

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA BOTANIKY

**Hodnocení kvality povrchových vod ve vodních nádržích
v okresech Frýdek- Místek a Bruntál**

Diplomová práce

Bc. Andrea Jakešová

Biologie - Geologie a ochrana životního prostředí (B1501)

Prezenční studium

Vedoucí práce: Doc.RNDr. Barbora Mieslerová,PhD.

Olomouc 2016

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracovala samostatně podle metodických pokynů vedoucí diplomové práce a literaturu, kterou jsem použila, řádně cituji v textu.

V Olomouci dne 2016

.....

Bc. Andrea Jakešová

PODĚKOVÁNÍ

Největší poděkování patří paní doc.RNDr. Barboře Mieslerové, Ph.D. za příkladné vedení během studia, za cenné rady při praktických činnostech v laboratoři i terénu a za neobyčejnou ochotu mně pomoci. Moc děkuji RNDr. Petru Hekerovi, Ph.D. za vše, co mne naučil při laboratorních analýzách sedimentů a za všechnen čas, který mně trpělivě věnoval. Děkuji katedře ekologie a ochrany životního prostředí za možnost využití jejich laboratoře. Velké díky patří paní Anně Zetkové, která mne naučila připravovat (a připravovala) kultivační média v laboratoři katedry botaniky. Děkuji s.p. Povodí Odry za poskytnutí svých laboratorních dat. Tato práce byla podporována z vnitřního grantu Univerzity Palackého: IGA PřF-2015-001, za což moc děkuji.

Bibliografická identifikace:

| | |
|--|---|
| <u>Jméno a příjmení autora:</u> | Bc. Andrea Jakešová |
| <u>Název práce:</u> | Hodnocení kvality povrchových vod ve vodních nádržích v okresech Frýdek - Místek a Bruntál |
| <u>Typ práce:</u> | Diplomová |
| <u>Pracoviště:</u> | Katedra botaniky, Přírodovědecká fakulta UP v Olomouci, Šlechtitelů 11, 783 71, Olomouc - Holice |
| <u>Vedoucí práce:</u> | doc.RNDr. Barbora Mieslerová, CSc. |
| <u>Rok obhajoby práce:</u> | 2016 |

Abstrakt: Diplomová práce Hodnocení kvality povrchových vod ve vodních nádržích v okresech Frýdek - Místek a Bruntál se zaměřuje na kvalitu povrchových vod ve vodních nádržích Morávka, Šance, Kružberk a Slezská Harta. Zároveň hodnotí kvalitu vody do nádrží přítékající a z nádrží vypouštěnou v tocích Morávka, Ostravice, Moravice. Během terénních prací proběhlo měření základních fyzikálně - chemických parametrů vody (teplota, pH, konduktivita a obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě). Výsledky měření byly následně porovnány s platnou normou Klasifikace jakosti povrchových vod ČSN 75 7221, podle kterých byly všechny lokality zařazeny do I. jakostní třídy jako neznečištěná voda.

Další hodnocení kvality povrchové vody probíhalo na úrovni mikrobiologických analýz vzorků vody se zaměřením na výskyt koliformních bakterií a intestinálních enterokoků. Výsledky kultivací vzorků byly vyhodnoceny podle Klasifikace jakosti povrchových vod ČSN 75 7221 a zařazeny do I. a II. jakostní třídy jako vody neznečištěné až mírně znečištěné vody. Byly sledovány i mezofilní a psychofilní bakterie a hodnoceny podle Vyhlášky 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. Výsledky mikrobiologického rozboru vzorků z nádrží, byly porovnány s výsledky rozborů vzorků ze stejných nádrží s.p. Povodí Odry.

Odběry vzorků vody a měření fyzikálně – chemických parametrů vody, probíhalo v pravidelných intervalech (1x měsíčně) po dobu 8 měsíců, od března do října 2011.

Diplomová práce zároveň sleduje koncentraci těžkých kovů deponovaných v dnových sedimentech sledovaných nádrží spektrofotometrickou metodou. Výsledky jsou porovnány s platnou legislativou - Vyhláška MŽP č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě. Vzorky dnových sedimentů byly odebírány ve dvou intervalech, a to na podzim roku 2010 a podzim roku 2011.

Klíčová slova: vodní nádrž, Morávka, Kružberk, Šance, kvalita povrchové vody, intestinální enterokoky, koliformní bakterie, dnové sedimenty, těžké kovy

Počet stran: 94

Počet příloh: 1 CD

Jazyk: Český

Bibliographical identification:

Autor`s first name and surname: Bc. Andrea Jakešová

Title: Evaluation of quality of surface water in dams in districts Frýdek-Místek and Bruntál

Type of thesis: Master thesis

Department: Department of Botany, Faculty of Science, Palacký University in Olomouc, Šlechtitelů 11, 783 71, Olomouc - Holic

Supervisor: doc.RNDr. Barbora Mieslerová, PhD.

The year of presentation: 2016

Abstract: Diploma thesis „Evaluation of the quality of surface water in dams in Frýdek – Místek and Bruntál districts“ is focused on the quality of surface water in Morávka, Šance, Kružberk and Slezská Harta dams. It also evaluates inflowing and outflowing waters' quality in Morávka, Ostravice and Moravice rivers. During terrain works, basic water physical-chemical parameters were analysed (temperature, pH, conductivity and dissolved oxygen content). Results of analysis were compared with valid regulations in „Classification of quality of surface water ČSN 75 7221“, according to which all of mentioned localities would be classified as the 1st quality, unpolluted water. Further research included microbiological analysis of collected samples focusing on presence of coliform bacteria and intestinal enterococci. After evaluation, according to the classification, all analysed water was classified in category I. and II. (unpolluted to mildly polluted water). According to regulation 252/2004 Sb., defining hygienic requirements for drinking and hot water and frequency/range of drinking water controls, mesophilic and psychrophilic bacteria content was evaluated, as well. Results from microbiological analysis were compared with data from Povodí Odry. Water sampling and physical-chemical parameters measurements were obtained regularly every month for 8 months, since march 2011 until October 2011. Diploma thesis also presents results from spectrophotometric analysis of heavy metals deposited in rivers/reservoirs base sediments. Results were compared with valid regulations – Regulation MŽP n. 257/2009 Sb., about sediment utilization in agriculture. Sediment samples were collected in two intervals, autumn 2010 and autumn 2011.

Keywords: dam; Morávka; Kružberk; Šance; quality of surface water; dam sediments; heavy metals, intestinal enterococci, coliform bacteria

Number of pages: 94

Number of appendices: 1 CD

Language: Czech

Obsah

| | |
|--|----|
| 1. ÚVOD | 1 |
| 2. CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE | 3 |
| 3. LITERÁRNÍ REŠERŠE | 4 |
| 3.1 Voda – základní dělení a využití člověkem | 4 |
| 3.1.1. Samočistící schopnost vody | 4 |
| 1.1.1. Legislativní ochrana a organizace zabývající se péčí o vodu | 6 |
| 3.2. Mikroorganismy a jejich vliv na kvalitu vody | 7 |
| 3.2.1. Bakterie jako součást mikrobiálních biofilmů | 7 |
| 3.2.2. Podstata mikrobiologického rozboru vod..... | 9 |
| 3.2.3. Indikátory sloužící k zjištění nezávadnosti vody | 9 |
| 3.2.4. Indikátory obecného znečištění | 10 |
| 3.2.5. Indikátory fekálního znečištění..... | 11 |
| 5.2.6. Problematika patogenních a podmíněně patogenních mikroorganismů ve vodách | 14 |
| Patogenní mikroorganismy jsou do vody vylučovány infikovanými jedinci..... | 15 |
| 3.2.7. NEJDŮLEŽITĚJŠÍ BAKTERIÁLNÍ PATOGENY | 15 |
| 3.3. Charakteristika oblasti povodí Odry | 20 |
| 3.3.1. Povodí řeky Morávky (obr. 2) | 22 |
| 3.3.2. Povodí řeky Ostravice (obr. 4 a 5)..... | 23 |
| 3.3.3. Povodí řeky Moravice..... | 25 |
| 3.4. Struktura povodí Odry | 28 |
| 3.4.1. Schéma vodohospodářské soustavy povodí Odry (obr. 9) | 28 |
| 3.4.2. Vybraná vodní díla povodí Odry | 28 |
| 3.4.3. Zonálnost přehradních nádrží | 31 |
| 3.5. Sedimenty | 32 |
| 3.5.1. Zdroje říčních a limnických sedimentů | 32 |
| 3.5.2. Vlastní sedimentační procesy v tocích | 35 |
| 3.5.3. Vlastní sedimentační procesy v nádržích | 36 |
| 3.5.4. Problematika zanášení nádrží sedimenty | 37 |
| 3.5.5. Kontaminace sedimentů se zaměřením na těžké kovy | 39 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4. | METODY A MATERIÁL..... | 42 |
| 4.1. | Metodika měření vybraných fyzikálně - chemických parametrů vody..... | 42 |
| 4.1.1. | Konduktivita..... | 42 |
| 4.1.2. | Hodnota pH..... | 42 |
| 4.1.3. | Koncentrace rozpuštěného kyslíku..... | 43 |
| 4.1.4. | Teplota vody..... | 43 |
| 4.2. | Metodika hodnocení dnových sedimentů..... | 44 |
| 4.2.1. | Terénní část - metodika odběru dnových sedimentů..... | 44 |
| 4.2.2. | Laboratorní část - analýza sedimentů..... | 45 |
| 4.3. | Metodika rozboru vzorků povrchové vody..... | 46 |
| 4.3.1. | Terénní část - metodika odběru vzorků povrchové vody..... | 46 |
| 4.4. | Laboratorní část - mikrobiologický rozbor povrchové vody..... | 48 |
| 4.4.1. | METODIKA STANOVENÍ ORGANOTROFNÍCH BAKTÉRIÍ S OPTIMEM RŮSTU PŘI TEPLITĚ 37°C..... | 48 |
| 4.4.2. | METODIKA STANOVENÍ PSYCHROFILNÍCH BAKTÉRIÍ S OPTIMEM RŮSTU PŘI TEPLITĚ 20°C..... | 49 |
| 4.4.3. | METODIKA STANOVENÍ KOLIFORMNÍCH BAKTÉRIÍ POMOCÍ MEMBRÁNOVÝCH FILTRŮ..... | 49 |
| 4.4.4. | METODIKA STANOVENÍ INTESTINÁLNÍCH ENTEROKOKŮ POMOCÍ MEMBRÁNOVÝCH FILTRŮ..... | 53 |
| 4.5. | Zhotovení mikroskopických fotografií..... | 55 |
| 5. | VÝSLEDKY..... | 57 |
| 5.1. | Výsledky měření fyzikálně - chemických parametrů vody..... | 57 |
| 5.2. | Výsledky analýzy těžkých kovů v sedimentech..... | 63 |
| 5.3. | Výsledky mikrobiologických analýz..... | 68 |
| 6. | DISKUSE..... | 75 |
| 7. | ZÁVĚR..... | 82 |
| 8. | PŘEHLED LITERATURY..... | 83 |
| 9. | PŘÍLOHY..... | 87 |

1. ÚVOD

Kosmas v Kronice české o naší zemi říká: *tekly tam vody čisté, k užívání lidskému zdravé a v nich žily ryby chutné a výživné* (Hrdina a Bláhová, 1975). Kosmas ve 12. století oslavuje naše čisté toky, ale jen stěží bychom mohli v současné době s jeho postřehy souhlasit. Abychom se dnes mohli napít čisté, nezávadné vody z řeky, musí projít složitou úpravou a čištěním. Monitoringu vody a péči o ni se u nás věnuje patřičná pozornost. Problematika dostatku, čistoty a kvality vody je velmi aktuální, protože **voda znamená život!** Zejména ve vyspělých zemích, včetně České republiky, vnímáme dostatek čisté a kvalitní vody jako samozřejmost. V knize *Voda v České republice* (Němec a Hladný, 2006) je uvedena myšlenka, ve které je zachyceno vše: „*Kapka vody září jako diamant a občas má i stejnou hodnotu.*“ Ne všichni lidé na světě mají dostatek pitné, čisté vody. V některých rozvojových zemích, kde trpí nedostatkem vody, si lidé neumí ani představit, že by se v pitné vodě mohli na příklad denně (nebo vůbec?!) koupat, což je pro nás běžná věc, nad kterou Evropan ani nepřemýšlí. Evropana může nanejvýš zaskočit situace, kdy z kohoutku neteče voda teplá.

Voda spolu se vzduchem tvoří základní podmínky pro Život na Zemi. Je nejběžnějším médiem. Těla většiny živých organismů jsou z velké části tvořena vodou, je potřebná jako životní prostředí mnoha organismů, jako surovina pro výrobu, jako čistý, obnovitelný, nevyčerpatelný zdroj energie, jako silný činitel modelace terénu, atd.

Kvalita vody je úzce spjata s kvalitou respektive s čistotou ovzduší, typem podloží, výskytem disturbancí v přírodě, ať už abiotických či biotických. Největší znečišťování nejen vody, ale obecně životního prostředí, bylo spuštěno počátkem průmyslové revoluce před cca dvěma stoletími a trvá dodnes. Od té doby výrazně stoupla koncentrace skleníkových plynů CO₂, N₂O a CH₄. Ne nadarmo a velmi výstižně, Paul Crutzen nositel Nobelovy ceny za chemii, r. 1995 zavedl pro současnou éru vývoje člověka název Antropocén (Braniš et al., 2005). Výrazně se změnil krajinný ráz, člověk využívá všechny možné a dostupné přírodní zdroje. Populace lidí enormně stoupá a s tím i jejich spotřeba surovin včetně vody, energií, místa. Podle některých autorů nová antropogenní éra začala daleko dříve před průmyslovou revolucí, a to v době před 5 – 8 tisíci lety, v období počátků intenzivního odlesňování (zejména tzv. žďáření = vypalování) a rozvoje zemědělství v Eurasii (Braniš et al., 2005).

Nároky na množství vody jsou čím dál vyšší, ale dnes již plně neplatí, že s růstem populace roste spotřeba vody. V ekonomicky rozvinutých zemích růst populace stagnuje nebo jen mírně roste, ale spotřeba vody a energií stále stoupá. Antropocén se dnes vyznačuje jak kvantitativní expanzí člověka, tak kvalitativní expanzí, což znamená, že počet jedinců je stejný, ale mění se jejich vzorec spotřeby - roste (Braniš et al., 2005). Známe studie, vědecké práce, které dokazují, že je kvalitní sladké vody na Zemi málo, ale přesto si jí nevážíme, plýtváme vodou, a to je špatně.

Naše planeta je nazývána poeticky „modrou planetou“, že se jeví opravdu modrá, dokazují např. satelitní snímky Země. Hydrosféra, vodní obal Země nejen barví Zemi do modra přítomností vody, ale hlavně je důkazem přítomnosti života. Ale pozor! Z celkové plochy povrchu Země 510 mil. km² zaujímají oceány a moře 360,7 mil. km² (70,7 %) a pevnina 149,3 mil. km² (29,3 %). Víme, že přes 90% vody je vázáno ve světovém oceánu, na sladkou vodu tedy připadá pouze 6%. Většina sladké vody je akumulována v ledovcích po celá tisíciletí a zatím pro člověka jen těžko využitelná. Ledovce zaujímají plochu přes 14,9

milionů km² a je v nich uskladněna převážná část sladké vody na pevnině (kolem 74 %) (www.zemepis.com). Z předešlého vyplývá, že $\frac{3}{4}$ povrchu Země zaujímá voda, ale jen nepatrné množství jsme schopni využít pro život – zatím. A ten malý zbytek sladké vody jsme stihli za 200 let tak znečistit, že většina je bez mechanické, biologické a chemické úpravy nepoživatelná. Předloženou diplomovou prací bych ráda přispěla k zdůraznění nutnosti šetření s vodou, ochranou a šetrným zacházením s vodními zdroji.

2. CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem teoretické části diplomové práce bylo vypracovat literární rešerši na téma voda – základní dělení a využití člověkem; mikroorganismy a jejich vliv na kvalitu vody; charakteristika oblasti povodí Odry; struktura povodí Odry a sedimenty.

Cílem praktické části byla rekognoskace terénu s pravidelným odebíráním vzorků povrchové vody z daných lokalit po dobu 8 měsíců, doprovázené měřením základních fyzikálních a chemických parametrů vody. Jedním z hlavních cílů byly bakteriologické analýzy odebraných vzorků vody, prováděné v laboratoři Katedry botaniky. Konečným cílem bakteriologických rozborů bylo vyhodnocení výsledků a pořízení mikroskopických fotografií zkoumaných typů bakterií. Hlavním cílem v oblasti studia sedimentů bylo odebrat vzorky litorálního a hyporeálního sedimentu a provést analýzu za použití atomového absorpčního spektrofotometru na přítomnost těžkých kovů v těchto sedimentech.

Hlavní ambicí diplomové práce je vyhodnocení možných změn kvality zkoumaných povrchových vod v průběhu 8 měsíců a zjištění koncentrace těžkých kovů v dnových sedimentech uvedených nádrží.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Voda – základní dělení a využití člověkem

V rámci koloběhu vody na Zemi je voda ve formě srážek vrácena z atmosféry zpět na zemský povrch, kde tyto srážky odtékají po povrchu, do podzemí nebo se odpařují. Literatura uvádí, že doba hydrologického cyklu trvá devět dní. Na pevninách se voda vyskytuje v tocích nebo jako stojatá v přirozených a umělých rezervoárech. **Gravitační a kapilární voda** vyplňuje dutiny v půdě, **hygroskopická voda** obaluje samotné částičky půdy. Nesmíme opomenout, že hlavní složkou většiny organismů je rovněž voda (Ambrožová Říhová, 2009).

Dělení vod podle výskytu zdroje (Ambrožová Říhová, 2009):

- **Srážková voda** ve formě deště, krup, sněhových vloček vypadává z atmosféry
- **Podzemní vody** jsou vody v zemských dutinách, jako výplň kapilár, průlin, puklin – dle toho se označují za **průlinové, puklinové, krasové (kavernózní)**. Zásoby podzemních vod jsou doplňovány srážkami, které se vsakují do půdy (**půdní voda**), když je půdní profil nasycen, protéká voda do hlubších vrstev. Infiltrace probíhá horizontálně i vertikálně.
- **Vody povrchové** představují vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu, dělí se na **stojaté (lentické) a tekoucí (lotické)**

Člověk využívá vodu pro tři hlavní účely jako (Štěrba, Rosol, 1989):

- vodu pitnou (velká část se vrací zpět v podobě odpadních vod do toků)
- vodu určenou pro průmysl (rovněž se značná část znečištěné odpadní vody vrací zpět do toků)
- vodu využívanou v zemědělství

3.1.1. Samočisticí schopnost vody

Vodní toky jsou jedinečnou a základní složkou krajiny, dobrým příkladem vzájemného propojení systémů a zpětných vazeb mezi nimi. Intenzivně ovlivňují okolní vzdušnou vlhkost, rozhodují o drenaci podzemních vod či o infiltraci povrchových vod do mělkého podzemí (Štěrba, Rosol, 1989).

Z vodních toků vodu čerpáme, upravujeme a využíváme k různým účelům. Velkou část odpadních vod do toků opět vracíme, což je znečišťuje, ale jeví se jako nezbytné, z důvodu zachování vodnatosti toků. Vodní toky si s řadou znečištění dokážou poradit samy, disponují samočisticí schopností, která však není všemocná. Samočisticí schopnost vody je soubor fyzikálních (např. sedimentace, ředění, mechanická destrukce, atd.), chemických (např. oxidace, koagulace, atd.) a biologických (např. aerobní a anerobní procesy, činnost mikroorganismů, aj.) dějů, kterými se voda zbavuje přirozených či antropogenních nečistot, ať už organického či anorganického původu (Štěrba a Rosol, 1989).

Vodní tok při svém vzniku u pramene má jen minimum živin, když postupujeme po proudu, látek ve vodě rozpustných i nerozpustných přibývá a ubývá tolik potřebného kyslíku (Štěrba, Rosol, 1989). Přírodní vodní systémy jsou do určité míry schopny zvládat zvýšený přísun organických látek, zapojit je do trofických řetězců a látkových koloběhů právě v rámci autoregulačního systému samočištění (selfpurification) (Lellák a Kubíček, 1991). Živiny v tomto procesu čištění hrají velkou roli, jsou hlavním předpokladem pro rozvoj a reprodukci autotrofních producentů (př. řasy, rostliny). Na ně jsou navázáni konzumenti I. řádu (býložravé ryby, larvy jepic, prvoci, aj.), ti se stávají potravou konzumentů II. řádu (dravé ryby, larvy váček, chrostíků, aj.) a všichni jsou po smrti rozkládáni destruenty (houby, bakterie) zpět na živiny. Destruenti později bývají rovněž rozkládáni (Štěrba a Rosol, 1989). Konečné produkty rozkladu jsou využity pro tvorbu biomasy organismů, některé zůstávají v rozpuštěné formě ve vodě, stávají se součástí sedimentů či jako plyny unikají do ovzduší (Lellák a Kubíček, 1991). Za příznivých životních podmínek se zvyšuje množství biomasy ve vodě a organismy do svých těl inkorporují značnou část látek včetně látek znečišťujících. Nejde o vyčištění odpadních látek z vody v pravém slova smyslu, spíše jde o transformaci látek (škodlivin). Výsledkem je vyrovnání kyslíkové bilance a celkově navozená rovnováha vodního ekosystému. Antropogenními zásahy do vodních ekosystémů (např. napřimování toků, vydláždění koryt řek, atd.) člověk narušuje původní ekosystém natolik, že není schopen autoregulační funkce (Štěrba a Rosol, 1989).

Lentické vody rovněž disponují samočisticí schopností, přičemž je tato schopnost pomalejší a nižší než u vod tekoucích. V říčních systémech je tato schopnost mimo jiné umocněna výskytem a činností biofilmů (znečišťující látky zachytávají). Kdežto ve stojatých vodách odpadní látky sedimentují a usazují se na dně, kde dochází k pomalejší degradaci materiálu (Štěrba a Rosol, 1989).

Stratifikace nádrží

V podmínkách mírného pásma dochází k tzv. **dimiktickému** typu stratifikace vod jezer a nádrží, tudíž voda rozdělená do vrstev s odlišnou hustotou a mocností se vertikálně vymění dvakrát ročně. Jednou z podmínek je dostatečná hloubka rezervoáru, u mělkých nádrží nemusí ke stratifikaci dojít, nýbrž pouze k promíchání vodních mas. V našich klimatických podmínkách dochází často k **teplotnímu typu stratifikace**, kdy u povrchu hladiny vznikne tzv. **epilimnion** (vrstva vody s malým tepelným gradientem a nízkou hustotou), pak následuje **metalimnion** (střední vrstva s vysokým teplotním gradientem) s **termoklinou** (úzká zóna dělící dvě vrstvy s rozdílnou teplotou). Spodní vrstva **hypolimnion** je charakterizována nízkým teplotním gradientem a vysokou hustotou. Na podzim se horní vrstvy ochlazují a klesají do větších hloubek, tak se zabrání hlubokému promrzání nádrží. Důležitou roli hraje sluneční záření. Toto schéma bývá různě upravováno v údolních nádržích s trvalým průtokem. Přitékající voda může mít vyšší či nižší teplotu a hustotu než je aktuální stav vody v nádrži (Lellák a Kubíček, 1991).

1.1.1. Legislativní ochrana a organizace zabývající se péčí o vodu

Ochrannou vod, jejich odběrem, ochranou před povodněmi, péčí o čistotu, hospodárné využití a zajištění rovnováhy mezi potřebou vody a kapacitou zdroje zajišťuje a hlídá v České Republice **Zákon č.254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů**, známý také jako **vodní zákon** (Ambrožová Říhová, 2009).

Problematice řízení kvality vody v povodích se věnují mezinárodní organizace např. North American Lake Management Society (NALMS), International Water Association (IWA), která spolupracuje s International Lake Environment Committee (ILEC) (Adámek, et al., 2010).

V České republice je řízení a kontrola kvality povrchové vody v povodích složitější, je rozdělena mezi řadu institucí a organizací. Pramenné oblasti jsou ve správě několika organizací, a to Lesy ČR, Zemědělská vodohospodářská správa (ZVHS) a Agentura ochrany přírody a krajiny (AOPK). Toky a nádrže spravují státní podniky Povodí, ZVHS, AOPK, obce a soukromé subjekty. O kvalitu povrchových vod se stará několik ministerstev, podniky povodí a ZVHS má v kompetenci Ministerstvo zemědělství. Ochrannou vod se zabývá Ministerstvo životního prostředí, kvalitu pitných vod hlídá Ministerstvo zdravotnictví, otázky splavnosti a vodních cest řeší Ministerstvo dopravy, problematiku financování čištění odpadních vod řídí Ministerstvo pro místní rozvoj a Ministerstvo zemědělství (Adámek et al., 2010).

Speciální ochrana vod

Z vodního zákona vyplývají zvláštní ochranná opatření některých vodních oblastí (Zákon č. 254/2001 Sb.):

- **Chráněné oblasti přirozené akumulace vod**

Jedná se o vybraná území, která se vyznačují tvorbou a koncentrací zvláště velkého množství povrchových vod, či přirozeným výskytem značných zásob kvalitních pitných vod. Na těchto územích se reguluje veškerá činnost (nesmí se zmenšovat lesní plocha, plošně hnojit zemědělská půda, zákaz skladování ropných látek, atd.), aby nedocházelo k ohrožení kvality těchto vod.

- **Chráněné oblasti přirozené akumulace podzemních vod**

Chrání významné hydrogeologické oblasti s významným výskytem podzemních vod (nevztahuje se k zájmové oblasti).

- **Ochranná pásma vodních zdrojů**

Ochranná pásma se dělí na ochranná pásma I. stupně, která slouží k ochraně vodního zdroje v bezprostředním okolí jímacího nebo odběrného zařízení, a ochranná pásma II. stupně, která slouží k ochraně vodního zdroje v územích stanovených vodoprávním úřadem tak, aby nedocházelo k ohrožení jeho vydatnosti, jakosti nebo zdravotní nezávadnosti.

- **Vodárenské toky a jejich povodí**

Zvláštní ochranu mají vodárenské toky. Tento statut mají toky určené pro přímou úpravu povrchové vody na vodu pitnou. Platí pro ně přísné ukazatele jakosti vody a limity pro vypouštění odpadních vod. Hydrobiologické ukazatele stanovují tzv. saprobní index $S = 2,2$ (odpovídá maximální hodnotě $BSK_5 = 4\text{mg.l}^{-1}$), což je nejvyšší přípustný limit znečištění vodárenského toku, platné ukazatele upřesňuje dále Nařízení vlády ČR č.171/1992 Sb. (Ambrožová Říhová, 2009).

3.2. Mikroorganismy a jejich vliv na kvalitu vody

Přírodní vody jsou intenzivně oživeny různými mikroorganismy. Jejich výskyt je závislý na vhodných fyzikálně-chemických a biologických faktorech vodního prostředí. V závislosti na těchto faktorech se mění kvalitativní a kvantitativní skladba mikroorganismů ovlivňující čistotu vody (Božáková, 2000). Nejpočetnějšími heterotrofními mikroorganismy jsou prokaryontní bakterie. Převažují Gram negativní bakterie (nejčastěji zástupci čeledí Vibrionaceae, Pseudomonadaceae; rody *Acinetobacter*, *Proteus*, *Flavobacterium*, *Mycobacterium*, celulolytické bakterie, chemosyntetické bakterie – nitrifikační, vodíkové, methanové, thionové, atd.). V příbřežní zóně se vyskytují i druhy migrující z půdy, terestrické vegetace, apod. Ve vodách se vyskytují i nebuněčné živé částice - viry např. bakteriofágy (aktinofágy, colifágy), cyanofágy, atd. Vyskytují se i zástupci hub typicky vodních (Chytridiomycota a Oomycota – *Chytridium*, *Saprolegnia*), které prožívají celý životní cyklus ve vodě nebo i zástupci terestrických migrujících z půdy. Z vyšších hub zástupci primitivních hub vřeckatých – kvasinky Saccharomycetaceae (*Candida*, *Cryptococcus*), dále i zástupci skupiny Deuteromycota (zařazovaní nyní většinou do Ascomycota) narůstajících na dřevěných ponořených částicích. Z prvoků se nejčastěji vyskytují bičíkovci, měňavky a nálevníci (Straškrabová, 1996).

3.2.1. Bakterie jako součást mikrobiálních biofilmů

Bakterie jsou řazeny mezi prokaryotické mikroorganismy bez morfologicky diferencovaného jádra. Tradiční klasifikace bakterií je založena na fenotypových znacích buněk. Vychází z tvaru, velikosti, uspořádání bičíků i samotných buněk. Chemickým složením se bakteriální buňka neliší od buňky rostlinné či živočišné (Němec a Horáková, 1993).

Nejnovější taxonomie se opírá o informace založené v DNA, jde o moderní fylogenetickou klasifikaci. Sleduje a srovnává rozdíly v sekvenci bází, které dokazují počty mutací, ke kterým došlo od doby, kdy se dva organismy odklonily od společného předka. Pokud se jedná o dva příbuzné mikroorganismy, sekvence individuálních jednotek v makromolekule se budou více podobat než v případě nepříbuzných jedinců (Rulík et al., 2013).

Mikrobiologie se neustále posouvá ve svém vývoji vpřed, v posledních 15-20 letech se řada vědců soustředila na studium nejen tekuté kultury suspendovaných bakterií, ale uvědomila si, že většina bakterií v přirozeném prostředí roste v agregovaném stavu na pevném podkladu a soustředili se tak na studium mikrobiálních biofilmů a jiných skupin mikrobiálních agregací. **Biofilm** je převážně tvořen bakteriemi a jejich polymerními produkty, které vytvářejí základní matici, do níž se postupně zachytávají různé látky či další mikroorganismy. Bakterie v přírodních populacích mají tendenci přisedat k nejrůznějším povrchům, existence v biofilmu je pro bakterie z řady důvodů výhodnější a ve většině prostředí je také základním způsobem jejich přirozeného výskytu. Jedna z posledních definic biofilmu zní: „Biofilm je přisedlé společenstvo mikroorganismů, charakterizované tím, že buňky, které jsou ireverzibilně přichycené k podkladu nebo jedna k druhé, jsou zapuštěné v matici extracelulárních polymerních látek těmito buňkami produkováných, které dále vykazují odlišný fenotyp s ohledem na rychlost růstu a transkripci genů...“. Je nutno dodat, že definice biofilmu se neustále vyvíjí, mění a doplňuje. Studium biofilmů je široce interdisciplinární záležitost, která zaměstnává biology, chemiky, lékaře, odborníky technických oborů, matematiky, atd. Samotný výzkum vodních biofilmů se dělí na výzkum biofilmů slané mořské vody, **sladkovodní biofilmy** se separátně studují v tekoucích vodách jako **říční biofilmy** a **biofilmy stojatých vod**. V tekoucích vodách se studují **hyporheické biofilmy** (na povrchu hyporheických sedimentů) a **mobilní říční biofilmy**. Můžeme říci, že jakýkoliv ponořený povrch ve vodách je po určité době pokryt mikroorganismy, tj. bakteriemi, prvky a kde je dostatek světla i řasami. V přírodních vodách z pravidla jde o směs autotrofů a heterotrofů. Podle podkladu se sladkovodní biofilmy v přírodních vodách dělí na: **epilitické** (na kamenech, skále), **epixylické** (na dřevě), **epifytické** (na rostlinách), **epipelické** (na bahnitých sedimentech), **epipsamické** (na písčitéch sedimentech). Přírodní říční biofilmy mohou sloužit jako rezervoár patogenních mikroorganismů např. pro přežívání virulentních kmenů *E. coli* (Rulík et al., 2011).

Biofilmy se vyskytují nejen v přírodním prostředí, ale taky osídlují prostředí humánní, kde působí četné problémy, na příklad (Rulík et al., 2011):

- v potrubí rozvinutý biofilm způsobuje turbulenci protékající kapaliny a snižuje jejich průsvit
- akumulace biofilmu v distribučních sítích pitné vody snižuje kvalitu pitné vody a zvyšuje zdravotní riziko
- v průmyslových výměnících tepla tvoří tepelnou izolační vrstvu a snižuje jejich účinnost
- biofilm zvětšuje odpor lodního trupu při plavbě a poskytuje základ pro další usazování řas a larev bezobratlých (tzv. Biofouling - nechtěné nárosty)
- biofilmy v oblasti medicíny (na cizích tělesech v lidském těle - kanyly, katétry, prostetické implantáty, atd.).

Bakteriální biofilmy mohou být zdrojem některých patogenních infekcí, byla prokázána tvorba patogenních biofilmů u řady bakteriálních rodů, jako *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Escherichia*, *Salmonella*, *Listeria*, *Streptococcus*, *Staphylococcus* a *Mycobacteria*. Naopak

biofilmy v mnoha průmyslových odvětvích jako jsou biotechnologie, čištění odpadních vod, bioremediace atd., jsou nepostradatelné, jejich přítomnost je nezbytná (Rulík et al., 2011).

3.2.2. Podstata mikrobiologického rozboru vod

Hlavním cílem mikrobiologického rozboru vzorků vod je zjištění přítomnosti mikroorganismů a jejich zařazení do příslušných taxonomických skupin (Ambrožová Říhová, 2011) a sledování výskytu mikroorganismů způsobující obecné, fekální či specifické znečištění vody (Božáková, 2000).

Identifikace se dle potřeby provádí na několika úrovních (Ambrožová Říhová, 2011):

1. Posuzujeme vzhled narostlé kolonie mikroorganismu na selektivním agaru.
2. Stanovujeme presumptivní organismy na základě konfirmačních tj. potvrzujících testů.
3. Identifikujeme mikroorganismy metodou tzv. pestré řady, která se provádí jen ve specializovaných laboratořích (LA-test jako diagnostický mikrotest).

Nejčastěji používané kultivační metody v laboratořích jsou založeny na zjištění růstu mikroorganismů na selektivním médiu. Počet kolonií, které vyrostly na selektivním agaru, značí výsledek, který udává míru mikrobiální kontaminace vzorku, ale ne všechny vyselektované mikroorganismy musí být indikátorem, který chceme ve vzorku zjistit. Proto se používají další metody posouzení a průkaznosti těchto mikroorganismů, tzv. konfirmační testy (využívají se např. pro stanovení presumptivních kolonií, např. *Escherichia coli*). Hlavním cílem této metody je bližší taxonomické určení mikroorganismů. Mezi používané konfirmační testy patří kvasná zkouška u koliformních bakterií či její obdoba - teplotní test u termotolerantních koliformních bakterií; cytochromoxidázový test u koliformních bakterií; test na tvorbu indolu u *E. coli*; test tvorby kyselin a plynu (u koliformních a termotolerantních koliformních bakterií); a další (Ambrožová Říhová, 2011).

Dále se využívají testy zaměřené na schopnost mikroorganismů štěpit specifickým enzymem fluorogenní substráty, jedná se o metodu přímého stanovení. Fyziologických vlastností mikroorganismů se využívá na příklad u metod biochemických testů, zjišťuje se schopnost fermentace cukrů, schopnost utilizace substrátů jako zdroje uhlíku, hydrolyza některých substrátů, aktivita enzymů, hemolýza, atd. Mezi základní biochemické testy patří i testy na stanovení produkce indolu tzv. Kováčsova metoda. Nyní se čím dál více začínají používat sady mikrotestů, tzn. diagnostických souprav, které zjednodušují provedení jednotlivých analýz (API-systém; ENTEROTUBE-systém; atd.) (Ambrožová Říhová, 2011).

3.2.3. Indikátory sloužící k zjištění nezávadnosti vody

Preventivní mikrobiologické rozborů vody se začaly provádět až po roce 1855, kdy **Snow** a **Budd** (in Ambrožová Říhová, 2011) zjistili, že cholera a tyfové onemocnění bylo způsobeno kontaminací pitné vody splašky fekálního původu. V roce 1892 byla zavedena koncepce indikačních organismů sloužící k zjišťování kvality vody, která je používaná dodnes. Tato koncepce spočívá v tom, že patogenní organismy není doporučeno kultivovat,

tudíž je lze těžko detekovat, proto byly namísto nich vyvinuty metody na zjištění přítomnosti jiných fekálních mikroorganismů. Pokud se tyto mikroorganismy ve vodě nevyskytují, s největší pravděpodobností se nebudou vyskytovat ani patogenní mikroorganismy (Ambrožová Říhová, 2011).

3.2.4. Indikátory obecného znečištění

Za indikátory obecného znečištění vody se považuje umělá skupina **organotrofních bakterií** či mikroorganismů („HPC“ *Heterotrophic Plate Count*) (Baudišová, 2007), které jsou schopny tvořit kolonie z jednotlivých buněk, jejich párů, krátkých řetězků, shluků buněk, atd. na specifickém pevném kultivačním mediu. Jedná se o velmi různorodou skupinu mikroorganismů mající jen jednu charakteristickou společnou vlastnost, a to získávání životní energie i zdroj uhlíku a dusíku z organických látek (Häusler, 1995). Jedná se o značně nesourodou skupinu mikroorganismů, proto se v běžné praxi jejich druhové zastoupení zpravidla neurčuje. Vyskytují se organotrofní sporulující i nesporulující bakterie, na jejichž růst a rozmnožování působí shodné faktory. Mezi často se vyskytujícími zástupci patří např. *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Flavobacterium* (Baudišová, 2007).

Bakterie vytvářejí tzv. KTJ (kolonie tvořící jednotku) anglicky „colony forming unit“ (Ambrožová Říhová, 2011). Výsledný počet kolonií tudíž neodpovídá skutečnému počtu buněk bakterií vyskytujících se ve vodě, jak se dříve předpokládalo. Stanovení těchto mikroorganismů slouží především k ekologickému posouzení jakosti vod, podává informaci o celkovém mikrobiálním znečištění. Jejich zvýšení signalizuje závažné znečištění vodního zdroje z vnějšího prostředí (Häusler, 1995):

- přímo buňkami mikroorganismů (př. výtok z biologické čistírny)
- organickými látkami (na nichž se tyto indikátory - mikroorganismy obecného znečištění silně pomnožily).

Z hygienického hlediska se dnes těmto mikroorganismům nepřipisuje tak velký význam, jako indikátorům fekálního znečištění (Häusler, 1995), ale mohou posloužit jako doplnění či zpřesnění údajů získaných např. stanovením BSK (Baudišová, 2007).

Indikátory obecného znečištění lze stanovit za pomoci normovaných metodik, stanovení se omezuje na dvě skupiny organotrofních bakterií, a to psychofilní a mezofilní bakterie. V praxi se využívá stanovení mikrobů pro záznam změn v bakteriální populaci při technologických procesech např.: při úpravě povrchové vody na pitnou, znečištění pitné vody během rozvodu, změna kvality balené vody během skladování, účinnost chlorace pitné vody, desinfekce bazénů, čištění odpadních vod, atd. (Ambrožová Říhová, 2011).

Mezofilní bakterie

Jedná se o skupinu organotrofních bakterií, kterou lze kultivovat na masopeptonovém agaru při teplotě 37 +/- 0,5 °C, po dobu 48 +/- 2 hod (Ambrožová Říhová, 2011). Patří k mikroorganismům, které jsou schopné růst v širokém rozmezí teplot, ale ne pod 15°C ani

nad 45°C (Sedláček, 2007). Původně se jim přiřkladal i hygienický význam, předpokládalo se, že se mezi nimi mohou vyskytovat i pro člověka patogenní organismy, vzhledem k optimální teplotě růstu, která je shodná s normální teplotou lidského těla. Ale prokázalo se, že riziko, kdy by se spolu s mezofilními bakteriemi vyskytovaly patogenní organismy, je podstatně nižší, než se dříve uvádělo. Údaje o jejich výskytu slouží pouze k informacím o celkovém mikrobiálním znečištění, stejně jako u bakterií psychrofilních. Jejich zvýšený výskyt signalizuje závažné znečištění vodního zdroje z vnějšího prostředí (Häusler, 1994).

Psychrofilní bakterie

Psychrofilní bakterie lze kultivovat obdobně jako mezofilní bakterie na masopeptonovém agaru, ale při teplotě 20 +/- 1°C s dobou kultivace 72 +/- 3hod. Jedná se o chladnomilné bakterie, kterým vyhovuje teplota kolem 20°C a nižší (Ambrožová Říhová, 2011). Přiřazují se spíše k půdním biotopům (Božáková, 2000).

3.2.5 Indikátory fekálního znečištění

Cílem každého mikrobiologického rozboru vody je zjišťování nezávadnosti vody, hodnocení zda neobsahuje podmíněně patogenní organismy, které by u člověka mohly vyvolat závažná onemocnění. Zdrojem nákazy bývají převážně fekálně znečištěné vody. Mezi stanovované indikátory fekálního znečištění patří (Ambrožová Říhová, 2011):

- **koliformní bakterie**
- **termotolerantní koliformní bakterie**
- **presumptivní *Escherichia coli***
- **intestinální enterokoky**
- **klostridia**

Infekce vyvolávají bakterie rodů *Salmonella*, *Shigella*, patogenní biovary *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter jejuni* a *Campylobacter coli* (Ambrožová Říhová, 2011).

Koliformní bakterie

Jedná se o gramnegativní aerobní či fakultativně aerobní tyčinky (Ambrožová Říhová, 2011), většinou pohyblivé parachitinózními bičíky, některé rody tvoří pouzdra (Božáková, 2000). Netvoří spory a jsou schopné růstu na kultivačním médiu obsahujícím žlučové soli či jiné povrchově aktivní látky s podobnými vlastnostmi. Jsou schopné fermentovat laktózu při teplotě 35°C nebo 37°C, zároveň produkují kyseliny, plyn a aldehyd v rozsahu 24-48 hodin. Název „koliformní“ vznikl od názvu laktózo pozitivních kmenů „coli-aerogenes“ později se ujal název „coliforms“ čili koliformní. Tyto nesporující tyčinky řadíme do čeledi

Enterobacteriaceae, nejde ovšem o taxonomickou skupinu, neboť u řady druhů nefermentuje laktózu 100% kmenů, ale asi 90% kmenů. Existuje 25 druhů z čeledi *Enterobacteriaceae*: *Butiaxella agrestis*, 5 druhů rodu *Enterobacter*, 6 druhů rodu *Erwinia*, *Escherichia coli*, 3 druhy rodu *Klebsiella*, *Kluyvera ascorbata* a *Kluyvera cryocrescens*, *Leclercia adecarbocylata*, *Rahnella aquatilis*, *Moellerella wisconsensis* a dva druhy rodu *Serratia*. Další 4 druhy fermentující laktózu v 79-89% a 18 druhů fermentují laktózu v 25-75% včetně řady druhů rodu *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Serratia* či *Yersinia* (Baudišová, 2007). Koliformní mikrobi jsou charakteristickou a velmi hojnou složkou mikroflóry střevního traktu člověka. Ve střevě novorozence sice ještě zastoupení těchto bakterií chybí, ale po přechodu na smíšenou stravu se velmi záhy objeví a zároveň se v této době rozvoj koliformních bakterií ve střevě definitivně ukončí. V jednom gramu stolice se vyskytuje několik milionů až miliard těchto mikrobů (Veger a Baudišová, 1996).

Stanovení probíhá metodou membránových filtrů na laktózovém TTC agaru s tergitolem 7 a potvrzení za pomoci konfirmačních testů (cytochromoxidázového testu) (Ambrožová Říhová, 2011). Na selektivně diagnostických médiích sloužících pro stanovení koliformních bakterií (např. Tergitol, aj.) rostou i enterobakterie nefermentující laktózu např. *Salmonella*, *Shigella*, *Proteus*, některé kmeny rodu *Citrobacter*, apod. Podle legislativy je pro kultivaci doporučena teplota 36 +/- 2°C, tj. široké teplotní rozmezí 34-38°C. V tak širokém teplotním rozmezí se i výsledky počtů laktóza pozitivních bakterií různí. Z výsledků vyplývá, že nejmenší záchyt těchto bakterií byl zaznamenán při nejvyšší teplotě kultivace 38°C (Baudišová, 2007).

Koliformní bakterie byly dříve považovány za hlavní indikátor fekálního znečištění, což je zpochybňováno a dnes už zcela neplatí, protože (Baudišová, 2007):

1. jedná se o značně heterogenní skupinu, která zahrnuje i druhy ve fekáliích se nevyskytující např. *Serratia fonticola*, *Rahnella aquatilis*, *Butiaxella agrestis*, aj.
2. Některé druhy zejména rodů *Citrobacter* a *Enterobacter*, i když pochází ze zažívacího traktu, jsou schopny ve vodě delší dobu přežít a při dostatečné koncentraci organických látek se i pomnožit. Mohou se vyskytovat ve vyšších počtech i v případech, kdy další indikátory fekálního znečištění (např. termotolerantní koliformní bakterie či fekální streptokoky) chybí.

Termotolerantní koliformní bakterie

Jsou to aerobní či fakultativně aerobní gramnegativní tyčinky netvořící spory, mající schopnost růst za přítomnosti žlučových solí a jiných povrchově aktivních látek s podobnými vlastnostmi, které jsou schopny fermentovat laktózu při teplotě 44 až 45°C. Současně tvoří kyseliny, aldehyd a plyn (Ambrožová Říhová, 2011) To znamená, že jsou schopny i při teplotě 44°C si zachovat svoje růstové a biochemické vlastnosti. Cytochromoxidázový test vykazují negativně (Baudišová, 2007). Považují se za koliformní bakterie s vyšším hygienickým významem. Stanovení se provádí na selektivním kultivačním médiu m - FC agaru (Ambrožová Říhová, 2011). Mezi experimentálně potvrzené zástupce patří příslušníci rodů *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia* a *Klebsiella* (Baudišová, 2007).

Presumptivní *Escherichia coli*

Podle směrnic WHO jsou od r. 1993 považovány za jediný správný a vyhovující indikátor fekálního znečištění vody (Ambrožová Říhová, 2011). Jsou to gramnegativní fakultativně anaerobní tyčinky, jejichž genom byl kompletně rozluštěn. Běžně žije jako komenzál v tlustém střevě člověka a teplokrevných živočichů (Baudišová, 2007), v případě *Escherichia blatteae* u švábů (Veger a Baudišová, 1996). Do povrchových vod se dostává přímou fekální kontaminací především bodovými a difuzními zdroji znečištění. Zvýšená fekální kontaminace je především závislá na hustotě osídlení oblasti a adekvátním čištěním odpadních vod (Baudišová, 2007).

Za presumptivní se pokládají takové kmeny, které se po přeočkování ze selektivních médií prokázaly při konfirmačních testech. Presumptivní *Escherichia coli* tvoří skupinu termotolerantních koliformních bakterií schopných tvořit indol z tryptofanu, což patří k důležitým konfirmačním testům. Provádí se test za použití Kovácsova činidla, kdy se pozitivní reakce projeví červeným zbarvením (Ambrožová Říhová, 2011).

Intestinální enterokoky

Jedná se o grampozitivní koky, které často tvoří diplokoky a jejich dělení probíhá pouze v jedné rovině, což je důležité a usnadňuje mikrobiologickou kontrolu. Intestinální enterokoky jsou považovány za indikátory čerstvého fekálního znečištění, běžně se vyskytují v obsahu intestinálního traktu. Jsou citlivé vůči změnám vnějšího prostředí, proto jejich pomnožení ve vodním prostředí je spíše vzácné, přežívají zde krátkou dobu. Vykazují značnou odolnost vůči desinfekci, např. chlorovým prostředkům, proto jsou využívány jako indikátor nedostatečné dávky desinfekce. Opakem jsou koliformní bakterie, jež chlorové prostředky usmrcují, jsou citlivější na chlor než intestinální enterokoky (Ambrožová Říhová, 2011). Některé druhy jsou podle WHO řazeny do skupiny č. 2, to je mezi potencionální patogeny. Jsou známy svojí rezistencí na antibiotika, jde o druhy *Enterococcus avium*, *E. durans*, *E. faecalis*, *E. faecium*, *Streptococcus bovis*, *Streptococcus equinus*. Nejčastěji způsobují onemocnění močového systému, méně často bakteriémie, byly popsány i případy endokarditidy (Baudišová, 2007).

Nejčastěji se vyskytují kmeny tzv. fekálních enterokoků, př. *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus avium*. Pro stanovení enterokoků metodou membránových filtrů se používá m-enterokokový agar (SLANETZ-BARTLEY), žluč-aeskulin-azidový agar, živný agar a peroxid vodíku. Na kultivaci se používají média s azidem sodným (potlačuje růst přídavné mikroflóry) a TTC (umožňuje vznikajícím formazanem diferencovat kolonie enterokoků od jiných kolonií). Činností enterokoků je bezbarvý TTC (trifenyltetrazoliumchlorid) redukován na sytě červený formazan, proto mají kolonie enterokoků hnědočervené, hnědé, kaštanové či tmavě růžové zbarvení. Dále se provádí test na důkaz tvorby aeskulinu nebo tzv. katalázový test, u kterého se využívá peroxid vodíku, tvorba bublin kyslíku dokazuje přítomnost kataláza pozitivních mikroorganismů, které nejsou enterokoky (Ambrožová Říhová, 2011).

Klostridia

Klostridia patří mezi anaerobní mikroorganismy, sporulující a redukující sulfity. Řadíme je do čeledi *Bacillaceae* a do rodu *Clostridium*, v našich vodách se nejvíce vyskytuje druh *Clostridium perfringens* (dříve *Clostridium welchii*). Jejich spory se vyskytují v zažívacím traktu, exkrementech či odpadní vodě, ale nejsou tak hojné jako koliformní bakterie. Ukazují se být vhodné pro využití ve vodárenství, jako doplňková kontrola vodárenského systému, kontrolu účinnosti desinfekce vody, a to pro jejich silnou rezistenci vůči chloru a jiným fyzikálním a chemickým faktorům. Spory sulfity redukujících bakterií lze stanovit pomocí metody membránových filtrů na agarových plotnách. Od ostatních metod používání membránových filtrů se liší hlavně typem filtrů, používají se filtry o velikosti pórů 0,2 µm volené z důvodu velikosti spor. Ovšem touto metodou se neprokazuje výskyt *Clostridium perfringens*, což je ukazatel fekálního znečištění dřívějšího data a jeho stanovení nařizuje legislativa. Stanovení je založeno na membránové filtraci, po které následuje anaerobní kultivace na m-CP agaru (Ambrožová Říhová, 2011).

5.2.6. Problematika patogenních a podmíněně patogenních mikroorganismů ve vodách

Patogenita je schopnost mikrobiálního druhu (kmene) vyvolat onemocnění u konkrétního druhu hostitele. **Patogeny** jsou mikroorganismy, využívající prostředí poskytované hostitelem, ale svým metabolismem, jeho produkty a reakcí, kterou vyvolávají, mohou hostitele poškozovat a vyvolávat příznaky onemocnění. Ve vodách pitných, využívaných nejen k požití, ale i k osobní hygieně či rekreaci, není přípustný výskyt těchto mikroorganismů (Rulík et al., 2013).

Zdroje a přenos patogenů ve vodě

Nejvíce přístupné patogenním mikroorganismům jsou vody povrchové. Avšak jednorázové náhodné znečištění většinou nákazu nezpůsobuje, patogenní mikroorganismy v přírodních povrchových vodách nenajdou příznivé životní podmínky a navíc jsou vystaveny antagonismu četných saprofytických bakterií, pro které je voda přirozeným prostředím. Ovšem pokud zdroj nákazy působí trvale, může se stát, že patogenní mikroorganismy přežívají dlouhodobě. Kontaminace vody pak trvá tak dlouho, dokud není příčina čili zdroj nákazy odstraněn (Božáková, 2000).

Při rutinní kontrole vody se patogenní organismy nestanovují, jen v případě, že si to epidemiologická situace vyžaduje. Stanovení patogenních mikroorganismů je výrazně komplikovanější než stanovení indikátorových mikroorganismů, a to hned z několika důvodů, např. používají se složitá a drahá selektivní média, stanovení probíhá v několika krocích – pomnožení, kultivace, konfirmační testy, často je nutná i sérotypizace, musí se stanovovat každý potenciální patogen zvlášť, atd. (Rulík et al., 2013).

Patogenní mikroorganismy jsou do vody vylučovány infikovanými jedinci

(Vokurka et al., 1995):

1. přenašeči (i zvířecí), to jsou jedinci, kteří se s chorobou rodí a přenášejí na své potomstvo a následně na další jedince.

2. bacilonosiči, to znamená, že jedinec po prodělaném infekčním onemocnění (někdy bezpříznakovém) trvale vylučuje choroboplné zárodky (zejména bakterie) a ohrožuje tak ostatní jedince nákazou. Sám již obtíže nemá.

Bacilonosičství trvalé může být např. u bakterie způsobující břišní tyfus *Salmonella typhi*, která často přežívá ve žlučniku. Nebo **bacilonosičství krátkodobé** (po nemoci) např. u akutních infekcí zažívacího traktu (akutních gastroenteritid) způsobených netyfoidními bakteriemi rodu *Salmonella* např. *Salmonella enteritidis* (typická pro střední Evropu).

3. nemocnými jedinci (Rulík et al., 2013)

Infekční dávka, tj. množství mikroorganismů nutné k vyvolání onemocnění, se liší u jednotlivých mikroorganismů, a to od několika stovek jedinců (myslí se celkem jako suma, ne počet v konkrétním objemu) např. u rodu *Shigella*, po statisíce až milióny např. u *Salmonella* spp. (Rulík et al., 2013).

Cesta nákazy bývá nejčastěji **orální**, tzn. požití kontaminované vody, či potravy omyté v kontaminované vodě. Další bránou, kterou se může infekce do těla dostat je proniknutí mikroorganismů do těla **kůží**, zejména poraněnou (oděrky, ranky, puchýře) či **sliznicí** (oční, nosní, ušní, močová trubice, vagina). Infekce, které projdou do těla přímo přes kůži či sliznice, bývají ještě nebezpečnější, protože neprojdou selektivní ochrannou bariérou zažívacího traktu (prostředí kyseliny chlorovodíkové v žaludku, mizní systém střeva, atd.) (Rulík et al., 2013).

3.2.7. NEJDŮLEŽITĚJŠÍ BAKTERIÁLNÍ PATOGENY

1. Bakterie způsobující gastrointestinální infekce

Bakterie z čeledi *Enterobacteriaceae*

Řada zástupců této čeledi slouží zároveň jako indikátory fekálního znečištění vody, patří do skupiny koliformních mikrobů. Jedná se o gramnegativní, fakultativně anaerobní tyčinky s negativním cytochromoxidázovým testem, které jsou přirozenými obyvateli střevního traktu nejen člověka (Veger a Baudišová, 1996).

Bakterie rodu *Salmonella*

Druhy rodu *Salmonella* jsou gramnegativní nesporeující tyčinky. Bylo prokázáno, že se rod *Salmonella* skládá ze dvou druhů *S. bongori* a *S. enterica*. *Salmonella enterica* má 6

poddruhů. Jednotlivé druhy a poddruhy mají ještě mnoho sérovarů, kterých je u salmonel známo více než 2500 (Rulík et al, 2013). Výskyt těchto bakterií v povrchových vodách prokazuje čerstvé fekální znečištění, využívá se jako indikátor (Veger a Baudišová, 1996).

Salmonely jsou primární střevní patogeny, i když jejich virulence a patogenita může kolísat v širokém rozmezí. Jejich přirozeným prostředím je lidská populace, zemědělská a domácí zvířata, divoká zvěř a ptáci. Šíření infekce probíhá prostřednictvím kontaminované vody a potravin. U lidí způsobují onemocnění:

- **břišní tyfus** (*Salmonella typhi*) a **paratyfus** (*Salmonella paratyphi*), přičemž tyto druhy se v našich vodách nevyskytují
- **gastroenteritidy** (*Salmonella enteritidis*) jedná se o takzvané salmonelózy, toxikoinfekce, kdy spolu s bakterií působí na hostitele i toxiny, které bakterie produkuje
- **septikémie**

Salmonella enterica je stále uváděna jako jeden z etiologických agens v koupacích vodách při hodnocení hygienických rizik (Rulík et al, 2013).

Bakterie rodu *Shigella*

Tento rod je geneticky velmi příbuzný druhu *Escherichia coli*, dělí se na 4 podskupiny, přičemž nejvýznamnější toxin produkuje *Shigella dysenteriae* sérotyp 1. Způsobuje infekční onemocnění **bacilární dysentérii** (úplavici), říká se jí „nemoc špinavých rukou“, protože k infekci postačí jen nízká infekční dávka. Zdrojem nákazy je vždy člověk, epidemie se mohou vyskytovat a šířit na dětských táborech, ubytovnách, atd. (Rulík et al., 2013).

Bakterie rodu *Escherichia coli*

Escherichia coli platí za nejvýznamnější indikátor fekálního znečištění, více o tomto rodu v kapitole 3.2.3.2. Obecně patří mezi nejvíce studované organismy, v poslední době se vědci intenzivně zaměřili na zkoumání enterohemorragických kmenů *Escherichia coli*, které produkují verocytotoxiny (VTEC či Shiga - like toxiny). Vylučují dva typy VTEC, a to VT1 a VT2. Infekční agens je šířeno stolicí, rezervoárem bývá zejména střevní trakt dobytka. Nákaza se přenáší nejčastěji potravinami, např. nedostatečně tepelně upraveným hovězím masem, ale i pitnou a užitkovou fekálně znečištěnou vodou, včetně lesních pramenů a studánek. Vyvolávají vážné průjemové onemocnění, které může vést až k hemolyticko-uremickému syndromu s letálním koncem. Stejně jako u shigelóz stačí malá infekční dávka (cca $10^2 - 10^3$ jedinců) (Rulík et al., 2013).

Fakultativně patogenní bakterie z čeledi *Enterobacteriaceae*

Zástupci rodu *Klebsiella* (*K. pneumoniae*, *K. ozanae*, *K. rhinoscleromatis*, *K. oxytoca*) mohou způsobovat bronchopneumonie, infekce močových cest, přičemž klíčový faktor virulence je pouzdro (Rulík et al., 2013).

Menší patogenitu vykazuje rod *Enterobacter*, vyskytuje se ve sladké vodě, v půdě, splaškách, na zelenině a jiných rostlinách, v lidských a zvířecích fekáliích ve formě opouzdřených tyčinek. *Enterobacter amnigenus* a *Enterobacter intermedius* pochází z vody. Mezi další hlavní druhy často se vyskytující patří *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter erogenes* a další. Mohou způsobit infekce ran, popálenin, močového ústrojí, septicémie a meningitidy (Veger a Baudišová, 1996).

Fakultativně patogenní je i rod *Citrobacter*, jehož výskyt ve střevní flóře je pravděpodobně fyziologický. Běžně se vyskytuje v půdě, splaškách, vodě, potravinách, vnějším prostředí. *Citrobacter diversus* může způsobit novorozeneckou meningitidu (Veger a Baudišová, 1996).

Kmeny rodu *Serratia* se mohou vyskytovat v půdě, ve vodě, na povrchu rostlin a na jiných místech vnějšího prostředí. Ve vodě je rozšířená *Serratia fonticola*. *Serratia marcescens* může u hospitalizovaných pacientů být příčinou nozokomiálních nákaz, septicémie, infekce močového traktu (Veger a Baudišová, 1996).

Bakterie rodu *Proteus* se projevují vysokou proteolytickou aktivitou (Rulík et al., 2013). Vyskytují se ve střevech lidí i zvířat, v půdě, znečištěných vodách. *Proteus myxofaciens* také u hmyzu. Lidské patogeny způsobují hlavně infekce močového ústrojí, sekundární infekce ve formě lézí např. u popálenin (Veger a Baudišová, 1996). Z pohledu patogenity je nejvýznamnější *Proteus mirabilis* (Rulík et al., 2013).

Rod *Yersinia* má široké spektrum výskytu v půdě, vodě, mléčných výrobcích a jiných potravinách, v zažívacím traktu člověka, živočichů, zejména u hlodavců a ptáků (Rulík et al., 2013). *Yersinia enterocolitica* se může vyskytovat ve vodách a infikovat jedince se sníženou imunitou a vyvolat bakteriémie s průjmy. Nejznámější je druh *Yersinia pestis*, která způsobuje mor, hlavním rezervoárem a přenašečem jsou hlodavci, vodou se nepřenáší (Rulík et al., 2013). Ve středověku způsobila rozsáhlé epidemie a přírodní ohniska jsou ještě v mnoha zemích i nyní (Veger a Baudišová, 1996).

Čeď *Campylobacteriaceae*

Rod *Campylobacter* byl původně řazen do rodu *Vibrio*, zahrnuje 28 druhů, nejrozšířenějšími a nejzávažnějšími patogeny jsou *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter coli*, které patří do skupiny termotolerantních kampylobakterů (rostou i při 42°C). Jsou to malé štíhlé, spirálovité tyčky s bičíkem na každém pólu. Nesporulují a za nepříznivých podmínek mají tvar koků. Způsobují akutní průjmová onemocnění u člověka. Přírodním rezervoárem je střevo teplokrevných zvířat a hlavní cestou přenosu jsou potraviny a znečištěná voda. Pro vyvolání nákazy stačí jen nízká dávka, mohou to být jen stovky či tisíce buněk. Hlavním

rezervoárem ve vodním prostředí bývají sedimenty, zpět do vodního sloupce se bakterie dostanou při velkých deštích (Rulík et al., 2013).

Čeľad' *Vibrionaceae*

Do této čeledi, která je podobná čeledi *Enterobacteriaceae*, patří rody *Vibrio* a *Aeromonas*. Jsou to gramnegativní, fakultativně anaerobní tyčinky, s pozitivním cytochromoxidázovým testem (Rulík et al., 2013).

Vibrio cholerae je nejznámějším zástupcem, má asi 100 sérotypů. Choleru způsobuje sérotyp 01. Vyskytují se ve vodách, kde se i běžně rozmnožují (Rulík et al., 2013).

Druhy rodu *Aeromonas* tvoří doprovodnou mikroflóru koliformních bakterií. Patogenní vlastnosti byly prokázány u druhu *Aeromonas hydrophila*, může způsobit střevní onemocnění či septikémie (Rulík et al., 2013).

2. Bakterie způsobující respirační nákazy

Čeľad' *Legionellaceae*

Rod *Legionella* je tvořen několika desítkami druhů, nejvýznamnější je *Legionella pneumophila*, sérotyp 1-6. Jedná se o gramnegativní, aerobní, nesporulující acidorezistentní tyčinky. Legionely způsobují závažné pneumonie – legionelózy, někdy končící fatálně. Může mít dvě klinické formy, buď jako legionářská nemoc (těžký zápal plic) nebo jako tzv. Pontiacká horečka (mírnější horečnaté onemocnění). Ve vodě se legionely běžně vyskytují, problémy způsobují zejména v umělých systémech – klimatizační jednotky (zejména, když se přemnoží v biofilmech, na čemž se aktivně podílejí améby), vodovodní potrubí (v teplé vodě). Legionelóza není přenosná z člověka na člověka (Rulík et al., 2013).

3. Bakterie způsobující kontaktní infekce

Čeľad' *Pseudomonadaceae*

Pseudomonas aeruginosa je striktně aerobní, gramnegativní, chemoorganotrofní, mírně zahnutá, štíhlá, pohyblivá tyčinka. Je oxidáza i kataláza pozitivní, je schopna produkovat amoniak z acetamidu. Produkuje barevné pigmenty např. pyoverdín, pyocyanin, fluorescein a specifické vůně či zápach (sladké, jahodové až jasmínové). Je podmíněně patogenní pro starší lidi a děti, vyvolává asi 10% nozokomiálních infekcí, dále infekce ran, močového ústrojí, pneumonie, endokarditidy a sepse. Velmi dobře se množí ve vodě, proto není považována za indikátor fekálního znečištění. Dále se vyskytuje v různých typech životního prostředí včetně fekálií člověka, ale ne tolik jako koliformní bakterie (Rulík et al., 2013).

Čeľad' *Staphylococcaceae*

Nejvýznamnějším zástupcem této čeledi je rod *Staphylococcus*. Čeľad' se dělí na koaguláza pozitivní a negativní, a to podle schopnosti koagulovat plazmu. **Koaguláza pozitivní stafylokoky** jsou grampozitivní, fakultativně anaerobní, kataláza pozitivní, oxidáza negativní, tvořící shluky či hroznovité útvary, nepohyblivé, nesporulující, netvoří pouzdra ani kapsuly. Patogenní kmeny produkují enterotoxin. Mezi nejvýznamnější zástupce patří druhy *Staphylococcus aureus*, *S. intermedius* a *S. hyicus*. *Staphylococcus aureus* je běžný komenzál kůže a sliznic, ale při oslabení imunity, může vyvolat hnisavé záněty kůže až sepse končící smrtí. Vykazuje poměrně vysokou rezistenci vůči podmínkám zevního prostředí – odolává vyschnutí, zahřátí na 60°C a množí se i v přítomnosti 10% NaCl. Výskyt ve vodách je hodnocen jako velké snížení kvality vody, nesmí být přítomen ani ve vodách určených ke koupání (Rulík et al., 2013).

Čeľad' *Leptospiraceae*

Dnes se vyskytuje pouze jeden patogenní druh *Leptospira interrogans*, který se dělí na 22 sérologických skupin a sérotypů. Jedná se o spirální pohyblivé bakterie s pravidelnými závití. Leptospiry se vylučují močí a vyvolávají nemoci volně žijících zvířat (převážně hlodavců) a některých hospodářských zvířat. Vyvíjejí se tak antropozoonózy, čili nemoci přenosné ze zvířat na lidi. Nákaza bývá přenosná i vodou, bránou infekce bývá kůže (oděrky, rozmáčená kůže, atd.), infekční dávka je nízká. Způsobují tzv. Weilovu chorobu (žloutenku), blaťáckou horečku, atd. (Rulík et al., 2013).

Čeľad' *Listeriaceae*

Listerie jsou rozšířené u zvířat, ve volné přírodě, v půdě, na rostlinách či jejich produktech. Tyto bakterie najdeme v odpadních vodách, bývají vylučovány nemocnými jedinci či bacilonosiči. I přes tak velké rozšíření v prostředí, bývají listeriózy spíše vzácné. Nejvýznamnější druh je *Listeria monocytogenes* a její sérotypy, způsobují onemocnění listeriózu zvířat – skotu, ovcí, ale i lidí. Přenáší se stravou, nozokomiálně i interhumánně. K onemocnění dochází převážně u oslabených osob, začíná zvracením, nevolností, průjemem (mortalita u těchto lidí je 30%) (Rulík et al., 2013).

Další patogenní mikroorganismy vyskytující se ve vodách:

1. Viry (Rulík et al., 2013)

- **Enteroviry** – heterogenní skupina patogenních virů, množící se v zažívacím traktu člověka a jsou vylučovány stolicí. Způsobují gastroenteritidy, některé kmeny meningitidu či paralýzu. Patří zde např. polioviry, aj.
- **Viry hepatitidy A, E, a F** – skupina virů způsobující zánětlivá onemocnění jater, přenášené fekálně orální cestou.

- **Rotaviry** – přenáší se fekálně orální cestou i pitnou vodou. Způsobují těžké horečnaté průjmy kojenců a malých dětí.

2. Patogenní prvoci

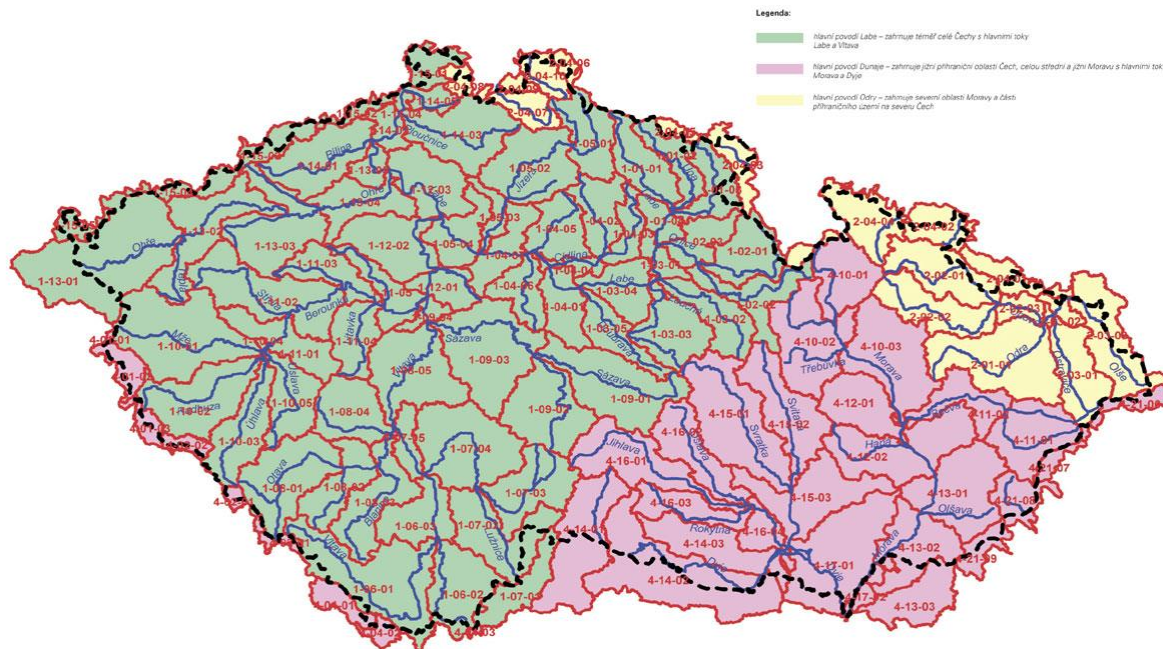
- ***Cryptosporidium parvum*** – je prvok, jehož oocysta se vyskytuje ve vodách. Je nutná filtrace vody, chemická desinfekce proti nim není účinná. Způsobuje průjmové onemocnění kryptosporidiózu, která bývá častou příčinou epidemií zejména ve Velké Británii a USA (Rulík et al., 2013). Parazituje v místě mikroklků tenkého a tlustého střeva myši, morčat, ovcí a skotu – hlavně telat, příležitostně i člověka (Volf et al., 2007).
- ***Giardia intestinalis*** – lamblie lidská je bičíkovec s podobnou problematikou jako *Cryptosporidium*. Způsobuje průjmové onemocnění, někdy postihuje i játra a nazývá se giardióza (Rulík et al., 2013). Přenáší se mezi hostiteli odolnými cystami znečištěnou vodou či potravinami (cysty přežijí chlorování). Infekční dávka je velmi malá, postačí i několik cyst k vyvolání infekce. Zoonotické genotypy byly izolovány nejen ze zvířat, ale i u člověka, přestože zoonotický přenos nebyl zatím prokázán (Volf et al., 2007).
- **Patogenní měňavky** – jsou významné nejen jako patogeny, ale i jako hostitelský organismus některých patogenních bakterií, např. legionel. *Entamoeba histolytica* může způsobit onemocnění **amébozu**, která se projevuje od lehkých a nespecifických gastrointestinálních potíží, až po těžké průjmy s příměsí krve a hlenu. Neléčená může končit smrtí. Volně žijící měňavky, např. *Naegleria fowleri*, *Acanthamoeba* spp., aj. žijí ve vodě a v půdě. Zástupci rodu *Naegleria* se vyskytují v teplých vodách (průmyslové vody, teplé prameny, bazény, atd.), pronikají ze sliznice dutiny nosní, podél čichového nervu přímo do mozku, kde se rychle množí a mohou způsobit **akutní meningoencefalitidu**. Toto onemocnění je smrtelné (Rulík et al., 2013). Zástupce rodu *Acanthamoeba* tvoří velmi odolné cysty s dvojitou stěnou, žijí ve sladké i slané vodě, bahně, půdě, na rostlinách, atd. Mohou u lidí způsobit dvě závažná onemocnění, ložiskový zánět mozku tzv. **granulomatózní amébovou encefalitidu** (postihuje imunosuprimované jedince) – cesta infekce vede vdechnutím či oděrkami, rankami. Úmrtnost je téměř 100%. Druhá choroba se nazývá **akantamébová keratitida**, postihuje zejména lidi nosící kontaktní čočky. Příčinou je většinou nedostatečná hygiena kontaktních čoček, následkem je velmi bolestivý zánět rohovky (Volf et al., 2007).

3.3. Charakteristika oblasti povodí Odry

Vodní zákon rozděluje území České republiky na tři mezinárodní oblasti - povodí řeky Odry, Labe a Dunaje (obr. 1). Dále na deset dílčích povodí, a to na **povodí Horní Odry** (zájmová oblast), Lužické Nisy a ostatních přítoků Odry, Moravy a přítoků Váhu, Dyje, ostatních přítoků Dunaje. V Čechách povodí Horního a Středního Labe, Horní Vltavy,

Berounky, Dolní Vltavy, Ohře, Dolního Labe a ostatních přítoků Labe (Zákon č.254/2001 Sb.).

Obr. 1: Mapa vodních toků v ČR s barevným vyznačením hlavních povodí a s čísly hydrologického pořadí (www.casopisstavebnictvi.cz).



Dílčí povodí horní Odry připadá do úmoří Baltického moře. Celková rozloha mezinárodního povodí Odry zaujímá 118 861 km² až k ústí do Baltického moře. Na území ČR zaujímá oblast o rozloze 7 217 km², na Moravě a ve Slezsku oblast velkou 6 252km², zbývající část na území severních a východních Čech (www.pod.cz).

3.3.1. Povodí řeky Morávky (obr. 2)

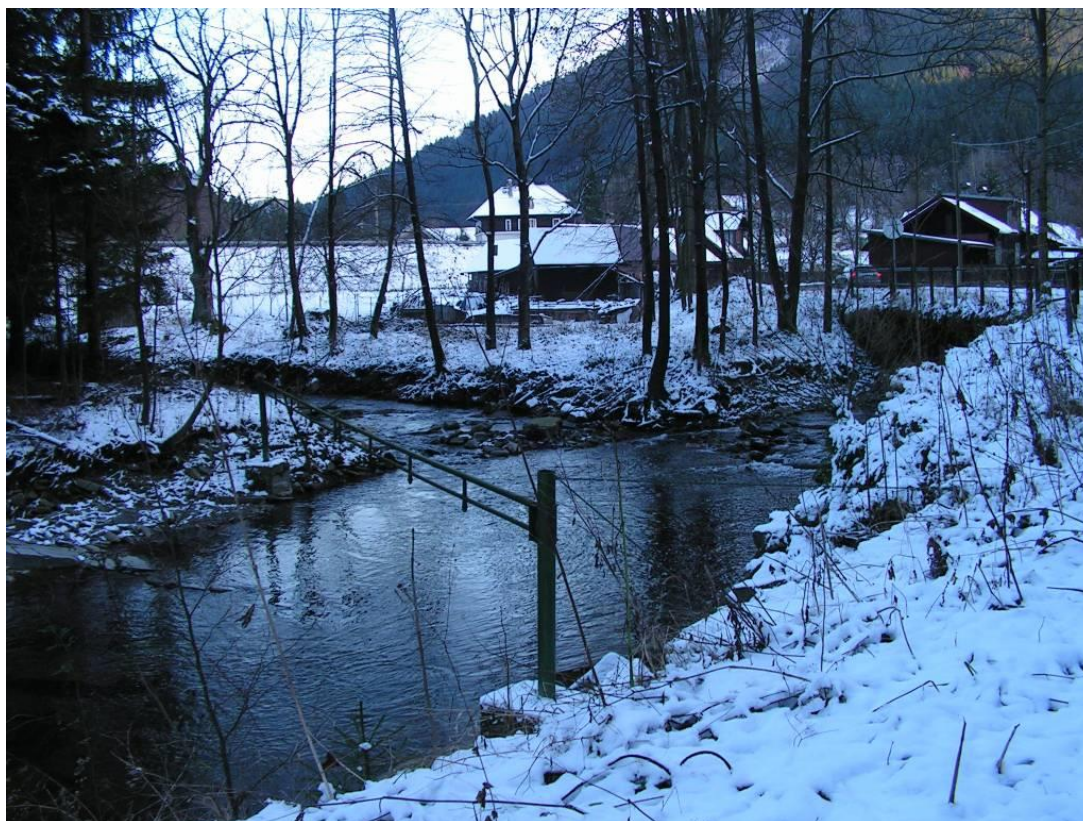
Obr. 2: Povodí řeky Morávky (www.pod.cz)



Řeka Morávka protéká (až po nádrž) v sevřeném údolí horského masivu Beskyd, celé její povodí protéká katastrem okresu Frýdek-Místek. Pod nádrží se údolí rozevírá a řeka protéká osídlenou částí Podbeskydí. Řeka Morávka pramení pod Bílým Křížem v Moravskoslezských Beskydech v nadmořské výšce asi 800 m n. m., je pravostranným přítokem Ostravice, do níž ústí ve Frýdku-Místku. Celková délka toku je 29,4 km, přehradní hráz údolní nádrže Morávka tok dělí na 18,8 km. Morávka má bystřinný charakter až do 13,2 km, kde do ní ústí levostranný přítok Mohelnice. Vyskytují se zde chráněné druhy, jako je mihule potoční (*Lampetra planeri*), střevle potoční (*Phoxinus phoxinus*) a oba druhy vranek - obecná (*Cottus gobio*) a pruhoploutvá (*Cottus poecilopus*), také je lovištěm ledňáčka (*Alcedo*

atthis). Od pramene k ústí Mohelnice, vykazuje procentuální podélný sklon dna, mezi přehradní hrází a Mohelnicí průměrný sklon 15‰. Pod Mohelnicí k ústí činí sklon dna 9‰. Velikost zrnitosti dnového materiálu činí od přehrady po ústí v celkovém vzorku 70-80 mm, u ústí okolo 35 mm. Do Morávky ústí dále menší toky Skalka a Slavíč, jejichž plocha povodí přesahuje 10 km². Morávka spolu s Mohelnicí před vybudováním nádrže Morávka patřily, v rámci poměrů mezi hodnotami nejvyšších povodňových průtoků a jejich minimy (během období sucha), k nejrozkolísanějším tokům na našem území. Vysoké kulminační průtoky, geologické podloží flyšových Karpat a vysoký podélný sklon zapříčinily katastrofální průběhy povodní. Prvních 12,2 km délky toku (od pramene včetně nádrže) spadá do CHKO Beskydy a Chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV) Beskydy. Horní úsek toku od 1,1 km po 3,4 km je chráněný tzv. Profil Morávky. V úseku toku od 5,7 km po 10,5 km se rozkládá přírodní památka Skalická Morávka. Povodí Odry dělí tok Morávky do 4 vodních útvarů: 1. Morávka od pramene po soutok se Skalkou (obr. 3), 2. nádrž VD Morávka, 3. úsek od nádrže po soutok s Mohelnicí a 4. od Mohelnice po ústí do Ostravice (www.pod.cz).

Obr. 3: Soutok Morávky a Skalky (Nytrové) (foto: Jakešová, 2010).

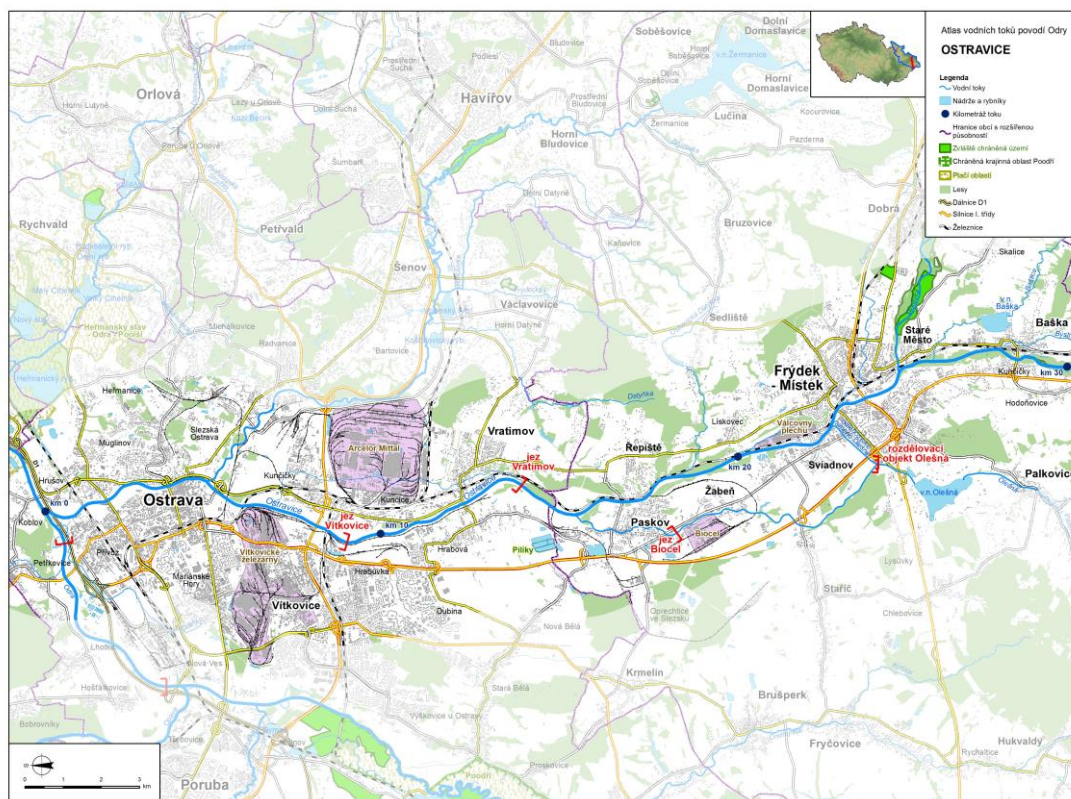


3.3.2. Povodí řeky Ostravice (obr. 4 a 5)

Ostravice pramení na katastru obce Bílá – Hlavatá (moravsko-slovenské pomezí) v nadmořské výšce 720 m n. m. jako Bílá Ostravice. Po 9,7 km se stéká s pravostranným přítokem Černou Ostravicí, dále již platí společný název Ostravice až k soutoku s Odrou v Ostravě. Tok je přehrazen v km 45,8 přehradní hrází údolní nádrže Šance. Nad oblastí zátopy má tok bystřinný charakter s podélným sklonem dna pohybujícím se v procentech. Pod nádrží Šance klesá sklon od 9‰ (u Frýdlantu nad Ostravicí) po 1,5 ‰ v ústí. Řeka je šterkonosná,

nad nádrží je výskyt velké frakce splavenin dna. Průměrná velikost zrnitosti splavenin dna pod nádrží je 50-80 mm, při ústí 35 mm (www.pod.cz).

Obr. 4 a 5 povodí řeky Ostravice od pramene po soutok s Odrou (www.pod.cz)



Před výstavbou údolní nádrže Šance patřila Ostravice průtokově k nejrozkolísanějším tokům v ČR. Tato situace byla dána vysokými srážkami, její vysoké kulminační průtoky spolu s podélným sklonem a velkou reliéfovou energií, způsobovaly obzvláště katastrofické povodně. Po povodních v r. 1902 a 1903, které pohltily téměř celé povodí Ostravice, se začaly dít velké změny v regulacích toku Ostravice i Morávky. Ostravice je od ústí do Odry až po dnešní přehradu Šance (46 km) celkově upravena. Do Ostravice ústí tři toky velmi podobných charakteristik jako vykazuje sama Ostravice, jedná se o Morávku, Olešnou a Lučinu. Dále se do ní vlévá řada malých toků, uvedu jen ty, jejichž plocha povodí přesahuje 10 km²: Velký potok a Řečice (ústí do zátočky VD Šance), Smradlava, Frýdlantská Ondřejnice, Čeladenka, Bystrý potok, Baštice a Ostravická Datyňka. Vodní nádrž Šance a úsek toku po km 41,6 spadá do CHKO Beskydy a zároveň do CHOPAV Beskydy. Z významných chráněných živočichů jmenuji: střevle potoční (*Phoxinus phoxinus*), mihule potoční (*Lampetra planeri*), mník jednovousý (*Lota lota*), oba druhy vranek – obecná (*Cottus gobio*) a pruhoploutvá (*Cottus poecilopus*), loviště ledňáčka (*Alcedo atthis*) a na středním toku vzácně i vydra říční (*Lutra lutra*) (www.pod.cz).

Obr. 6: Ostravice cca km 53 (foto: Jakešová, 2011)

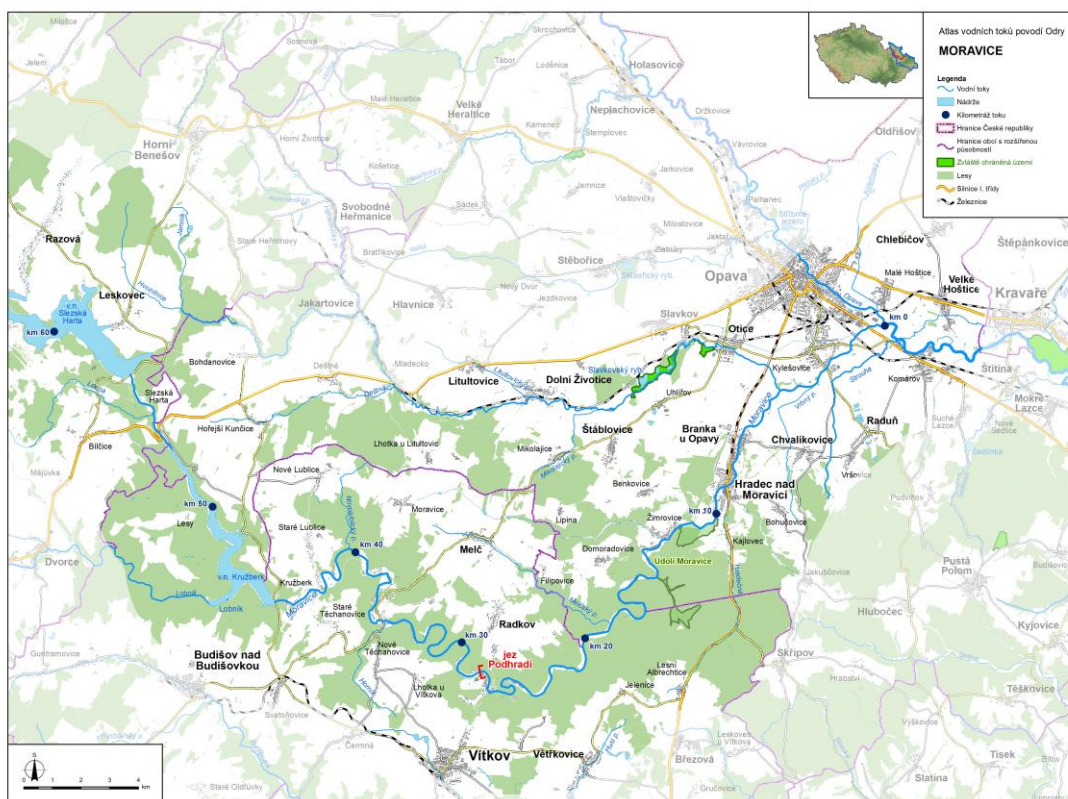
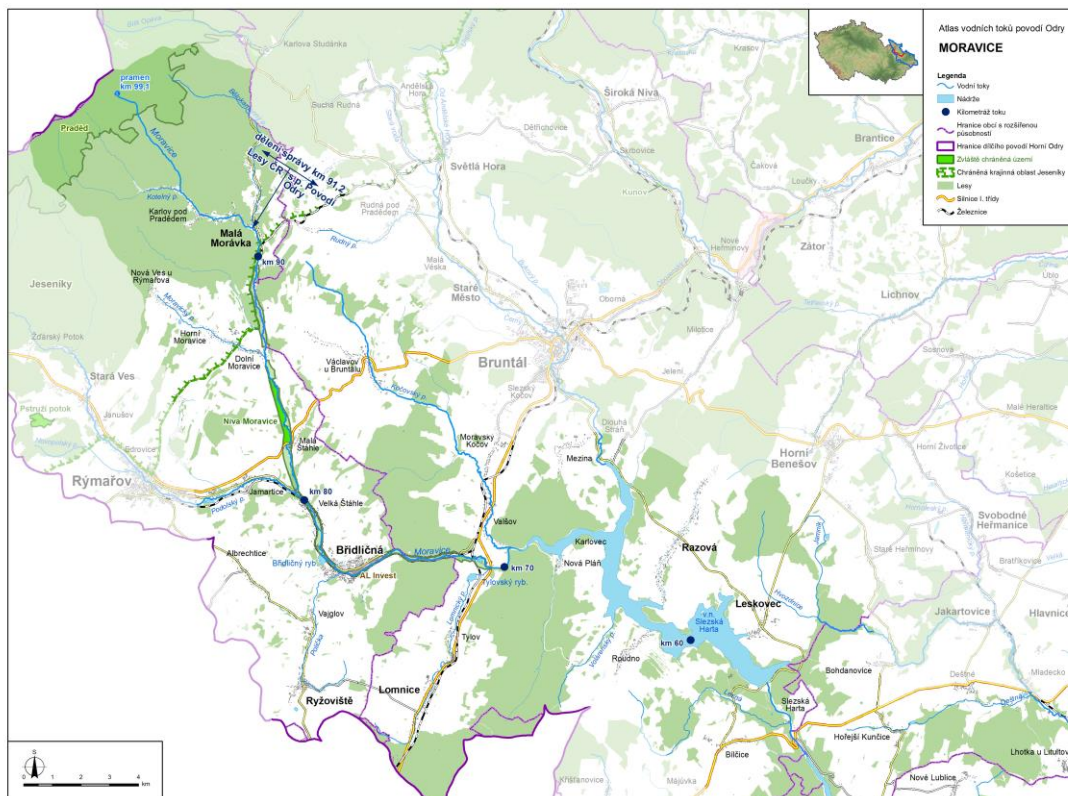


3.3.3. Povodí řeky Moravice

Povodí řeky Moravice (obr. 7 a 8) řadíme do jesenické oblasti českého krystalinika. Moravice je rozlohou povodí čtvrtým největším tokem v povodí Odry. Jsou na ní vybudovány dvě nádrže Kružberk a Slezská Harta. Pramení v Hrubém Jeseníku a nadmořské výšce 1134 m n. m. ve Velkém Kotlí, cca 3km jižně od vrcholu Pradědu. Po 99,1 km se vlévá do řeky Opavy. Trasa řeky Moravice se nezvykle láme ve čtyřech úsecích do přibližně pravého úhlu, což je způsobeno rozlámáním původní jesenické paroviny do řady ker v období začátku

alpínské orogeneze na východním území naší republiky v době třetihor. Zlomy mezi krami vytvořily základní trasy zdejších toků. Moravice má i odlišný průběh podélného sklonu dna, než je tomu ve většině případů ostatních toků (směrem po toku se zpravidla snižuje). U Moravice má bystřinná horní část procentuální hodnoty sklonu, u Malé Morávky klesá na cca 6‰, od Slezské Harty (úsek asi 42km) klesá pod 3‰, u Vítkova zvyšuje na 4,5‰, na spodních 7km vykazuje sklon 3‰. Od pramene po km 90,3 spadá tok Morávky do CHKO Jeseníky a CHOPAV Jeseníky. Z maloplošných chráněných území k Moravici patří chráněné vrchoviště v lokalitě Praděd a lokality niva Moravice a údolí Moravice. Z chráněných druhů se na horním toku vyskytuje mihule potoční, mník jednovousý, v místech středního toku (meandry) žijí oba druhy vranek (*Cottus gobio*) a (*Cottus poecilopus*), střevle potoční (*Phoxinus phoxinus*), rak říční (*Astracus astracus*), škeble říční (*Anodonta anatina*) a velevrub tupý (*Unio crassus*). V partiích mezi nádržemi žije ledňáček říční (*Alcedo atthis*). V minulosti byla tato část řeky trdlištěm lososů (www.pod.cz).

Obr. 7 a 8: Mapa povodí řeky Moravice (www.pod.cz)



3.4. Struktura povodí Odry

3.4.1. Schéma vodohospodářské soustavy povodí Odry (obr. 9)

Jedná se o důmyslný projekt, soustavu vodohospodářských zařízení (nádrží, vodních elektráren, převaděčů, jezů, náhonů, atd.) propojených vodními toky a fungující jako jeden organismus. Priority a pravidla řízení vodního hospodářství v povodí určuje tzv. **Manipulační řád vodohospodářské soustavy povodí Odry**, který je každý rok modernizován a upravován podle vysledovaných potřeb. Priority jsou rozděleny **do 5 tříd**, kdy platí, že nejdříve musí být uspokojeny požadavky vyšší třídy, potom teprve požadavky tříd nižších (www.pod.cz):

Do **1. třídy** jsou zařazeny nejdůležitější potřeby obyvatel a hlavní požadavky pro zachování vodního ekosystému, tzn. vodárenské odběry a základní minimální průtoky pod nádržemi na tocích prvních tříd.

Do **2. třídy** patří uspokojení průmyslu, průmyslové odběry a zachování základních minimálních průtoků na tocích druhých tříd.

3. třída zajišťuje zvýšené minimální průtoky toků třetích tříd.

Prioritou **4. třídy** je zachování těch nejlepších podmínek pro rekreaci na nádržích Slezská Harta, Olešná, Těrlicko a Žermanice.

V **5. třídě** je zařazena výroba elektrické energie ve vodních elektrárnách.

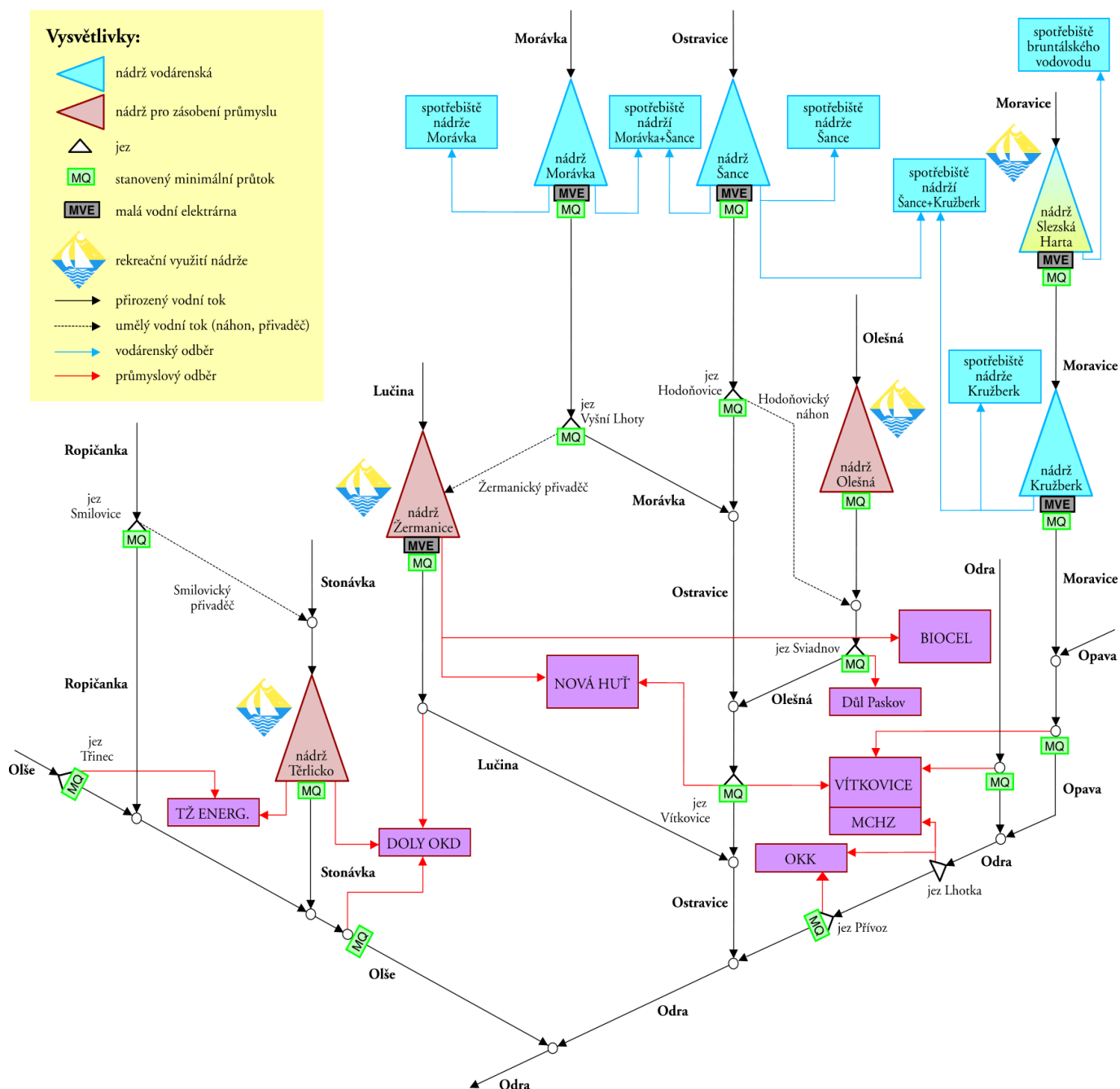
V praxi manipulační řád a propojenost celého povodí Odry funguje tak, že na příklad, když se zvýší v létě organické znečištění v rekreačně využívané nádrži Žermanice, dovede se z výše položené vodárenské nádrže Morávka, uměle vytvořeným přivaděčem, určité množství čisté vody. Výsledek je takový, že se znečištěná voda z Žermanické přehrady smísí s čistou vodou z Morávky a eutrofizace se sníží, prodlouží se tak sezóna koupání a obecně vodní rekreace. Výjimečné je rovněž zásobování průmyslu vodou. Mohutná ostravská průmyslová aglomerace vyžaduje dobře kvalitativně i kvantitativně vyřešené pravidelné zásobování pitnou i užitkovou vodou (www.pod.cz).

3.4.2. Vybraná vodní díla povodí Odry

Co je vodní dílo, a co se už za vodní dílo nepovažuje, přesně stanovuje zákon č.254/2001 Sb. tzv. vodní zákon. Mezi vodní díla patří např.: přehrady, hráze, vodní nádrže, jezy a zdrže, kanalizační stoky, úpravný vody, ČOV, atd. (Zákon č. 254/2001 Sb.).

Povodí Odry disponuje řadou vodních děl. Diplomová práce přibližuje některé z nich, zejména přehradní nádrže. Přehrada je součástí vodního díla, je to přehrazení toku, které umožnilo vytvořit umělou vodní nádrž. Vodní dílo představuje celek a zahrnuje nádrž, hráz, výpusti, přeliv a ostatní prvky důležité pro správný chod vodního díla. Staví se ze dvou hlavních důvodů – zásobní a ochranou (retenční) (Sedláček, 2013).

Obr. 9: Schéma vodohospodářské soustavy povodí Odry (www.pod.cz)



V rámci povodí Odry byly vybudovány nádrže (www.pod.cz):

vodárenské:

- **Šance** - údolní nádrž byla vybudovaná v letech 1964-1969 na řece Ostravici. Hlavním důvodem byla ochrana před povodní, přidala se i potřeba zásobovat ostravskou průmyslovou aglomeraci a obyvatelstva pitnou vodou a vylepšování průtoků v Ostravici.
- **Morávka** – byla vybudována na stejnojmenné řece jako vodárenský zdroj v letech 1961-1967.

- **Kružberk** – na řece Moravici v okrese Bruntál, byla vystavěna jako první údolní nádrž v povodí Odry v letech 1948-1955. Původní záměr využití nádrže pro energetické využití průtoků byl doplněn o vodárenské využití. Nyní úzce komunikuje v kaskádě s později vybudovanou nádrží Slezská Harta. Plní řadu funkcí: zajišťuje dodávku surové vody do vodárny v Podhradí, vylepšuje průtoky na Moravici, Opavě a Odře, vytváří lepší podmínky pro život v těchto tocích a umožňuje průmyslové odběry z daných toků.

ostatní:

- **Slezská Harta** – byla vystavěna v letech 1987-1997 z důvodu posílení VD Kružberk. Využívá se i jako zdroj surové vody pro vodárenské účely, vylepšení průtoků v Moravici, Opavě a Odře a k využití vodní energie.
- **Těrlicko** – údolní nádrž na řece Stonávce byla vybudována za účelem vodního zdroje pro Třinecké železárny a zásobování dolů, v letech 1955-1964. Plní i další funkce: povodňová ochrana níže položených oblastí, vylepšování průtoků ve Stonávce a využití pro rekreaci, zásobuje provozní vodou Elektrárnu Dětmovice (pro tento účel byl vybudován přivaděč z Ropičanky).
- **Žermanice** – byla vystavěna na řece Lučině 1951-1957 jako zdroj provozní vody pro ostravský průmysl (nyní Nová Huť, a.s. a pro průmysl v Paskově). V r. 1959 byla posílena o přivaděč z řeky Morávky. Využívá se dále pro navyšování průtoků pod nádrží, využití pro výrobu elektrické energie a je vyhledávanou rekreační oblastí
- **Olešná** – na řece Olešná u Frýdku-Místku v letech 1960-1964. Hlavní funkcí je zásobování průmyslu, povodňová ochrana Paskova. Další možnosti využití je rekreace a chov ryb.
- **Baška** – vybudována byla na řece Bašticí v letech 1958-1961 pro rekreační účely a navyšování průtoků pod hrází.

Mezi faktory zásadně ovlivňující kvalitu vody v povodí a nádržích patří:

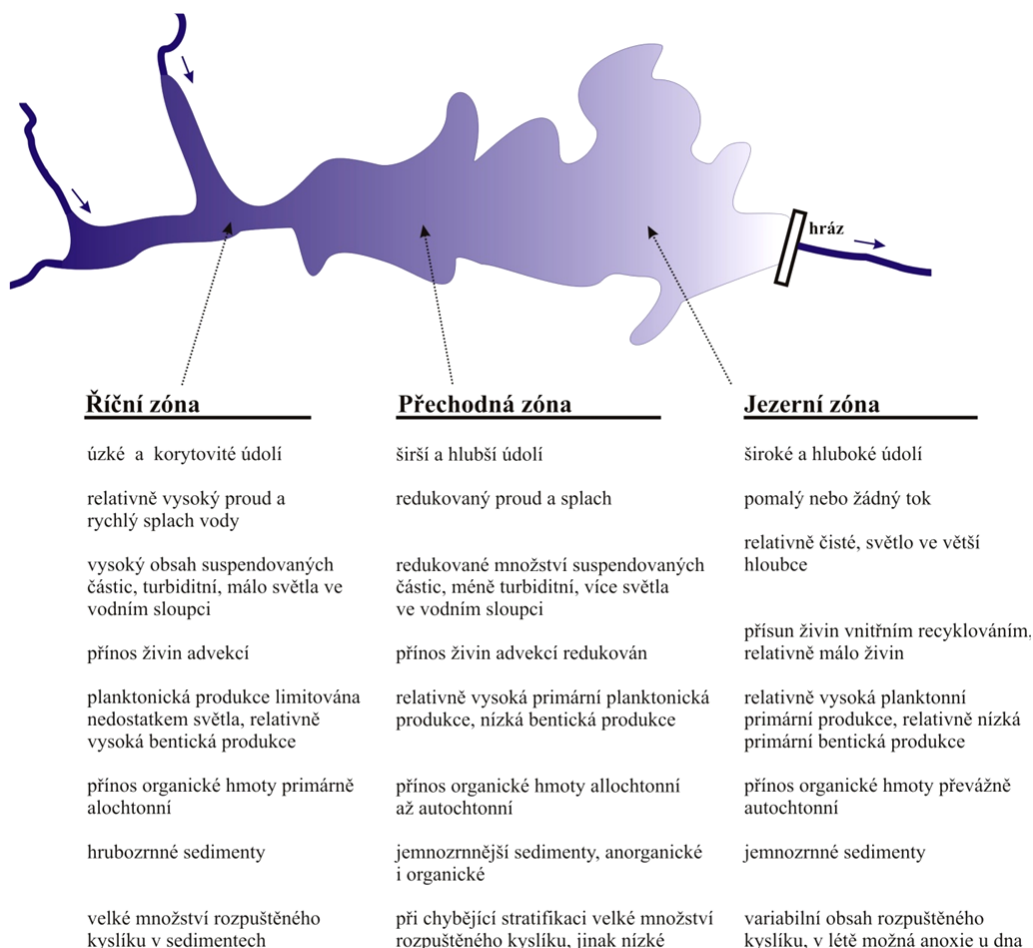
- Způsob užívání krajiny (poměry ploch zastavěných, orných, zalesněných, atd.).
- Retenční kapacita prostředí (vododržná kapacita a diverzita lesů, správná zemědělská činnost, protipovodňová a protierozní opatření).
- Úroveň vodního hospodářství v povodí (intenzita a úroveň rybářského managementu, kvalita stokových sítí, účinnost čistírenství, možné druhy zdrojů znečištění, atd.).
- Systém hospodaření v extrémních hydrologických situacích (schopnost vyrovnávat minimální průtoky v době sucha, systémy zdržení, řízeného rozlivu a vsakování přívalových srážek tak, aby bylo možno minimalizovat hydrologické stresy v tocích a minimalizovat škody přívalových vln v nádržích) (Adámek et al., 2010).

Opatření realizovaná v povodí nad nádrží se na kvalitě vody neprojeví bezprostředně, ale spíše v dalších vegetačních sezónách (Adámek et al., 2010).

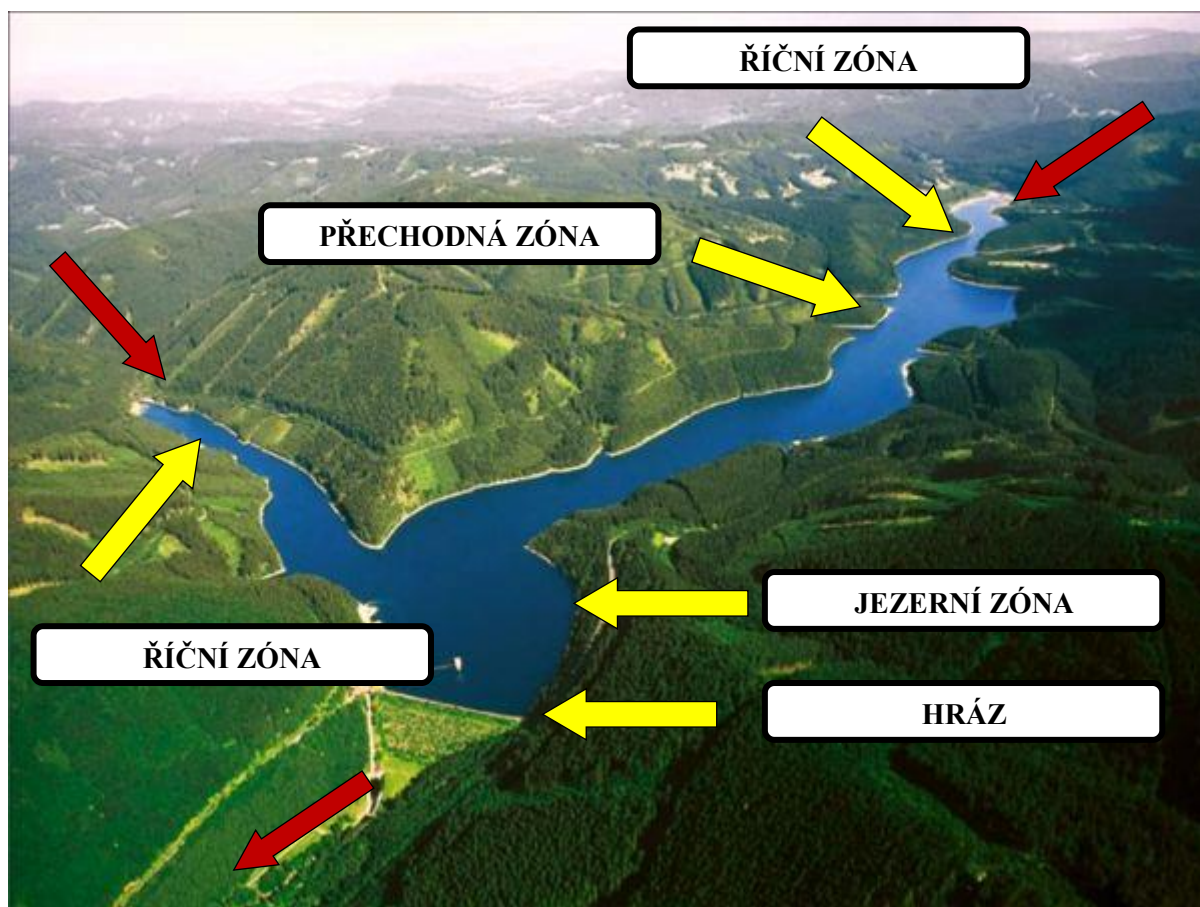
3.4.3. Zonálnost přehradních nádrží

Každá vodní nádrž je složena z určitých úseků, každý z nich vykazuje jiné podmínky a děje znázorněné na obr. 10 (Sedláček, 2013).

Obr. 10: Zonálnost přehradní nádrže a charakteristika dílčích zón (Sedláček, 2013)



Obr. 11: Vodní nádrž Šance s vyznačenou zonálností, přítokem a odtokem (Foto: www.homen.vsb.cz)



3.5. Sedimenty

3.5.1. Zdroje říčních a limnických sedimentů

Zvětráváním se na zemském povrchu uvolňuje velké množství minerálních látek, které se dostávají pomocí exogenních sil do pohybu. Exogenní dynamika Země je dána především existencí atmosféry a hydrosféry. Určitou měrou jsou jejich účinky na modelaci zemského povrchu závislé na intenzitě slunečního záření a samozřejmě na gravitaci, která ovlivňuje veškerý pohyb hmot na Zemi (Zapletal, 1995).

Při zvětrávání se horniny přizpůsobují podmínkám panujícím na zemském povrchu, které se často liší od podmínek, za nichž se zvětrávající horniny vytvářely. Podle působících faktorů rozlišujeme zvětrávání mechanické (fyzikální) a chemické zvětrávání. **Mechanickým zvětráváním** rozumíme mechanický rozpad hornin na různě velké frakce, jenž je vyvolán tlakem nebo napětím ve zvětrávající hornině. Základní význam zde mají výkyvy teploty spolu s odlišnými fyzikálními vlastnostmi nerostů, z nichž jsou horniny složeny. Změna teploty horniny vyvolává nestejně změny v objemu jednotlivých minerálů, čímž mohou vznikat trhliny v povrchové vrstvě horniny. Při přímém ozáření horniny sluncem mohou být změny objemu minerálů v hornině výraznější, protože na příklad tmavé minerály se zahřívají více než minerály se světlou barvou. Horniny jsou špatnými vodiči tepla, proto k porušení hornin

dochází jen v povrchové vrstvě horniny, která se později lehce oddělí a je transportována dál do místa depozice (Zimák, 1998).

Naopak při nízkých teplotách pod bodem mrazu, voda přítomná v dutinkách hornin zvětšuje svůj objem o asi 9%, což vede k **mrazovému tříštění horniny**, tzv. **gelivaci**. V našich podmínkách velmi častý proces (Kettner, 1955). Mechanické rozrušování hornin, pevnými částicemi unášenými větrem, nazýváme **větrnou abrazi (korazi)**. Silné působení eolické činnosti je typické zejména pro pouštní, polopouštní a stepní oblasti (Zimák, 1998). V ČR bývá větrnou erozí nejvíce postižena oblast jižní Moravy, Moravská brána, Polabí. Jedná se především o odnos jemné půdní frakce v otevřené krajině (Buzek, 2005). Stejným způsobem dochází k opracovávání a modelaci reliéfu transportem pevných částic vodní cestou. Činitelem je zde voda a proces se nazývá **vodní eroze** (Zimák, 1998). Odnos jemných půdních částic vodou či větrem, ochuzuje půdu o živiny, které jsou na jemnozem vázány (Buzek, 2005).

Vodní eroze v našich podmínkách může být způsobena několika činiteli, jedním z nich je **dešťová voda**. Déšť uvolňuje z půdy částice různé velikosti, které jsou pak unášeny v podobě ronového splachu (tj. nesoustředěného plošného odtoku) na určitá místa depozice nebo přímo do vodního toku (tj. soustředěného odtoku). Velmi záleží na složení půdního fondu, sklonu svahu, vydatnosti srážek. Plošný splach se téměř neprojevuje v lese, je velmi malý na zatravněných svazích. Velmi silný je však na obnažené půdě na polích (Demek, 1987). Poměrně častá je i **říční eroze**, která buď prohloubí koryto řeky, nebo ho rozšíří. Síla říční eroze je dána rychlostí proudu vody, vydatností srážek, klimatem, vlastnostmi unášených částic, odolností horninového podloží, obecně hydrogeologickými podmínkami. Při prohlubování koryta toku se vytvoří geomorfologické útvary – říční terasy. V podmínkách stojatých vod (umělé vodní nádrže, jezera) dochází k **jezerní erozi**, která nárazy vln přetváří a modeluje břehy a pobřeží. Opět záleží na hydrogeologických podmínkách (Kettner, 1955).

Mezi **biogenní-mechanický typ** zvětrávání patří rozrušování hornin kořeny vegetace, ale také některé činnosti člověka (Zimák, 1998).

Chemické zvětrávání je spojeno s fyzikálním – čím více je hornina narušená fyzikálním zvětráváním, tím je účinnější chemické zvětrávání. Převážně jde o působení vody a v ní rozpuštěných látek (Zimák, 1998). Svým způsobem zde patří i biogenní činnost vegetace (např. mechů, lišejníků), živočichů (např. mlžů) a huminových kyselin z tlejících organismů. Účinně se na chemickém zvětrávání podílejí i bakterie. Aerobní bakterie uvolňují při rozkladu organických látek CO₂, zvyšuje se tak rozpouštěcí schopnost vody. Jiné bakterie produkují kyseliny dusičnou, kyselinu sírovou, která rozkládá i křemičitany. Anaerobní bakterie získávají kyslík redukcí oxidických minerálů (Zapletal, 1995).

Po destrukci starších hornin, vznik sedimentů pokračuje transportem různě velkých úlomků hornin, jemných částic, ale i vyloužených látek v podobě roztoků na různě vzdálená cílová místa, místa depozice (Zimák, 1998). V poslední době dochází k urychlení destrukce reliéfu antropogenní činností (Sedláček, 2013).

Složky sedimentů vyskytující se ve vodním toku a následně v recipientu mohou být dvojího původu. Rozlišujeme je podle místa vzniku. Složky dopravené ze břehu (pole, louky, lesy, skalní výchozy) nazýváme **alochtonní složky sedimentů**. Materiál vznikající při erozi

říčního koryta nebo organického původu, který se následně v toku či recipientu usazuje, je **sediment autochtonní** (Borodajkevyčová a Mosný, 2003). Autochtonní sedimenty vytvořené přímo v nádržích jsou převážně organického původu, jde o zbytky rostlinné a živočišné produkce usazené během a po skončení produktivního období v rezervoáru (Sedláček, 2013). Tento typ sedimentů někteří autoři neřadí do skupiny autochtonních sedimentů, ale vyčleňují třetí skupinu tzv. **endogenních (akvagenních) složek sedimentů** (Zimák, 1998).

Sedimenty uložené ve vodním prostředí mohou být složeny z různě velikých zrn (tab. 1) a mohou být kohezivní a nekohezivní. **Kohezivní sedimenty** jsou převážně homogenní směsi **velmi jemnozrnných** (jíl) a **jemnozrnných** pevných částic, které jsou vázány kohezními (elektrochemickými) silami. **Nekohezivní sedimenty** jsou převážně heterogenní směsi písku, štěrku, valounků, různě velkých fragmentů hornin, které jsou společně svázány gravitační silou (Sedláček, 2013).

Tab. 1: Rozlišení složek sedimentů podle velikosti zrn (www.geologie.vsb.cz)

| ZRNITOST SEDIMENTU | (mm) |
|-------------------------------|---------------|
| Balvan | 250 a větší |
| Hrubý štěrk, hrubý valoun | 50 – 250 |
| Střední štěrk, střední valoun | 10 – 50 |
| Jemný štěrk, drobný valoun | 50 – 250 |
| Hrubozrnný písek | 10 – 50 |
| Střednězrnný písek | 10 – 2 |
| Jemnozrnný písek | 2 – 0,5 |
| Prach | 0,5 – 0,25 |
| Jíl | 0,025 – 0,063 |

Sediment představuje komplex již usazených pevných částic, ale před usazením reprezentuje ve vodě přítomné plaveniny či splaveniny. **Plaveniny** jsou jemnozrnné částice (nebo částice s nízkou hustotou) unášené v suspenzi turbulencí proudu, rozmístěné v celém profilu a pohybující se přibližně stejně rychle jako voda. Při určitém snížení rychlosti pod tzv. kritický bod dochází k sedimentaci. **Splaveniny** představují materiál (zrna větší frakce nebo s vyšší hustotou) unášený proudem a posunující se po dně toku. Množství plavenin a splavenin (následně i sedimentu) závisí na intenzitě erozních procesů, velikosti a rychlosti povrchového odtoku. Obecně platí, že v období s nižšími srážkami převažují splaveniny a plaveniny autochtonního původu. V období vysokých srážek či tání sněhu pocházejí z povrchového splachu a erozních procesů celého povodí (původ alochtonní) (Borodajkevyčová a Mosný, 2003).

Největší podíl alochtonu transportovaného na velké vzdálenosti a následně usazeného v říčních korytech a nádržích má na svědomí splach z polí a případně lesů (Bača, 2003). Převážnou část usazenin v nádržích tvoří složky minerální povahy 95-98% hmoty a pouze 2-5% tvoří organické a antropogenní částice (Sedláček, 2013).

Faktory výrazně ovlivňující koncentraci plavenin v toku jsou: **transportní kapacita povrchového odtoku** a **dostupnost sedimentu**, což je definováno jako vlastnost sedimentu,

kteřá umožňuje jeho transport povrchořým odtokem ze svahu do nižších partií svahu, případně až do vodního toku (Bača, 2003). V tabulce č. 2 je uvedena potřebná průměrná rychlost proudění vody pro další pohyb jednotlivé frakce unášených anorganických částic.

Tab. 2: Průměrná rychlost vody potřebná pro další pohyb anorganických částic (Štěřba a Rosol, 1989)

| Průměrná rychlost vody (m.s-1) | Průměr zrna (mm) |
|--------------------------------|-----------------------------|
| 0,2 | 0,05 – 0,1 jemný písek |
| 0,3 | 0,002 hlinitopísčítá zemina |
| 0,3 – 0,5 | 2 – 7 hrubý písek |
| 0,6 | 7 – 15 drobný štěrřk |
| 1,0 – 1,4 | 30 – 70 hrubý štěrřk |
| 1,7 | 70 – 500 větší kameny |

Jakýkoliv antropogenní zásah do vodního toku (regulace toku, jezy, malé vodní elektrárny, vodní nádrže, atd.) mění přirozený transport plavenin a splavenin. Narušují přirozený přítok a odtok unášených částic, což má různé důsledky. Tato problematika je v ČR pravidelně monitorována Českým hydrometeorologickým ústavem (celostátní úroveň) od druhé poloviny 90. let minulého století, správci povodí tj. státní podniky Povodí, správci drobných vodních toků tj. Zemědělská vodohospodářská správa a státní podnik Lesy ČR (Medek a Verner, 2003).

3.5.2. Vlastní sedimentační procesy v tocích

Vlastní sedimentaci v toku ovlivňuje množství zdrojů možných usazenin, dostatek a distribuce srážek, oživení toku, svahové pohyby půdy, antropogenní zásahy nejen přímo do vlastního toku, ale i okolí toku (např. těžba dřeva v okolních lesích, zásahy a provoz těžkých strojů, stavby silnic, atd.). Dále množství, skladba a výskyt vegetace, geologické a geomorfologické poměry (Buzek, 2005).

Činnost vodního toku se projevuje trojím způsobem: erozí, transportem a akumulací sedimentu. V závislosti na převládajícím druhu činnosti, lze rozdělit v podélném profilu tok na horní, střední a dolní část. Klastický materiál je postupně tříděn podle velikosti, velké frakce hornin se rozpadají na drobnější štěrřk a písek. Ostrohranné úlomky hornin se obrušují a zaoblují, až jsou z nich po určité době valounky, oblázky a zaoblená zrna písčité frakce. Menší částice jsou unášeny proudem dál a jejich nárazy na dno a břehy působí erozně. Usazované částice jsou tříděné podle velikosti a objemové hmotnosti. Obecně platí, že se průměrná velikost částic směrem k ústí zmenšuje. Při vysokých průtocích se tok může vylít z koryta a v údolní nivě se ukládají jemnozrné povodňové sedimenty tzv. **inundity**. Proto se této oblasti toku říká inundační (Zapletal, 1995).

Vodní toky v údolní nivě tvoří buď přímé, nebo zvlněné úseky. Zvlněné úseky se nazývají zákruty a vznikají boční erozí. Zákruty mohou přecházet ve větší **meandry**, které jsou zaklesnuté (zejména v horním úseku toku), anebo volné (v dolní části toku). Meandry se skládají z nárazové části, **výsepu**, to znamená vydutého břehu. Zde dochází k sedimentaci

minimálně, vznikají u něj výmoly a dochází k boční erozi břehu. Vypuklá část meandru je označována jako **jesep** a je to část břehu, kde dochází k náplavám a akumulaci sedimentů (Demek, 1987).

Při vyústění horských řek do hlavního údolí či podhůří s širokou údolní nivou, vznikají velké **náplavové kužele**. Příčinou je snížení spádu toku. Sedimenty náplavových kuželů mívají heterogenní charakter větších částic šterkopískového typu. Největší množství sedimentů se ukládá v klidnějších vodách dolní části toku, kde jsou sedimenty homogennější než ve vyšší části toku. Obecně platí, že čím více hornina obsahuje křemene, tím delší transport a mechanické přepracování prodělala. Masivní sedimentace probíhá v deltách řek (Zapletal, 1995).

3.5.3. Vlastní sedimentační procesy v nádržích

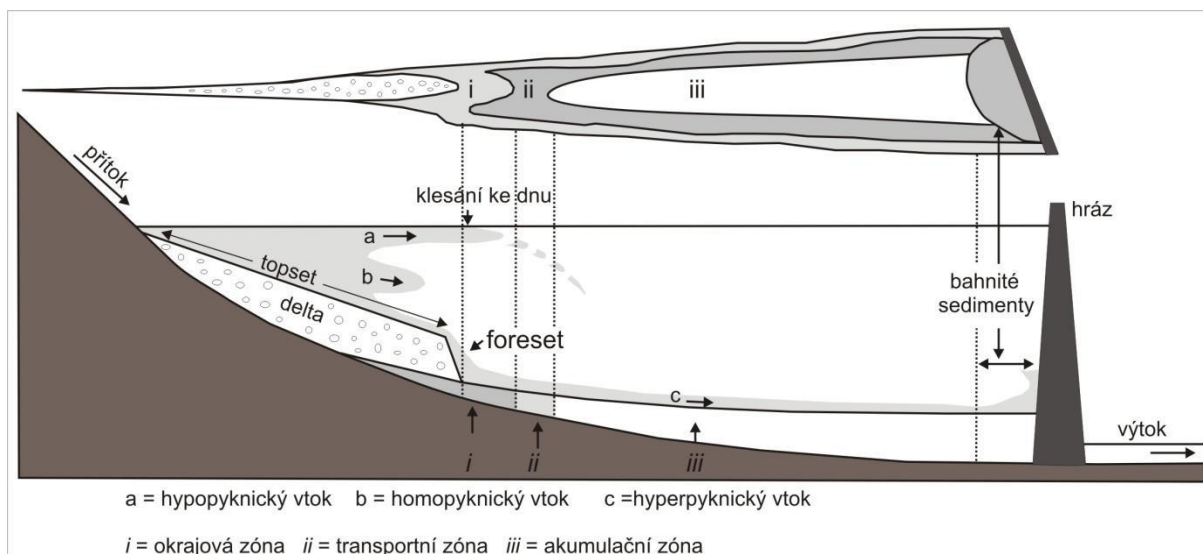
Sedimentační procesy v nádržích můžeme rozdělit na primární a sekundární. **Primární procesy** se týkají suspendovaného materiálu přineseného vodním tokem do nádrže. Další osud přineseného materiálu je závislý na působení dvou sil ve dvou různých směrech. Gravitační síla působí na částice směrem vertikálním a horizontální komponenta, která působí po směru proudu a je závislá na rychlosti proudění. S klesající rychlostí proudu, klesají i částice (Sedláček, 2013).

V přehradních nádržích lze sedimentární dno rozdělit do několika facií. V proximální části vyčleňujeme facií delty s výskytem hrubozrnnějších sedimentů deponovaných při ústí přítoku (přítoků) do nádrže. Zde zároveň rychle klesá unášecí rychlost proudu. S rostoucí vzdáleností od delty klesá rychlost proudění, ale zároveň se mění dynamika proudění. Suspendované částice mohou být dále unášeny dvěma typy proudů, a to jako stratifikované nebo nestratifikované. Pokud není rozdíl hustot mezi přítékající vodou a vodou v nádrži velký, proud se rozšíří a není stratifikován. Ale pokud jsou rozdíly hustoty vod větší, proud je stratifikován. Při velkém transportu sedimentů vodním tokem, mohou mít tyto stratifikované proudy velký vliv na vývoj sedimentace v přehradní nádrži. Stratifikované proudy mohou směřovat podél dna jako hyperpyknické, či podél hustotního rozhraní jako homopyknické a nebo při hladině jako hypopyknické, vyobrazeno na obrázku č. 12. Pokud se hustoty přítékající a stávající vody vyrovnají, dojde k tzv. bodu ponoření, částice začnou klesat ke dnu (Sedláček, 2013).

Ve vodních nádržích existuje mechanismus, který je schopen transportovat hrubozrnné částice na větší vzdálenost než jen do oblasti delty. Děje se tak turbiditními proudy podél bývalé údolnice čili původního řečiště (Sedláček, 2013).

Sekundární sedimentace je způsobená resuspenzací a redistribucí dříve deponovaného sedimentu. V mělkých oblastech se tak může dít činností vln, kdy je sediment přepracován. V hloubkách nádrže jde spíše o fluktuaci ve vodním sloupci. Jedná se především o jemnozrnné sedimenty a částice o nízké hustotě (Sedláček, 2013).

Obr. 12: Schématický průřez nádrží s jedním hlavním přítokem. Vyznačeny jsou typy proudů a jednotlivé zóny (Sedláček, 2013).



3.5.4. Problematika zanášení nádrží sedimenty

Použitelná životnost přehradní nádrže je délka období, po které může být nádrž využita pro její původní nebo modifikované účely. Životnost zásadně zkracuje zanášení nádrže sedimenty (Sedláček, 2013).

Přítomnost většího množství sedimentů v nádržích je nežádoucí z důvodu ztížení průtoku, zhoršení plavebních podmínek (snížením objemu) a případné zhoršení kvality vody při styku s nahromaděnými sedimenty (Hucko, 2003). Pod vlivem zvýšené sedimentace dochází ke zhoršení samočisticí schopnosti vody (Lellák a Kubíček, 1991).

Dlouhodobý vývoj sedimentace v nádrži má tři hlavní etapy. **První etapa** začíná napuštěním nádrže a průběžným zachycováním sedimentů. V deltové proximální části se usazují hrubozrnné částice, což je způsobeno velkou silou proudu. Může se již vytvářet deltová akumulace. V distální části se usazuje jemnozrnný materiál. Ve **druhé etapě** je proximální část zcela zanesena sedimenty, prostor, kudy proudí voda do nádrže, se výrazně zužuje a nádrž v těchto místech získává úzký, korytovitý fluvialní tvar. V distální části stále sedimentují jemné částice až do stavu téměř kompletního zanesení nádrže. **Třetí fáze** se vyznačuje erozí a zahlubováním koryta, čímž se dostávají hrubozrnné frakce podstatně dál od delty, až do distální části, k hrázi nádrže. Tento hrubozrnný materiál se usazuje na jemných dříve usazených sedimentech, až je překryje (Sedláček, 2013). Sedimentačním zanášením bývají nejvíce postižené nádrže situované v oblastech s vysokým rizikem eroze, svahových sesuvů. Oblasti s relativně vysokými srážkami a nestabilním podložím (např. flyšové sedimenty), nádrže obklopené lesy. S rozvojem mechanizace lesních prací v padesátých letech minulého století enormně vzrostla eroze lesní půdy. O tuto problematiku se začali intenzivně zajímat nejen vodohospodáři, ale i lesníci, geomorfologové a další odborníci. Problematika je sledována a řešena na mezinárodní úrovni. Z pohledu vodohospodářů intenzivní vodní eroze půdního fondu, nejen zanáší vodní nádrže, ale jemné částičky půdy se dostávají do toků a ve

formě plavenin buď sedimentují, nebo se dostanou až do úpravní vody, kde ztěžují výrobu pitné vody z vody surové a celý tento proces značně prodražují. Jednou z takto postižených oblastí jsou Moravskoslezské Beskydy s vodárenskými nádržemi Šance a Morávka. Oblast je zdrojem pitné vody pro Ostravsko. Zdrojem plavenin v Moravskoslezských Beskydách jsou z 80% lesní komunikace poškozené průjezdy traktorů, které při velkých deštích, rychlém tání sněhu bývají rozryty do hloubky až půl metru. Za silných dešťů může být v těchto podmínkách odneseno z km² až desítky m³ půdy, jak prokázala studie Lesoprojektu ve Frýdku-Místku *Inventarizace lesních cest v povodí nádrže Šance v roce 1975* (in Buzek, 2005). Studie udává, že v tomto povodí je 6,2% komunikací zcela zničeno erozí, 38,5% silně poškozeno a 38,1% poškozeno lehce. Jen pro srovnání na příklad v Příborské pahorkatině, která má plochý reliéf, můžeme roční úbytek půdního profilu vyjádřit v µm. V horském reliéfu Beskyd činí tento úbytek na pískovcovém podloží (odolnější) 0,5mm a až 4mm na méně odolnějším břidlicovém podloží. Výsledkem takového úbytku jsou již viditelné stružky a rýhy (Buzek, 2005).

Podle výsledků intenzivního sledování plavenin v Beskydách bylo zjištěno, že např. v roce 1996, kdy byly rozsáhlé srážky (duben, červen, září – celkem 62 dní), i když v úhrnu byl tento rok sušší, bylo do vodárenské nádrže Šance transportováno přes 98,6% celoročního množství plavenin. Při záplavách v r. 1997 byl odnos z důvodů vysoké koncentrace plavenin a vysokých průtoků obzvláště vysoký, 6. - 10. července činil 227 567 tun, tj. 90% celkového odnosu za rok 1997. Výzkum intenzity sedimentace v nádrži Šance říká, že se v ní usazuje asi 90% přineseného materiálu. Šance disponuje objemem 94 milionů m³, takže zatím nehrozí výrazné zanesení. Momentálně větší problémy způsobuje dlouhodobé vznášení pevných částic ve vodním sloupci a jejich odstraňování při úpravě surové vody na pitnou (Buzek, 2005).

V prvních letech napouštění prodělává nádrž vývoj, v rozmezí 5-10 let, až do doby ustálení podmínek. Protože dochází k neustálému přísunu živin, dochází ke zhoršování kvality povrchové vody a začne se projevovat eutrofizace, např. výskytem vegetačního zbarvení vody a vodního květu (Ambrožová Říhová, 2009). Jedním z řešení problému je vytěžení sedimentů. Po vytěžení se mohou sedimenty deponovat nebo využít k jiným účelům, což je závislé na jejich kvalitativním a kvantitativním složení (Hucko, 2003).

Jiným méně radikálním řešením snížení eutrofizace vody v nádrži je **biomanipulace – chov ryb**. Úspěšně byla biomanipulace zavedena v údolní nádrži Klíčava, kde se v případě negativního pomnožení okouna říčního (planktonožravá ryba), tvořil až 95% celkové rybí populace. Velká rybí populace zvyšuje koloběh biogenních prvků ve vodě a způsobuje rychlejší obnovování celé biocenózy, současně se zmenšuje průměrná velikost zooplanktonu. V tomto případě začaly převládat menší zooplanktonní druhy korýšů rodu *Daphnia*, *Bosmina*, *Ceriodaphnia* a vířníci. Snížila se průhlednost vody značným pomnožením fytoplanktonu, což snížilo schopnost filtrace drobnými zooplanktonními druhy. Situace se vyřešila po nasazení dravých ryb, které vyrovnaly početnost planktonožravých ryb (Ambrožová Říhová, 2009).

3.5.5. Kontaminace sedimentů se zaměřením na těžké kovy

Vlivem intenzivní antropogenní činnosti se dostává do životního prostředí řada toxických látek. Některé mají vysokou sorpční schopnost, různými způsoby jsou transportovány do vodního prostředí, kde se vážou na pevné částice a později se zabudovávají do vodních sedimentů (Sedláček, 2013). Většinou se vyskytují ve stopovém množství a mají funkci důležitých mikrobiogenů, ale jakmile se jejich množství zvýší, stávají se toxickými či působí jinak škodlivě (Lellák a Kubíček, 1991).

Mezi velmi **nebezpečné látky** kontaminující vodu patří kromě těžkých kovů, **biocidní látky** (herbicidy, algicidy, insekticidy) používané zejména v zemědělství a lesnictví, do toků se dostávají buď splachem nebo přímou aplikací ve vodním prostředí a taky haváriemi (Lellák a Kubíček, 1991). Dále to jsou **perzistentní organické polutant**y (POP_s), jedná se o škodlivé či toxické organické látky, jejichž hlavním znakem je perzistence v životním prostředí, která byla stanovena na minimálně 8 týdnů, ale u většiny je doba delší. Nejčastěji se vyskytují organochloriny, organobromidy a polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) (Sedláček, 2013). Výrazně se akumulují v organismech **polychlorované bifenyly** (PCB_s) s toxickým působením. Vody obsahují i **dioxiny**, což je zjednodušené označení pro polychlorované dibenzo-para-dioxiny (PCDD_s) a dibenzofurany (PCDF_s). Dále mohou být tyto vody znečištěny **radionuklidy**, které jsou charakterizovány poločasem rozpadu, druhem záření a jeho energií. Do pitných vod se mohou dostat atmosférickým spadem. Do povrchových vod, které nejsou určeny pro vodárenství, jsou transportovány s odpadními vodami z chladících vod jaderných elektráren, ve vodách z průmyslu a zdravotnictví (Adámek et al., 2010).

Všechny vyjmenované škodliviny narušují biogeochemické cykly a negativně ovlivňují celá vodní společenstva (Lellák a Kubíček, 1991). Koncentrace toxických látek ve vodních sedimentech nám názorně ukazují vývoj kontaminace, ale environmentální riziko představuje remobilizace těchto prvků zpět do vodního prostředí a potravního řetězce (Sedláček, 2013). Některé látky se mohou hromadit v organismech, a pak následně přenést do dalších trofických článků, až na vrchol trofického řetězce k člověku. Dále tyto látky snižují druhovou rozmanitost společenstva likvidací některých jejich složek, omezují růst, životní cyklus a reprodukci přežívajících organismů (Lellák a Kubíček, 1991).

Samostatnou skupinu látek znečišťující povrchové stojaté vody představují tzv. **nutrienty**, látky znečišťující vody živinami a zodpovědné za procesy eutrofizace a hypertrofizace vody. Patří zde běžně se vyskytující prvky, které ve vyšších koncentracích působí škodlivě, jedná se o fosfor, dusík, síru a uhlík (Adámek et al., 2010).

Povrchové vody, které nejsou určené pro vodárenství, mohou být dále znečišťovány ropnými látkami a uhlovodíky, tenzidy a detergenty, endokrinními disruptory (Endocrine-Disrupting Chemicals, EDC), aj. (Adámek et al., 2010).

Vodní nádrže představují kvalitní sedimentární archiv pro studium krátkodobých klimatických změn a kontaminaci **těžkými kovy** (Sedláček, 2013). Monitorování jakosti sedimentů v řekách a nádržích je velmi důležité pro zjištění stávajícího stavu, ale taky pro možnost jejich dalšího využití (např. v zemědělství), resp. vhodného uložení po případných úpravách na tocích či v nádržích. Sleduje se hlavně přítomnost těžkých kovů a některých škodlivých organických látek (Medek a Verner, 2003). Dnové sedimenty představují

dlouhodobý záznam přítomnosti těžkých kovů, radioaktivních prvků, a jiných nežádoucích a toxických látek ve vodním prostředí, aniž by se aktuálně ve vodě ve větším množství vyskytovaly (Hucko, 2003).

Za těžké kovy se považují ty kovy, jejichž specifická hmotnost čili hustota je vyšší než $5,0 \text{ g.cm}^{-3}$. Většina těžkých kovů je ve stopovém množství důležitá pro správné životní pochody organismů, pokud však jejich koncentrace stoupne a liší se od normálu, stávají se toxickými. Těžké kovy ve vodním prostředí sorbují na pevné částice a následně se společně stávají součástí dnových sedimentů. Tyto sedimenty obsahují výrazně větší koncentrace těžkých kovů ve srovnání s vodou. Říční či přehradní dno se stává zásobárnou těžkých kovů, které se mohou za určitých podmínek remobilizovat, tzn. uvolňovat zpět do vodního prostředí (Adámek et al., 2010).

Rizika spojená s výskytem těžkých kovů

Jako prvky se v přírodě vyskytují zřídka, spíše je najdeme ve formě sloučenin. Tyto sloučeniny se **biotransformací** mohou měnit na **organokovové sloučeniny**, které obvykle bývají mnohem toxičtější, příkladem je metylrtuť. Nebezpečnost těchto sloučenin spočívá hlavně v jejich **těkavosti**, schopnosti přecházet z prostředí do prostředí (z vody do atmosféry a naopak). Mimořádně nebezpečné jsou **kovy blokující činnost enzymů** obsahující SH skupinu, jedná se o prvky: Hg, Pb, Cd, As, Se, Cu, V, atd. Mohou působit jako jedy a vyvolávat akutní nemoci, i když nejčastěji způsobují chronické nemoci a genetické poruchy (nádorová onemocnění, poškození plodu, aj.). Další vlastnost, která představuje velké riziko je **schopnost koncentrovat se v živých organismech** (Hg, Cd, Pb, As, aj.). Tyto kovy (hlavně jejich sloučeniny) mají vysoký koeficient obohacení, tj. akumulární koeficient, tzn. poměr koncentrace kovu v organismu a ve vodě. Hlavní roli zde hraje vysoká schopnost organokovových forem těžkých kovů se rozpouštět v tucích a tím se usnadňuje cesta přes buněčné membrány do buněk a možnost kumulace v buňkách (Adámek et al., 2010).

Mezi těžké kovy, v souvislosti s toxicitou či znečištěním přírody, řadíme zejména As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb a Zn. Termín **těžké kovy** je zavedený termín a používá se i v souvislosti se znečištěním přírody. Podle původu se dělí na **geochemické (přírodní)** a **antropogenní**. V přírodě se přirozeně vyskytují jako součást zejména magmatitů. V sedimentárních horninách se vyskytují méně, nález není bohatý vyjma jílových sedimentů a břidlic, obzvláště černých břidlic. Děje se tak díky schopnosti těchto sedimentů sorbovat ionty kovů (Sedláček, 2013).

Antropogenní zdroje těžkých kovů jsou uvedeny v tabulce č. 3. Mezi hlavní zdroje patří metalurgické závody, tepelné elektrárny, zejména ze spalování nekvalitního uhlí s vysokým obsahem kadmia, vanadu, arsenu. Poměrně velké množství těžkých kovů je přinášeno do vodního prostředí splachem z hnojených polí a luk, kde byla použita hnojiva s obsahem kadmia, vanadu, arsenu. V zemědělství se používají metody moření osiva sloučeninami obsahujícími rtuť. Nelze opomenout dopravu jako nežádoucí zdroj např. olova, před plošným zavedením bezolovnatého benzínu. V hydrosféře dochází k hromadění těžkých kovů, obsah olova stoupl za posledních sto let cca 20 krát. Území naší republiky je plošně znečištěno zejména arzenem, kadmíem, zinkem a olovem (Adámek et al., 2010). Dnešní

sedimenty jsou mnohem více znečištěny těžkými kovy, než byly sedimenty v preindustriální době. Tehdy byly do sedimentů inkorporovány těžké kovy převážně z přírodních zdrojů – přirozené toky z půd, požáry, sopečné erupce a v omezené míře z antropogenní činnosti. Pro nejpřesnější zaznamenání chronologie kontaminace těžkými kovy v historii, je nutné využít metody datovaných sedimentů. K vyjádření míry obohacení těžkými kovy vzhledem ke koncentracím preindustriální éry se používá tzv. faktor obohacení (Sedláček, 2013).

Tab. 3 Antropogenní zdroje těžkých kovů v prostředí (Adámek et al., 2010)

| VÝROBA | VÝSKYT SLOUČENIN PRVKŮ |
|--------------------------------------|---|
| těžba a zpracování rud | Fe, Zn, Hg, As, Se, Mn, Cu, Pb, Cd, Cr |
| hutní průmysl | Al, Cr, Mo, Ni, Pb, Cd, As, Cu, Zn, Be, Sn, Co, W |
| těžba uhlí | Fe, Al, Mn, Ni, Cu, Zn |
| strojírenství, povrchová úprava kovů | Cr, Cu, Ni, Zn, Cd, Fe, Al, W, Mo, Zn, Pb, Cu, Hg |
| chemický průmysl | Hg, Cr, Pb, Zn, Ti, Al, Ba, Sr, Mn, As |
| barvy, laky, pigmenty | Se |
| buničina a papír | Ti, Zn, Al, Ba, Sr, Cr, Se, Cu, Hg |
| zpracování kůží | Cr, Al, Fe |
| textilní průmysl | Cu, Zn, Cr, Pb, Fe |
| polygrafický průmysl | Zn, Cr, Ni, Cd, Cu, Pb |
| elektrotechnika | Ag, Se, Ge, Mn, Ni, Pb, Cu, Hg |
| spalování uhlí | As, Ti, Al, Ge, Se, Hg, Be, Zn, Mo, Ni |
| spalování topných olejů | Pb, Sb |
| pesticidy | V, Ni, Zn, Cu |
| průmyslová hnojiva | Hg, As, Cu, Zn, Ba |
| koroze potrubí, inhibitory | Cd, Mn, As, Cu, Cr, Zn |
| automobilová doprava | Fe, Pb, Cu, Ni, Zn, Cr, Cd |

Podle Liškovy studie, ve které na osmi profilech zjistil největší koncentrace olova a arsenu v biofilmu (nárostu, který byl oddělen z expozičních desek). Vyšší obsah olova byl také prokázán u pijavek *Erpobdella octoculata* a larev chrostíků r. *Hydropsyche* v koncentraci 10,5 mg/kg v profilu Vltava-Zelčín. Vysoká koncentrace olova a arsenu v nárostu a sedimentu a nízká koncentrace v biologických indikátorech slávička mnohotvárná (*Dreissena polymorpha*), cejn velký (*Abramis brama*), jelec tloušť (*Leuciscus cephalus*) napovídá, že olovo není dobře akumulovatelné organismy, to znamená, že má nízkou biologickou dostupnost. Vyšší obsah olova u pijavek a larev chrostíků je pravděpodobně způsoben bentofágním příjmem potravy, tj. vysokým podílem střevního obsahu na celkové hmotnosti jedince (Liška, 2000).

4. METODY A MATERIÁL

Lokality

Na následujících lokalitách jsem prováděla měření fyzikálně-chemických parametrů vody, odebírala vzorky dnových sedimentů a vzorky vody.

Š1 (Šance 1) – přítok Ostravice do nádrže, 53. km toku, pravá strana toku

Š2 (Šance 2) – odběr z nádrže Šance, levý břeh asi 200m od přítoku Velkého potoku

Š3 (Šance 3) – výtok Ostravice z nádrže, 45. km, před přítokem toku Mazák, levý břeh

M1 (Morávka 1) – přítok řeky Morávky do nádrže Morávka, 21. km, před přítokem Skalky (směrem k pramenu), pravý břeh

M2 (Morávka 2) – odběr z nádrže Morávky, asi 20. km, pravý břeh

M3 (Morávka 3) – výtok řeky Morávky z nádrže, odběry jsem prováděla cca 250m před ústím Velkého Lipového potoka, pravý břeh

K1 (Kružberk 1) – přítok řeky Moravice do nádrže Kružberk, na 53. km, levý břeh toku

K2 (Kružberk 2) – nádrž Kružberk, levý břeh, asi 400 m od hráze

K3 (Kružberk 3) – odběry jsem prováděla asi 800 m od hráze po proudu na pravém břehu

SH (Slezská Harta) – odběry z nádrže v místě cca 61. km toku z pravého břehu

4.1. Metodika měření vybraných fyzikálně - chemických parametrů vody

4.1.1. Konduktivita

Stanovení elektrolytické vodivosti vody, tj. konduktivity (**k**) patří mezi elektrochemické analýzy. Posuzuje koncentraci elektrolytů přítomných ve vodě, je závislá na koncentraci iontů, jejich pohyblivosti a teplotě. Konduktivita srovnává schopnost vodných roztoků vést elektrický proud. Jednotkou konduktivity je **S.m⁻¹**, v hydrochemii nejčastěji užívaný **μS.m⁻¹** (Horáková, 2003). Měrnou vodivost jsem měřila konduktometrem (Dist 3 fy HANNA) (obr. 13). U tekoucích vod jsem měřila přímo v toku, u nádrží v plastové nádobě za stálého míchání. Naměřené hodnoty byly uváděny v **μS.m⁻¹**, výsledky jsem porovnávala s normou ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod, pro tuto normu bylo nutné převést jednotky na **mS/m**. Změna teploty vody mění hodnotu konduktivity o 2% a více (Pitter, 2009).

4.1.2. Hodnota pH

Další elektrochemickou analýzou je měření pH čili vodíkového exponentu, vyjadřuje se v molech na litr. Toto měření nám řekne, zda vodný roztok reaguje kyselé či zásadité. Neutrální roztok vykazuje hodnotu pH 7, kyselý méně než 7, zásaditý více než 7. Hodnota pH má velký vliv na rozpustnost látek ve vodě a je dána uhlíčitanovou rovnováhou, to znamená poměrem volného a vázaného CO₂ (Pitter, 2009). Hodnoty pH jsem měřila pH-metrem (Checker fy HANNA) (obr. 13). Před měřením bylo nutné pH-metr nakalibrovat prostřednictvím standardních pufrů pH 4 a 7. Poté mohlo dojít k

vlastnímu měření. Výrobce doporučuje mezi jednotlivými měřeními ponořit elektrodu do vodovodní vody. U tekoucích vod jsem měřila přímo v toku, u nádrží v plastové nádobě za stálého míchání.

4.1.3. Koncentrace rozpuštěného kyslíku

Rovněž řadíme mezi elektrochemické analýzy, je funkce teploty (s klesající teplotou vody se zvyšuje rozpustnost kyslíku ve vodě), koncentrace biologicky rozložitelných organických látek a intenzity fotosyntézy a respirace. Platí za důležitý indikátor čisté vody. Měřila jsem potenciometricky za pomoci oxymetru s membránovou elektrodou (MKT 44 L fy INASA) (obr. 14). Před každým měřením je nutné oxymetr nakalibrovat podle zjištěné teploty vody na hodnoty určené tabulkou přístroje. Elektrody jsem udržovala v provozním stavu, mezi jednotlivými měřeními, oplachem destilovanou vodou. Koncentraci rozpuštěného kyslíku vyjadřujeme v % nebo v mg.l^{-1} . V tekoucích vodách jsem měřila přímo v toku, u nádrží jsem měřila v plastové nádobě za stálého míchání (Pouličková et al., 1998).

4.1.4. Teplota vody

Teplota vody výrazně ovlivňuje její kvalitu – množství rozpuštěného kyslíku, rozkladné procesy, oživení vody, atd. V průběhu roku se změnou počasí a ročního období, se teplota vody různě mění. V nádržích dochází vlivem změny teploty a závislosti hustoty na teplotě vody k jarní a podzimní cirkulaci, letní a zimní stagnaci vody (Pitter, 2009). Teplotu jsem měřila rtuťovým laboratorním teploměrem (stupnice po $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) (EXIMUS), ale lze měřit i např. termočidlem oxymetru.

Obr. 13: konduktometr a pH metr

Obr. 14: oxymetr

(Foto: Jakešová, 2011)



(Foto: Jakešová, 2011)



4.2. Metodika hodnocení dnových sedimentů

4.2.1. Terénní část - metodika odběru dnových sedimentů

Při odběru dnových sedimentů jsem se řídila normou ČSN ISO 5667 – 12 – Jakost vod – Odběr vzorků – Část 12: Pokyny pro odběr vzorků dnových sedimentů. Důležité je získat reprezentativní vzorek nejlépe nejmenší sedimentární frakce v podobě homogenního jemnozrnného sedimentu, což bývá ovšem problém zejména u menších horských toků (v mém případě u řeky Morávky nad nádrží). Ideální frakce sedimentů pro odběr je se zrnitostí 1mm a méně, kde dochází k největší sorpci cizích látek. Sedimenty jsem odebírala plastovou lžící a lopatkou do polyethylenových vzorkovnic o objemu 500 ml (obr. 15) k pozdějšímu vyhodnocení na AAS v laboratoři. Vzorkovnice jsem řádně označila a před odběrem vypláchla vodou z dané lokality. Před závěrečným rozbořem sedimentů na AAS jsem vzorky nechala vysušit při pokojové teplotě. Nehomogenní vzorky (tj. všechny vzorky) jsem přesívala přes plastové síto, abych odstranila příměsi hrubé frakce.

Sediment ze dna vodních toků jsem odebírala z břehové části, z hloubky cca 5-15 cm, z několika odběrových míst vzdálených cca 1 km od nádrže, kdy alespoň 1 odběrové místo bylo v konkávní části toku.

Sedimenty nádrží jsem odebírala z litorální zóny, z hloubky 5-15 cm, kde dochází k přirozenému ukládání pevných látek.

Množství směšného vzorku by se mělo přibližovat 2-3 kg ve vlhkém stavu a cca 1 kg v sušině.

Obr. 15: PE vzorkovnice s odběrovou lžící (Foto: Jakešová, 2011)



4.2.2. Laboratorní část - analýza sedimentů

Ke stanovení hladiny vybraných těžkých kovů (nikl, zinek, měď, olovo, kadmium) ve dnových sedimentech využívám mineralizačního zařízení včetně atomového spektrofotometru v laboratoři Katedry ekologie a životního prostředí UPOL. Spektrofotometrie stanovuje vlastnosti látek, v tomto případě koncentrace těžkých kovů, na základě pohlcování světla určitého spektra vlnových délek.

Použitý materiál: HNO₃ (65%)

HCl (37%)

v poměru 1:3 (HNO₃ = 2,5ml; HCl = 7,5ml)

1g homogenního sedimentu

Postup: Odebrané vzorky sedimentů jsem v laboratorních podmínkách, před vlastní analýzou vybraných těžkých kovů, rozdrtila v třecí misce na jemnozrnné frakce a prosela přes plastové sítko (0,5 mm). Dále následovalo sušení upraveného materiálu v sušárně (SANYO-Gallenkamp) při teplotě 105 °C po dobu 30 minut. Pro úpravu vzorků jsem použila metodu pseudototální mineralizace. Na elektronické váze (Precisa 1212 M) jsem navážila z každého vzorku 1g homogenního sedimentu do mineralizačních nádobek, přidala 2,5ml HNO₃ a 7,5ml HCl, promíchala, po 2 minutách uzavřela a dala do stojanu určeného pro 10 vzorků. Kromě

jednotlivých vzorků jsem vytvořila dva stejné blanky, které obsahovaly pouze kyseliny ve stejném poměru jako u vzorků (ale bez přidaného vzorku sedimentu). Stojan se vzorky jsem přenesla do mikrovlnného mineralizačního zařízení (BERGHOF SW-2), navolila program PŮDY. Během vybraného programu dochází k rozpouštění těžkých kovů ve vzorku teplem, vysokým tlakem a působením přidaných kyselin, mineralizační proces trval 40 minut.

Po uplynutí 40 minut jsem nádobky nechala zchladit (15 minut), pak je otevřela a výsledný mineralizát přemístila do 50ml baňky a dolila po rysku deionizovanou vodou. Roztok jsem následně přefiltrovala přes papírový filtr a přelila do nádoby AAS - atomového spektrometru AVANTA Σ v plamenové verzi na plameni acetylén - oxid dusný. Vložíme do AAS k vlastní analýze koncentrace těžkých kovů v dnových sedimentech.

Hodnocení výsledků: Výsledky koncentrace sledovaných těžkých kovů ve vzorcích sedimentu udává AAS v mg/l, proto je nutné výsledky převést na mg/kg. Získaná data porovnáme s platnou legislativou, Vyhláškou MŽP 257/2009 o používání sedimentů na zemědělské půdě

4.3. Metodika rozboru vzorků povrchové vody

4.3.1. Terénní část - metodika odběru vzorků povrchové vody

Získaný vzorek musí být reprezentativní, to znamená, musí správně vystihovat podmínky vodního prostředí a sledovat cíl výzkumu. Vzorky povrchové vody z vodních nádrží byly odebírány vždy ze dvou míst nádrže do jedné vzorkovnice. Vzorky z hlavního toku zásobující každou z nádrží, byly odebírány na vhodně zvolených místech ve vzdálenosti cca 1km nad nádrží. Vzorky z výtoku nádrže se rovněž odebíraly cca 1km pod nádrží. Odběry probíhaly 1x měsíčně po dobu 8 měsíců. Vzorky povrchové vody byly odebírány a uchovávány ve sterilních skleněných vzorkovnicích o objemu 500ml se zabroušenou zátkou, která byla ještě na víc krytá hliníkovou fólií, aby ochrana před kontaminací byla co největší. Vzorkovnice se před odběrem vzorků sterilizovaly v autoklávu při 120°C po dobu 20min.

Postup odběru povrchové vody z toků

Při odběru povrchové vody z toků je nutné řídit se normou ČSN ISO 5667 – 6 [75 7051]. Důležité je správně zvolit místo odběru podmíněné cílem výzkumu. Je třeba všimnout si bodových znečištění (ústí kanálu z urbanizované zóny), brát v úvahu louky využívané k pastvě, nedaleké polnosti, zemědělské, průmyslové závody, pily, přístaviště lodí a jiné druhy vnějšího znečištění a vyhnout se jim. Dále si všimáme přítoků, které mohou změnit fyzikální, chemické i biologické vlastnosti hlavního toku. Musíme si uvědomit, že voda z přítoku se mísí s vodou hlavního toku na třech úrovních: vertikálně (od hladiny ke dnu), příčně (od levého břehu k pravému) a podélně (po proudu, kde postupně dochází k vyrovnání jakosti). Velkou roli v tomto případě mísení, hraje rychlost proudění.

Vzorek vody jsem odebírala do sterilních skleněných vzorkovnic dostatečně daleko od břehu (podmínky dovolily odebírat vzorky z proudnice), proti proudu toku (aby se zabránilo

kontaminaci vzorku oplachem rukou a vzorkovnice), v hloubce minimálně 15 – 20 cm pod hladinou, ale ne hlouběji než 30 – 50 cm ode dna toku (pokud je to vzhledem k vodnatosti toku možné). Držela jsem vzorkovnici za spodní část, ponořila hrdlem nejdříve do hloubky cca 30 cm pod hladinu, pak pootočila, aby se hrdlo dostalo do mírně šikmé pozice směrem k hladině a proti proudu. Není vhodné odebírat vzorek přímo z hladiny, došlo by k ovlivnění výsledku nečistotami vyskytujícími se na hladině.

Postup odběru povrchové vody z vodních nádrží

Při odběru vzorků z vodních nádrží se řídíme normou ČSN ISO 5667 – 4 [75 7051]. Ideální je odebírat vzorky pomocí předem ožehnutých chemických kleští nebo odběrové tyče. U stojatých vod není možné odebírat vzorky rukou, protože nezabráníme splachu a následné kontaminaci vzorku nečistotami a mikroby z rukou a láhve. Vzorek se odebírá 15 – 20 cm pod hladinou. Opět je důležité zvolit vhodné místo odběru dle cílů výzkumu.

Vzorky byly odebírány do sterilních skleněných vzorkovnic za pomoci odběrové tyče (obr. 16), kterou jsem vytvořila z rybářského prutu, jenž umožňuje prodloužit svou délku až na 378cm a funguje tak jako teleskopická odběrová tyč. Pro rychlejší ponoření vzorkovnice, jsem na ni připevnila závaží, abych zabránila přimíchání nečistot plovoucích na hladině do odebraného vzorku. Vzorek jsem odebírala ze dvou protilehlých břehů nádrží, vzorek bude směsný.

Obr. 16: Odběrová tyč se vzorkovnicí a závažím (foto Jakešová 2015).



Protože u rozborů vzorků povrchových i pitných vod není možné použít konzervační činidla, vzorek je nutné konzervovat pouze chlazením při 5°C (+/- 3°C) a dopravit do laboratoře nejpozději do 18 hodin po odběru. Vzorky byly odebírány vždy odpoledne, abych tuto časovou lhůtu dodržela a mohla hned následující den ráno vzorky zpracovat v laboratoři. Během transportu byly vzorkovnice uchovávány v chladicím boxu (Häusler, 1994).

4.4. Laboratorní část - mikrobiologický rozbor povrchové vody

4.4.1. METODIKA STANOVENÍ ORGANOTROFNÍCH BAKTÉRIÍ S OPTIMEM RŮSTU PŘI TEPLITĚ 37°C

Optimální teplota růstu mezofilních bakterií je stanovena na 36-37°C, při této teplotě a vhodném kultivačním médiu, v našem případě na masopeptonovém agaru (MPA), jsou schopné vytvářet kolonie. Metodika se řídí dle ČSN 83 0521, část 4. a ČSN 83 0531, část 4.

Pracovní postup:

Zvolila jsem metodu přímého očkovaní vzorků na povrch média, tak jak je v ČR i SR doporučeno normalizovanými metodami (ČSN). Do sterilních a označených Petriho misek o průměru 9 cm, umístěných na vodorovné podložce v laboratoři, jsem nalila 15 ml připraveného masopeptonového agaru (MPA), tj. pevného kultivačního média. Laboratoř, před aplikací MPA jsem vyčistila baktericidním UV světlem. Když po dostatečně dlouhé době agar ztuhl, vodu ve vzorkovnici jsem promíchala a pomocí pipety odebrala 1ml. Aplikovala pipetou do připravené Petriho misky a krouživými pohyby misky vodu rozlila po celé misce resp. agaru. K rozetření lze použít sterilní hokejku. Po zaschnutí inokula jsem přiklopila misky víčkem a uložila dnem vzhůru do bioinkubátoru s nastavenou teplotou 37°C. Vzorky jsem kultivovala 48 hod, po té vyhodnotila.

Vyhodnocení výsledků:

Vzorky jsem vyhodnotila hned po 48 – hodinové kultivaci v bioinkubátoru. Pokud to není možné, je nutné vytáhnout vzorky z bioinkubátoru a uložit je do chladničky o teplotě +4°C a k vyhodnocení se vrátit nejpozději do 24 hodin.

Při hodnocení jsem počítala kolonie bakterií vyrostlých na nebo uvnitř agaru. Výsledek přítomnosti mezofilních bakterií jsem vyjádřila jako součet KTJ v 1ml vzorku vody.

Pozn.: Kolonie tvořící jednotka - KTJ (CFU – colony forming unit) (Ambrožová Říhová, 2011) je útvar (kolonie) tvořený bakteriálními páry, krátkými řetízky, shluky či mikrokoloniemi buněk. V minulosti platil názor, že každá kolonie vyrůstající na kultivačním médiu, pochází z jedné bakteriální buňky, což bylo vyvráceno (Häusler, 1994).

Počet vyrostlých kolonií je limitován číslem 300 z toho důvodu, že kolonie mohou splývat, překrývat se, a tudíž nelze přesně určit, o kolik kolonií se jedná; při blízkém růstu se mohou

kolonie antagonisticky ovlivňovat a výsledek nemusí odpovídat optimálním podmínkám (Ambrožová Říhová, 2011).

4.4.2. METODIKA STANOVENÍ PSYCHROFILNÍCH BAKTÉRIÍ S OPTIMEM RŮSTU PŘI TEPLOTĚ 20°C

Psychrofilní bakterie reprezentují organotrofní mikroorganismy obecného znečištění. Princip stanovení se řídí dle ČSN 83 0521, část 5. a ČSN 83 0531, část 5. Metodika stanovení je stejná jako metodika stanovení mezofilních bakterií. Liší se pouze podmínkami kultivace v bioinkubátoru nastaveném na 20°C, po dobu 72 hodin.

Vyhodnocení výsledků se děje stejně jako u mezofilních bakterií, počítala jsem KTJ v 1ml vzorku zkoumané vody.

4.4.3. METODIKA STANOVENÍ KOLIFORMNÍCH BAKTÉRIÍ POMOCÍ MEMBRÁNOVÝCH FILTRŮ

Pracovní postup

Metoda membránových filtrů

Řídíme se dle nařízení ČSN ISO 9308-1 [75 7841], tento rozbor je určen pro vody pitné či čisté vody povrchové. Není vhodný pro rozbor vod silně znečištěných a vod s vysokým obsahem suspendovaných látek (došlo by k zanášení filtru a zkreslení výsledku).

Filtrujeme 100 ml vzorku vody přes filtr o velikosti pórů 0,45 µm. Důležité je vodu z filtru dobře odsát, kdyby zůstal hodně mokrá, při kultivaci by kolonie špatně rostly a slévaly by se. Buňky se zachytí na filtru, filtr jsem za aseptických podmínek pomocí ožehnuté pinzety přenesla do středu předem připraveného pevného média (laktózový TTC agar s tergitolem 7) v označených sterilních Petriho miskách (průměr 9 cm). Úzkostlivě jsem dbala na to, aby ani membránový filtr, ani vnitřní stěny nálevky filtračního zařízení nepřišly do styku s mojí rukou. Filtr musí přilehnout na médium bez přítomnosti vzduchových bublin. Na závěr jsem nechala vzorky kultivovat v bioinkubátoru 24 hod při teplotě 36-37°C.

Vyhodnocení výsledků

Na laktózovém TTC agaru s tergitolem 7 jsem hodnotila pouze laktóza pozitivní tj. sytě žluté, oranžové nebo cihlově červeně zbarvené kolonie s jasně žlutým centrálním dvůrkem (obr. 17). Jedná se o presumptivní kolonie koliformních bakterií a *E.coli*. Hodnotila jsem počet KTJ ve 100ml vzorku vody.

Obr. 17: kolonie presumpčních koliformních bakterií (Foto: Jakešová, 2011)



Pokud vyrostly žluté kolonie bakterií, přenesla jsem je sterilní laboratorní kličkou na připravený neselektivní Tryptofan-Sójový agar (TSA). Již čistou kulturu jsem přeočkovala bakteriologickou kličkou na živné médium a kultivovala při teplotě 36°C 24-48 hod.

Obr. 18: kolonie bakterií na TSA (Foto: Jakešová, 2011)



KONFIRMAČNÍ BIOCHEMICKÉ TESTY

Konfirmační testy se provádějí z důvodu vyvrácení či potvrzení přítomnosti koliformních bakterií.

Postup při oxidázovém testu

Použila jsem umělohmotné proužky s detekčním papírkem, které jsem přiložila přímo na kolonie bakterií vyrostlých na TSA. Vyhodnotila jsem výsledky po 10s. Pokud dojde ke zbarvení papírku na sytě modro-purpurovou barvu, znamená to, že došlo k pozitivní reakci a koliformní bakterie tedy nejsou přítomny (obr. 19).

K negativní reakci dojde, pokud se barva papírku nezmění do 60s, tudíž koliformní bakterie přítomny jsou (obr. 20).

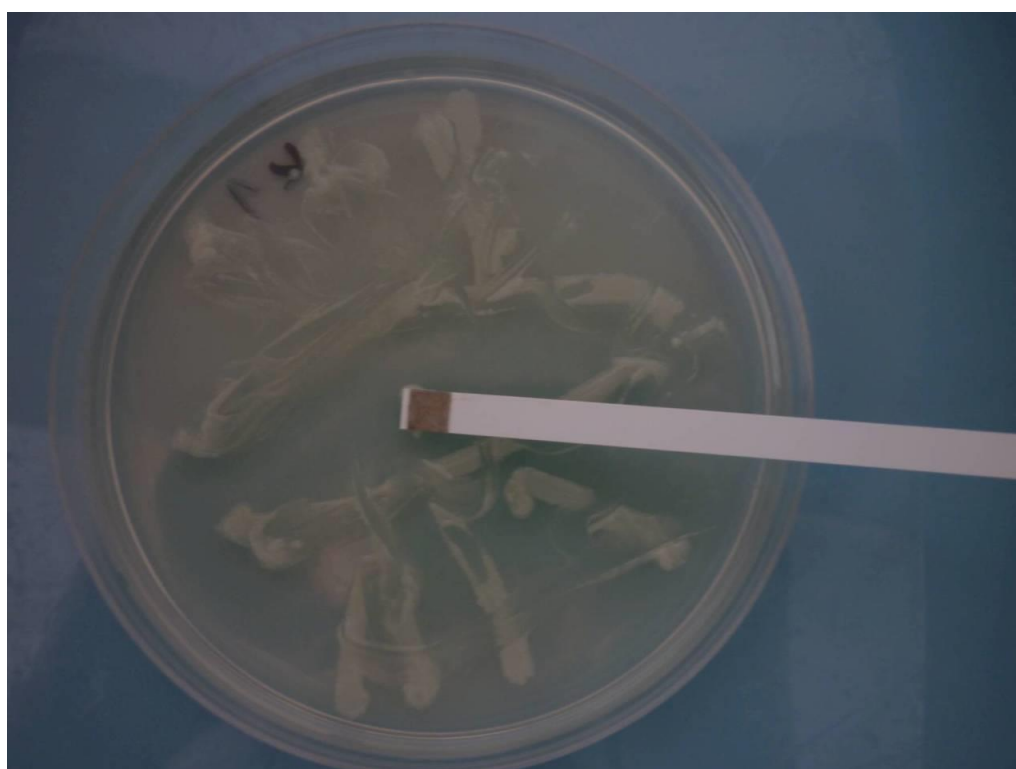
Obr. 19: Pozitivní reakce, jedná se o vzorek bez přítomnosti koliformních bakterií

(Foto: Jakešová, 2011)



Obr. 20: Negativní reakce, jedná se o vzorek s výskytem koliformních bakterií

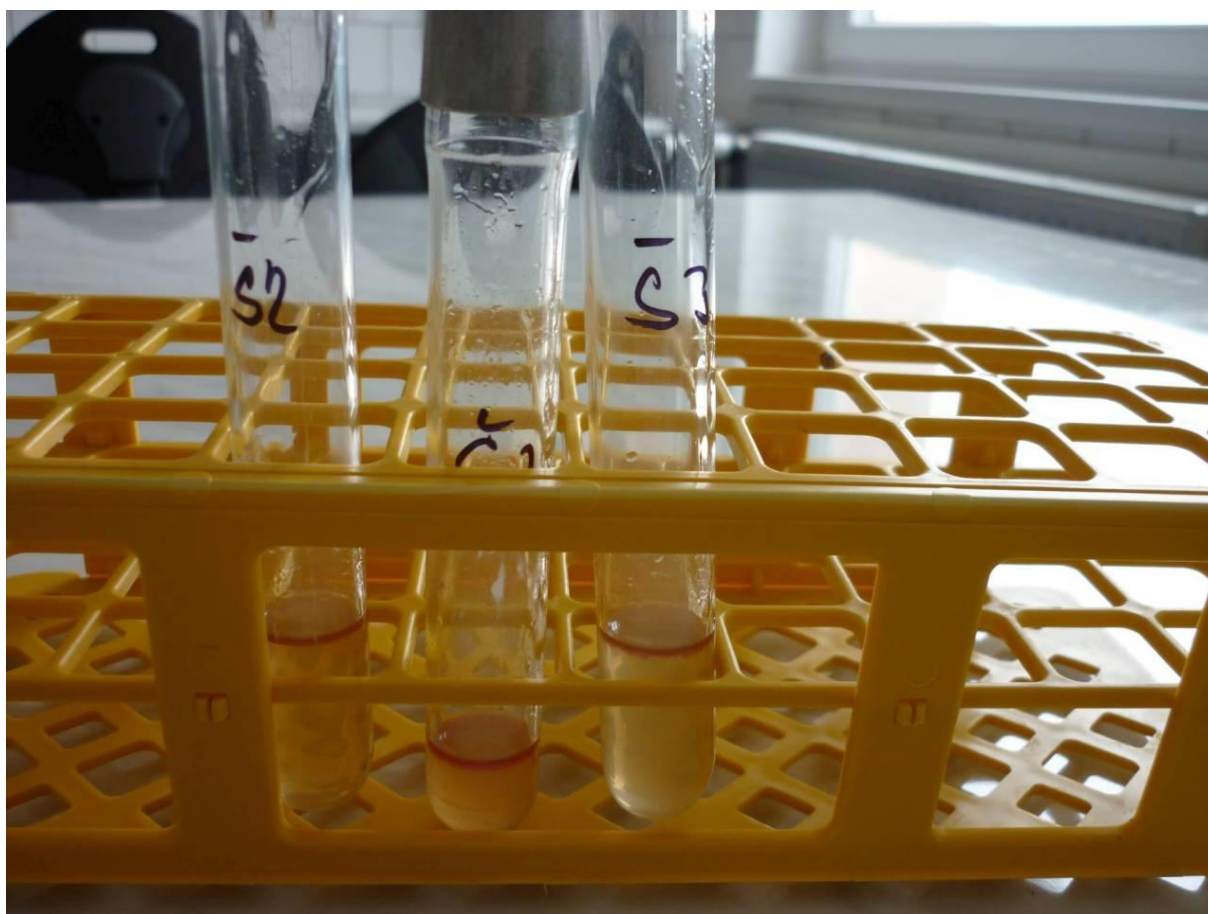
(Foto: Jakešová, 2011)



Postup při testování přítomnosti indolu pomocí Kovacsova činidla

Sterilní bakteriologickou kličkou jsem přeočkovala kolonie z neselektivního agaru (TSA) do tekuté živné půdy s tryptofanem. Tekuté živné médium jsem měla připravené v řádně popsaných zkumavkách. Kultivovala 24 hod při teplotě 36°C. Po uplynutí kultivační doby, jsem do zkumavky s bujónem kápala Kovacsovo činidlo. Přítomnost indolu se prokáže vytvořením růžovo-červeného kroužku na povrchu média. Tento jev dokazuje přítomnost bakterií *E.coli* ve vzorku vody a test jsem vyhodnotila jako pozitivní (obr. 21). Metodika se řídí dle normy ČSN EN ISO 9308-1.

Obr. 21: Pozitivní test - přítomnost indolu potvrzuje výskyt *E.coli* ve vzorku (Foto: Jakešová, 2011)



4.4.4. METODIKA STANOVENÍ INTESTINÁLNÍCH ENTEROKOKŮ POMOCÍ MEMBRÁNOVÝCH FILTRŮ

Stejně jako u stanovení koliformních bakterií, tak i u intestinálních enterokoků je prioritní metoda stanovení pomocí membránových filtrů, protože poskytuje kvantitativní údaje o jejich výskytu. Řídila jsem se normou ČSN EN ISO 7899-2.

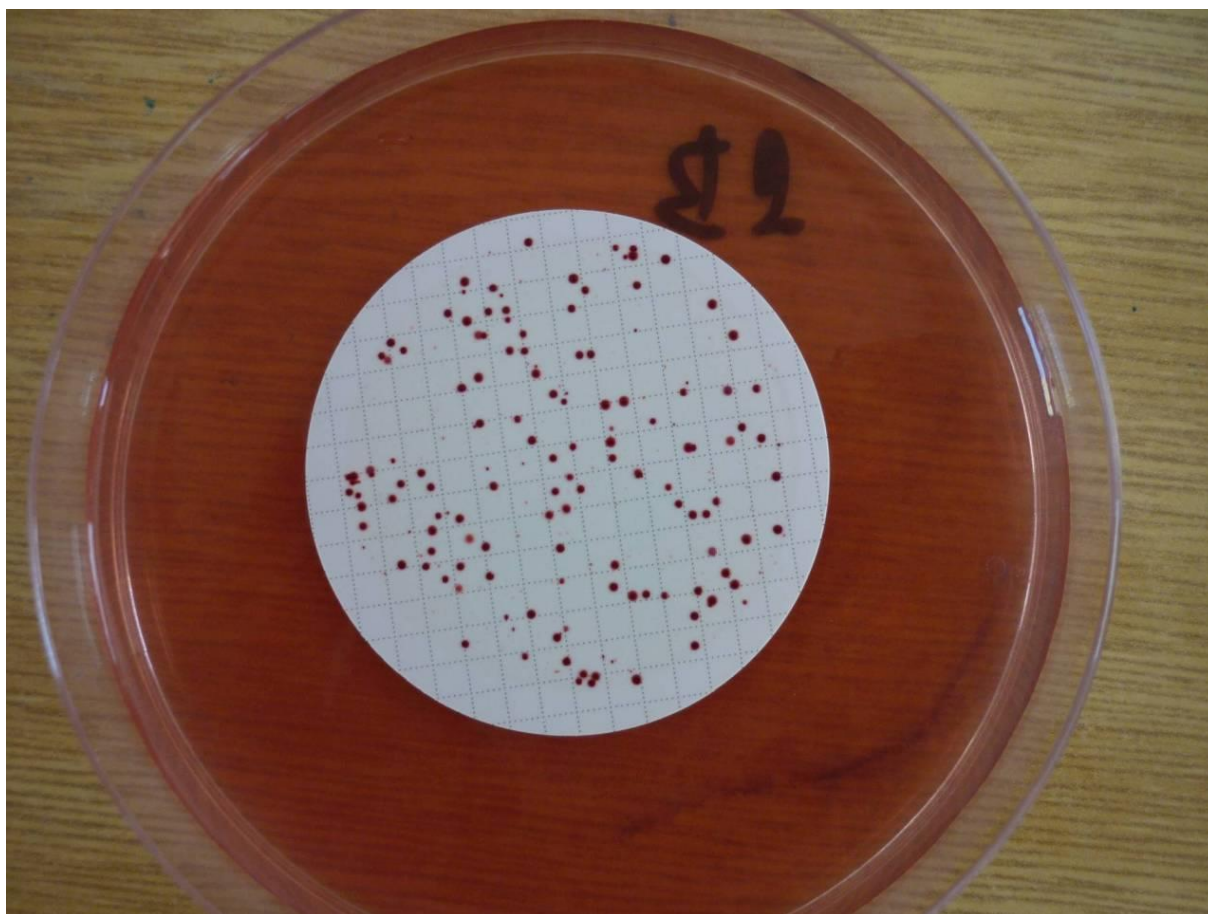
Pracovní postup

Předem jsem připravila a označila Petriho misky (průměr 9 cm) s vychladnutým m-enterokokovým agarem (Slanetz-Bartley). Nejdříve jsem provedla membránovou filtraci vzorku vody. Z odebraného množství vody jsem po promíchání odměřila 100ml a za přísně aseptických podmínek přefiltrovala stejně jako v případě analýzy koliformních bakterií. Použila jsem membránové filtry o rozměrech pórů 0,45 μm . Filtr jsem sterilní pinzetou přenesla na připravené médium, respektive do středu Petriho misky. Filtr se zachycenými enterokoky musí k tuhému médiu dobře přilnout. Vzorky jsem kultivovala dnem vzhůru při teplotě 44 \pm 4h, v termostatu při teplotě 37 \pm 1 $^{\circ}\text{C}$.

Hodnocení výsledků

Počítala jsem jen červené až tmavohnědé, kaštanově nebo tmavorůžově zbarvené kolonie, protože činností enterokoků je bezbarvý trifenylnitrazoliumchlorid (TTC) redukován na červený formazan (obr. 22). Bílé a bezbarvé kolonie jsem nezapočítávala, zde enterokoky nejsou přítomny. Výsledek jsem vyjádřila jako počet KTJ na 100ml zkoumané vody.

Obr. 22: Kolonie enterokoků vyrostlé na SB agaru (Foto: Jakešová, 2011)



KONFIRMAČNÍ TESTY

Pro potvrzení přítomnosti enterokoků, jsem provedla konfirmační test na důkaz hydrolýzy aeskulinu. Pokud vyrostly kolonie na membránovém filtru a SB agaru, přeočkovala jsem je ožehnutou bakteriologickou kličkou na žluč-aeskulin-azidový agar, předem připravený v označených Petriho miskách. Naočkované misky jsem inkubovala v termostatu 48 hod při teplotě 44°C +/- 0,5°C. Po uplynutí kultivační doby jsem vyhodnotila výsledky (obr. 23). Pokud původně béžové médium zhnědlo v místě roztěrů, potvrdila se přítomnost intestinálních enterokoků a vzorek jsem vyhodnotila jako pozitivní.

Obr. 23: Konfirmační test na přítomnost intestinálních enterokoků na žluč-aeskulin-azidovém agaru. Levá část Petriho misky bez přítomnosti intestinálních enterokoků. Pravá polovina misky s pozitivním nálezem intestinálních enterokoků. (Foto: Jakešová, 2011)



Předpisy pro přípravu použitých kultivačních médií a činidel jsou uvedeny v příloze č. 1.

4.5. Zhotovení mikroskopických fotografií

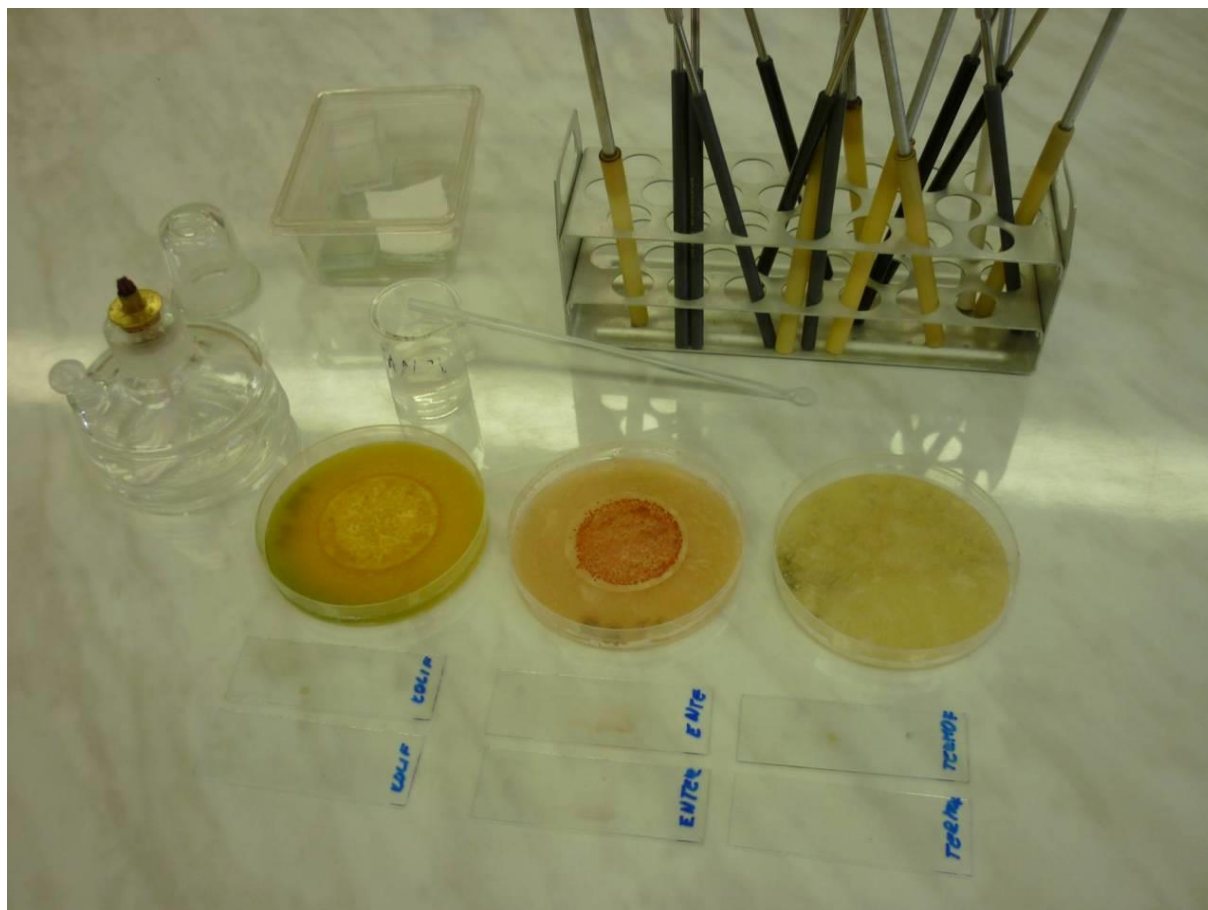
Před samotným zhotovením mikroskopických fotografií, musíme přenést bakterie na podložní sklíčko, obarvit a zafixovat. Použila jsem Gramovo barvení (obr. 24).

Postup práce

Na podložní sklo jsem nanesla malou kapku vody. Vyžíhanou kličkou jsem přenesla malé množství bakterií do vytvoření jemně zakalené suspenze. Kličkou jsem rozetřela suspenzi do plochy tak, aby se vytvořil souvislý povlak. Suspenzi jsem nechala na vzduchu uschnout a sklíčko třikrát fixovala nad plamenem. Sklíčko jsem barvila 2 - 4 minuty v roztoku krystalové violeti a poté opláchla vodou. Dále jsem sklíčko barvila 60 sekund v Lugolovu roztoku, pak opláchla vodou. Za použití 96% etanolu jsem odbarvovala sklíčko po dobu 30 sekund, pak opláchla vodou. Na dobarvení jsem použila po dobu 60 sekund safranin, po té opět opláchla vodou. Sklíčko jsem usušila, preparát zakápla imerzním olejem a pozorovala bez krycího sklíčka pod mikroskopem ($Z = 1000x$) (Häusler, 1994).

Fotografie bakteriálních kolonií jsem zhotovila z vlastních vzorků za použití mikrofotografického systému Olympus DP70 s fluorescenčním mikroskopem Olympus BX60 v laboratoři katedry botaniky UPOL. Fotografie jsou uvedeny v příloze č. 2.

Obr. 24: Přenos bakteriálních kolonií na podložní sklo pro účely vytvoření mikrofotografií (Foto: Jakešová, 2011)



5. VÝSLEDKY

5.1. Výsledky měření fyzikálně - chemických parametrů vody

Měření fyzikálně – chemických parametrů vody jsem prováděla při každém odběru vzorků vody (to znamená jedenkrát měsíčně, po dobu osmi měsíců (březen – říjen 2011) a v předešlém roce 2010 jednou v měsíci říjnu, při odběru vzorku dnových sedimentů, vždy na stejných lokalitách.

Tab. 4: Naměřené hodnoty teploty vody (°C) v roce 2010

| Teplota vody (°C) v roce 2010 | | | | | | | | | | | Průměrná teplota v | |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|------|-----|--------------------|--------|
| Lokalita | Š1 | Š2 | Š3 | M1 | M2 | M3 | K1 | K2 | K3 | SH | nádržích | tocích |
| Říjen | 7,1 | 9,8 | 8,9 | 6,3 | 7,9 | 7,6 | 8,9 | 13 | 10,3 | 9,8 | 10,1 | 8,2 |

Tab. 5: Naměřené hodnoty teploty vody (°C) v roce 2011

| Teplota vody (°C) v roce 2011 | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------|-------|--------|--------|----------|-------|------|-------|-------------------------------|
| Lokalita | březen | duben | květen | červen | červenec | srpen | září | říjen | průměr díličích lokalit |
| Š1 | 1,6 | 3,2 | 12,9 | 13,3 | 13,2 | 14,9 | 10,5 | 8,8 | 9,8 |
| Š2 | 3,1 | 6,9 | 16,8 | 17,1 | 17,8 | 23,6 | 22,1 | 15,2 | 15,3 |
| Š3 | 2,4 | 4,1 | 14,1 | 14,9 | 15,1 | 17 | 17,3 | 11,3 | 12 |
| M1 | 1,7 | 3,7 | 10,1 | 10,8 | 11,1 | 11,9 | 11 | 8,4 | 8,6 |
| M2 | 3,9 | 6,2 | 14,9 | 16,9 | 19,2 | 18,1 | 15,9 | 13,8 | 13,6 |
| M3 | 2,4 | 5,4 | 13,8 | 15,7 | 16,8 | 15,7 | 14,1 | 9,2 | 11,6 |
| K1 | 1,8 | 5,6 | 9,5 | 13 | 14,2 | 14 | 11,8 | 9,1 | 9,9 |
| K2 | 2,6 | 8,4 | 12,1 | 15,1 | 24,6 | 18,9 | 18,6 | 14,3 | 14,3 |
| K3 | 1,9 | 7,5 | 11,6 | 13,8 | 18,3 | 14,8 | 13,9 | 12,1 | 11,7 |
| SH | 2,9 | 7,8 | 13,7 | 20,2 | 21,4 | 22,6 | 18,1 | 14,9 | 15,2 |
| Průměrná teplota v nádržích | 3,1 | 7,3 | 14,4 | 17,3 | 20,8 | 20,8 | 18,7 | 14,6 | |
| Průměrná teplota v tocích | 1,8 | 4,9 | 12 | 13,6 | 14,8 | 14,7 | 13,1 | 9,8 | |

V říjnu v roce 2010 jsem naměřila maximální teplotu vody 13,0 °C v nádrži Kružberk. V tocích byla naměřena nejvyšší teplota 10,3 °C v řece Moravici po výtoku z nádrže Kružberk. Nejnižší teplotu v nádržích 7,9 °C jsem naměřila v říjnu 2010 v nádrži Morávka. V tocích jsem zaznamenala nejnižší teplotu 6,3 °C v řece Morávka před ústím do stejnojmenné nádrže. Průměrná teplota vody v nádržích za měsíc říjen 2010 byla 10,1 °C a v tocích 8,2 °C.

Nejvyšší teplotu vody 24,6 °C v nádržích, po 8 měsíčním sledování, jsem naměřila v červenci 2011 v nádrži Kružberk, z toků měla nejvyšší teplotu 18,3 °C, rovněž v červenci 2011, řeka Moravice při výtoku z nádrže Kružberk.

Nejnižší teplotu vody 2,6°C ve sledovaných nádržích jsem naměřila v březnu 2011 v nádrži Kružberk, z toků měla nejstudenější vodu 1,6 °C v březnu 2011 řeka Ostravice před přítokem do nádrže Šance.

Nejvyšší průměrné teploty v nádržích v období březen – říjen 2011, dosahovala teplota vody nádrže Šance 15,3 °C. Nejvyšší průměrné teploty 12,0 °C ze sledovaných toků, ve stejném období, dosáhla řeka Ostravice vytékající z nádrže Šance.

Nejnižší průměrné teploty 13,6 °C v nádržích ve stejném období byly naměřeny v nádrži Morávka. Nejnižší průměrné teploty 8,6 °C v tocích byly naměřeny v toku Morávka napájejícím stejnojmennou nádrž.

Tab. 6: Naměřené hodnoty elektrolytické vodivosti (konduktivity) (mS/m) v roce 2010

| Vodivost (mS/m) v roce 2010 | | | | | | | | | | | průměrné hodnoty v | |
|-----------------------------|-------|-----|------|-------|------|-------|-------|------|----|------|--------------------|--------|
| Lokalita | Š1 | Š2 | Š3 | M1 | M2 | M3 | K1 | K2 | K3 | SH | nádržích | tocích |
| Říjen | 62,31 | 7,3 | 47,2 | 26,92 | 7,15 | 21,46 | 34,13 | 11,8 | 14 | 10,6 | 9,21 | 34,33 |

Tab. 7: Naměřené hodnoty vodivosti (konduktivity) (mS/m) v roce 2011

| Vodivost (mS/m) v roce 2011 | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------|-------|--------|--------|----------|-------|-------|-------|-------------------------------|--|
| Lokalita | březen | Duben | květen | červen | červenec | srpen | září | říjen | Průměr díličích lokalit | |
| Š1 | 18,5 | 28,2 | 18,4 | 32,11 | 22,54 | 108,3 | 34,22 | 34,16 | 37,05 | |
| Š2 | 9,15 | 9,33 | 9,42 | 9,61 | 10 | 10,74 | 9,98 | 9,66 | 9,73 | |
| Š3 | 28,4 | 39,85 | 12,5 | 87,72 | 27,9 | 31,3 | 38,6 | 23,55 | 36,22 | |
| M1 | 21,32 | 32,35 | 21,83 | 46,49 | 23,54 | 72,46 | 12,82 | 32 | 32,85 | |
| M2 | 8,2 | 7,92 | 7,65 | 8,2 | 7,2 | 7,91 | 8,16 | 7,67 | 7,86 | |
| M3 | 24,25 | 36,82 | 17,45 | 62,28 | 24,9 | 25,88 | 69,82 | 19,7 | 35,13 | |
| K1 | 32,7 | 31,15 | 28,2 | 21,76 | 134,76 | 22,8 | 116 | 45,8 | 54,14 | |
| K2 | 12,4 | 15,3 | 15,26 | 15,29 | 16,12 | 15,38 | 15,8 | 14,62 | 15,02 | |
| K3 | 19,9 | 30,2 | 47,12 | 56,48 | 30,23 | 27,62 | 31,41 | 48,55 | 36,43 | |
| SH | 15,62 | 15,15 | 15,56 | 15,6 | 15,74 | 15,7 | 16,12 | 15 | 15,56 | |
| Průměrná hodnota v nádržích | 11,34 | 11,92 | 11,97 | 12,17 | 12,26 | 12,43 | 12,51 | 11,73 | | |
| Průměrná hodnota v tocích | 24,17 | 33,09 | 24,25 | 51,14 | 43,97 | 48,69 | 50,47 | 33,96 | | |

V měsíci říjnu roku 2010 jsem v nádržích naměřila nejvyšší hodnotu konduktivity 11,80 mS/m v nádrži Kružberk, nejnižší 7,15 mS/m pak v nádrži Morávka. Ve stejném období jsem naměřila v tocích nejvyšší hodnotu 62,31 mS/m v řece Ostravici přítékající do Šance, nejnižší hodnotu 14,00 mS/m v řece Moravici vytékající z nádrže Kružberk. Průměrné hodnoty konduktivity pro říjen 2010 v nádržích je 9,21 mS/m a v tocích 34,33 mS/m.

Nejvyšší hodnotu konduktivity 16,12 mS/m v nádržích po 8 měsíčním sledování jsem naměřila v červenci 2011 v nádrži Kružberk a stejnou hodnotu v září v nádrži Slezská Harta. Z toků vykazovala nejvyšší hodnotu konduktivity 134,76 mS/m v červenci 2011 řeka Moravice přitékající do nádrže Kružberk.

Nejnižší hodnotu konduktivity 7,20 mS/m ze sledovaných nádrží, jsem naměřila v červenci 2011 v nádrži Morávka, z toků měla nejnižší hodnoty 12,50 mS/m v květnu 2011 řeka Ostravice po výtoku z nádrže Šance.

Nejvyšší průměrné hodnoty konduktivity v nádržích v období březen – říjen 2011, dosahovala voda 15,56 mS/m v nádrži Slezská Harta. Nejvyšší průměrné hodnoty konduktivity 52,63 mS/m dosáhla voda v řece Moravici vytékající z nádrže Kružberk.

Nejnižší průměrné hodnoty konduktivity 7,86 mS/m v nádržích ve stejném období byly naměřeny v nádrži Morávka. Nejnižší průměrné hodnoty konduktivity 32,85 mS/m v tocích, byly naměřeny v Morávce přitékající do nádrže Morávka.

Tab. 8: Naměřené hodnoty pH v roce 2010

| Reakce vody (pH) v roce 2010 | | | | | | | | | | | průměrné hodnoty v | |
|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|--------------------|--------|
| Lokalita | Š1 | Š2 | Š3 | M1 | M2 | M3 | K1 | K2 | K3 | SH | nádržích | tocích |
| Říjen | 7,4 | 6,9 | 6,7 | 7,3 | 7,4 | 7,4 | 8 | 8,2 | 7,8 | 8,4 | 7,7 | 7,4 |

Tab. 9: Naměřené hodnoty pH v roce 2011

| Reakce vody (pH) v roce 2011 | | | | | | | | | průměr dílků lokalit |
|------------------------------|--------|-------|--------|--------|----------|-------|------|-------|----------------------------|
| Lokalita | březen | duben | květen | červen | červenec | srpen | září | říjen | |
| Š1 | 6,4 | 7,4 | 7,8 | 7,8 | 7,6 | 7,8 | 7,9 | 7,9 | 7,6 |
| Š2 | 7,4 | 7,6 | 7,8 | 7,6 | 7,4 | 8,6 | 7,6 | 7,8 | 7,7 |
| Š3 | 7,1 | 7,2 | 7,4 | 7,6 | 7,6 | 8,2 | 8,1 | 7,9 | 7,6 |
| M1 | 6,6 | 7,6 | 7,4 | 7,6 | 7,8 | 8,6 | 8,3 | 7,9 | 7,7 |
| M2 | 7,4 | 7,6 | 7,6 | 7,5 | 7,8 | 8,1 | 7,8 | 7,9 | 7,7 |
| M3 | 7,2 | 7,5 | 7,8 | 7,8 | 7,8 | 8,3 | 8 | 7,2 | 7,7 |
| K1 | 8,4 | 8,5 | 8,4 | 8 | 7,8 | 8,1 | 8,2 | 8,3 | 8,2 |
| K2 | 8,2 | 8,6 | 8,1 | 7,6 | 8,4 | 7,9 | 7,6 | 8,1 | 8 |
| K3 | 7,9 | 7,6 | 8,1 | 8 | 7,5 | 8,1 | 7,6 | 8,3 | 7,8 |
| SH | 7,7 | 7,9 | 8,8 | 8,4 | 8 | 8,8 | 8,1 | 8,2 | 8,2 |
| Průměrné hodnoty v nádržích | 7,7 | 7,9 | 8,3 | 8 | 8,4 | 8,6 | 8,5 | 8,5 | |
| Průměrné hodnoty v tocích | 7,3 | 7,8 | 7,9 | 8,1 | 8,2 | 8,5 | 8,6 | 8,0 | |

V říjnu roku 2010 jsem naměřila nejvyšší hodnotu pH 8,2 v nádrži Kružberk, z toků v řece Moravici přitékající do nádrže Kružberk, kdy naměřená hodnota pH byla 8,0. Nejnižší pH 6,9 jsem naměřila v nádrži Šance, z toků měla nejnižší pH 6,7 Ostravice vytékající z Šance.

Nejvyšší hodnotu pH 9,6 v nádržích po 8 měsíčním sledování jsem naměřila v září 2011 v nádrži Kružberk. Z toků vykazovala nejvyšší hodnotu pH 9,8 v září 2011 řeka Moravice přitékající do nádrže Kružberk.

Nejnižší hodnotu pH 7,4 ze sledovaných nádrží, jsem naměřila v březnu 2011 v nádrži Šance, z toků měla nejnižší hodnoty pH 6,4 v březnu 2011 řeka Ostravice přitékající do nádrže Šance.

Nejvyšší průměrné hodnoty pH 8,9 z nádrží v období březen – říjen 2011 byla naměřena v nádrži Kružberk. Nejvyšší průměrné hodnoty pH 8,9 dosáhla řeka Moravice přitékající do nádrže Kružberk.

Nejnižší průměrné hodnoty pH 7,7 v nádržích ve stejném období byly naměřeny v nádrži Šance. Nejnižší průměrné hodnoty pH 7,6 v tocích byly naměřeny v řece Ostravici vytékající z Šance.

Tab. 10: Naměřené hodnoty rozpuštěného kyslíku ve vodě mg/l

| Obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě (mg/l) | | | | | | | | | | | průměrné hodnoty v | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|--------|
| Lokalita | Š1 | Š2 | Š3 | M1 | M2 | M3 | K1 | K2 | K3 | SH | nádržích | tocích |
| Říjen | 13,9 | 12,3 | 12,8 | 14,9 | 14,6 | 14,2 | 14,1 | 13,1 | 13,8 | 13,9 | 13,5 | 14,0 |

Tab. 11: Naměřené hodnoty rozpuštěného kyslíku ve vodě mg/l

| Obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě (mg/l) | | | | | | | | | | |
|---|--------|-------|--------|--------|----------|-------|------|-------|--|------------------------------|
| Lokalita | březen | duben | květen | červen | červenec | srpen | září | říjen | | Průměr dílkých lokalit |
| Š1 | 12,4 | 12,3 | 11,9 | 10,8 | 10,2 | 9,9 | 9,2 | 12,8 | | 11,2 |
| Š2 | 12 | 11,8 | 11,4 | 9,2 | 9,3 | 8,4 | 8,3 | 9,4 | | 10 |
| Š3 | 11,6 | 11,6 | 11,8 | 11,1 | 10,8 | 10,1 | 9,9 | 10,3 | | 10,9 |
| M1 | 12,9 | 12,7 | 12,4 | 12,1 | 12 | 10,9 | 11,8 | 13,2 | | 12,3 |
| M2 | 12,2 | 11,4 | 10,2 | 9,4 | 8,8 | 9,6 | 9,1 | 10,4 | | 10,1 |
| M3 | 12,4 | 12,6 | 11,9 | 10,2 | 9,3 | 9,1 | 9,1 | 11,4 | | 10,8 |
| K1 | 14,8 | 14,2 | 13,7 | 12,7 | 12,1 | 8,3 | 11,1 | 13,1 | | 12,5 |
| K2 | 14,5 | 13,3 | 12,1 | 9,8 | 10,3 | 9,1 | 10,3 | 12,2 | | 11,5 |
| K3 | 12,3 | 12,9 | 12,6 | 11,6 | 11,9 | 7,9 | 8,6 | 10,3 | | 11 |
| SH | 13,1 | 11,8 | 13,6 | 8,8 | 7,6 | 8,8 | 8,9 | 11 | | 10,5 |
| Průměrné hodnoty v nádržích | 13 | 12,1 | 11,8 | 9,3 | 9 | 9 | 9,2 | 10,8 | | |
| Průměrné hodnoty v tocích | 12,7 | 12,7 | 12,4 | 11,4 | 11,1 | 10,8 | 10 | 11,9 | | |

V říjnu 2010 jsem naměřila nejvyšší hodnoty rozpuštěného kyslíku ve vodě 14,6 mg/l v nádrži Morávka, v tocích měla nejvyšší obsah kyslíku 14,9 mg/l řeka Morávka přitékající do nádrže Morávka.

Nejnižší hodnotu rozpuštěného kyslíku 12,3 mg/l jsem naměřila v říjnu 2010 v nádrži Šance, z toků měl nejnižší hodnoty 12,8 mg/l tok Ostravice vytékající z nádrže Šance.

Nejvyšší hodnotu rozpuštěného kyslíku 14,5 mg/l v nádržích po 8 měsíčním sledování jsem naměřila v březnu 2011 v nádrži Kružberk. Z toků vykazovala nejvyšší obsah kyslíku 14,8 mg/l v březnu 2011 řeka Moravice přitékající do nádrže Kružberk.

Nejnižší obsah kyslíku 8,3 mg/l vykazovala ze sledovaných nádrží v září 2011 nádrž Šance, z toků měla nejnižší obsah kyslíku 7,9 mg/l v srpnu 2011 řeka Moravice po odtoku z nádrže Kružberk.

Nejvyšší průměrné hodnoty obsahu rozpuštěného kyslíku 11,5 mg/l z nádrží v období březen – říjen 2011 byly naměřeny v nádrži Kružberk. Nejvyšší průměrné hodnoty obsahu rozpuštěného kyslíku 12,5 mg/l dosáhla řeka Moravice přitékající do nádrže Kružberk.

Nejnižší průměrné hodnoty rozpuštěného kyslíku 10,0 mg/l v nádržích ve stejném období byly naměřeny v nádrži Šance. Nejnižší průměrné hodnoty rozpuštěného kyslíku 10,8 mg/l v tocích byly naměřeny v řece Morávce vytékající z nádrže Morávka.

Tab. 12: Mezní hodnoty tříd jakosti povrchových vod podle ČSN 75 7221 u vybraných fyzikálně chemických ukazatelů

| Ukazatel (jednotka) | Jakostní třída vody | | | | |
|----------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------------|
| | I. | II. | III. | IV. | V. |
| | Neznečištěná voda | Mírně znečištěná voda | Znečištěná voda | Silně znečištěná voda | Velmi silně znečištěná voda |
| Rozpuštěný kyslík ve vodě (mg/l) | >7,5 | >6,5 | >5 | >3 | ≤3 |
| Konduktivita (mS/m) | <40 | <70 | <110 | <160 | ≥160 |
| Teplota vody (°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 |

Tab. 13: Srovnání průměrných hodnot některých ukazatelů a zařazení do tříd jakosti povrchových vod podle ČSN 75 7221

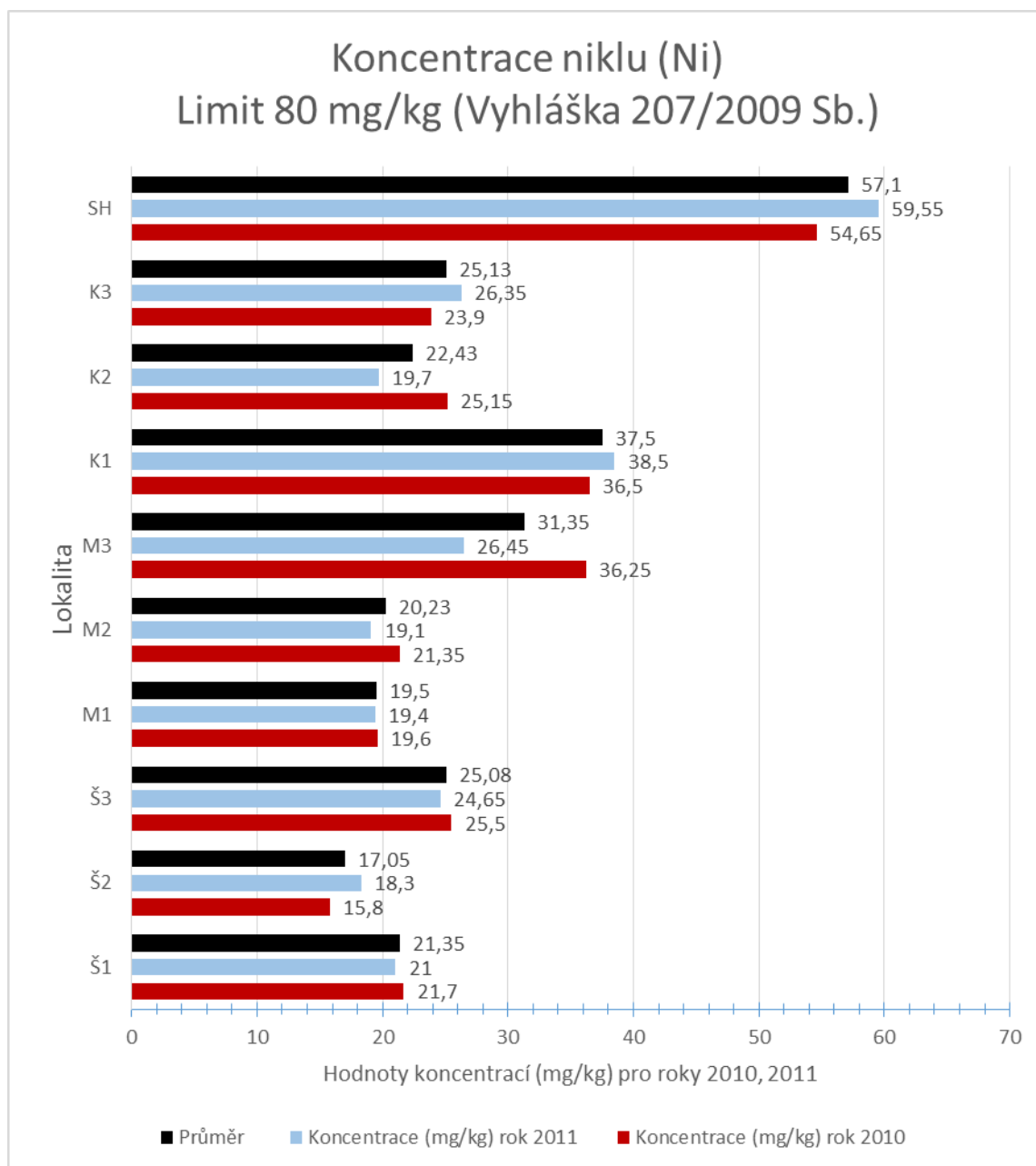
| Ukazatel | Průměrné hodnoty jednotlivých ukazatelů a lokalit od března do října 2011 | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Š1 | Š2 | Š3 | M1 | M2 | M3 | K1 | K2 | K3 | SH |
| Rozpuštěný kyslík (mg/l) | 11,2 | 10 | 10,9 | 12,3 | 10,1 | 10,8 | 12,5 | 11,5 | 11 | 10,5 |
| Vodivost (μS/cm) | 37,05 | 9,73 | 36,22 | 32,85 | 7,86 | 35,13 | 54,14 | 15,02 | 36,43 | 15,56 |
| Teplota vody (°C) | 9,8 | 15,3 | 12 | 8,6 | 13,6 | 11,6 | 9,9 | 14,3 | 11,7 | 15,2 |
| Reakce vody - pH | 7,6 | 7,7 | 7,6 | 7,7 | 7,7 | 7,7 | 8,2 | 8 | 7,8 | 8,2 |

Z tabulky 12 a 13 je zřejmé, že průměrné hodnoty jednotlivých ukazatelů řadí všechny měřené lokality (po dobu 8 měsíců) do I. třídy jakosti povrchových vod podle ČSN 75 7221. Avšak musím upozornit, že jsem prováděla jen některá měření, nutná pro hodnocení jakosti povrchových vod, které zahrnuje ČSN 75 7221. Neprováděla jsem chemické analýzy –

chemická spotřeba kyslíku, biochemická spotřeba kyslíku, celkový fosfor, obsah železa a nerozpuštěných látek. Vzhledem k časové náročnosti hlavního cíle diplomové práce – mikrobiologických analýz a velkých vzdáleností jednotlivých lokalit, jsem od provádění těchto chemických analýz upustila.

5.2. Výsledky analýzy těžkých kovů v sedimentech

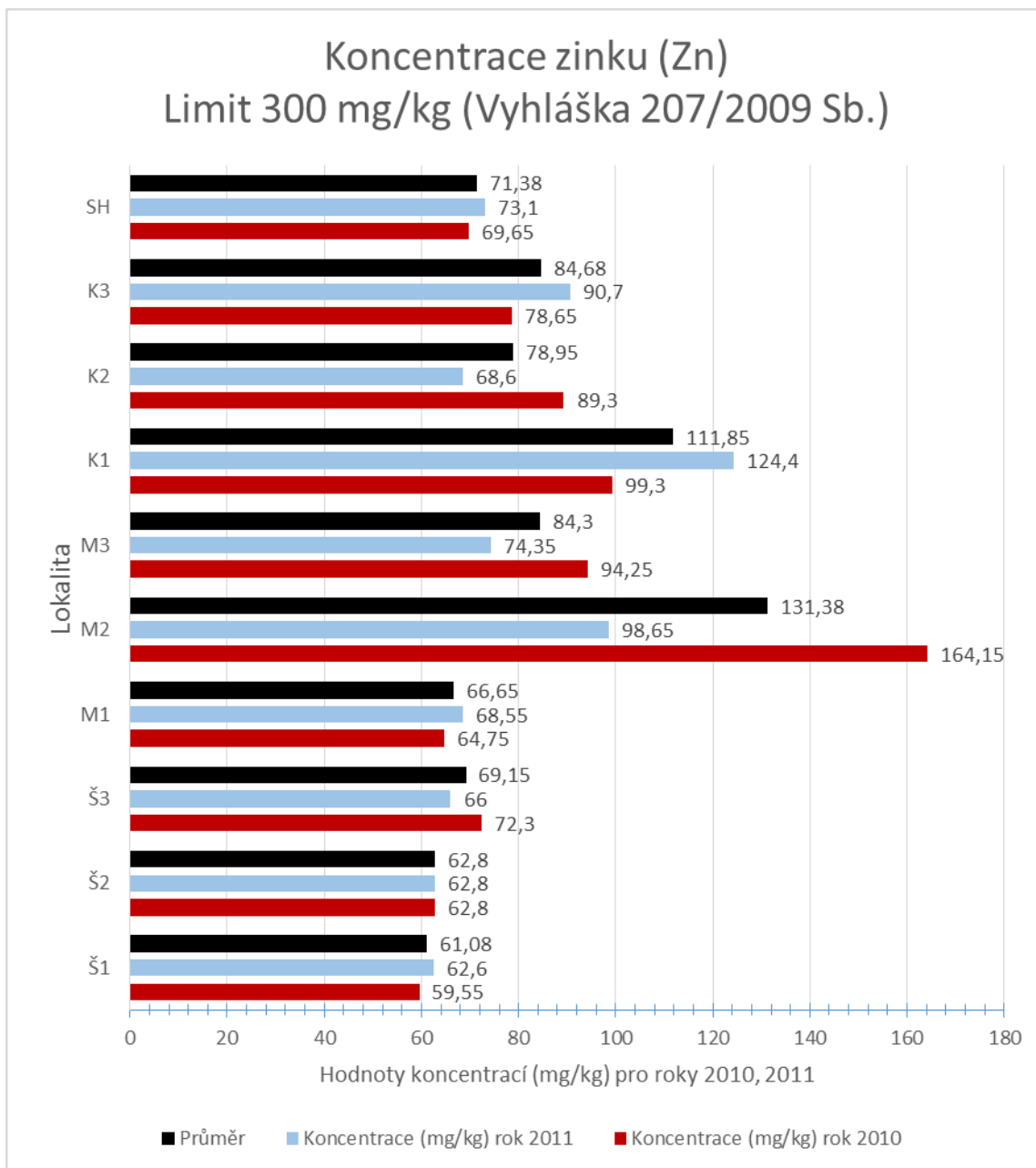
Graf 1: Výsledky naměřených koncentrací niklu v dnových sedimentech



Graf 1 vyjadřuje naměřenou koncentraci niklu ve všech vzorcích odebraných v roce 2010 a v roce 2011. Hodnoty koncentrace jsou převedeny z g/l na mg/kg. Limitní hodnota niklu v sedimentu přípustná podle Vyhlášky 207/ 2009 Sb. je 80 mg/kg sušiny. Žádný ze vzorků tento limit nepřekročil. Nejvyšší koncentraci niklu 54,65 mg/kg v roce 2010 jsem zaznamenala v sedimentech nádrže Slezská Harta, v roce 2011 byla koncentrace ze stejné nádrže ještě vyšší,

a to 59,55 mg/kg sušiny. Nejnižší koncentraci niklu v roce 2010 jsem naměřila ze sedimentu nádrže Šance 15,80 mg/kg, v roce 2011 ze stejného místa 18,30 mg/kg sušiny.

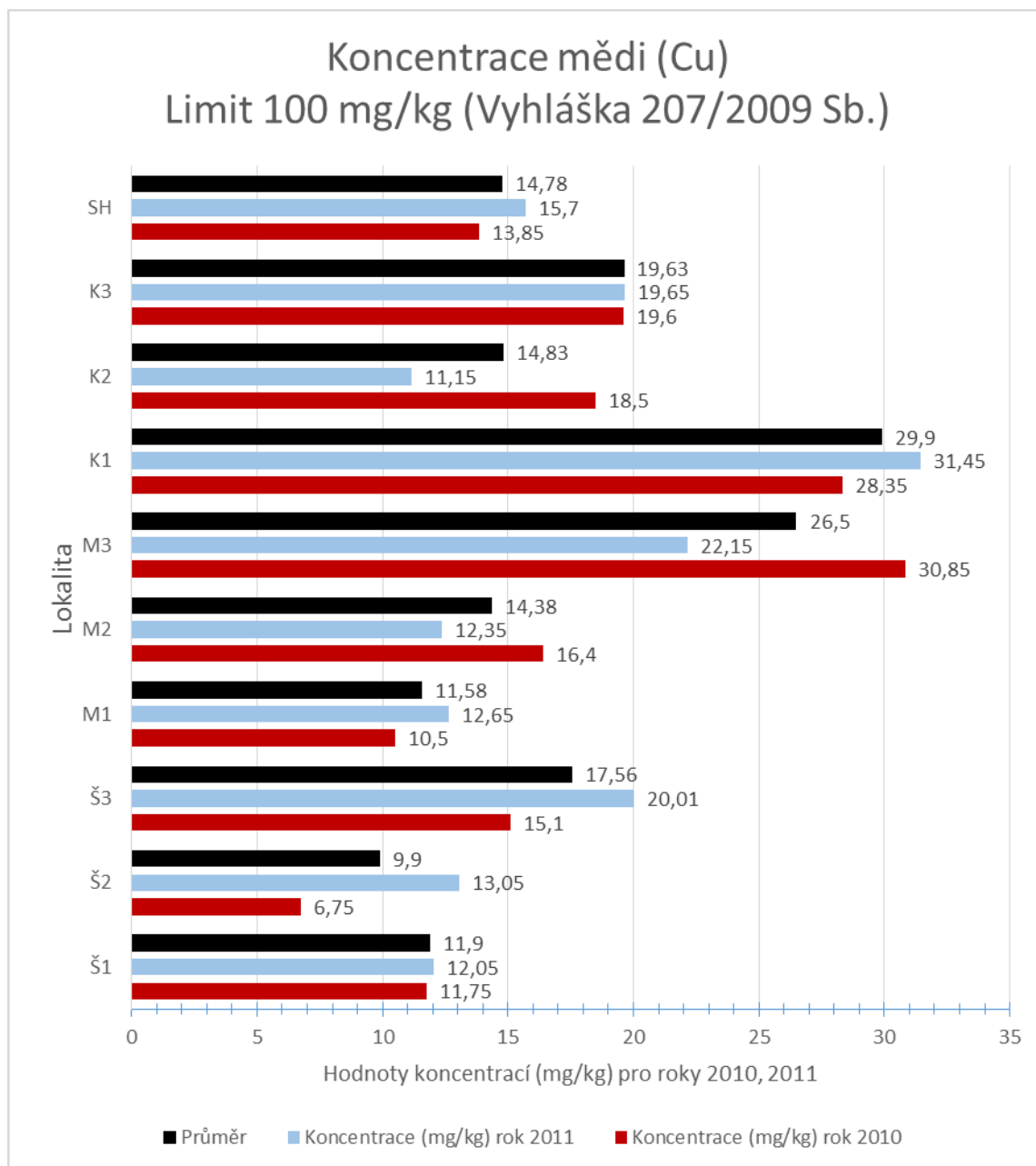
Graf 2: Výsledky naměřených koncentrací zinku v dnových sedimentech



Graf 2 vyjadřuje naměřenou koncentraci zinku ve všech vzorcích odebraných v roce 2010 a v roce 2011. Hodnoty koncentrace jsou převedeny z g/l na mg/kg. Limitní hodnota zinku v sedimentu přípustná podle Vyhlášky 207/ 2009 Sb. je 300 mg/kg sušiny. Žádný z hodnocených vzorků nepřekročil mez stanovenou vyhláškou. Nejvyšší hodnoty Zn 164,15 mg/kg v roce 2010 jsem zjistila ve vzorku z nádrže Morávky. V roce 2011 jsem naměřila nejvyšší koncentraci Zn 124,40 mg/kg ve vzorku z lokality K1 (přítok řeky Moravice do

nádrže Kružberk). Nejnižší hodnoty Zn 59,55 mg/kg v roce 2010 jsem zaznamenala ve vzorku z lokality Š1 (přítok řeky Ostravice do nádrže Šance). V roce 2011 nejnižší hodnoty Zn 62,60 mg/kg jsem naměřila ve vzorku ze stejné lokality Š1.

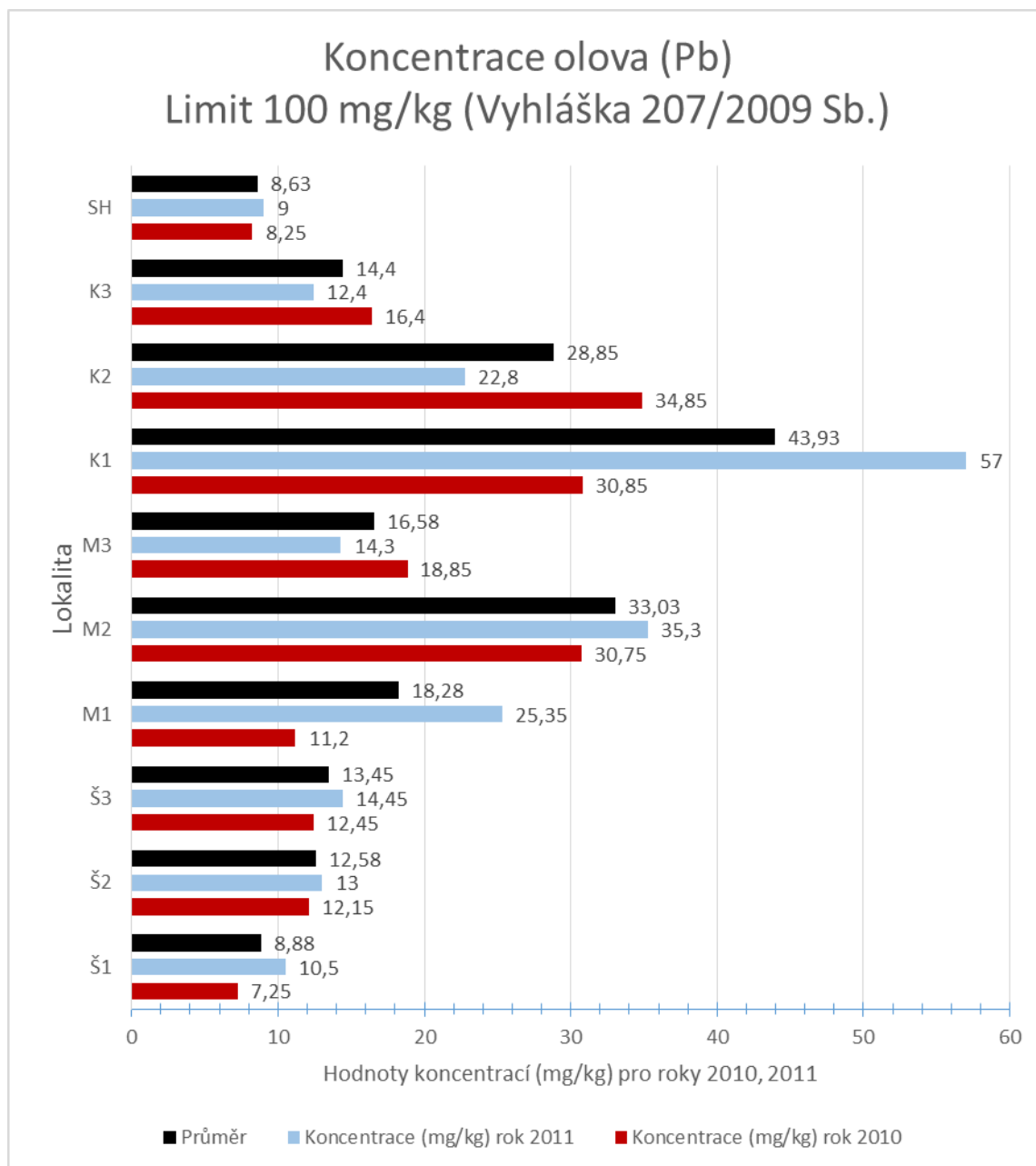
Graf 3: Výsledky naměřených koncentrací mědi v dnových sedimentech



Graf 3 vyjadřuje naměřenou koncentraci mědi ve všech vzorcích odebraných v roce 2010 a v roce 2011. Hodnoty koncentrace jsou převedeny z g/l na mg/kg. Limitní hodnota mědi v sedimentu přípustná podle Vyhlášky 207/ 2009 Sb. je 100 mg/kg sušiny. Žádná z naměřených hodnot koncentrace mědi, nepřesahuje limitní hranici 100 mg/kg. Nejvyšší koncentraci Cu 30,85 mg/kg v roce 2010 jsem naměřila v řece Morávce vytékající z nádrže Morávka a v roce

2011 jsem nejvyšší hodnoty Cu 31,45 mg/kg naměřila v řece Moravici před přítokem do nádrže Kružberk. Nejnižší koncentrace Cu 6,75 mg/kg jsem naměřila v sedimentech z nádrže Šance a v roce 2011 měly nejnižší hodnoty 11,15 mg/kg sedimenty z nádrže Kružberk.

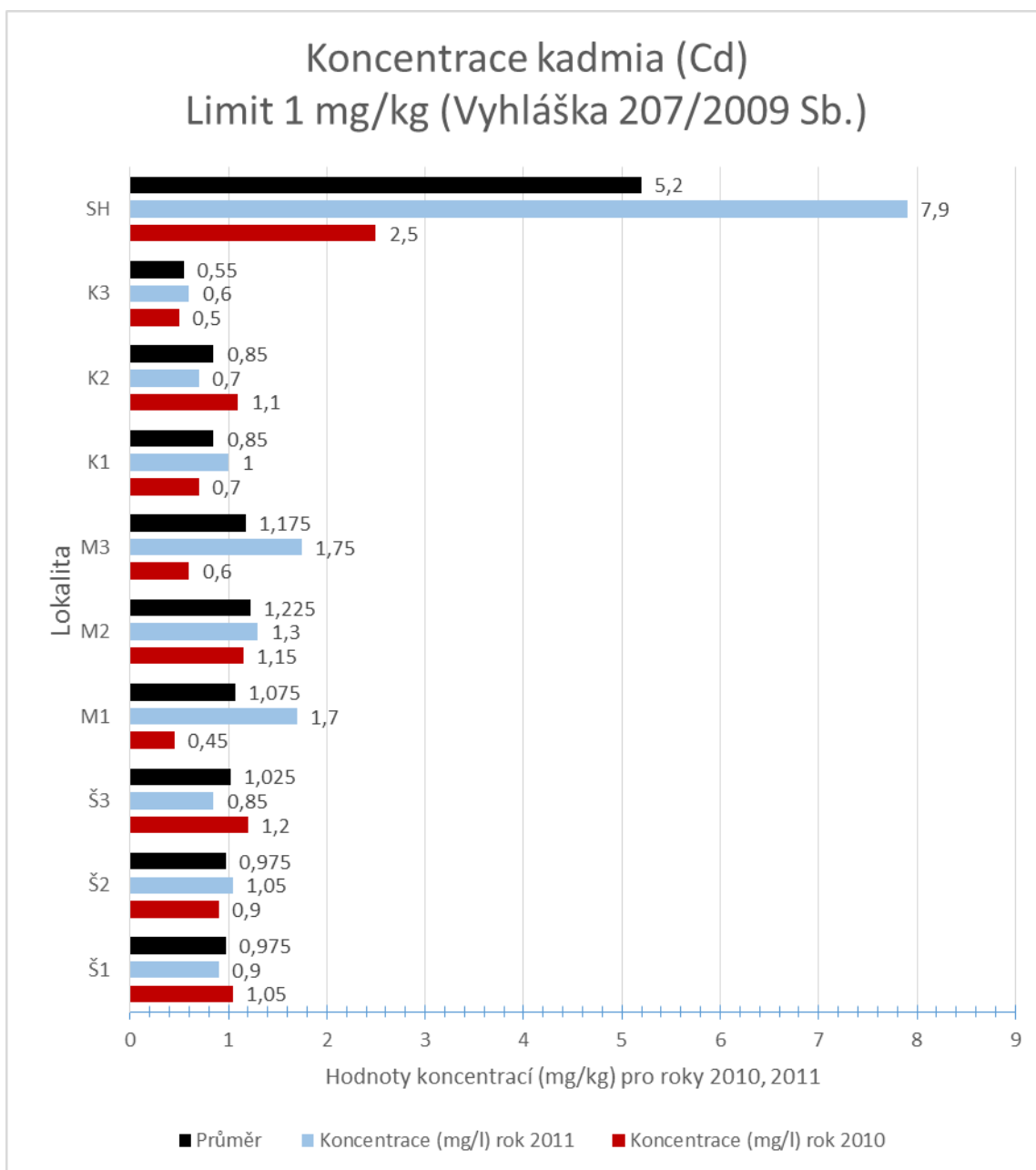
Graf 4: Výsledky naměřených koncentrací olova v dnových sedimentech



Graf 4 vyjadřuje naměřenou koncentraci olova ve všech vzorcích odebraných v roce 2010 a v roce 2011. Hodnoty koncentrace jsou převedeny z g/l na mg/kg. Limitní hodnota olova v sedimentu přípustná podle Vyhlášky 207/ 2009 Sb. je 100 mg/kg sušiny. Žádná z naměřených hodnot nepřekračuje mezní hranici 100 mg/kg sušiny. V roce 2010 měly nejvyšší koncentraci Pb 34,85 mg/kg sedimenty nádrže Kružberk a v roce 2011 jsem naměřila nejvyšší hodnotu Pb

57,00 mg/kg v sedimentech řeky Moravice přitékající do nádrže Kružberk. Nejnižší koncentraci Pb 7,25 mg/kg v roce 2010 jsem naměřila v sedimentech řeky Ostravice přitékající do nádrže Šance a v roce 2011 jsem zaznamenala nejnižší koncentraci Pb 9,0 mg/kg v sedimentech nádrže Slezská Harta.

Graf 5: Výsledky naměřených koncentrací kadmia v dnových sedimentech



Graf 5 vyjadřuje naměřenou koncentraci kadmia ve všech vzorcích odebraných v roce 2010 a v roce 2011. Hodnoty koncentrace jsou převedeny z g/l na mg/kg. Limitní hodnota kadmia v sedimentu přípustná podle Vyhlášky 207/ 2009 Sb. je 1 mg/kg sušiny. V roce 2010 jsem naměřila koncentrace kadmia v sedimentech v hodnotách od 0,45 mg/kg (z lokality Morávka

– přítok) po 1,2 mg/kg (ze sedimentů řeky Ostravice – výtok). V roce 2011 byly naměřeny hodnoty kadmia od 0,6 mg/kg (lokality Moravice – výtok z nádrže Kružberk) až po 7,9 mg/kg (v sedimentech nádrže Slezská Harta). Výsledek měření v sedimentech nádrže Slezská Harta silně překračuje hraniční limit podle Vyhlášky 207/2009 Sb.

5.3. Výsledky mikrobiologických analýz

Tab. 14: Mezní hodnoty tříd jakosti povrchových vod podle ČSN 75 7221 u mikrobiologických ukazatelů

| Mikrobiol. ukazatel | Třídy jakosti vody | | | | |
|-------------------------------|--------------------|---------|----------|----------|----------|
| | I. tř. | II. tř. | III. tř. | IV. tř. | V. tř. |
| Koliformní bakterie KTJ/ml | <40 | <100 | <500 | <1000 | ≥1000 |
| Koliformní bakterie KTJ/100ml | <4000 | <10 000 | <50 000 | <100 000 | >100 000 |
| Enterokoky KTJ/ml | <6 | <13 | <25 | <46 | ≥46 |
| Enterokoky KTJ/100ml | <600 | <1300 | <2500 | <4600 | >4600 |

Tab. 15: Výsledky mikrobiologických analýz – lokalita Šance (Š1)

| Datum odběru | Mezofilní bakterie (KTJ/ml) | Psychrof. bakterie (KTJ/ml) | Enterokoky (KTJ/100ml) | Konfirm. test (+/-) | Kolifor. bakterie (KTJ/100ml) | Oxidáz. test (+/-) | Přítomnost indolu (+/-) |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------------|
| Limit pitná voda | 100 | 200 | | | | | |
| 27.3.2011 | 57 | 196 | 2 | 0 | 9 | + | - |
| 24.4.2011 | 144 | 324 | 262 | + | 2 | + | - |
| 22.5.2011 | 248 | 418 | 98 | + | 265 | - | + |
| 26.6.2011 | 165 | 403 | 662 | + | 188 | - | - |
| 17.7.2011 | 141 | 385 | 637 | + | 193 | - | + |
| 21.8.2011 | 205 | 392 | 185 | + | 206 | - | - |
| 18.9.2011 | 112 | 145 | 114 | + | 8 | + | - |
| 16.10.2011 | 148 | 295 | 249 | + | 5 | + | - |

Tabulka č. 15 znázorňuje mikrobiologický rozbor vody ze vzorků vody odebíraných po dobu 8 měsíců z lokality před přítokem řeky Ostravice do nádrže Šance. Počet mezofilních a psychrofilních bakterií ve všech vzorcích značně převyšuje limit pro pitnou vodu podle Vyhlášky 252/2004 Sb., kromě vzorku odebraného v březnu. Pro hodnocení kvality povrchových vod se tento parametr nevyžaduje, použila jsem ho jako doplňující ukazatel. Množství KTJ intestinálních enterokoků splňuje limit pro zařazení do I. jakostní třídy kvality povrchových vod podle ČSN 75 7221, výjimku tvoří vzorky odebrané v měsíci červnu a červenci. I když kolonie intestinálních enterokoků se vyskytly u všech vzorků, konfirmační test v březnu nepotvrdil přítomnost enterokoků. Kolonie koliformních bakterií se vyskytují u všech vzorků, ale podmínky pro I. jakostní třídu povrchových vod splňují všechny odebrané vzorky.

Tab. 16: Výsledky mikrobiologických analýz – lokalita Šance (Š2)

| Datum odběru | Mezofilní bakterie (KTJ/ml) | Psychrof. bakterie (KTJ/ml) | Enterokoky (KTJ/100ml) | Konfir. Test (+/-) | Kolifor. bakterie (KTJ/100ml) | Oxid. test (+/-) | Test s Kovac. činidlem (+/-) |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------|------------------------------|
| Limit pitná voda | 100 | 200 | | | | | |
| 27.3.2011 | 12 | 44 | 0 | - | 1 | + | - |
| 24.4.2011 | 19 | 25 | 3 | - | 1 | + | - |
| 22.5.2011 | 98 | 76 | 1 | - | 22 | - | + |
| 26.6.2011 | 178 | 312 | 23 | + | 56 | + | - |
| 17.7.2011 | 147 | 128 | 5 | + | 8 | - | + |
| 21.8.2011 | 244 | 120 | 9 | + | 29 | - | + |
| 18.9.2011 | 20 | 60 | 3 | + | 81 | - | + |
| 16.10.2011 | 9 | 31 | 7 | - | 4 | + | - |

Tabulka č. 16 znázorňuje výsledky kultivací bakterií z nádrže Šance. Vodní nádrž splňuje v měsíci březnu, dubnu, květnu, září a říjnu limit pro počet KTJ/ml mezofilních a psychrofilních bakterií v pitné vodě (podle vyhlášky 252/2004 Sb.). Intestinální enterokoky splňují limit pro zařazení do I. jakostní třídy, v březnu, dubnu, květnu a říjnu konfirmační test neprokázal výskyt enterokoků, zřejmě z důvodu nízkého počtu kolonií. Počet KTJ/100ml koliformních bakterií splňuje normu pro I. jakostní třídu povrchových vod. Oxidázový test potvrdil výskyt koliformních bakterií v květnu, červenci, srpnu a září. Ve stejných měsících byla potvrzena přítomnost bakterie *E.coli* ve vzorcích.

Tab. 17: Výsledky mikrobiologických analýz – lokalita Šance (Š3)

| Datum odběru | Mezofilní bakterie (KTJ/ml) | Psychrof. bakterie (KTJ/ml) | Enterokoky (KTJ/100ml) | Konfirm. test (+/-) | Kolifor. bakterie (KTJ/100ml) | Oxid. test (+/-) | Test s Kovac. činidlem (+/-) |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|------------------------------|
| Limit pitná voda | 100 | 200 | | | | | |
| 27.3.2011 | 102 | 395 | 0 | - | 5 | + | + |
| 24.4.2011 | 240 | 288 | 66 | + | 7 | + | - |
| 22.5.2011 | 362 | 467 | 49 | + | 61 | - | + |
| 26.6.2011 | 191 | 390 | 93 | + | 41 | - | + |
| 17.7.2011 | 144 | 351 | 60 | + | 158 | - | + |
| 21.8.2011 | 215 | 260 | 88 | + | 139 | - | + |
| 18.9.2011 | 269 | 184 | 33 | + | 107 | - | + |
| 16.10.2011 | 193 | 202 | 128 | + | 37 | - | + |

Tabulka 17 vyjadřuje výsledky mikrobiologického rozboru lokality Š3, to znamená vzorek vody z řeky Ostravice po výtoku z nádrže Šance. Hodnoty mezofilních a psychofilních bakterií neplní mezní limity pro pitnou vodu podle Vyhlášky 252/2004 Sb. Počet kolonií enterokoků ve všech měsících splňuje podmínky pro I. jakostní třídu čistoty povrchových vod dle ČSN 75 7221. Konfirmační testy prokázaly přítomnost enterokoků ve všech vzorcích, kromě vzorku odebraného v březnu. Výskyt koliformních bakterií ve vzorcích splňuje limit pro I. jakostní třídu ve všech měsících. Oxidázový test nepotvrdil koliformní bakterie v březnu a dubnu. Bakterie *E.coli* byla prokázána přítomností indolu ve všech měsících kromě dubna.

Tab. 18: Výsledky kultivace bakterií – lokalita Morávka (M1)

| Datum odběru | Mezofilní bakterie (KTJ/ml) | Psychrof. bakterie (KTJ/ml) | Enterokoky (KTJ/100ml) | Konfirm. test (+/-) | Kolifor. bakterie (KTJ/100ml) | Oxid. test (+/-) | Test s Kovac. činidlem (+/-) |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|------------------------------|
| Limit pitná voda | 100 | 200 | | | | | |
| 27.3.2011 | 13 | 93 | 0 | - | 1 | + | - |
| 24.4.2011 | 107 | 268 | 107 | + | 2 | + | - |
| 22.5.2011 | 131 | 292 | 57 | + | 5 | + | - |
| 26.6.2011 | 161 | 369 | 96 | + | 66 | - | + |
| 17.7.2011 | 171 | 230 | 122 | + | 98 | - | + |
| 21.8.2011 | 59 | 92 | 36 | + | 9 | - | + |
| 18.9.2011 | 12 | 70 | 136 | + | 60 | + | - |
| 16.10.2011 | 5 | 91 | 163 | + | 52 | + | - |

V tabulce 18 jsou znázorněny hodnoty laboratorní analýzy bakterií z přítoku do nádrže Morávka. Počet KTJ/ml mezofilních a psychofilních bakterií pro limit pitné vody byl překročen v měsíci dubnu, květnu, červnu a červenci, vztaženo k Vyhlášce 252/2004 Sb. Počet kolonií enterokoků plní podmínky pro I. jakostní třídu povrchových vod podle ČSN 75 7221. Konfirmační testy potvrdily přítomnost enterokoků pro všechny měsíce, vyjma března, kdy nebyla ze vzorku vykultivovaná žádná kolonie. Kolonie koliformních bakterií jsem napočítala ve všech vzorcích, avšak oxidázový test tyto bakterie nepotvrdil v březnu, dubnu a květnu. Odebrané vzorky splňují limit pro I. jakostní třídu kvality povrchových vod. Výskyt bakterie *E.coli* byl potvrzen v červnu, červenci a srpnu.

Tab. 19: Výsledky mikrobiologických analýz – lokalita Morávka (M2)

| Datum odběru | Mezofilní bakterie (KTJ/ml) | Psychrof. bakterie (KTJ/ml) | Enterokoky (KTJ/100ml) | Konfir. test (+/-) | Kolifor. bakterie (KTJ/100ml) | Oxid. test (+/-) | Test s Kovac. činidlem (+/-) |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------|------------------------------|
| Limit pitná voda | 100 | 200 | | | | | |
| 27.3.2011 | 5 | 7 | 0 | 0 | 1 | + | - |
| 24.4.2011 | 19 | 21 | 5 | + | 43 | - | - |
| 22.5.2011 | 29 | 30 | 33 | + | 12 | - | - |
| 16.6.2011 | 43 | 65 | 6 | + | 52 | - | - |
| 17.7.2011 | 67 | 145 | 61 | + | 30 | - | - |
| 21.8.2011 | 93 | 194 | 21 | + | 14 | - | + |
| 18.9.2011 | 13 | 38 | 2 | + | 7 | + | - |
| 16.10.2011 | 2 | 52 | 7 | + | 12 | + | - |

Tabulka 19 dokládá výsledky kultivace bakterií ze vzorků vody nádrže Morávka. Mezofilní a psychrofilní bakterie splňují normu pro pitnou vodu podle Vyhlášky 252/2004 Sb. ve všech 8 sledovaných měsících. Výskyt intestinálních enterokoků je potvrzen ve všech vzorcích konfirmačním testem, jen vzorek odebraný v březnu byl prostý enterokoků. Výskyt koliformních bakterií byl potvrzen oxidázovým testem ve vzorcích odebraných v dubnu až srpnu. Množství koliformních bakterií i intestinálních enterokoků nacházejících se ve vzorcích z nádrže Morávka, splňují mezní limit pro I. jakostní třídu kvality povrchových vod podle ČSN 75 7221. Bakterii *E.coli* potvrdila přítomnost indolu ve vzorcích odebraných v srpnu.

Tab. 20: Výsledky mikrobiologických analýz – lokalita Morávka (M3)

| Datum odběru | Mezofilní bakterie (KTJ/ml) | Psychrof. bakterie (KTJ/ml) | Enterokoky (KTJ/100ml) | Konfir. test (+/-) | Kolifor. bakterie (KTJ/100ml) | Oxid. test (+/-) | Test s Kovac. činidlem (+/-) |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------|------------------------------|
| Limit pitná voda | 100 | 200 | | | | | |
| 23.3.2011 | 16 | 53 | 0 | - | 4 | + | - |
| 24.4.2011 | 18 | 32 | 1 | - | 8 | + | - |
| 22.5.2011 | 18 | 46 | 17 | + | 62 | - | + |
| 26.6.2011 | 111 | 296 | 36 | + | 93 | - | + |
| 17.7.2011 | 148 | 216 | 44 | + | 47 | - | + |
| 21.8.2011 | 156 | 133 | 98 | + | 28 | - | + |
| 18.9.2011 | 119 | 238 | 13 | + | 9 | - | + |
| 16.10.2011 | 3 | 16 | 29 | + | 4 | + | - |

Tabulka 20 dokládá výsledky laboratorního rozboru bakterií vzorků vody z řeky Morávky po výtoku z přehrady Morávka. Počet kolonií mezofilních a psychrofilních bakterií, kromě měsíce června, července, srpna a září, nepřesahují mezní hodnoty pro normu určenou pro

kvalitu pitné vody podle Vyhlášky 252/2004 Sb. Výskyt intestinálních enterokoků je potvrzen konfirmačními testy u všech odběrů vzorků, kromě března a dubna. Počet kolonií enterokoků nepřesahuje mezní limit pro začlenění vody do I. jakostní třídy kvality povrchové vody podle ČSN 75 7221. Pro I. jakostní třídu splňují podmínky i počty kolonií koliformních bakterií. Výskyt bakterie *E.coli* je potvrzen u vzorků kultivovaných od května do září.

Tab. 21: Výsledky mikrobiologických analýz – lokalita Kružberk (K1)

| Datum odběru | Mezofilní bakterie (KTJ/ml) | Psychrof. bakterie (KTJ/ml) | Enterokoky (KTJ/100ml) | Konfir. test (+/-) | Kolifor. bakterie (KTJ/100ml) | Oxid. test (+/-) | Test s Kovac. činidlem (+/-) |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------|------------------------------|
| Limit pitná voda | 100 | 200 | | | | | |
| 23.3.2011 | 271 | 201 | 0 | 0 | 0 | + | + |
| 24.4.2011 | 395 | 247 | 1 | + | 8 | - | + |
| 22.5.2011 | 382 | 287 | 0 | + | 98 | - | + |
| 26.6.2011 | 560 | 382 | 19 | + | 34 | - | + |
| 17.7.2011 | 189 | 280 | 10 | + | 19 | - | + |
| 21.8.2011 | 376 | 356 | 18 | + | 7 | - | + |
| 18.9.2011 | 129 | 252 | 55 | + | 145 | - | + |
| 16.10.2011 | 110 | 293 | 17 | + | 6 | + | + |

Tabulka 21 znázorňuje výsledky kultivací bakterií ze vzorku odebraných z řeky Moravice před přítokem do nádrže Kružberk. Mezofilní a psychrofilní bakterie překračují limity, určené pro kvalitu pitné vody podle Vyhlášky 252/2004 Sb., ve všech kultivovaných vzorcích. Intestinální enterokoky i množství kolonií koliformních bakterií splňují podmínky pro začlenění do I. jakostní třídy kvality povrchových vod podle ČSN 75 7221. Výskyt enterokoků ve vzorcích od dubna do října potvrdily i konfirmační testy. Po celou dobu odběru vzorků se vyskytuje ve všech vzorcích vody bakterie *E.coli*.

Tab. 22: Výsledky mikrobiologických analýz - lokalita Kružberk (K2)

| Datum odběru | Mezofilní bakterie (KTJ/ml) | Psychrof. bakterie (KTJ/ml) | Enterokoky (KTJ/100ml) | Konf. test (+/-) | Kolifor. bakterie (KTJ/100ml) | Oxid. test (+/-) | Test s Kovac. čínidlem (+/-) |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|------------------------------|
| Limit pitná voda | 100 | 200 | | | | | |
| 23.3.2011 | 12 | 49 | 1 | - | 12 | - | - |
| 24.4.2011 | 9 | 40 | 8 | + | 11 | - | + |
| 22.5.2011 | 16 | 263 | 37 | + | 36 | - | + |
| 26.6.2011 | 56 | 220 | 42 | + | 50 | - | + |
| 17.7.2011 | 161 | 231 | 23 | + | 96 | - | + |
| 21.8.2011 | 193 | 465 | 91 | + | 76 | - | + |
| 18.9.2011 | 196 | 257 | 95 | + | 78 | - | + |
| 16.10.2011 | 128 | 286 | 4 | + | 49 | - | + |

Tabulka 22 znázorňuje výsledky kultivací bakterií z nádrže Kružberk. Počet kolonií mezofilních (od března do června) a psychrofilních bakterií (od března do května) splňuje normu pro kvalitu pitné vody podle Vyhlášky 252/2004 Sb., od června do října počet kolonií překračuje mezní limit pro tuto normu. Počet kolonií intestinálních enterokoků na 100ml vzorku vody, je od 1 kolonie v březnu po 95 kolonií v září, počet nepřesahující mezní limit po I. jakostní třídu kvality povrchových vod podle ČSN 75 7221. Konfirmační testy prokázaly přítomnost enterokoků během 7 sledovaných měsíců, enterokoky byly konfirmačním testem neprokázány pouze ve vzorku z měsíce března, i když 1 kolonie na médiu vyrostla. Zjištěný počet kolonií koliformních bakterií ze sledovaných vzorků vody, nepřesáhl mezní limit pro zařazení do I. jakostní třídy kvality povrchových vod. Oxidázové testy prokázaly ve všech vzorcích přítomnost koliformních bakterií. Přítomnost indolu potvrdila výskyt bakterie *E.coli* v 7 zkoumaných vzorcích, v březnu bakterie *E.coli* potvrzena nebyla.

Tab. 23: Výsledky mikrobiologických analýz – lokalita Kružberk (K3)

| Datum odběru | Mezofilní bakterie (KTJ/ml) | Psychrof. bakterie (KTJ/ml) | Enterokoky (KTJ/100ml) | Konfirm. test (+/-) | Kolifor. bakterie (KTJ/100ml) | Oxid. test (+/-) | Test s Kovac. čínidlem (+/-) |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|------------------------------|
| Limit pitná voda | 100 | 200 | | | | | |
| 23.3.2011 | 12 | 65 | 9 | + | 2 | + | - |
| 24.4.2011 | 136 | 209 | 8 | + | 5 | - | + |
| 22.5.2011 | 248 | 260 | 21 | + | 112 | - | + |
| 26.6.2011 | 193 | 292 | 19 | + | 64 | - | + |
| 17.7.2011 | 115 | 212 | 5 | + | 108 | - | + |
| 21.8.2011 | 218 | 263 | 36 | + | 119 | - | + |
| 18.9.2011 | 132 | 298 | 25 | + | 69 | - | + |
| 16.10.2011 | 161 | 281 | 6 | + | 25 | - | + |

Tabulka 23 představuje výsledky kultivací vzorků vody z řeky Moravice po jejím výtoku z nádrže Kružberk. Počet kolonií mezofilních a psychrofilních bakterií nepřesahuje limity pro pitnou vodu pouze u vzorku odebraného v březnu, ostatní vzorky podle Vyhlášky 252/2004 Sb. nevyhovují mezním limitům. Intestinální enterokoky se vyskytují ve všech odebraných vzorcích v počtu kolonií od 5 po 36 kolonií na 100ml vzorku vody. Jejich výskyt je potvrzen ve všech vzorcích konfirmačními testy. Počet kolonií plní mezní limity pro zařazení do I. jakostní třídy kvality povrchových vod podle ČSN 75 7221. Koliformní bakterie se vyskytují rovněž ve všech vzorcích, ale oxidázové testy výskyt potvrdily u 7 vzorků, ve vzorku odebraného v březnu oxidázový test nepotvrdil přítomnost koliformních bakterií. I když je počet kolonií koliformních bakterií vyšší než u ostatních lokalit, nepřesahují mezní limit pro zařazení do I. jakostní třídy kvality povrchových vod podle ČSN 75 7221. Přítomnost indolu potvrdila výskyt bakterie *E. coli* ve všech vzorcích vyjma vzorku vody z března.

Tab. 24: Výsledky mikrobiologických analýz – lokalita Slezská Harta (SH)

| Datum odběru | Mezofilní bakterie (KTJ/ml) | Psychrof. bakterie (KTJ/ml) | Enterokoky (KTJ/100ml) | Konfirm. test (+/-) | Kolifor. bakterie (KTJ/100ml) | Oxid. test (+/-) | Test s Kovac. činidlem (+/-) |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|------------------------------|
| Limit pitná voda | 100 | 200 | | | | | |
| 23.3.2011 | 4 | 16 | 0 | - | 0 | + | - |
| 24.4.2011 | 6 | 9 | 2 | - | 0 | + | - |
| 22.5.2011 | 15 | 25 | 0 | - | 3 | - | - |
| 26.6.2011 | 13 | 20 | 4 | - | 12 | - | - |
| 17.7.2011 | 5 | 7 | 7 | + | 98 | - | + |
| 21.8.2011 | 117 | 242 | 0 | - | 112 | - | - |
| 18.9.2011 | 156 | 344 | 0 | - | 81 | - | - |
| 16.10.2011 | 109 | 262 | 0 | - | 27 | - | - |

Tabulka 24 znázorňuje výsledky mikrobiologické analýzy vzorků vody z nádrže Slezská Harta. Kolonie mezofilních a psychrofilních bakterií splňují limitní meze pro pitnou vodu podle Vyhlášky 252/2004 Sb. ve všech měsících kromě srpna, září a října. Kolonie intestinálních enterokoků vyrostly na mediu pouze ze vzorku odebraného v červenci. Konfirmační testy prokázaly přítomnost intestinálních enterokoků pouze ve vzorku odebraného v červenci. Koliformní bakterie se nevyskytly pouze ve vzorcích vody odebraných v březnu a dubnu. Vzorky odebrané v květnu až říjnu obsahovaly koliformní bakterie, což potvrdily i oxidázové testy. Počet kolonií intestinálních enterokoků a koliformních bakterií vyskytující se ve vzorcích vody z lokality nádrž Slezská Harta, splňují podmínky pro zařazení do I. jakostní třídy kvality povrchových vod podle ČSN 75 7221. Výskyt bakterie *E.coli* byl potvrzen přítomností indolu ve vzorku odebraného pouze v červenci.

6. DISKUSE

Podle získaných dat a literatury ze státního podniku Povodí Odry (Potiorová a Kovářová, 2011), kde provádí všechna výše jmenovaná měření (kromě měření koncentrace těžkých kovů v sedimentu a nesledují kultivovatelné mikroorganismy při 22°C a 36°C), se dlouhodobě lokality dělí do těchto tříd:

1/ Ostravice – je sledována v 8 profilech (celý horní a střední úsek toku od ústí Černé Ostravice po profil Vratimov = 6 profilů) je celkově kvalifikován **II. jakostní třídou jako mírně znečištěná** (kyslíkový režim, celkový fosfor), ale podle ostatních ukazatelů je hodnocená **I. jakostní třídou**. Od profilu Vratimov po ústí do Odry je Ostravice znečišťována odpadními vodami průmyslu (zejména z Biocelu a.s. Paskov, vypouštěním slaných důlních vod z Důlní jámy Jeremenko) a vypouštění kanalizačních vod části Ostravy, dolní část toku je řazena do II. – III. třídy jakosti vody (Potiorová a Kovářová, 2011).

Vodní nádrž Šance je dlouhodobě hodnocena jako velmi čistá čili patří do **I. jakostní třídy**. Voda využívána pro vodárenské účely nevyžaduje složitějších úprav (Potiorová a Kovářová, 2011).

Podle mého měření úsek od cca 52. km po cca 44. km vykazuje hodnoty, které řadíme do I. třídy jakosti vody. Naměřené hodnoty jsem vyhodnotila podle Klasifikace jakosti povrchových vod ČSN 75 7221 a podle Nařízení vlády č.401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod.

Minimální **obsah rozpuštěného kyslíku** ve vodě splňující podmínky pro I. jakostní třídu je >7,5 mg/l. U řeky Ostravice před přítokem do nádrže jsem naměřila nejnižší hodnotu 9,2 mg/l, v nádrži 8,3 mg/l, v řece Ostravici po výtoku z nádrže 9,9 mg/l všechny tři údaje pochází z měsíce září 2011. U všech ostatních měření rozpuštěného kyslíku a na všech lokalitách, řeka Ostravice, včetně nádrže Šance, splňují podmínky pro I. jakostní třídu. Snížené hodnoty obsahu kyslíku ve vodě, byly zřejmě způsobeny vyšší teplotou vzduchu i vody v měsíci srpnu a září. Čím vyšší teplota ovzduší a následně vody, tím nižší vykazuje rozpustnost kyslíku v ní (Pitter, 2009).

Maximální přípustná **teplota vody** splňující podmínky pro I. jakostní třídu je 22°C. Nejvyšší teplotu vody jsem naměřila v nádrži Šance v srpnu 2011 23,6 °C, v září 22,1 °C. V těchto dvou případech byl překročen mírně limit 22 °C, nutný pro splnění podmínky k zařazení do I. jakostní třídy. V ostatních případech jsem naměřila teplotu vody pod 22 °C.

Elektrolytická vodivost (konduktivita) pro splnění I. jakostní třídy by měla dlouhodobě vykazovat hodnotu pod 40 mS/m. Aritmetický průměr všech měření jednotlivých lokalit za období 8 měsíců vykazuje hodnoty nižší než 40mS/m a plní tak podmínku pro zařazení do I. jakostní třídy.

Hodnoty pH pro I. jakostní třídu by měly být v rozmezí 6 – 8,5, všechny tři lokality na řece Ostravici tento limit splnily. Aritmetický průměr měření pH na jednotlivých lokalitách po dobu 8 měsíců je v rozmezí 7,6 – 7,7.

2/ Morávka – je s.p. Povodí Odry vyhodnocována na 4 profilech (nad Skalkou, pod nádrží Morávka, nad jezem Vyšší Lhoty a v ústí do Ostravice). Morávka je jedním z nejčistších toků

povodí Odry, po všech stránkách je v celé délce toku hodnocena **třídou I**. Pouze v ústí mírně přesahuje I. třídu v ukazateli biochemické spotřeby kyslíku (Potiorová a Kovářová, 2011).

Výsledky měření v úseku od ústí Skalky po cca 18. km, které jsem prováděla, se shodují s konečným výsledkem s.p. Povodí Odry, kvalita vody v Morávce vyhovuje podmínkám I. třídy kvality vody (Potiorová a Kovářová, 2011). Naměřené hodnoty jsem vyhodnotila podle Klasifikace jakosti povrchových vod ČSN 75 7221 a podle Nařízení vlády č.401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod.

Průměrný **obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě** řeky a nádrže Morávka od března do října 2011 neklesl pod limitní hodnotu I. jakostní třídy – pod 7,5 mg/l. V teplých letních měsících (červenec a srpen) klesl obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě nádrže Morávka na 8,8 mg/l, ale přesto splňoval podmínky pro I. jakostní třídu.

Teplota vody na lokalitách Morávka v průměru nestoupala nad 14 °C. Nejvyšší hodnotu 19,2 °C jsem naměřila v nádrži v červenci. Teplotou vody tyto lokality absolutně splňují limity I. jakostní třídy.

Konduktivita na lokalitách Morávka nemá v průměru vyšší hodnoty než je limitních 40 mS/m. Lokality na řece Morávka splňují podmínky I. jakostní třídy.

Hodnoty pH jsem naměřila v průměru v rozmezí 7,6 – 7,7, nepřesahují tedy mezní limit 6 – 8,5 I. jakostní třídy.

3/ Moravice – sleduje se v 5 profilech (nad Bělokamenným potokem, v profilech Valšov, Slezská Harta, Kružberk a ústí do Opavy). Celkově podle vybraných ukazatelů je voda klasifikována výslednou **II. třídou jakosti**, jako voda mírně znečištěná. Výjimku tvoří profil Valšov, kde je voda hodnocena **III. třídou**, kvůli vyšší koncentraci celkového fosforu. Vodní nádrž Kružberk jímá vodu s nižší kvalitou než je voda v beskydských nádržích Šance a Morávka. Nádrž Kružberk úzce spolupracuje s nádrží Slezská Harta v kaskádě, i v oblasti kvalitativní, kdy je možné přepouštěním vody ze Slezské Harty z různých výškových (a tím i teplotních) horizontů a pozitivně ovlivňovat teplotu a kvalitu vody v nádrži Kružberk (Potiorová a Kovářová, 2011).

Podle měření, která jsem na lokalitách prováděla (v rozmezí od 51. po cca 43. km), vodárenská řeka Moravice splňuje podmínky jakosti vod pro zařazení do I. třídy.

Obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě je v průměru od 10,5 – 12,5 mg/l. Jednotlivá měření vykazují nižší obsah kyslíku v teplých měsících – v červenci Slezská Harta 7,6 mg/l; v srpnu Moravice vytékající z nádrže Kružberk 7,9 mg/l. I když mají výsledky měření nižší hodnoty, stále lokality řadíme do I. jakostní třídy.

Teplota vody v průměru pod dobu 8 měsíců měření nepřesáhla limit 22 °C. Splňuje podmínky I. třídy jakosti vody.

Při měření **konduktivity** tvoří výjimku řeka Moravice přitékající do nádrže Kružberk, zde je hodnota vyšší 54,14 mS/m než je limit < 40 mS/m a spadá tak do II. jakostní třídy. Zde se vymyká i rozmezí konduktivity 5 – 50 mS/m, které Pitter (2009) označuje za nejběžnější v povrchových vodách.

Velký vliv na jakost vody mají i ostatní chemické parametry, které jsem neměřila, jako je obsah fosforu, saprobní index a další. Podle údajů s.p. Povodí Odry řeka Morávka dosahuje ve všech naměřených hodnotách I. jakostní třídy. Řeka Ostravice v první etapě toku je řazena do I. a II. Stupně jakostní třídy, od profilu Vratimov je klasifikována II. a III. stupněm jakostní třídy. Moravice je řazena do II. jakostní třídy, profil u Valšova z důvodu zvýšené koncentrace fosforu do III. jakostní třídy (Potiorová a Kovářová, 2011).

Pro srovnání nevodárenská řeka Olešná, pramenící v Beskydech v katastru obce Lhotka pokračuje katastrem města Frýdek – Místek do přehradní nádrže Olešná a dále jako levostranný přítok, ústí do Ostravice u Paskova, zařadila Forgačová podle ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod, do II. - IV. jakostní třídy. Voda v řece Olešné je hodnocena jako mírně znečištěná voda až silně znečištěná voda, zejména z důvodu vyšších hodnot fosforu a v jednom případě koncentrací dusičnanového dusíku (Fargačová, 2016).

Koncentrace niklu ve vodních sedimentech

Nikl patří mezi prvky řazené mezi podezřelé lidské karcinogeny, látky toxické pro vodní organismy a látky ohrožující rozmnožování. Přirozený původ niklu v přírodě pochází z vulkanické činnosti, požárů, půdní erozí a odpařováním mořské vody. Doprovází síru a železo. Člověk přispívá vyšší koncentrací niklu v přírodě zejména důlní činností a spalováním fosilních paliv (Pitter, 2009). Žádný mnou měřený vzorek nepřekročil povolený limit 80 mg/kg niklu v sedimentech podle Vyhlášky 207/2009 Sb. Nejvyšší průměrné hodnoty vykazovala nádrž Slezská Harta 57,10 mg/kg. Domnívám se, že zvýšená koncentrace niklu (v porovnání s ostatními lokalitami) může být způsobená částečně lávovým příkrovem, který se vylil z Velkého Roudného na kulmské sedimenty v místech dnešního pravého břehu nádrže. Nádrž je využívána i rekreačně, což určitě také zvyšuje koncentraci těžkých kovů. A v neposlední řadě musím zmínit důlní a masivní průmyslovou činnost na Ostravsku. Nejméně jsem v průměru naměřila hodnoty Ni 17,05 mg/kg ve vzorku z lokality Š1 (přítok nádrže Šance). Pro srovnání v sedimentech vodárenské nádrže Bukovec naměřili (Seszták et al., 2003) koncentraci niklu 20,0 mg/kg a ve vodohospodářské nádrži Palcmanová Maša hodnoty niklu 39,02 mg/kg. Obě hodnoty plní limit podle Vyhlášky 207/2009 Sb.

Koncentrace zinku ve vodních sedimentech

Zinek v přírodě působí toxicky na vodní organismy, je ale zároveň čtvrtým nejčastěji používaným kovem. Pro živé organismy je nepostradatelným prvkem, ale ve vyšší koncentraci vede k poruchám trávicího ústrojí, poruchám funkce slinivky a poškození krve, zejména při dlouhodobých přísunech vyšší dávky zinku. Je schopen bioakumulace v potravních řetězcích (Horáková, 2003). V přírodě se vyskytuje pouze ve sloučeninách, nejčastěji v podobě minerálu sfaleritu. Zinek tvoří slitinu mosaz (Pitter, 2009). Vyhláška 207/2009 připouští koncentraci zinku 300 mg/kg ve vodních sedimentech. Žádná z mnou měřených lokalit tuto hranici nepřekročila, ani se jí nepřibližovala. Nejvyšší průměrnou hodnotu Zn 131,38 mg/kg jsem zaznamenala v sedimentech nádrže Morávka a nejnižší průměrnou hodnotu 61,08 mg/kg v sedimentech přítoku do nádrže Šance. Pro srovnání vodní

nádrž Bukovec, která slouží pro vodárenské účely, vykazovala v roce 2000/2001 koncentraci zinku v sedimentech 148,60 mg/kg. Vodohospodářská nádrž Palcmanová Maša měla koncentraci zinku obdobné hodnoty 145,46 mg/kg (Seszták et al., 2003). Obě lokality se ani nepřiblížily překročení povolenému limitu hladiny zinku v sedimentu 300 mg/kg podle Vyhlášky 207/2009 Sb. Vodní tok Kocába u Příbrami vykazuje hodnotu zinku pouhých 5,76 mg/kg, což jsou hodnoty velmi nízké, když vezmeme v potaz podloží okolí Příbrami, kde se nachází polymetalické ložisko, které obsahuje 2,9 % zinku (Komínková a Benešová, 2003). Mnou naměřená nejnižší koncentrace 61,08 mg/kg v toku, byla v řece Ostravici před přítokem do Šance.

Koncentrace mědi v sedimentech

V nadměrných koncentracích je velmi toxická pro organismy. V prostředí se nerozkládá a bioakumuluje se v potravních řetězcích. Největším antropogenním zdrojem je metalurgický a hornický průmysl, spalování fosilních paliv a aplikace pesticidů (Pitter, 2009). Ukládá se zejména do povrchových vrstev sedimentu, kde je pevně navázána na organické látky (Horáková, 2003). Všechny odebrané vzorky splňovaly daný limit 100 mg/kg podle Vyhlášky 207/2009 Sb. Nejvyšší koncentrace mědi 26,5 mg/kg jsem zaznamenala ze vzorku lokality M3 (řeka Moravice vytékající z nádrže Kružberk), nejnižší pak v sedimentech nádrže Šance 9,9 mg/kg. Ve vodárenské nádrži Bukovec v roce 2000/2001 byly naměřeny hodnoty Cu 27,7 mg/kg a ve vodohospodářsky využívané nádrži Palcmanová Maša koncentrace Cu nepřekročila hodnotu 36,25 mg/kg (Seszták et al., 2003). Obě hodnoty plní limit podle Vyhlášky 207/2009 Sb.

Koncentrace olova v sedimentech

Vysoká koncentrace olova v životním prostředí je velmi riziková, olovo patří mezi karcinogenní, teratogenní látky, látky poškozující hormonální systém, toxické pro vodní organismy, ohrožující rozmnožování a mezi perzistentní bioakumulující se látky (Pitter, 2009). Nejvyšší přípustná hranice pro sedimenty je 100 mg/kg podle Vyhlášky 207/2009 Sb. Mnou naměřená nejvyšší průměrná hodnota byla 43,93 mg/kg z lokality K1 (přítok Moravice do nádrže Kružberk). Nejnižší průměrnou hodnotu měly koncentrace olova v nádrži Slezská Harta 8,63 mg/kg. Podle Sesztáka et al. (2003) koncentrace olova ve vodárenské nádrži Bukovec, nepřekročily hodnotu 68,8 mg/kg a ve vodohospodářské nádrži Palcmanová Maša naměřili podobné hodnoty 68,38 mg/kg olova. Obě nádrže vyhovují limitním podmínkám podle platné Vyhlášky 207/2009 Sb.

Koncentrace kadmia v sedimentech

Vyšší hladina kadmia je v životním prostředí velmi nebezpečný jev. Kadmium patří mezi látky toxické, teratogenní, karcinogenní, reprotoxické a perzistentní silně bioakumulující se látky (Pitter, 2009). Z atmosféry se časem dostávají do vody a půdy, kde se nerozkládají, jen tvoří sloučeniny. Antropogenním zdrojem kadmia je zejména metalurgický průmysl, těžba a

spalování fosilních paliv, elektrické baterie, protikorozní úprava kovů, některé typy dříve používaných hnojiv, na příklad africké ledky (Horáková, 2003). Nejvyšší přípustná hranice pro sedimenty podle Vyhlášky 207/2009 Sb. je 1 mg/kg. V sedimentech z nádrže Slezská Harta jsem naměřila průměrné hodnoty kadmia 5,20 mg/kg, to byla nejvyšší naměřená hodnota ze všech vzorků. Vyšší hodnota kadmia může být způsobena rekreačním využíváním přehrady a vzhledem k zatopení sídel při napouštění nádrže, mohou být zdrojem znečištění těžkými kovy i tato bývalá obydlí (Broža et al., 2005). Nejnižší průměrnou hodnotu jsem naměřila 0,55 mg/kg ze sedimentů z řeky Moravice po výtoku z nádrže Kružberk. Sedimenty vodárenské nádrže Bukovec v roce 2000/2001 vykazovaly koncentraci kadmia 1,8 mg/kg a sedimenty nádrže Palcmanská Maša ve stejném období 1,32 mg/kg (Seszták et al., 2003). U obou nádrží jsou povolené limity pro koncentraci kadmia překročeny podle Vyhlášky 207/2009 Sb.

Vyšší koncentrace těžkých kovů znamená velkou zátěž pro životní prostředí i organismy v něm žijící, včetně člověka. Některé jsou nezbytné pro správné fungování nejen lidského těla, ale jen v nejnižších koncentracích. Denně vstřebáváme těžké kovy a jiné škodlivé látky ze vzduchu, potravou, nápoji, aniž bychom si to uvědomovali. A i proto je nutný pravidelný monitoring těchto látek v životním prostředí. Běžně se měří hodnota těžkých kovů v pitné vodě, v ovzduší, v sedimentech, atd. (Horáková, 2003). V dnových sedimentech nádrží Šance, Morávka, Kružberk a Slezská Harta to již tak běžné není. Data týkající se měření těžkých kovů v sedimentech zmíněných vodních nádrží, byly zjišťovány v řadě institucí, která provádějí měření a výzkumy na jmenovaných lokalitách (Česká geologická služba; s.p. Povodí Odry; UNIGEO a.s.; Lesoprojekt Frýdek-Místek, s.r.o.; Český hydrometeorologický ústav Ostrava; Výzkumný ústav lesnictví a myslivosti ve Zbraslavi; Lesnická projekce Frýdek – Místek, a.s.; Vysoká škola báňská v Ostravě a další), ale žádná ze jmenovaných neprováděla měření těžkých kovů v dnových sedimentech zájmových nádrží. Tudíž nemám k dispozici žádná konkrétní data z nádrží zkoumaných v diplomové práci ke srovnání. Měla jsem myšlenku srovnat mnou získaná data a data z předešlých let a porovnat, na příklad u nádrže Šance, případné změny v koncentraci olova a dalších těžkých kovů, po přechodu na užívání bezolovnatého benzínu v motorismu. Nádrž totiž kopíruje frekventovaná silnice. Získaná data mají za cíl posloužit dalším výzkumníkům v jejich práci.

Psychrofilní bakterie je dřívější název, nově se používá název kultivovatelné organismy při 22°C patří mezi všudypřítomné bakterie, které řadíme mezi hygienicky méně významné mikroorganismy. Data o výskytu pouze informují o mikrobiálním znečištění vody (Ambrožová, 2003). Počet KTJ/ml jsem srovnávala s normou pro hodnocení kvality pitné vody podle Vyhlášky 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. Téměř vždy hranici 200 KTJ/ml nepřekročil březnový rozbor vody. Velmi dobré výsledky hodnotím u lokality nádrž Šance (vzorky z 3., 4., 5., 9. a 10. měsíce) splňují podmínky pro pitnou vodu podle Vyhlášky 252/2004 Sb. Dále nádrž Morávka plní požadavky pro kvalitu pitné vody po všechny sledované měsíce a nádrž Slezská Harta plní tuto normu od 3. po 7. měsíc. Počty kultivovatelných organismů při 22°C a 36°C se běžně v povrchových vodách nesledují, parametr slouží pro hodnocení kvality pitných vod.

Dříve označované **mezofilní bakterie**, nyní kultivovatelné organismy při 36°C patří mezi mikroorganismy s optimem růstu v laboratorních podmínkách při 36°C (Ambrožová, 2003). Podle Vyhlášky 252/2004 Sb. je dán mezní limit pro pitnou vodu 100 KTJ/ml. Opět většina lokalit vyhovuje této normě hlavně v měsíci březnu. Nádrž Šance v 3., 4., 5., 9. a 10. měsíci splňuje podmínky vyhlášky. Nádrž Morávka vyhovuje tomuto kritériu po všechny sledované měsíce, nádrž Kružberk od 3. po 6. měsíc a nádrž Slezská Harta od 3. po 7. měsíc. Toky napájející nádrže a následně z nich vytékající většinou tyto podmínky neplní.

Pro zajímavost jsem analýzy kultivovatelných organismů při 22°C a 36°C prováděla u povrchových vod a srovnávala s rozbory (Božáková, 2000) vzorků ze zdroje pitné vody – studna rodinného domu v Přemyslovicích.

Pro srovnání Božáková (2000) ve svém bakteriologickém rozboru vzorků vody ve studni patřící k rodinnému domu a využívanou jako zdroj pitné vody v Přemyslovicích, napočítala od března do října 2 (říjen) – 77 (květen) KTJ/ml psychrofilních bakterií. V červenci a srpnu kultivace neprováděla. Povodí Odry s.p. rozbory psychrofilních bakterií u povrchových vod běžně neprovádí (Potiorová a Kovářová, 2011). Božáková (2000) ve své studii napočítala během 6 měsíců rozmezí 6 – 18 KTJ/ml mezofilních bakterií, tedy podstatně méně KTJ/ml v jednotlivých vzorcích nežli já na lokalitách s povrchovou vodou. Nároky na kvalitu pitných vod jsou vyšší než na vody povrchové, přesto musím upozornit, že podle mých výsledků mikrobiologických analýz, některé lokality (nádrž Morávka, Šance a Slezská Harta) splňují nebo se velmi přibližují parametrům pro hodnocení kvality pitných vod.

Intestinální enterokoky patří mezi mikroorganismy, které prokazují přímou fekální kontaminaci (Baudišová, 2009). Srovnání jsem prováděla podle normy ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod. Pro zařazení do I. jakostní třídy, to znamená neznečištěná voda, je povolen limit 600 KTJ/100 ml vzorku vody. Všechny lokality tuto normu splnily, kromě 2 odběrů v červnu (662 KTJ/100 ml) a červenci (637 KTJ/100 ml) na lokalitě řeka Ostravice před přítokem do nádrže Šance. Zvýšené hodnoty přisuzují možnému bodovému znečištění člověkem nebo zvířem. V době odběru byl v blízkosti stanový tábor. Povodí Odry s.p. intestinální enterokoky sleduje pravidelně ve všech nádržích určených k přípravě pitné vody. U nádrže Šance zaznamenali enterokoky pouze ve vzorku z měsíce srpna 1 KTJ/100 ml a v září 1 KTJ/100 ml. V měsíci červnu nezaznamenali žádné enterokoky ve vzorku (Potiorová a Kovářová, 2011), já pro srovnání 23 KTJ/100 ml. U nádrže Morávka za rok 2011 nezaznamenali žádné enterokoky (Potiorová a Kovářová, 2011), já na příklad v červenci 61 KTJ/100ml. V nádrži Kružberk zaznamenali 2 KTJ/100 ml v červnu a stejný počet v srpnu. V nádrži Slezská Harta 1 KTJ/100 ml v červnu a 1 KTJ/100 ml v srpnu. Rozdíly v nálezů intestinálních enterokoků přisuzují způsobu odběru vzorků v případě Povodí Odry s.p. z člunu ze středu nádrže (Potiorová a Kovářová, 2011) a v mém případě cca 3 – 4m od břehu.

Koliformní bakterie řadíme mezi indikátor všeobecného znečištění vody (Baudišová, 2009). Porovnávala jsem s platnou normou pro hodnocení kvality povrchových vod ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod, kde je povolen limit 4000 KTJ/100 ml vzorku vody pro zařazení do I. jakostní třídy neznečištěná voda. Všechny lokality patří do I. jakostní třídy. U všech vzorků z lokality Š1 (přítok do Šance) se vyskytly koliformní bakterie, nejméně v

dubnu 2 KTJ/100 ml, nejvíce v květnu 265 KTJ/100 ml. Ve všech vzorcích z nádrže Šance jsem zaznamenala výskyt koliformních bakterií, nejméně v březnu a dubnu po 1 KTJ na 100 ml, nejvíce 81 KTJ/100 ml. Z výzkumu Povodí Odry s.p. vzorky z nádrže Šance obsahovaly ve všech sledovaných měsících koliformní bakterie v rozmezí 1 – 27 KTJ/100 ml, pouze duben a květen byl bez nálezu (Potiorová a Kovářová, 2011). Ve všech vzorcích z lokality Š3 (odtok z nádrže Šance) jsem zaznamenala koliformní bakterie, nejméně v březnu 5 KTJ/100 ml a nejvíce v červenci 158 KTJ/100 ml. Z lokality M1 (přítok do nádrže Morávka) všechny vzorky obsahovaly koliformní bakterie, nejméně v březnu 1 KTJ/100 ml a nejvíce v červenci 98 KTJ/100 ml. Ze vzorků původem z nádrže Morávka jsem nejméně kolonií koliformních bakterií zjistila v březnu 1 KTJ/100 ml a nejvíce v červnu 52 KTJ/100 ml. Všechny vzorky obsahovaly koliformní bakterie. Laboratoř Povodí Odry s.p. potvrdila koliformní bakterie z nádrže Morávka v červnu 1 KTJ/100 ml a v září rovněž 1 KTJ/100 ml (Potiorová a Kovářová, 2011). Ve všech vzorcích z lokality M3 (odtok z nádrže Morávka) jsem objevila koliformní bakterie v rozmezí 4 KTJ/100 ml v březnu, dubnu a 93 KTJ/100 ml v červnu. U vzorků z lokality K1 (přítok do nádrže Kružberk) se neprokázaly koliformní bakterie v březnu, ostatní vzorky koliformní bakterie obsahovaly od 6 KTJ/100 ml v říjnu po 145 KTJ/100 ml v září. Výsledky z nádrže Kružberk prokazují přítomnost ve všech vzorcích kromě března. Nejméně 11 KTJ/100 ml jsem zjistila v dubnu, nejvíce 96 KTJ/100 ml jsem napočítala v červenci. V laboratoři Povodí Odry s.p. zaznamenali koliformní bakterie pouze v srpnu, a to 1 KTJ/100 ml (Potiorová a Kovářová, 2011). Vzorky z lokality K3 (výtok z nádrže Kružberk) prokázaly přítomnost koliformních bakterií ve všech vzorcích od 2 KTJ/100 ml v březnu po 119 KTJ/100 ml v srpnu. Nádrž Slezská Harta vykazovala nález koliformních bakterií ve všech vzorcích kromě března a dubna. Nejvíce jsem napočítala 112 KTJ/100 ml v srpnu. Výzkumníci z Povodí Odry s.p. objevili koliformní bakterie ve vzorcích nádrže Slezská Harta pouze v květnu v počtu 1 KTJ/100 ml (Potiorová a Kovářová, 2011).

Escherichia coli je jednoznačně nejdůležitějším indikátorem fekálního znečištění, pocházející z intestinálního traktu teplokrevných živočichů včetně člověka. Pokud se ve vzorku vody prokáže výskyt *E.coli*, voda není absolutně vhodná k požití (Baudišová, 2009). Ze vzorků nádrže Šance byly na *E.coli* pozitivní odběry v květnu, srpnu a září. Pracovníci z Povodí Odry s.p. prokázali tuto bakterii v nádrži Šance v srpnu 2 KTJ/100 ml a v září 1 KTJ/100 ml (Potiorová a Kovářová, 2011). Ve vzorcích z nádrže Morávka jsem *E.coli* zaznamenala pouze v srpnu a Povodí Odry s.p. v červnu 1 KTJ/100 ml. Ve vzorcích nádrže Kružberk se potvrdila přítomnost *E.coli* při všech odběrech, pracovníci Povodí Odry s.p. zaznamenali 1 KTJ/100 ml pouze v srpnu (Potiorová a Kovářová, 2011). V nádrži Slezská Harta se vyskytla bakterie *E.coli* v červenci, pracovníci povodí zaznamenali nález *E.coli* v květnu 1 KTJ/100 ml a v srpnu rovněž 1 KTJ/100 ml (Potiorová a Kovářová, 2011).

Všechny mikrobiologické hodnoty zaznamenané v chladnějších měsících v březnu a dubnu vykazovaly nejnižší počty vykultivovaných bakterií. Přisuzuji to nižší teplotě a samočisticí schopnosti toků mimo vegetační období (Štěrba a Rosol, 1989). Dále z mých dat i dat s.p. Povodí Odry (Potiorová a Kovářová, 2011) vyplývá, že čistota toků od pramene k ústí má sestupnou tendenci.

Mikrobiální ukazatele patří k nejcitlivějším ukazatelům znečištění vod. Podávají nám důkaz o momentálním stavu vodního zdroje, jsou nezbytné pro zjištění kvality vody, už jen z toho důvodu, že počty mikroorganismů se zvyšují i tehdy, kdy základní chemické ukazatele zcela

vyhovují povoleným limitům (Křížová, 2013). Na druhou stranu bez kvalitních chemických analýz, by kompletní hodnocení kvality vodních zdrojů pro praktické účely nebylo úplné. Existuje na příklad prokázána korelace mezi vyššími hodnotami amonných iontů a mikrobiálním znečištěním, Pitter (2009) hovoří o chemických indikátorech fekálního znečištění.

U vodárenských toků jsou pramenné části toku a část toku před přítokem do nádrže řazený do pásma ochrany, nejsou znečištěné nebo velmi málo, v nádrži se voda dále promíchá a vytéká stále voda neznečištěná. V dalším úseku toku se kvalita vody zhoršuje s přibývajícím zdroji bodového znečištění (Štěrba a Rosol, 1989).

7. ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na zkoumání a porovnání kvality povrchových vod ve vodních nádržích Šance, Morávka, Kružberk a Slezská Harta. Dalším cílem bylo změřit koncentrace těžkých kovů ve vodních sedimentech všech lokalit. Zájmové lokality byly sledovány v rámci mikrobiologických analýz vody po dobu 8 měsíců (od března do října 2011). Koncentrace těžkých kovů ve vodních sedimentech byly měřeny v říjnu 2010 a v říjnu 2011.

Při výzkumu vodních nádrží a jejich přítoků a odtoků bylo zjištěno:

Lokalita Š1 spadá ve všech směrech do I. jakostní třídy kvality povrchových vod podle ČSN 75 7221, výjimku tvoří vzorky odebrané v měsíci červnu a červenci, kdy počet intestinálních enterokoků KTJ/100ml byl překročen v červnu na 662 KTJ/100ml a v červenci 637 KTJ/100ml.

Lokalita Š2, Š3, M1, M2, M3, K1, K2, K3 a SH plní ve všech směrech, mnou provedených mikrobiologických analýz, podmínky pro zařazení do I. jakostní třídy kvality povrchových vod podle ČSN 75 7221.

Sledování koncentrace těžkých kovů v sedimentech hodnocených lokalit v roce 2010 a 2011, prokázalo zařazení lokalit do I. jakostní třídy kvality povrchových vod podle ČSN 75 7221. Výjimkou je naměřená koncentrace kadmia v roce 2011 7,9 mg/kg v sedimentu nádrže Slezská Harta. Tato hodnota i průměrná hodnota za rok 2010 a 2011, která je 5,2 mg/kg, převyšuje povolenou normu Cd 1 mg/kg sušiny pro I. jakostní třídu kvality povrchových vod podle ČSN 75 7221 a patří tak do III. jakostní třídy kvality povrchových vod podle ČSN 75 7221.

8. PŘEHLED LITERATURY

ADÁMEK, Z., Helešic, J., Maršálek, B., Rulík, M. (2010): Aplikovaná hydrobiologie. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. České Budějovice. 350 s. ISBN 978-80-87437-09-4.

AMBROŽOVÁ, J. (2003): Aplikovaná a technická hydrobiologie. 2. vydání. VŠCHT Praha, 226 s. ISBN 80-7080-521-8.

AMBROŽOVÁ ŘÍHOVÁ, J. (2009): Aplikovaná a technická hydrobiologie. Vydavatelství VŠCHT. Praha. 183 s. ISBN 978-80-7080-521-3.

AMBROŽOVÁ ŘÍHOVÁ, J. (2011): Mikrobiologie v technologii vod. Vydavatelství VŠCHT. Praha. 252 s. ISBN 80-7080-534-X.

BAČA, P. (2003): Priestorové a časové zmeny v dostupnosti sedimentov v oblasti flyšového pásma. In: Hucko, P.: Zborník prednášok z konferencie so zahraničnou účasťou. Sedimenty vodných tokov a nádrží, 15.-16.4. 2003: s.192-200. Bratislava. ISBN 80-89062-20-2.

BAUDIŠOVÁ, D. (2007): Současné metody mikrobiologického rozboru vody. Příručka pro hydroanalytické laboratoře. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v.i. Praha. 104 s. ISBN 978-80-85900-72 - 9.

BORODAJKEVYČOVÁ, M., MOSNÝ, V. (2003): Zhodnotenie zmien vývoja plavenín na slovenskom úseku toku Dunaja. In: Hucko, P.: Zborník prednášok z konferencie so zahraničnou účasťou. Sedimenty vodných tokov a nádrží, 15.-16.4. 2003: s.11-20. Bratislava. ISBN 80-89062-20-2.

BOŽÁKOVÁ, H. (2000): Hodnocení kvality pitných vod v okrese Prostějov. Diplomová práce. UP Olomouc. 133 s.

BRANIŠ, M. et al. (2005): Vítejte v antropocénu! Vesmír, roč. 84, č. 8, s. 474- 477. Praha.

BROŽA, V. et al. (2005): Přehrady Čech, Moravy a Slezska. Knihy 555. 256 s. ISBN 80-86660-11-7.

BUZEK, L. (2005): Vodní eroze lesní půdy. Šance pro vodárenskou nádrž Šance. Vesmír, roč. 84, č. 4, s. 212-216. Praha.

DEMEK, J. (1987): Obecná geomorfologie. Academia. Praha. 480 s.

FARGAČOVÁ, K. (2016): Sledování kvality vody vybraného vodního toku. Bakalářská práce. Mendlova univerzita v Brně. 30 s.

HÄUSLER, J. (1994): Mikrobiologické kultivační metody kontroly jakosti vod II. Mikrobiologický rozbor vod. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha. 164 s. ISBN 80-7084-107-109.

HÄUSLER, J. (1995): Mikrobiologické kultivační metody kontroly jakosti vod III. Stanovení mikrobiologických ukazatelů. MZe ČR, Praha. 408 s.

HORÁKOVÁ, M. (2003): Analytika vody. Vyd. 2., opr. a rozš. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. 335 s. ISBN 80-7080-520-x.

HRDINA, K., BLÁHOVÁ, M (1975): Kosmova kronika česká. Nakladatelství Svoboda. Praha. 263 s.

KLABAN, V. (2011): Ekologie mikroorganismů. Ilustrovaný lexikon biologie, ekologie a patogenity mikroorganismů. Galén, Praha. 549 s. ISBN 9788072627707.

KETTNER, R. (1955): Všeobecná geologie IV. Vnější geologické síly, zemský povrch (činnost ledu, větru, zemské tíže, ústrojenců a člověka). Nakladatelství Československé akademie věd. Praha. 363 s.

KOMÍNKOVÁ, D., BENEŠOVÁ, L. (2003): Hodnocení ekologického rizika těžkých kovů v povodí Kocáby a Točnického potoka, In: Hucko, P.: Zborník prednášok z konferencie so zahraničnou účasťou. Sedimenty vodných tokov a nádrží, 15.-16.4. 2003: s.161-170. Bratislava. ISBN 80-89062-20-2.

KŘÍŽOVÁ, I. (2013): Analýza vybraných ukazatelů kvality vody. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. 77 s.

LELLÁK, J., KUBÍČEK, F. (1992): Hydrobiologie. Vydavatelství Karolinum, Praha. 257 s. ISBN 80-7066-530-0.

LIŠKA, M. (2000): Použití nových biomarkerů těžkých kovů, PCB a OCP v řekách Čech a Moravy. In: Rulík, M.: Sborník referátů XII. Limnologické konference. Limnologie na přelomu tisíciletí, 18.-22.9. 2000: s. 298-301. Kouty nad Desnou.

MEDEK, J., et al. (2003): Sledování a hodnocení jakosti sedimentů a plavenin v povodí Labe. In: Hucko, P.: Zborník prednášok z konferencie so zahraničnou účasťou. Sedimenty vodných tokov a nádrží, 15.-16.4. 2003: s.21-26. Bratislava. ISBN 80-89062-20-2.

NĚMEC, M., HORÁKOVÁ, D. (1993): Základy mikrobiologie pro učitelské studium. Masarykova univerzita, Brno. 233 s. ISBN 8021008172.

NĚMEC, J., HLADNÝ, J. (2006): Voda v České republice. Consult, Praha. 256 s. ISBN 80-903482-1-1

PITTER, P. (2009): Hydrochemie. Praha: Vysoká škola chemicko technologická v Praze. 579 s. ISBN 978-80-7080-701-9.

POTIOROVÁ, J., KOVÁŘOVÁ, J. (2011): Zpráva o jakosti vody v údolních nádržích. Státní podnik Povodí Odry, Odbor vodohospodářských koncepcí a informací. Ostrava.

POULÍČKOVÁ, A. et al. (1998): Ochrana horských a podhorských toků. Úvod do studia jejich biocenóz. Metodika ČSOP č. 18. Podblanické ekocentrum ČSOP, Vlašim. 127 s. ISBN 80-902469-5-8.

RULÍK, M. et al. (2011): Mikrobiální biofilmy. Vydavatelství UP v Olomouci, Olomouc. 447 s. ISBN 978-80-244-2747-8.

RULÍK, M. et al. (2013): Mikrobiální ekologie vod. Vydavatelství UP v Olomouci, Olomouc. 292 str. ISBN 978-80-244-3477-3.

SEDLÁČEK, I. (2007): Taxonomie prokaryot. Masarykova univerzita, Brno. 270 s. ISBN 80-210-4207-9.

SEDLÁČEK, J. (2013): Vysokorozlišující stratigrafie a historie kontaminace recentních sedimentů přehradních nádrží na Moravě. Disertační práce. Masarykova univerzita, Brno. 127 s.

SESZTÁK, J. et al. (2003): Sedimenty vo vodných nádržiach v správe odštepného závodu Povodia - Bodrogu a Hornádu Košice. In: Hucko, P.: Zborník prednášok z konferencie so zahraničnou účasťou. Sedimenty vodných tokov a nádrží, 15.-16.4. 2003: s. 90-104. Bratislava. ISBN 80-89062-20-2.

ŠTĚRBA, O., ROSOL, J. (1989): Znečišťování a ochrana vod. Vydavatelství UP v Olomouci, Olomouc. 181 s.

STRAŠKRABOVÁ, V. et al. (1996): Mikrobiální ekologie vody. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta. České Budějovice. 119 s. ISBN 80-85368-88-9.

VEGER, J., BAUDIŠOVÁ, D. (1996): Bakterie z čeledi Enterobacteriaceae ve vodním prostředí. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. Praha. 94 s. ISBN 80-85900-11-4.

VOLF, P., HORÁK, P. a kol. (2007): Paraziti a jejich biologie. Nakladatelství Triton, Praha. 318 s. ISBN 978-80-7387-008-9.

ZAPLETAL, J. (1995): Základy geologie. Vydavatelství UP v Olomouci, Olomouc. 70 s. ISBN 80-7067-855-0.

ZIMÁK, J. (1998): Mineralogie a petrografie. Vydavatelství UP v Olomouci, Olomouc. 226 s. ISBN 80-7067-856-9.

Elektronické zdroje literatury:

http://www.casopisstavebnictvi.cz/posileni-protipovodnovych-opatreni-v-cr_A134_I6
Posílení protipovodňových opatření v ČR, Pavel Punčochář, 2007

<http://geologie.vsb.cz/Sedimentologie/terenni%20dokumentace/struktura%20sedimentu.htm>

http://www.pod.cz/atlas_toku/vseobecna-cast.html Atlas hlavních vodních toků

<http://www.zemepis.com>

www.irz.cz Integrovaný registr znečišťování Ministerstva životního prostředí ČR

Legislativa:

ČSN 75 7221 Jakost vod. Klasifikace jakosti povrchových vod. 1998.

ČSN 75 7841 Jakost vod. Stanovení mezofilních bakterií. 1999.

ČSN 75 7842 Jakost vod. Stanovení psychrofilních bakterií. 1999.

ČSN EN ISO 6222 (75 7821) Jakost vod – Stanovení kultivovatelných mikroorganismů – Stanovení počtu kolonií očkovaním do živného agarového kultivačního média. 2000.

ČSN EN ISO 9308-1 (75 7836) Jakost vod – Stanovení *Escherichia coli* a koliformních bakterií – Část 1: Metoda membránových filtrů. 2001.

ČSN EN ISO 7899-2 (75 7831) Jakost vod – Stanovení intestinálních enterokoků – Část 2: Metoda membránových filtrů. 2001.

ČSN ISO 6222 [75 7821]

ČSN ISO 5667 [75 7051] Část 4: Pokyny pro odběr vzorků z vodních nádrží, Část 6: Pokyny pro odběr vzorků z řek a potoků, Část 12: Pokyny pro odběr vzorků dnových sedimentů

ČSN 83 0521 Část 4: a Část 5:

ČSN 83 0531 Část 4: a Část 5:

Zákon č.254/2001 Sb. O vodách a změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Nařízení vlády č.401/2015 Sb., O ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení o vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

9. PŘÍLOHY

Příloha č. 1

Složení a příprava kultivačních médií a činidel

1. Masopeptonový agar

Složení:

| | |
|--------------------------|---------|
| masový extrakt | 10,0 g |
| pepton (z masa vyrobený) | 10,0 g |
| chlorid sodný (NaCl) | 5,0 g |
| agar | 15,0 g |
| destilovaná voda | 1000 ml |

Příprava: Předepsané složky se zahříváním ve vodní lázni či v proudící páře rozpustí ve vodě, upraví se hodnota pH tak, aby po sterilizaci byla 7,2 +/- 0,2 při teplotě 25 °C. Pak se plní do patřičných nádob a sterilizuje se v autoklávu při teplotě 121 +/-3 °C po dobu 15 min +/- 1min. Pokud médium bezprostředně po přípravě nebudeme používat, lze ho ve sterilním stavu uskladnit ve tmě při teplotě 4 °C, ale ne déle než měsíc (ČSN 75 7841 a ČSN 75 7842).

2. Laktóza-TTC agar s heptadecylsulfátem sodným (Tergitolem 7)

2.1 Základní kultivační médium

Složení:

| | |
|-------------------------------|---|
| laktóza | 20,0 g |
| pepton | 10,0 g |
| kvasničný extrakt | 6,0 g |
| masový extrakt | 5,0 g |
| bromthymolová modř | 0,05 g |
| agar (v prášku nebo vločkách) | 15,0 g až 25,0 g (závisí na viskozitě agaru) |
| destilovaná voda | 1000 ml |

Příprava: Jednotlivé složky se za zahřívání rozpustí ve vodě. Pokud je to nutné, upraví se hodnota pH tak, aby po sterilizaci byla 7,2 +/-0,1 při teplotě 25 °C. Médium se plní do baněk objemu nejvýše 250 ml a sterilizuje se v autoklávu při teplotě 121°C +/-3°C po dobu 15 min.

2.2 Roztok TTC

Složení:

| | |
|--|--------|
| 2,3,5-trifenyltetrazoliumchlorid (TTC) | 0,05 g |
| destilovaná voda | 100 ml |

Příprava: TTC se rozpustí v malém objemu vody a pak se doplní vodou na 100 ml. Sterilizuje se filtrací přes membránový filtr s nominálním průměrem pórů 0,2 µm.

2.3 Roztok heptadecylsulfátu sodného (Tergitolu 7)

Složení:

| | |
|-------------------------------------|--------|
| heptadecylsulfát sodný (Tergitol 7) | 0,2 g |
| destilovaná voda | 100 ml |

Příprava: Tergitol 7 se rozpustí v malém objemu vody a pak se doplní vodou na 100 ml. Sterilizuje se v autoklávu při teplotě 121 °C +/-3°C po dobu 15 min.

2.4 Kompletní médium

Složení:

| | |
|----------------------------------|--------|
| základní kultivační médium (2.1) | 100 ml |
| roztok TTC (2.2) | 5 ml |
| roztok Tergitolu 7 (2.3) | 5 ml |

Příprava: Základní kultivační médium se roztaví a ochladí na 50 °C +/-5 °C. Asepticky se přidá roztok TTC a roztok Tergitolu 7 a pečlivě se promíchá tak, aby se nevytvořily bublinky. Médium se plní do Petriho misek tak, aby vrstva média byla nejméně 5 mm vysoká. Pokud se takto připravené misky hned nepoužijí, uchovávají se ve tmě při teplotě 5 °C +/-3 °C nejdéle 10 dní (*ČSN EN ISO 9308-1*).

3. Trypton-sojový agar (TSA)

Složení:

| | |
|------------------------------|--------|
| tryptický hydrolyzát kaseinu | 15,0 g |
| sojový pepton | 5,0 g |
| chlorid sodný | 5,0 g |

| | |
|-----------------------------|---|
| agar (v prášku či vločkách) | 15,0 g až 25,0 g (závisí na viskozitě agaru) |
| destilovaná voda | do 1000 ml |

Příprava: Jednotlivé složky se za zahřívání rozpustí ve vodě. Hodnota pH se upraví tak, aby po sterilizaci byla 7,2 +/-0,1 při teplotě 25 °C. Médium se plní do baněk či zkumavek v objemu nejvýše 250 ml a sterilizuje se při teplotě 121 °C +/-3 °C po dobu 15 min. Pak se médium ochladí na 50 °C +/-5 °C a plní se do Petriho misek tak, aby jeho vrstva byla nejméně 5 mm vysoká (ČSN EN ISO 9308-1).

4. Tekuté kultivační médium s tryptofanem

Složení:

| | |
|------------------------------|------------|
| tryptický hydrolyzát kaseinu | 10,0 g |
| L-tryptofan | 1,0 g |
| chlorid sodný | 5,0 g |
| destilovaná voda | do 1000 ml |

Příprava: Jednotlivé složky se za zahřívání rozpustí ve vodě. Plní se po 3 ml do zkumavek, které se uzavírají vatovými zátkami, plastovými či kovovými uzávěry. Sterilizují se v autoklávu při teplotě 121 °C +/-3 °C po dobu 15 min. Hodnota pH má být 7,5 +/-0,1 při teplotě 25 °C (ČSN EN ISO 9308-1).

5. Kovacovo činidlo pro důkaz tvorby indolu pro standardní zkoušku

Složení:

| | |
|---|-------|
| <i>p</i> -dimethylaminobenzaldehyd | 5,0 g |
| amylalkohol nebo butylalkohol (bez organických zásad) | 75 ml |
| kyselina chlorovodíková ($\rho = 1,18$ g/ml) | 25 ml |

Příprava: V alkoholu se rozpustí *p*-dimethylaminobenzaldehyd. Opatrně se přidá koncentrovaná kyselina. Roztok je nutné chránit před světlem. Uchovává se při teplotě 5 °C +/-3 °C. Činidlo má mít žlutou až světle hnědou barvu. Některé šarže amylalkoholu jsou nevhodné, protože s aldehydem dávají tmavé zbarvení.

!!! Roztok se musí připravovat v digestoři se zapnutým odsáváním a použít ochranné rukavice !!! (ČSN EN ISO 9308-1)

6. Médium podle Slanetze a Bartleyové

6.1 Základní médium

Složení:

| | |
|---|--|
| tryptose | 20,0 g |
| kvasničný extrakt | 5,0 g |
| glukóza | 2,0 g |
| hydrogenfosforečnan draselný (K_2HPO_4) | 4,0 g |
| azid sodný (NaN_3) | 0,4 g |
| agar | 8,0 g až 18,0 g (závisí na viskozitě agaru) |
| voda | do 1000,0 ml |

Příprava: Složky se rozpouští ve vroucí vodě. Po dokonalém rozpuštění složek se médium zahřívá ještě 5 min. Potom se ochladí na 50°C až 60°C.

6.2 Roztok TTC

Složení:

| | |
|----------------------------------|----------|
| 2,3,5-trifenyltetrazoliumchlorid | 1,0 g |
| voda | 100,0 ml |

Příprava: Indikátor se rozpustí za stálého míchání ve vodě. Sterilizuje se membránovou filtrací (0,2 μ m). Roztok je nutno chránit před světlem a vylít, pokud má růžové zabarvení.

6.3 Kompletní médium

Složení:

| | |
|-----------------|---------|
| Základní médium | 1000 ml |
| Roztok TTC | 10 ml |

Příprava: Roztok TTC se přidá k základnímu médiu ochlazenému na 50 °C až 60 °C. Pokud je nutné, upraví se hodnota pH roztokem uhličitanu sodného (100 g/l) nebo hydroxidu

sodného (40,0 g/l), nebo kyselinou chlorovodíkovou (36,5 g/l) tak, aby po sterilizaci byla 7,2 +/- 0,1 při 25 °C.

Médium se plní po 20 ml do Petriho misek průměru 9 cm (nebo ekvivalentní objem do misek o jiném průměru) a nechá se ztuhnout na vodorovné chladné podložce. Misky s médiem mohou být skladovány ve tmě nejdéle dva týdny při teplotě 5°C +/- 3°C.

7. Žluč-aeskulin-azidový agar

Složení:

| | |
|--------------------------------|--|
| tryptone | 17,0 g |
| pepton | 3,0 g |
| kvasničný extrakt | 5,0 g |
| volská žluč dehydratovaná | 10,0 g |
| chlorid sodný (NaCl) | 5,0 g |
| aeskulin | 1,0 g |
| citran železitý | 0,5 g |
| azid sodný (NaN ₃) | 0,15 g |
| agar | 8,0 g až 18,0 g (závisí na viskozitě agaru) |
| voda | do 1000,0 ml |

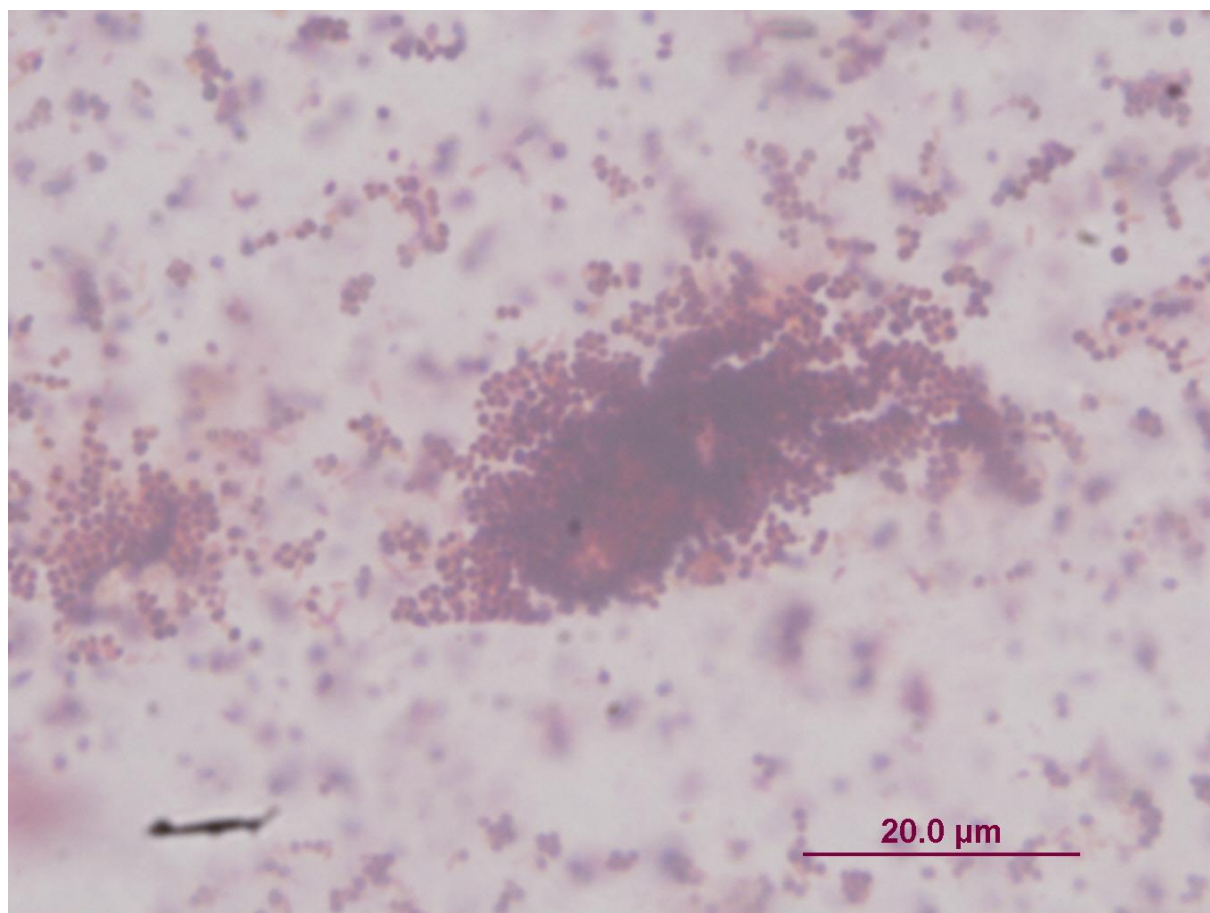
Příprava: Složky se rozpustí ve vroucí vodě. Hodnota pH se upraví tak, aby po sterilizaci byla 7,1 +/-0,1 při 25 °C. Médium se sterilizuje 15 min při 121 °C +/-3 °C. Potom se ochladí na 50 °C až 60 °C a plní se do Petriho misek tak, aby vrstva média byla 3 mm až 5 mm vysoká. Nechá se zchladnout na vodorovné podložce.

Misky s médiem mohou být skladovány nejdéle 2 týdny při teplotě 5 °C +/- 3°C (ČSN EN ISO 7899-2).

Příloha č.2

Mikroskopické fotografie bakteriálních kolonií

2.1 Intestinální enterokoky (Foto: Jakešová, 2011)



2.2 *Escherichia coli* (Foto: Jakešová, 2011)

