

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybářství a ochrany vod

Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

**Bakalářská práce**

**Hygienická kvalita ryb v 10 údolních nádržích  
ČR**

**Autor:** Daniel Štefan

**Vedoucí bakalářské práce:** Ing. Jan Turek, Ph.D.

**Konzultant bakalářské práce:** prof. Ing. Tomáš Randák, Ph.D.

**Studijní program a obor:** Zootechnika, rybářství

**Forma studia:** Prezenční

**Ročník:** Třetí

České Budějovice, 2021

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě, případně v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných FROV JU. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdávanému textu do této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací na Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne

Podpis studenta

## **Poděkování**

Touto formou bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Janu Turkovi, Ph.D. a konzultantovi prof. Ing. Tomáši Randákovi, Ph.D. za čas věnovaný odborným konzultacím a radám, které mi poskytli při tvorbě písemné části bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval za jejich ochotu a aktivní přístup, který mi pomohl ke vzniku této práce.

# JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta rybářství a ochrany vod

Akademický rok: 2019/2020

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Daniel ŠTEFAN  
Osobní číslo: V18B019P  
Studijní program: B4103 Zootechnika  
Studijní obor: Rybářství  
Téma práce: Hygienická kvalita ryb v 10 údolních nádržích ČR  
Zadávající katedra: Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

### Zásady pro vypracování

Cílem této studie je posoudit hygienickou kvalitu nejčastěji lovených a konzumovaných druhů ryb vyskytujících se ve významných rybářských revírech ČR z hlediska obsahu vybraných cizorodých látek v jejich mase. V letech 2019 a 2020 bude provedeno hodnocení kontaminace ryb v 10 vybraných revírech Českého rybářského svazu. Bude se jednat o údolní nádrže Lipno, Hněvkovice, Kořensko, Orlík, Slapy, Skalka, Nechranice, Rozkoš, Těrlicko a Žermanice. Odlovy ryb budou prováděny ve spolupráci s uživateli příslušných revírů pomocí elektrických agregátů, tenatních sítí a rybářských udic. V rybách budou sledovány koncentrace Hg, Cd, Pb, PCB, DDT, HCH, HCB. Chemické analýzy vzorků budou provedeny akreditovanou laboratoří Státního veterinárního ústavu Praha. Výsledky analýz svaloviny ryb budou konfrontovány s příslušnými hygienickými limity. V současné době stanovuje hygienické limity a nejvyšší přípustná množství (NPM) kontaminantů v potravinách nařízení Komise 1881/2006/ES v platném (konsolidovaném) znění. Dále bude v případě jednotlivých polutantů provedeno hodnocení zdravotních rizik pro konzumenty pomocí toxikologických limitů přijatých Světovou zdravotnickou organizací WHO. Konkrétním výstupem porovnání toxikologického limitu se skutečně zjištěnými koncentracemi v rybách z vybrané lokality je počet porcí (porce = 170 g) z velikostně a hmotnostně definovaných ryb, které může konzument (sportovní rybář) sníst za měsíc.

Jako referenční druh bude pro porovnání jednotlivých lokalit využit cejn velký (*Abramis brama*). Aby bylo možno provést statistické porovnání kontaminace jednotlivých lokalit pomocí zjištěných koncentrací cizorodých látek ve svalovině referenčního druhu, budou vzorky svaloviny cejna velkého analyzovány na obsah toxických kovů individuálně. Dále budou analyzovány směsné vzorky svaloviny druhů ryb, které se ve sledovaných lokalitách vyskytují nejčastěji a jsou sportovními rybáři loveny a konzumovány. Obvykle se bude jednat o 3 nedravé a 3 dravé druhy. Ve všech lokalitách byl kromě cejna velkého vzorkován i kapr obecný, který je nejčastěji lovenou a konzumovanou rybou.

Dílčím cílem bude porovnání aktuálních dat s daty pocházejícími z obdobného monitoringu, který probíhal v letech 2006 – 2010.

Rozsah pracovní zprávy: 30-50 stran  
Rozsah grafických prací: dle potřeby  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

### Seznam doporučené literatury:

Velišek, J., Svobodová, Z., Blahová, J., Máchová, J., Stará, A., Dobšíková, R., Šíroková, Z., Modrá, H., Valentová, O., Randák, T., Štěpánová, S., Kocour Kroupová, H., Maršálek, P., Grabic, R., Zusková, E., Bartošková, M., Stancová, V., 2018. Vodní toxikologie pro rybáře. 2. Upravené vydání, FROV JU, Vodňany, 658 s.

Červený, D., 2012. Hodnocení kontaminace ryb ve významných rybářských revírech. Dipl. práce, FROV JU, České Budějovice.

Cervený, D., Zlabek, V., Velišek, J., Turek, J., Grabic, R., Grabicová, K., Fedorova, G., Rosmus, J., Lepic, P., Randák, T., 2014. Contamination of fish in

important fishing grounds of the Czech Republic. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 109: 101 – 109.

Randák, T., Slavík, O., Kubečka, J., Adámek, Z., Horký, P., Turek, J., Vostradovský, J., Hladík, M., Peterka, J., Musil, J., Prchalová, M., Jůza, T., Kratochvíl, M., Boukal, D., Vašek, M., Andrejí, J., Dvořák, P., Just, T., Blabolil, Říha, M., 2015. *Rybářství ve volných vodách*. 2. upravené vydání, FROV JU, Vodňany, 463 s.

Žlábek, V., Červený, D., Grabic, R., Turek, J., Randák, T., 2014. Metodika hodnocení hygienické kvality masa ryb z hlediska obsahu cizorodých látek Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 157, 25 s.

Svobodová, Z. et al., 1987. *Toxikologie vodních živočichů*. SZN, Praha, 231 s.

Randák, T. a kol., 2007-2010. Výzkum vlivu polutantů přítomných ve vodním prostředí na ryby. Výroční zprávy projektu SP/2e7/229/07, 20 s

Randák, T., 2010: Vliv kontaminace vodního prostředí na ryby v České republice. Habilitační práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický: 162 s.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Turek, Ph.D.**  
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Konzultant bakalářské práce: **prof. Ing. Tomáš Randák, Ph.D.**  
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Datum zadání bakalářské práce: **23. ledna 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **3. května 2021**

  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.  
děkan

L.S.

  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Tomáš Randák, Ph.D.  
ředitel

# Obsah

|   |    |
|---|----|
| 1. Úvod.....  | 8  |
| 2. Literární rešerše .....  | 9  |
| 2.1 Monitorované údolní nádrže .....                                    | 9  |
| 2.2 Zdroje a znečištění povrchových vod .....                           | 11 |
| 2.2.1 Kovy .....  | 12 |
| 2.2.1.1 Rtuť .....  | 13 |
| 2.2.1.2 Kadmium.....  | 16 |
| 2.2.1.3 Olovo.....  | 18 |
| 2.2.2 Perzistentní organické látky (POPs) .....                         | 21 |
| 2.2.2.1 PCB.....  | 21 |
| 2.2.2.2 DDT .....   | 23 |
| 2.2.2.3 HCH.....  | 25 |
| 2.2.2.4 HCB .....   | 26 |
| 3. Materiál a metodika .....  | 29 |
| 3.1 Monitoring 2019 .....   | 29 |
| 3.1.1 ÚN Lipno (mimopstruhový revír Vltava 30 – 32, 421 200).....       | 30 |
| 3.1.2 ÚN Hněvkovice (mimopstruhový revír Vltava 21 – 22, 421 073) ..... | 30 |
| 3.1.3 ÚN Kořensko (mimopstruhový revír Vltava 20, 421 090) .....        | 30 |
| 3.1.4 ÚN Orlík (mimopstruhový revír Vltava 16 – 19, 481 500) .....      | 30 |
| 3.1.5 ÚN Slapy (mimopstruhový revír Vltava 10 – 14, 401 022) .....      | 31 |
| 3.2 Monitoring 2020 .....   | 31 |
| 3.2.1 ÚN Skalka (mimopstruhový revír Ohře 19, 431 040) .....            | 32 |
| 3.2.2 ÚN Nechanice (mimopstruhový revír Ohře 9, 441 043) .....          | 32 |
| 3.2.3 ÚN Rozkoš (mimopstruhový revír, 451 200) .....                    | 32 |
| 3.2.4 ÚN Těrlicko (mimopstruhový revír Stonávka 2A, 471 131) .....      | 32 |
| 3.2.5 ÚN Žermanice (mimopstruhový revír Lučina 2A, 471 043) .....       | 32 |
| 3.2.6 ÚN Hněvkovice (mimopstruhový revír Vltava 21 – 22, 421 073) ..... | 33 |
| 3.3 Zpracování a analýzy vzorků .....                                   | 33 |
| 3.4 Zpracování a interpretace výsledků analýz .....                     | 34 |
| 4. Výsledky .....   | 36 |
| 4.1 Hygienická kvalita ryb v revírech monitorovaných v roce 2019 .....  | 36 |
| 4.1.1 Údolní nádrž Lipno .....  | 36 |
| 4.1.2 Údolní nádrž Hněvkovice .....                                     | 37 |
| 4.1.3 Údolní nádrž Kořensko .....                                       | 39 |
| 4.1.4 Údolní nádrž Orlík .....  | 40 |
| 4.1.5 Údolní nádrž Slapy.....   | 41 |
| 4.2 Hygienická kvalita ryb v revírech monitorovaných v roce 2020 .....  | 42 |
| 4.2.1 Údolní nádrž Skalka .....   | 43 |
| 4.2.2 Údolní nádrž Nechanice .....                                      | 44 |
| 4.2.3 Údolní nádrž Rozkoš .....   | 45 |
| 4.2.4 Údolní nádrž Těrlicko.....  | 46 |
| 4.2.5 Údolní nádrž Žermanice .....                                      | 47 |
| 4.2.6 Údolní nádrž Hněvkovice .....                                     | 48 |

|  |    |
|--|----|
| 4.3 Porovnání aktuálních výsledků s výsledky studie z let 2006 – 2010..... | 48 |
| 5. Diskuze.....  | 52 |
| 6. Závěr .....   | 56 |
| 7. Seznam použité literatury.....  | 58 |
| 8. Seznam příloh.....  | 63 |
| 9. Přílohy.....  | 64 |
| 10. Abstrakt.....  | 75 |
| 11. Abstract.....  | 76 |

## 1. Úvod

Do vodního ekosystému je ročně uvolňováno obrovské množství látek. Tyto látky pak ve vodním prostředí podléhají řadě chemických procesů. Chemické procesy a polutanty kontaminující vodní ekosystém mají často negativní vliv na celou řadu organismů. Negativně však přítomnost těchto látek nepůsobí pouze na živočichy žijící ve vodním ekosystému, ale ovlivňuje průběh celého života na Zemi, jež je s každým článkem ekosystému vzájemně propojený.

Vliv některých (dobře známých) polutantů vyskytujících se ve vodním prostředí je u řady látek znám a popsán. Nelze však popsat působení veškerých polutantů, kterých se na zemském povrchu nachází obrovský počet. Nelze však ani říct, že se popsání vlivu všech látek vyskytujících se ve vodních ekosystémech dočkáme. Člověk totiž svým působením v průběhu let produkuje stále nové látky.



## 2. Literární rešerše

### 2.1 Monitorované údolní nádrže

**Lipno** (*mimopstruhový rybářský revír Vltava 30 – 32, 421 200*)

Jedná se o vodní dílo nacházející se v Jihočeském kraji na řece Vltavě. Stavba nádrže začala v roce 1952 a skončila v roce 1959. Rozloha nádrže činí 48,7 km<sup>2</sup> a je tak největší vodní nádrž nacházející se na území České republiky. Pravý břeh této vodní nádrže zasahuje až k rakouské státní hranici. Nádrž byla vybudována za účelem zadržování velkého objemu vody v období povodní. Nicméně v průběhu let nesloužila pouze tomuto účelu. Lipno se totiž stalo vyhlášenou rekreační lokalitou, zdrojem pitné vody, zdrojem elektrické energie a především oblíbenou lokalitou pro lov ryb (Hašková, 1961).

**Hněvkovice** (*mimopstruhový rybářský revír Vltava 21 – 22, 421 073*)

Hněvkovická přehrada je poměrně mladé vodní dílo vyskytující se na Vltavské kaskádě v nadmořské výšce 370,1 metrů nad mořem. Nádrž byla vybudována mezi roky 1986 – 1992, aby sloužila jako zdroj vody pro jadernou elektrárnu Temelín, která se nachází v bezprostřední blízkosti. Rozloha nádrže je 262 ha. Údolní nádrž Hněvkovice je dlouhá 18,2 km. Tento úsek začíná hrází u Týna nad Vltavou. Nádrž pak dále pokračuje až k jezu v Hluboké nad Vltavou, kde také končí.

**Kořensko** (*mimopstruhový rybářský revír Vltava 20, 421 090*)

Vodní nádrž Kořensko je vodním dílem, jehož výstavba probíhala souběžně s výstavbou vodního díla Hněvkovice. Po Hněvkovické nádrži je tak následující vodní nádrž ležící na Vltavské kaskádě. Kořensko je obdobně jako předchozí nádrže vyhlášeným rybářským revírem. Rozloha tohoto rybářského revíru, k němuž patří i pískovna Nový Dvůr, činí 130 ha. Rybářský revír začíná od hráze ponořeného stupně Kořensko až k tělesu hráze Hněvkovické přehrady a na lužnickém rameni je jeho konec značen u silničního mostu v Kolodějích nad Lužnicí. Účelem této stavby měla být ochrana proti odpadním vodám vypouštěným z jaderné elektrárny Temelín.

**Orlík** (*mimopstruhový rybářský revír Vltava 16 – 19, 481 501*)

Jde o další vodní nádrž ležící po proudu řeky Vltavy. Nenachází se však pouze v Jihočeském kraji, ale zasahuje i do kraje Středočeského. Rozloha Orlíku je 2300 ha, což

z ní činí druhou největší přehradu na území České republiky. Její výstavba probíhala v letech 1954 – 1961 (Hašková, 1961). Zajímavostí Orlíku je jeho hloubka, která na určitých místech přesahuje i hranici sedmdesáti metrů. Jméno Orlík dostala přehrada po zámku ležícím na skále nad přehradou.

***Slapy (mimopstruhový rybářský revír Vltava 10 – 14, 401 022)***

Jedná se o šestou největší přehradu na území České republiky s rozlohou 1392 ha. Stavba přehrady započala v 50. letech 20. století a trvala 6 let. Před výstavbou přehrady došlo k vykoupení 345 objektů a došlo k zatopení obce Zvírovice (Hašková, 1961). Slapy jsou dalším často navštěvovaným rybářským revírem na území Středočeského kraje a významnou rekreační lokalitou.

***Skalka (mimopstruhový rybářský revír Ohře 19, 431 040)***

Jde o nádrž ležící v Karlovarském kraji nedaleko města Chebu. Vybudována byla v 70. letech 20. století. Nádrž měla sloužit jako zdroj vody pro průmysl, elektrárny na tento průmysl napojené a jako retenční nádrž v období povodní. Rozloha nádrže je 338 ha a můžeme ji tak svou velikostí přirovnat k Hněvkovické přehradě, která je jen o něco menší. Vodní dílo se nachází na toku řeky Ohře. Nádrži Skalka je věnována velká pozornost, a to díky zvýšenému výskytu polutantů kontaminujících vodní prostředí (Maršálek a kol., 2005).

***Nechranice (mimopstruhový rybářský revír Ohře 9, 441 043)***

Jedná se o vodní dílo, které se nachází stejně jako přehradní nádrž Skalka na toku řeky Ohře na severu České republiky. Se svou rozlohou 1338 ha je pátou největší přehradou na našem území. Její výstavba začala stejně jako u nádrže Skalka v 70. letech minulého století. Nádrž měla sloužit také jako zdroj vody pro průmysl a elektrárny nacházející se v tomto kraji. Oblast, ve které se však přehrada nachází, z ní udělala i oblíbené rekreační místo. Zajímavostí tohoto vodního díla je, že na jeho území byla vyhlášena chráněná ptačí oblast.

### ***Rozkoš (mimopstruhový rybářský revír, 451 200)***

Vodní nádrž Rozkoš lze najít v Královéhradeckém kraji v okrese Náchod na Úpsko-metujské tabuli. Se svou rozlohou 1080 ha se jedná o osmou největší přehradu. Zajímavostí tohoto díla je, že ji nenajdeme na řece, ale na potoce. Jméno přehrady je shodné se jménem potoka, na kterém se přehrada nachází. Dílo bylo vybudováno za účelem zlepšení průtoku vody na řece Labi, slouží však i jako protipovodňový objekt, objekt k rekreaci, lovu ryb a dalším aktivitám.

### ***Těrlicko (mimopstruhový rybářský revír Stonávka 2A, 471 131)***

Na území Moravskoslezského kraje v okrese Karviná lze nedaleko města Havířova najít vodní nádrž Těrlicko s rozlohou 267 ha. Voda z této přehrady má sloužit jako zdroj vody pro nedaleké Třinecké železárny. Výstavba tohoto vodního díla začala v roce 1955 a ukončena byla v roce 1964. Je jedním z dalších významných revírů, které se nachází v průmyslových oblastech, což naznačuje možnost zvýšeného výskytu kontaminantů.

### ***Žermanice (mimopstruhový rybářský revír Lučina 2A, 471 043)***

Nádrž Žermanice, nacházející se v Moravskoslezském kraji v okrese Frýdek Místek, byla vybudována v 60. letech 20. století na řece Lučině u vesnice Žermanice. Vodní plocha Žermanic se rozkládá na 248 hektarech. Přehrada byla vybudována jako zdroj vody pro Vítkovické železárny a hutě Klementa Gottwalda. Celková délka Žermanic je 4,7 km. Toto vodní dílo je též jako zbylých devět přehrad významným rybářským revírem.

## **2.2 Zdroje a znečištění povrchových vod**

Zdroje znečišťující povrchové vody lze rozdělit do několika skupin. První skupinu tvoří zdroje bodové a plošné. Mezi zdroje bodové lze zařadit znečištěné odpadní vody, nebo i pevné odpady uložené na skládkách. Z těchto zdrojů, které jsou ve většině případů lokalizovány na určitém prostoru, se pak kontaminanty dostávají do povrchových vod, kde negativně ovlivňují jakost vody. Druhým typem znečištění jsou plošné zdroje. Mezi plošné zdroje znečištění můžeme zařadit například odtok vod z velkých zemědělských ploch. Tyto vody s sebou nesou velké množství rozpuštěných i nerozpuštěných látek. Další skupinu znečištění z časového hlediska tvoří zdroje trvalé a havarijní. Trvalé zdroje lze také nazvat zdroji dlouhodobými. Vyznačují se především stále se opakujícím

znečišťováním povrchových vod. Naproti trvalým zdrojům stojí zdroje, jež nazýváme havarijními. K havarijním znečištěním obvykle dochází náhle a svým působením většinou krátkodobě a přechodně mění kvalitu povrchových vod. Následně rozlišujeme ještě skupinu znečištění dle původu. Do této skupiny se řadí znečištění původu přirozeného a původu antropogenního. Dobrým příkladem znečištění přirozeného původu je odtok vod z rašelinišť, který má za následek okyselení povrchových vod. Odtok odpadních vod ze zemědělské a průmyslové výroby je příkladem antropogenního znečištění (Vučka a kol., 1984).

Je známo, že se znečišťováním povrchových vod se zhoršuje i kvalita vodního ekosystému. To pak může mít přímý vliv na biodiverzitu, reprodukci řady organismů, jejich vitalitu a v neposlední řadě i negativní vliv na hygienickou kvalitu jejich svaloviny. Mezi nejvíce sledované organismy žijící ve vodním prostředí patří ryby, které tvoří nedílnou součást potravy obyvatelstva. Z řady studií také víme, že znečištění vodních ekosystémů se přímo promítá do hygienické kvality masa těchto obratlovců. Tento fakt je také jedním z mnoha důvodů, proč znečištění povrchových vod věnovat značnou pozornost.

### **2.2.1 Kovy**

Do vodních ekosystémů se dostává celá řada látek a prvků. Mezi prvky, kterým je v posledních letech věnována nemalá pozornost, patří i těžké kovy. Mezi těžké kovy lze zařadit například rtuť (Hg), kadmium (Cd) a olovo (Pb). Velká pozornost je těmto kovům věnována především díky tomu, že jsou schopny bioakumulace ve vodních organismech. Takto kontaminované organismy pak tvoří určitý článek v potravním řetězci a mohou se tak objevit i v jídelníčku lidí. Právě ryby z volných vod, kde jsou koncentrace kovů sledovány, se významně podílí na celkové spotřebě ryb v České republice (Randák, 2015). Po konzumaci takto kontaminovaných organismů mohou kovy vyvolat řadu zdravotních problémů, v nejhorších případech mohou mít pozřené vysoké koncentrace těžkých kovů obsažené v organismech za následek i smrt.

Naopak je potřeba si uvědomit, že většina kovů je nezbytnými stopovými prvky pro život celé řady organismů. Pokud však tyto prvky přesáhnou určitou hranici, stávají se pro život organismů toxickými.

Velká většina kovů kontaminující vodní prostředí se do vod dostává antropogenní činností. Největší množství kovů obsažených ve vodách pochází z odpadních vod, z těžby

a zpracování rud, z válcoven, hutí, dále pak z povrchových úpraven kovů, z fotografického, textilního a kožedělného průmyslu. Kovy se dále do vodního prostředí dostávají z agrochemikálií, ze spalování fosilních paliv, z výfukových plynů a z povrchů s nimiž voda při rozvodu potrubím přichází do styku. Na druhou stranu se řada kovů ve vodním prostředí ve stopovém množství vykytuje přirozeně, a to v závislosti na geologických podmínkách (Pitter, 1999).

### **2.2.1.1 Rtuť**

Jedná se o prvek řadící se do skupiny těžkých kovů. V této skupině lze nalézt mimo rtuti například i olovo (Pb), kadmium (Cd) nebo arsen (As). Skupina těžkých kovů je skupinou, do které se řadí jak kovy, tak i polokovy. Tyto prvky spojuje jejich hustota, která je větší než  $4\,500\text{ kg}\cdot\text{m}^3$ , a vysoká kumulativní schopnost v potravním řetězci. Atomová hmotnost rtuti je 200,59 a řadí se tak do skupiny IIB. Za běžných podmínek a tlaku se tento prvek vyskytuje v kapalném skupenství. Jednou ze zvláštních vlastností rtuti je tendence tvoření kovalentních vazeb. Rtuť lze v přírodě nalézt ve třech oxidačních stavech. Prvním ze tří stavů je kovová rtuť ( $\text{Hg}^0$ ), dále pak anorganické formy a organokovové sloučeniny rtuťné ( $\text{Hg}^{1+}$ ) a rtuťnaté ( $\text{Hg}^{2+}$ ) (Velíšek, 2014).

S intenzifikací zemědělství a průmyslu se do životního prostředí dostává velké množství látek, ty se následně do vodních ekosystémů dostávají především z atmosférických srážek a odpadních vod. Jedním z mnoha prvků, který může mít významný vliv ve vodním prostředí, je právě rtuť. Dokáže se ve velké míře ukládat v tělech živočichů a sedimentech. V neznečištěných vodách je však koncentrace rtuti poměrně nízká a nepřekračuje hodnotu  $0.1\ \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ , lze ji tedy nazvat stopovým prvkem (Svobodová, 1987). Asi kolem 60 % z celkového množství anorganické rtuti je do životního prostředí uvolňováno z tepelných elektráren a jiných zařízení spalujících velké množství fosilních paliv. Tato forma rtuti se poté díky depozicím dostává do vodního prostředí. Mezi další antropogenní zdroje se řadí těžba a zpracování rtuti, zlata (Au), olova (Pb), zemědělství, farmaceutický průmysl a městské odpady. Z celkových 334 miliard tun rtuti, které se na zemském povrchu nacházejí, je největší část uložena v mořských sedimentech (98,75 %). Okolo jednoho procenta tohoto kovu se nachází v mořské vodě a zbytek je uložen v půdách (Velíšek, 2014).

Rtuť je látkou, která je pro většinu organismů vysoce toxická a velmi dobře se bioakumuluje a přenáší skrz potravní řetězec. Bioakumulace rtuti ve vodním prostředí je závislá na teplotě vody a koncentraci kyslíku. Při vyšší teplotě bioakumulace rtuti

v organismech roste. Dále také bioakumulace v organismech roste, pokud jsou na dně nádrží anaerobní podmínky, a tudíž i vyšší intenzita methylace rtuti. Tento děj je většinou typický pro stojaté vody. Rtuť v lidském organismu toxicky působí především na nervový systém, kardiovaskulární systém, způsobuje rakovinu a může mít za následek mnoho dalších negativních vlivů na lidské zdraví. Její toxicita tkví především ve schopnosti poškozovat a ničit bílkovinné struktury (Svobodová, 1987).

Do organismů ryb a vodních živočichů se největší množství rtuti dostává s přijímanou potravou, přes trávicí trakt, dále pak přes dýchací soustavu (žábry) a značné množství je též absorbováno kůží (Svobodová, 1987). Rtuť se nejčastěji kumuluje ve formě sulfidů, a jelikož jsou ryby konečným článkem v potravním řetězci vodního prostředí, obsahují poměrně velké množství rtuti. Obsah tohoto polutantu v rybím mase se může značně lišit, a to dle prostředí, ve kterém dané druhy ryb žijí. Obvykle jsou naměřené hodnoty rtuti ve vnitrozemských vodách vyšší než v oceánech a mořích. Dále se pak koncentrace liší v ústí řek, zátokách a příbřežních oblastech. Zde jsou koncentrace rtuti obvykle vyšší než v oblastech otevřených moří a oceánů (Svobodová, 1987).

Rtuť se obvykle vyskytuje skoro ve všech tkáních a orgánech. Tato bioakumulace je obvykle spojena s methylrtutí, jež je považována za nejtoxičtější. Methylrtuť v celém vodním ekosystému představuje něco okolo 5 % celkového obsahu rtuti. Avšak 90 % celkového obsahu rtuti v organismech ryb je tvořeno právě methylrtutí. Ve fytoplanktonu bývá podíl methylrtuti okolo 15 % a v zooplanktonu 30 % z celkového obsahu rtuti (Watras a Bloom, 1992). Zajímavostí však je, že bioakumulovanou anorganickou rtuť  $Hg^0$  a  $Hg^{2+}$  v potravním řetězci jen zřídka najdeme.

Rtuť je jedním z nejvýznamnějších kontaminantů, který se nalézá v mase ryb. Hygienický limit pro tento kov je  $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Byl stanoven dle nařízení Komise č. 1881/2006/ES. U dvou druhů sladkovodních ryb, štiky obecné (*Esox lucius*) a úhoře říčního (*Anguilla anguilla*), byl limit zvýšen na hodnotu  $1 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Právě u dravých druhů ryb lze vzhledem ke schopnosti bioakumulace vysoké koncentrace rtuti v mase předpokládat. Pokud tedy koncentrace ve svalovině ryb bude překračovat uvedené limity, měli bychom se takto kontaminovanému masu vyhýbat, nebo jeho konzum značně omezit. Rtuť z masa totiž může mít negativní vliv i na lidský organismus. Hlavními zdroji rtuti pro lidskou populaci je konzumace ryb a jiných vodních živočichů, část elementární rtuti však také obsahují zubní amalgámové výplně (Clarkson a kol., 2007).

Jednou ze známých katastrof, jež se odehrála na území Japonska v zátocě Minamata, byla nemoc způsobená konzumací masa ryb s vysokou koncentrací rtuti. Nemoc z roku

1956 je nazývána právě podle zátoky, z které kontaminované ryby a další vodní živočichové (korýši) pocházeli. Kontaminaci zátoky pravděpodobně způsobilo vypouštění odpadních vod z průmyslu. Příčina otrav byla přičtena chloridu rtuťnatému, který se ukládal v sedimentech na dně zátoky. Následkem vlivu mikroorganismů docházelo k methylaci rtuti. Zbytek toxického prvku pak byl resorbován živočišným a rostlinným zooplanktonem. Tento zooplankton byl poté konzumován rybami a korýši, kteří se pravidelně objevovali v jídelníčku lidí. Hodnoty koncentrací rtuti v organismech se pohybovaly mezi 20 – 40 mg.kg<sup>-1</sup> (Svobodová, 1987). Nemoc se projevovala ztrátou periferního vidění, brněním a mravenčením rukou, poškozením sluchu nebo vadami řeči. V nejhorších případech došlo až k propuknutí šílenství, ochrnutí jedince, ztrátě vědomí a k následné smrti. Požití takto kontaminovaných organismů se mnohdy projevilo i na vitalitě lidského plodu, do kterého se methyl rtuťnatý z těla matky přes placentu dostával. Následky po požití se obvykle u dospělých objevily po jednom měsíci od konzumace kontaminovaného masa (Velíšek, 2014).

Problémem kontaminace ryb rtuťí se na území ČR zabýval i výzkum, který byl proveden v roce 2012 na pstruhové farmě Velká Losenice. Výzkum byl zaměřen na bioakumulaci rtuti v těle pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*). Sledování koncentrací rtuti probíhalo u všech vývojových stádií tohoto druhu ve dvouměsíčních intervalech po dobu 18 měsíců. Analýzy krmiv na koncentrace rtuti proběhly již na začátku výzkumu. Koncentrace rtuti byly stanoveny ve svalech, játrech a ledvinách. Nejnižší koncentrace rtuti byly zjištěny u 14 dní starých embryí (tvrdé jikry) a nejvyšší koncentrace naopak byly naměřeny u pstruhů starých 18 měsíců, kteří byli určeni ke konzumaci. Množství rtuti v krmivech mělo podle analýz stoupající trend (Kenšová a kol., 2012). Tento výzkum dokladuje kumulativnost rtuti. Čím déle je daný živočich vystaven koncentracím rtuti, tím vyšší koncentrace tohoto prvku lze v jeho organismu nalézt.

Obsah rtuti v mase ryb však není pouze hygienickým a ekologickým problémem. Komplikace totiž mohou nastat i z hlediska chovatelství. Rtuť má totiž negativní vliv i na pohlavní orgány a jiné tkáně nacházející se v tělech ryb. I malé koncentrace rtuti tak mohou nepříznivě ovlivnit pohyblivost spermií, množství a kvalitu jiker, vitalitu oplozených jiker a v neposlední řadě i přežití plůdku. Pro vodní prostředí tak byla v některých odborných pracích stanovena nejvyšší přípustná koncentrace rtuti hodnotou  $2,9 \cdot 10^{-4}$  mg.l<sup>-1</sup> (Schreckenbach, 1982).

Jedním z našich nejvíce kontaminovaných toků toxickými kovy je řeka Labe. Kontaminaci řeky Labe odhalily rozборы masa ryb a živočichů odlovených v toku. Místa s vysokými naměřenými hodnotami rtuti se nejčastěji nacházela pod chemickými závody na severu Čech. V oblasti Obříství, kde je voda ze závodů Spolana Neratovice vypouštěna do Labe, přesahovaly naměřené hodnoty stanovené hygienické limity (Žlábek a kol., 2005).

Posouzení vlivu Spolany Neratovice na zatížení ryb žijících v řece Labi a v přilehlé pískovně Mlékojedy rtutí bylo opětovně provedeno v roce 2013. Výsledky dokazují vysokou míru kontaminaci řeky Labe rtutí a varují před riziky způsobenými pravidelnou konzumací kontaminovaných ryb z těchto lokalit (Turek a Randák, 2013).

Monitoring provedený v roce 2018 na stejných lokalitách jako v roce 2013 poukázal na fakt, že koncentrace rtuti v mase okouna říčního (*Perca fluviatilis*) a plotice obecné (*Rutilus rutilus*) na všech sledovaných lokalitách poklesla. Štiky obecné, které byly hodnoceny v důsledku malého počtu pouze na lokalitě Mlékojedy, měly ve své svalovině koncentrace rtuti také nižší než v roce 2013. Mezi druhy, u nichž se koncentrace rtuti ve svalovině mezi roky 2013 a 2018 nijak znatelně nezměnila, patří jelec tloušť (*Squalius cephalus*) a cejn velký. Dle zjištěných údajů lze tedy říci, že koncentrace rtuti v rybách se v lokalitách v okolí Neratovic mírně snižují (Turek a Randák, 2018).

### **2.2.1.2 Kadmium**

Kadmium je jedním z kovů řadících se do skupiny IIB, stejně jako rtuť (Hg). Oproti rtuti má skoro o polovinu menší atomovou hmotnost (112,41). Kadmium se nejčastěji vyskytuje ve formě  $Cd^{2+}$ . Oxidy, chloridy a síran kademnatý jsou nejčastější podobou této formy (Velíšek, 2014).

V povrchových vodách lze na kadmium narazit v rozpuštěné a nerozpuštěné formě. Mnohdy je za jeho doprovodný prvek považován zinek. Rozpuštěnou formu lze nalézt jako jednoduchý iont a poté jako různé anorganické a organické komplexní ionty (Svobodová, 1987).

Do životního prostředí je každý rok uvolněno okolo 30 000 tun kadmia. Mezi nejčastější zdroje kontaminace tímto kovem patří emise ze spaloven komunálního odpadu, vysokoteplotních průmyslových procesů a továren na zpracování neželezných kovů. Z těchto lidských aktivit pochází ročně 4 až 13 tisíc tun kadmia. Z takto kontaminovaného prostředí se poté kadmium dostává do vodního prostředí, zejména



atmosférickou depozicí, procesem zvětrávání, z půdy a z průmyslových odpadů (Velíšek, 2014).

Kadmium je kov, který má poměrně značný vliv na vodní organismy i ve velmi malých koncentracích, a právě proto patří k nejsledovanějším prvkům ve vodním prostředí. Dnešní doba a stále dokonalejší a citlivější metody zjišťují, že i poměrně nízké koncentrace kadmia ve vodách mohou negativně působit na organismy v nich žijící. Hodnota  $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$  kadmia byla dříve považována pro povrchové vody za přijatelnou. Po určité době bádání se však dospělo k názoru, že by tato norma měla být revidována. Smrtelné koncentrace kadmia pro zooplankton se pohybují mezi  $0,03$  a  $0,08 \text{ mg.l}^{-1}$ , až teprve koncentrace nižší než  $4 \cdot 10^{-4} \text{ mg.l}^{-1}$  jsou považovány za neškodné. Pokusy prováděné s prvky ukázaly, že již koncentrace kadmia  $0,001 \text{ mg.l}^{-1}$  působí chronicky. Kadmium má vysokou kumulativní schopnost v potravních řetězcích a u mnohých organismů bylo prokázáno i karcinogenní působení. Nyní je za nejvyšší přípustnou koncentraci ve vodě považována hodnota  $1 \cdot 10^{-4} \text{ mg.l}^{-1}$  (Svobodová, 1987).

Do organismu ryb se kadmium dostává především přes jejich dýchací aparát a pomocí trávicího traktu. V trávicím traktu, v oblasti žaludku se poté absorbuje největší část kadmia. Tato absorpce nepřímo souvisí s dietárním přísunem vápníku. Dále pak kadmium může být z větší části absorbováno v prostředí žaludku při deficitech železa ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Za určitých podmínek může být tento toxický kov organismem absorbován i pomocí transportní cesty zinku ( $\text{Zn}^{2+}$ ) (Klinck a Wood, 2011). Kadmium, které je organismem absorbováno, je poté s krví distribuováno do tkání jater a ledvin. V krvi se kadmium váže na methalothioneiny (protein syntetizovaný v játrech a ledvinách) a albumin, který je jedním z hlavních proteinů krevní plazmy. Kadmium distribuované do jater je poté vázáno právě na methalothioneiny, které v organismu zadržují značnou část kadmia. Právě vzájemný vztah mezi kadmiem a methalothioneiny má nemalý vliv na bioakumulaci kadmia v organismu a jeho toxicitu. Hlavní výhodou kadmia oproti rtuti je fakt, že kadmium v organismu nepodléhá žádným metabolickým přeměnám, kterými by mohla být například oxidace, redukce, nebo alkylace. Kadmium, které se dostane do organismu, není pomocí trávicího traktu absorbováno kompletně, a tak je většina tohoto prvku opět organismem vyloučena (Velíšek, 2014).

Vliv kadmia ve vodním prostředí je zkoumán na řadě organismů. Podle několika autorů jsou nejlepšími organismy pro zkoumání vlivu těžkých kovů mlži, kteří jsou považováni za organismy s vysokými akumulacími schopnostmi. Z výsledků pokusů provedených na škebli rybniční (*Anodonta cygnea*) a kapru obecném vyplývá, že největší

část kadmia se kumuluje v ledvinách, játrech a žlázech (Salánki, 1985; de Conto Cinier a kol., 1999).

Hygienický limit pro obsah kadmia ve svalovině našich ryb je stanoven dle nařízení Komise č. 1881/2006/Es na hranici  $0,05 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Výjimku tvoří pouze úhoř říční, pro nějž byla hranice hygienického limitu zvýšena na  $0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$  (Žlábek a kol., 2014).

Hlavním negativem kadmia je vysoká schopnost bioakumulace, která v organismu člověka a dalších živočichů může způsobovat řadu problémů. Především může mít tento toxický kov negativní vliv na orgány reprodukce, nebo může působit v organismu karcinogenně. Negativně také působí kadmium na metabolismus cukrů, inhibuje některé enzymy a tím ovlivňuje vstřebávání vápníku, zinku, mědi a železa do organismu (Svobodová, 1987).

V roce 1912 se na území Japonska začaly objevovat první příznaky onemocnění známé pod jménem Itai-itai (bolí, bolí). Tato nemoc byla způsobena nadměrným příjmem kadmia. Vysoké koncentrace kadmia byly obsaženy v rýži, která byla zavlažována vodou pocházející z těžebních závodů. Za hlavní příznaky nemoci bylo považováno selhání ledvin a měknutí kostí, které bylo doprovázeno velkými bolestmi. Kadmium má totiž v organismu nemalý vliv na metabolismus cukrů, inhibuje některé enzymy a ovlivňuje vstřebávání vápníku, zinku, mědi a železa. Má přímý vliv na ledvinové kanálky, přes které se vstřebává velké množství vápníku a fosfátů do těla. Právě díky těmto kanálkům a špatnému vstřebávání vápníku se nedostává potřebné množství do kostí a dochází tak jejich řídnutí. Bolesti, které doprovázely onemocnění, měly za následek vytvoření názvu Itai-itai (Kasuya a kol., 1992).

V rámci monitoringu hygienické kvality ryb na rybářských revírech ČR provedeného v letech 2006 – 2010 bylo překročení hygienického limitu pro kadmium zjištěno pouze v jediném vzorku. Jednalo se o směsný vzorek svaloviny candáta obecného (*Sander lucioperca*) z ÚN Těrlicko, s obsahem kadmia  $0,058 \text{ mg.kg}^{-1}$  (Červený, 2012).

### **2.2.1.3 Olovo**

Olovo spadá v periodické soustavě prvků do skupiny IVA a řadí se mezi nejrozšířenější těžký kov. Je poměrně měkký, kujný a odolný vůči korozi. Ve vlhkém prostředí lze na povrchu tohoto kovu sledovat šedobílou vrstvu oxidů, uhličitánů a hydroxidů. Atomová hmotnost tohoto kovu je 207,2. Olovo přirozeně se vyskytující v přírodě je tvořeno čtyřmi izotopy. Jakožto toxický kov má tři oxidační stavy: ( $\text{Pb}^0$ ), ( $\text{Pb}^{2+}$ ) a ( $\text{Pb}^{4+}$ ). Dva první stavy s oxidačními čísly 0 a  $2+$  se v přírodě nalézají nejčastěji.

Mezi hlavní rudy, ve kterých se olovo vyskytuje, patří PbS, známý spíše pod jménem galenit (leštěnec olověný). Dalšími rudami, v nichž se olovo nachází, jsou: anglezit ( $\text{PbSO}_4$ , síran olovnatý) a cerusit ( $\text{PbCO}_3$ , uhličitan olovnatý). Oxidační stav  $\text{Pb}^{4+}$  se v přírodě objevuje pouze za specifických podmínek a lze jej v přírodě najít jen velmi zřídka. Velká část olova je ve vodním prostředí ukládána do sedimentů. A tak je v sedimentech možné najít až několikanásobně vyšší koncentrace olova než ve volné vodě. Olovo v kontaktu s huminovými kyselinami a dalšími organickými látkami tvoří stabilní komplexy (Velíšek, 2014).

Hlavním zdrojem kontaminujícím v minulosti povrchové vody olovem byly výfukové plyny motorových vozidel. Tento toxický kov byl totiž součástí aditiv přidávaných do pohonných hmot. Přírodní zdroje, ze kterých se v nynější době olovo dostává do volných vod, nejsou považovány za významné. Dnes je za významný zdroj olova kontaminující povrchové vody považován především olovnatý letecký benzín a olovo pocházející z antropogenních zdrojů. Antropogenní zdroje jsou tvořeny především těžebními činnostmi a závody soustřeďujícími se na zpracování olověných rud a rud s příměsí olova (Lin a kol., 2011).

Vliv olova na vodní prostředí a organismy žijící v něm je nemalý a již při velmi malých koncentracích působí toxicky. Například prvoci jsou schopni snést koncentrace olova nižší než  $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$ . Nitěnky však patří mezi jedny z nejnáchylnějších organismů na koncentrace olova. Pro tyto organismy jsou za toxické limity považovány již hodnoty nad  $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$ . Při testech bylo jasně prokázáno, že již koncentrace  $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$  olova snižuje diverzitu bentických druhů (Svobodová, 1987).

Mechanismus toxického působení olova spočívá především v tom, že se tento toxický kov váže na aminokyseliny a na SH-skupiny bílkovin. Účinek této vazby pak spočívá v tom, že zabraňuje správnému fungování enzymů (Tümling, 1986).

Do vodních organismů se olovo dostává zejména prostřednictvím vody a s konzumovanou potravou. Množství absorbovaného olova a jeho toxicita, jež se v organismu nalézá, závisí jak u vody, tak u konzumované potravy na řadě fyzikálně-chemických parametrů. Hlavními parametry ovlivňující absorpci olova jsou pH, množství suspendovaných materiálů a tvrdost vody. Čím nižší je hodnota pH, tím větší množství olova se absorbuje do organismů. Větší množství absorbovaného olova do těla organismu lze však předpokládat i při deficitech vápníku. Tvrdost vody je dalším klíčovým parametrem, přičemž platí, že množství olova v tvrdé vodě bývá menší než ve vodách měkkých (Hoffman, 2003).

Mezi hlavní zdroje, z nichž se olovo dostává do organismu lidí, patří ovzduší a strava. Olovo, které se dostalo do organismu, ať už s potravou či přes dýchací soustavu, se v organismu váže na červené krvinky, s kterými poté putuje do jater a ledvin, kde se z velké části také ukládá. Po určité době se pak olovo z ledvin a jater dostává do kostí, kde negativně narušuje krvetvorbu. V období, kdy tělo postrádá dostatek vápníku, se olovo z kostí může mobilizovat do krevního řečiště a narušovat tak například správnou funkci jater, ledvin a pohlavních orgánů. V období těhotenství se tento prvek může dostat skrz placentu až do dětského plodu a negativně narušit nervový systém dítěte, nebo přivodit dokonce i potrat (Kafka a Punčochářová, 2002).

Mezi velmi časté symptomy, které poukazují na intoxikaci organismu olovem, patří: bolesti hlavy, podrážděnost, bolesti břicha, a především problémy spojené s centrálním nervovým systémem, který olovo nejčastěji napadá. Otravy olovem mívají z velké části pozvolný průběh. Mezi další příznaky, které se objevují v průběhu intoxikace olovem, lze zařadit nechuť k jídlu, zácpu, či zvracení. V nejhorším případě pak olovo v organismu může přivodit i smrt. Na člověku můžeme i mimo výše uvedených symptomů pozorovat: bledou tvář a výrazný šedý lem kolem úst a dásní (Järup, 2003).

Na základě možných negativních vlivů na lidské zdraví stanovila Evropská unie několik maximálních přípustných limitů pro obsah olova ve vodních organismech. Ve svalovině ryb je tak maximální přípustný limit  $0,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ , v korýších  $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$  a v hlavonožcích  $1 \text{ mg.kg}^{-1}$  (nařízení Komise č. 1881/2006/ES).

Olovo se v organismech kumuluje s věkem, nicméně například oproti rtuti (Hg) postrádá ve velké většině vlastnost bioakumulace v potravním řetězci, proto se také podle řady výzkumů na území ČR nejedná o prvek, který by byl u většiny sledovaných vzorků ryb nalézán ve velkém množství. To potvrdil i výzkum na řece Labi v roce 2016, kde byly koncentrace olova i u dospělých jedinců ryb v normě (Červený a kol., 2016).

Toxické účinky olova za dob, kdy do pohonných hmot byla přidávána aditiva, byly sledovány na pulcích žab. Tyto experimenty prokázaly, že množství olova v organismech pulců bylo přímo úměrné provozu na silnicích za daný časový interval. Olovo pocházející z pohonných hmot se tak kumulovalo do pulců žijících nedaleko těchto vozovek. Takto kontaminovaní pulci se pak po čase stávali toxickými a měli negativní vliv na zdraví svých predátorů (Svobodová, 1987).

## 2.2.2 Perzistentní organické látky (POPs)

Jedná se o látky antropogenního původu, tedy látky vznikající činností člověka. Pozornost je jim věnována především kvůli vlastnostem, kterými disponují. Jedná se o látky, které jsou v životním prostředí široce rozšířeny a můžeme je tak nalézt ve všech jeho složkách. Tyto látky patří mezi nejstabilnější organické polutanty v terestrickém prostředí. Je tedy více než pravděpodobné, že se s nimi setkají i následující generace, jimž tyto látky na planetě naše generace zanechá. Veliká pozornost je těmto polutantům věnována především díky jejich širokému spektru toxických a genotoxických účinků (Čupr a kol., 2015).

Množství POPs v životním prostředí roste od začátku průmyslové revoluce. S ní se totiž začalo využívat pesticidů, spalovacích a termických průmyslových procesů. Vysoké koncentrace se v životním prostředí nejčastěji nacházejí v blízkosti bodových zdrojů. Nicméně vysoké koncentrace POPs se mohou díky atmosférickým procesům vyskytovat i na místech, kde nikdy tyto látky nebyly použity. Vysoké koncentrace POPs pak na řadě těchto míst působí jako tiší zabijáci (Alharbi a kol., 2018).

K omezení jejich výroby a používání přispěla i Stockholmská úmluva (2012), která zmiňuje nejdůležitější POPs. Stockholmská úmluva je dokumentem, který se snaží zvýšit ochranu životního prostředí a lidského zdraví v souvislosti s působením různorodých chemikálií, mezi jejichž hlavní vlastnosti patří: vysoká stabilita, špatná rozložitelnost a vysoká kumulativnost v organismech. Právě na řadě organismů je prokázán negativní vliv POPs. Mezi možné nemoci člověka způsobené těmito látkami lze zařadit například cukrovku, rakovinu, poruchu kardiovaskulárního systému a mnohé další (Alharbi a kol., 2018).

### 2.2.2.1 PCB

Chemickou strukturu těchto látek tvoří bifenylová struktura a dvě spojená benzenová jádra. Právě na benzenových jádrech jsou atomy vodíku nahrazeny atomy chlóru. Počet nahrazených atomů vodíku chlórem se pohybuje mezi 1 – 10. Umístění atomů chlóru je různé a rozlišujeme tak až 209 kongenerů, neboli izomerů PCB. Právě díky počtu a pozicím atomů chlóru lze rozlišovat i různé stupně toxicity PCB.

Polychlorované bifenyly jsou látky, které jsou v posledních letech považovány za významné kontaminanty znečišťující životní prostředí. Jejich hlavní vlastností, kterou je zapotřebí zmínit, je jejich vysoká stabilita. Ta polychlorované bifenyly řadí mezi jedny z nejstabilnějších organických sloučenin. Ve vodě jsou PCB málo rozpustné, dobrou

rozpuštěnost však tyto látky vykazují v tučných a nepolárních rozpouštědlech. Využití směsí izomerů PCB s různými příměsemi lze nalézt v elektrotechnickém, strojírenském, nebo chemickém průmyslu. V těchto odvětvích průmyslu se nejčastěji používaly pro výrobu transformátorové, hydraulické, dielektrické kapaliny, plastů, inkoustů, barev, vosků, lepidel, cementu a sádry (Čupr a kol., 2015).

Polychlorované bifenyly jsou od druhé poloviny 20. století poměrně významnými kontaminanty vyskytujícími se v životním prostředí. Tyto látky se do životního prostředí dostávaly po několik desítek let, až do zákazu jejich výroby. Hlavními zdroji znečištění vod byly vody pocházející z průmyslových podniků, kde se tyto látky vyráběly, nebo byly součástí vyráběných produktů. Další velká část polychlorovaných bifenyly kontaminující životní prostředí pocházela ze špatného uložení odpadů, jejichž součástí byly PCB. Velká většina uvolněných látek z těchto produktů poté dále putovala do vodního prostředí, kde se ukládala do sedimentů, z kterých byla za pomoci řas a planktonu bioakumulována a stala se tak součástí potravního řetězce (ATSDR, 2000).

Zajímavostí polychlorovaných bifenyly je fakt, že jsou vysoce kumulativními látkami a jejich stupeň kumulace v potravním řetězci, v sedimentech dna a ve vodních organismech je pro každý kongener rozdílná. Akumulační koeficient u vodních organismů je  $10^3 - 10^5$  (Svobodová, 1987).

Nebezpečnost těchto látek se na živých organismech projevuje již při velmi nízkých koncentracích. Tento fakt potvrzují i raná vývojová stádia ryb, pro která jsou polychlorované bifenyly silnými jedy. Výsledky z mnohých výzkumů poukazují na fakt, že některé polychlorované bifenyly negativně zasahují do funkcí endokrinního systému. Při delším působení malých koncentrací těchto látek dochází ke kumulaci PCB v organismech ryb. U mladých vývojových stádií ryb se negativní vliv těchto látek nejčastěji projevuje deformacemi kostry, poškozením kůže, ploutví, rozpadem tkáně a ploutví, poškozením jater, lokálními distrofickými, nekrobiotickými až nekrotickými změnami. Velmi časté je i negativní působení na pohlavní orgány (gonády), které se nejčastěji projevuje zvýšenou úmrtností raných vývojových stádií ryb a zvýšenou pravděpodobností výskytu různých deformací (Svobodová, 1987).

Z hlediska chovu ryb tak byly navrženy nejvyšší přípustné koncentrace. Pro chov lososovitých ryb byla stanovena nejvyšší přípustná koncentrace mezi hodnotami  $1 \cdot 10^{-6} - 5 \cdot 10^{-6} \text{ mg.l}^{-1}$ . Hodnoty koncentrace pro chov kaprovitých ryb by se měly pohybovat v rozmezí  $2 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-5} \text{ mg.l}^{-1}$ . Při odchovech raných stádií plůdku a v období kulení by

koncentrace těchto látek měly být co nejnižší, abychom se co možná nejvíce vyvarovali následné vysoké mortalitě a jiným problémům (Mattheis a kol., 1984).

Zatížení vodních živočichů těmito polutanty je sledováno i ve světě. Například výzkum, který probíhal v Itálii v Jaderském moři, měl za úkol zhodnotit míru kontaminace těmito kontaminanty tavných často konzumovaných živočichů. Výsledky ukázaly, že nejvyšší koncentrace PCB se vyskytovaly v mase sardinek, sardelí a makrel. Naopak nejnižší koncentrace byly nalezeny v mase hlavonožců žijících v této oblasti (Perugini a kol., 2004)

Maximální přípustná koncentrace PCB v rybím mase, jež je určeno pro konzum, je stanovena na  $125 \text{ ng.g}^{-1}$ . Výjimku tvoří pouze úhoř říční, v jehož svalovině je maximální přípustná koncentrace stanovena na  $300 \text{ ng.g}^{-1}$  (nařízení Komise č. 1881/2006/ES).

Mezi roky 1992 – 2003 proběhl výzkum na několika lokalitách řeky Skalice, které byly silně kontaminovány PCB. Polychlorované bifenyly se do toku řeky dostaly z havárie z místního průmyslového závodu. Cílem výzkumu bylo zjistit, zda je možné, aby se pijavice z rodu *Erpobdella* staly bioindikátory kontaminace prostředí PCB. Pijavice z tohoto rodu byly vybrány kvůli faktu, že jsou nejpočetnějšími organismy nacházejícími se jak v tekoucích, tak i stojatých vodách a jejich odchyt je tak častěji jednodušší než u ryb, které i mnohdy migrují. U sledovaných pijavic, bylo zjištěno, že se koncentrace PCB v jejich tělech snižují se zvyšující se vzdáleností od místa, kde došlo k havárii. Dále se koncentrace PCB v pijavicích statisticky snižovaly i v závislosti na čase. Pro vyjádření obsahu PCB, jež se vyskytoval v organismech pijavic, byla použita již zmíněná suma sedmi indikátorových kongenerů (28, 52, 10, 118, 138, 153 a 180) (Macová a kol., 2009).

#### **2.2.2.2 DDT**

Jedná se o látku používanou od roku 1939. Tato látka byla používána především v zemědělství, lesnictví, ale i v rámci lidské hygieny jako velmi účinný insekticid. Zajímavostí je, že zpočátku byly tyto látky používány velice často i v průběhu 2. světové války proti hmyzu přenášejícímu smrtelné choroby. Až od roku 1946 se DDT začalo používat i již ve zmiňovaném zemědělství. V 60. letech 19. století byly používané dávky v USA okolo 35 000 tun DDT za rok. V roce 1963 byla použitá dávka DDT v USA zdaleka nejvyšší za celé roky. V tomto roce bylo vyrobeno a spotřebováno přes 80 000 tun DDT. Až teprve v roce 1970 se začalo použití DDT na řadě míst zakazovat. Prvním

státem, který vydal zákaz používání DDT, bylo Švédsko, poté následovaly zákazy v USA a dalších státech (WHO, 1979).

Do vodních a jiných organismů se DDT dostává především z prostředí a potravy. Jeho možné negativní vlivy na organismy tkví především v jeho vysoké stabilitě a schopnosti ukládat se v tukových tkáních. Tomuto kontaminantu je připisována role endokrinního disruptoru. Jedná se tedy o sloučeniny, které svým působením negativně narušují endokrinní systém v organismu a negativně působí i na pohlavní orgány. Jedná se o sloučeniny vyskytující se na většině míst na planetě, a tak byly ještě s polychlorovanými bifenyly označeny za všudypřítomné kontaminanty. Díky těmto poznatkům některé zdroje uvádí, že na planetě v dnešní době není jediný organismus, který by ve svém těle neobsahoval DDT (Turusov a kol., 2002).

Používání DDT přineslo revoluci v oblasti zemědělství, je mu také připisována eliminace malárie v Evropě a Spojených státech. V dnešní době už je též známo, že DDT přispělo na řadě míst ke snížení populací řady zvířat. Vliv DDT na lidské zdraví je stále zkoumán. Mezi možné negativní vlivy DDT na lidské zdraví lze zařadit například karcinogenitu, neuropsychologickou disfunkci a neplodnost. Díky jejich vlastnostem a chování jsou pro člověka a organismy hodnoceny jako rizikové látky (Beard, 2006).

Zajímavostí je výzkum, který poukázal na to, odkud se největší koncentrace DDT dostávají do organismů ryb. Pro objasnění této problematiky byl použit siven americký (*Salvelinus fontinalis*). Z výsledků tohoto výzkumu se dospělo k závěru, že nejvíce DDT se do těl ryb žijících ve volných vodách dostává z potravy. Hlavní důsledek tohoto faktu je ten, že koncentrace DDT v potravinovém řetězci jsou ve většině případů mnohem vyšší než ve vodě (Macek a Korn, 1970).

Vyšší koncentrace DDT a jeho metabolitů jsou též nalézány především v rybách s vyšším obsahem tuku. Tento fakt potvrdil i výzkum uskutečněný před několika lety. Nejvyšší koncentrace tohoto kontaminantu byly nalezeny ve svalovinách těchto ryb: jelec tloušť, sumec velký (*Silurus glanis*) a úhoř říční. Dále se nejvyšší koncentrace DDT vyskytovaly v mase ryb zdržujících se velkou část života u dna, například v parmě obecné (*Barbus barbus*) (Turek a Randák, 2013).

Další výzkum měl za úkol posoudit kontaminaci horního toku řeky Tiché Orlice organickými látkami. Mezi sledované lokality patřily: Králíky, Lichkov, a Červená Voda. Pozornost byla věnována především těmto látkám: DDT, OCS, HCB, HCH, PCB. Sledovaným organismem byl pstruh obecný (*Salmo trutta m. fario*). Analýza vzorků svaloviny pstruha ukázala, že nejvyšší obsah DDT a jeho metabolitů se vyskytoval na



lokalitě Králíky. Naměřené hodnoty na této lokalitě se pohybovaly okolo 48,12  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ . Druhou nejvíce kontaminovanou lokalitou byla Červená Voda, u níž se hodnoty ve vzorcích ryb pohybovaly okolo 39,22  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ . Naopak nejnižší hodnoty vykazovala lokalita Lichkov, zde naměřené hodnoty nepřesáhly hranici 30  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  (Havelková a kol., 2008).

### 2.2.2.3 HCH

Jedná se o uměle vyráběnou látku s bílou až nažloutlou barvou, jež disponuje typickým zápachem. V pevném skupenství se vyskytuje ve formě vloček. Její rozpustnost ve vodě je poměrně malá. HCH je řazeno do skupiny perzistentních organických polutantů a do skupiny organických těkavých látek. Mezi hlavní vlastnosti HCH patří především vysoká stabilita a snadný transport na velké vzdálenosti.

Hexachlorocyklohexan ( $\text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_6$ ) byl využíván zejména pro své insekticidní účinky. Jde o směs osmi izomerů, mezi kterými se nachází i izomery  $\alpha$ ,  $\beta$  a  $\gamma$ , jež jsou považovány za nejdůležitější. Právě izomer  $\gamma$  disponuje nejsilnějším insekticidním účinkem a mezi lidmi je spíše znám pod názvem lindan. Lindan je izomer, který nahradil v USA a Evropě technický HCH, který mimo jiné obsahoval i jiné izomery než jen izomer  $\gamma$ . HCH našel uplatnění pro hubení zvířecích a lidských parazitů, k moření osiva i dřeva a sloužil též jako postřik na pole. Lindan byl v minulosti pro své účinky používán také ve zdravotnictví jako antiparazitární léčivo, jehož účinků se využívalo pro léčbu svrabu (Velíšek, 2014).

Většina těchto látek se do životního prostředí dostávala především ze zemědělství anebo z léčebných aplikací. Používání a výroba těchto látek byla zakázána teprve před několika lety, a tak se dodnes objevují v tkáních živých organismů (Li a kol., 2020).

HCH působí vysoce toxicky na hmyzí a rybí společenstva, snadno se šíří potravním řetězcem a je tak poměrně velmi často nalézán ve svalovině a tuku mořských dravých ryb. Vysoké koncentrace tohoto polutantu však lze u dravých druhů ryb předpokládat, a to z toho důvodu, že se tyto ryby nachází v potravní pyramidě na nejvyšší pozici. V atmosféře se vyskytuje nejčastěji ve formě par, nebo jako součást tuhých částic. V půdě HCH podléhá pomalému rozkladu. Tento rozklad je způsoben mikroorganismy. Tyto mikroorganismy však HCH nerozkládají úplně, pouze z něj dělají látky, které jsou pro životní prostředí méně škodlivé. Proces přeměny HCH na méně škodlivé látky je však velmi pomalý (Faller a kol., 1991).

Na ryby lindan působí velice toxicky již při velmi malých koncentracích. Jeho toxicita tkví v působení na inhibici GABA<sub>A</sub> receptorů, jež jsou s nimi spojeny a následně tak zvyšuje excitaci neuronů. Dále pak působí na řadu hematologických a biochemických parametrů. Vystavení embryí lindanu může mít za následek řadu svalových a kosterních deformací, dále pak poškození řady orgánů. Mezi nejčastěji poškozené orgány patří ledviny a játra. Poškození se však nevyhne ani trávicí trakt (Oliva a kol., 2008). Tuto látku lze též zařadit mezi potencionálně možný karcinogen. Podle provedených studií má lindan vlastnosti endokrinního disruptoru. Ostatní izomery jsou z velké většiny pro ryby méně toxickými. Působí však na nervovou soustavu v podobě depresantů.

Do těl rybích organismů se tato látka dostává obdobně jako u výše popsaných kontaminantů. Nejčastěji tedy ryby absorbují tyto látky do svých těl z prostředí a z potravního řetězce, přes dýchací cesty, gastrointestinální trakt a kůži (Blaylock, 2005).

Jedním z možných negativních vlivů těchto látek na lidské zdraví je například poškození centrálního nervového systému, reprodukční disfunkce a endokrinní poškození. Další řada potenciálních negativních vlivů na lidské zdraví je v procesu zkoumání (Willett a kol., 1998).

Výzkum provedený na Kubě měl za úkol sledovat koncentrace polutantů v sedimentech nacházejících se na pobřeží zálivu Batabanó. Sedimenty jsou skvělým ukazatelem různých polutantů, které se na dně vodních ekosystémů ukládají. Pro spoustu vědců slouží obdobně jako historické prameny. Studie, která probíhala na Kubě několik desítek let, zaznamenala se začátkem používání těchto polutantů i nárůst koncentrací ve vodních sedimentech. Nejvyšší koncentrace těchto polutantů se ve vodních sedimentech objevovaly, když byla spotřeba těchto látek nejvyšší. Naopak od doby jejich zákazu používání se koncentrace sledovaných polutantů v sedimentech snižují. Mezi sledovanými polutanty je i lindan, který byl na Kubě zakázán až v roce 1990. Tento nedávný zákaz způsobil, že jsou vysoké koncentrace tohoto polutantu v sedimentech dna stále ještě nalézány (Alonso-Hernandez a kol., 2014).

V rámci výzkumu, který byl prováděn na řece Tiché Orlici v lokalitách Červená voda, Lichkov a Králíky, byly zjištěny koncentrace HCH ve svalovině pstruha obecného v rozmezí 0,14 – 0,32  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Havelková a kol., 2008).

#### **2.2.2.4 HCB**

Hexachlorobenzen ( $\text{C}_6\text{Cl}_6$ ) je chlorovaný aromatický uhlovodík vyráběný katalytickou chlorací benzenu, nebo oxidací odpadních izomerů HCH z výroby lindanu.

Na trhu se tato sloučenina poprvé objevila v roce 1945. Zakázán jako pesticid byl v roce 1977. Hlavním výrobcem HCB na našem území byla Spolana Neratovice, kde i v roce 1968 došlo k ukončení jeho výroby (Holoubek a kol., 2001).

Významným zdrojem kontaminace HCB uvolňovaného do životního prostředí jsou průmyslové závody, v nichž se hexachlorobenzen využívá jako vstupní produkt, meziproductová surovina nebo látka vznikající jako vedlejší produkt. Potencionálními zdroji, z nichž HCB může unikat do životního prostředí, mohou být spalovny, chemický průmysl, nebo průmysl zaměřený na zpracování kovů. V minulosti značná část tohoto kontaminantu pocházela ze zemědělské činnosti. Zákaz užívání HCB jako fungicidu tak zamezil dalšímu úniku HCB do životního prostředí. Rezidua, jež jsou v životním prostředí a potravním řetězci stále nacházena, mají původ právě v dřívějších činnostech souvisejících se zemědělstvím a dnešních drobných únicích (Beyer, 1996).

HCB se do těl vodních obratlovců dostává především s potravou, v níž je obsažen. Dalším zdrojem, z něhož je HCB do těl vodních organismů vstřebáváno, je voda samotná. Mezi orgány, do nichž je HCB nejčastěji distribuován, patří zejména játra, žlázy s vnitřní sekrecí, mozek a tuková tkáň. Kontaminovanými sedimenty jsou pak nejvíce ohroženy organismy vázané na život u dna (ATSDR, 2002c).

HCB kontaminující životní prostředí působí negativně na mnoho organismů. Mezi jeho negativní účinky, jež byly popsány zejména na zvířatech a člověku, patří negativní vliv na pohlavní orgány (negativně působí na spermie a například samci ryb tak nejsou schopni kvalitní reprodukce). Dále pak může negativně působit na funkci štítné žlázy a imunitní systém. Jedná se o látku, jež je také považována za hormonální disruptor a karcinogen (Starek-Świechowicz a kol., 2017).

Výzkum provedený na povodí řeky Mureş poukázal na poměrně vysoké koncentrace POPs vyskytující se v gonádách paryb obecné. Mezi zjištěnými polutanty je uvedena i hodnota HCB. Dobrou zprávou je, že hodnoty koncentrací obsažené v organismu sledovaných paryb se stále snižují. Tento fakt je z části způsoben schopností paryb odbourávat POPs z organismu s pohlavními produkty (Curtean-Bănăduc a kol., 2020).

Na řece Tiché Orlici jsou koncentrace polutantů sledovány od roku 1989. Výzkum provedený Havelkovou a kol. (2008) měl za úkol zjistit zatížení tohoto toku několika organickými polutanty, jež mají za následek zhoršenou reprodukci a přežití raných vývojových stádií ryb. Mezi sledovanými polutanty byl i HCB. Vzorokly sloužící k rozboru pocházely z jater pstruha obecného (*Salmo trutta m. fario*). Naměřené hodnoty byly

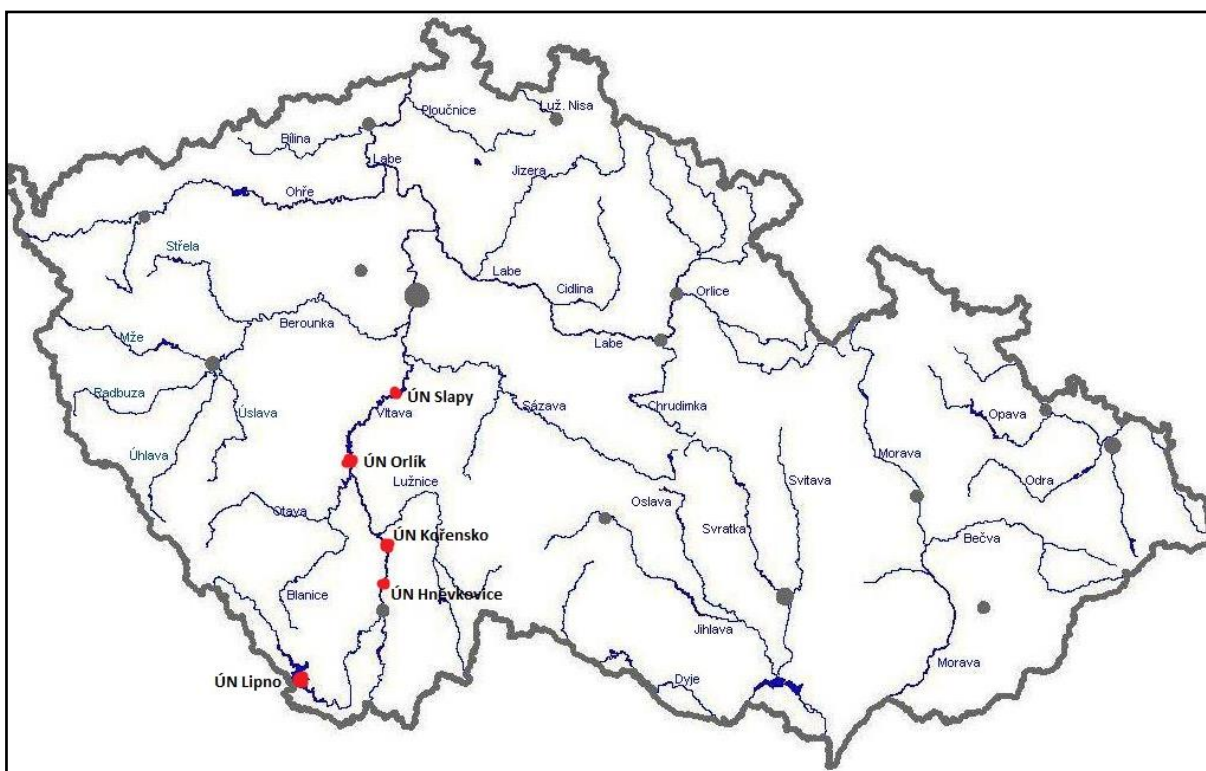
nejnižší na lokalitě Červená Voda ( $0,71 \pm 0,06 \mu\text{g.kg}^{-1}$  w. w.), nejvyšší v lokalitě Králíky ( $2,59 \pm 0,14 \mu\text{g.kg}^{-1}$  w. w.).

### 3. Materiál a metodika

V letech 2019 a 2020 bylo provedeno na deseti rybářských revírech hodnocení kontaminace ryb. Cílem tohoto hodnocení bylo získat informace o hygienické kvalitě masa ryb z těchto významných rybářských revírů. Hodnocení hygienické kvality ryb proběhlo na rybáři nejčastěji lovenými a konzumovanými rybami. Odlovy ryb, z nichž byly vzorky odebrány pracovníky VÚRH JU Vodňany, proběhly ve spolupráci s uživateli příslušných rybářských revírů. K odlovení ryb z rybářských revírů došlo za pomoci elektrických agregátů, tenatních sítí a rybářských udic.

#### 3.1 Monitoring 2019

Pro monitoring kontaminace ryb z volných vod bylo v roce 2019 vybráno 5 rybářských revírů, konkrétně nádrže Vltavské kaskády: 421 200 Vltava 30 – 32 (ÚN Lipno), 421 073 Vltava 21 – 22 (ÚN Hněvkovice), 421 090 Vltava 20 (ÚN Kořensko), 481 501 Vltava 16 – 19 (ÚN Orlík), 401 022 Vltava 10 – 14 (ÚN Slapy). Lokalizace jednotlivých revírů je patrná z obrázku 1.



Obrázek 1: Mapa lokalit sledovaných v roce 2019

Celkem byly odloveny a analyzovány následující druhy a počty ryb: cejn velký (*Abramis brama*) – 25 ks, kapr obecný (*Cyprinus carpio*) – 21 ks, plotice obecná (*Rutilus rutilus*) – 25 ks, štika obecná (*Esox lucius*) – 13 ks, okoun říční (*Perca fluviatilis*) – 27 ks, bolen dravý (*Leuciscus aspius*) – 10 ks, candát obecný (*Sander lucioperca*) – 16 ks, sumec velký (*Silurus glanis*) – 7 ks a amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*) – 1 ks.

### **3.1.1 ÚN Lipno (mimopstruhový revír Vltava 30 – 32, 421 200)**

V údolní nádrži Lipno bylo odloveno celkem 29 kusů ryb, 14 kusů nedravých a 15 kusů dravých. Z nedravých druhů ryb to bylo 5 kusů cejna velkého, 4 kusy kapra obecného a 5 kusů plotice obecné, z dravých druhů ryb 5 kusů okouna říčního, 5 kusů candáta obecného a 5 kusů štiky obecné. Podrobné údaje o jednotlivých odlovených rybách na údolní nádrži Lipno jsou uvedeny v příloze 1.

### **3.1.2 ÚN Hněvkovice (mimopstruhový revír Vltava 21 – 22, 421 073)**

V údolní nádrži Hněvkovice bylo odloveno celkem 31 kusů ryb, 16 kusů nedravých a 15 kusů dravých. Z nedravých druhů ryb to bylo 5 kusů cejna velkého, 5 kusů kapra obecného, 5 kusů plotice obecné a 1 kus amura bílého, z dravých druhů ryb 7 kusů okouna říčního, 5 kusů bolena dravého a 3 kusy štiky obecné. Podrobné údaje o jednotlivých odlovených rybách na údolní nádrži Hněvkovice jsou uvedeny v příloze 2.

### **3.1.3 ÚN Kořensko (mimopstruhový revír Vltava 20, 421 090)**

V údolní nádrži Kořensko bylo odloveno celkem 30 kusů ryb, 15 kusů nedravých a 15 kusů dravých. Z nedravých druhů ryb to bylo 5 kusů cejna velkého, 5 kusů kapra obecného a 5 kusů plotice obecné, z dravých druhů ryb 5 kusů okouna říčního, 5 kusů bolena dravého a 5 kusů štiky obecné. Podrobné údaje o jednotlivých odlovených rybách na údolní nádrži Kořensko jsou uvedeny v příloze 3.

### **3.1.4 ÚN Orlík (mimopstruhový revír Vltava 16 – 19, 481 500)**

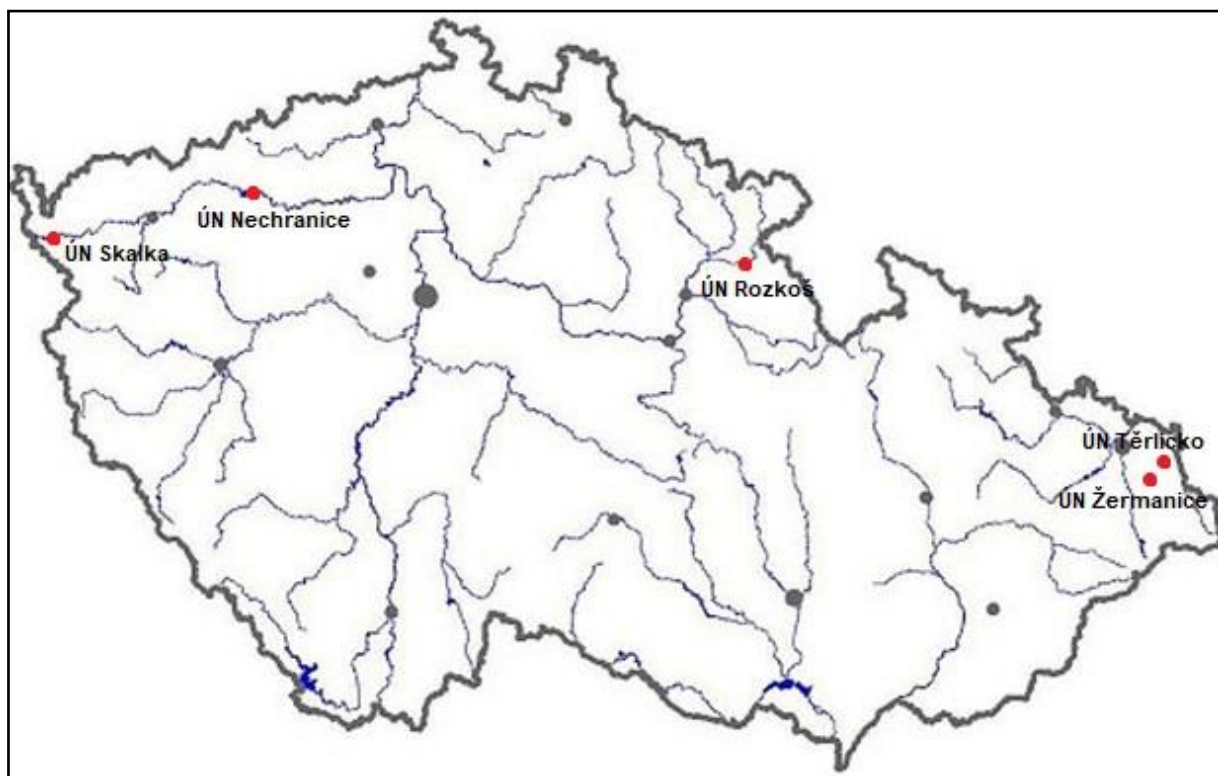
V údolní nádrži Orlík bylo odloveno celkem 30 kusů ryb, 14 kusů nedravých a 16 kusů dravých. Z nedravých druhů ryb to bylo 5 kusů cejna velkého, 4 kusy kapra obecného a 5 kusů plotice obecné, z dravých druhů ryb 5 kusů okouna říčního, 5 kusů sumce velkého a 6 kusů candáta obecného. Podrobné údaje o jednotlivých odlovených rybách na údolní nádrži Orlík jsou uvedeny v příloze 4.

### 3.1.5 ÚN Slapy (mimopstruhový revír Vltava 10 – 14, 401 022)

V údolní nádrži Slapy bylo odloveno celkem 27 kusů ryb, 14 kusů nedravých a 13 kusů dravých. Z nedravých druhů ryb to bylo 5 kusů cejna velkého, 4 kusy kapra obecného a 5 kusů plotice obecné, z dravých druhů ryb 5 kusů okouna říčního, 3 kusy sumce velkého a 5 kusů candáta obecného. Podrobné údaje o jednotlivých odlovených rybách na údolní nádrži Slapy jsou uvedeny v příloze 5.

## 3.2 Monitoring 2020

V roce 2020 bylo pro monitoring kontaminace ryb vybráno pět rybářských revírů na údolních nádržích, konkrétně: 431 040 Ohře 19 (ÚN Skalka), 441 043 Ohře 9 (ÚN Nechanice), 451 200 ÚN Rozkoš, 471 131 Stonávka 2A (ÚN Těrlicko), 471 043 Lučina 2A (ÚN Žermanice). Lokalizace jednotlivých revírů je patrná z obrázku 2.



**Obrázek 2:** Mapa lokalit sledovaných v roce 2020

Celkem byly odloveny a analyzovány následující druhy a počty ryb: cejn velký (*Abramis brama*) – 25 ks, kapr obecný (*Cyprinus carpio*) – 24 ks, štika obecná (*Esox lucius*) – 20 ks, okoun říční (*Perca fluviatilis*) – 20 ks, bolen dravý (*Leuciscus aspius*) – 10 ks, candát obecný (*Sander lucioperca*) – 14 ks, sumec velký (*Silurus glanis*) – 3 ks, amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*) – 4 ks, cejnek malý (*Blicca bjoerkna*) – 10 ks a jelec tloušť (*Squalius cephalus*) – 10 ks.

### **3.2.1 ÚN Skalka (mimopstruhový revír Ohře 19, 431 040)**

V údolní nádrži Skalka bylo odloveno celkem 30 kusů ryb, 15 kusů nedravých a 15 kusů dravých druhů ryb. Z nedravých druhů ryb to bylo 5 kusů cejna velkého, 5 kusů kapra obecného a 5 kusů cejnka malého, z dravých druhů ryb 5 kusů okouna říčního, 5 kusů bolena dravého a 5 kusů štiky obecné. Podrobné údaje o jednotlivých odlovených rybách na údolní nádrži Nechranice jsou uvedeny v příloze 6.

### **3.2.2 ÚN Nechranice (mimopstruhový revír Ohře 9, 441 043)**

V údolní nádrži Nechranice bylo odloveno celkem 26 kusů ryb, 13 kusů nedravých a 13 kusů dravých druhů ryb. Z nedravých druhů ryb to bylo 5 kusů cejna velkého, 3 kusy kapra obecného a 5 kusů cejnka malého, z dravých druhů ryb 5 kusů okouna říčního, 5 kusů bolena dravého a 3 kusy štiky obecné. Podrobné údaje o jednotlivých odlovených rybách na údolní nádrži Nechranice jsou uvedeny v příloze 7.

### **3.2.3 ÚN Rozkoš (mimopstruhový revír, 451 200)**

Na údolní nádrži Rozkoš bylo odloveno celkem 27 kusů ryb, 14 kusů nedravých a 13 kusů dravých druhů ryb. Z nedravých druhů ryb to bylo 5 kusů cejna velkého, 5 kusů kapra obecného a 4 kusy amura bílého, z dravých druhů ryb 3 kusy sumce velkého, 6 kusů candáta obecného a 4 kusy štiky obecné. Podrobné údaje o jednotlivých odlovených rybách na údolní nádrži Rozkoš jsou uvedeny v příloze 8.

### **3.2.4 ÚN Těrlicko (mimopstruhový revír Stonávka 2A, 471 131)**

V údolní nádrži Těrlicko bylo odloveno celkem 27 kusů ryb, 14 kusů nedravých a 13 kusů dravých druhů ryb. Z nedravých druhů ryb to bylo 5 kusů cejna velkého, 5 kusů jelce tlouště a 4 kusy kapra obecného, z dravých druhů ryb 5 kusů okouna říčního, 4 kusy candáta obecného a 4 kusy štiky obecné. Podrobné údaje o jednotlivých odlovených rybách na údolní nádrži Těrlicko jsou uvedeny v příloze 9.

### **3.2.5 ÚN Žermanice (mimopstruhový revír Lučina 2A, 471 043)**

Na údolní nádrži Žermanice bylo odloveno celkem 27 kusů ryb, 14 kusů nedravých a 13 kusů dravých druhů ryb. Z nedravých druhů ryb to bylo 5 kusů cejna velkého, 5 kusů jelce tlouště a 4 kusy kapra obecného, z dravých druhů ryb 5 kusů okouna říčního, 4 kusy candáta obecného a 4 kusy štiky obecné. Podrobné údaje o jednotlivých odlovených rybách na údolní nádrži Žermanice jsou uvedeny v příloze 10.



### 3.2.6 ÚN Hněvkovice (mimopstruhový revír Vltava 21 – 22, 421 073)

V roce 2020 došlo na nádrži Hněvkovice k opětovnému odlovu kapra obecného, a to díky atypičnosti zjištěného výsledku pro obsah olova. Pro opětovné analýzy směsného vzorku byly odchyceny celkem 3 kusy kapra obecného. Podrobné údaje o jednotlivých odlovených rybách jsou uvedeny v příloze 11.

### 3.3 Zpracování a analýzy vzorků

Ryby odlovené na sledovaných revírech, které byly vybrány k monitoringu, byly usmrceny, změřeny a zváženy. Po těchto úkonech byl z každého odloveného kusu ryby odebrán vzorek šupin sloužící k určení stáří daného jedince. Vzorek svaloviny určený ke zhodnocení hygienické kvality byl odebrán ze hřbetní části ryby. Takto odebraný vzorek byl následně zabalen do igelitového sáčku, označen kódem a uložen do chladicího boxu. U cejna velkého byly pro analýzu toxických kovů (olovo, rtuť a kadmium) odebrány individuální vzorky z každého jedince. Pro stanovení obsahu toxických kovů u ostatních druhů ryb a perzistentních organických polutantů (POPs) u všech druhů ryb byly odebrány směsné vzorky svaloviny. Ty byly získány odebráním stejného hmotnostního množství hřbetní svaloviny od všech odlovených jedinců daného druhu v dané lokalitě. Po dobu skladování na VÚRH FROV JU až do odeslání k provedení analýz byly odebrané vzorky uchovávány za teploty -18 °C. Převoz vzorků byl zajištěn svozovou službou Státního veterinárního ústavu Praha a probíhal v termoboxech při teplotách pod bodem mrazu.

Vlastní analýza vzorků svaloviny z ryb byla provedena akreditovanou laboratoří Státního veterinárního ústavu Praha, Sídlištní 136/24, 165 03 Praha 6 – Lysolaje (Oddělení chemie, Ing. Jan Rosmus). Na jednoúčelovém analyzátoru rtuti AMA–254 byl za pomoci metody AAS stanoven celkový obsah rtuti ve svalovině. Obsah MeHg byl vypočítán na základě literárních údajů a předchozích zkušeností. Pro teoretický výpočet MeHg byl použit vzorec:  $MeHg = 0,85 * THg$  (celkový obsah rtuti). Obsahy toxických kovů byly stanoveny za pomoci techniky GF–AAS (SVÚ Praha). Pro stanovení obsahu perzistentních organických polutantů (PCB – kongenery 28, 52, 101, 153, 138, 180, DDT – DDT, DDD, DDE, HCH – alfa–HCH, beta–HCH, gama–HCH (lindan) a HCB) ve směsných vzorcích byla využita metoda plynové chromatografie s využitím detektoru elektronového záchytu (GC/ECD), přičemž bylo kalkulováno se sumami analyzovaných sloučenin (suma PCB, suma HCH, suma DDT).

### 3.4 Zpracování a interpretace výsledků analýz

Výsledky z analýz byly následně srovnány s příslušnými hygienickými limity. V současné době stanovuje hygienické limity a nejvyšší přípustná množství (NPM) kontaminantů v potravinách nařízení Komise 1881/2006/ES v platném (konsolidovaném) znění (Tab. 1). Pro obsah  $\Sigma$  DDT,  $\Sigma$  HCH a HCB nejsou v současné době legislativně stanoveny hygienické limity.

**Tabulka 1:** V současnosti platné hygienické limity polutantů v masě ryb

| Polutant                        | HYGIENICKÉ LIMITY |               |                     |                 |
|---------------------------------|-------------------|---------------|---------------------|-----------------|
|                                 | Svalovina ryb     | úhoř          | jednotky            | zdroj           |
| Hg                              | 0,5               | 1,0 (+ štika) | mg.kg <sup>-1</sup> | ES č. 420/2011  |
| Pb                              | 0,3               | –             | mg.kg <sup>-1</sup> | ES č. 2015/1005 |
| Cd                              | 0,05              | –             | mg.kg <sup>-1</sup> | ES č. 488/2014  |
| $\Sigma$ PCB (6 ind. kongenerů) | 125               | 300           | ng.g <sup>-1</sup>  | ES č. 1259/2011 |

Pro každou lokalitu pak byly identifikovány vzorky, v nichž obsah některého z polutantů překročil platný hygienický limit.

Dále bylo v případě jednotlivých polutantů provedeno hodnocení zdravotních rizik pro konzumenty pomocí toxikologických limitů přijatých Světovou zdravotnickou organizací WHO. Při výpočtech byly využívány limitní expoziční hodnoty (toxikologické limity) sledovaných chemických látek a zjištěné koncentrace polutantu ve svalovině indikátorových ryb (Tab. 2). Konkrétním výstupem porovnání toxikologického limitu se skutečně zjištěnými koncentracemi v rybách z vybrané lokality je počet porcí (porce = 170 g) z velikostně a hmotnostně definovaných ryb, které může konzument (sportovní rybář) sníst za měsíc.

Pro výpočet maximálního počtu porcí, zkonsumovatelných za 1 měsíc byly použity následující vzorce:

$$D = EL \times W$$

$$NTL = \frac{D}{c}$$

$$PP = \frac{NTL}{P}$$

kde:

D – přijatelný (tolerovatelný) denní, týdenní, měsíční příjem polutantu (mg/osobu)

EL – expoziční limit ADI, TWI, PTWI, PMTDI (WHO, EFSA)

W – průměrná tělesná hmotnost konzumenta (70 kg)

c – obsah polutantu ve svalovině ryb (mg.kg<sup>-1</sup> čerstvé hmoty)

NTL – hmotnost rybí svaloviny pro naplnění toxikologického limitu – (kg/den, týden, měsíc)

PP – počet porcí, které může konzument sníst za dané období (porce/den, týden, měsíc)

P – hmotnost jedné porce (170 g)

**Tabulka 2:** Toxikologické limity

| Polutant  | TOXIKOLOGICKÉ LIMITY |       |   |                  |
|-----------|----------------------|-------|---|------------------|
|           | expoziční limit      |       | jednotky  | zdroj            |
| MeHg      | 1,6                  | PTWI  | μg.kg t. hm. <sup>-1</sup> .týden <sup>-1</sup> | WHO 2019*        |
| Pb        | 25                   | PTWI  | μg.kg t. hm. <sup>-1</sup> .týden <sup>-1</sup> | WHO 2019*        |
| Cd        | 7                    | PTWI  | μg.kg t. hm. <sup>-1</sup> .týden <sup>-1</sup> | WHO 2019*        |
| Σ PCB     | 0,4                  | PMTDI | μg.kg t. hm. <sup>-1</sup> .den <sup>-1</sup>   | WHO <sup>+</sup> |
| Σ DDT     | 10**                 | PTDI  | μg.kg t. hm. <sup>-1</sup> .den <sup>-1</sup>   | WHO 2019*        |
| γ-HCH     | 8                    | ADI   | μg.kg t. hm. <sup>-1</sup> .den <sup>-1</sup>   | WHO <sup>+</sup> |
| Σ α+β HCH | –                    | –     | –   | –                |
| HCB       | 0,17                 | ADI   | μg.kg t. hm. <sup>-1</sup> .den <sup>-1</sup>   | WHO <sup>+</sup> |

Limitní expoziční hodnoty: ADI (acceptable daily intake – přípustný denní příjem), PTWI (provisional tolerable weekly intake – podmíněný tolerovatelný týdenní příjem), PMTDI (provisional maximum tolerable daily intake – podmíněný maximální denní příjem), PTDI (provisional tolerable daily intake – podmíněný tolerovaný denní příjem).

\*<http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/search.aspx#>

+ v současnosti není stanoveno; pro výpočty počtů porcí byly použity dříve platné hodnoty

\*\*původní limit byl 20 μg.kg t. hm.<sup>-1</sup>.den<sup>-1</sup>, v tabulce je uveden v současnosti platný limit.

Pro porovnání úrovně zatížení ryb sledovanými cizorodými látkami zjištěnými během předchozí studie provedené v letech 2006 – 2010 (Červený, 2010; 2012) v jednotlivých lokalitách s aktuálními výsledky byly použity hodnoty obsahu Hg a MeHg, PCB a DDT ve svalovině cejna velkého. Hodnoty obsahu rtuti ve svalovině cejna velkého a hmotnosti vzorkovaných cejnů mezi rokem 2020 a předchozím monitoringem byly statisticky porovnány (t-test, Statistica 12.0, StatSoft ČR) s hladinou významnosti  $p < 0,05$ . Data z předchozí studie, potřebná pro provedení statistického porovnání, byla poskytnuta vedoucím práce.

## 4. Výsledky

### 4.1 Hygienická kvalita ryb v revírech monitorovaných v roce 2019

Při monitoringu hygienické kvality ryb v roce 2019 byly zjištěny hodnoty překračující platný hygienický limit. Pro obsah rtuti byly zjištěny ve čtyřech směsných a jednom individuálním vzorku svaloviny ryb ze 4 lokalit. Dále bylo zjištěno překročení hygienického limitu olova u jednoho směsného vzorku. Pouze v ÚN Slapy nebylo zjištěno překročení hygienického limitu pro sledované polutanty u žádného vzorku.

#### 4.1.1 Údolní nádrž Lipno

Ve vzorcích svaloviny ryb odebraných v roce 2019 bylo zjištěno překročení hygienického limitu pouze u směsného vzorku candáta obecného, ve kterém byl obsah rtuti překročen o 0,145 mg.kg<sup>-1</sup> svaloviny. Obsah rtuti analyzovaný ve svalovině ryb byl u všech ostatních vzorků pod hodnotou platného hygienického limitu. Zjištěný obsah všech ostatních sledovaných polutantů v žádném ze vzorků nedosahoval hygienického limitu (Tab. 3). Hodnoty obsahu HCB a izomerů HCH se pohybovaly u všech vzorků pod mezí detekce použité analytické metody a nejsou proto v tabulce uvedeny.

**Tabulka 3:** Údaje o rybách odlovených v ÚN Lipno v roce 2019 a výsledky analýz obsahu polutantů v jejich svalovině (hodnoty přesahující hygienický limit jsou zvýrazněny tučně)

| Druh ryby       | ks |    | Věk    | Hmotnost | CD   | Hg                              | Pb    | Cd     | MeHg** | Σ DDT  | Σ PCB                        |
|-----------------|----|----|--------|----------|------|---------------------------------|-------|--------|--------|--------|------------------------------|
|                 |    |    | (roky) | (g)      | (mm) | (mg.kg <sup>-1</sup> svaloviny) |       |        |        |        | ng.g <sup>-1</sup> svaloviny |
| cejn velký      | 5  | Ø  | 6,6    | 486      | 371  | 0,318                           | 0,030 | 0,003  | 0,270  | 0,004  | 1,9                          |
|                 |    | SD | 0,5    | 62       | 21   | 0,087                           | 0,009 | 0,001  | 0,074  | –      | –                            |
| kapr obecný*    | 4  | Ø  | 3,3    | 1990     | 509  | 0,024                           | 0,030 | 0,003  | 0,020  | 0,008  | 4,8                          |
|                 |    | SD | 0,4    | 244      | 31   | –                               | –     | –      | –      | –      | –                            |
| plotice obecná* | 5  | Ø  | 5,6    | 305      | 293  | 0,281                           | <0,02 | <0,002 | 0,239  | 0,002  | 1,2                          |
|                 |    | SD | 0,5    | 28       | 5,1  | –                               | –     | –      | –      | –      | –                            |
| candát obecný*  | 5  | Ø  | 4,0    | 1280     | 537  | <b>0,645</b>                    | <0,02 | <0,002 | 0,548  | 0,001  | 1,4                          |
|                 |    | SD | 0,6    | 228      | 40   | –                               | –     | –      | –      | –      | –                            |
| okoun říční*    | 5  | Ø  | 5,2    | 356      | 293  | 0,352                           | 0,020 | 0,003  | 0,299  | <0,001 | 1,1                          |
|                 |    | SD | 0,4    | 96       | 31   | –                               | –     | –      | –      | –      | –                            |
| štika obecná*   | 5  | Ø  | 5,0    | 2510     | 710  | 0,480                           | <0,02 | <0,002 | 0,408  | 0,001  | 1,4                          |
|                 |    | SD | 1,3    | 1490     | 129  | –                               | –     | –      | –      | –      | –                            |

Ø – průměr; CD – celková délka ryby; SD – směrodatná odchylka; \*směsný vzorek

\*\* vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti (MeHg = 0,85 \* Hg)

Z hlediska toxikologických limitů se jako limitující polutant v této lokalitě ukázala rtuť (methylrtuť), pro niž bylo u všech druhů vypočteno maximální množství rybí

svaloviny doporučené ke konzumaci pro člověka průměrné hmotnosti 70 kg za měsíc (Tab. 4). Hodnoty v tabulce udávají maximální počty porcí (170 g) masa daného druhu, doporučených ke konzumaci za měsíc, vypočtené s pomocí příslušného expozičního limitu WHO.

**Tabulka 4:** Maximální doporučené počty porcí masa indikátorových druhů ryb z lokality ÚN Lipno

| Druh ryby      | Počet ryb | Věk    | Hmotnost    | CD        | MeHg                               | Pb   | Cd   | Σ PCB | Σ DDT  |
|----------------|-----------|--------|-------------|-----------|------------------------------------|------|------|-------|--------|
|                |           | (roky) | (g)         | (mm)      | maximální počet porcí (170g/měsíc) |      |      |       |        |
| cejn velký     | 5         | 6 – 7  | 395 – 590   | 340 – 395 | <b>10</b>                          | 1471 | 4118 | 2542  | 30883  |
| kapr obecný    | 4         | 3 – 4  | 1735 – 2360 | 480 – 560 | <b>141</b>                         | 1471 | 4118 | 1022  | 15441  |
| plotice obecná | 5         | 5 – 6  | 275 – 355   | 285 – 300 | <b>12</b>                          | –    | –    | 3982  | 61765  |
| candát obecný  | 5         | 3 – 5  | 965 – 1650  | 475 – 595 | <b>5</b>                           | –    | –    | 3453  | 123530 |
| okoun říční    | 5         | 5 – 6  | 250 – 505   | 250 – 330 | <b>9</b>                           | 2206 | 4118 | 4432  | –      |
| štika obecná   | 5         | 4 – 7  | 1200 – 4690 | 600 – 920 | <b>7</b>                           | –    | –    | 3655  | 123530 |

pozn. - limitující hodnoty jsou uvedeny tučně; chybějící hodnoty znamenají, že koncentrace polutantů v daných vzorcích se nacházely pod mezí detekce analytické metody; CD – celková délka ryby

#### 4.1.2 Údolní nádrž Hněvkovice

V roce 2019 došlo na údolní nádrži Hněvkovice k překročení hygienických limitů u jednoho individuálního a dvou směsných vzorků. V případě individuálního vzorku se jednalo o vzorek svaloviny cejna velkého o celkové délce 465 mm a hmotnosti 710 g s obsahem rtuti 0,609 mg.kg<sup>-1</sup>. Ve směsném vzorku bolena dravého byl hygienický limit (0,5 mg/kg) pro obsah rtuti překročen o 0,151 mg.kg<sup>-1</sup> svaloviny. U všech ostatních vzorků byl naměřený obsah rtuti pod hygienickým limitem. Směsný vzorek kapra obecného byl druhým vzorkem, u něhož byl zjištěn vysoký obsah polutantu překračující platný hygienický limit. Platný hygienický limit u tohoto směsného vzorku byl překročen pro obsah olova. Naměřená hodnota obsahu olova překročila hranici hygienického limitu (0,3 mg.kg<sup>-1</sup>) o 0,330 mg.kg<sup>-1</sup> svaloviny. Takto vysoká hodnota byla poměrně atypická, zejména v kontextu s hodnotami naměřenými u ostatních vzorků z této lokality. Měření obsahu olova u směsného vzorku kapra obecného bylo proto dvakrát opakováno, nicméně naměřené hodnoty byly obdobné. Proto bylo rozhodnuto odlovit kapra obecného opakovaně pro analýzu toxických kovů i v roce 2020. Obsahy všech ostatních sledovaných polutantů v žádném ze vzorků nedosahovaly hygienických limitů (Tab. 5). Hodnoty obsahu HCB a izomerů HCH se pohybovaly u všech vzorků pod mezí detekce použité analytické metody a nejsou proto do tabulky zahrnuty.

**Tabulka 5:** Údaje o rybách odlovených v ÚN Hněvkovice v roce 2019 a výsledky analýz obsahu polutantů v jejich svalovině (hodnoty přesahující hygienický limit jsou zvýrazněny tučně)

| Druh ryby       | ks |    | Věk    | Hmotnost | CD   | Hg                              | Pb          | Cd     | MeHg** | Σ DDT | Σ PCB                        |
|-----------------|----|----|--------|----------|------|---------------------------------|-------------|--------|--------|-------|------------------------------|
|                 |    |    | (roky) | (g)      | (mm) | (mg.kg <sup>-1</sup> svaloviny) |             |        |        |       | ng.g <sup>-1</sup> svaloviny |
| cejn velký      | 5  | Ø  | 6,6    | 575      | 374  | 0,271                           | 0,02        | <0,002 | 0,23   | 0,014 | 4,7                          |
|                 |    | SD | 1,2    | 68       | 46   | 0,171                           | –           | –      | 0,145  | –     | –                            |
| kapr obecný*    | 5  | Ø  | 3,8    | 1880     | 482  | 0,069                           | <b>0,63</b> | 0,031  | 0,0059 | 0,004 | 2,4                          |
|                 |    | SD | 0,4    | 413      | 32   | –                               | –           | –      | –      | –     | –                            |
| plotice obecná* | 5  | Ø  | 5,6    | 373      | 308  | 0,0328                          | <0,02       | <0,002 | 0,279  | 0,009 | 3,6                          |
|                 |    | SD | 0,5    | 73       | 20   | –                               | –           | –      | –      | –     | –                            |
| štika obecná*   | 3  | Ø  | 3,7    | 983      | 545  | 0,260                           | <0,02       | <0,002 | 0,221  | 0,014 | 6,7                          |
|                 |    | SD | 0,5    | 132      | 25   | –                               | –           | –      | –      | –     | –                            |
| okoun říční*    | 7  | Ø  | 4,7    | 201      | 246  | 0,332                           | 0,03        | 0,002  | 0,282  | 0,007 | 4,5                          |
|                 |    | SD | 0,5    | 56       | 21   | –                               | –           | –      | –      | –     | –                            |
| bolen dravý*    | 5  | Ø  | 5,2    | 1360     | 545  | <b>0,651</b>                    | <0,02       | <0,002 | 0,553  | 0,018 | 8,2                          |
|                 |    | SD | 0,7    | 304      | 30   | –                               | –           | –      | –      | –     | –                            |
| amur bílý       | 1  | Ø  | 7      | 7200     | 830  | 0,031                           | <0,02       | <0,002 | 0,026  | 0,034 | 12                           |
|                 |    | SD | –      | –        | –    | –                               | –           | –      | –      | –     | –                            |

Ø – průměr; CD – celková délka ryby; SD – směrodatná odchylka; \*směsný vzorek

\*\* vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti (MeHg = 0,85 \* Hg)

Limitujícím polutantem z hlediska toxikologických limitů byla na lokalitě Hněvkovice opět rtuť (methylrtuť). Pro tento polutant tak u všech druhů byla vypočtena maximální doporučená množství rybí svaloviny vhodná ke konzumaci za jeden měsíc pro člověka s průměrnou váhou 70 kg (Tab. 6). Uvedené hodnoty v tabulce udávají maximální počty porcí (170 g) daného odchyceného druhu doporučené ke konzumaci. Počty porcí masa jednotlivých druhů byly vypočteny s pomocí příslušného expozičního limitu WHO.

**Tabulka 6:** Maximální doporučené počty porcí masa indikátorových druhů ryb z lokality ÚN Hněvkovice

| Druh ryby      | Počet ryb | Věk    | Hmotnost    | CD        | MeHg                               | Pb   | Cd   | Σ PCB | Σ DDT |
|----------------|-----------|--------|-------------|-----------|------------------------------------|------|------|-------|-------|
|                |           | (roky) | (g)         | (mm)      | maximální počet porcí (170g/měsíc) |      |      |       |       |
| cejn velký     | 5         | 6 – 9  | 525 – 710   | 345 – 465 | <b>12</b>                          | 2206 | –    | 1059  | 8824  |
| kapr obecný    | 5         | 3 – 4  | 1170 – 2410 | 440 – 520 | <b>48</b>                          | 70   | 398  | 2084  | 30883 |
| plotice obecná | 5         | 5 – 6  | 300 – 505   | 285 – 345 | <b>10</b>                          | –    | –    | 1391  | 13726 |
| štika obecná   | 3         | 3 – 4  | 810 – 1130  | 515 – 575 | <b>13</b>                          | –    | –    | 741   | 8824  |
| okoun říční    | 7         | 4 – 5  | 110 – 285   | 205 – 270 | <b>10</b>                          | 1471 | 6176 | 1103  | 17647 |
| bolen dravý    | 5         | 4 – 6  | 1010 – 1865 | 495 – 580 | <b>5</b>                           | –    | –    | 605   | 6863  |
| amur bílý      | 1         | 7      | 7220        | 830       | <b>109</b>                         | –    | –    | 413   | 3633  |

pozn. - limitující hodnoty jsou uvedeny tučně; chybějící hodnoty znamenají, že koncentrace polutantů v daných vzorcích se nacházely pod mezí detekce analytické metody; CD – celková délka ryby

#### 4.1.3 Údolní nádrž Kořensko

Ze vzorků ryb odebraných na údolní nádrži Kořensko v roce 2019 překročil hygienický limit pouze směsný vzorek bolena dravého v obsahu rtuti o 0,403 mg.kg<sup>-1</sup> svaloviny. Ostatní naměřené hodnoty rtuti u zbylých vzorků ryb byly pod hranicí hygienického limitu. Žádný z dalších sledovaných polutantů ve vzorcích ryb nepřekročil svými obsahy stanovený hygienický limit (Tab. 7). Obsahy HCB a izomerů HCH byly stejně jako u výše zmíněných údolních nádrží pod mezí detekce použité analytické metody a do tabulky tak nebyly zahrnuty.

**Tabulka 7:** Údaje o rybách odlovených v ÚN Kořensko v roce 2019 a výsledky analýz obsahu polutantů v jejich svalovině (hodnoty přesahující hygienický limit jsou zvýrazněny tučně)

| Druh ryby       | ks  |    | Věk    | Hmotnost | CD   | Hg                              | Pb    | Cd     | MeHg** | Σ DDT | Σ PCB                        |
|-----------------|-----|----|--------|----------|------|---------------------------------|-------|--------|--------|-------|------------------------------|
|                 |     |    | (roky) | (g)      | (mm) | (mg.kg <sup>-1</sup> svaloviny) |       |        |        |       | ng.g <sup>-1</sup> svaloviny |
| cejn velký      | 5,0 | Ø  | 6,0    | 543,0    | 369  | 0,253                           | 0,037 | 0,002  | 0,215  | 0,019 | 6,8                          |
|                 |     | SD | 0,6    | 96,4     | 24   | 0,047                           | 0,017 | 0,000  | 0,040  | –     | –                            |
| okoun říční*    | 5,0 | Ø  | 4,8    | 214,0    | 249  | 0,326                           | <0,02 | <0,002 | 0,277  | 0,006 | 3,2                          |
|                 |     | SD | 0,4    | 36,8     | 15   | –                               | –     | –      | –      | –     | –                            |
| kapr obecný*    | 4,0 | Ø  | 4,0    | 1550,0   | 465  | 0,035                           | <0,02 | <0,002 | 0,030  | 0,008 | 4,5                          |
|                 |     | SD | 0,7    | 496,0    | 50   | –                               | –     | –      | –      | –     | –                            |
| plotice obecná* | 5,0 | Ø  | 5,2    | 289,0    | 282  | 0,219                           | <0,02 | <0,002 | 0,186  | 0,014 | 6,0                          |
|                 |     | SD | 0,4    | 53,2     | 15   | –                               | –     | –      | –      | –     | –                            |
| bolen dravý*    | 5,0 | Ø  | 5,8    | 1890,0   | 574  | <b>0,903</b>                    | 0,020 | <0,002 | 0,768  | 0,043 | 15,6                         |
|                 |     | SD | 1,7    | 1440,0   | 91   | –                               | –     | –      | –      | –     | –                            |
| štika obecná*   | 5,0 | Ø  | 4,2    | 1370,0   | 585  | 0,306                           | <0,02 | <0,002 | 0,260  | 0,013 | 5,0                          |
|                 |     | SD | 0,4    | 553,0    | 54   | –                               | –     | –      | –      | –     | –                            |

Ø – průměr; CD – celková délka ryby; SD – směrodatná odchylka; \*směsný vzorek

\*\* vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti (MeHg = 0,85 \* Hg)

S ohledem na toxikologické limity byly obsahy rtuti (methylrtuti) naměřené ve svalovině ryb na této lokalitě opětovně limitujícím polutantem (Tab. 8). Uvedené hodnoty v tabulce udávají maximální počty porcí (170 g) masa daného druhu doporučené ke konzumaci za měsíc. Tyto hodnoty byly opět vypočteny s ohledem na příslušné expoziční limity WHO.

**Tabulka 8:** Maximální doporučené počty porcí masa indikátorových druhů ryb z lokality ÚN Kořensko

| Druh ryby      | Počet ryb | Věk    | Hmotnost    | CD        | MeHg                               | Pb   | Cd   | Σ PCB | Σ DDT |
|----------------|-----------|--------|-------------|-----------|------------------------------------|------|------|-------|-------|
|                |           | (roky) | (g)         | (mm)      | maximální počet porcí (170g/měsíc) |      |      |       |       |
| cejn velký     | 5         | 5 – 7  | 380 – 680   | 330 – 405 | <b>13</b>                          | 1192 | 6176 | 722   | 6502  |
| okoun říční    | 5         | 4 – 5  | 155 – 260   | 225 – 270 | <b>10</b>                          | –    | –    | 1566  | 20588 |
| kapr obecný    | 4         | 3 – 5  | 1080 – 2380 | 420 – 550 | <b>94</b>                          | –    | –    | 1092  | 15441 |
| plotice obecná | 5         | 5 – 6  | 235 – 390   | 265 – 310 | <b>15</b>                          | –    | –    | 823   | 8824  |
| bolen dravý    | 5         | 4 – 9  | 975 – 4760  | 490 – 750 | <b>4</b>                           | –    | –    | 316   | 2873  |
| štika obecná   | 5         | 4 – 5  | 910 – 2410  | 540 – 680 | <b>11</b>                          | –    | –    | 983   | 9503  |

pozn. - limitující hodnoty jsou uvedeny tučně; chybějící hodnoty znamenají, že koncentrace polutantů v daných vzorcích se nacházely pod mezí detekce analytické metody; CD – celková délka ryby

#### 4.1.4 Údolní nádrž Orlík

Hygienický limit na lokalitě Orlík byl v roce 2019 překročen pouze u jednoho směsného vzorku. Blíže se jednalo o směsný vzorek okouna říčního. V tomto směsném vzorku byl hygienický limit překročen pro obsah rtuti o 0,145 mg.kg<sup>-1</sup> svaloviny. Hodnoty ostatních sledovaných polutantů ve vzorcích ryb se nacházely pod hranicemi platných hygienických limitů (Tab. 9). Hodnoty obsahů HCB a izomerů HCH byly pod mezí detekce použité analytické metody u všech sledovaných vzorků a do tabulky tak nebyly zahrnuty.

**Tabulka 9:** Údaje o rybách odlovených v ÚN Orlík v roce 2019 a výsledky analýz obsahu polutantů v jejich svalovině (hodnoty přesahující hygienický limit jsou zvýrazněny tučně)

| Druh ryby       | ks | Věk<br>(roky) | Hmotnost<br>(g) | CD<br>(mm) | Hg  | Pb           | Cd    | MeHg** | Σ DDT | Σ PCB<br>ng.g <sup>-1</sup><br>svaloviny |                                 |
|-----------------|----|---------------|-----------------|------------|-----|--------------|-------|--------|-------|--|---------------------------------|
|                 |    |               |                 |            |     |              |       |        |       |  | (mg.kg <sup>-1</sup> svaloviny) |
| cejn velký      | 5  | Ø             | 6,8             | 901        | 413 | 0,270        | <0,02 | <0,002 | 0,23  | 0,042                                    | 11,0                            |
|                 |    | SD            | 0,7             | 106        | 30  | 0,113        | –     | –      | 0,096 | –  | –                               |
| okoun říční*    | 5  | Ø             | 5,4             | 424        | 298 | <b>0,645</b> | <0,02 | <0,002 | 0,548 | 0,014                                    | 6,4                             |
|                 |    | SD            | 0,5             | 127        | 34  | –            | –     | –      | –     | –  | –                               |
| sumec velký*    | 4  | Ø             | 4,5             | 3250       | 813 | 0,333        | <0,02 | <0,002 | 0,283 | 0,014                                    | 7,7                             |
|                 |    | SD            | 0,5             | 817        | 40  | –            | –     | –      | –     | –  | –                               |
| candát obecný*  | 6  | Ø             | 4,2             | 1250       | 539 | 0,389        | <0,02 | <0,002 | 0,331 | 0,006                                    | 4,2                             |
|                 |    | SD            | 0,4             | 313        | 40  | –            | –     | –      | –     | –  | –                               |
| kapr obecný*    | 4  | Ø             | 3,3             | 1820       | 464 | 0,025        | <0,02 | <0,002 | 0,021 | 0,022                                    | 5,1                             |
|                 |    | SD            | 0,4             | 282        | 23  | –            | –     | –      | –     | –  | –                               |
| plotice obecná* | 5  | Ø             | 6,4             | 597        | 345 | 0,224        | <0,02 | <0,002 | 0,19  | 0,014                                    | 5,1                             |
|                 |    | SD            | 0,5             | 38         | 14  | –            | –     | –      | –     | –  | –                               |

Ø – průměr; CD – celková délka ryby; SD – směrodatná odchylka; \*směsný vzorek

\*\* vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti (MeHg = 0,85 \* Hg)



Limitujícím prvkem na lokalitě Orlík byla opět rtuť (methylrtuť), pro kterou bylo vypočteno maximální množství rybí svaloviny doporučené ke konzumaci za měsíc. Tyto hodnoty jsou vypočteny pro člověka s průměrnou hmotností 70 kg (Tab. 10). Hodnoty v tabulce udávají maximální počty porcí (170g) masa pro daný druh ryby doporučené ke konzumaci za měsíc. Hodnoty byly vypočteny s ohledem na příslušné expoziční limity WHO.

**Tabulka 10:** Maximální doporučené počty porcí masa indikátorových druhů ryb z lokality ÚN Orlík

| Druh ryby      | Počet ryb | Věk    | Hmotnost    | CD        | MeHg                               | Pb | Cd | Σ PCB | Σ DDT |
|----------------|-----------|--------|-------------|-----------|------------------------------------|----|----|-------|-------|
|                |           | (roky) | (g)         | (mm)      | maximální počet porcí (170g/měsíc) |    |    |       |       |
| cejn velký     | 5         | 6 – 8  | 765 – 1040  | 375 – 465 | <b>12</b>                          | –  | –  | 448   | 2941  |
| okoun říční    | 5         | 5 – 6  | 250 – 615   | 255 – 340 | <b>5</b>                           | –  | –  | 767   | 8824  |
| sumec velký    | 4         | 4 – 5  | 2325 – 4560 | 750 – 860 | <b>10</b>                          | –  | –  | 641   | 8824  |
| candát obecný  | 6         | 4 – 5  | 890 – 1850  | 495 – 610 | <b>9</b>                           | –  | –  | 1182  | 20588 |
| kapr obecný    | 4         | 3 – 4  | 1450 – 2215 | 440 – 500 | <b>134</b>                         | –  | –  | 961   | 5615  |
| plotice obecná | 5         | 6 – 7  | 545 – 660   | 325 – 360 | <b>15</b>                          | –  | –  | 966   | 8824  |

pozn. - limitující hodnoty jsou uvedeny tučně; chybějící hodnoty znamenají, že koncentrace polutantů v daných vzorcích se nacházely pod mezí detekce analytické metody; CD – celková délka ryby

#### 4.1.5 Údolní nádrž Slapy

Na poslední monitorované lokalitě v roce 2019 nedošlo k překročení žádného stanoveného hygienického limitu. Všechny sledované obsahy polutantů se nacházely pod hranicí hygienických limitů (Tab. 11). Hodnoty obsahů HCB a izomerů HCH stejně jako na předešlých sledovaných lokalitách byly pod mezí detekce použité analytické metody u všech sledovaných vzorků. V tabulce tak tyto hodnoty nejsou uvedeny.

**Tabulka 11:** Údaje o rybách odlovených v ÚN Slapy v roce 2019 a výsledky analýz obsahu polutantů v jejich svalovině (hodnoty přesahující hygienický limit jsou zvýrazněny tučně)

| Druh ryby       | ks |    | Věk    | Hmotnost | CD   | Hg                              | Pb    | Cd     | MeHg** | $\Sigma$ DDT | $\Sigma$ PCB                 |
|-----------------|----|----|--------|----------|------|---------------------------------|-------|--------|--------|--------------|------------------------------|
|                 |    |    | (roky) | (g)      | (mm) | (mg.kg <sup>-1</sup> svaloviny) |       |        |        |              | ng.g <sup>-1</sup> svaloviny |
| cejn velký      | 5  | Ø  | 6,2    | 836      | 406  | 0,12                            | 0,023 | 0,004  | 0,102  | 0,04         | 18,3                         |
|                 |    | SD | 1,3    | 389      | 76   | 0,056                           | 0,005 | –      | 0,047  | –            | –                            |
| okoun říční*    | 4  | Ø  | 6,2    | 436      | 323  | 0,138                           | 0,02  | <0,002 | 0,117  | 0,01         | 4,9                          |
|                 |    | SD | 0,4    | 43       | 8,7  | –                               | –     | –      | –      | –            | –                            |
| sumec velký*    | 3  | Ø  | 4,7    | 3830     | 843  | 0,28                            | 0,03  | <0,002 | 0,238  | 0,078        | 31,9                         |
|                 |    | SD | 0,9    | 1110     | 63   | –                               | –     | –      | –      | –            | –                            |
| candát obecný*  | 5  | Ø  | 5,2    | 2040     | 621  | 0,278                           | 0,04  | <0,002 | 0,236  | 0,006        | 4,6                          |
|                 |    | SD | 0,7    | 502      | 54   | –                               | –     | –      | –      | –            | –                            |
| kapr obecný*    | 4  | Ø  | 4,3    | 2060     | 494  | 0,033                           | <0,02 | 0,002  | 0,028  | 0,01         | 7,6                          |
|                 |    | SD | 0,4    | 629      | 28   | –                               | –     | –      | –      | –            | –                            |
| plotice obecná* | 5  | Ø  | 4,4    | 237      | 264  | 0,142                           | <0,02 | <0,002 | 0,121  | 0,015        | 6,8                          |
|                 |    | SD | 1,4    | 112      | 46   | –                               | –     | –      | –      | –            | –                            |

Ø – průměr; CD – celková délka ryby; SD – směrodatná odchylka; \*směsný vzorek

\*\* vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti (MeHg = 0,85 \* Hg)

Limitujícím prvkem z hlediska toxikologických limitů byla i v tomto revíru rtuť (methylrtuť) s nejnižšími maximálními počty 170g porcí masa daných druhů ryb, které sedmdesátikilový konzument může sníst za měsíc (Tab. 12). Hodnoty byly vypočteny s ohledem na příslušné expoziční limity WHO.

**Tabulka 12:** Maximální doporučené počty porcí masa indikátorových druhů ryb z lokality ÚN Slapy

| Druh ryby      | Počet ryb | Věk    | Hmotnost    | CD        | MeHg                               | Pb   | Cd   | $\Sigma$ PCB | $\Sigma$ DDT |
|----------------|-----------|--------|-------------|-----------|------------------------------------|------|------|--------------|--------------|
|                |           | (roky) | (g)         | (mm)      | maximální počet porcí (170g/měsíc) |      |      |              |              |
| cejn velký     | 5         | 4 – 8  | 225 – 1380  | 270 – 500 | <b>28</b>                          | 1918 | 3088 | 271          | 3088         |
| okoun říční    | 4         | 6 – 7  | 400 – 520   | 315 – 340 | <b>24</b>                          | 2206 | –    | 1000         | 12353        |
| sumec velký    | 3         | 4 – 6  | 2700 – 5340 | 780 – 930 | <b>12</b>                          | 1471 | –    | 155          | 1584         |
| candát obecný  | 5         | 4 – 6  | 1240 – 2650 | 540 – 680 | <b>12</b>                          | 1103 | –    | 1085         | 20588        |
| kapr obecný    | 4         | 4 – 5  | 1500 – 3050 | 465 – 540 | <b>101</b>                         | –    | 6176 | 653          | 12353        |
| plotice obecná | 5         | 3 – 6  | 120 – 380   | 220 – 325 | <b>23</b>                          | –    | –    | 731          | 8236         |

pozn. - limitující hodnoty jsou uvedeny tučně; chybějící hodnoty znamenají, že koncentrace polutantů v daných vzorcích se nacházely pod mezí detekce analytické metody; CD – celková délka ryby

## 4.2 Hygienická kvalita ryb v revírech monitorovaných v roce 2020

Při monitoringu kvality masa ryb ve vybraných rybářských revírech v roce 2020 se stala limitujícím kontaminantem volně žijících ryb rtuť. Hygienický limit rtuti byl překročen celkem v pěti směsných a pěti individuálních vzorcích svaloviny ryb

pocházejících ze dvou lokalit. S výjimkou směsného vzorku sumce velkého z nádrže Rozkoš pocházely všechny vzorky překračující platný hygienický limit pro obsah rtuti z lokality Skalka, kde je vysoké zatížení tímto polutantem již dlouho známo. Na této lokalitě splnil hygienický limit pro obsah rtuti pouze směsný vzorek kapra obecného. Na ostatních sledovaných lokalitách nedošlo k překročení žádného ze stanovených hygienických limitů.

#### 4.2.1 Údolní nádrž Skalka

Na údolní nádrži Skalka překračovalo platné hygienické limity pro obsah rtuti celkem 5 individuálních vzorků cejna velkého (hodnoty uvedeny v příloze 6). Průměrná hodnota obsahu rtuti překračovala hygienický limit o 0,392 mg.kg<sup>-1</sup> svaloviny. Dále překračoval hygienický limit směsný vzorek okouna říčního o 1,451 mg.kg<sup>-1</sup> svaloviny. Směsný vzorek bolena dravého překročil tuto hranici o 2,448 mg.kg<sup>-1</sup> svaloviny, směsný vzorek cejnka malého o 0,288 mg.kg<sup>-1</sup> svaloviny a směsný vzorek štiky obecné o 0,543 mg.kg<sup>-1</sup> svaloviny (pro štiky je hygienický limit obsahu rtuti zvýšen na 1 mg.kg<sup>-1</sup>). Zjištěné obsahy všech ostatních sledovaných polutantů byly pod hranicí platných hygienických limitů (Tab. 13). Hodnoty obsahu HCB a izomerů HCH byly pod mezí detekce použité analytické hodnoty a v tabulce tak nejsou uvedeny.

**Tabulka 13:** Údaje o rybách odlovených v ÚN Skalka v roce 2020 a výsledky analýz obsahu polutantů v jejich svalovině (hodnoty přesahující hygienický limit jsou zvýrazněny tučně)

| Druh ryby     | ks |    | Věk    | Hmotnost | CD   | Hg                              | Pb    | Cd     | MeHg** | Σ DDT  | Σ PCB                        |
|---------------|----|----|--------|----------|------|---------------------------------|-------|--------|--------|--------|------------------------------|
|               |    |    | (roky) | (g)      | (mm) | (mg.kg <sup>-1</sup> svaloviny) |       |        |        |        | ng.g <sup>-1</sup> svaloviny |
| cejn velký    | 5  | Ø  | 7,6    | 976      | 469  | <b>0,892</b>                    | 0,02  | <0,002 | 0,758  | 0,014  | 37,423                       |
|               |    | SD | 0,5    | 87       | 19   | 0,172                           | –     | –      | 0,146  | –      | –                            |
| okoun říční*  | 5  | Ø  | 6      | 369      | 307  | <b>1,951</b>                    | <0,02 | <0,002 | 1,6584 | 0,002  | 6,343                        |
|               |    | SD | 1,4    | 211      | 62   | –                               | –     | –      | –      | –      | –                            |
| bolen dravý*  | 5  | Ø  | 5,6    | 1374     | 565  | <b>2,948</b>                    | <0,02 | <0,002 | 2,5058 | 0,01   | 26,457                       |
|               |    | SD | 0,5    | 272      | 29   | –                               | –     | –      | –      | –      | –                            |
| štika obecná* | 5  | Ø  | 4,2    | 1355     | 600  | <b>1,543</b>                    | <0,02 | <0,002 | 1,3116 | <0,001 | 2,651                        |
|               |    | SD | 0,8    | 276      | 45   | –                               | –     | –      | –      | –      | –                            |
| cejnek malý*  | 5  | Ø  | 6,6    | 655      | 371  | <b>0,788</b>                    | <0,02 | <0,002 | 0,6698 | 0,004  | 12,675                       |
|               |    | SD | 0,5    | 158      | 38   | –                               | –     | –      | –      | –      | –                            |
| kapr obecný*  | 5  | Ø  | 3,6    | 1725     | 452  | 0,145                           | <0,02 | <0,002 | 0,1233 | 0,012  | 7,256                        |
|               |    | SD | 0,5    | 411      | 15   | –                               | –     | –      | –      | –      | –                            |

Ø – průměr; CD – celková délka ryby; SD – směrodatná odchylka; \*směsný vzorek

\*\* vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti (MeHg = 0,85 \* Hg)

Limitujícím prvkem z hlediska toxikologických expozičních limitů WHO na lokalitě Skalka byla opět rtuť (methylrtuť), pro niž vypočtené maximální počty 170g porcí masa daných druhů ryb, které může 70kg konzument sníst za měsíc, dosahovaly s výjimkou kapra obecného pouze jednotek (Tab. 14).

**Tabulka 14:** Maximální doporučené počty porcí masa indikátorových druhů ryb z lokality ÚN Skalka

| Druh ryby    | Počet ryb | Věk    | Hmotnost    | CD        | MeHg                               | Pb   | Cd | Σ PCB | Σ DDT |
|--------------|-----------|--------|-------------|-----------|------------------------------------|------|----|-------|-------|
|              |           | (roky) | (g)         | (mm)      | maximální počet porcí (170g/měsíc) |      |    |       |       |
| cejn velký   | 5         | 7 – 8  | 870 – 1080  | 440 – 490 | 4                                  | 2206 | –  | 132   | 8824  |
| okoun říční  | 5         | 4 – 8  | 120 – 700   | 220 – 390 | 2                                  | –    | –  | 779   | 61765 |
| bolen dravý  | 5         | 5 – 6  | 1055 – 1715 | 520 – 590 | 1                                  | –    | –  | 187   | 12353 |
| štika obecná | 5         | 3 – 5  | 1090 – 1815 | 540 – 660 | 2                                  | –    | –  | 1864  | –     |
| cejnek malý  | 5         | 6 – 7  | 480 – 850   | 330 – 410 | 4                                  | –    | –  | 390   | 30882 |
| kapr obecný  | 5         | 3 – 4  | 1270 – 2375 | 430 – 470 | 23                                 | –    | –  | 681   | 10294 |

pozn. - limitující hodnoty jsou uvedeny tučně; chybějící hodnoty znamenají, že koncentrace polutantů v daných vzorcích se nacházely pod mezí detekce analytické metody; CD – celková délka ryby

#### 4.2.2 Údolní nádrž Nechranice

Na lokalitě Nechranice v roce 2020 nebylo zjištěno u žádného ze vzorků překročení daného hygienického limitu pro sledované polutanty (Tab. 15). Stejně jako u všech předešlých sledovaných lokalit byly hodnoty obsahu HCH a izomerů HCB pod mezí detekce použité analytické metody a v tabulce tak nejsou zahrnuty.

**Tabulka 15:** Údaje o rybách odlovených v ÚN Nechranice v roce 2020 a výsledky analýz obsahu polutantů v jejich svalovině (hodnoty přesahující hygienický limit jsou zvýrazněny tučně)

| Druh ryby     | ks |    | Věk    | Hmotnost | CD   | Hg                              | Pb    | Cd     | MeHg** | Σ DDT | Σ PCB                        |
|---------------|----|----|--------|----------|------|---------------------------------|-------|--------|--------|-------|------------------------------|
|               |    |    | (roky) | (g)      | (mm) | (mg.kg <sup>-1</sup> svaloviny) |       |        |        |       | ng.g <sup>-1</sup> svaloviny |
| cejn velký    | 5  | Ø  | 6,2    | 714      | 408  | 0,134                           | <0,02 | <0,002 | 0,114  | 0,073 | 14,567                       |
|               |    | SD | 0,4    | 142      | 24   | 0,011                           | –     | –      | 0,01   | –     | –                            |
| cejnek malý*  | 5  | Ø  | 5,8    | 445      | 314  | 0,163                           | <0,02 | <0,002 | 0,139  | 0,049 | 36,209                       |
|               |    | SD | 0,4    | 149      | 30   | –                               | –     | –      | –      | –     | –                            |
| okoun říční*  | 5  | Ø  | 4,2    | 245      | 255  | 0,096                           | <0,02 | <0,002 | 0,082  | 0,03  | 2,646                        |
|               |    | SD | 0,4    | 89       | 31   | –                               | –     | –      | –      | –     | –                            |
| bolen dravý*  | 5  | Ø  | 5,6    | 2722     | 636  | 0,302                           | <0,02 | <0,002 | 0,257  | 0,127 | 56,863                       |
|               |    | SD | 1,3    | 977      | 72   | –                               | –     | –      | –      | –     | –                            |
| kapr obecný*  | 3  | Ø  | 4,3    | 2127     | 527  | 0,067                           | <0,02 | <0,002 | 0,057  | 0,013 | 13,06                        |
|               |    | SD | 0,6    | 564      | 50   | –                               | –     | –      | –      | –     | –                            |
| štika obecná* | 3  | Ø  | 4      | 1697     | 597  | 0,088                           | <0,02 | <0,002 | 0,075  | 0,067 | 4,888                        |
|               |    | SD | 1      | 939      | 103  | –                               | –     | –      | –      | –     | –                            |

Ø – průměr; CD – celková délka ryby; SD – směrodatná odchylka; \*směsný vzorek

\*\* vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti (MeHg = 0,85 \* Hg)

Limitujícím polutantem na lokalitě Nechranice byla opět rtuť, pro niž byly u všech odlovených druhů ryb vypočteny maximální možné počty porcí (porce = 170 g), které daný jedinec o průměrné váze 70 kg může sníst za měsíc (Tab. 16). Výpočty byly provedeny s ohledem na příslušné expoziční limity WHO.

**Tabulka 16:** Maximální doporučené počty porcí masa indikátorových druhů ryb z lokality ÚN Nechranice

| Druh ryby    | Počet ryb | Věk    | Hmotnost    | CD        | MeHg                               | Pb | Cd | Σ PCB | Σ DDT |
|--------------|-----------|--------|-------------|-----------|------------------------------------|----|----|-------|-------|
|              |           | (roky) | (g)         | (mm)      | maximální počet porcí (170g/měsíc) |    |    |       |       |
| cejn velký   | 5         | 6 – 7  | 585 – 950   | 390 – 450 | 25                                 | –  | –  | 339   | 1692  |
| cejnek malý  | 5         | 5 – 6  | 290 – 625   | 280 – 350 | 20                                 | –  | –  | 136   | 24706 |
| okoun říční  | 5         | 4 – 5  | 185 – 400   | 235 – 310 | 35                                 | –  | –  | 1867  | 4118  |
| bolen dravý  | 5         | 5 – 8  | 1890 – 4400 | 575 – 760 | 11                                 | –  | –  | 87    | 973   |
| kapr obecný  | 3         | 4 – 5  | 1650 – 2750 | 480 – 580 | 50                                 | –  | –  | 378   | 9502  |
| štika obecná | 3         | 3 - 5  | 920 – 2740  | 510 – 710 | 38                                 | –  | –  | 1011  | 1844  |

pozn. - limitující hodnoty jsou uvedeny tučně; chybějící hodnoty znamenají, že koncentrace polutantů v daných vzorcích se nacházely pod mezí detekce analytické metody; CD – celková délka ryby

#### 4.2.3 Údolní nádrž Rozkoš

Ze vzorků odebraných v roce 2020 na lokalitě Rozkoš přesahoval platný hygienický limit pouze směsný vzorek sumce velkého. Tento směsný vzorek přesahoval platný hygienický limit pro obsah rtuti o 0,120 mg.kg<sup>-1</sup> svaloviny. U ostatních sledovaných polutantů v odebraných vzorcích nebylo zjištěno překročení žádného z platných hygienických limitů (Tab. 17). Pod mezí použité analytické metody se nacházely hodnoty HCB a isomerů HCH. Tyto hodnoty nejsou v tabulce uvedeny.

**Tabulka 17:** Údaje o rybách odlovených v ÚN Rozkoš v roce 2020 a výsledky analýz obsahu polutantů v jejich svalovině (hodnoty přesahující hygienický limit jsou zvýrazněny tučně)

| Druh ryby      | ks |    | Věk    | Hmotnost | CD   | Hg                              | Pb    | Cd     | MeHg** | Σ DDT | Σ PCB                        |
|----------------|----|----|--------|----------|------|---------------------------------|-------|--------|--------|-------|------------------------------|
|                |    |    | (roky) | (g)      | (mm) | (mg.kg <sup>-1</sup> svaloviny) |       |        |        |       | ng.g <sup>-1</sup> svaloviny |
| cejn velký     | 5  | Ø  | 7,2    | 761      | 422  | 0,153                           | 0,023 | <0,002 | 0,13   | 0,08  | 5,049                        |
|                |    | SD | 0,4    | 134      | 27   | 0,036                           | 0,006 | –      | 0,03   | –     | –                            |
| štika obecná*  | 4  | Ø  | 5      | 2145     | 645  | 0,106                           | <0,02 | <0,002 | 0,09   | 0,021 | 1,878                        |
|                |    | SD | 1,4    | 1256     | 106  | –                               | –     | –      | –      | –     | –                            |
| sumec velký*   | 3  | Ø  | 9,3    | 14433    | 1217 | <b>0,62</b>                     | <0,02 | <0,002 | 0,527  | 0,046 | 5,572                        |
|                |    | SD | 2,1    | 6426     | 208  | –                               | –     | –      | –      | –     | –                            |
| amur bílý*     | 4  | Ø  | 6,5    | 7225     | 825  | 0,021                           | <0,02 | <0,002 | 0,018  | 0,042 | 2,857                        |
|                |    | SD | 0,6    | 2158     | 66   | –                               | –     | –      | –      | –     | –                            |
| kapr obecný*   | 5  | Ø  | 4,2    | 2730     | 544  | 0,028                           | <0,02 | <0,002 | 0,024  | 0,034 | 4,296                        |
|                |    | SD | 1,3    | 1267     | 98   | –                               | –     | –      | –      | –     | –                            |
| candát obecný* | 6  | Ø  | 5,5    | 2318     | 607  | 0,165                           | <0,02 | <0,002 | 0,14   | 0,019 | 1,848                        |
|                |    | SD | 1      | 854      | 74   | –                               | –     | –      | –      | –     | –                            |

Ø – průměr; CD – celková délka ryby; SD – směrodatná odchylka; \*směsný vzorek

\*\* vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti (MeHg = 0,85 \* Hg)

Rtuť (methylrtuť) byla limitujícím prvkem i na lokalitě Rozkoš a byly tak pro ni vypočteny maximální doporučené počty porcí masa indikátorových druhů ryb zkonsumovatelných za 1 měsíc člověkem o průměrné hmotnosti 70 kg (Tab. 18), s ohledem na příslušné expoziční limity WHO.

**Tabulka 18:** Maximální doporučené počty porcí masa indikátorových druhů ryb z lokality ÚN Rozkoš

| Druh ryby     | Počet ryb | Věk    | Hmotnost     | CD         | MeHg                               | Pb   | Cd | Σ PCB | Σ DDT |
|---------------|-----------|--------|--------------|------------|------------------------------------|------|----|-------|-------|
|               |           | (roky) | (g)          | (mm)       | maximální počet porcí (170g/měsíc) |      |    |       |       |
| cejn velký    | 5         | 7 – 8  | 600 – 965    | 380 – 450  | 22                                 | 1891 | –  | 979   | 1544  |
| štika obecná  | 4         | 4 – 7  | 1225 – 4000  | 560 – 800  | 31                                 | –    | –  | 2631  | 5882  |
| sumec velký   | 3         | 7 – 11 | 7700 – 20500 | 980 – 1370 | 5                                  | –    | –  | 887   | 2685  |
| amur bílý     | 4         | 6 – 7  | 4400 – 9600  | 750 – 890  | 158                                | –    | –  | 1729  | 2941  |
| kapr obecný   | 5         | 3 – 6  | 1450 – 4300  | 450 – 670  | 119                                | –    | –  | 1150  | 3633  |
| candát obecný | 6         | 4 – 7  | 1400 – 3700  | 510 – 720  | 20                                 | –    | –  | 2674  | 6502  |

pozn. - limitující hodnoty jsou uvedeny tučně; chybějící hodnoty znamenají, že koncentrace polutantů v daných vzorcích se nacházely pod mezí detekce analytické metody; CD – celková délka ryby

#### 4.2.4 Údolní nádrž Těrlicko

U žádného ze vzorků odebraných na lokalitě Těrlicko v roce 2020 nebylo zjištěno překročení daného hygienického limitu pro sledované polutanty (Tab. 19). Hodnoty obsahů HCH a isomerů HCB nejsou uvedeny v tabulce, jelikož se nacházely pod mezí detekce použité analytické metody.

**Tabulka 19:** Údaje o rybách odlovených v ÚN Těrlicko v roce 2020 a výsledky analýz obsahu polutantů v jejich svalovině (hodnoty přesahující hygienický limit jsou zvýrazněny tučně)

| Druh ryby      | ks | Věk    |     | Hmotnost (g) | CD (mm) | Hg    | Pb    | Cd     | MeHg** | Σ DDT | Σ PCB ng.g <sup>-1</sup> svaloviny |
|----------------|----|--------|-----|--------------|---------|-------|-------|--------|--------|-------|------------------------------------|
|                |    | (roky) |     |              |         |       |       |        |        |       |                                    |
| cejn velký     | 5  | Ø      | 6,6 | 552          | 391     | 0,171 | <0,02 | <0,002 | 0,146  | 0,02  | 3,564                              |
|                |    | SD     | 0,9 | 171          | 52      | 0,06  | –     | –      | 0,051  | –     | –                                  |
| jelec tloušť*  | 5  | Ø      | 6,2 | 648          | 372     | 0,127 | <0,02 | <0,002 | 0,108  | 0,015 | 6,015                              |
|                |    | SD     | 0,4 | 209          | 32      | –     | –     | –      | –      | –     | –                                  |
| candát obecný* | 4  | Ø      | 5   | 1248         | 529     | 0,241 | <0,02 | <0,002 | 0,205  | 0,002 | 1,304                              |
|                |    | SD     | 0,5 | 258          | 36      | –     | –     | –      | –      | –     | –                                  |
| okoun říční*   | 5  | Ø      | 5,4 | 309          | 293     | 0,47  | <0,02 | <0,002 | 0,4    | 0,031 | 8,743                              |
|                |    | SD     | 0,5 | 39           | 20      | –     | –     | –      | –      | –     | –                                  |
| štika obecná*  | 4  | Ø      | 3,8 | 1650         | 605     | 0,218 | <0,02 | <0,002 | 0,185  | 0,018 | 5,616                              |
|                |    | SD     | 0,5 | 232          | 44      | –     | –     | –      | –      | –     | –                                  |
| kapr obecný*   | 4  | Ø      | 3,8 | 1805         | 485     | 0,134 | <0,02 | <0,002 | 0,114  | 0,006 | 1,935                              |
|                |    | SD     | 0,5 | 191          | 39      | –     | –     | –      | –      | –     | –                                  |

Ø – průměr; CD – celková délka ryby; SD – směrodatná odchylka; \*směsný vzorek

\*\* vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti (MeHg = 0,85 \* Hg)

Pro limitující polutant, kterým na lokalitě Těrlicko byla opět rtuť (methylrtuť), byly vypočteny maximální doporučené počty porcí masa indikátorových druhů ryb zkonsumovatelných za 1 měsíc člověkem o průměrné hmotnosti 70 kg (Tab. 20). Hodnoty byly vypočteny s ohledem na expoziční limity WHO.

**Tabulka 20:** Maximální doporučené počty porcí masa indikátorových druhů ryb z lokality ÚN Těrlicko

| Druh ryby     | Počet ryb | Věk    | Hmotnost    | CD        | MeHg                               | Pb | Cd | Σ PCB | Σ DDT |
|---------------|-----------|--------|-------------|-----------|------------------------------------|----|----|-------|-------|
|               |           | (roky) | (g)         | (mm)      | maximální počet porcí (170g/měsíc) |    |    |       |       |
| cejn velký    | 5         | 6 – 8  | 440 – 840   | 355 – 480 | 19                                 | –  | –  | 1386  | 6176  |
| jelec tloušť  | 5         | 6 – 7  | 460 – 1000  | 345 – 425 | 26                                 | –  | –  | 821   | 8235  |
| candát obecný | 4         | 4 – 5  | 900 – 1500  | 475 – 550 | 14                                 | –  | –  | 3789  | 61765 |
| okoun říční   | 5         | 5 – 6  | 250 – 355   | 265 – 320 | 7                                  | –  | –  | 565   | 3985  |
| štika obecná  | 4         | 3 – 4  | 1340 – 1900 | 540 – 640 | 15                                 | –  | –  | 880   | 6863  |
| kapr obecný   | 4         | 3 – 4  | 1540 – 1980 | 430 – 520 | 25                                 | –  | –  | 2554  | 20588 |

pozn. - limitující hodnoty jsou uvedeny tučně; chybějící hodnoty znamenají, že koncentrace polutantů v daných vzorcích se nacházely pod mezí detekce analytické metody; CD – celková délka ryby

#### 4.2.5 Údolní nádrž Žermanice

Stejně jako na předešlé lokalitě Těrlicko, tak ani na lokalitě Žermanice nebylo zjištěno u žádného ze sledovaných vzorků překročení platného hygienického limitu pro sledované polutanty (Tab. 21). Pod mezí detekce analytické metody se nacházely obsahy izomerů HCB a obsahy HCH, nejsou proto v tabulce uvedeny.

**Tabulka 21:** Údaje o rybách odlovených v ÚN Žermanice v roce 2020 a výsledky analýz obsahu polutantů v jejich svalovině (hodnoty přesahující hygienický limit jsou zvýrazněny tučně)

| Druh ryby      | ks |    | Věk    | Hmotnost | CD   | Hg                              | Pb    | Cd     | MeHg* | Σ DDT  | Σ PCB                        |
|----------------|----|----|--------|----------|------|---------------------------------|-------|--------|-------|--------|------------------------------|
|                |    |    | (roky) | (g)      | (mm) | (mg.kg <sup>-1</sup> svaloviny) |       |        |       |        | ng.g <sup>-1</sup> svaloviny |
| cejn velký     | 5  | Ø  | 9      | 872      | 440  | 0,101                           | 0,025 | <0,002 | 0,086 | <0,001 | 11,613                       |
|                |    | SD | 1,4    | 282      | 57   | 0,031                           | 0,007 | –      | 0,027 | –      | –                            |
| jelec tloušť*  | 5  | Ø  | 8      | 796      | 423  | 0,214                           | <0,02 | 0,002  | 0,182 | <0,001 | 21,218                       |
|                |    | SD | 0,7    | 271      | 47   | –                               | –     | –      | –     | –      | –                            |
| štika obecná*  | 4  | Ø  | 3,5    | 1215     | 555  | 0,193                           | <0,02 | <0,002 | 0,164 | <0,001 | 5,071                        |
|                |    | SD | 0,6    | 235      | 31   | –                               | –     | –      | –     | –      | –                            |
| candát obecný* | 4  | Ø  | 4,3    | 1120     | 513  | 0,173                           | <0,02 | <0,002 | 0,147 | <0,001 | 7,721                        |
|                |    | SD | 0,5    | 377      | 50   | –                               | –     | –      | –     | –      | –                            |
| okoun říční*   | 5  | Ø  | 6,6    | 480      | 330  | 0,214                           | <0,02 | <0,002 | 0,182 | <0,001 | 5,679                        |
|                |    | SD | 1,3    | 191      | 34   | –                               | –     | –      | –     | –      | –                            |
| kapr obecný*   | 4  | Ø  | 3,8    | 1633     | 468  | 0,025                           | <0,02 | <0,002 | 0,021 | <0,001 | 1,461                        |
|                |    | SD | 0,5    | 334      | 43   | –                               | –     | –      | –     | –      | –                            |

Ø – průměr; CD – celková délka ryby; SD – směrodatná odchylka; \*směsný vzorek

\*\* vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti (MeHg = 0,85 \* Hg)

Maximální doporučené počty porcí masa ryb z lokality Žermanice, které člověk s průměrnou hmotností 70 kg může zkonsumovat za měsíc s ohledem na příslušné expoziční limity WHO pro jednotlivé polutanty shrnuje Tab. 22. Limitujícím prvkem byla opět rtuť.

**Tabulka 22:** Maximální doporučené počty porcí masa indikátorových druhů ryb z lokality ÚN Žermanice

| Druh ryby     | Počet ryb | Věk    | Hmotnost    | CD        | MeHg                               | Pb   | Cd   | Σ PCB | Σ DDT |
|---------------|-----------|--------|-------------|-----------|------------------------------------|------|------|-------|-------|
|               |           | (roky) | (g)         | (mm)      | maximální počet porcí (170g/měsíc) |      |      |       |       |
| cejn velký    | 5         | 7 – 10 | 490 – 1220  | 360 – 490 | 33                                 | 1765 | –    | 425   | 3985  |
| jelec tloušť  | 5         | 7 – 9  | 550 – 1240  | 360 – 490 | 16                                 | –    | 6176 | 233   | 2745  |
| štika obecná  | 4         | 3 – 4  | 890 – 1420  | 520 – 590 | 17                                 | –    | –    | 974   | 13725 |
| candát obecný | 4         | 4 – 5  | 810 – 1650  | 460 – 580 | 19                                 | –    | –    | 640   | 12353 |
| okoun říční   | 5         | 5 – 8  | 260 – 700   | 290 – 370 | 16                                 | –    | –    | 870   | 12353 |
| kapr obecný   | 4         | 3 – 4  | 1320 – 2100 | 410 – 510 | 133                                | –    | –    | 3382  | 41176 |

pozn. - limitující hodnoty jsou uvedeny tučně; chybějící hodnoty znamenají, že koncentrace polutantů v daných vzorcích se nacházely pod mezí detekce analytické metody; CD – celková délka ryby

#### 4.2.6 Údolní nádrž Hněvkovice

Při opakované analýze směsného vzorku kapra obecného, která byla uskutečněna v roce 2020, byl zjištěn obsah olova pod mezí detekce použité analytické metody. Vysoké koncentrace olova zjištěné v roce 2019 nebyly tedy opětovně prokázány (Tab. 23). Z hlediska toxikologických limitů tak byla v tomto vzorku limitujícím polutantem opětovně rtuť, pro niž byl maximální počet porcí, které lze dle použitého výpočtu za měsíc zkonsumovat, stanoven na 44.

**Tabulka 23:** Výsledky chemických analýz provedených v roce 2020 u odlovených kaprů z lokality ÚN Hněvkovice (hodnota obsahu olova je zvýrazněna tučně)

| Druh ryby    | Počet ryb |    | Věk    | Hmotnost | CD   | Hg                              | Pb    | Cd     | MeHg**  |
|--------------|-----------|----|--------|----------|------|---------------------------------|-------|--------|---------|
|              |           |    | (roky) | (g)      | (mm) | (mg.kg <sup>-1</sup> svaloviny) |       |        |         |
| kapr obecný* | 3         | Ø  | 3      | 1980     | 493  | 0,075                           | <0,02 | <0,002 | 0,06375 |
|              |           | SD | 0      | 139      | 15   | –                               | –     | –      | –       |

Ø – průměr; CD – celková délka ryby; SD – směrodatná odchylka; \*směsný vzorek

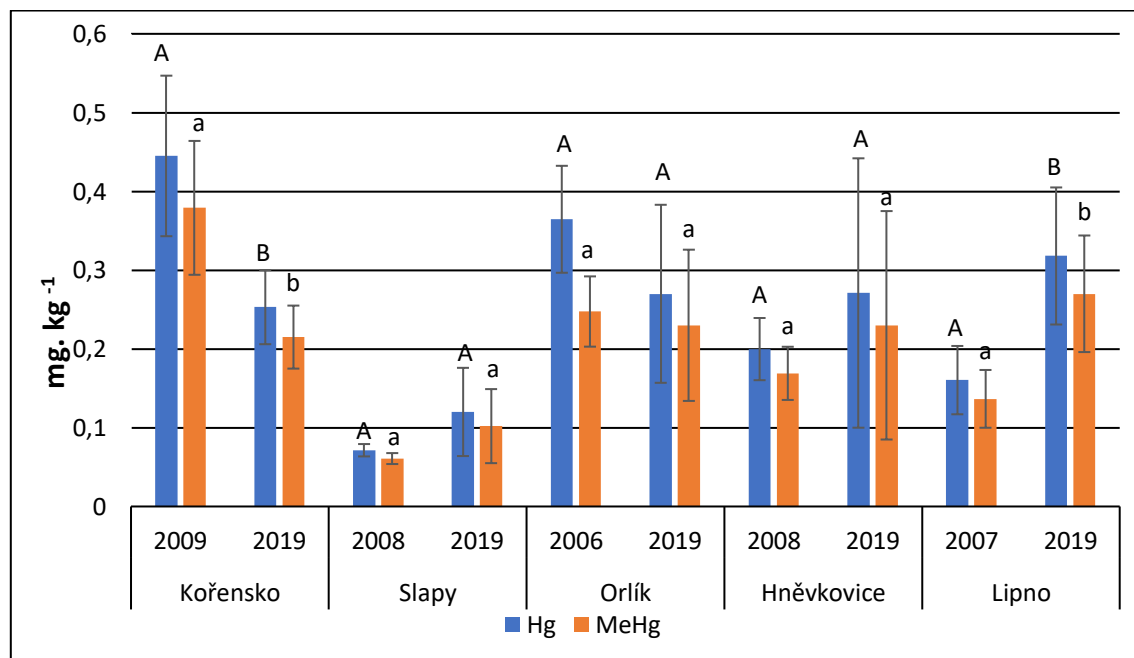
\*\* vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti (MeHg = 0,85 \* Hg)

### 4.3 Porovnání aktuálních výsledků s výsledky studie z let 2006 – 2010

Hodnoty obsahu Hg, MeHg a PCB ve svalovině cejna velkého byly použity pro porovnání lokalit sledovaných v roce 2019. Na základě statistického porovnání bylo zjištěno, že v lokalitě ÚN Lipno byly hodnoty obsahu rtuti naměřené v roce 2019 ve



svalovině cejnů velkých (indikátorový druh) významně vyšší než v roce 2007 (Graf 1), průkazně vyšší však byla i hmotnost vzorkovaných ryb. U rtuti je známo, že se hromadí (kumuluje) ve svalovině ryb, a to v závislosti na věku (velikosti) jedince a také na postavení daného druhu v potravním řetězci. Odlišné velikostní složení úlovků může v případě porovnávání takovýchto skupin ovlivnit výsledek porovnání, což je zapotřebí brát v úvahu při interpretaci těchto dat. V lokalitě ÚN Kořensko byly v roce 2019 zjištěny statisticky průkazně nižší hodnoty obsahu rtuti ve svalovině cejnů velkých než v roce 2009, hmotnost vzorkovaných ryb se však statisticky průkazně nelišila. V ostatních lokalitách sledovaných v roce 2019 nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v naměřených hodnotách obsahu rtuti ve svalovině cejnů velkých ani ve hmotnosti vzorkovaných ryb mezi letošním rokem a monitoringem z let 2006 – 2010 (Graf 1).



A, B – rozdílný index značí statisticky významný rozdíl koncentrace celkové rtuti v rámci lokality mezi rokem 2020 a předchozím monitoringem

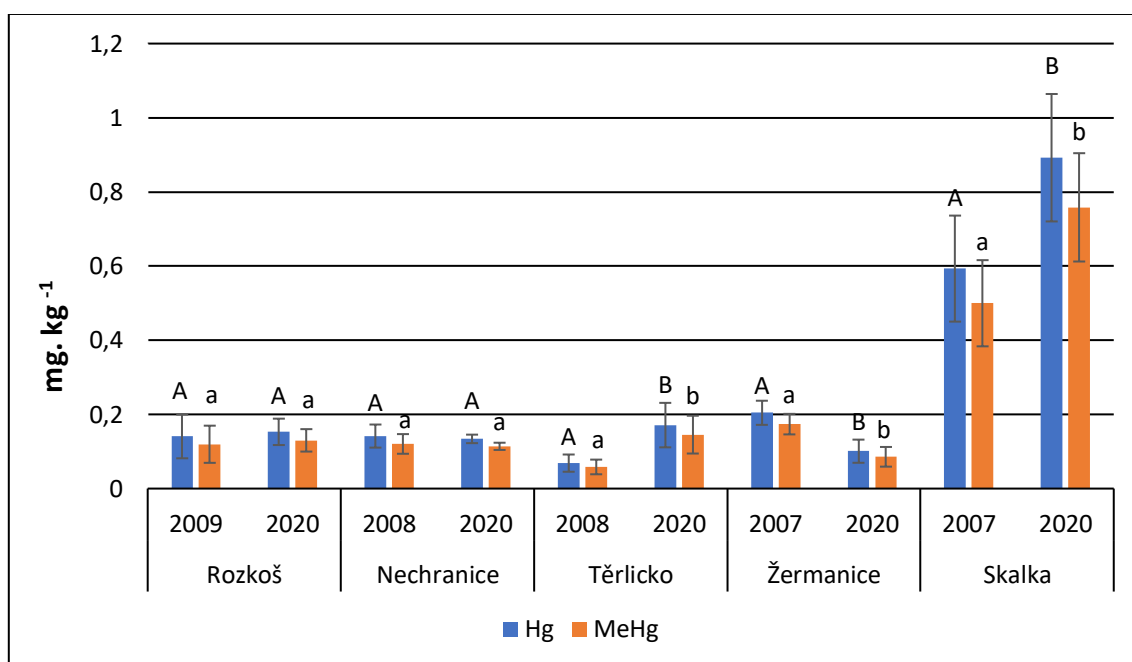
a, b – rozdílný index značí statisticky významný rozdíl koncentrace methylrtuti v rámci lokality mezi rokem 2020 a předchozím monitoringem

**Graf 1:** Porovnání obsahu rtuti a methylrtuti (vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti  $\text{MeHg} = 0,85 \cdot \text{Hg}$ ) ve svalovině cejna velkého z lokalit sledovaných v roce 2019 a porovnání s hodnotami zjištěnými v rámci monitoringu 2006 – 2010.

Zjištěné hodnoty obsahu PCB ve svalovině cejna se ve všech lokalitách pohybovaly hluboko pod hygienickým limitem. Rozdíly oproti situaci v předchozím monitoringu nebyly významné, přesto lze říci, že hodnoty zjišťované v roce 2019 byly obecně ve většině lokalit mírně vyšší. V případě DDT byly také obecně vyšší hodnoty napříč

lokalitami zjištěny v roce 2019 oproti hodnotám zjištěným při předchozím monitoringu, ale i v případě tohoto polutantu se nacházely hluboko pod hygienickým limitem.

Na základě statistického porovnání výsledků zjištěných v lokalitách sledovaných v roce 2020 s výsledky předchozí studie (Graf 2) bylo zjištěno, že v lokalitě ÚN Těrlicko a ÚN Skalka byly hodnoty obsahu rtuti naměřené v roce 2020 ve svalovině cejnů velkých statisticky významně vyšší než v roce 2008, respektive 2007, průkazně vyšší však byla také hmotnost ryb vzorkovaných v roce 2020. V lokalitě ÚN Žermanice byly v roce 2020 zjištěny statisticky průkazně nižší hodnoty obsahu rtuti ve svalovině cejnů velkých než v roce 2007, hmotnost vzorkovaných ryb se však statisticky průkazně nelišila. V ostatních lokalitách nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v naměřených hodnotách obsahu rtuti ve svalovině cejnů velkých ani ve hmotnosti vzorkovaných ryb mezi letošním rokem a monitoringem z let 2006 – 2010.



A, B – rozdílný index značí statisticky významný rozdíl koncentrace celkové rtuti v rámci lokality mezi rokem 2020 a předchozím monitoringem

a, b – rozdílný index značí statisticky významný rozdíl koncentrace methylrtuti v rámci lokality mezi rokem 2020 a předchozím monitoringem

**Graf 2:** Porovnání obsahu celkové rtuti a methylrtuti (vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti  $\text{MeHg} = 0,85 \cdot \text{Hg}$ ) ve svalovině cejna velkého z lokalit sledovaných v roce 2020 a porovnání s hodnotami zjištěnými v rámci monitoringu 2006 – 2010.

Zjištěné hodnoty obsahu PCB ve svalovině cejna se ve všech lokalitách pohybovaly hluboko pod hygienickým limitem. Rozdíly oproti situaci v předchozím monitoringu nebyly významné, s výjimkou vzorků z nádrže Skalka, kde byl zaznamenán výrazný

nárůst ( $37,4 \text{ ng.g}^{-1}$ ) oproti hodnotám zjištěným v roce 2007 ( $10,3 \text{ ng.g}^{-1}$ ). Určitý nárůst koncentrace PCB ( $14,6 \text{ ng.g}^{-1}$  v roce 2020 oproti  $9,2 \text{ ng.g}^{-1}$  v roce 2008) byl ve svalovině cejnů zaznamenán i v případě nádrže Nechranice, která, stejně jako nádrž Skalka, leží na toku Ohře. Přesto také hodnoty zjištěné v roce 2020 se nacházely hluboko pod hygienickým limitem. V případě DDT byly obecně vyšší hodnoty ve svalovině cejna velkého napříč lokalitami zjištěny v roce 2020 než při předchozím monitoringu, nicméně stále zdaleka nedosahovaly hodnot platného hygienického limitu pro tento polutant.

## 5. Diskuze

Výsledky práce prokázaly, že ve všech sledovaných lokalitách je obsah rtuti limitujícím faktorem určujícím hygienickou kvalitu svaloviny ryb. Tento výsledek je v souladu s výsledky předchozího monitoringu z let 2006 – 2010 (Červený a kol., 2014) i dalšími studiemi dalších z České republiky i zahraničí (Łuczyńska a Brucka-Jastrzębska, 2006; Kenšová a kol., 2010). Z výsledků také vyplývá, že rtutí nejvíce kontaminovanou lokalitou zůstává údolní nádrž Skalka.

Vysoké hodnoty rtuti na lokalitě Skalka jsou dobře známy. Tento fakt v minulosti potvrdil i monitoring, při kterém bylo v roce 2003 odloveno 30 kusů ryb s cílem zjistit míru zatížení tkání ryb celkovou rtutí a methylrtutí. Analyzovanými tkáněmi ryb byly játra, gonády a svalovina. Zástupcem dravých druhů ryb byl bolen dravý, v jehož směsném vzorku byl naměřen průměrný celkový obsah rtuti  $3,11 \pm 0,20 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Zástupcem nedravých druhů ryb na této nádrži byl cejn velký. Ve svalovině tohoto druhu byla naměřena hodnota  $0,96 \pm 0,22 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Veškerá rtuť, zjištěná ve svalovině těchto dvou druhů, byla ve formě methylrtuti. Z analyzovaných tkání ryb byl nejvyšší obsah celkové rtuti a methylrtuti naměřen ve svalovině a játrech. Nejnižší obsah tohoto polutantu byl naopak zjištěn v gonádách (Maršálek a kol., 2005). Srovnáme-li naše výsledky zjištěné ve svalovině bolena dravého a cejna velkého z lokality Skalka s výsledky naměřenými v roce 2003, zjistíme, že námi naměřené hodnoty ve svalovině cejna velkého jsou jen o něco málo nižší. Stejně tomu je i u směsného vzorku bolena dravého.

To, že je rtuť hlavním limitujícím polutantem ve svalovině ryb, prokázal i předchozí monitoring, provedený mezi roky 2006 – 2010 na významných rybářských revírech České republiky. Jako referenční druh sloužil cejn velký. Rtuť v této studii byla jasně dominujícím polutantem z řady toxických kovů. Překročení platných hygienických limitů pro obsah rtuti bylo registrováno u poměrně velkého počtu vzorků. Nejvyšší koncentrace rtuti ve svalovině cejna velkého byla rovněž naměřena na nádrži Skalka ( $0,593 \pm 0,128 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). Nejvyšší koncentrace celkové rtuti ( $3,570 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) z celé studie vykazoval směsný vzorek bolena dravého pocházející také z lokality Skalka. Koncentrace celkové rtuti ve směsném vzorku kapra obecného z této nádrže byla  $0,161 \text{ mg.kg}^{-1}$ , tedy obdobně vysoká jako v rámci našeho monitoringu. Tyto poměrně nízké koncentrace rtuti ve svalovině kaprů jsou pravděpodobně důsledkem toho, že jsou kapři obecní do nádrže Skalka pravidelně vysazováni a odlovené ryby tak vzhledem ke své velikosti strávily v prostředí nádrže poměrně krátkou dobu. V rámci předchozího monitoringu byla také

zjištěna poměrně značná míra kontaminace ryb rtutí v nádrži Kořensko. V této nádrži byla hodnota celkové rtuti ve svalovině referenčního druhu (cejna velkého)  $0,445 \pm 0,091$  mg.kg<sup>-1</sup> (Červený a kol., 2014). V rámci našeho monitoringu této nádrže byly zjištěny statisticky významně nižší hodnoty, i přes stejnou velikost analyzovaných ryb. To naznačuje možné snížení zátěže této lokality, přičemž je možná souvislost s odtěžením části sedimentů v rámci prací souvisejících se splavňováním tohoto úseku řeky. Srovnáme-li tedy výsledky monitoringu z roku 2003 a studie provedené mezi roky 2006 – 2010 s výsledky našimi, dojdeme k závěru, že nádrž Skalka je i nadále značně kontaminovaná rtutí, přičemž hygienický limit pro tento polutant překračuje i svalovina rezidentních nedravých druhů ryb. V blízkém zahraničí bylo značné zatížení rtutí zjištěno například Andrejím a kol., 2007 ve svalovině jelce tloušť, kapra obecného, karase stříbřitého (*Carassius gibelio*), plotice obecné a sumce velkého na dolním toku řeky Nitry. Nejnižší průměrné koncentrace rtuti byly naměřeny ve svalovině karase stříbřitého (0,65 mg.kg<sup>-1</sup>), nejvyšší pak ve svalovině sumce velkého (1,53 mg.kg<sup>-1</sup>).

Dalším sledovaným toxickým kovem v našem hodnocení hygienické kvality ryb bylo kadmium. Jeho koncentrace v našem monitoringu nepřesáhly ani v jednom ze vzorků stanovený hygienický limit, přičemž u většiny vzorků se hodnoty pohybovaly pod mezí detekce. Ve srovnání s předchozím monitoringem, kdy bylo zjištěno vyšší zatížení lokalit na severu Moravy, včetně mírného překročení hygienického limitu pro tento polutant u vzorku svaloviny candáta z nádrže Těrlicko (Červený a kol., 2014), lze tedy hovořit o snížení zatížení v námi sledovaných rybářských revírech kadmíem. Překročení platného hygienického limitu pro kadmium nebylo zjištěno ani v rámci sledování hygienické kvalita masa ryb z let 1999 a 2000 v několika lokalitách na severovýchodě Polska, kde byla nejvyšší naměřená koncentrace kadmia (0,0036 mg.kg<sup>-1</sup>) ve svalovině štiky obecné z lokality Maróz (Łuczyńska a Brucka-Jastrzębska, 2006). Nízkou míru kontaminace rtutí zjistila i Kenšová a kol. (2010) v rámci studie provedené na údolní nádrži Věstonice.

V případě olova bylo zjištěno překročení hygienického limitu ve směsném vzorku kapra obecného na lokalitě Hněvkovice odebraném v roce 2019. Naměřená hodnota byla zcela atypická nejen ve srovnání s ostatními lokalitami, ale i dalšími vzorky z Hněvkovic. Zjištěné koncentrace olova ve svalovině ostatních druhů ryb, včetně těch, u kterých se dá předpokládat, že v Hněvkovické nádrži prožily celý život (nevysazují se), byly pod nebo na hranici detekce použité metody. Vysvětlením zjištěné vysoké koncentrace olova ve směsném vzorku svaloviny kaprů v této lokalitě v roce 2019 by mohlo být vysazení ryb z extrémně zatíženého chovu, případně kontaminace vzorku při odběru či zpracování.

Vyloučit nelze ani možnost kontaminace svaloviny ryb například extrémně zatíženým krmivem, použitým sportovním rybářem, přijatým rybou po vysazení. Tomu, že obsah olova, naměřený ve svalovině kaprů z Hněvkovic v roce 2019 nevypovídá o skutečném zatížení této lokality, odpovídají i koncentrace olova naměřené ve smíšeném vzorku svaloviny kaprů, kteří byli odloveni při opakovaném odlovu v roce 2020. V zahraničí byla poměrně vysoká míra kontaminace rybí svaloviny olovem ( $0,145 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) zjištěna u plotice obecné z lokality Dłużek v Polsku (Łuczyńska a Brucka-Jastrzębska, 2006).

Dalšími měřeními a sledovanými látkami při posuzování hygienické kvality masa ryb v námi provedeném výzkumu byla skupina perzistentních organických látek, konkrétně PCB, DDT, HCH a HCB. Ani v jednom vzorku nebylo zjištěno překročení hygienického limitu pro některou ze sledovaných látek, přičemž koncentrace izomerů HCH a HCB byly ve všech případech pod mezí detekce použité metody.

Nízkou míru kontaminace vodních ekosystémů těmito látkami na území Evropy potvrzuje i studie Thomase a kol. (2012), který měřil koncentrace POPs ve svalovině ryb z rybníční soustavy ležící na řece Mosele ve Francii. Hodnoty  $\sum\text{PCB}$  se ve svalovině kaprů obecných pohybovaly od  $0,3$  do  $6,4 \text{ ng.g}^{-1}$ , u okounů říčních se pohybovaly od  $0,90$  do  $5,60 \text{ ng.g}^{-1}$ . Hodnoty  $\sum\text{DDT}$  byly ve svalovině kaprů obecných v rozmezí  $0,15 - 2,20 \text{ ng.g}^{-1}$  a u okounů obecných v rozmezí  $0,11 - 0,85 \text{ ng.g}^{-1}$ . Hodnoty  $\sum\text{HCH}$  a HCB byly analyzovány pouze u malého počtu vzorků svaloviny kaprů obecných a byly ve všech analyzovaných vzorcích velice nízké. V rámci našeho monitoringu byly naměřeny podobné hodnoty. Naopak, vyšší kontaminaci svaloviny ryb perzistentními organickými látkami zjistil v šesti sledovaných lokalitách na území Pákistánu Riaz a kol., 2020. K zhodnocení zatížení vodních nádrží byl použit pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*), labeo avanské (*Labeo rohita*), tolstolobik bílý (*Hypophthalmichthys molitrix*) a tlamoun zlatý (*Oreochromis aureus*). Analyzované koncentrace  $\sum\text{PCB}$  ve svalovině ryb byly v rozmezí od  $6,4$  do  $138 \text{ ng.g}^{-1}$ . Koncentrace  $\sum\text{DDT}$  byly ve svalovinách sledovaných ryb v rozmezí  $24 - 587 \text{ ng.g}^{-1}$ . To může být důsledkem vyšší míry používání těchto látek, popřípadě jejich pozdějšího zákazu ve zmíněné zemi.

Námi zjištěné zvýšení koncentrace  $\sum\text{PCB}$  ve svalovině ryb z nádrže Skalka oproti předchozímu monitoringu mohlo být způsobeno zvýšením citlivosti použité metody, ale také vnosem této látky do prostředí, například při opravách konstrukcí v blízkosti lokality. Ze zahraničí je znám případ studie ze Sørfjordu (západní Norsko), kde byly naměřeny extrémní hodnoty PCB v játrech odchycených tresek obecných (*Gadus morhua*). Koncentrace  $\sum\text{PCB}_7$  v játrech tresek se pohybovaly v rozmezí  $47,3 - 427 \text{ 100 ng.g}^{-1}$ .

Hlavním zdrojem takto vysokých hodnot v játrech tresek obecných byly barvy a omítky, z renovované fasády (1500 m<sup>2</sup>) staré budovy, která byla vyhlášena národní historickou památkou (Ruus a kol., 2006). To, že jsou pravděpodobně barvy a omítky z této budovy hlavním zdrojem kontaminace ryb a dalších organismů, potvrdila i předešlá studie. Podle Russa a Greena (2002) byly koncentrace  $\sum\text{PCB}_7$  ve vzorcích barvy a fasády větší než 336 030 ng.g<sup>-1</sup>. Také se prokázalo, že koncentrace kongenerů v tělech slávek jedlých (*Mytilus edulis*) vzorkovaných v letech 2001 a 2002 měly podobné složení jako analyzovaná barva a fasáda z historické budovy. Nelze tedy vyloučit, že rekonstrukcí např. silničního či železničního mostu došlo k uvolnění odstraněného nátěru s obsahem PCB do vodního prostředí nádrže Skalka a následnému zvýšení koncentrace této látky ve vodních organismech, včetně ryb. Nicméně i přes zjištěný nárůst koncentrace  $\sum\text{PCB}$  ve svalovině ryb zůstaly hodnoty hluboko pod hygienickým limitem.

## 6. Závěr

Cílem studie bylo posoudit hygienickou kvalitu ryb vyskytujících se a často lovených ve významných rybářských revírech ČR z hlediska obsahu vybraných cizorodých látek v jejich mase. Na základě výsledků je možno konstatovat, že hygienická kvalita ryb v druhovém i velikostním složení odpovídajícím běžným úlovkům sportovních rybářů ve sledovaných rybářských revírech s výjimkou nádrže Skalka je velmi dobrá. Určité riziko může představovat častá konzumace dravých ryb, zejména větších velikostí, přestože byly uloveny na významně nezatížených revírech. U těchto druhů byly na některých lokalitách zjištěny koncentrace rtuti mírně překračující platný hygienický limit. A proto doporučujeme zejména u rizikových skupin, jako jsou děti a těhotné ženy, raději se jejich konzumace vyvarovat. Hygienické limity obsahu rtuti v odlovených druzích ryb z lokality Skalka v roce 2020 byly výrazně překročeny u všech druhů s výjimkou kapra obecného. Vypočtené maximální měsíční počty porcí doporučené ke konzumaci jednotlivých druhů ryb (s výjimkou kapra obecného) v uvedeném velikostním složení indikují zdravotní riziko spojené s konzumací ryb z této nádrže, zejména s konzumací větších dravců. Na nádrži Skalka na základě opakovaně prokázané významné kontaminace rybiho masa doporučujeme dále uplatňovat zákaz konzumace ryb, zejména dravých druhů. V případě běžných lovných velikostí kapra obecného je i na nádrži Skalka jeho konzumace možná. Kapr je do nádrže vysazován obvykle již v lovné velikosti. Většina vysazených kaprů je odlovena sportovními rybáři v průběhu první sezony po nasazení. Z důvodu krátké expozice kontaminace nádrže tedy významně neovlivní hygienickou kvalitu masa těchto vysazených jedinců.

Zvýšené hodnoty obsahu olova ve svalovině kaprů odlovených v roce 2019 v nádrži Hněvkovice nebyly potvrzeny opakovaným odlovem tohoto druhu na stejné lokalitě v roce 2020 a nelze je jednoznačně vysvětlit. Opakovaný odlov i výsledky zjištěné u ostatní druhů ryb nedokládají významné zatížení této nádrže olovem.

Jako limitující z hlediska maximálního doporučeného množství porcí zkonsumovatelných za 1 měsíc byla ve všech sledovaných revírech a u všech analyzovaných druhů ryb koncentrace rtuti, respektive methylrtuti v jejich mase. Koncentrace olova a kadmia ve svalovině ryb se ve všech revírech a u všech druhů obvykle nacházely okolo meze detekce analytické metody či pod ní. Koncentrace sledovaných organochlorovaných polutantů (PCB, DDT, HCH, HCB) ve svalovině



analyzovaných ryb byly ve všech lokalitách velice nízké a z hlediska rizik pro konzumenty ryb prakticky zanedbatelné.

Na základě statistického porovnání námi zjištěných dat vztahujících se k indikátorovému druhu (cejn velký) s výsledky obdobné předchozí studie realizované v období 2006 – 2010 bylo zjištěno statisticky průkazné zvýšení koncentrací rtuti v lokalitách ÚN Lipno, ÚN Těrlicko a ÚN Skalka, nicméně tento fakt mohl být ovlivněn také statisticky významným rozdílem velikostí analyzovaných jedinců ve sledovaných obdobích, kdy v roce 2020 byly analyzováni větší (starší) jedinci. V lokalitě ÚN Žermanice a ÚN Kořensko bylo pozorováno statisticky průkazné snížení koncentrací rtuti ve svalovině indikátorového druhu oproti předchozímu stavu. V případě těchto nádrží se průměrná hmotnost jedinců analyzovaných v předchozí studii a v současnosti významně nelišila.

Oproti předchozímu sledování v letech 2006 – 2010 došlo k mírnému nárůstu koncentrací PCB a DDT v rybách ve většině lokalit. V případě PCB byl pozorován výrazný nárůst koncentrací v lokalitách Skalka a Nechranice. Tyto nádrže leží na stejném toku (Ohře), který mohl být potenciálně ovlivněn zatím neznámým zdrojem kontaminace PCB. Nicméně aktuálně zjištěné koncentrace PCB a DDT v mase ryb odlovených ve sledovaných nádržích se však stále nacházejí hluboko pod hygienickými a toxikologickými limity.

Výsledky práce mohou být v praxi využity pro informování široké rybářské veřejnosti o kvalitě ryb v nejčastěji navštěvovaných rybářských revírech a o případných rizicích jejich konzumace. Výsledky získané na údolní nádrži Skalka mohou být použity pro úpravu podmínek konzumace ryb z této nádrže, ve smyslu rozšíření současného zákazu konzumace dravých ryb i na další druhy, případně velikostní omezení konzumovatelných úlovků.

## 7. Seznam použité literatury

- Alharbi, O.M.L., Basheer, A.A., Khattab, R.A., Ali, I., 2018. Health and environmental effects of persistent organic pollutants. *J. Mol. Liq.* 263, 442–453.
- Alonso-Hernandez, C.M., Mesa-Albernas M., Tolosa, I., 2014. Organochlorine pesticides (OCPs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in sediments from the Gulf of Batabanó, Cuba. *Chemosphere* 94, 36–41.
- Andreji, J., Stránai, I., Massányi, P., Valent, M., 2007. Accumulation of Some Metals in Muscles of Five Fish Species from Lower Nitra River. *J. Environ. Sci. Heal. A* 41(11), 2607–2622.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 2000. Toxicological profile for polychlorinated biphenyls (PCBs), United States of America Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, In: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp35.pdf>. Navštíveno 12. srpna 2020.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 2002c. Toxicological profile for hexachlorobenzene, United States of America Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, In: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp90.pdf>. Navštíveno 19. srpna 2020.
- Beard, J., 2006. DDT and human health. *Sci. Total. Environ.* 355(1–3), 78–89.
- Beyer, W.N., 1996. Accumulation of Chlorinated Benzenes in Earthworms. *B. Environ. Contam. Tox.* 57(5), 729–736.
- Blaylock, B. L., 2005. Lindane. In: Wexler Philip, et al. (eds.). *Encyclopedia of toxicology*. Academic Press, pp. 725–727.
- Cervený, D., Turek J., Grabic R., Golovko, O., Koba, O., Fedorova, G., Grabicova, K., Zlabek, V., Randak, T., 2016. Young-of-the-year fish as a prospective bioindicator for aquatic environmental contamination monitoring. *Water Res.* 103, 334–342.
- Cervený, D., Zlabek, V., Velisek, J., Turek, J., Grabic, R., Grabicova, K., Fedorova, G., Rosmus, J., Lepic, P., Randak, T., 2014. Contamination of fish in important fishing grounds of the Czech Republic. *Ecotox. Environ. Safe.* 109, 101–109.
- Clarkson, T.W., Vyas, J.B., Ballatori, N., 2007. Mechanisms of mercury disposition in the body. *Am. J. Ind. Med.* 50(10), 757–764.
- Curtean-Bănăduc, A., Burcea, A., Mihut, C.M., Berg, V., Lyche, J.L., Bănăduc, D., 2020. Bioaccumulation of persistent organic pollutants in the gonads of *Barbus barbus* (Linnaeus, 1758). *Ecotox. Environ. Safe.* 201.
- Červený, D. Hodnocení kontaminace ryb ve významných rybářských revírech. České Budějovice, 2012. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický. 60 s.

- Červený, D. Hodnocení kontaminace ryb ve významných rybářských revírech. České Budějovice, 2010. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický. 66 s.
- Čupr, P., Prokeš, R., Příbylová, P., Audy, O., Kuta, J., Nečasová, A., Kohoutek, J., Klánová, J., Holoubek, I., 2015. Dlouhodobý monitoring environmentálních polutantů ve volném ovzduší na území Jihomoravského kraje. Masarykova univerzita, RECETOX. RECETOXTOCOEN REPORT No. 559.
- de Conto Cinier, Ch., Petit-Ramel, M., Faure, R., Garin, D., Bouvet, Y., 1999. Kinetics of cadmium accumulation and elimination in carp *Cyprinus carpio* tissues. *Comp. Biochem. Phys. C* 122(3), 345–352.
- Faller, J., Hühnerfuss, H., König, W.A., Ludwig, P., 1991. Gas chromatographic separation of the enantiomers of marine organic pollutants. *Mar. Pollut. Bull.* 22(2), 82–86.
- Hašková, L., 1961. Vltavská kaskáda. Státní nakladatelství politické literatury, Praha.
- Havelková, M., Svobodová, Z., Kolářová, J., Krajt, J., Némethová, D., Jarkovský, J., Pospíšil, R., 2008. Organic Pollutant Contamination of the River Tichá Orlice as Assessed by Biochemical Markers. *Acta Vet. Brno* 77(1), 133–141.
- Hoffman, D.J., 2003. Handbook of ecotoxicology. 2nd ed. Lewis Publishers, Boca Raton, pp. 1290.
- Holoubek, I., Kočan, A., Holoubkova, I., Kohoutek, J., 2001 Perzistentní organické polutanty. Brno. In: <http://recetox.muni.cz/res/file/reporty/tocoen-report-194-id530.pdf>. Navštíveno 13. listopadu 2020.
- Järup, L., 2003. Hazards of heavy metal contamination. *Brit. Med. Bull.* 68(1), 167–182.
- Kafka, Z., Punčochářová, J., 2002. Těžké kovy v přírodě a jejich toxicita. *Chemické listy. VŠCHT, Praha*, č. 96, s. 611–617.
- Kasuya, M., Teranishi, H., Aoshima, K., Katoh, T., Horiguchi, H., Morikawa, Y., Nishijo, M., Iwata, K., 1992. Water Pollution by Cadmium and the Onset of Itai-itai Disease. *Water Sci. Technol.* 25(11), 149–156.
- Kenšová, R., Čelechovská, O., Doubravová, J., Svobodová, Z., 2010. Concentrations of Metals in Tissues of Fish from the Věstonice Reservoir. *Acta Vet. Brno* 79(2), 335–345.
- Kenšová, R., Kružiková, K., Havránek, J., Haruštiaková, D., Svobodová, Z., 2012. Distribution of Mercury in Rainbow Trout Tissues at Embryo-Larval and Juvenile Stages. *Sci. World J.* 2012, 1–6.
- Klinck, J.S., Wood, C.M., 2011. In vitro characterization of cadmium transport along the gastrointestinal tract of freshwater rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquat. Toxicol.* 102(1–2), 58–72.

- Li, L., Zhang, Y., Wang, J., Lu, S., Cao, Y., Tang, C., Yan, Z., Zheng, L., 2020. History traces of HCHs and DDTs by groundwater dating and their behaviours and ecological risk in northeast China. *Chemosphere* 257.
- Lin, S., Wang, X., Yu, I.T., Tang, W., Miao, J., Li, J., Wu, S., Lin, X., 2011. Environmental lead pollution and elevated blood lead levels among children in a rural area of China. *Am. J. Public Health*. 101(5), 834–841.
- Łuczyńska, J., Brucka-Jastrzębska, E., 2006. Determination of heavy metals in the muscles of some fish species from lakes of the north-eastern Poland. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 56(15), 141–146.
- Macek, K.J., Korn, S., 1970. Significance of the Food Chain in DDT Accumulation by Fish. *J. Fish. Res. Board Can.* 27(8), 1496–1498.
- Macova S., Harustiaková D., Kolarová J., Machová J., Zlabek V., Vykusová B., Randák T., Velisek J., Poleszczuk G., Hajslova J., Pulkrabová J., Svobodová Z., 2009. Leeches as Sensor-bioindicators of River Contamination by PCBs. *Sensors-Basel*. 9(3), 1807–1820.
- Maršálek, P., Svobodová, Z., Randák, T., Švehla, J., 2005. Total Mercury and Methylmercury Contamination of Fish from the Skalka Reservoir: A Case Study. *Acta. Vet. Brno* 74(3), 427–434.
- Mattheis, T., Sommer M.Ch., Grahl, K., 1984. Datensammlung der Grenzkonzentrationen von Schadstoffen für die Fischproduktion. III. Polychlorierte Biphenyle. Institut für Binnenfischerei, Berlin, pp. 58.
- Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006 ze dne 19. prosince 2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách. *Úřední věstník Evropské unie*. 2006 Dec 20;49(L 364):5–24.
- Oliva, M., Garrido, C., Sales, D., Gonzáles de Canales, M.L., 2008. Lindane toxicity on early life stages of gilthead seabream (*Sparus aurata*) with a note on its histopathological manifestations. *Environ. Toxicol. Phar.* 25(1), 94–102.
- Perugini, M., Cavaliere, M., A. Giammarino, A., Mazzone, P., Olivieri, V., Amorena, M., 2004. Levels of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in some edible marine organisms from the Central Adriatic Sea. *Chemosphere* 57(5), 391–400.
- Pitter, P., 1999. *Hydrochemie*. 3. přepracované vydání. VŠCHT, Praha, s. 568.
- Randák, T., 2015. Znečištění vod a jeho vliv na ryby. In: Randák, T., (Eds.), *Rybářství ve volných vodách*. 2. upravené vydání. FROV JU, Vodňany, s. 371–389.
- Riaz, R., de Wit, C.A., Malik, R.N., 2021. Persistent organic pollutants (POPs) in fish species from different lakes of the lesser Himalayan region (LHR), Pakistan: The influence of proximal sources in distribution of POPs. *Sci. Total Environ.* 760.

- Ruus, A., Green, N. W., Maage, A., Skei, J., 2006. PCB-containing paint and plaster caused extreme PCB-concentrations in biota from the Sør fjord (Western Norway)—A case study. *Mar. Pollut. Bull.* 52(1), 100–103.
- Ruus, A., Green, N.W., 2002. Measure oriented environmental monitoring of the Sør fjord and Hardanger fjord 2002. Report component 2, Contaminants in organisms. Norwegian State Pollution Monitoring Programme Report no. 865/02. TA-No. 1922/2002 (in Norwegian).
- Salánki, J., 1985. Heavy metals in water organisms. Hungarian Foreign Trading Co., Budapest.
- Schreckenbach K., 1982. Die Bedeutung von Umweltfaktoren bei der Fischproduktion in Binnengewässer. *Mh. Vet. Med.*, 37, 220–230.
- Starek-Świechowicz, B., Budziszewska, B., Starek, A., 2017. Hexachlorobenzene as a persistent organic pollutant: Toxicity and molecular mechanism of action. *Pharmacol. Rep.* 69(6), 1232–1239.
- Stockholmská úmluva (Stockholm Convention), 2012. In: <http://chm.pops.int/Default.aspx>. Navštíveno 11. července 2020.
- Svobodová, Z., Gelnarová, J., Justýn, J., Krupauer, V., Máchová, J., Simanov, L., Valentová, V., Vykusová, B., Wohlgemuth, E., 1987. *Toxikologie vodních živočichů*. SZN, Praha, 232 s.
- Thomas, M., Lazartigues, A., Banas, D., Brun-Bellut, J., Feidt, C., 2012. Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in sediments and fish from freshwater cultured fish ponds in different agricultural contexts in north-eastern France. *Ecotox. Environ. Safe.* 77, 35–44.
- Tümping, W.V., 1986. Salánki, J., (ed.): Heavy metals in water organisms. = With 440 pp., figs.= *Symposia Biologica Hungarica*, Vol. 29. Budapest. *Int. Rev. Hydrobiol.* 71(6), 850–850.
- Turek, J., Randák, T., 2013. Posouzení vlivu Spolany Neratovice na zatížení ryb žijících v řece Labi a v přilehlé pískovně Mlékojedy rtuť. Závěrečná zpráva, FROV JU, Vodňany. (Poskytnuto vedoucím práce).
- Turek, J., Randák, T., 2018. Obsah rtuť v rybách odlovených v řece Labi a v pískovně Mlékojedy. Závěrečná zpráva, FROV JU, Vodňany. (Poskytnuto vedoucím práce).
- Turusov, V., Rakitsky, V., Tomatis, L., 2002. Dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT): ubiquity, persistence, and risks. *Environ. Health Persp.* 110(2), 125–128.
- Velíšek, J., Svobodová, Z., Blahová, J., Máchová, J., Stará, A., Dobšíková, R., Šíroková, Z., Modrá, H., Valentová, O., Randák, T., Štěpánová, S., Kocour Kroupová, H., Maršálek, P., Grabic, R., Zusková, E., Bartošková, M., Stancová, V., 2014. *Vodní toxikologie pro rybáře*. FROV JU, Vodňany, 600 s.
- Vučka, V., a kol., 1984. *Havarijní stavy v čistotě vod*. SZN, Praha. 207 s.
- Watras, C.J., Bloom, N.S., 1992. Mercury and methylmercury, in individual zooplankton: Implications for bioaccumulation. *Limnol. Oceanogr.* 37(6), 1313–1318.

- WHO, 1979. DDT and its derivatives. World Health Organization (Environmental Health Criteria, No. 9). Geneva.
- Willett, K.L., Ulrich, E.M., Hites, R.A., 1998. Differential Toxicity and Environmental Fates of Hexachlorocyclohexane Isomers. *Environ. Sci. Technol.* 32(15), 2197–2207.
- Žlábek, V., Červený, D., Grabic, R., Turek, J., Randák, T., 2014. Metodika hodnocení hygienické kvality masa ryb z hlediska obsahu cizorodých látek. *FROV JU, Vodňany*, č. 157, s. 25.
- Žlábek, V., Svobodová, Z., Randák, T., Valentová, O., 2005. Mercury content in the muscle of fish from the Elbe River and its tributaries. *Czech J. Anim. Sci.* 50(11), 528–534.

## 8. Seznam příloh

Příloha č. 1: Detailní informace o rybách odlovených v ÚN Lipno v roce 2019 a výsledcích analýz jejich svaloviny

Příloha č. 2: Detailní informace o rybách odlovených v ÚN Hněvkovice v roce 2019 a výsledcích analýz jejich svaloviny

Příloha č. 3: Detailní informace o rybách odlovených v ÚN Kořensko v roce 2019 a výsledcích analýz jejich svaloviny

Příloha č. 4: Detailní informace o rybách odlovených v ÚN Orlík v roce 2019 a výsledcích analýz jejich svaloviny

Příloha č. 5: Detailní informace o rybách odlovených v ÚN Slapy v roce 2019 a výsledcích analýz jejich svaloviny

Příloha č. 6: Detailní informace o rybách odlovených v ÚN Skalka v roce 2020 a výsledcích analýz jejich svaloviny

Příloha č. 7: Detailní informace o rybách odlovených v ÚN Nechanice v roce 2020 a výsledcích analýz jejich svaloviny

Příloha č. 8: Detailní informace o rybách odlovených v ÚN Rozkoš v roce 2020 a výsledcích analýz jejich svaloviny

Příloha č. 9: Detailní informace o rybách odlovených v ÚN Těrlicko v roce 2020 a výsledcích analýz jejich svaloviny

Příloha č. 10: Detailní informace o rybách odlovených v ÚN Žermanice v roce 2020 a výsledcích analýz jejich svaloviny

Příloha č. 11: Detailní informace o rybách odlovených v ÚN Hněvkovice v roce 2020 (opakovaný odlov kaprů) a výsledcích analýz jejich svaloviny

## 9. Přílohy

Příloha č. 1: Detailní informace o rybách odlovených v ÚN Lipno v roce 2019 a výsledcích analýz jejich svaloviny

| Datum odlovu | Druh ryby      | Pohlaví | Věk (roky) | Hmotnost (g) | CD (mm) | DT (mm) | Hg                              | Pb    | Cd     | MeHg*  | PCB 28                         | PCB 52 | PCB 101 | PCB 138 | PCB 153 | PCB 180 | Σ PCB |
|--------------|----------------|---------|------------|--------------|---------|---------|---------------------------------|-------|--------|--------|--------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|-------|
|              |                |         |            |              |         |         | (mg.kg <sup>-1</sup> svaloviny) |       |        |        | (ng.g <sup>-1</sup> svaloviny) |        |         |         |         |         |       |
| 27. 08. 19   | cejn velký     | F       | 7          | 475          | 375     | 290     | 0,338                           | 0,040 | 0,002  | 0,287  | <0,100                         | <0,100 | 0,182   | 0,565   | 0,667   | 0,330   | 1,944 |
| 27.08.19     | cejn velký     | F       | 7          | 485          | 390     | 305     | 0,388                           | 0,040 | 0,004  | 0,330  |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.08.19     | cejn velký     | F       | 7          | 590          | 395     | 315     | 0,428                           | 0,020 | <0,002 | 0,364  |                                |        |         |         |         |         |       |
| 28.08.19     | cejn velký     | M       | 6          | 395          | 340     | 270     | 0,213                           | 0,030 | <0,002 | 0,181  |                                |        |         |         |         |         |       |
| 28.08.19     | cejn velký     | M       | 6          | 485          | 355     | 285     | 0,222                           | 0,020 | 0,002  | 0,189  |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.08.19     | kapr obecný    | M       | 3          | 1735         | 480     | 390     | 0,024                           | 0,03  | 0,003  | 0,0204 | <0,100                         | 0,105  | 0,460   | 1,365   | 1,711   | 1,095   | 4,836 |
| 27.08.19     | kapr obecný    | M       | 3          | 1810         | 490     | 410     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |       |
| 28.08.19     | kapr obecný    | M       | 4          | 2360         | 560     | 470     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |       |
| 28.08.19     | kapr obecný    | F       | 3          | 2050         | 505     | 425     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.08.19     | plotice obecná | F       | 6          | 355          | 300     | 245     | 0,281                           | <0,02 | <0,002 | 0,2389 | <0,100                         | 0,160  | 0,115   | 0,272   | 0,397   | 0,197   | 1,241 |
| 27.08.19     | plotice obecná | F       | 5          | 275          | 285     | 235     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.08.19     | plotice obecná | F       | 6          | 300          | 295     | 240     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.08.19     | plotice obecná | F       | 5          | 285          | 290     | 240     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.08.19     | plotice obecná | F       | 6          | 310          | 295     | 245     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.08.19     | candát obecný  | M       | 3          | 965          | 475     | 420     | <b>0,645</b>                    | <0,02 | <0,002 | 0,5483 | <0,100                         | 0,177  | <0,100  | 0,334   | 0,486   | 0,234   | 1,431 |
| 27.08.19     | candát obecný  | F       | 4          | 1165         | 515     | 455     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.08.19     | candát obecný  | F       | 4          | 1225         | 550     | 485     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.08.19     | candát obecný  | F       | 4          | 1370         | 550     | 485     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.08.19     | candát obecný  | M       | 5          | 1650         | 595     | 525     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.08.19     | okoun říční    | F       | 5          | 250          | 250     | 220     | 0,352                           | 0,02  | 0,003  | 0,2992 | <0,100                         | <0,100 | <0,100  | 0,261   | 0,364   | 0,190   | 1,115 |
| 27.08.19     | okoun říční    | F       | 5          | 260          | 265     | 235     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |       |
| 28.08.19     | okoun říční    | F       | 6          | 505          | 330     | 290     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |       |
| 28.08.19     | okoun říční    | F       | 5          | 350          | 300     | 270     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |       |
| 28.08.19     | okoun říční    | F       | 5          | 415          | 320     | 280     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.08.19     | štika obecná   | F       | 7          | 4690         | 920     | 790     | 0,48                            | <0,02 | <0,002 | 0,408  | <0,100                         | <0,100 | <0,100  | 0,305   | 0,537   | 0,210   | 1,352 |
| 28.08.19     | štika obecná   | M       | 6          | 3920         | 800     | 740     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |       |
| 28.08.19     | štika obecná   | M       | 4          | 1200         | 600     | 520     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |       |
| 01.11.19     | štika obecná   | F       | 4          | 1320         | 600     | 525     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |       |
| 01.11.19     | štika obecná   | F       | 4          | 1425         | 630     | 540     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |       |

\* vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti (MeHg = 0,85 \* Hg), zvýrazněné hodnoty přesahují platný hygienický limit



Příloha č. 2: Detailní informace o rybách odlovených v ÚN Hněvkovice v roce 2019 a výsledcích analýz jejich svaloviny

| Datum odlovu | Druh ryby      | Pohlaví | Věk (roky) | Hmotnost (g) | CD (mm) | DT (mm) | Hg                              | Pb          | Cd     | MeHg*  | PCB 28 | PCB 52 | PCB 101 | PCB 138 | PCB 153 | PCB 180 | Σ PCB  |
|--------------|----------------|---------|------------|--------------|---------|---------|---------------------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|
|              |                |         |            |              |         |         | (mg.kg <sup>-1</sup> svaloviny) |             |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | cejn velký     | F       | 6          | 525          | 345     | 280     | 0,231                           | <0,02       | <0,002 | 0,196  | <0,100 | 0,303  | 0,440   | 1,345   | 1,618   | 0,858   | 4,664  |
| 12.09.19     | cejn velký     | M       | 6          | 540          | 360     | 285     | 0,183                           | <0,02       | <0,002 | 0,156  |        |        |         |         |         |         |        |
| 12.09.19     | cejn velký     | M       | 6          | 555          | 350     | 285     | 0,165                           | <0,02       | <0,002 | 0,140  |        |        |         |         |         |         |        |
| 12.09.19     | cejn velký     | F       | 6          | 545          | 350     | 290     | 0,167                           | <0,02       | <0,002 | 0,142  |        |        |         |         |         |         |        |
| 12.09.19     | cejn velký     | M       | 9          | 710          | 465     | 375     | <b>0,609</b>                    | 0,02        | <0,002 | 0,518  |        |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | kapr obecný    | M       | 4          | 2110         | 510     | 430     | 0,069                           | <b>0,63</b> | 0,031  | 0,059  | <0,100 | 0,205  | 0,184   | 0,648   | 0,811   | 0,423   | 2,371  |
| 11.09.19     | kapr obecný    | M       | 3          | 1170         | 440     | 360     |                                 |             |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 08.10.19     | kapr obecný    | F       | 4          | 1760         | 450     | 365     |                                 |             |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 08.10.19     | kapr obecný    | M       | 4          | 2410         | 520     | 435     |                                 |             |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 08.10.19     | kapr obecný    | F       | 4          | 1925         | 490     | 405     |                                 |             |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 12.09.19     | plotice obecná | F       | 6          | 505          | 345     | 280     | 0,328                           | <0,02       | <0,002 | 0,279  | <0,100 | 0,149  | 0,301   | 1,002   | 1,343   | 0,658   | 3,553  |
| 12.09.19     | plotice obecná | F       | 5          | 340          | 285     | 235     |                                 |             |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 12.09.19     | plotice obecná | F       | 5          | 395          | 295     | 255     |                                 |             |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 12.09.19     | plotice obecná | M       | 6          | 300          | 310     | 245     |                                 |             |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 12.09.19     | plotice obecná | M       | 6          | 325          | 305     | 250     |                                 |             |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | štika obecná   | F       | 3          | 810          | 515     | 445     | 0,260                           | <0,02       | <0,002 | 0,221  | <0,100 | 0,397  | 0,496   | 1,747   | 2,634   | 1,295   | 6,669  |
| 31.10.19     | štika obecná   | M       | 4          | 1010         | 545     | 485     |                                 |             |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 31.10.19     | štika obecná   | M       | 4          | 1130         | 575     | 510     |                                 |             |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | okoun říční    | F       | 5          | 255          | 265     | 230     | 0,332                           | 0,03        | 0,002  | 0,282  | <0,100 | 0,333  | 0,269   | 1,207   | 1,672   | 0,898   | 4,479  |
| 11.09.19     | okoun říční    | F       | 5          | 230          | 260     | 230     |                                 |             |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | okoun říční    | F       | 5          | 165          | 230     | 195     |                                 |             |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | okoun říční    | M       | 4          | 160          | 240     | 205     |                                 |             |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | okoun říční    | F       | 4          | 110          | 205     | 180     |                                 |             |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 08.10.19     | okoun říční    | M       | 5          | 200          | 250     | 215     |                                 |             |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 08.10.19     | okoun říční    | F       | 5          | 285          | 270     | 230     |                                 |             |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | bolen dravý    | M       | 5          | 1280         | 550     | 450     |                                 |             |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | bolen dravý    | M       | 5          | 1130         | 530     | 435     | <b>0,651</b>                    | <0,02       | <0,002 | 0,553  | <0,100 | 0,130  | 0,519   | 2,315   | 3,215   | 1,888   | 8,167  |
| 11.09.19     | bolen dravý    | F       | 6          | 1865         | 580     | 480     |                                 |             |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | bolen dravý    | M       | 6          | 1515         | 570     | 470     |                                 |             |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | bolen dravý    | F       | 4          | 1010         | 495     | 405     |                                 |             |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | amur bílý      | F       | 7          | 7200         | 830     | 725     | 0,031                           | <0,02       | <0,002 | 0,0264 | <0,100 | 0,426  | 1,131   | 3,416   | 4,332   | 2,556   | 11,961 |

\* vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti (MeHg = 0,85 \* Hg), zvýrazněné hodnoty přesahují platný hygienický limit

Příloha č. 3: Detailní informace o rybách odlovených v ÚN Kořensko v roce 2019 a výsledcích analýz jejich svaloviny

| Datum odlovu | Druh ryby      | Pohlaví | Věk (roky) | Hmotnost (g) | CD (mm) | DT (mm) | Hg                              | Pb    | Cd     | MeHg* | PCB 28                         | PCB 52 | PCB 101 | PCB 138 | PCB 153 | PCB 180 | Σ PCB  |
|--------------|----------------|---------|------------|--------------|---------|---------|---------------------------------|-------|--------|-------|--------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|
|              |                |         |            |              |         |         | (mg.kg <sup>-1</sup> svaloviny) |       |        |       | (ng.g <sup>-1</sup> svaloviny) |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | cejn velký     | F       | 5          | 380          | 330     | 260     | 0,227                           | 0,06  | <0,002 | 0,193 | <0,100                         | 0,471  | 0,553   | 1,947   | 2,307   | 1,463   | 6,841  |
| 11.09.19     | cejn velký     | M       | 6          | 575          | 375     | 300     | 0,236                           | <0,02 | 0,002  | 0,201 |                                |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | cejn velký     | F       | 7          | 680          | 405     | 310     | 0,285                           | 0,02  | <0,002 | 0,242 |                                |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | cejn velký     | M       | 6          | 535          | 365     | 295     | 0,191                           | <0,02 | <0,002 | 0,162 |                                |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | cejn velký     | M       | 6          | 545          | 370     | 290     | 0,325                           | 0,03  | <0,002 | 0,276 |                                |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | okoun říční    | F       | 5          | 260          | 270     | 230     | 0,326                           | <0,02 | <0,002 | 0,277 | <0,100                         | 0,11   | 0,248   | 0,877   | 1,234   | 0,586   | 3,155  |
| 11.09.19     | okoun říční    | F       | 5          | 245          | 255     | 225     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | okoun říční    | F       | 5          | 200          | 245     | 210     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | okoun říční    | F       | 5          | 210          | 250     | 220     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | okoun říční    | F       | 4          | 155          | 225     | 195     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | kapr obecný    | F       | 4          | 1410         | 450     | 385     | 0,035                           | <0,02 | <0,002 | 0,030 | <0,100                         | 0,434  | 0,418   | 1,232   | 1,483   | 0,858   | 4,525  |
| 11.09.19     | kapr obecný    | M       | 5          | 2380         | 550     | 450     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | kapr obecný    | M       | 3          | 1080         | 420     | 340     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | kapr obecný    | M       | 4          | 1315         | 440     | 365     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | plotice obecná | M       | 5          | 235          | 265     | 220     | 0,219                           | <0,02 | <0,002 | 0,186 | <0,100                         | 0,255  | 0,456   | 1,594   | 2,198   | 1,399   | 6,002  |
| 11.09.19     | plotice obecná | F       | 5          | 275          | 275     | 225     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | plotice obecná | F       | 6          | 390          | 310     | 250     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | plotice obecná | F       | 5          | 260          | 285     | 230     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | plotice obecná | F       | 5          | 285          | 275     | 225     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | bolen dravý    | M       | 5          | 1065         | 520     | 425     | <b>0,903</b>                    | <0,02 | <0,002 | 0,768 | <0,100                         | 0,328  | 1,241   | 4,630   | 5,981   | 3,342   | 15,622 |
| 11.09.19     | bolen dravý    | M       | 4          | 975          | 490     | 405     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | bolen dravý    | F       | 6          | 1450         | 560     | 450     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | bolen dravý    | F       | 9          | 4760         | 750     | 635     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | bolen dravý    | F       | 5          | 1200         | 550     | 445     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | štika obecná   | M       | 5          | 2410         | 680     | 600     | 0,306                           | <0,02 | <0,002 | 0,260 | <0,100                         | 0,186  | 0,409   | 1,344   | 1,998   | 0,990   | 5,027  |
| 11.09.19     | štika obecná   | F       | 4          | 1445         | 610     | 540     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | štika obecná   | M       | 4          | 1130         | 550     | 480     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | štika obecná   | F       | 4          | 955          | 540     | 480     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 11.09.19     | štika obecná   | M       | 4          | 910          | 545     | 480     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |

\* vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti (MeHg = 0,85 \* Hg)

Příloha č. 4: Detailní informace o rybách odlovených v ÚN Orlík v roce 2019 a výsledcích analýz jejich svaloviny

| Datum odlovu | Druh ryby      | Pohlaví | Věk (roky) | Hmotnost (g) | CD (mm) | DT (mm) | Hg                              | Pb    | Cd     | MeHg* | PCB 28                         | PCB 52 | PCB 101 | PCB 138 | PCB 153 | PCB 180 | Σ PCB  |
|--------------|----------------|---------|------------|--------------|---------|---------|---------------------------------|-------|--------|-------|--------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|
|              |                |         |            |              |         |         | (mg.kg <sup>-1</sup> svaloviny) |       |        |       | (ng.g <sup>-1</sup> svaloviny) |        |         |         |         |         |        |
| 04.09.19     | cejn velký     | M       | 6          | 765          | 395     | 310     | 0,221                           | <0,02 | <0,002 | 0,188 | <0,100                         | 0,494  | 1,141   | 3,136   | 4,050   | 2,112   | 11,033 |
| 04.09.19     | cejn velký     | M       | 8          | 1040         | 465     | 370     | 0,448                           | <0,02 | <0,002 | 0,381 |                                |        |         |         |         |         |        |
| 04.09.19     | cejn velký     | F       | 7          | 940          | 410     | 330     | 0,190                           | <0,02 | <0,002 | 0,162 |                                |        |         |         |         |         |        |
| 04.09.19     | cejn velký     | F       | 7          | 970          | 420     | 340     | 0,353                           | <0,02 | <0,002 | 0,300 |                                |        |         |         |         |         |        |
| 04.09.19     | cejn velký     | M       | 6          | 790          | 375     | 300     | 0,140                           | <0,02 | <0,002 | 0,119 |                                |        |         |         |         |         |        |
| 25.09.19     | okoun říční    | F       | 6          | 515          | 335     | 290     | 0,645                           | <0,02 | <0,002 | 0,548 | <0,100                         | 0,234  | 0,597   | 1,829   | 2,411   | 1,274   | 6,445  |
| 25.09.19     | okoun říční    | F       | 5          | 380          | 285     | 255     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 25.09.19     | okoun říční    | F       | 5          | 360          | 275     | 240     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 25.09.19     | okoun říční    | F       | 6          | 615          | 340     | 300     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 25.09.19     | okoun říční    | F       | 5          | 250          | 255     | 220     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 25.09.19     | sumec velký    | F       | 4          | 2325         | 750     | 680     | 0,333                           | <0,02 | <0,002 | 0,283 | <0,100                         | 0,440  | 0,491   | 1,992   | 3,013   | 1,669   | 7,705  |
| 25.09.19     | sumec velký    | F       | 4          | 2950         | 810     | 735     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 27.10.19     | sumec velký    | M       | 5          | 4560         | 860     | 790     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 27.10.19     | sumec velký    | M       | 5          | 3175         | 830     | 750     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 13.09.19     | candát obecný  | F       | 4          | 1380         | 550     | 480     | 0,389                           | <0,02 | <0,002 | 0,331 | <0,100                         | 0,360  | 0,300   | 1,061   | 1,523   | 0,836   | 4,180  |
| 25.09.19     | candát obecný  | F       | 4          | 1265         | 560     | 485     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 05.11.19     | candát obecný  | M       | 5          | 1850         | 610     | 535     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 05.11.19     | candát obecný  | F       | 4          | 1010         | 495     | 42      |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 21.10.19     | candát obecný  | M       | 4          | 890          | 500     | 430     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 21.10.19     | candát obecný  | M       | 4          | 1100         | 520     | 445     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 04.09.19     | kapr obecný    | M       | 3          | 1700         | 440     | 365     | 0,025                           | <0,02 | <0,002 | 0,021 | <0,100                         | 0,422  | 0,510   | 1,417   | 1,855   | 0,838   | 5,142  |
| 04.09.19     | kapr obecný    | M       | 3          | 1450         | 450     | 370     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 04.09.19     | kapr obecný    | F       | 4          | 2215         | 500     | 395     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 04.09.19     | kapr obecný    | M       | 3          | 1920         | 465     | 385     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 04.09.19     | plotice obecná | F       | 6          | 575          | 345     | 285     | 0,224                           | <0,02 | <0,002 | 0,190 | <0,100                         | 0,280  | 0,482   | 1,383   | 1,884   | 0,986   | 5,115  |
| 04.09.19     | plotice obecná | F       | 7          | 610          | 360     | 290     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 04.09.19     | plotice obecná | F       | 7          | 595          | 360     | 295     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 04.09.19     | plotice obecná | F       | 6          | 660          | 335     | 280     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 04.09.19     | plotice obecná | M       | 6          | 545          | 325     | 275     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |

\* vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti (MeHg = 0,85 \* Hg)

Příloha č. 5: Detailní informace o rybách odlovených v ÚN Slapy v roce 2019 a výsledcích analýz jejich svaloviny

| Datum odlovu | Druh ryby      | Pohlaví | Věk (roky) | Hmotnost (g) | CD (mm) | DT (mm) | Hg                              | Pb    | Cd     | MeHg*  | PCB 28                         | PCB 52 | PCB 101 | PCB 138 | PCB 153 | PCB 180 | Σ PCB  |
|--------------|----------------|---------|------------|--------------|---------|---------|---------------------------------|-------|--------|--------|--------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|
|              |                |         |            |              |         |         | (mg.kg <sup>-1</sup> svaloviny) |       |        |        | (ng.g <sup>-1</sup> svaloviny) |        |         |         |         |         |        |
| 17.08.19     | cejn velký     | F       | 8          | 1380         | 500     | 400     | 0,204                           | 0,02  | <0,002 | 0,173  | <0,100                         | 0,275  | 1,642   | 5,475   | 6,782   | 3,976   | 18,250 |
| 17.08.19     | cejn velký     | M       | 6          | 690          | 410     | 330     | 0,093                           | <0,02 | <0,002 | 0,079  |                                |        |         |         |         |         |        |
| 17.08.19     | cejn velký     | M       | 4          | 225          | 270     | 220     | 0,049                           | <0,02 | <0,002 | 0,042  |                                |        |         |         |         |         |        |
| 08.09.19     | cejn velký     | F       | 6          | 795          | 405     | 325     | 0,091                           | 0,02  | <0,002 | 0,077  |                                |        |         |         |         |         |        |
| 08.09.19     | cejn velký     | M       | 7          | 1090         | 445     | 395     | 0,162                           | 0,03  | 0,004  | 0,138  |                                |        |         |         |         |         |        |
| 04.11.19     | okoun říční    | M       | 6          | 400          | 320     | 280     | 0,138                           | 0,02  | <0,002 | 0,117  | <0,100                         | 0,302  | 0,377   | 1,479   | 1,821   | 0,863   | 4,942  |
| 04.11.19     | okoun říční    | F       | 6          | 430          | 320     | 285     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 04.11.19     | okoun říční    | M       | 7          | 520          | 340     | 300     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 04.11.19     | okoun říční    | M       | 6          | 410          | 320     | 280     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 04.11.19     | okoun říční    | M       | 6          | 420          | 315     | 275     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 06.07.19     | sumec velký    | F       | 4          | 2700         | 780     | 720     | 0,280                           | 0,03  | <0,002 | 0,238  | <0,100                         | 0,372  | 2,075   | 9,535   | 12,996  | 6,804   | 31,882 |
| 18.07.19     | sumec velký    | M       | 6          | 5340         | 930     | 860     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 23.08.19     | sumec velký    | F       | 4          | 3460         | 820     | 750     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 02.11.19     | candát obecný  | F       | 4          | 1240         | 540     | 470     | 0,278                           | 0,04  | <0,002 | 0,236  | <0,100                         | 0,237  | 0,318   | 1,297   | 1,744   | 0,860   | 4,556  |
| 04.11.19     | candát obecný  | F       | 6          | 2500         | 680     | 605     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 30.07.19     | candát obecný  | M       | 5          | 1950         | 610     | 540     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 24.07.19     | candát obecný  | M       | 6          | 2650         | 680     | 610     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 09.11.19     | candát obecný  | F       | 5          | 1870         | 595     | 530     | 0,033                           | <0,02 | 0,00   | 0,028  | <0,100                         | 0,184  | 0,628   | 2,194   | 2,670   | 1,790   | 7,566  |
| 17.08.19     | kapr obecný    | M       | 5          | 3050         | 540     | 450     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 17.08.19     | kapr obecný    | M       | 4          | 1530         | 480     | 410     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 18.08.19     | kapr obecný    | F       | 4          | 1500         | 465     | 395     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 18.08.19     | kapr obecný    | M       | 4          | 2150         | 490     | 415     | 0,142                           | <0,02 | <0,002 | 0,1207 | <0,100                         | 0,279  | 0,465   | 1,852   | 2,534   | 1,525   | 6,755  |
| 08.09.19     | plotice obecná | M       | 6          | 380          | 325     | 265     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 08.09.19     | plotice obecná | F       | 4          | 195          | 240     | 195     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 08.09.19     | plotice obecná | F       | 3          | 120          | 220     | 175     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 08.09.19     | plotice obecná | F       | 3          | 130          | 220     | 175     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 08.09.19     | plotice obecná | M       | 6          | 360          | 315     | 260     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |

\* vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti (MeHg = 0,85 \* Hg)

Příloha č. 6: Detailní informace o rybách odlovených v ÚN Skalka v roce 2020 a výsledcích analýz jejich svaloviny

| Datum odlovu | Druh ryby    | Pohlaví | Věk (roky) | Hmotnost (g) | CD (mm) | DT (mm) | Hg                              | Pb    | Cd     | MeHg*  | PCB 28 | PCB 52 | PCB 101 | PCB 138 | PCB 153 | PCB 180 | Σ PCB  |
|--------------|--------------|---------|------------|--------------|---------|---------|---------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|
|              |              |         |            |              |         |         | (mg.kg <sup>-1</sup> svaloviny) |       |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 8.7.2020     | cejn velký   | F       | 8          | 1045         | 475     | 375     | 0,800                           | 0,02  | <0,002 | 0,680  | <0,100 | 2,228  | 4,184   | 11,395  | 12,603  | 6,913   | 37,423 |
| 8.7.2020     | cejn velký   | M       | 8          | 970          | 480     | 385     | 1,099                           | <0,02 | <0,002 | 0,934  |        |        |         |         |         |         |        |
| 8.7.2020     | cejn velký   | M       | 8          | 1080         | 490     | 395     | 0,961                           | <0,02 | <0,002 | 0,817  |        |        |         |         |         |         |        |
| 8.7.2020     | cejn velký   | F       | 7          | 915          | 460     | 360     | 0,650                           | <0,02 | <0,002 | 0,553  |        |        |         |         |         |         |        |
| 8.7.2020     | cejn velký   | M       | 7          | 870          | 440     | 355     | 0,951                           | <0,02 | <0,002 | 0,808  |        |        |         |         |         |         |        |
| 8.7.2020     | okoun říční  | F       | 8          | 700          | 390     | 340     | 1,951                           | <0,02 | <0,002 | 1,6584 | <0,100 | <0,100 | <0,100  | 2,223   | 2,571   | 1,249   | 6,343  |
| 8.7.2020     | okoun říční  | M       | 6          | 390          | 330     | 285     |                                 |       |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 8.7.2020     | okoun říční  | F       | 6          | 320          | 295     | 265     |                                 |       |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 8.7.2020     | okoun říční  | M       | 6          | 315          | 300     | 265     |                                 |       |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 8.7.2020     | okoun říční  | M       | 4          | 120          | 220     | 195     |                                 |       |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 8.7.2020     | bolen dravý  | M       | 6          | 1715         | 590     | 495     | 2,948                           | <0,02 | <0,002 | 2,5058 | <0,100 | 1,744  | 3,050   | 7,747   | 9,154   | 4,662   | 26,457 |
| 8.7.2020     | bolen dravý  | M       | 6          | 1590         | 590     | 490     |                                 |       |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 8.7.2020     | bolen dravý  | F       | 5          | 1055         | 520     | 430     |                                 |       |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 8.7.2020     | bolen dravý  | F       | 6          | 1295         | 570     | 475     |                                 |       |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 8.7.2020     | bolen dravý  | F       | 5          | 1215         | 555     | 465     |                                 |       |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 8.7.2020     | štika obecná | M       | 4          | 1315         | 590     | 535     | 1,543                           | <0,02 | <0,002 | 1,3116 | <0,100 | <0,100 | <0,100  | 0,524   | 1,274   | 0,553   | 2,651  |
| 8.7.2020     | štika obecná | M       | 5          | 1345         | 625     | 555     |                                 |       |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 8.7.2020     | štika obecná | F       | 4          | 1090         | 585     | 520     |                                 |       |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 8.7.2020     | štika obecná | F       | 3          | 1210         | 540     | 490     |                                 |       |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 8.7.2020     | štika obecná | F       | 5          | 1815         | 660     | 580     |                                 |       |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 8.7.2020     | cejnek malý  | M       | 7          | 735          | 390     | 305     | 0,788                           | <0,02 | <0,002 | 0,6698 | <0,100 | <0,100 | <0,100  | 4,586   | 5,259   | 2,530   | 12,675 |
| 8.7.2020     | cejnek malý  | F       | 7          | 850          | 410     | 320     |                                 |       |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 8.7.2020     | cejnek malý  | M       | 7          | 705          | 395     | 315     |                                 |       |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 9.7.2020     | cejnek malý  | F       | 6          | 505          | 330     | 265     |                                 |       |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 9.7.2020     | cejnek malý  | F       | 6          | 480          | 330     | 265     |                                 |       |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 8.7.2020     | kapr obecný  | M       | 4          | 1765         | 455     | 395     | 0,145                           | <0,02 | <0,002 | 0,1233 | <0,100 | <0,100 | <0,100  | 2,133   | 3,074   | 1,749   | 7,256  |
| 8.7.2020     | kapr obecný  | F       | 3          | 1270         | 445     | 375     |                                 |       |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 9.7.2020     | kapr obecný  | M       | 4          | 1700         | 460     | 390     |                                 |       |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 9.7.2020     | kapr obecný  | F       | 4          | 2375         | 470     | 395     |                                 |       |        |        |        |        |         |         |         |         |        |
| 9.7.2020     | kapr obecný  | F       | 3          | 1515         | 430     | 360     |                                 |       |        |        |        |        |         |         |         |         |        |

\* vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti (MeHg = 0,85 \* Hg), zvýrazněné hodnoty přesahují platný hygienický limit

Příloha č. 7: Detailní informace o rybách odlovených v ÚN Nechanice v roce 2020 a výsledcích analýz jejich svaloviny

| Datum odlovu | Druh ryby    | Pohlaví | Věk (roky) | Hmotnost (g) | CD (mm) | DT (mm) | Hg                              | Pb    | Cd     | MeHg*  | PCB 28                         | PCB 52 | PCB 101 | PCB 138 | PCB 153 | PCB 180 | Σ PCB  |
|--------------|--------------|---------|------------|--------------|---------|---------|---------------------------------|-------|--------|--------|--------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|
|              |              |         |            |              |         |         | (mg.kg <sup>-1</sup> svaloviny) |       |        |        | (ng.g <sup>-1</sup> svaloviny) |        |         |         |         |         |        |
| 1.6.2020     | cejn velký   | F       | 6          | 735          | 400     | 315     | 0,146                           | <0,02 | <0,002 | 0,124  | <0,100                         | 0,588  | 1,817   | 3,953   | 5,513   | 2,596   | 14,567 |
| 1.6.2020     | cejn velký   | F       | 7          | 950          | 450     | 360     | 0,133                           | <0,02 | <0,002 | 0,113  |                                |        |         |         |         |         |        |
| 1.6.2020     | cejn velký   | M       | 6          | 660          | 395     | 320     | 0,145                           | <0,02 | <0,002 | 0,123  |                                |        |         |         |         |         |        |
| 1.6.2020     | cejn velký   | M       | 6          | 585          | 390     | 310     | 0,126                           | <0,02 | <0,002 | 0,107  |                                |        |         |         |         |         |        |
| 1.6.2020     | cejn velký   | M       | 6          | 640          | 405     | 315     | 0,120                           | <0,02 | <0,002 | 0,102  |                                |        |         |         |         |         |        |
| 1.6.2020     | cejnek malý  | F       | 6          | 625          | 340     | 270     | 0,163                           | <0,02 | <0,002 | 0,139  | <0,100                         | 1,535  | 3,145   | 10,300  | 13,275  | 7,854   | 36,209 |
| 1.6.2020     | cejnek malý  | F       | 6          | 580          | 350     | 280     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 1.6.2020     | cejnek malý  | M       | 6          | 390          | 310     | 240     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 1.6.2020     | cejnek malý  | M       | 6          | 340          | 290     | 230     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 1.6.2020     | cejnek malý  | F       | 5          | 290          | 280     | 220     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 1.6.2020     | okoun říční  | F       | 5          | 400          | 310     | 270     | 0,096                           | <0,02 | <0,002 | 0,082  | <0,100                         | <0,100 | <0,100  | 0,820   | 0,995   | 0,531   | 2,646  |
| 1.6.2020     | okoun říční  | F       | 4          | 240          | 250     | 220     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 1.6.2020     | okoun říční  | M       | 4          | 210          | 235     | 205     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 1.6.2020     | okoun říční  | F       | 4          | 185          | 240     | 205     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 1.6.2020     | okoun říční  | F       | 4          | 190          | 240     | 210     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 1.6.2020     | bolen dravý  | F       | 5          | 2305         | 600     | 505     | 0,302                           | <0,02 | <0,002 | 0,257  | <0,100                         | 0,368  | 3,543   | 17,281  | 23,320  | 12,251  | 56,863 |
| 1.6.2020     | bolen dravý  | M       | 5          | 2655         | 625     | 525     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 1.6.2020     | bolen dravý  | M       | 5          | 1890         | 575     | 485     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 1.6.2020     | bolen dravý  | M       | 5          | 2360         | 620     | 520     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 1.6.2020     | bolen dravý  | F       | 8          | 4400         | 760     | 650     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 1.6.2020     | kapr obecný  | M       | 4          | 1980         | 520     | 440     | 0,067                           | <0,02 | <0,002 | 0,057  | <0,100                         | 0,332  | 0,349   | 4,114   | 4,751   | 3,414   | 13,060 |
| 1.6.2020     | kapr obecný  | F       | 4          | 1650         | 480     | 400     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 1.6.2020     | kapr obecný  | F       | 5          | 2750         | 580     | 490     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 1.6.2020     | štika obecná | F       | 4          | 1430         | 570     | 515     | 0,088                           | <0,02 | <0,002 | 0,0748 | <0,100                         | 0,112  | 0,153   | 1,671   | 2,037   | 0,815   | 4,888  |
| 1.6.2020     | štika obecná | M       | 3          | 920          | 510     | 450     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |
| 1.6.2020     | štika obecná | F       | 5          | 2740         | 710     | 640     |                                 |       |        |        |                                |        |         |         |         |         |        |

\* vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti (MeHg = 0,85 \* Hg)

Příloha č. 8: Detailní informace o rybách odlovených v ÚN Rozkoš v roce 2020 a výsledcích analýz jejich svaloviny

| Datum odlovu | Druh ryby     | Pohlaví | Věk (roky) | Hmotnost (g) | CD (mm) | DT (mm) | Hg                              | Pb     | Cd     | MeHg* | PCB 28                         | PCB 52 | PCB 101 | PCB 138 | PCB 153 | PCB 180 | Σ PCB |
|--------------|---------------|---------|------------|--------------|---------|---------|---------------------------------|--------|--------|-------|--------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|-------|
|              |               |         |            |              |         |         | (mg.kg <sup>-1</sup> svaloviny) |        |        |       | (ng.g <sup>-1</sup> svaloviny) |        |         |         |         |         |       |
| 27.04.2020   | cejn velký    | F       | 7          | 965          | 450     | 360     | 0,155                           | 0,03   | <0,002 | 0,132 | <0,100                         | <0,100 | 0,169   | 1,511   | 2,123   | 1,046   | 5,049 |
| 27.04.2020   | cejn velký    | F       | 7          | 780          | 420     | 340     | 0,142                           | 0,02   | <0,002 | 0,121 |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.04.2020   | cejn velký    | M       | 8          | 700          | 420     | 340     | 0,180                           | 0,02   | <0,002 | 0,153 |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.04.2020   | cejn velký    | F       | 7          | 760          | 440     | 355     | 0,189                           | <0,02  | <0,002 | 0,161 |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.04.2020   | cejn velký    | M       | 7          | 600          | 380     | 300     | 0,099                           | <0,02  | <0,002 | 0,084 |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.04.2020   | štika obecná  | F       | 7          | 4000         | 800     | 700     | 0,106                           | <0,002 | <0,002 | 0,090 | <0,100                         | <0,100 | 0,171   | 0,446   | 0,689   | 0,372   | 1,878 |
| 27.04.2020   | štika obecná  | M       | 4          | 1625         | 600     | 540     |                                 |        |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.04.2020   | štika obecná  | M       | 4          | 1225         | 560     | 500     |                                 |        |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.04.2020   | štika obecná  | M       | 5          | 1730         | 620     | 555     |                                 |        |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 28.04.2020   | sumec velký   | F       | 10         | 15100        | 1300    | 1170    | <b>0,62</b>                     | <0,02  | <0,002 | 0,527 | <0,100                         | 0,125  | 0,28    | 1,383   | 2,334   | 1,350   | 5,572 |
| 28.04.2020   | sumec velký   | F       | 11         | 20500        | 1370    | 1250    |                                 |        |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 28.04.2020   | sumec velký   | F       | 7          | 7700         | 980     | 900     |                                 |        |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 28.04.2020   | amur bílý     | M       | 7          | 7800         | 870     | 750     | 0,021                           | <0,02  | <0,002 | 0,018 | <0,100                         | <0,100 | 0,397   | 0,650   | 1,127   | 0,483   | 2,857 |
| 28.04.2020   | amur bílý     | F       | 7          | 9600         | 890     | 770     |                                 |        |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 28.04.2020   | amur bílý     | F       | 6          | 7100         | 790     | 700     |                                 |        |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 28.04.2020   | amur bílý     | M       | 6          | 4400         | 750     | 640     |                                 |        |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 28.04.2020   | kapr obecný   | M       | 5          | 3800         | 620     | 530     | 0,028                           | <0,02  | <0,002 | 0,024 | <0,100                         | 0,213  | 0,465   | 0,992   | 1,552   | 0,974   | 4,296 |
| 28.04.2020   | kapr obecný   | F       | 6          | 4300         | 670     | 560     |                                 |        |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 28.04.2020   | kapr obecný   | F       | 3          | 1450         | 450     | 370     |                                 |        |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 28.04.2020   | kapr obecný   | F       | 3          | 1700         | 460     | 390     |                                 |        |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 28.04.2020   | kapr obecný   | M       | 4          | 2400         | 520     | 430     |                                 |        |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.04.2020   | candát obecný | M       | 7          | 3700         | 720     | 640     | 0,165                           | <0,02  | <0,002 | 0,140 | <0,100                         | 0,102  | 0,165   | 0,471   | 0,697   | 0,313   | 1,848 |
| 27.04.2020   | candát obecný | M       | 6          | 2770         | 650     | 570     |                                 |        |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.04.2020   | candát obecný | M       | 6          | 2510         | 620     | 550     |                                 |        |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.04.2020   | candát obecný | M       | 5          | 1910         | 580     | 510     |                                 |        |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.04.2020   | candát obecný | M       | 5          | 1620         | 560     | 500     |                                 |        |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 27.04.2020   | candát obecný | F       | 4          | 1400         | 510     | 450     |                                 |        |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |

\* vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti (MeHg = 0,85 \* Hg), zvýrazněné hodnoty přesahují platný hygienický limit

Příloha č. 9: Detailní informace o rybách odlovených v ÚN Těrlicko v roce 2020 a výsledcích analýz jejich svaloviny

| Datum odlovu | Druh ryby     | Pohlaví | Věk (roky) | Hmotnost (g) | CD (mm) | DT (mm) | Hg                              | Pb    | Cd     | MeHg* | PCB 28                         | PCB 52 | PCB 101 | PCB 138 | PCB 153 | PCB 180 | Σ PCB |
|--------------|---------------|---------|------------|--------------|---------|---------|---------------------------------|-------|--------|-------|--------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|-------|
|              |               |         |            |              |         |         | (mg.kg <sup>-1</sup> svaloviny) |       |        |       | (ng.g <sup>-1</sup> svaloviny) |        |         |         |         |         |       |
| 5. 5. 2020   | cejn velký    | F       | 8          | 840          | 480     | 360     | 0,199                           | <0,02 | <0,002 | 0,169 | <0,100                         | <0,100 | 0,203   | 0,861   | 1,347   | 0,953   | 3,564 |
| 5. 5. 2020   | cejn velký    | M       | 7          | 580          | 395     | 300     | 0,247                           | <0,02 | <0,002 | 0,210 |                                |        |         |         |         |         |       |
| 5. 5. 2020   | cejn velký    | M       | 6          | 440          | 355     | 270     | 0,096                           | <0,02 | <0,002 | 0,082 |                                |        |         |         |         |         |       |
| 5. 5. 2020   | cejn velký    | F       | 6          | 450          | 370     | 280     | 0,127                           | <0,02 | <0,002 | 0,108 |                                |        |         |         |         |         |       |
| 5. 5. 2020   | cejn velký    | M       | 6          | 450          | 355     | 270     | 0,187                           | <0,02 | <0,002 | 0,159 |                                |        |         |         |         |         |       |
| 5. 5. 2020   | jelec tloušť  | M       | 7          | 1000         | 425     | 360     | 0,127                           | <0,02 | <0,002 | 0,108 | <0,100                         | <0,100 | 0,152   | 1,593   | 2,340   | 1,730   | 6,015 |
| 5. 5. 2020   | jelec tloušť  | M       | 6          | 650          | 375     | 325     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 5. 5. 2020   | jelec tloušť  | F       | 6          | 600          | 350     | 290     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 5. 5. 2020   | jelec tloušť  | M       | 6          | 530          | 365     | 305     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 5. 5. 2020   | jelec tloušť  | M       | 6          | 460          | 345     | 295     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 5. 5. 2020   | candát obecný | M       | 5          | 1220         | 550     | 480     | 0,241                           | <0,02 | <0,002 | 0,205 | <0,100                         | <0,100 | <0,100  | 0,268   | 0,439   | 0,297   | 1,304 |
| 5. 5. 2020   | candát obecný | F       | 5          | 1500         | 550     | 480     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 5. 5. 2020   | candát obecný | M       | 4          | 900          | 475     | 425     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 5. 5. 2020   | candát obecný | M       | 5          | 1370         | 540     | 470     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 5. 5. 2020   | okoun říční   | M       | 6          | 330          | 320     | 275     | 0,470                           | <0,02 | <0,002 | 0,400 | <0,100                         | 0,151  | 0,625   | 2,326   | 3,399   | 2,142   | 8,743 |
| 5. 5. 2020   | okoun říční   | F       | 5          | 310          | 285     | 255     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 5. 5. 2020   | okoun říční   | M       | 6          | 355          | 300     | 265     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 5. 5. 2020   | okoun říční   | M       | 5          | 250          | 265     | 230     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 5. 5. 2020   | okoun říční   | F       | 5          | 300          | 295     | 260     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 5. 5. 2020   | štika obecná  | F       | 4          | 1900         | 640     | 555     | 0,218                           | <0,02 | <0,002 | 0,185 | <0,100                         | 0,189  | 0,521   | 1,385   | 2,117   | 1,304   | 5,616 |
| 5. 5. 2020   | štika obecná  | M       | 4          | 1700         | 620     | 540     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 5. 5. 2020   | štika obecná  | M       | 4          | 1660         | 620     | 540     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 5. 5. 2020   | štika obecná  | F       | 3          | 1340         | 540     | 470     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 5. 5. 2020   | kapr obecný   | F       | 4          | 1800         | 490     | 400     | 0,134                           | <0,02 | <0,002 | 0,114 | <0,100                         | <0,100 | 0,105   | 0,508   | 0,633   | 0,489   | 1,935 |
| 5. 5. 2020   | kapr obecný   | F       | 4          | 1900         | 500     | 420     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 5. 5. 2020   | kapr obecný   | M       | 3          | 1540         | 430     | 350     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |
| 5. 5. 2020   | kapr obecný   | F       | 4          | 1980         | 520     | 435     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |       |

\* vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti (MeHg = 0,85 \* Hg)



Příloha č. 10: Detailní informace o rybách odlovených v ÚN Žermanice v roce 2020 a výsledcích analýz jejich svaloviny

| Datum odlovu | Druh ryby     | Pohlaví | Věk (roky) | Hmotnost (g) | CD (mm) | DT (mm) | Hg                              | Pb    | Cd     | MeHg* | PCB 28                         | PCB 52 | PCB 101 | PCB 138 | PCB 153 | PCB 180 | Σ PCB  |
|--------------|---------------|---------|------------|--------------|---------|---------|---------------------------------|-------|--------|-------|--------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|
|              |               |         |            |              |         |         | (mg.kg <sup>-1</sup> svaloviny) |       |        |       | (ng.g <sup>-1</sup> svaloviny) |        |         |         |         |         |        |
| 4. 5. 2020   | cejn velký    | M       | 10         | 980          | 490     | 380     | 0,115                           | 0,02  | <0,002 | 0,098 | <0,100                         | 0,373  | 0,502   | 3,545   | 4,282   | 2,811   | 11,613 |
| 4. 5. 2020   | cejn velký    | M       | 10         | 970          | 480     | 370     | 0,121                           | <0,02 | <0,002 | 0,103 |                                |        |         |         |         |         |        |
| 4. 5. 2020   | cejn velký    | F       | 10         | 1220         | 470     | 370     | 0,123                           | <0,02 | <0,002 | 0,105 |                                |        |         |         |         |         |        |
| 5. 5. 2020   | cejn velký    | F       | 8          | 700          | 400     | 330     | 0,097                           | <0,02 | <0,002 | 0,082 |                                |        |         |         |         |         |        |
| 5. 5. 2020   | cejn velký    | M       | 7          | 490          | 360     | 290     | 0,048                           | 0,03  | <0,002 | 0,041 |                                |        |         |         |         |         |        |
| 4. 5. 2020   | jelec tloušť  | F       | 9          | 1240         | 490     | 410     | 0,214                           | <0,02 | 0,002  | 0,182 | <0,1000                        | 0,6010 | 1,2560  | 5,876   | 8,550   | 4,835   | 21,218 |
| 4. 5. 2020   | jelec tloušť  | M       | 8          | 620          | 430     | 360     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 4. 5. 2020   | jelec tloušť  | M       | 8          | 830          | 425     | 360     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 4. 5. 2020   | jelec tloušť  | F       | 7          | 550          | 360     | 305     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 4. 5. 2020   | jelec tloušť  | M       | 8          | 740          | 410     | 340     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 4. 5. 2020   | štika obecná  | M       | 3          | 890          | 540     | 470     | 0,193                           | <0,02 | <0,002 | 0,164 | <0,100                         | <0,100 | 0,332   | 1,475   | 1,995   | 1,069   | 5,071  |
| 4. 5. 2020   | štika obecná  | F       | 4          | 1350         | 590     | 530     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 4. 5. 2020   | štika obecná  | M       | 3          | 1200         | 520     | 460     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 5. 5. 2020   | štika obecná  | F       | 4          | 1420         | 570     | 515     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 4. 5. 2020   | candát obecný | M       | 4          | 900          | 500     | 430     | 0,173                           | <0,02 | <0,002 | 0,147 | <0,100                         | 0,411  | 0,624   | 2,203   | 2,970   | 1,413   | 7,721  |
| 5. 5. 2020   | candát obecný | M       | 5          | 1650         | 580     | 520     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 5. 5. 2020   | candát obecný | M       | 4          | 810          | 460     | 390     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 5. 5. 2020   | candát obecný | M       | 4          | 1120         | 510     | 440     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 4. 5. 2020   | okoun říční   | F       | 8          | 660          | 360     | 325     | 0,214                           | <0,02 | <0,002 | 0,182 | <0,100                         | <0,100 | 0,433   | 1,681   | 0,236   | 1,129   | 5,679  |
| 4. 5. 2020   | okoun říční   | M       | 8          | 700          | 370     | 330     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 4. 5. 2020   | okoun říční   | M       | 6          | 410          | 315     | 290     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 4. 5. 2020   | okoun říční   | F       | 6          | 370          | 315     | 290     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 4. 5. 2020   | okoun říční   | F       | 5          | 260          | 290     | 250     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 4. 5. 2020   | kapr obecný   | F       | 4          | 1500         | 460     | 390     | 0,025                           | <0,02 | <0,002 | 0,021 | <0,100                         | <0,100 | <0,100  | 0,399   | 0,508   | 0,254   | 1,461  |
| 4. 5. 2020   | kapr obecný   | M       | 4          | 1610         | 490     | 410     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 4. 5. 2020   | kapr obecný   | F       | 4          | 2100         | 510     | 430     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |
| 5. 5. 2020   | kapr obecný   | F       | 3          | 1320         | 410     | 350     |                                 |       |        |       |                                |        |         |         |         |         |        |

\* vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti (MeHg = 0,85 \* Hg)

Příloha č. 11: Detailní informace o rybách odlovených v ÚN Hněvkovice v roce 2020 (opakovaný odlov kaprů) a výsledcích analýz jejich svaloviny

| Datum odlovu | Druh ryby   | Pohlaví | Věk (roky) | Hmotnost (g) | CD (mm) | DT (mm) | Hg                              | Pb    | Cd     | MeHg*   |
|--------------|-------------|---------|------------|--------------|---------|---------|---------------------------------|-------|--------|---------|
|              |             |         |            |              |         |         | (mg.kg <sup>-1</sup> svaloviny) |       |        |         |
| 29.7.2020    | kapr obecný | F       | 3          | 1895         | 510     | 425     | 0,075                           | <0,02 | <0,002 | 0,06375 |
| 29.7.2020    | kapr obecný | M       | 3          | 1905         | 490     | 400     |                                 |       |        |         |
| 29.7.2020    | kapr obecný | F       | 3          | 2140         | 480     | 405     |                                 |       |        |         |

\* vypočtená hodnota z obsahu celkové rtuti (MeHg = 0,85 \* Hg)

## 10. Abstrakt

Cílem práce bylo posoudit hygienickou kvalitu nejčastěji lovených a konzumovaných druhů ryb vyskytujících se v 10 údolních nádržích ČR z hlediska obsahu vybraných cizorodých látek (Hg, Cd, Pb, PCB, DDT, HCH, HCB) v jejich svalovině. Odlov ryb pro analýzy proběhl v letech 2019 – 2020. Samotné analýzy byly provedena akreditovanou laboratoří Státního veterinárního ústavu Praha. Pro porovnání zatížení jednotlivých lokalit a srovnání s výsledky monitoringu provedeného v letech 2006 – 2010 byl jako referenční druh zvolen cejn velký (*Abramis brama*). Dále bylo v každé nádrži odloveno 5 nejčastěji lovených druhů ryb. Překročení platného hygienického limitu pro obsah rtuti bylo zjištěno v celkem 15 vzorcích z 6 lokalit (Lipno, Hněvkovice, Kořensko, Orlík, Skalka a Rozkoš). Nejvyšší koncentrace rtuti ( $2,948 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) byla naměřena ve směsném vzorku svaloviny bolena dravého (*Leuciscus aspius*) z údolní nádrže Skalka. Výsledky analýz svaloviny dalších druhů ryb z této nádrže potvrdily její přetrvávající silné zatížení rtutí. Hygienický limit pro obsah olova byl překročen ve směsném vzorku svaloviny kapra obecného (*Cyprinus carpio*) z údolní nádrže Hněvkovice v roce 2019. Vzhledem k atypičnosti zjištění byla analýza opakována v roce 2020, kdy se kontaminace svaloviny kapra z této lokality olovem nepotvrdila. Ostatní sledované polutanty byly ve všech vzorcích pod hranicí příslušných hygienických limitů. Statisticky významné změny kontaminace svaloviny cejnů rtutí ve srovnání s monitoringem z let 2006 – 2010 byly zjištěny v lokalitách Lipno, Kořensko, Těrlicko, Žermanice a Skalka, většinou však souvisely s odlišnou hmotností ryb použitých k analýzám. V některých lokalitách bylo zjištěno zvýšení obsahu PCB oproti předchozímu monitoringu, hodnoty se však stále pohybovaly hluboko pod hygienickým limitem. Na základě výsledků analýz byly také pro jednotlivé druhy ryb ze všech lokalit vypočteny dle toxikologických limitů maximální doporučené počty porcí (170 g) masa zkonzumovatelné za měsíc bez zdravotního rizika. Limitujícím polutantem byla ve všech vzorcích rtuť (respektive methylrtuť). Výsledky práce potvrdily, že hygienická kvalita ryb ve sledovaných rybářských revírech je velmi dobrá, určité riziko může představovat pouze častá konzumace dravých ryb větších velikostí. Výjimkou je údolní nádrž Skalka, z níž vzhledem ke silné kontaminaci rtutí nelze doporučit konzumaci ulovených ryb.

## 11. Abstract

The aim of the theses was to judge the hygienic quality of the most caught and consumed fish species living in 10 Czech water reservoirs according to chosen chemical substances (Hg, Cd, Pb, PCB, DDT, HCH, HCB) in their muscle tissue. The analysed fish were caught between the years 2019 – 2020. The analyses were made by the accredited laboratory of the State Veterinary Institution in Prague. To compare the pollution of individual reservoirs and to compare the results of the monitoring from 2006 – 2010 was as a reference species chosen common bream (*Abramis brama*). Further, five most frequently caught fish species were taken from each reservoir. The overrun of valid hygienic limit for mercury was found in 15 samples in total out of 6 localities (Lipno, Hněvkovice, Kořensko, Orlík, Skalka and Rozkoš). The highest concentration of mercury (2.948 mg.kg<sup>-1</sup>) was measured in the mixed sample of muscle tissue of asp fish (*Leuciscus aspius*) from the Skalka water reservoir. The results of the analysis of other fish muscle tissue from this reservoir proved its continuous strong pollution of mercury. The hygienic limit for the plumb content was overrun in the mixed muscle tissue of common carp (*Cyprinus carpio*) from Hněvkovice water reservoir in 2019. The repeated analysis in 2020 did not prove an increased contamination of the muscle tissue of the carp from this locality. Other watched pollutants in all samples were below the valid hygienic limit. Statistically important changes of the muscle tissue contamination of common breams by mercury in comparison with the monitoring from the years 2006 – 2010 were found in Lipno, Kořensko, Těrlícko, Žermanice and Skalka localities. However, most of the time there was a connection with different weight of fish used for the analysis. In some localities the increase of PCB was found in comparison with the previous monitoring. The values, however, were deep below the valid hygienic limit. Based on the results of the analysis were also counted recommended numbers of meat portions (170 g) for individual fish species from all localities, possible to be consumed in a month without any health risks. The limiting pollutant in all samples was mercury (or more precisely methylmercury). The results of the thesis proved that the hygienic quality of the fish in all fishing grounds is very good. Certain risk could only be a frequent consumption of predator fish of all sizes. The only exception is the water reservoir Skalka, from which, due to strong contamination with mercury, the consumption of fish cannot be recommended.