním zdrojem nákaz mohou být ryby nebo ptáci potravně závislí na takto kontaminovaném toku. Také člověk je ohrožen konzumem těchto ryb (LELLÁK a KUBÍČEK 1991).

### 2.3. *Využití makrozoobentosu jako indikátoru kvality vod*

Myšlenka použít společenstvo organismů jako bioindikátor je založena na poznání, že společenstvo jako celek nejlépe reaguje na změnu podmínek a zdrojů. Mohou nastat změny v početnostech organismů, v jejich vzájemném zastoupení a i počtu taxonů (ADÁMEK a kol. 2010). Bentos můžeme dělit podle systematické příslušnosti na fyto-bentos- rostlinné organismy zoobentos- živočišné organismy (KUBÍČEK a ZELINKA 1982). Kvalitativní a kvantitativní složení makrozoobentosu je z velké části závislé právě na trofii a saprobitě vody a odráží dlouhodobé i krátkodobé podmínky prostředí (KEROVEC a kol. 1989).

#### 2.3.1. *Bioindikace jakosti vod pomocí makrozoobentosu*

Makrozoobentos je považován za nejvhodnější společenstvo pro bioindikaci, to již akcentovali po 2. Světové válce Zelinka, Marvan, Kubiček 1959. Výhody použití bentických bezobratlých jsou (HELLAWELL 1986, ROSENBERG a RESH 1993, HELEŠIC 2006) :

- Velká rozmanitost a abundance druhů téměř ve všech sladkovodních biotopech
- Způsob života vázaný na určité prostředí a lokalitu
- Délka života mnoha druhů umožňuje zachycení situace na stanovišti po několika měsících až let
- Schopnost společenstva bezobratlých integrovat a odpovídat simultánně na škálu environmentálních stresů
- Mnoho druhů je významnými kumulátory toxických látek
- Semikvantitativní (a i kvantitativní) vzorkování je relativně jednoduché a levné
- Taxonomie mnohých skupin je relativně dobře známá a jsou k dispozici určovací klíče
- Bentičtí bezobratlí jsou vhodnými objekty v experimentálním přístupu monitoringu
- 

#### 2.3.2. *Tradiční metody hodnocení společenstva makrozoobentosu*

Indexy diverzity: princip použití těchto metod vychází z předpokladu, že ideální společenstvo (nestresované) by mělo obsahovat jeden nebo několik málo velmi početných druhů (dominantních), několik druhů středně početných (doprovodných) a více vzácných druhů. Tuto skutečnost se snaží postihnout a vyjádřit jedním číslem nejrozumnější indexy diverzity (rozmanitosti). Předpokladem použití těchto indexů je, že nenarušená společenstva mají diverzitu (druhovou bohatost) vyšší než společenstva narušená, stejné rozložení jedinců mezi druhy a středí až vysoké počty jedinců. Organické znečištění způsobuje pokles diverzity, protože senzitivní druhy zmizí, poklesne vyrovnanost a naopak v důsledku obohacení živinami vzroste abundance druhů tolerantních. Naopak toxické nebo kyselé znečištění může způsobit pokles jak diverzity, tak abundance a dále též vzrůst vyrovnanosti, protože senzitivní druhy jsou eliminovány a není zde žádný přídatný zdroj potravy pro zbylé tolerantní formy.

Indexy diverzity je nejlépe aplikovat na toxické a fyzikální znečištění. Jsou vhodné pro posouzení změn na jedné lokalitě, např. před a po nějakém zásahu. Rozdíly v rozmanitosti na jedné lokalitě v čase mají velkou vypovídající schopnost, naopak rozdíly v rozmanitosti na různých lokalitách ve stejném čase obvykle nelze interpretovat jednoznačně (ADÁMEK a kol. 2010).

Indexy podobnosti: rovněž postihují strukturu společenstva, avšak na rozdíl od indexů diverzity si všímají rozdílů mezi dvěma společenstvy. Zatímco indexem diverzity lze postihnout stav jedné lokality, pro výpočet indexu podobnosti je nutné mít další, srovnávací lokality. Indexy podobnosti charakterizují obecně změny ve složení společenstva, nedetekují původce těchto změn. Podobně jako indexy diverzity jsou striktně kvalitativní a neposkytují proto informaci o aktuálním složení společenstva. Reagují na jakýkoliv zásah, který ovlivňuje bentické společenstvo, nejen organické znečištění. Ve srovnání s indexy diverzity jsou indexy podobnosti více citlivé na nepatrné změny ve struktuře společenstva (ADÁMEK a kol. 2010).



### 3. CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ A POPIS LOKALITY

#### 3.1. Charakteristika území

Obec Hněvkov byla založena na levém břehu jednoho z ohybů Moravské Sázavy (nadmořská výška 300 m). Město Zábřeh své jméno získalo od toho, že leží „za břehem“, na levé straně Moravské Sázavy. Jádru města se rozprostírá na návrší, které vybíhá jako jeden z posledních výběžků Zábřežské vrchoviny do nivy řeky Moravy, a k nedalekému soutoku této řeky s Moravskou Sázavou (MELZER a kol. 1993).

Z hlediska geografického se oblast povodí Moravské Sázavy nachází v přechodném pásmu, kde se projevují jak vlivy kontinentálního klimatu, tak vliv oceánského klimatu. Poněvadž tato oblast má vlivem zasahujícího srážkového stínu poměrně malý roční úhrn srážek (700-800 mm), jsou průtoky v řece nízké- průměrný roční průtok v ústí činí  $4,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Nicméně četnost povodní v povodí Moravské Sázavy je výrazně vyšší než v horním povodí Moravy. Charakter toku je převážně nížinný. Pod Zábřehem na Moravě se tok vlévá do široké údolní nivy, kde spád poklesá až na 1,6 ‰. Tok je z větší části neupravený, dno toku je kamenité, provedené úpravy na toku jsou převážně v obcích a u objektů na toku. Orientační délka toku Moravské Sázavy je 55000 km. Nadmořská výška pramenné oblasti Moravské Sázavy je 950 m.n.m. a údolí nad soutokem s Moravou 275 m.n.m. Mezi povolená vypouštění do povrchových vod patří Šumperská provozní vodohospodářská na 4,1 km v Zábřehu, Obecní úřad Žichlínek na 35,74 km v obci Žichlínek a Obecní úřad Výprachtice na 49,5 km v obci Výprachtice. Povolené odběry povrchových vod provádí Perla Zábřeh na 8,3 km, Hedva Zábřeh na 8,35 km, Asanace Žichlínek na 35,1 km, Tesla Sázava na 38,8 km a Vodovody a kanalizace Jablonné na 43,1 km (GIMUN a ŽENÍŠKOVÁ 2003).

### **3.2. Popis lokalit**

#### 3.2.1. První lokalita

Železniční most Hněvkov v km 11,288 je úsek z větší části zarostlý lebedou se stromy a keři, v břehové hraně toku střídající se s úsekem na pravém břehu zcela zarostlým, neprůchozím. Tok protéká údolím, na pravém břehu zalesněné skály, na levém břehu louky a železnice (GIMUN a ŽENÍŠKOVÁ 2003).

V obci Hněvkov došlo v souladu se zájmy protipovodňové ochrany k úpravám v korytě vodního toku. Balvanitý skluz v ř. km 23,920 není migrační bariérou na toku (ŠINDLAR a kol. 1998).

Na místě, na kterém jsem prováděla konkrétně sběr vzorků, jsem naměřila vodivost v hodnotě  $334 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ . Substrát říčního dna byl tvořen štěrkem a pískem. Hloubka řeky byla v průměru 20- 25 cm. V korytě se nevyskytovaly ani překážky ani makrofyta. Břeh je přirozený, zatravněný. Vegetace kolem koryta byla zastoupena jehličnany a listnáči. Voda nebyla zakalená a proudila, viz příloha 2.

#### 3.2.2. Druhá lokalita

Úprava řeky Moravské Sázavy, k.ú. Rájec Zábřeh a Úprava řeky Moravské Sázavy, k.ú. Zábřeh – km 1,637: úsek od železničního mostu Rájec po 2.trubní most v km 2,759 je úsek upravený, vysečený, po obou březích jsou pole, na levém břehu vede železnice, na pravém je závod PMV Sunar. V km 2,472 se nachází 1.trubní most (GIMUN a ŽENÍŠKOVÁ 2003).

Moravská Sázava je v Zábřehu na Moravě upraveným vodním tokem. Břehy jsou stabilizovány záhozem z lomového kamene, dlažbou z lomového kamene nebo stavebním odpadem. Celkově je průměrná intenzita vlivu stavebních úprav na ekosystém toku 17 %, antropogenní zatížení poříční zóny – 22 % a úsek je zařazen do kategorie A. Zastavěné území a přímo navazující úseky po proudu, které významně ovlivňují odtokové poměry v těchto územích (ŠINDLAR a kol. 1998).

V daném odběrovém úseku jsem naměřila hodnotu vodivosti  $343 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ . Substrát říčního dna byl tvořen štěrkem a pískem. Hloubka řeky byla v průměru 35- 37 cm. V korytě se nevyskytovaly ani překážky ani makrofyta. Břeh je stabilizovaný a upravený. Vegetace kolem koryta byla zastoupena listnáči. Voda byla nezakalená a téměř neproudila, viz příloha 3.

### 3.2.3. Třetí lokalita

Úsek Moravské Sázavy v km 0,000 - km 5,406 (ocelová lávka pro pěši) je převážně upraveným tokem. Úsek od kamenného jezu po betonový silniční most Rájec- Leština v km 1,632 je bujně zarostlý keři, vysokou travou a stromy. Na levém a pravém břehu je lužní lesík. V tomto úseku v km 1,133 je zaústěn přítok- výúst' DN 600 mm, na pravém břehu v km 0,852- 1,350 je vybudovaná pravobřežní hráz- zarostlá. Na levém břehu v celé délce úseku vede podél toku Moravské Sázavy nadzemní vedení. Koryto je v patě opevněno kamenem. V km 1,632 betonový silniční most Rájec- Leština (GIMUN a ŽENÍŠKOVÁ 2003).

Upravený vodní tok v trase, v příčném a podélném profilu protéká především zemědělsky intenzivně obhospodařovanou krajinou s mozaikovitou strukturou. Celkově je průměrná intenzita vlivu stavebních úprav na ekosystém toku 26 %, antropogenní zatížení poříční zóny – 10 % a úsek je zařazen do kategorie B. I. Nadprůměrné a významné ovlivnění přírodního stavu (ŠINDLAR a kol. 1998).

V daném odběrovém úseku jsem naměřila hodnotu vodivosti  $356 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ . Substrát říčního dna byl tvořen štěrkem a pískem. Hloubka řeky byla v průměru 30- 42 cm. V korytě se nevyskytovaly ani překážky ani makrofyta. Břeh je upravený, zatravněný. Vegetaci kolem koryta tvoří lužní lesík. Voda nebyla zakalená a proudila, viz příloha 4.

## **4. METODIKA**

### **4.1 *Sledované období- data odběrů***

Sběr vzorků jsem provedla na třech lokalitách řeky Moravské Sázavy a během dvou ročních období, v létě dne, 3. 8. 2011 a na podzim, dne 6. 11. 2011. První lokalita, kde jsem sběr vzorků prováděla, se nachází před městem Zábřeh v obci Hněvkov, druhá lokalita se nachází v samotném Zábřehu u bývalé NH továrny a třetí lokalitou je místo vzdálené od druhé lokality cca 800 m, místa, kde se řeka Moravská Sázava vlévá do řeky Moravy. Ke sběru vzorků jsem potřebovala bentickou síť o velikosti ok 500  $\mu\text{m}$  s dlouhou rukojetí, gumové rukavice, mísy pro vybírání biologického materiálu, entomologické pinzety, širokohrdlé sklenice o objemu cca 0,5 litru (pro uchování a transport netříděného odebraného materiálu do laboratoře), terénní přístroj na měření vodivosti, formaldehyd (40% roztok) k fixaci biologického materiálu a popisovače. Vzorky v mísách jsem v terénu vyčistila od větších kusů, jako je listí, klacíky apod.

#### **4.2. Zpracování vzorků v laboratoři**

V laboratoři jsem vzorky přecedila přes síto, abych oddělila roztok formaldehydu, který jsem odlila do plastových láhví s použitým formaldehydem a směsí živočichů se zbytky rostlinného původu, kamínků a hlíny jsem vložila na Petriho misky a začala třídít pod binokulární lupou. Pak jsem si zaznamenala počty jednotlivých taxonomických skupin živočichů, které jsem vkládala podle jednotlivých taxonů do plastových zkumavek, které jsem popsala podle lokalit a data odběrů. Živočichy jsem určovala podle determinačních klíčů (GREENHALGH a OVENDEN 2007) a (HRBÁČEK a LANDA 1980). Snažila jsem se je určit od řádů po nejnížší možnou taxonomickou úroveň.

#### **4.3. Výpočet indexu diverzity a podobnosti**

Výsledek evoluce organismů až po naši současnost se výrazně projevil v druhové rozmanitosti zoocenóz. Některá společenstva jsou na druhy velmi bohatá, jiná naopak velmi chudá. To má mnoho příčin. Druhová rozmanitost neboli diverzita je strukturně kvantitativní vlastnost každého společenstva a znamená poměr počtu druhů k počtu jedinců. Tento poměr se vyjadřuje jako index diverzity ( $H'$ ). K jeho výpočtu bylo odvozeno několik vzorců, z nichž nejčastěji se používá index diverzity podle SHANNONA a WEAVERA (1963) (LOSOS a kol. 1984).

K výpočtům jsem použila také výše zmíněný vzorec Shannona a Weavera, který má následující podobu:  $H = - \sum p_i \log_2 p_i$ , kdy  $p_i$  značí pravděpodobnost, která se vypočte ze vztahu:  $p_i = N_i / N$ , tzn. je podílem počtu jedinců kteréhokoliv druhu a počtu všech jedinců, kteří zoocenózu tvoří (LOSOS a kol. 1984).

Další charakteristikou, která byla dopočítána na základě experimentálně naměřených dat, byla faunistická podobnost.

Faunistická podobnost neboli identita vyjadřuje shodu druhového složení dvou nebo většího počtu srovnávaných zoocenóz. Lze ji vyjádřit různým způsobem, nejčastěji Jaccardovým číslem ( $\Psi_a$ ) nebo indexem podobnosti. Označíme-li počet druhů společně se vyskytujícími ve dvou srovnávaných zoocenózách  $s$ , počet druhů jedné zoocenózy jako  $s_1$ , počet všech druhů druhé zoocenózy jako  $s_2$ , pak index podobnosti ( $\Psi_a$ ) v procentech počítáme podle následující rovnice:  $\Psi_a = s * 100 / s_1 + s_2 - s$  (LOSOS a kol. 1984).

#### 4. VÝSLEDKY

Na všech třech lokalitách bylo celkově objeveno 1425 jedinců z 37 taxonů. Lokality se vzájemně moc nelišily, počty taxonů klesaly v rozmezí 26 taxonů u první lokality s 421 jedinci, u druhé lokality 24 taxonů s 568 jedinci a u třetí lokality 23 taxonů s 436 jedinci.

Diverzita však byla jiná. Výsledky z tabulky č. 2 v příloze s výpočty indexu diverzity naopak ukazují, že se lokality poměrně lišily. Index diverzity je citlivý na vyrovnanost živočichů. Byl počítán pro všechny nalezené taxony na všech lokalitách. Nejvyšší diverzita byla na první lokalitě v obci Hněvkov. Měla zde hodnotu 4,093. Významnými taxony byly čeled' *Tubificidae* a druh *Gammarus fossarum*. Druhá lokalita za NH továrnou v Zábřehu měla index diverzity o něco nižší, a to 3,042, typická byla přítomnost rodu *Limnius*, který se na zbývajících lokalitách nevyskytoval. Třetí lokalita 800 m za Zábřehem měla index diverzity nejnižší, což činilo 2,746. Významným taxonem vyskytujícím se pouze na této lokalitě byl rod *Heptagenia*.

Podle Jaccardova čísla jsem vypočítala hodnotu faunistické podobnosti jednotlivých lokalit. Podobnost druhé lokality se třetí byla nejvyšší z 56,7 %. Nejvýznamnějšími taxony, kterými se tyto lokality lišily, byly rody *Heptagenia* přítomný na třetí lokalitě a *Dicranota* vyskytující se druhé lokalitě. Podobnost první lokality s druhou byla z 56,25 %. Zde byly nejvýznamnějšími rozdílnými taxony na první lokalitě čeled' *Tubificidae* a druh *Gammarus fossarum* a na druhé lokalitě druh *Rivulogammarus roeselli*. Podobnost první lokality se třetí byla nejnižší z 44,1 %. Nejvýznamnějšími taxony, kterými se lišily, byly u první lokality čeled' *Tubificidae*, druh *Gammarus fossarum*, čeled' *Sericostomatidae* a *Perlodidae* a u třetí lokality druh *Rivulogammarus roeselli* a rod *Heptagenia*.

## 5. DISKUZE

Nejvyšší taxonomická bohatost (diverzita) byla u první lokality. Může být způsobena výše nacházející se lokalitou oproti zbývajícím, kde může být větší rychlost proudění a tím i zvýšená koncentrace obsahu kyslíku. Další možností ovlivňující společenstva na dané lokalitě může být přirozenější charakter toku oproti zbývajícím lokalitám. Rychlost vody bývá brzděna jednak oběma břehy, tak dnem. První lokalita je lokalitou, protékající údolím, na jedné straně břehu se zalesněnými skalami, na druhé straně břehu loukami. Jedná se o převážně zarostlý úsek. Daná lokalita se nachází na vesnici, kde je vyloučeno znečištění z továren a města jako u dalších dvou lokalit. Společenstva, která bývají nenarušená, mívají druhovou bohatost neboli diverzitu vyšší než společenstva, která bývají narušená. Možný je i fakt, že se na větší druhové bohatosti mohl projevit efektivněji provedený způsob odběru vzorků. Na druhé lokalitě byl index diverzity nižší. Druhová bohatost může být nižší, protože mezi první a druhou lokalitou se nachází vodní nádrž Nemilka. Stojatá voda má jiné rozložení kyslíku, je závislý mimo jiné na teplotním rozvrstvení vody. Oxid uhličitý naopak stojí v protikladu vůči kyslíku. Oba tyto plyny mají velký význam v biologických a chemických procesech výměny a koloběhu látek. V hlubších vrstvách nádrží (afotické zóně) dýchání živočichů a rozkladný mikrobiální proces způsobuje naopak úbytek kyslíku a zvýšení koncentrace  $\text{CO}_2$ . Neméně podstatná je intenzivní fotosyntéza rostlin, kdy dochází k odčerpávání  $\text{CO}_2$  z vody. To způsobuje vzrůst alkalické reakce vody. Dalším faktorem ovlivňujícím diverzitu u druhé lokality může být fakt, že se jedná o upravený úsek, živočichové tudíž nemají k dispozici přirozené prostředí, na které jsou adaptováni. Jedná se o lokalitu protékající městem blízko továren, ačkoliv v bezprostřední blízkosti se nachází čistírna odpadních vod, nedá se vyloučit minimální znečištění v podobě odpadních vod obsahující organické látky s různou rychlostí rozkladu. Tyto látky jsou významným zdrojem minerálních forem živin. Zvýšený přísun do toku vyvolává znatelné změny v kyslíkovém režimu a v celém společenstvu. Kromě kyslíkových změn dochází ke značnému zanášení dna sedimentujícími látkami. U třetí lokality, taktéž upraveného úseku- koryto je v patě opevněno kamenem, byl index diverzity nejnižší. Tento úsek protéká lužním lesíkem, což může ovlivňovat dostatečné prohřátí vody slunečními paprsky. Domnívám se však, že hlavní příčinou v nejnižší diverzně bude, jak už bylo výše zmíněno podle (ŠINDLAR a kol. 1998), že se jedná o dost upravený vodní tok, který protéká především zemědělsky intenzivně obhospodařovanou krajinou s mozaikovitou strukturou. Celkově je průměrná intenzita vlivu stavebních úprav na ekosystém toku 26 %, antropogenní zatížení poríční zóny – 10 % a úsek je zařazen do kategorie B. I. Nadprůměrné a významné ovlivnění přírodního stavu.

Z hlediska indexu podobnosti se nejvíce taxonomicky shodovala druhá a třetí lokalita. Obě tyto lokality v Zábřehu na Moravě jsou z větší míry upraveným vodním tokem. Břehy jsou stabilizovány lomovým kamenem nebo stavebním odpadem. Což může svědčit o větším zastoupení shodných taxonů na obou lokalitách. Nejvýznamnějšími taxony, kterými se tyto konkrétní lokality navzájem lišily, byl rod *Heptagenia*, který se vyskytoval na třetí lokalitě. Tento rod žije ve větších tocích středních a nižších poloh i ve vodách mírně znečištěných (HUDEC a kol. 2007). Fakt, že tento druh není až tak náchylný na znečištění, může poukazovat na větší znečištění vody na třetí lokalitě oproti druhé. Druhým rodem vyskytujícím se na druhé lokalitě byl *Dicranota*. Larvy čeledi *Limonidae*, zahrnující i rod *Dicranota* se vyskytují v celé škále stanovišť od nížin až po vysokohorské [1]. I tento taxon se jeví jako nenáročný na podmínky prostředí. Dominantními taxony na obou lokalitách byly např. *Rivulogammarus roeselli*. Vyskytuje se v tekoucích i stojatých vodách. Je odolnější vůči znečištění než *Gammarus fossarum* (HUDEC a kol. 2007). Dále *Ancylus fluviatilis*, který vyhledává prudce tekoucí vody s dostatkem kyslíku. Vysoké zastoupení tohoto živočicha na obou lokalitách by mohlo naopak poukazovat na dobře prokysličené a čisté oblasti, což je v protikladu s předchozím živočichem. Oproti tomu vysoké zastoupení rodu *Hydropsyche*, jakož filtrátora živícího se zbytky jiných živočichů a rostlin (BELLMANN 2006) spíše poukazuje na lokality ovlivněné znečištěním a lidským zásahem. Dalším dominantním rodem byla jepice rodu *Baetis*, která se vyskytuje v tekoucích vodách různých typů. U čeledi *Chironomidae* je typická fyziologická adaptace, kdy hemoglobin má ve srovnání s hemoglobinem člověka vyšší schopnost vázat kyslík. Jsou schopni krátkodobě přežít ve stavu anoxie (bez přístupu kyslíku). Pavučinovitý obal chrání jejich tělo před odkysličenou vodou. Larvy vyvíjející se v dočasných vodních zdrojích jsou schopny dehydratace (ARMITAGE a kol. 1995). Kvalita vody určuje distribuci pakomárů a uvnitř čeledi zobrazuje širokou škálu tolerance. Většina se zdají být oportunní všežravci a živí se rozsivkami, zbytky a dalšími malými živočichy a rostlinami [2]. Většina zde zmíněných živočichů by mohla poukazovat na lokality pravděpodobně ovlivněné antropogenní činností. Posledním významným živočichem na obou lokalitách se vyskytujícím byl rod *Elmis*. Bývá naopak obvyklý v chladných dobře okysličených vodách v hloubce do 2 metrů. O potravě v prostředí není mnoho informací, předpokládá se, že to jsou sběrači a oškrabávači, kteří se živí řasami a rozkládajícími se zbytky. Distribuce a množství rozloženého organického materiálu jsou pravděpodobně podstatné pro jejich vysoký výskyt (ELLIOTT 2008).



Procentuelně téměř shodné s předchozími lokalitami z hlediska indexu podobnosti byla první lokalita s druhou. Na první lokalitě se vyskytovala čeleď *Tubificidae*. Tito živočichové jsou zbarveni červeně hemoglobinem rozpuštěným v krvi. Žijí často ve velkém počtu v bahně stojatých a tekoucích vod. Jsou součástí potravy ryb [3]. Indikují organické znečištění, proto je paradoxní jejich výskyt na první lokalitě, která by se mohla jevit jako lokalita poměrně čistá. Ostatně to dokazuje i přítomnost druhu *Gammarus fossarum*, který se zde také vyskytoval. Žije v tekoucích spíše chladných vodách. Jeho stavy ve volné přírodě pomalu klesají, jelikož je velmi citlivý na čistotu vody [4]. Dalo by se tedy soudit, že první lokalita by mohla být nejčistější v porovnání se zbývajícimi dvěma, kde se tento druh nevyskytoval. Přítomnost druhu *Rivulogammarus roeselli*, charakterizovaného výše, na druhé lokalitě by pravděpodobně odpovídala zhoršené čistotě vody. Dominantními taxony na obou lokalitách byly např. opět *Ancylus fluviatilis*. Jeho přítomnost na první lokalitě by byla pochopitelná, paradoxní je však jeho výskyt na druhé lokalitě, navíc v takovém velkém počtu, ve kterém se vyskytoval. Přítomnost filtrátora rodu *Hydropsyche* na první lokalitě je taktéž zvláštní. Rod *Leuctra* se vyskytuje od pramenů po střední část toků (HUDEC a kol. 2007). Larvy jsou velmi citlivé na snížení obsahu kyslíku, například v důsledku znečištění vody. Proto jsou velmi vhodné jako indikátoři znečištění [5]. Přítomnost tohoto rodu by tím pádem odpovídala čisté vodě na obou lokalitách, což se druhá lokalita přítomností jiných typických taxonů pro zhoršené podmínky prostředí nejeví a přítomnost této pošvatky na druhé lokalitě je také paradoxní.

Nejméně taxonomicky podobné byla lokalita první se třetí. Hojněji zastoupená čeleď *Tubificidae* se vyskytovala paradoxně na první lokalitě, její charakteristické vlastnosti jsou zmíněny už výše. *Gammarus fossarum* svými vlastnostmi odpovídá přítomnosti na první lokalitě. Na třetí lokalitě se vyskytoval druh příbuzný, méně náročný na prostředí *Rivulogammarus roesellii*. Rod *Heptagenia* se vyskytoval taktéž na třetí lokalitě, jeho charakteristika je stejně tak zmíněna výše. Dominantními taxony společně se vyskytujícími na obou lokalitách a charakterizovanými již byly např. opět *Ancylus fluviatilis*, *Hydropsyche*, *Baetis* a *Chironomidae*.

Podle výčtu živočichů na jednotlivých lokalitách by se dalo soudit, že by se první lokalita mohla jevit jako nejčistější. Přítomnost rodu *Gammarus fossarum*, jako živočicha velmi citlivého na znečištění a nevyskytujícího se na zbylých dvou lokalitách by mohla tenhle fakt potvrdit. Zbylé lokality se jeví jako více organicky zatížené, pravděpodobnější je u nich menší obsah kyslíku po průchodu městem. Avšak naproti tomu např. rod *Leuctra* charakterizovaný jako indikátor znečištění prostředí se vyskytoval i na zbylých lokalitách, viz tabulka 4. Tyto lokality by se tím pádem také mohly jevit jako poměrně čisté, přestože tam rod *Gammarus fossarum* nebyl přítomný a místo něj se vyskytoval *Rivulogammarus roesellii*, jako živočich méně náročný na podmínky prostředí. Vidíme, že živočichové, ať nároční nebo nenároční na prostředí byly přítomny na všech lokalitách. Pokud by se tedy práce více rozšířila na měření fyzikálně-chemických vlastností vody, například pH, obsah kyslíku či častější odběry možná by bylo patrnější, jaký je ve skutečnosti rozdíl mezi lokalitami. Zda-li má na jednotlivé lokality vliv město a průmysl, či nikoliv.

## 6. LITERATURA A INTERNETOVÉ ZDROJE

### *Literatura*

- ADÁMEK, Z., a kol., 2010: Aplikovaná hydrobiologie. Fakulta rybářství a ochrany vod. Jihočeská univerzita. České Budějovice, 350 s.
- ARMITAGE, P., D., a kol., 1995: The Chironomidae: Biology and Ecology of Non-Biting Midges. Springer, 572 s.
- BELLMANN, H., 2006: Encyklopedie hmyzu: Kapesní průvodce přírodou. Vyd. 1. Beta-Dobrovský, Praha, 253 s.
- ELLIOTT, J., M., 2008: The ecology of riffle beetles (Coleoptera: Elmidae). Freshwater Biological Association, The Ferry Landing, Far Sawrey, Ambleside, Cumbria LA22 0LP, UK, 189- 203 s.
- FERGUSON, J., E., 1990: The Heavy Elements. Chemistry, Environmental Impact and Health Effects. Pergamon Press, Oxford.
- GIMUN, ŽENÍŠKOVÁ, 2003: Moravská Sázava KM 0,000- KM 51,692 studie odtokových poměrů, A. Průvodní zpráva. Povodí Moravy: Brno, 5-10 s.
- GREENHALGH, M., OVENDEN, D., 2007: Freshwater life: Britain and Northern Europe. Collins Pocket Guide, D and N Publishing, Hungerford, Berkshire, 256 s.
- HARTMAN, P., a kol., 2005: Hydrobiologie. Informatorium, Praha, 259 s.
- HELEŠIC, J., 2006: Biological monitoring of running waters in Eastern and Central European countries (former communistic block). In: G. Ziglio, M. Siligardi, G. Flaim: Biological Monitoring of Rivers. Application and Perspectives. Chichester, John Wiley and Sons Ltd. Water Quality Measurements Series, 327-350 s.
- HELLAWELL, J., M., 1986: Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. Elsevier Applied Science Publishing, London, 546 s.
- HRBÁČEK, J., LANDA, V., 1980: Klíč vodních larev hmyzu. Československá akademie věd, Praha, 524 s.
- HUDEC, K., a kol., 2007: Příroda České republiky: průvodce faunou. Vyd. 1. Academia, Praha, 439 s.

- KEROVEC, M., a kol., 1989: Macrozoobenthos as an indicator of the level of the trophy and saprobity of Lake Jarun. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 17 (1), 37-45 s.
- KOPLÍK, R., a kol., 1997: Speciace stopových prvků ve vodách, půdách, sedimentech a biologických materiálech. *Chemické listy* 91, 38-47 s.
- KUBÍČEK, F., ZELINKA, M., 1982: *Základy hydrobiologie*. SPN, Praha, 140 s.
- LELLÁK, J., KUBÍČEK, F., 1992: *Hydrobiologie*. Karolinum, Praha, 260 s.
- LOSOS, B., a kol., 1984: *Ekologie živočichů*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 305 s.
- MELZER a kol., 1993: *Vlastivěda šumperského okresu*, Okresní úřad Šumperk a Okresní vlastivědné muzeum, Šumperk, 585 s.
- MERIAN, E., 1991: *Metals and Their Compounds in the Environment. Occurrence, Analysis and Biological Relevance*. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim.
- PITTER, P., 1990: *Hydrochemie*. SNTL Praha.
- RIVER SCIENCE, 2005: Nitrogen and phosphorus cycles. *River Science* 4.
- RYKIEL, E. J. Jr., 1985: Towards a definition of ecological disturbance. *Aust. J. Ecol.* 10, 361-365 s.
- ROSENBERG, D., M., RESH, V., H., 1993: *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman and Hall, New York, 488 s.
- ŠINDLAR, M., 1998: Koncepce ochrany a revitalizace Moravské Sázavy v ř. km 0,000 – 55,000. *Býšť*, 44- 47 s.
- UHLMANN, D., 1975: *Hydrobiologie*, Jena, 345 s.
- VUČKA, V. a kol., 1984: *Havarijní stavy v čistotě vod*. Praha, SPN, 207 s.

### *Internetové zdroje*

- [1] <https://sites.google.com/site/insectsoftasmaniadiptera/suborder-nematocera/limoniidae-short-palped-crane-flies>
- [2] <http://lakes.chebucto.org/ZOOBENTH/BENTHOS/xiii.html>
- [3] [http://www.cojeco.cz/index.php?s\\_term=&s\\_lang=2&detail=1&id\\_desc=65156](http://www.cojeco.cz/index.php?s_term=&s_lang=2&detail=1&id_desc=65156)
- [4] [http://rybicky.net/atlasostatnich/blesivec\\_potocni](http://rybicky.net/atlasostatnich/blesivec_potocni)
- [5] [http://www.biologie.tu-dortmund.de/graf/wasser/Arten/plecoptera\\_leuctra.html](http://www.biologie.tu-dortmund.de/graf/wasser/Arten/plecoptera_leuctra.html)
- [6] [http://www.mapy.cz/#!x=16.879182&y=49.867929&z=12&t=s&q=hn%25C4%259Bvkov&qp=10.578298\\_48.401696\\_20.308481\\_51.027789\\_6&d=ward\\_2677\\_0\\_1](http://www.mapy.cz/#!x=16.879182&y=49.867929&z=12&t=s&q=hn%25C4%259Bvkov&qp=10.578298_48.401696_20.308481_51.027789_6&d=ward_2677_0_1)

## 7. PŘÍLOHY

**Příloha 1:** Mapa zobrazující vzdálenosti mezi lokalitami [6]



**Příloha 2:** Lokalita Hněvkov





**Příloha 3:** Lokalita u bývalé NH fabriky, Zábřeh



**Příloha 4:** Lokalita cca 800 m od druhé lokality



**Tabulka 1:** Index diverzity na první lokalitě

| Místo - Hněvkov        |          |                 |          |                        |
|------------------------|----------|-----------------|----------|------------------------|
| řád                    | počet ks | pravděpodobnost | $\log_2$ | součin pravděpod x log |
| Eiseniella tetraedra   | 1        | 0,002           | -8,718   | -0,021                 |
| Tubificidae            | 21       | 0,050           | -4,325   | -0,216                 |
| Dugesia gonocephala    | 1        | 0,002           | -8,718   | -0,021                 |
| Gammarus fossarum      | 8        | 0,019           | -5,718   | -0,109                 |
| Rivulogammarus roeseli | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Asellus aquaticus      | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Erpobdella octoculata  | 1        | 0,002           | -8,718   | -0,021                 |
| Pisidium sp.           | 4        | 0,010           | -6,718   | -0,064                 |
| Ancylus fluviatilis    | 25       | 0,059           | -4,074   | -0,242                 |
| Sialis lutaria         | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Hydropsyche sp.        | 55       | 0,131           | -2,936   | -0,384                 |
| Limnephilidae          | 11       | 0,026           | -5,258   | -0,137                 |
| Silo sp.               | 17       | 0,040           | -4,630   | -0,187                 |
| Rhyacophila dorsalis   | 50       | 0,119           | -3,074   | -0,365                 |
| Sericostomatidae       | 29       | 0,069           | -3,860   | -0,266                 |
| Polycentropodidae      | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Odontoceridae          | 3        | 0,007           | -7,133   | -0,051                 |
| Ephemerella sp.        | 15       | 0,036           | -4,811   | -0,171                 |
| Ecdyonurus sp.         | 10       | 0,024           | -5,396   | -0,128                 |
| Epeorus sp.            | 3        | 0,007           | -7,133   | -0,051                 |
| Heptagenia sp.         | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Baetis sp.             | 27       | 0,064           | -3,963   | -0,254                 |
| Ephemera sp.           | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Paraleptophlebia sp.   | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Leuctra sp.            | 25       | 0,059           | -4,074   | -0,242                 |
| Perlodidae             | 12       | 0,029           | -5,133   | -0,146                 |
| Chironomidae           | 25       | 0,059           | -4,074   | -0,242                 |
| Simuliidae             | 40       | 0,095           | -3,396   | -0,323                 |
| Atherix ibis           | 4        | 0,010           | -6,718   | -0,064                 |
| Ibisia marginata       | 1        | 0,002           | -8,718   | -0,021                 |
| Dicranota sp.          | 3        | 0,007           | -7,133   | -0,051                 |
| Ceratopogonidae        | 5        | 0,012           | -6,396   | -0,076                 |
| Tipulidae              | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Pericoma sp.           | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Elmis sp.              | 25       | 0,059           | -4,074   | -0,242                 |
| Limnius                | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Gyrinus sp.            | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| součet                 | 421      |                 |          | -4,093                 |
| index diversity        |          |                 |          | 4,093                  |

**Tabulka 2:** Index diverzity na druhé lokalitě

| Místo - za továrnou    |          |                 |          |                        |
|------------------------|----------|-----------------|----------|------------------------|
| řád                    | počet ks | pravděpodobnost | $\log_2$ | součin pravděpod x log |
| Eiseniella tetraedra   | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Tubificidae            | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Dugesia gonocephala    | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Gammarus fossarum      | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Rivulogammarus roeseli | 22       | 0,039           | 0,000    | 0,000                  |
| Asellus aquaticus      | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Erpobdella octoculata  | 2        | 0,004           | -8,150   | -0,029                 |
| Pisidium sp.           | 3        | 0,005           | -7,565   | -0,040                 |
| Ancylus fluviatilis    | 90       | 0,158           | -2,658   | -0,421                 |
| Sialis lutaria         | 2        | 0,004           | 0,000    | 0,000                  |
| Hydropsyche sp.        | 140      | 0,246           | -2,020   | -0,498                 |
| Limnephilidae          | 13       | 0,023           | -5,449   | -0,125                 |
| Silo sp.               | 1        | 0,002           | -9,150   | -0,016                 |
| Rhyacophila dorsalis   | 25       | 0,044           | -4,506   | -0,198                 |
| Sericostomatidae       | 5        | 0,009           | -6,828   | -0,060                 |
| Polycentropodidae      | 2        | 0,004           | 0,000    | 0,000                  |
| Odontoceridae          | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Ephemerella sp.        | 2        | 0,004           | -8,150   | -0,029                 |
| Ecdyonurus sp.         | 6        | 0,011           | -6,565   | -0,069                 |
| Epeorus sp.            | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Heptagenia sp.         | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Baetis sp.             | 80       | 0,141           | -2,828   | -0,398                 |
| Ephemera sp.           | 1        | 0,002           | 0,000    | 0,000                  |
| Paraleptophlebia sp.   | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Leuctra sp.            | 35       | 0,062           | -4,020   | -0,248                 |
| Perlodidae             | 3        | 0,005           | -7,565   | -0,040                 |
| Chironomidae           | 55       | 0,097           | -3,368   | -0,326                 |
| Simuliidae             | 4        | 0,007           | -7,150   | -0,050                 |
| Atherix ibis           | 1        | 0,002           | -9,150   | -0,016                 |
| Ibisia marginata       | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Dicranota sp.          | 20       | 0,035           | -4,828   | -0,170                 |
| Ceratopogonidae        | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Tipulidae              | 1        | 0,002           | 0,000    | 0,000                  |
| Pericoma sp.           | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Elmis sp.              | 50       | 0,088           | -3,506   | -0,309                 |
| Limnius                | 5        | 0,009           | 0,000    | 0,000                  |
| Gyrinus sp.            | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| součet                 | 568      |                 |          | -3,042                 |
| index diversity        |          |                 |          | 3,042                  |



**Tabulka 3:** Index diverzity na třetí lokalitě

| Místo - za Zábřehem    |          |                 |          |                        |
|------------------------|----------|-----------------|----------|------------------------|
| řád                    | počet ks | pravděpodobnost | $\log_2$ | součin pravděpod x log |
| Eiseniella tetraedra   | 1        | 0,002           | -8,768   | -0,020                 |
| Tubificidae            | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Dugesia gonocephala    | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Gammarus fossarum      | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Rivulogammarus roeseli | 46       | 0,106           | 0,000    | 0,000                  |
| Asellus aquaticus      | 1        | 0,002           | 0,000    | 0,000                  |
| Erpobdella octoculata  | 11       | 0,025           | -5,309   | -0,134                 |
| Pisidium sp.           | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Ancylus fluviatilis    | 92       | 0,211           | -2,245   | -0,474                 |
| Sialis lutaria         | 1        | 0,002           | 0,000    | 0,000                  |
| Hydropsyche sp.        | 85       | 0,195           | -2,359   | -0,460                 |
| Limnephilidae          | 8        | 0,018           | -5,768   | -0,106                 |
| Silo sp.               | 1        | 0,002           | -8,768   | -0,020                 |
| Rhyacophila dorsalis   | 17       | 0,039           | -4,681   | -0,183                 |
| Sericostomatidae       | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Polycentropodidae      | 5        | 0,011           | 0,000    | 0,000                  |
| Odontoceridae          | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Ephemerella sp.        | 5        | 0,011           | -6,446   | -0,074                 |
| Ecdyonurus sp.         | 2        | 0,005           | -7,768   | -0,036                 |
| Epeorus sp.            | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Heptagenia sp.         | 10       | 0,023           | 0,000    | 0,000                  |
| Baetis sp.             | 45       | 0,103           | -3,276   | -0,338                 |
| Ephemera sp.           | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Paraleptophlebia sp.   | 1        | 0,002           | 0,000    | 0,000                  |
| Leuctra sp.            | 11       | 0,025           | -5,309   | -0,134                 |
| Perlodidae             | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Chironomidae           | 45       | 0,103           | -3,276   | -0,338                 |
| Simuliidae             | 15       | 0,034           | -4,861   | -0,167                 |
| Atherix ibis           | 1        | 0,002           | -8,768   | -0,020                 |
| Ibisia marginata       | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Dicranota sp.          | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Ceratopogonidae        | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Tipulidae              | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Pericoma sp.           | 2        | 0,005           | 0,000    | 0,000                  |
| Elmis sp.              | 26       | 0,060           | -4,068   | -0,243                 |
| Limnius                | 0        | 0,000           | 0,000    | 0,000                  |
| Gyrinus sp.            | 5        | 0,011           | 0,000    | 0,000                  |
| součet                 | 436      |                 |          | -2,746                 |
| index diversity        |          |                 |          | 2,746                  |

| Tabulka 4: Index podobnosti (druhov  identita)        |                   |                        |                  |           |           |           |                                      |           |           |           |                                     |           |
|-------------------------------------------------------|-------------------|------------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------------------------------|-----------|
| Odb ry 3.8.2011 a 6.11.2011                           |                   |                        | Lokalita Hn vkov |           |           |           | Lokalita za tov mou, t sn  za m stem |           |           |           | Lokalita cca 800 m za m stem Z breh |           |
|  ad                                                   |  ele              | Rod a druh             | P tinnost        | P tinnost | P tinnost | P tinnost | Rod a druh                           | P tinnost | P tinnost | P tinnost | Rod a druh                          | P tinnost |
| Oligochaeta                                           | Lumbricidae       | Eiseniella tetraedra   | 1                | 1         | 21        |           | Eiseniella tetraedra                 | 0         | 0         | 0         | Eiseniella tetraedra                | 1         |
| Oligochaeta                                           | Tubificidae       |                        | 1                | 1         |           |           |                                      | 0         | 0         | 0         |                                     | 0         |
| Seriata                                               | Dugesidae         | Dugesia gonocephala    | 1                | 1         |           |           | Dugesia gonocephala                  | 0         | 0         | 0         | Dugesia gonocephala                 | 0         |
| Amphipoda                                             | Gammaridae        | Gammarus fossarum      | 1                | 8         |           |           | Gammarus fossarum                    | 0         | 0         | 0         | Gammarus fossarum                   | 0         |
| Amphipoda                                             | Gammaridae        | Rivulogammarus roes li | 0                | 0         |           |           | Rivulogammarus roes li               | 1         | 22        | 1         | Rivulogammarus roes li              | 46        |
| Isopoda                                               | Asellidae         | Asellus aquaticus      | 0                | 0         |           |           | Asellus aquaticus                    | 0         | 0         | 0         | Asellus aquaticus                   | 1         |
| Hirudinea                                             | Erpobdellidae     | Erpobdella octoculata  | 1                | 1         |           |           | Erpobdella octoculata                | 1         | 2         | 1         | Erpobdella octoculata               | 11        |
| Bivalvia                                              | Sphaeriidae       | Pisidium sp.           | 1                | 4         |           |           | Pisidium sp.                         | 1         | 3         | 0         | Pisidium sp.                        | 0         |
| Gastropoda                                            | Ancylidae         | Ancylus fluviatilis    | 1                | 25        |           |           | Ancylus fluviatilis                  | 1         | 90        | 1         | Ancylus fluviatilis                 | 92        |
| Megaloptera                                           | Sialidae          | Sialis lutaria         | 0                | 0         |           |           | Sialis lutaria                       | 1         | 2         | 1         | Sialis lutaria                      | 1         |
| Trichoptera                                           | Hydropsychidae    | Hydropsyche sp.        | 1                | 55        |           |           | Hydropsyche sp.                      | 1         | 140       | 1         | Hydropsyche sp.                     | 85        |
| Trichoptera                                           | Limnephilidae     |                        | 1                | 11        |           |           |                                      | 1         | 13        | 1         |                                     | 8         |
| Trichoptera                                           | Goeridae          | Silo sp.               | 1                | 17        |           |           | Silo sp.                             | 1         | 1         | 1         | Silo sp.                            | 1         |
| Trichoptera                                           | Rhyacophilidae    | Rhyacophila dorsalis   | 1                | 50        |           |           | Rhyacophila dorsalis                 | 1         | 25        | 1         | Rhyacophila dorsalis                | 17        |
| Trichoptera                                           | Sericostomatidae  |                        | 1                | 29        |           |           |                                      | 1         | 5         | 0         |                                     | 0         |
| Trichoptera                                           | Polycentropodidae |                        | 0                | 0         |           |           |                                      | 1         | 2         | 1         |                                     | 5         |
| Trichoptera                                           | Odontoceridae     |                        | 1                | 3         |           |           |                                      | 0         | 0         | 0         |                                     | 0         |
| Ephemeroptera                                         | Ephemerellidae    | Ephemerella sp.        | 1                | 15        |           |           | Ephemerella sp.                      | 1         | 2         | 1         | Ephemerella sp.                     | 5         |
| Ephemeroptera                                         | Heptageniidae     | Ecdyonurus sp.         | 1                | 10        |           |           | Ecdyonurus sp.                       | 1         | 6         | 1         | Ecdyonurus sp.                      | 2         |
| Ephemeroptera                                         | Heptageniidae     | Epeorus sp.            | 1                | 3         |           |           | Epeorus sp.                          | 0         | 0         | 0         | Epeorus sp.                         | 0         |
| Ephemeroptera                                         | Heptageniidae     | Heptagenia sp.         | 0                | 0         |           |           | Heptagenia sp.                       | 0         | 0         | 1         | Heptagenia sp.                      | 10        |
| Ephemeroptera                                         | Baetidae          | Baetis sp.             | 1                | 27        |           |           | Baetis sp.                           | 1         | 80        | 1         | Baetis sp.                          | 45        |
| Ephemeroptera                                         | Ephemeridae       | Ephemera sp.           | 0                | 0         |           |           | Ephemera sp.                         | 1         | 1         | 0         | Ephemera sp.                        | 0         |
| Ephemeroptera                                         | Leptophlebiidae   | Paraleptophlebia sp.   | 0                | 0         |           |           | Paraleptophlebia sp.                 | 0         | 0         | 1         | Paraleptophlebia sp.                | 1         |
| Plecoptera                                            | Leuctridae        | Leuctra sp.            | 1                | 25        |           |           | Leuctra sp.                          | 1         | 35        | 1         | Leuctra sp.                         | 11        |
| Plecoptera                                            | Perlodidae        |                        | 1                | 12        |           |           |                                      | 1         | 3         | 0         |                                     | 0         |
| Diptera                                               | Chironomidae      |                        | 1                | 25        |           |           |                                      | 1         | 55        | 1         |                                     | 45        |
| Diptera                                               | Simuliidae        |                        | 1                | 40        |           |           |                                      | 1         | 4         | 1         |                                     | 15        |
| Diptera                                               | Athericidae       | Atherix iblis          | 1                | 4         |           |           | Atherix iblis                        | 1         | 1         | 1         | Atherix iblis                       | 1         |
| Diptera                                               | Athericidae       | Ibisia marginata       | 1                | 1         |           |           | Ibisia marginata                     | 0         | 0         | 0         | Ibisia marginata                    | 0         |
| Diptera                                               | Limoniidae        | Dicranota sp.          | 1                | 3         |           |           | Dicranota sp.                        | 1         | 20        | 0         | Dicranota sp.                       | 0         |
| Diptera                                               | Ceratopogonidae   |                        | 1                | 5         |           |           |                                      | 0         | 0         | 0         |                                     | 0         |
| Diptera                                               |                   |                        | 0                | 0         |           |           |                                      | 1         | 1         | 0         |                                     | 0         |
| Diptera                                               | Psychodidae       | Pericoma sp.           | 0                | 0         |           |           | Pericoma sp.                         | 0         | 0         | 1         | Pericoma sp.                        | 2         |
| Coleoptera                                            | Elmidae           | Elmis sp.              | 1                | 25        |           |           | Elmis sp.                            | 1         | 50        | 1         | Elmis sp.                           | 26        |
| Coleoptera                                            | Elmidae           | Limnius sp.            | 0                | 0         |           |           | Limnius sp.                          | 1         | 5         | 0         | Limnius sp.                         | 0         |
| Coleoptera                                            | Gyrinidae         | Gyrinus sp.            | 0                | 0         |           |           | Gyrinus sp.                          | 0         | 0         | 1         | Gyrinus sp.                         | 5         |
| SO  ET JEDINC                                         |                   |                        | 421              |           |           |           | 568                                  |           |           |           | 436                                 |           |
| SO  ET TAXON  ZASTOUPEN CH NA JEDNOTLIV CH LOKALIT CH |                   |                        | 26               |           |           |           | 24                                   |           |           |           | 23                                  |           |
| SO  ET V ECH TAXON                                    |                   |                        |                  |           |           |           |                                      |           |           |           | 37                                  |           |