

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství



**Agronomická
fakulta**

**Mendelova
univerzita
v Brně**



Vliv vybraných těžkých kovů na fyziologii ryb
Diplomová práce

Vedoucí práce:
doc. Ing. Radovan Kopp, Ph.D.

Vypracoval:
Radek Šanda

Brno 2016

Zadání DP

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Vliv vybraných těžkých kovů na fyziologii ryb vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu doc. Ing. Radovanu Koppovi, Ph.D. za jeho připomínky, pevné vedení a konzultace při vypracovávání závěrečné práce. Panu Ing. Aleši Pavlíkovi, Ph.D. a jeho týmu za změření vzorků krve. Panu prof. Dr. Ing. Janu Marešovi a slečně Ing. Evě Poštulkové za odběr vzorků krve. Dále bych chtěl poděkovat slečně Ing. Petře Vičarové za pomoc při sycení akvárií rtuť. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat celé mojí rodině za morální a duševní pomoc a také mojí přítelkyni za podporu v nejtěžších chvílích.

ABSTRAKT

Práce se zabývá studiem působení rtuti na hematologické ukazatele a biochemické parametry v krevní plazmě kapra obecného (*Cyprinus carpio* L.).

Teoretická část práce se zabývá problematikou výskytu rtuti a jejich forem ve vodním prostředí a v rybách.

Praktická část zahrnuje, jak působení samotné rtuti, tak i vlivy rtuti za přídavku chloridu sodného. V I. experimentu došlo k vystavení *Cyprinus carpio* L. několika koncentracím rtuti po dobu 5, 10 a 15 dnů. Ve II. experimentu byl kapr obecný vystaven koncentraci rtuti $1,5 \mu\text{g.l}^{-1}$ s přídavkem různých koncentrací chloridu sodného (29 mg.l^{-1} , 300 mg.l^{-1} , $1\ 000 \text{ mg.l}^{-1}$) po dobu 72 hod. Pro stanovení hematologických ukazatelů a biochemických parametrů ve vzorcích krevní plazmy kapra obecného bylo využito přístroje Konelab T 20xt a přístroje Easy Lyte. Získaná data byla statisticky zpracována a vyhodnocena.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Rtuť, chlorid sodný, hematologické ukazatele, biochemické parametry, kapr obecný

ABSTRACT

The study aims on effects of mercury on haematological and biochemical parameters in blood plasma on common carp (*Cyprinus carpio* L.).

The theoretical part of study is focused on phenomenon of occurrence of mercury and its forms in aquatic environment and fish.

Practical portion of study includes the effects of administration to mercury and also the effects of co-administration of sodium chloride. In the first experiment we carried out the exposure of *Cyprinus carpio* L. by selected mercury concentrations for 5, 10 and 15 days. In the second experiments were carps exposed to 1.5 $\mu\text{g.l}^{-1}$ mercury with the addition of various concentrations of sodium chloride (29 mg.l^{-1} , 300 mg.l^{-1} and 1000 mg.l^{-1}) for 72 h. For the evaluation of haematological and biochemical biomarkers in blood plasma of carps, we exploited the Konelab T 20xt and Easy Lyte machines. The obtained data were statistically processed and evaluated.

KEYWORDS: Mercury, Sodium chloride, Haematological biomarkers, Biochemical parameters, Common carp (*Cyprinus carpio*, L.)

Obsah

1	ÚVOD	11
2	TEORETICKÁ ČÁST	12
2.1	Kapr obecný (<i>Cyprinus carpio</i> L.)	12
2.1.1	Obecná charakteristika kapra obecného	12
2.1.2	Chování kapra obecného	13
2.1.3	Výtěr kapra obecného	13
2.1.4	Pohlavní dimorfismus kapra obecného	13
2.1.5	Nároky kapra obecného na prostředí	14
2.1.6	Hospodářský význam kapra obecného	14
2.2	Krev	15
2.2.1	Obecná charakteristika	15
2.2.2	Vznik	15
2.2.3	Erytropoéza	15
2.2.4	Leukopoéza	16
2.2.5	Srážení krve (hemokoagulace)	16
2.2.6	Složení	16
2.2.6.1	Krevní plazma	16
2.2.6.2	Biochemické parametry krevní plazmy	17
2.2.6.2.1	Alaninaminotransferáza (ALT)	17
2.2.6.2.2	Alkalická fosfatáza (ALP)	18
2.2.6.2.3	Aspartátaminotransferáza (AST)	18
2.2.6.2.4	Vápník (Ca^{+2})	18
2.2.6.2.5	Kreatinin (KREA)	18
2.2.6.2.6	Železo (Fe)	19
2.2.6.2.7	Laktátdehydrogenáza (LDH)	19
2.2.6.2.8	Laktát (LACT)	19
2.2.6.2.9	Hořčík (Mg^{+2})	19
2.2.6.2.10	Fosfor (P)	20
2.2.6.2.11	Triglyceridy (TAG)	20
2.2.6.2.12	Močovina (UREA)	20
2.2.7	Buněčné elementy	21
2.2.7.1	Bílé krvinky (leukocyty)	21

2.2.7.1.1	Lymfocyty.....	21
2.2.7.1.2	Monocyty.....	22
2.2.7.1.3	Neutrofilní granulocyty.....	22
2.2.7.1.4	Eozinofilní granulocyty.....	22
2.2.7.1.5	Bazofilní granulocyty.....	23
2.2.7.2	Krevní destičky (trombocyty).....	23
2.2.7.3	Červené krvinky (erythrocyty).....	23
2.3	Těžké kovy.....	25
2.3.1	Historie těžkých kovů.....	25
2.3.2	Charakteristika těžkých kovů.....	25
2.3.3	Zdroje těžkých kovů.....	26
2.3.4	Chemické vlastnosti těžkých kovů.....	26
2.3.5	Průnik těžkých kovů do organismu.....	27
2.3.6	Působení těžkých kovů na člověka.....	27
2.3.7	Působení těžkých kovů na ryby.....	28
2.4	Rtuť.....	29
2.4.1	Historie rtuti.....	29
2.4.2	Charakteristika rtuti.....	30
2.4.3	Formy rtuti.....	31
2.4.3.1	Anorganické formy rtuti.....	31
2.4.3.2	Organické formy rtuti.....	32
2.4.4	Biogeochemický cyklus.....	32
2.4.5	Methylace rtuti.....	33
2.4.5.1	Biotický způsob methylace.....	33
2.4.5.2	Abiotický způsob methylace.....	33
2.4.6	Využití rtuti.....	33
2.4.7	Zdroje znečištění rtutí.....	34
2.4.8	Toxikokinetika = cesta jedu organismem.....	35
2.4.9	Dopady vyvolané toxickým působením rtuti na člověka.....	35
2.4.10	Inhalační expozice.....	36
2.4.11	Orální expozice.....	37
2.4.11.1	Feerova-Seltero-Swiftova (růžová) nemoc.....	37
2.4.12	Dermální expozice.....	37

2.4.13	Organické sloučeniny	37
2.4.14	Ryby.....	38
2.4.15	Onemocnění	38
2.4.15.1	Alergie na rtuť.....	38
2.4.16	Katastrofy způsobené rtuťí	39
2.4.16.1	Minamata	39
2.4.16.2	Irák	39
2.4.17	Léčba otrav rtuťí.....	40
2.4.18	Rtuť ve vodě	41
2.4.19	Rtuť v sedimentech.....	42
2.4.20	Legislativa.....	42
2.4.21	Stanovení rtuti.....	43
2.4.21.1	Atomová absorpční spektrometrie (AAS)	43
2.4.21.2	Atomová fluorescenční spektrometrie (AFS).....	44
2.5	Chloridy (Cl ⁻).....	45
3	CÍL PRÁCE	46
4	PRAKTICKÁ ČÁST	47
4.1	Příprava akvárií I.	47
4.2	Experiment I.	48
4.3	Příprava akvárií II.	50
4.4	Experiment II.	50
4.5	Stanovení fyzikálně chemických parametrů vody	52
4.5.1	Stanovení kyslíku, pH, vodivosti, amoniakálního dusíku a chloridů	52
4.5.1.1	Hach HQ 40d multi	52
4.5.1.2	Hanna EC/TDS	53
4.5.1.3	Spektrofotometr Photo Lab 6600 UV-VIS	54
4.5.1.4	Stanovení chloridů	54
4.5.1.5	Stanovení amonných iontů.....	55
4.6	Ichtyohematologické vyšetření	56
4.6.1	Odběr vzorků (krve).....	56
4.6.2	Stanovení hematokritové hodnoty (PCV, Hk)	57
4.6.3	Stanovení koncentrace hemoglobinu (Hb)	58
4.6.4	Střední barevná koncentrace (MCHC)	58

4.7	Měření biochemických parametrů krevní plazmy	59
4.7.1	Konelab T 20xt	59
4.7.2	Easy Lyte Plus	61
4.8	Použité statistické funkce.....	62
4.8.1	Anova – Sheffeho test.....	62
4.8.2	Směrodatná odchylka.....	62
4.8.3	Aritmetický průměr.....	62
5	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	63
5.1	Statistické zhodnocení výsledků.....	63
5.2	I. Experiment	63
5.2.1	Biochemické parametry	63
5.3	Experiment II.	71
5.3.1	Biochemické parametry	71
5.3.2	Hematologické ukazatele	74
6	ZÁVĚR	77
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	78
8	SEZNAM TABULEK	92
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	93
10	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	94
11	SEZNAM PŘÍLOH.....	96

1 ÚVOD

Znečištění životního prostředí těžkými kovy, je nejčastěji diskutovaným problémem, vyvíjející se populace. V dřívějších dobách byl jejich původ přisuzován hlavně přírodním zdrojům. Postupem času a s rozvíjejícím se průmyslem, ale obsah těžkých kovů v životním prostředí stoupal, a neustále se zvyšuje. Z tohoto důvodu je velmi důležité sledovat nejen obsah těžkých kovů v životním prostředí, ale i fyziologické a morfologické změny organismů, na které tyto kovy působí.

Nejvíce zatíženou oblastí těžkými kovy je vodní prostředí a tedy i organismy žijící v něm. Často sledovaným těžkým kovem ve vodním prostředí se stala rtuť. Důvodem je její vlastnost podléhat methyloaci, při které vznikají nejvíce toxické formy – methylrtuť, dimethylrtuť a fenylrtuť. Tyto formy rtuti snadno prostupují do vodních organismů, hlavně pak do ryb. V rybách poté dochází k různým morfologickým a fyziologickým změnám, jako např. změna tvaru a pohyblivosti spermíí, ovlivnění funkce hypofýzy, inhibice řady enzymů atd.

Z tohoto důvodu se diplomová práce na téma „Vliv vybraných těžkých kovů na fyziologii ryb“ zabývá dopady různých koncentrací rtuti na biochemické parametry a hematologické ukazatele v krevní plazmě *Cyprinus carpio* L.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Kapr obecný (*Cyprinus carpio* L.)

2.1.1 Obecná charakteristika kapra obecného

Kapr obecný patří do řádu Cypriniformes (máloostní), podřádu Cyprinoidei (kaprovci), čeledi Cyprinidae (kaprovití) a rodu *Cyprinus* (kapr) (BARUŠ et al., 1995), dosahuje hmotnosti až 40 kg a délky 110 cm (SUSAN, 2015). Tělo tzv. divokého kapra je nízké, protažené a na průřezu téměř kruhové, zatímco u rybničních forem je vyklenutý hřbet i břicho, tělo je vždy kryto cykloidními šupinami nebo je pokryv různě redukovan (hladká, řádková, lysá a šupinatá forma). Na ústech se vyskytují 2 páry vousků. Větší světlejší pár se nachází v koutcích úst, druhý menší a tmavší pár je na horním rtu. Ústa jsou vysunovatelná a mírně spodní. Hřbetní ploutev je široká, protože začíná nad břišními ploutvemi a končí až za kolmicí, která je vztyčená od počátku řitní ploutve. Ta je ve srovnání s hřbetní ploutví o mnoho kratší. Důležitými meristyckými znaky je vzorec požerákových zubů, které jsou zde trojřadé (1.1.3 – 3.1.1). Dalším důležitým meristickým znakem je počet řad šupin v postranní čáře, ale i nad a pod postranní čárou (5 – 7 (32 – 41) 5 – 7). Zbarvení velmi závisí na obsahu tuku, kdy vyšší obsah tuku způsobuje žlutavější zbarvení, prostředí, stáří i genetickém základu. Hřbet má barvu od tmavě zelené, přes hnědou, modrou až po hnědočervenou smíchanou s černou. Na boku se posléze mění na špinavě žlutou s červenými nebo zelenými reflexy. Spodní strana boku se barví obvykle od žlutavé přes šedavou až k bělavé barvě. Břicho i ocasní násadec je světlé (žlutá až oranžová barva). Skřele bývají mosazně lesklé. Párové ploutve jsou buď načervenalé, nebo žlutavé barvy, ocasní ploutev má načervenalý nádech. Pysky mají žlutavou barvu se zlatavým leskem (BARUŠ et al., 1995).

Plůdek kapra se živí zooplanktonem i fytoplanktonem, posléze začíná přijímat měkkýše, nítěnky, larvy hmyzu, vodní plošnice, řasy a části rostlin. Bez problémů konzumuje i krmiva předložená člověkem (HANEL, LUSK, 2005).

2.1.2 Chování kapra obecného

Během vegetačního období se kapři vyskytují v hejnech, a to dokonce i starší jedinci, kteří běžně žijí samostatně. Pokud nejsou rušeni (např. dravcem, mechanizací) plavou u hladiny a mohou se vyskytovat v mělčinách. Pokud je zatažená obloha zdržují se spíše v hlubších partiích vod. Nejaktivnější je kapr při stmívání, naopak ve dne je jeho aktivita menší. V zimě, kdy teplota vody klesne pod 4 °C, se drží u dna, kde jsou bez pohybu. Tato ryba se nechá naučit na příjem potravy v pravidelných časových intervalech, tak si dokáží zapamatovat i místo předkládání potravy (BARUŠ et al., 1995).

2.1.3 Výtěr kapra obecného

Samci jsou pohlavně dospělí ve třetím až čtvrtém roce života, zatímco samice vždy o rok později tzn. čtvrtém až pátém roce. K výtěru dochází při teplotě vody mezi 18 a 20 °C, což odpovídá měsíci květnu a červnu. Jikry bývají malé (1 – 1,5 mm), silně lepkavé a nažloutlé. Absolutní plodnost (množství jiker vyprodukovaných za život jikernačky) se pohybuje v rozmezí od 200 tisíc do 1,5 milionu jiker, zatímco relativní plodnost (počet jiker na 1 kg hmotnosti jikernačky) je až 300 tisíc jiker. Jejich inkubační doba je 60 – 80 D° (denní stupeň – součet průměrných denních teplot v průběhu inkubace). Kapr patří mezi fytofilní druhy (druh ryby, které kladou své jikry pouze na ponořené rostliny). Může se stát, že dojde ke křížení mezi kaprem obecným (*Cyprinus carpio L.*) a karasem obecným (*Carassius carassius*), kdy v tomto případě vznikne kříženec, který se nazývá kaprokaras. Má dvouřadé požerákové zuby a může mít i vousky, nicméně ty jsou tenší a kratší než u kapra. Tento kříženec již dále není plodný (SPURNÝ, 2000).

2.1.4 Pohlavní dimorfismus kapra obecného

V období výtěru samci mají velmi drobné epiteliální bradavky (třecí vyrážku) a to zejména na ploše ocasního násadce, šupinách nad i pod postranní čarou, přední části opercula a pod očima. Dále se tyto bradavky nachází na tvrdých, nerozvětvených paprscích hřbetní a řitní ploutve, prvních paprscích z vnitřní strany prsních a břišních ploutví. Samice oproti samcům mají objemné břicho s narůžovělým močopohlavním otvorem ve tvaru lehce vystupující bradavky (BARUŠ et al., 1995).

2.1.5 Nároky kapra obecného na prostředí

Kapr obecný se vyskytuje jak v brakických (místo, kde se sladká voda mísí s vodou slanou) tak i sladkých vodách, dále ve stojatých až mírně tekoucích vodách. Kapr velmi dobře snáší prosluněné úživné vody s měkkým dnem. Velice často tyto vody bývají zarostlé submerzními rostlinami (např. stolístkem, leknínem nebo stulíkem). Důležitý je obsah kyslíku v prostředí, kde se kapr vyskytuje, protože pokud množství rozpuštěného kyslíku klesne po hodnotu $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$ přechází kapr na nouzové dýchání a tzv. troubí u hladiny (HANEL, LUSK, 2005).

2.1.6 Hospodářský význam kapra obecného

Chov kapra obecného má v České republice několik století dlouhou tradici, jelikož je produkčně i hospodářsky rozhodujícím druhem našeho rybářství. Nejvyšší spotřeba je obvykle na Vánoce a Velikonoce. Existují i barevné formy „koi,“ které jsou určeny pro zahradní jezírka. Kapr obecný je také velmi žádaný druh pro sportovní rybolov (HANEL, LUSK, 2005).



Obr. 1 Kapr obecný (*Cyprinus carpio* L.)
(Zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/Kapr_obecn%C3%BD)

2.2 Krev

2.2.1 Obecná charakteristika

Rybí krev je viskózní neprůhledná kapalina červeného zabarvení, složená z buněčných elementů, mezi které patří červené a bílé krvinky (erytrocyty, leukocyty), krevní destičky (trombocyty) a krevní plazmy. Obíhá v uzavřeném cévním systému, kde zajišťuje funkci transportu hormonů, metabolitů i plynů. Množství krve u ryb je nižší než u savců (většinou tvoří 1 – 2 % hmotnosti těla ryb), její objem ovlivňuje několik faktorů. Příkladem lze uvést druhy, které mají vyšší pohybovou aktivitu, objem jejich krve je vyšší (DUBANSKÝ, SVOBODOVÁ, 1995; HARVEY, 2001).

2.2.2 Vznik

Krvetvorba ryb je specifická, jelikož ryby nemají diferencovanou kostní dřeň jako vyšší obratlovci, ale krev se u nich vytváří v tzv. Hemopoetických orgánech, mezi které patří játra, slezina a hlavová část ledvin (PECKA, 1995). Tyto orgány dále slouží jako rezervoáry krve. Dalším místem vzniku krevních buněk je endotel cév. Na krvetvorbu ryb působí faktory jak endogenní (věk, pohlaví, druh, zdravotní stav a reprodukční cyklus), tak i exogenní (nutriční podmínky, množství kyslíku, teplota vody a sezónní cykly v přírodě) (HLAVOVÁ et. al., 1989, KIRKOVÁ, 1990).

2.2.3 Erytropoéza

Erytropoéza je proces, při kterém vznikají červené krvinky diferenciací z prekursorové buňky, nazývané se proerytoblast (pronormoblast). Tato buňka má tvar kulovitý nebo oválný o velikosti 15 – 20 μm . Jejím dělením vznikají erytoblasty, u kterých už dochází k syntéze hemoglobinu. Dalším vývojovým stádiem je retikulocyt (nezralá forma červených krvinek) obsahující zbytky buněčných organel, které obsahují RNA (zbytky endoplazmatického retikula a ribozomy), díky čemu je schopný zastávat funkci erytrocytu. Jeho množství v krevním oběhu je okolo 1 %, ale v případě nutnosti se může zvýšit (např. při krvácení). Zráním této buňky dochází ke změně tvaru a vzniká tak erytrocyt (HAWKINS, MAWDESLEY – THOMAS, 2006).

2.2.4 Leukopoéza

Leukopoéza je proces, při kterém vznikají bílé krvinky, nezbytný k udržení stabilního počtu imunitních buněk v těle mezenchymového původu. Hlavním znakem leukopoézy je vysoký počet leukocytů (DOUBEK et. al., 2003). Prekurzorem lymfocytární řady je lymfoblast, což je poměrně velká buňka okrouhlého tvaru o velikosti 10 – 15 μm a jádrem. Následujícím vývojovým stádiem je prolymfocyt s už zřetelnými jádérky (DOUBEK et. al., 2003; CAMBELL, MURA, 1990). Prekursorová buňka pro monocytové řady je monoblast s jádrem vláknité struktury o velikosti 14 – 18 μm a malým množstvím cytoplazmy. Jeho vyzráním dojde ke vzniku promonocyty, jehož velikost je okolo 20 μm (STOSKOPF, 1993). Myeloblast je kmenovou buňkou granulocytární řady o velikosti 8 – 14 μm , jehož dalšími vývojovými stádii jsou myelocyt a promyelocyt, které se od myeloblastu liší přítomností granulí, hrubší strukturou jádra, velkým lem cytoplazmy a větším průměrem buňky (25 – 28 μm) (DOUBEK et. al., 2003).

2.2.5 Srážení krve (hemokoagulace)

Organismus ryby má ochranou vlastnost, která ho chrání před větší ztrátou krve a nazývá se hemokoagulace. Jelikož ve vodě může docházet k hemolýze (rozpad erytrocytů – přesněji jejich předčasný zánik) proto má rybí krev nejrychlejší srážlivost z obratlovců, tzn., ke srážení krve dochází ihned (sekundy) při styku s vnějším prostředím. (CLAUSS et. al., 2008) Tuto rychlost srážení krve ovlivňují trombocyty (je jich velké množství krvi) a trombokináza, což je enzym obsažený v kožním slizu (IVANOVA, 1983; DOUBEK et. al., 2003).

2.2.6 Složení

2.2.6.1 Krevní plazma

Krevní plazma je tekutina, která má slabě alkalickou reakci ($\text{pH} = 7,6$), průhledná a mírně nažloutlá s obsahem vody (92 %), sacharidů, lipidů, proteinů, rozpuštěných plynů a anorganických látek (1,3 – 1,8 %) (MAHONEY, MCNULTY, 1992). Dále se zde nachází látky (vitamíny, hormony), které jsou nezbytné pro normální činnost, metabolismus buněk a enzymy (MASOPUST, 2000).

Proteiny jsou v krvi nejdůležitější organické látky vyjádřené ve formě tzv. celkové bílkoviny, složené z albuminů (v krevní plazmě u kapra obecného $1 - 10 \text{ g.l}^{-1}$), alfa, beta, gama globulinů (v krevní plazmě u kapra obecného $17 - 40 \text{ g.l}^{-1}$), jejíž množství se u kapra pohybuje v rozmezí $20 - 40 \text{ g.l}^{-1}$. Dalším ukazatelem kondičního stavu jsou lipidy, které jsou složené z cholesterolu (v krevní plazmě u kapra obecného $1,5 - 12 \text{ mmol.l}^{-1}$), mastných kyselin a triacylglycerolu. Lipidy se v krevní plazmě u kapra nachází v množství $2 - 8 \text{ g.l}^{-1}$ a triacylglyceroly v koncentraci $1 - 4 \text{ mmol.l}^{-1}$ (SVOBODOVÁ et. al., 1986). Množství sacharidů u ryb, oproti obratlovcům, značně kolísá. Nejvýznamnější složkou sacharidů je glukóza, což je pohotovostní složka energie, která je využita jako první (FOLMAR, 1993). Jak bylo již zmíněno, koncentrace glukózy neustále kolísá, je to dáno sezónní a denní dynamikou. Její množství je udáváno v rozmezí $2 - 5 \text{ mmol.l}^{-1}$ s tím, že zvýšená koncentrace ($10 - 30 \text{ mmol.l}^{-1}$) u ryb, i ostatních obratlovců, značí stres (SVOBODOVÁ et. al., 1986). V krvi ryb jsou minerální látky zastoupeny ionty: Cl^- , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , CO_3^{2-} a PO_4^{3-} , přitom NaCl tvoří $85 - 95 \%$ solí krevní plazmy (FOLMAR, 1993).

2.2.6.2 Biochemické parametry krevní plazmy

V této práci byly stanovovány již zmíněné celkové bílkoviny (zvláště albumin), glukóza a cholesterol. Mezi další biochemické parametry stanovované v této práci patří: ALP, AST, ALT, vápník, kreatinin, železo, LDH, laktát, hořčík, fosfor, TAG a UREA.

2.2.6.2.1 Alaninaminotransferáza (ALT)

Enzym alaninaminotransferáza patří mezi hlavní ukazatele poškození jaterního parenchymu, kdy jeho zvýšené množství v krvi je nejdůležitějším indikátorem porušení celistvosti membrán hepatocytů. (MASOPUST, 2000) Nachází se v cytoplazmě jaterních buněk (cytosoly hepatocytů). Aktivita ALT u kapra obecného se pohybuje v rozmezí $0,10 - 1,60 \text{ } \mu\text{kat.l}^{-1}$ (KOLÁŘOVÁ, VELÍŠEK, 2012).

2.2.6.2.2 Alkalická fosfatáza (ALP)

Alkalická fosfatáza patří mezi enzymy, které při svém zvýšení v krevní plazmě, i když není tak výrazné jako u AST nebo ALP, většinou indikují poškození žlučových cest nebo přímo jater. Dále její zvýšené hodnoty mohou poukazovat na nedostatek vápníku nebo fosforu (MASOPUST, 2000). Rozpětí hodnot ALP se u kapra obecného pohybuje v rozmezí 0,05 – 1,72 $\mu\text{kat.l}^{-1}$. Zvýšené hodnoty se mohou objevit po podání léků (např. antibiotika), ale i při dlouhodobém hladovění nebo anémii (KOLÁŘOVÁ, VELÍŠEK, 2012).

2.2.6.2.3 Aspartátaminotransferáza (AST)

Enzym aspartátaminotransferáza podobně jako ALT zaujímají přední místo v rozpoznání poškození jaterního parenchymu (MASOPUST, 2000) a kosterní svaloviny. Výrazné zvýšení hodnot poukazuje na nekrózu pankreatu. Nalézají se až ze 70 % v mitochondriích a z 30 % v cytoplazmatické tekutině. Aktivita AST u kapra obecného dosahuje hodnot 0,55 – 6,64 $\mu\text{kat.l}^{-1}$ (KOLÁŘOVÁ, VELÍŠEK, 2012).

2.2.6.2.4 Vápník (Ca^{+2})

Vápník má v organismu velké množství úloh, mezi které patří: regulace sekreční aktivity, stavební složka kostí, aktivita enzymů, regulace svalové kontrakce, regulace činnosti srdce a další. Stanovení jeho množství v krevní plazmě patří při onemocnění kostí mezi základní vyšetření (MASOPUST, 2000). U kapra obecného je jeho koncentrace v krvi okolo 0,92 – 3,23 mmol.l^{-1} (KOLÁŘOVÁ, VELÍŠEK, 2012).

2.2.6.2.5 Kreatinin (KREA)

Kreatinin je produkt svalového energetického metabolismu, kdy jeho množství je přímo úměrné velikosti svalové hmoty. Jeho stanovení v krevní plazmě je dobrým ukazatelem funkčnosti ledvinových glomerulů, jelikož zvýšené hodnoty poukazují na poruchu funkce ledvin nebo svalovou dystrofii (MASOPUST, 2000). U kapra obecného hodnoty KREA dosahují 8,8 – 17,7 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ (TRIPATHI et. al., 2003).

2.2.6.2.6 Železo (Fe)

Nejvyšší množství železa se nachází v krvi jako součást hemoglobinu. Má úlohu v dýchacím řetězci a je součástí biokatalyzátorů. Jeho zvýšená hladina v krevní plazmě může znamenat poškození jater (MASOPUST, 2000).

2.2.6.2.7 Laktátdehydrogenáza (LDH)

Laktátdehydrogenáza patří mezi enzymy vyskytující se ve vnitřních orgánech s tím, že pro jaterní parenchym není specifický, ale při toxickém poškození jater je aktivita LDH vyšší než u aminotransferáz (MASOPUST, 2000). Stanovení jeho aktivity indikuje také některá nádorová onemocnění a poškození srdeční a kosterní svaloviny. Rozsah aktivity u kapra obecného je 9,9 – 22,0 $\mu\text{kat.l}^{-1}$ (KOLÁŘOVÁ, VELÍŠEK, 2012).

2.2.6.2.8 Laktát (LACT)

Laktát patří mezi konečný produkt anaerobního metabolismu glukózy, tvořící se působením laktátdehydrogenázy při redukci pyruvátu. Jeho množství v krevní plazmě je dáno poměrem mezi jeho tvorbou (hlavně z kůže, mozku, střevní sliznice krevních elementů (leukocyty, trombocyty) a svalstva) a jeho metabolizací v játrech. Jeho koncentrace v krevní plazmě se rychle mění (MASOPUST, 2000). Hromadění LACT ve svalech způsobuje svalové bolesti a únavy. Množství laktátu u kapra obecného se pohybuje v rozmezí 0,56 – 6,32 mmol.l^{-1} (KOLÁŘOVÁ, VELÍŠEK, 2012).

2.2.6.2.9 Hořčík (Mg^{+2})

Hořčík spolu s draslíkem jsou nejdůležitějšími intracelulárními kationty. Mg^{+2} má důležitou úlohu při činnosti srdce, permeabilitě kapilár a hemokoagulaci. Jeho nedostatek zvyšuje resorpci vápníku v ledvinách (MASOPUST, 2000). Množství hořčíku v krevní plazmě u kapra obecného dosahuje hodnot 0,37 – 1,47 mmol.l^{-1} (KOLÁŘOVÁ, VELÍŠEK, 2012).

2.2.6.2.10 Fosfor (P)

Množství fosforu v krevní plazmě ovlivňuje vylučování ledvinami, vstup a výstup buněk v energetickém metabolismu, metabolismus kostí a absorpce ve střevě. Zvýšené množství se objevuje při chronickém poškození ledvin a naopak snížení jeho hladiny v krevní plazmě nastává užitím glukózy nebo nedostatkem vitamínu D (MASOPUST, 2000). Rozpětí fosforu v krevní plazmě u kapra obecného je okolo 1,39 – 1,78 mmol.l⁻¹ (TRIPATHI et. al., 2003).

2.2.6.2.11 Triglyceridy (TAG)

Triglyceridy se nacházejí jak v předkládaném krmivu, ale také jsou syntetizovány v játrech a to především z karbohydrátů, které poskytují sekundární zdroj energie. Dále se TAG nachází v tukové tkáni. Jejich indikací zjišťujeme abnormality lipidového metabolismu. Množství TAG u kapra obecného dosahuje 0,49 – 2,83 mmol.l⁻¹ (KOLÁŘOVÁ, VELÍŠEK, 2012).

2.2.6.2.12 Močovina (UREA)

Močovina je konečný produkt metabolismu bílkovin. Je to nízkomolekulární látka, která je syntetizována v játrech a vylučována ledvinami. Její množství v krevní plazmě závisí na množství bílkovin (přijatých potravou), stupni katabolismu endo i exogenních proteinů, ureosyntetické schopnosti hepatocytů a míře vylučování ledvinami. Vyšší množství v plazmě znamená nadměrnou tvorbu urey (zvýšený katabolismus proteinů) nebo poškození ledvin (její nedostatečné vylučování), naopak nižší koncentrace nastává při poruše její syntézy (při hladovění, onemocnění jater) (MASOPUST, 2000). Množství urey v krevní plazmě u kapra obecného nabývá hodnot od 1 až do 3 mmol.l⁻¹ (SVOBODOVÁ et. al., 1986).

2.2.7 Buněčné elementy

2.2.7.1 Bílé krvinky (*leukocyty*)

Bílé krvinky, jsou buněčné elementy, které mají jádro a jejichž koncentrace se pohybuje v rozmezí 30 – 100 G.l⁻¹ (HAWKINS, MAWDESLEY – THOMAS, 2006). Příkladem lze uvést kapr obecný, u kterého je počet leukocytů 10 – 80 G.l⁻¹ (SVOBODOVÁ et. al., 1986). Množství bílých krvinek je ovlivněno několika faktory, mezi které můžeme zařadit věk, pohlaví, pohlavní aktivitu, teplotní změny, zdravotní stav a druhovou příslušnost. Při jakémkoli onemocnění dochází ke zvýšení počtu leukocytů (MODRÁ et. al., 1998). Jejich hlavní funkcí je ochrana rybiho organismu před patologickými agens. Využívají různých obranných strategií, mezi které patří například uplatnění lymfocytů v imunitních reakcích, kde představují fixátory toxinů nebo fagocytóza, kterou provádějí neutrofilní granulocyty (PRAVDA, PALÁČKOVÁ, 1988; WATANUKI et al., 1999).

Bílé krvinky, stejně jako u vyšších obratlovců, dělí dle přítomnosti specifických granulí v cytoplazmě na granulocyty (ty v cytoplazmě granula obsahují), které se dále dělí dle způsobu jejich zbarvení na basofilní (tmavě modré), eosinofilní (červené) a neutrofilní (neutrální až růžový odstín) a agranulocyty (ty v cytoplazmě nemají granula neboli zrna, která se dají obarvit), které se rozdělují na lymfocyty (tvoří 80 – 95 % leukocytů) a monocyty (tvoří 3 – 4 % leukocytů) (KIRKOVÁ, 1990; DUBANSKÝ, SVOBODOVÁ, 1995).

2.2.7.1.1 Lymfocyty

Dle morfologického hlediska se dělí na tzv. malé (90 % všech) a velké. Velikost se u nich pohybuje v rozmezí 7 – 9 μm . Jak bylo již zmíněno (viz kapitola 2.2.4) jejich vývojově mladší stádia se nazývají lymfoblasty a prolymfocyty, které mají jádro kulovitého tvaru (ESTEBAN et. al., 2000). Cytoplazma, je blankytně modrá, neobsahuje granule nebo má jen ojediněle azurová zrna s tím, že buď z části obepíná jádro, nebo tvoří souvislý lem okolo něj. Dále může tvořit nepravidelné výběžky, nebo může být nahloučena (ELLIS, 1977).

2.2.7.1.2 Monocyty

Patří mezi největší buněčné elementy v krvi ryb, dosahující 15 – 18 μm . Jejich tvar je oválný až kulovitý a mají jádro. Cytoplazma je zbarvena břidlicově šedě, je jí větší množství než u lymfocytů a bývá vakualizována s nepravidelnými okraji. Často se v ní nacházejí azurofilní zrna nafialovělé barvy rozptýlená po buňce. Monocyty mají schopnost pohlcovat poškozené nebo přestárlé erythrocyty s následným rozkladem jejich uvolněného hemoglobinu na bilirubin. Podílí se také na syntéze proteinů, lipidů a tvorbě protilátek (SVOBODOVÁ et. al., 2012).

2.2.7.1.3 Neutrofilní granulocyty

Mezi neutrofilní granulocyty patří celá řada vývojových stádií těchto buněk, jejichž společným znakem je různý počet granul, které částečně nebo zcela vyplňují prostor v cytoplazmě okolo jádra. Tvar jádra odpovídá vývojovému stupni leukocytů. Neutrofilní myelocyty mají okrouhlé jádro s mírně excentrickým uložením, oproti tomu jádro neutrofilních metamyelocytů je ledvinovitého tvaru a konečně jádro segmentované do dvou a více segmentů náleží neutrofilním granulocytům. Velikost těchto buněk se pohybuje v rozmezí 5 – 10 μm , pokud jde o zastoupení, to se vyskytuje v rozpětí 2 – 10 %, přičemž u chrupavčitých ryb to může být až 25 % (SVOBODOVÁ et. al., 2012).

2.2.7.1.4 Eozinofilní granulocyty

Eozinofilní granulocyty se u chrupavčitých ryb nachází celkem běžně, zatímco u kostnatých ryb jen výjimečně (0 – 1 %). Jejich jádro je málo segmentované, má asymetrické okrouhlé uložení (DOUBEK et. al., 2003) a je méně barvitelné. Cytoplazma se barví slabě růžově, ale v mikroskopu většinou není vůbec vidět, jelikož je, stejně tak i část málo segmentovaného jádra, překryta cihlově červeně (eozinofilně) zbarvujícími se granulemi (SVOBODOVÁ et. al., 2012). Tyto granulocyty u ryb mají významnou detoxifikační funkci díky svým granulím (NEFF, 1985).

2.2.7.1.5 Bazofilní granulocyty

Bazofilní granulocyty patří mezi poslední buněčnou kategorii granulocytární řady s velikostí okolo 10 μm a okrouhlým tvarem. Jádro je excentricky uložené a spolu s cytoplazmou je opět zcela nebo zčásti překryté četnými nestejně velkými granulemi, jejichž zbarvení je modročerné až purpurové (DOUBEK et. al., 2003). Dle AINSWORTA (1992) se v krvi ryb bazofilní granulocyty nevyskytují, ale SVOBODOVÁ et. al., (2012) udává zastoupení v krvi od 0 až do 0,5 %.

2.2.7.2 Krevní destičky (trombocyty)

Trombocyty u ryb představují také plnohodnotné buňky variabilního tvaru (vřetenovitého i oválného). Jádro bývá většinou kulaté a vyplňuje téměř celou buňku, jejíž zbytek je vyplněn cytoplazmou hyalinního charakteru (čirá, průsvitná) (PECKA, 1995). Jejich počet v krvi se pohybuje v rozmezí 10 – 40 G.l^{-1} (SVOBODOVÁ et. al., 1986). Hlavní funkce trombocytů spočívá v již popsaném srážení krve (hemokoagulace)(viz kapitola 2.2.5), dále plní funkci v imunitních procesech spolu s makrofágy, monocyty a neutrofilními granulocyty při fagocytóze (DOUBEK et. al., 2003).

2.2.7.3 Červené krvinky (erytrocyty)

Červené krvinky jsou buňky, které jsou u ryb tzv. plnohodnotné, tzn. že oproti savcům mají jádro. To je kulaté, nacházející se v centru buňky a má četné hrudky chromatinu. Tvar erytrocytů je diskovitý, velikost závisí na faktorech prostředí, druhu a pohlaví (CAMBELL, MURA, 1990). U kapra dosahují velikosti zpravidla 12 μm (SVOBODOVÁ et. al., 2012). Počet červených krvinek u sladkovodních ryb se pohybuje v rozpětí 0,7 – 2 T.l^{-1} (u kapra obecného 1,1 – 1,8 T.l^{-1}) a také je ovlivněn řadou faktorů, mezi které patří pH vody, koncentrace O_2 v krvi, roční období, věk, pohlaví, druh ad. (ANDERSON et. al., 1985; LUSKOVÁ, 1996). Ve srovnání se savci je tento počet malý, ale je kompenzován velkým povrchem, který je u rybích erytrocytů až čtyřnásobně větší. Ryby, které mají vyšší aktivitu, mají také i vyšší počet erytrocytů, ale během vývoje (embryonálního a larválního) je značně omezen výskyt erytrocytů. To se ale mění s přibývajícím věkem a velikostí, kdy se jejich počet zvyšuje, především u samců více než u samic v důsledku intenzivnějšího metabolismu (LUSKOVÁ, 1996).

Ke snížení počtu červených krvinek dochází u dospělých ryb v období výtěru, po skončení výtěru dochází k navrácení jejich počtu do fyziologických hodnot (LUSKOVÁ, 1996). Mezi další negativní vlivy na počet erytrocytů můžeme zařadit onemocnění hemopoetických orgánů, nižší kvalita přijímané potravy a hladovění. Naproti tomu výrazné navýšení počtu červených krvinek způsobují i tzv. hypoxické stavy (dušení), kdy dochází k jejich velkému uvolňování z orgánových zásob ve slezině a ledvinách (SALA – RABANALA et. al., 2003).

Pokud jde o jejich funkci, slouží erytrocyty především jako transportér krevních plynů (kyslíku O_2 i oxidu uhličitého CO_2), přičemž tyto plyny mohou přenášet jen díky krevnímu barvivu nazývanému hemoglobin, které je složeno z hemu (4 %) a bílkoviny globin (96 %) (POWERS, 1980). V hemu se nachází dvojmocný atom železa (Fe^{+2}), právě na ten se váže buď kyslík, nebo oxid uhličitý (SVOBODOVÁ et. al., 2012).

Hemoglobin (Hb) u ryb se oproti savčímu vyznačuje vyšší afinitou ke kyslíku (SVOBODOVÁ et. al., 2012). Jeho množství se u kapra obecného pohybuje v rozpětí 60 – 100 $g.l^{-1}$. Erytrocyty jsou také kromě plynů schopny transportovat i některé látky proteinové povahy (např. thyroidní hormony) (DOUBEK et. al., 2003). Při zvýšených koncentracích dusitanů ve vodě dochází k výskytu methemoglobinu v krvi (jeho podíl může být až 80 % z celkového množství hemoglobinu). Vzniká oxidací atomu Fe^{+2} hemoglobinu na Fe^{+3} , tím se zabraňuje přenosu krevních plynů. Ryby mají velkou individuální citlivost k oxidaci hemoglobinu a působení methemoglobinreduktázy (ta redukuje trojmocnou formu zpět na dvojmocnou). V případě, že je ryba nemocná, nebo je ve stresu, dochází většinou ke snížení hladiny hemoglobinu. Ke stanovení objemu erytrocytů z celkového objemu krve se využívá tzv. hematokritová hodnota (PCV, Hk), která se u kapra obecného pohybuje v rozmezí 0,28 – 0,40 $l.l^{-1}$ a patří k základním vyšetřením červené krevní složky u ryb (SVOBODOVÁ et. al., 2012).

2.3 Těžké kovy

2.3.1 Historie těžkých kovů

V roce 1500 př. n. l. byl vytvořen Ebersův papyrus, který označuje jako jedy některé slitiny mědi, antimonu a olova. Velká řada dalších kovů byla objevena až v pozdějším období. Důkazem je kadmium, jehož existence je známa až po roce 1817, kdy byl získán ze zinkové rudy, ve které se nachází jako doprovodný prvek. Z těchto písemných dokladů lze usoudit, že kovy jsou nejdéle známými toxickými látkami (KAFKA, PUNČOCHÁŘOVÁ, 2002).

2.3.2 Charakteristika těžkých kovů

Těžké kovy mají hustotu vyšší než 5 g.cm^3 . Těžkými kovy nazýváme především metaloidy (nekovový prvek, který má některé vlastnosti kovů – např. křemík, arsen) a kovy, které působí toxicky a znečišťují životní prostředí. Většinou se mezi těžké kovy zahrnují jak prvky důležité pro biotu v nízkém množství, tak i prvky, které jsou toxické ve velmi nízkých koncentracích. Nebezpečnost těžkých kovů lze uvést u ryb, které žijí ve vodním prostředí a u kterých těžké kovy ovlivňují rozmnožování a fyziologické funkce jako například růst, ale mohou vést až ke smrti. Tyto kovy jsou nebezpečné jak svou toxicitou, tak i schopností kumulovat se v organismu (AMUNDSEN et al., 1997), kde mohou způsobovat různé problémy od dermatitid přes negativní změny krevního obrazu, zažívací potíže až po poškození orgánů důležitých pro náš život (především játra, ledviny, mozek) a vyvolání rakovin (KAFKA, PUNČOCHÁŘOVÁ, 2002). Další vlastností těžkých kovů je katalýza reakcí, při kterých vznikají volné radikály zapříčiňující oxidativní stres s poškozením DNA. Dále kovy mohou nahrazovat některé esenciální prvky, kdy například olovo nahrazuje ionty vápníku v kostech, což způsobuje osteoporózu (BENCKO et al., 1995).

2.3.3 Zdroje těžkých kovů

Za zdroje těžkých kovů můžeme považovat složky zemědělství i průmyslu, které se mohou vyskytovat jak plošně tak i lokálně. Příkladem je zpracování rud, kdy dochází k mletí a drcení za vzniku prachu, který se pak dostává do životního prostředí. Dále se může jednat o pražení nebo tavení kovů, při kterém vznikají páry a dýmy ohrožující respirační ústrojí. Těmito způsoby se do atmosféry dostávají kovy jako je rtuť, olovo, arsen a nikl. Spalováním fosilních paliv se také do ovzduší dostávají těžké kovy, v nadlimitním množství, například rtuť, kadmium a chróm. I vlivem zemědělství, převážně aplikací fosfátových hnojiv, dochází ke kontaminaci půdy olovem i kadmium, používáním pesticidů (insekticid, herbicid, fungicid) se do půdy dostává velké koncentrace rtuti, olova, kadmia a arsenu (KAFKA, PUNČOCHÁŘOVÁ, 2002).

2.3.4 Chemické vlastnosti těžkých kovů

Většinou mají kovy d-orbitaly neúplně zaplněné, výjimku tvoří rtuť, zinek a kadmium, které mají d-orbitaly zcela zaplněné. Díky tomu se jen velmi málo podílejí na kovové vazbě a tím se odlišují ve fyzikálních vlastnostech, např. mají nízkou teplotu tání. Volnými d-orbitaly kovy interagují s ligandy, přičemž vznikají komplexní sloučeniny, které mají redoxní vlastnosti. Proto kovy mohou vystupovat jako centrální ionty (NIES, 2003). Vyšší koncentrace centrálních iontů způsobuje v buňce vznik komplexních sloučenin, které pro ni mají toxický účinek, jelikož se vážou na -SH, -NH₂ a -COOH skupiny bílkovin a tím dochází ke změně jejich funkce i struktury a začínají fungovat jako enzymatické jedy (BENCKO et al., 1995).

Mezi organickými a anorganickými sloučeninami těžkých kovů existuje velký rozdíl v toxicitě. Obecně lze říci, že nejtoxičtější jsou organokovové sloučeniny patřící mezi lipofilní látky, které rychle a bez problémů dokáží projít přes buněčné membrány. Jejich proces zpětné redukce (dealkylace) na organické soli je velmi pomalý (GÖRÜR et al., 2012). Toxicita kovů ve vodním prostředí je ovlivněna mnoha faktory, například rozpustnost kovu ve vodě, forma výskytu kovu, tzn., jestli se jedná o volný nebo chelátový iont a jaké má iont oxidační číslo. Dalšími faktory pro stanovení toxicity těžkých kovů jsou fyzikální vlastnosti, například sluneční záření, množství kyslíku, pH, teplota a salinita. (GREENWOOD, EARNSHAW, 1993).

2.3.5 Průnik těžkých kovů do organismu

Jak bylo již zmíněno, (viz kapitola 2.3.3) výskyt těžkých kovů v okolním prostředí je všude, od vody až po půdu a to převážně díky antropogenní činnosti a také přirozenému výskytu. Často jejich koncentrace přesahuje několikrát povolené hodnoty. Do organismu mohou těžké kovy vstoupit několika možnými cestami (kůží, dýchacím a trávicím ústrojím, placentou). Vodní živočichové a zejména kaprovití, kteří hledají potravu přerýváním dna, jsou nejvíce vystaveni toxickému působení těžkých kovů, jelikož se v sedimentech akumulují ve velkých dávkách (KAFKA, PUNČOCHÁŘOVÁ, 2002).

Při vdechnutí (inhalaci) plynu nebo par, obsahující těžké kovy, dochází k rozpuštění těchto látek v mukózním hlenu plic a jen malá část těchto látek se dostane do alveol plic. Většina je odstraněna. Může ovšem dojít k tomu, že se škodlivá látka nerozpustí. Tím do alveol proniká větší množství této látky, která se následně absorbuje a proniká přes membrány difúzí nebo aktivním transportem do krve (PAVLIŠ, 2005). Stejně je tomu, i pokud se ionty těchto kovů dostanou na kůži nebo do trávicího ústrojí. Po určité době dojde k jejich vstřebání s následným průnikem do krve. Krví jsou posléze sloučeniny těžkých kovů transportovány do cílových orgánů (játra, ledviny, mozek). Ve většině případů je kov navázán ve specifických bílkovinách krevní plazmy a jen ojediněle je obsažen v červených krvinkách. (KAFKA, PUNČOCHÁŘOVÁ, 2002).

2.3.6 Působení těžkých kovů na člověka

Nejvíce ohroženi toxickým působením těžkých kovů jsou staří lidé a malé děti, jelikož jsou nejvíce citliví. Buňky malých dětí velmi rychle rostou a dělí se, což zvyšuje riziko vzniku genotoxických efektů. Z nejdůležitějších faktorů toxického působení kovů je jejich biologický poločas (doba, za kterou je tělo schopno zbavit poloviny uloženého množství toxické látky), je velmi důležité tento termín znát, protože víme, že poškození organismu se rovná době působení iontů kovu na tělo organismu. Například biologický poločas kobaltu, chromu a arsenu je v rámci hodin až dnů. Tato doba bývá také často ovlivněna formou kovu, který se v těle vyskytuje, v příkladu lze uvést methylrtuť nebo tetraethylolovo (KAFKA, PUNČOCHÁŘOVÁ, 2002).

Tyto dvě sloučeniny patří mezi alkylsloučeniny a mají lipofilní charakter, díky čemuž se mnohem lépe rozpouštějí v ochranných myelinových vrstvách nervových vláken než anorganické soli těžkých kovů. Koncentrace těchto kovů se stanovuje nejčastěji v krvi, vlasech nebo moči. Stanovení množství ve vlasech má tu výhodu, že se koncentrace může sledovat po segmentech, čímž se upřesní, jak se toxikanty dokázaly vstřebávat za jednotku času. Absorpce kovů tělem je ovlivněna i pomocí stravovacích návyků, například mléko. To může zvýšit absorpci některých kovů. Opakem je vitamín C (neboli kyselina L-askorbová), který napomáhá zvyšovat absorpci železa, jehož antagonisty jsou kadmium a olovo. Vstřebávání ovlivňují i další faktory, kterými jsou například konzumace alkoholu nebo kouření, což zvyšuje toxicitu i absorpci těžkých kovů. Například cigaretový kouř obsahuje kadmium a nikl (KAFKA, PUNČOCHÁŘOVÁ, 2002).

2.3.7 Působení těžkých kovů na ryby

Voda, která je znečištěná těžkými kovy může způsobit změny ve složení rybí krve. Hematologické změny se nejčastěji objevují dříve než ostatní příznaky intoxikace. Obecně lze říci, že existují dva typy změn vyvolané působením těžkých kovů. Do první skupiny změn můžeme zahrnout stresové reakce způsobené kontaktem organismu s kovem. K těmto změnám se zařazují i kompenzační reakce organismu, mezi které patří: změna hladiny glukózy, počtu erytrocytů, koncentrace hemoglobinů a hematokritové hodnoty. Do druhé skupiny změn zahrnujeme poruchy způsobené specifickým působením toxických kovů v různých fyziologických procesech. Ty mohou vyvolat poruchu krvetvorby nebo potlačení imunitních funkcí leukocytů. Poruchy v játrech, ledvinách, žlázech a dalších orgánech se odrážejí ve změnách krevních parametrů (složení plazmy, pH, obsah proteinů atd.), což má za následek abnormální krevní obraz (JEZIERSKA & WITESKA, 2001).

2.4 Rtuť

2.4.1 Historie rtuti

Již staří Egypťané přibližně před 5 tisíci lety využívali rtuť pro její neocenitelnou vlastnost, kterou je schopnost rozpuštění většiny kovů, hlavně zlata, které bylo v té době považováno za božský symbol. Kromě této vlastnosti měla ještě funkci při balzamování lidského těla, kdy sloužila jako podklad pod oční víčka. O nejvíce rozsáhlou historii tohoto kovu se zasloužila Čína. V roce 1100 před naším letopočtem se v Číně těžil a využíval sulfid rtuťnatý (HgS) neboli rumělka (pigment zvaný čínská červeň) k výrobě barev. Dále rtuť Číňané používali k léčení vředových onemocnění, což potvrzuje i dvorní lékař Chua Tchuo císaře Jüan-ti, který pomocí nerozpustného chloridu rtuťného léčil žaludeční vředy a vypuzoval červovité parazity ze střevního a zažívacího traktu. Chlorid rtuťnatý, který je prudce jedovatý, se využíval také při konzervaci dřeva, léčbě plísňových onemocnění a desinfekci. Oxysulfát rtuťný, který se jen vzácně vyskytuje v přírodě jako druhotný minerál schuetteit, se aplikoval jako lék proti impotenci. Velmi osvědčená byla také rtuťozinková mast, která se používala na pohmožděny. Pro nás nejvýznamnější je dochování stomatologické receptury z 2. století našeho letopočtu, kdy Číňané vyplňovali nemocné zuby rtuťovým amalgámem. Okolo roku 400. před naším letopočtem pojmenoval Aristoteles tento prvek jako rychlé stříbro. V roce 300. před naším letopočtem Theofast popisuje získávání rtuti z rumělky pomocí mědi a octu. V 80. letech našeho letopočtu Dioskorides také popisuje získání rtuti z rumělky, ale za použití železa. Dalšími názvy rtuti byly například tekuté stříbro nebo vodní stříbro, kdy z názvu vodní stříbro byla odvozena značka rtuti Hg neboli hydrargyrum. Okolo roku 150. před naším letopočtem žil v Egyptě (Alexandrii) Bólos z Mandy. Byl to otec tzv. vědecké magie (později alchymie), který jako první začal k transmutaci kovů využívat rtuť. Tím dosáhl velmi dobrých výsledků při amalganci, kdy se mu podařilo získat i z velmi chudých rud vzácné kovy. Rozmach ve využívání amalgance se datuje hlavně v 16. a 17. století, což potvrzuje i fakt, že v druhé polovině 16. století zavedl v Mexiku Barholomeus de Medina amalganci stříbrných rud (PAŘÍZEK, 2010; OZUAH, 2000; REMY, 1962; PAVELKA, SCHUTZ, 1979).

2.4.2 Charakteristika rtuti

Rtuť (Hydrargyrum, Hg) patří mezi kovy, které se v přírodě přirozeně vyskytují. V periodické soustavě prvků se nachází ve skupině II.B s atomovou hmotností 200,59 (JACKSON, 1997). Má velmi dobrou elektrickou vodivost a je nápadně těžká (REMY, 1971). Tento prvek se odlišuje od prvků II. A skupiny tím, že má zaplněné d-orbitaly a v orbitalech ns má pouze dva valenční elektrony. Díky tomu, že jádra (prvků II. B skupiny), která působí na elektronový obal, mají větší náboj, jejich atomové poloměry jsou menší než atomové poloměry prvků II. A skupiny. Proto je tento kov mnohem méně reaktivní. Teploty tání všech stříbrolesklých kovů ve II. B skupině (rtuť, kadmium a zinek) jsou nízké, jelikož jejich kovová vazba je slabá (VACÍK et al., 1996).

Při normální teplotě dochází ke slučování rtuti s kyslíkem nepatrně, přičemž okolo bodu jejího varu dochází k oxidaci, kdy se na povrchu vytváří vrstva oxidu rtuťnatého (HgO). Rtuť dále reaguje za běžně teploty s ozónem za vzniku kysličníku rtuťnatého (Hg₂O). S vodou, ani s vodní parou rtuť nereaguje. V kyselině bromovodíkové (HBr) i v kyselině chlorovodíkové (HCl) se tento prvek velmi málo rozpouští, ale v kapalném jodovodíku se rozpouští velmi rychle. V koncentrované kyselině sírové (H₂SO₄) dochází k pomalému rozpouštění při normální teplotě, přitom za vyšší teploty nastává rychlé rozpouštění za vzniku oxidu a síranu siřičitého. Kyselina dusičná (HNO₃) rozpouští rtuť velmi snadno a dle poměru rtuti vůči kyselině a okolní teplotě vzniká dusičnan rtuťnatý nebo rtuťný. Lučavka královská rozpouští rtuť na chlorid rtuťnatý (HgCl₂) (FARA, 2004).

Většinou se vyskytuje ve třech oxidačních stavech: rtuťné Hg⁺¹, kovová rtuť Hg⁰ a rtuťnaté Hg⁺², v podobě organokovové sloučeniny a anorganické formy (JACKSON, 1997).

Díky tomu se vytváří široká škála sloučenin, které jsou odlišné jak svými chemickými, fyzikálními vlastnostmi, tak i toxicitou (HOUSEROVÁ et al., 2006).



Obr. 2 *Rtuť*

(Zdroj: http://relax.lidovky.cz/jedy-v-tele-cechy-ohrozuje-rtut-z-ryb-a-plomb-fms-/zdravi.aspx?c=A130827_103001_ln-zdravi_mc)

2.4.3 Formy rtuti

Rtuť se může vyskytovat, jak ve formě anorganické, tak i organické.

2.4.3.1 Anorganické formy rtuti

Elementární rtuť patří mezi těžké kovy, má stříbrnou barvu a při běžné teplotě a tlaku je tekutá (bod tání – 38,9 °C). Tenze jejich par je vysoká a krom vzácných plynů je to jediný prvek, který má jednoatomové páry. Nejvíce se vyskytující sloučeniny jednomocné rtuti jsou halogenidy. Kalomel (Hg_2Cl_2) je velmi málo rozpustný ve vodě, díky čemuž je mnohem méně toxický, než ty sloučeniny, které jsou ve vodě snadněji rozpustnější. V minulosti se kalomel využíval v lékařství, nicméně jeho velkou nevýhodou byla jeho možná kontaminace s HgCl_2 , který je velmi silně jedovatý. Reakcí s dvojmocnou rtutí vzniká o mnoho více sloučenin než reakcí s formou jednomocnou, patří sem např. soli silných oxokyselin (sírany, chloristany a dusičnany), halogenidy, sulfidy, oxidy a řada dalších sloučenin, které obsahují stálé sulfidické vazby ($\text{Hg}^{\text{II}}\text{-S}$), ale i $\text{Hg}^{\text{II}}\text{-N}$ a $\text{Hg}^{\text{II}}\text{-X}$. Organokovové sloučeniny mají vždy až dva uhlovodíkové zbytky, které jsou navázány na atom kovu a tím daly vznik sloučeninám RHgR' i RHgX . R' kde R jsou již zmíněné uhlovodíkové zbytky (např. $\text{C}_2\text{H}_5\text{-}$, $\text{CH}_3\text{-}$ nebo $\text{C}_6\text{H}_5\text{-}$) a X je anion nejčastěji dusičnan, sulfid, halogenid a další (HOUSEROVÁ et al., 2006).

Organokovové sloučeniny jsou často vytvářeny v životním prostředí z anorganických forem rtuti mechanismem neenzymatického přenosu methylové skupiny z methylkobalaminu (CH_3B_{12}) na Hg^{+2} (HOUSEROVÁ et al., 2006).

2.4.3.2 Organické formy rtuti

Nejdůležitější organická forma rtuti z hlediska environmentálního zatížení je methylrtuť (JACKSON, 1997). Tato forma patří mezi nejvíce nebezpečné sloučeniny rtuti. Vzniká působením methanogenních bakterií na anorganické sloučeniny v anaerobním prostředí v sedimentech slaných i sladkých vod při ději, který se nazývá biomethylace. Díky tomu, že je rozpustná v tucích i ve vodě, hromadí se ve vodním prostředí, odkud se pak velmi rychle dostává do potravního řetězce (KAFKA, PUNČOCHÁŘOVÁ, 2002). Koncentrace methylrtuti v lidském organismu se nejlépe zjišťuje z vlasů, protože je zde asi 250 krát vyšší množství než v krvi (KONRÁDOVÁ, 2014).

2.4.4 Biogeochemický cyklus

Biogeochemický cyklus je součet veškerých vstupů a výstupů rtuti v prostředí. Dochází zde k uvolnění rtuti a také ke vzniku těkavých sloučenin z odpadních i povrchových vod hornin i půd obohacených o antropogenní emise (až 2/3 veškeré rtuti) a dále s jejich následným transportem a transformací atmosférou (PAL, ARIYA, 2004). Pomocí větru jsou emise přenášeny na velké vzdálenosti. Posléze jsou sorbovány v půdě nebo vodě (i sedimentech bahna) odkud jsou absorbovány živou přírodou. Tento cyklus se neustále opakuje. Část rtuti se vždy akumuluje ve vodních potravních řetězcích nebo se naváže do nerozpustných sloučenin a nemůže se znovu do atmosféry uvolnit. Proto, aby se rtuť nevratně vážala v biosféře, je velmi důležitá thiolová skupina $-\text{SH}$, která musí být přítomná v molekulách tvořící rozpuštěný organický uhlík (DOC). Tato skupina je převážně obsažena v hydrofobní frakci rozpuštěné organické hmoty (DOM) v podobě fulvových nebo huminových kyselin (HSU, SEDLAK, 2003; RAVICHANDRAN, 2004).

2.4.5 Methylace rtuti

Methylace je proces, při kterém, jak bylo již zmíněno (viz kapitola 2.4.3.2), vznikají z anorganické formy rtuti organické formy a to jsou: monomethylrtuť (CH_3Hg^+), dimethylrtuť ($(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$) i organokovové sloučeniny. Methylace může probíhat dvěma způsoby a to: abiotickou i biotickou cestou (MARŠÁLEK, 2006).

2.4.5.1 Biotický způsob methylace

Jedná se o tzv. neenzymatickou methylaci rtuťnatých iontů (Hg^{+2}) methylkobalaminovými sloučeninami (CH_3B_{12}). Tato reakce se probíhá převážně v sedimentech za přítomnosti bakterií, které jsou schopny redukovat sulfáty (např. rod *Desulfuromonas* a *Desulfovibrio*). Pro tyto rody bakterií představuje methylace proces detoxifikace, což znamená, že pokud dojde k vytvoření sloučeniny dimethylrtuti, může snadno vytékat z těchto bakterií do okolního prostředí (RISHER & DEWOSKIN, 1999; RAVICHANDRAN, 2004; GRAY et al., 2004).

Díky cytoplazmatické reduktáze se může oxidovaná forma rtuti redukovat, což je běžný detoxifikační mechanismus mikroorganismů (RAVICHANDRAN, 2004; GRAY et al., 2004).

2.4.5.2 Abiotický způsob methylace

Přestože biotický způsob methylace sloučenin rtuti je převládající, dochází také často ve vodním prostředí k abiotické methylaci Hg^{+2} methyl deriváty olova nebo cínu, ale také v přítomnosti vysokého množství huminových látek. Touto cestou se vytvoří asi 10 % z celkové produkce methylrtuti (RISHER & DEWOSKIN, 1999).

2.4.6 Využití rtuti

Jak bylo již zmíněno (viz kapitola 2.4.1), rtuť se využívala ve starověkém Řecku i Římě, kdy právě Římané tento kov používali na výrobu zlata amalgancí. Největší uplatnění našla také již zmíněná rumělka, která sloužila v kosmetice, stavebnictví jako barva (pigment), ale také při léčbě kožních a očních chorob, nebo i léčení syfilisu (FARA, 2004).

V 17. století vznikl první rtuťový barometr, o necelé století později i první rtuťový teploměr, který sestrojil Fahrenheit. V armádě se rtuť používá na výrobu rtuťových rozbušek (FARA, 2004). Její další využití je moření osiva v zemědělství a papírenském průmyslu (PAVLIŠ, 2005).

V dnešní době je rtuť jedna z neúčinnějších složek antiseptik, diuretik i léků v kožním lékařství, dále je součástí bateriových článků, výbojek a elektrotechnických součástek (FARA, 2004).

2.4.7 Zdroje znečištění rtutí

Rtuť se vyskytuje prakticky všude na Zemi (biosféra, atmosféra, hydrosféra i litosféra), kde se vyskytuje z přírodních zdrojů. Její množství ročně stoupá především díky antropogennímu původu (znečištění způsobující člověk) (EISLER, 2010). Jako přírodní zdroj se rtuť do prostředí dostává ve formě plynu, nebo roztoku obsahujícího pevné částice cinabaritu (neboli rumělka – HgS). Naproti tomu největšími antropogenními zdroji jsou farmaceutický průmysl, městské odpady, vyřazené baterie a výbojky, zpracování rtuti i dalších kovů jako například měď, zlato i olovo. V neposlední řadě je do antropogenní činnosti zařazeno spalování fosilních paliv, což činí okolo 60% veškeré rtuti, která pochází z antropogenního znečištění (JACKSON, 1997; ZHANG, WONG 2007).

Lidé jsou nejvíce vystaveni působení rtuti při postupném uvolňování amalgánových zubních výplní, ale i při konzumaci ryb i dalších vodních živočichů (SALLSTEN et al., 1996).

2.4.8 Toxikokinetika = cesta jedu organismem

Methylrtuť se absorbuje do těla ryby pomocí trávicího traktu, žaber a kůže (OLSOM, FROMM, 1973; HARRISON et al., 1990; OLIVEIRA et al., 1999). U člověka proniká methylrtuť cestou dermální, orální nebo inhalační (RISHER & DEWOSKIN, 1999), kdy dojde k následnému navázání na hemoglobin (erytrocyty) organismu a její distribuci do jednotlivých orgánů. Hlavní mechanismus, díky kterému je methylrtuť toxická, spočívá v inhibici proteinových syntéz a následnou interferencí s odstraňováním glutamátů z mezibuněčných prostor, což vede ke zvýšení koncentrace intracelulárního vápníku. Rtuť se váže na thiolové skupiny (-SH) proteinů, přičemž dochází k blokování funkcí řady hormonů, kofaktorů i enzymů (MATHIESON, 1995; SANFELIU et al., 2003; BRIDGES, ZALUPS, 2005). Všechny formy rtuti dokáží projít přes hematoencefalickou bariéru (WINSHIP, 1985) (tzn. přechod látky z krve do mozku = látka proniká přes tzv. „těsné spoje“ epitelu cévní stěny přímo do mozku), ale i přes plodovou placentu (KAFKA, PUNČOCHÁŘOVÁ, 2002).

Biologické membrány mají mnohem větší propustnost pro methylrtuť i rozpuštěné páry rtuti ve srovnání s anorganickými formami (ELHASSANI, 1983).

V málo zatížených lokalitách se rtuť ukládá ve svalovině ryb, kde dochází k již zmíněnému navázání na thiolové skupiny proteinů (EISLER, 2010). V lokalitách, kde je vyšší zatížení, je vyšší množství v játrech ryb než v rybí svalovině (HAVELKOVÁ et al., 2008).

Organokovové sloučeniny jsou mnohem lépe rozpustné v tucích, díky tomu jsou oproti anorganické formě lépe absorbovány organismem. (ELHASSANI, 1983; EISLER, 2010) V játrech methylrtuť vytváří s cysteinem a glutathionem rozpustné komplexy. Ty jsou pak žlučí uvolněny do trávicího traktu, kde dojde k jejich částečné reabsorpci. Dále zde dochází ke štěpení vazby C-Hg, čímž dojde k její demethylaci (KLAASSEN, 2007).

2.4.9 Dopady vyvolané toxickým působením rtuti na člověka

Jak bylo již zmíněno, (viz kapitola 2.4.8) rtuť se může do lidského těla dostat cestou dermální, orální a inhalační. Působení tohoto těžkého kovu vyvolává u člověka karcinogenní, genotoxické, vývojové, reprodukční, neurologické a imunologické účinky, které mohou končit smrtí (RISHER & DEWOSKIN, 1999).

Otrava rtuť u člověka je závislá na několika faktorech. Za prvé je to již několikrát zmíněná vstupní cesta, (viz kapitola 2.4.8) za druhé druh otravy tzn. akutní nebo chronická a za třetí v jaké formě se rtuť nachází (BENCKO et al., 1995). Anorganická forma rtuť je více toxická pro ledviny, zatímco organokovové sloučeniny jsou nebezpečné pro centrální nervovou soustavu. Jak bylo uvedeno výše (viz kapitola 2.4.8), rtuť dokáže projít přes placentu a intoxikovat plod. Intenzita průniku jejích iontů je dána chemickou vazbu tzn. nejméně proniká anorganická forma, nejvíce aryl- a alkylsloučeniny. Placenta dokáže do určité míry ochránit plod před akutní otravou, bohužel při chronických otravách rtuť prostupuje a ukládá se hlavně v červených krvinkách a mozku plodu. Literatura uvádí, že již po dvou dnech působení rtuť na matku, dosahovala koncentrace rtuť v mozku plodu dvakrát vyšších hodnot (FARA, 2004).

2.4.10 Inhalační expozice

Touto cestou do lidského těla pronikají zejména dialkylové organokovové sloučeniny rtuť s vysokou tenzí par za normální teploty, ale také elementární rtuť. Kapalná rtuť se špatně absorbuje kůží i zažívacími orgány, naopak páry velmi snadno prostupují do těla plícemi (KOSTYNIÁK, 1998). Právě plíce jsou kritický orgán při akutní otravě par elementární rtuť. Vytváří se akutní bronchitida (je to zánět výstelky velkých dýchacích cest), kterou doprovází průjmy a zvracení. Při chronické otravě je nejvíce dotčeným orgánem mozek. Příznaky jsou: nechutenství, únava i bolesti hlavy. Po delší době se vyskytuje třes, který je typický pro otravu rtuť a pozvolna postihuje celé tělo. U lidí pracujících v prostředí, kde může často docházet k expozici par rtuť, byl zjištěn vyšší výskyt chromozomových aberací lymfocytů (tj. mutace na chromozomální úrovni lymfocytů) (BENCKO et al., 1995). Toxické účinky kovové rtuť se projevují nefrotickým syndromem, který se projevuje ztrátou albuminu močí a edémem plic, dalšími projevy jsou dušnost, neurologické potíže, ztráta paměti až smrt (RISHER & DEWOSKIN, 1999).

K inhalační expozici nejčastěji dochází při odvrátání starých amalgánových plomb u stomatologa a v blízkosti krematorií (KOSTYNIÁK, 1998).

2.4.11 Orální expozice

Při orální expozici je velmi důležitá chemická forma rtuti, protože sloučeniny rtuti, které jsou málo rozpustné, jako např. sloučeniny rtuti jednomocné, jsou méně toxické, zatímco anorganické sloučeniny se akumulují v buňkách mukózních membrán gastrointestinálního traktu a ledvin (RISHER & DEWOSKIN, 1999; CARVALHO et al., 2008).

Při akutní otravě dochází ke zvracení krvavého obsahu spolu s kolikovitými bolestmi břicha a průjmy. Do jednoho dne dochází k postupnému selhávání ledvin, které je zapříčiněné nekrózou epitelových buněk. Chronickou otravou dochází k velké sekreci slin, nefrotickému syndromu a zánětu dásní. U čtyřletých dětí vzniká tzv. Růžová nemoc (KENŠOVÁ et al., 2014).

2.4.11.1 Feerova-Selterova-Swiftova (růžová) nemoc

Růžová nemoc je dnes velmi vzácné onemocnění, kterým trpí převážně děti do čtyř let. Je způsobené chronickou otravou velmi malých dávek rtuti. Dochází k vypadávání vlasů, dermatitidě, uvolňování zubů, bolestivá akra (tj. okrajových částí) rukou a zimnici. Tato nemoc se vyskytovala v dřívějších dobách, kdy se rtuť vyskytovala v zubních pastách, některých lécích, a nebo mohlo dojít ke styku s poškozeným teploměrem nebo barometrem (ANONYM 1, 2008).

2.4.12 Dermální expozice

Při dermální expozici rtuti, nejčastěji chloridu rtuťnatého (HgCl_2) často vznikají chronické otravy (viz kapitola 2.4.11). Smrtelná dávka je 0,2 až 1 g. Velmi závisí na hmotnosti člověka (PALEČEK et al., 1999).

2.4.13 Organické sloučeniny

Rozdíl mezi chronickou a akutní otravou u těchto sloučenin je malý. Alkylsloučeninami se výrazně poškozuje centrální nervový systém, kdy se ztenčuje vrstva mozkové kůry (MERIAN, CLARKSON, 1991). V mozkové hmotě se vytváří histologické změny, což způsobuje poruchy sluchu, chování, řeči a polykání. Dalšími projevy jsou zúžení zorného pole a zmíněný (viz kapitola 2.4.10) svalový třes (CLARKSON, 1997).

2.4.14 Ryby

Methylrtuť i anorganické formy rtuti velmi výrazně ovlivňují neuroendokrinní systém ryb a také působí jako endokrinní disruptor (CRUMP, TRUDEAU, 2009). Dále inhibují produkci folikul stimulujícího hormonu i luteinizačního hormonu a také ovlivňují funkci hypofýzy (RAM, SATHYANESAN, 1983; RAM, JOY, 1988). Tyto formy rtuti mají také velký vliv na pohlavní orgány, kdy se u samců objevuje atrofie a nekróza varlat spojená s poruchami spermatogeneze, dochází ke změnám tvaru i pohyblivosti spermií. U samicích pohlavních orgánů dochází ke změnám v morfologii vaječnicků, vitellogenezi i v produkci 17β - estradiolu a k retardaci vývoje oocytů (CRUMP, TRUDEAU, 2009). Rtuť také může snižovat množství hemoglobinu a počet červených krvinek. Také způsobuje poruchy respirace a osmoregulace (DAWSON, 1982).

Ryby patří mezi naše nejvýznamnější indikátory znečištění vodního prostředí rtutí. Množství rtuti se stanovuje zejména v jejich svalovině. Toto sledování se začalo provádět již v šedesátých letech minulého století, poněvadž byl prokázán přenos tohoto prvku ve svalovině z Evropy až do Skandinávie, kde se obratem zakázala konzumace ryb na mnoha místech (FARA, 2004).

2.4.15 Onemocnění

2.4.15.1 Alergie na rtuť

Alergická reakce I. typu je velmi vzácná. Většinou nastupuje po aplikaci vakcíny, která obsahuje rtuť v jejím stabilizátoru, také se ale může objevit po použití amalgánové výplně. U hypersenzitivní reakce (oddálený typ přecitlivělosti) dochází k vytvoření vyrážky na tváři a krku po několika hodinách od kontaktu s alergenem (TUČEK et al., 2007).

2.4.16 Katastrofy způsobené rtutí

2.4.16.1 Minamata

Otrava rtutí se poprvé objevila v roce 1956 ve městě Minamata v Japonsku. Druhý výskyt této otravy byl zaznamenán v roce 1965 ve městě Niigata. Rovněž v Japonsku. Oba tyto případy spolu souvisely, jelikož se zjistilo, že továrna Chisso Corporation vyrábějící acetaldehyd vypouští methylrtuť, která se používala jako katalyzátor, do okolních vod (moře Shiranui). Zde došlo k uložení methylrtuti v mořských plodech a rybách, které Japonci konzumovali (denně přijali až 500 g ryb) a tím došlo k otravě čítající bezmála 200 tisíc lidí. Otrava se jako první začala projevovat nejdříve u koček, kdy docházelo často k jejich kolapsům a úmrtím. Později se první symptomy začaly projevovat i u rodin rybářů, které byly působení rtuti vystaveny nejvíce. Lidé byly agresivní, zadržávaly se v řeči nebo třeba nebyly schopni udržet různé předměty v ruce. Projevovaly se i klasické symptomy akutní otravy methylrtutí jako například potíže se sluchem, špatná koordinace pohybů nebo zúžení zorného pole. Nejvíce se vystavení rtuti dotklo žen, které byly těhotné (KONRÁDOVÁ, 2014).

Začaly se rodit děti s různými poruchami a poškozením. Měly různé typy deformací od primitivních reflexů přes mentální retardaci až k deformacím končetin a poruchám růstu. Existovaly fotografie narozených dětí s těmito poruchami a také se dle japonských zvyků po porodu uchovávala pupeční šňůra, ve které se měřila hladina methylrtuti, která se vyšplhala i na hodnotu 1 ppm. V roce 1973 byla továrna Chisso usvědčena za usmrcení z nedbalosti (KONRÁDOVÁ, 2014).

2.4.16.2 Irák

V Iráku došlo k velké otravě rtutí v zimě na přelomu let 1971 a 1972 v oblastech venkova. Důvodem byla pšenice, sloužící jako osivo, která byla ošetřena fungicidem obsahujícím methylrtuť. Na pytích bylo sice napsáno, že semena nejsou vhodná k lidské spotřebě, nicméně tento nápis byl ve španělštině. Takto ošetřená semena se využila nejen k osevu půdy, ale i k rozemletí na mouku, ze které se následně upekla chleba, který pozřelo asi 50 tisíc lidí. Díky tomuto „omylu“ 459 lidí zemřelo a 6530 musely nechat hospitalizovat (ANONYM 2, 2014).

2.4.17 Léčba otrav rtutí

Při akutní otravě rtutí se nejdříve provede vyšetření na obsah sériových plynů i množství kyslíku v krvi, RTG hrudníku a posléze i zda je pozitivní konečný – expirační tlak (PEEP). Dále se mohou vyšetřovat intravaskulární tekutiny. Výplach žaludku je doporučen jen tehdy, pokud se rtuť zobrazí na rentgenových snímcích břicha tzn. při akutní formě otravy organickými solemi rtuti. Pokud se její sloučeniny dostanou do styku s pokožkou, měla by se hned kůže omýt vodou a mýdlem, jestliže se dostane pod kůži, dochází ke vzniku abscesu, který se musí chirurgicky odstranit. Při velmi akutní otravě rtutí, když je pacient v kritickém stavu, musí být neprodleně zahájena chelatační léčba bez ohledu na identifikaci formy rtuti, kterou byl pacient otráven. Bohužel tato forma léčby nemusí být vždy účinná. Například je tomu u organických forem rtuti, ale také u otrav elementární rtutí. Mezi chelatační činidla patří např. N-acetyl-D, L-penicillamin, D-penicillamin a BAL (GRAEME, POLLACK, 1998).

Nejčastěji se používá již zmíněný BAL s následným perorálním podáním penicillaminu. BAL je nyní kontraindikován u methylrtuti, protože může ovlivňovat symptomy související s napadením CNS methylrtutí. L-penicillamin a N-acetyl-D byly představeny v roce 1959 jako antagonisté chloridu rtuťnatého (HgCl_2), dokáží totiž snížit hladinu rtuti v krvi i mozku a zvyšují vylučování methylrtuti močovou a fekální cestou. Někdy může také dojít k zachycení rtuti ve střevě s následným vyvoláním gastrointestinální nekrózy, která se posléze musí chirurgicky odstranit (GRAEME, POLLACK, 1998).

2.4.18 Rtut' ve vodě

Povrchové vody jsou hlavním úložištěm cizorodých látek, které kontaminují tok. Některé z nich (rtuť, kadmium, olovo aj.) jsou schopné se i akumulovat ve vodních organismech (KRUŽÍKOVÁ et al., 2008). Ve vodním prostředí se nachází rtuť ve dvou formách a to organických a anorganických sloučenin (TICHÝ, 1998).

Z anorganických forem v kyselých vodách převažují už při nízkých koncentracích chloridových iontů chlorokomplexy (např. HgCl^+). Hlavní anorganickou složkou v mořské vodě je HgCl_4^{2-} , ale při pH mezi 2 a 6 dochází k hydrolyzaci iontů Hg^{+2} na $\text{Hg}(\text{OH})_2$ a HgOH^+ . Dominantní složkou zásaditého vodního prostředí je $\text{Hg}(\text{OH})_2$ a neutrálního $\text{Hg}(\text{OH})\text{Cl}$ (GREENWOOD, EARNSHAW, 1993). Naopak hlavní organickou složkou rtuti v mořských vodách je CH_3HgCl a ve sladkých vodách CH_3HgOH (KOPLÍK et al., 1997).

Ve vodách České republiky se množství rtuti pohybuje mezi desetiny až jednotkami ng.l^{-1} , sloučeniny rtuti, které se zde přirozeně vyskytují, jsou jen velmi málo schopny se rozpouštět ve vodě na rozdíl od komplexů s anorganickými a organickými ligandy. Ovšem v blízkosti antropogenních zdrojů kontaminace nebo nalezišť rtuti se množství všech forem v povrchových vodách zvyšuje (ŠTEFANIDESOVÁ, TREFILOVÁ, 2003). Nejčastěji do sebe rtuť akumulují právě vodní organismy, to ale závisí na mnoha faktorech např. teplota vody, pH prostředí, množství rozpuštěných organických látek, přítomnost bakterií i komplexotvorných látek (např. sulfidy), druh sedimentu (ŠTEFANIDESOVÁ, TREFILOVÁ, 2003; REZA, SINGH, 2010; MARŠÁLEK, 2006; GÖTHBERG, GREGOR, 2006).

Jako indikátor je při monitoringu rtuti ve vodě používán jelec tloušť (*Leuciscus cephalus*), jelikož se hojně vyskytuje ve většině našich vod a v horních tocích pstruh obecný (*Salmo trutta*) (KRUŽÍKOVÁ et al., 2008).

2.4.19 Rtut' v sedimentech

Sediment je tvořen převážně zbytky po erozi a zvětrávání tzn. zvláště jílových minerálů, sulfidů, oxihydroxidů manganu a železa, uhličitánů, aluminosilikátů a obsahuje částice, které pochází z průmyslové a biologické aktivity (VOJTEKOVÁ et al., 2002). Množství rtuti v sedimentech je závislé především na charakteru sedimentu a zatížení dané lokality. Na místech, kde se nachází vyšší koncentrace organických součástí a bahna je většinou vyšší obsah rtuti v porovnání s místy, kde se vyskytuje písčité podloží (CIBULKA, 1991). Množství rtuti v sedimentech dna udává často lepší zhodnocení koncentrace rtuti v daném prostředí než dle množství rtuti vyskytující se ve vodě zkoumané lokality (KOPLÍK et al., 1997).

2.4.20 Legislativa

Nařízení Evropské komise (ES) č. 420/2011 ze dne 29. dubna 2011 uvádí nejvyšší mezní hodnotu (dále jen NMH) rtuti což je $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ pro rybí výrobky. Dle vyhlášky č. 252/2004 ze dne 22. dubna 2004 (změněna vyhláškou č. 83/2014 ze dne 30. dubna 2014) smí pitná voda obsahovat nejvýše $1 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$ rtuti. Ve vyhlášce č. 275/2004 ze dne 28. dubna 2004 (změněna vyhláškou č. 404/2006 ze dne 3. srpna 2006) je v příloze č. 1 je uvedena NMH rtuti $0,001 \text{ mg.l}^{-1}$ pro balené přírodní minerální vody. V té samé vyhlášce v příloze č. 2 je uvedena NMH rtuti $0,0005 \text{ mg.l}^{-1}$ v balených kojeneckých a pramenitých vodách (NAŘÍZENÍ EVROPSKÉ KOMISE (ES) 420/2011; VYHLÁŠKA 252/2004 Sb.; VYHLÁŠKA 275/2004 Sb.).

2.4.21 Stanovení rtuti

2.4.21.1 Atomová absorpční spektrometrie (AAS)

Atomová absorpční spektrometrie patří mezi optické analytické metody, pomocí kterých se kvantitativně stanoví více než 60 prvků. Vychází ze zákona Brunsena a Kirchhofa z roku 1860, kde se uvádí, že volné atomy, které jsou v plynném stavu, zvládnou absorbovat záření až takové vlnové délky, kterou sami emitují. Toto záření většinou vytváří výbojka, která tím poskytuje emisní atomové spektrum daného prvku, odpovídající intenzivním rezonančním čarám prvku, který chceme stanovit. Pokud záření z výbojky prochází optickým prostředím (atomizátor nebo plamen), které obsahuje volné atomy, na výstupu z plamene se může pozorovat úbytek intenzity záření, který je způsoben absorpcí. Neabsorbované záření optickým prostředím prochází monochromátorem na fotonásobič, kde se signál registruje jako absorbance. Naměřená hodnota je pak úměrná koncentraci naměřeného prvku. Dle způsobu atomizace se dělí AAS na plamennou atomovou absorpční spektrometrii (FAAS), kde vzorek, který je kapalný, se nasaje přes zamlžovací komoru a zamlžovač do plamene, kde dojde k vypaření aerosolu vzorku. Dále atomová absorpční spektrometrie s elektrotermickou automatizací (ETA-AAS), která pracuje na stejném principu jako FAAS, jen místo plamene využívá elektricky vyhřívanou píčku. Poslední formou je atomová absorpční spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-AAS), která pracuje za vyšších teplot než FAAS a díky tomu může provádět excitaci, atomizaci a vypaření u prvků, které jsou špatně excitovatelné (MILDE & LINHARTOVÁ, 2011).

Mezi výhody AAS můžeme zařadit rychlou analýzu (10 – 15 s / vzorek a prvek), prakticky žádné, nebo jen velmi mírně rušivé elementy, které lze snadno korigovat, dobrá opakovatelnost, nenáročná automatizace měření a relativně levné pořízovací i provozní náklady přístroje (ANONYM 5, 2015).

Ke stanovení rtuti pomocí atomové absorpční spektrometrie v podzemních, pitných ale i povrchových vodách se vztahuje norma ČSN EN 1483 (75 7439) (ANONYM 3, 2007).



Obr. 3 Altec AMA 254

(Zdroj: http://www.onlinecas.com/index.php5?page=mercure_hg_AMA254)

2.4.21.2 Atomová fluorescenční spektrometrie (AFS)

Tato metoda sleduje emise záření plyných atomů, vznikajících při přechodu do nižších energetických stavů záporně nabitého elektronu, které se excitovaly absorpcí elektromagnetického záření pocházejícího z primárního zdroje. Obecně lze říci, že fluorescence má velmi nízkou účinnost a proto se neobejde bez intenzivního zdroje záření. Její hlavní výhodou je to, že měří stejně přesně z hlediska kvality jako metoda hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP MS), jen u této metody jsou náklady až o polovinu nižší než u ICP MS. Dalšími výhodami jsou jednoduchá instrumentace a velká linearita kalibrací. Nevýhody jsou rozptyl záření a samoabsorpce u vyšších koncentrací (MILDE, 2008).

Ke stanovení rtuti pomocí atomové fluorescenční spektrometrie ve vodě dešťové, podzemní i povrchové se vztahuje norma ČSN EN 13506 (75 7442) (ANONYM 3, 2007).



Obr. 4 Agilent 6890N
(Zdroj: <http://www.sci.muni.cz/~analchem/?q=lsa>)

2.5 Chloridy (Cl⁻)

Chloridový anion patří mezi hlavní ionty, které se vyskytují v organismu. Největší koncentrace tohoto aniontu se nachází v mimobuněčné tekutině (krev, tkáňová tekutina), jeho množství v buňkách je nižší. Koncentrace chloridů spolu s koncentrací sodíku (jejich množství klesá nebo stoupá společně) se spolupodílejí na udržení určitého množství vody v těle, také na svalové činnosti a přenosu nervové informace. Při porušení acidobazické rovnováhy (tj. rovnovážný stav mezi zásaditými a kyselými látkami v těle) dochází ke změně koncentrace chloridů v krvi, jelikož chloridy se podílejí na její regulaci (KOTAČKOVÁ, 2014). Kationty MeHg⁺ a Hg⁺² ve vodním prostředí vytváří s chloridy komplexy (např. [HgCl]⁺, [HgCl₄]⁺) (EISLER, 2010).

3 CÍL PRÁCE

1. Zpracování literárního přehledu o vlivu rtuti na živé organismy.
2. Odběr a příprava vzorků pro stanovení biochemických parametrů a hematologických ukazatelů krve.
3. Stanovení biochemických parametrů a hematologických ukazatelů krve.
4. Vyhodnocení naměřených dat a zpracování diplomové práce.

4 PRAKTICKÁ ČÁST

4.1 Příprava akvárií I.

Pro pokus bylo použito osm akvárií o objemu cca 90 litrů. Dne 26. 2. 2015 bylo do akvárií zavedeno vzduchování, a poté do nich byla napuštěna voda, vytemperovaná na teplotu okolního prostředí (21 °C) o pH okolo 7. Akvária byla rozdělena po čtyřech do dvou řad nad sebou (horní řada sloužila pro zásobní roztoky, ve spodní řadě probíhal pokus samotný). Dále byly na akváriích vyznačeny dvě důležité hranice, a to hranice 10 litrů (nutná při vypouštění akvárií) a hranice 85 litrů (nutná při dopouštění akvárií).

Dne 2. 3. 2015 začala být akvária sycena rtuť (standard for ICP ($c = 1000 \text{ mg.l}^{-1}$, Fluka, Canada)) na předem dohodnuté koncentrace ($0,5 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$; $1,5 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$; $3 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$), dvě akvária byla použita pro kontrolu správnosti metody, tzn. koncentrace rtuti v nich byla nula. Tato operace probíhala až do 9. 3. 2015. Každý den v tomto úseku (2. 3. 2015 – 9. 3. 2015) byla koncentrace rtuti v akváriích 2 krát měřena, a popřípadě došlo k dokoncentrování. Obsah rtuti byl měřen pomocí atomové absorpční spektrometrie na přístroji AMA 254 (Altec, Praha) při vlnové délce 253,65 nm.



Obr. 5 Sycení akvárií v I. Experimentu
(Zdroj: foto autor)

4.2 Experiment I.

Dne 9. 3. 2015 od 11:00 do 11:30 se do akvárií, s objemem vody 85 litrů, ve spodní řadě nasadily ryby (18 ryb v každém akváriu). Studovaným druhem byl plůdek kapra obecného (*Cyprinus carpio L.*), o hmotnosti $47,67 \pm 4,61$ g, lysé formy, plemene M72, který byl před zařazením do testu odchováván v RAS a pocházel z umělého výtěru z Vodňan. Pokus celkem trval 15 dní, tzn. dne 23. 3. 2015 byl ukončen.

Z důvodu udržení potřebné koncentrace bylo 2 krát denně prováděno přepouštění akvárií, kdy horní akvárium s danou koncentrací bylo, po vypuštění spodního akvária, přepuštěno do spodního akvária. Poté bylo dopočteno potřebné množství zásobního roztoku rtuti ($c = 0,001 \text{ g.l}^{-1}$), aby koncentrace odpovídaly, které se pak přidalo do akvária. Následovalo dopuštění horních akvárií vytemperovanou vodou o pH cca 7, na potřebných 85 litrů.

Při přepouštění byly důležité následující kroky:

- odběr vzorků (100 μl) vody z každé koncentrace v horní řadě akvárií
- měření množství rtuti na přístroji AMA 254 ve vodě
- případné následné doplnění zásobního roztoku do horní řady akvárií, aby koncentrace odpovídaly
- před výměnou vody: měření fyzikálně chemických parametrů (teplota, O_2 , pH, vodivost) za pomoci přístrojů HACH a Hana, odebrání vzorků pro stanovení amoniakálního dusíku (Photo Lab)
- vypuštění spodní řady akvárií na spodní hodnotu objemu 10 litrů
- napuštění spodní řady z horní řady akvárií až na maximální hodnotu objemu 85 litrů

- po výměně vody: měření fyzikálně chemických parametrů (teplota, O₂, pH, vodivost) za pomoci přístrojů HACH a Hana, odebrání vzorků pro stanovení amoniakálního dusíku (Photo Lab)
- doplnění zásobního roztoku rtuti do horní řady akvárií a dopuštění vodou na potřebnou hladinu 85 litrů



Obr. 6 Průběh testu
(Zdroj: foto autor)

4.3 Příprava akvárií II.

Pro druhý experiment byla použita akvária z prvního experimentu ve stejném prostředí i rozmístění.

Dne 16. 4. 2015 se provedlo měření koncentrace rtuti v akváriích. Všechna akvária v tomto experimentu měla stejnou koncentraci rtuti ($1,5 \mu\text{g.l}^{-1}$). Dvě akvária byla opět použita pro kontrolu správnosti metody, tzn. koncentrace rtuti v nich byla nula. Tato operace probíhala až do 20. 4. 2015. Každý den byla koncentrace rtuti v akváriích 2 krát měřena, a popřípadě došlo k dokonzentrování. Obsah rtuti byl měřen pomocí atomové absorpční spektrometrie na přístroji AMA 254 (Altec, Praha) při vlnové délce 253,65 nm. Akvária zde byly rozděleny do čtyř skupin dle koncentrace chloridů (29 mg.l^{-1} , 300 mg.l^{-1} , 1000 mg.l^{-1}). Množství chloridů v akváriích bylo stanovováno pomocí spektrofotometru Photo Lab 6600 UV-VIS při vlnové délce 445 nm.

4.4 Experiment II.

Dne 20. 4. 2015 se do akvárií, s objemem vody 85 litrů, ve spodní řadě nasadily ryby (10 ryb v každém akváriu). Studovaným druhem byl plůdek kapra obecného (*Cyprinus carpio L.*), o hmotnosti $48,59 \pm 3,93 \text{ g}$, lysé formy, plemene M72, který byl před zařazením do testu odchováván v RAS a pocházel z umělého výtěru z Vodňan. Pokus celkem trval 72 hod., tzn. dne 23. 4. 2015 byl ukončen.

Z důvodu udržení potřebné koncentrace rtuti a chloridů bylo 2 krát denně prováděno přepouštění akvárií, kdy horní akvárium s danou koncentrací bylo, po vypuštění spodního akvária, přepuštěno do spodního akvária. Poté bylo dopočteno potřebné množství zásobního roztoku rtuti ($c = 0,001 \text{ g.l}^{-1}$), aby koncentrace odpovídaly, které se pak přidalo do akvária. Následovalo dopuštění horních akvárií vytemperovanou vodou o pH cca 7, na potřebných 85 litrů.

Při přepouštění byly důležité následující kroky:

- odběr vzorků (100 μ l) vody z každé koncentrace v horní řadě akvárií
- měření množství rtuti na přístroji AMA 254 ve vodě
- případné následné doplnění zásobního roztoku do horní řady akvárií, aby koncentrace odpovídaly
- před výměnou vody: měření fyzikálně chemických parametrů (teplota, O₂, pH, vodivost) za pomoci přístrojů HACH a Hana, odebrání vzorků pro stanovení amoniakálního dusíku a chloridů (Photo Lab)
- vypuštění spodní řady akvárií na spodní hodnotu objemu 10 litrů
- napuštění spodní řady z horní řady akvárií až na maximální hodnotu objemu 85 litrů
- po výměně vody: měření fyzikálně chemických parametrů (teplota, O₂, pH, vodivost) za pomoci přístrojů HACH a Hana, odebrání vzorků pro stanovení amoniakálního dusíku a chloridů (Photo Lab)
- doplnění zásobního roztoku rtuti do horní řady akvárií a dopuštění vodou na potřebnou hladinu 85 litrů



Obr. 7 *Výměna vody v akváriích
(Zdroj: foto autor)*

4.5 Stanovení fyzikálně chemických parametrů vody

V této práci se před a po každé výměně vody stanovovaly fyzikálně chemické parametry vody, které sloužily jako ukazatel pro udržení životaschopnosti testovaných ryb.

4.5.1 Stanovení kyslíku, pH, vodivosti, amoniakálního dusíku a chloridů

4.5.1.1 Hach HQ 40d multi

Tento přístroj se využíval pro stanovení kyslíku a pH. Při stanovení kyslíku se využíval aktivní fluorescenční senzor, který se excituje modrým světlem a detekuje se červené světlo, přitom kyslík způsobí změnu rychlosti zániku fluorescence a fázový posun, který je přímo úměrný parciálnímu tlaku kyslíku ve vodě (ANONYM 4, 2015). Pro stanovení hodnoty pH se využívá principu elektrody ponořené v roztoku se skleněnou membránou, která je citlivá na vodíkové ionty, s následným sledováním reakce mezi roztokem a elektrodou. Jelikož potenciál pH elektrody, který sledujeme, neposkytne dostatečné množství informací, je zde zapotřebí druhé elektrody, protože při stanovení hodnoty pH roztoku je zapotřebí použití diferenčního potenciálu obou elektrod najednou. Odezva pH elektrody určí, zda se jedná o roztok zásaditý nebo kyselý na základě koncentrace vodíkových iontů H^+ , přitom referenční elektroda tuto odezvu neposkytuje a tím pádem je zdrojem konstantního potenciálu, ke kterému se posléze měří potenciál pH elektrody. Tento potenciál, mezi dvěma již zmíněnými elektrodami je lineární funkcí koncentrace vodíku v roztoku, díky kterému můžeme provést kvantitativní měření a který definuje hodnotu pH roztoku (METTLER – TOLEDO AG, 2007). V této diplomové práci byla použita kombinovaná elektroda vybavena teplotním čidlem, které kompenzovalo vliv teploty při měření pH.

4.5.1.2 Hanna EC/TDS

Při stanovení vodivosti se využíval tento přístroj, kdy se měří elektrochemický odpor. Nejčastěji se používá měřící cela, která je složená ze dvou elektrod. Střídavé napětí vyvolá na elektrodách pohyb iontů, které jsou v měřeném roztoku. Čím více iontů je v roztoku, tím větší proud protéká mezi elektrodami, kdy měřící přístroj nejprve vypočítá díky Ohmovu zákonu ze změřeného proudu vodivost měřeného roztoku a po zohlednění parametrů cely i hodnotu měrné vodivosti (AQUAL, 2014).



Obr. 8 Měření fyzikálně-chemických parametrů vody přístroji Hanna a Hach
(Zdroj: foto autor)

4.5.1.3 Spektrofotometr Photo Lab 6600 UV-VIS

Tento přístroj sloužil ke stanovení amoniakálního dusíku a chloridů. Dochází zde ke stanovení velikosti absorpce záření v rozsahu vlnových délek 190 – 850 nm v kapalině. Pomocí absorbance se hodnotí velikost absorpce, kdy absorbance je dekadický logaritmus poměru intenzity záření dopadajícího na vzorek, ale i záření procházejícího vzorkem, tzn., že absorbance je přímo úměrně závislá koncentraci absorbující látky ve vzorku a tloušťce vzorku (MIJAVCOVÁ, GINTEROVÁ, 2011).



Obr. 9 Photo Lab 6600 UV-VIS
(Zdroj: foto autor)

4.5.1.4 Stanovení chloridů

Chloridy, které jsou přítomné ve vzorku, reagují s thiokyanatem rtuťnatým, přičemž vznikne málo disociovaný chlorid rtuťnatý. Při reakci dojde k uvolnění thiokyanatanových iontů reagujících s železitými ionty nacházející se ve směsném činidle za vzniku červeného komplexu. Zbarvení komplexu umožní spektrofotometrické stanovení množství chloridů při vlnové délce 445 nm, kdy intenzita zbarvení tohoto komplexu je přímo úměrná koncentraci chloridů ve vzorku (HORÁKOVÁ, 2007).

Postup stanovení:

Do zkumavky se odpipetovalo 1 ml vzorku, ke kterému se přidalo 3 ml směšného činidla složeného ze síranu diamono – železnatého, thiokyanatanu rtuťnatého a destilované vody. Vzorek se následně otáčením promíchal a po dvou minutách se změřila absorbance při vlnové délce 445 nm v již zmíněném spektrofotometru. (HORÁKOVÁ 2007)

4.5.1.5 Stanovení amonných iontů

Amonné ionty reagující v prostředí nitroprusidu sodného se salicylanem sodným a chlornanovými ionty vytváří modré zbarvení. Jeho intenzita odpovídá množství koncentraci amonných iontů ve vzorku (HORÁKOVÁ, 2007).

Postup stanovení:

Do zkumavky se odpipetovalo 10 ml vzorku, ke kterému se přidalo 0,5 ml vybarvovacího činidla, složeného z: dihydrátu citronanu trisodného, nitroprusidu sodného a salicylanu sodného. Dále se přidalo 0,5 ml dichlorisokyanuratanu sodného. Posléze se vzorek otáčením dobře promíchal a nechal se půl hodiny reagovat. Následně se přistoupilo ke stanovení koncentrace amonných iontů v již zmíněném spektrofotometru při vlnové délce 665 nm (HORÁKOVÁ, 2007).

4.6 Ichtyohematologické vyšetření

4.6.1 Odběr vzorků (krve)

Odběr krve pro ichtyohematologická vyšetření se většinou provádí ihned po vylovení ryb z chovného prostředí. Dle velikosti ryby, množství odebírané krve a dalšího osudu ryby se zvolí vhodná odběrová metoda. V tomto případě šlo o odběr přímo ze srdce, kdy ryba byla nejdříve omráčena tupým úderem do temene hlavy a následně došlo k odběru krve tak, že se ryba fixovala pomocí utěrky z netkané textilie za hřbetní část, přitom ventrální část trupu musela být samozřejmě volně přístupná. Následně prsty jedné ruky se ryba fixovala po celou dobu odběru hlavou dolů a druhou rukou se otřela krajina srdeční pomocí buničité vaty do sucha. Posléze se zavedla heparizovaná injekční jehla o průsvitu 0,9 mm (se žlutým konusem), na které byla nasazena jednorázová injekční stříkačka o objemu 2 ml, pod úhlem přibližně 60 ° k podélné ose těla asi 1 – 2 mm od středového místa, které je spojnicí kraniálních okrajů báze obou prsních ploutví a průsečíkem podélné roviny těla (u plůdku kapra se toto místo nazývá tzv. „stigma“, což je pozůstatek po otvoru pomocí kterého vstupovaly v období žloutkové výživy do těla žloutkové cévy, které přiváděly krev, obohacenou živinami resorbovanými ze žloutkového váčku, do základů srdce). Následně byl proveden energický vpich přes tělní stěnu do osrdečníku a nakonec i srdce se samotným odběrem krve. Odebraná krev byla umístěna do plastových mikrozkušavek s víčkem („Eppendorf“) o objemu 1,5 ml (SVOBODOVÁ et. al., 2012).



Obr. 10 Odběr krve
(Zdroj: foto autor)

4.6.2 Stanovení hematokritové hodnoty (PCV, Hk)

Jak bylo již zmíněno (viz kapitola 2.2.7.3) hematokritová hodnota určuje poměr objemu červených krvinek ku celkovému objemu krve. Proto je důležité při stanovení této hodnoty velmi dobře oddělit erythrocyty od plazmy tak, aby jako celek zaujaly svůj skutečný objem. Toho se dosáhne odstředěním krve v kapilárách (dlouhých 7,5 cm), které jsou heparinizované. Používá se krev, která je heparinizovaná nebo nestabilizovaná avšak nejdéle do 4 hodin po odběru při teplotě uskladnění do 4 °C. Nejprve dojde k nasátí krve zhruba do 2/3 výšky kapiláry, kdy jeden konec se utěsní sklenářským kitem nebo modelovací hmotou (v našem případě použita modelovací hmota), přičemž nesmí zůstat mezi krví a hmotou vzduch. Následně dojde ke vložení kapilár do hematokritové odstředivky, kde se odstředí po dobu 3 minut a 14000 otáčkách/ minutu. Posléze se odečítají procenta hematokritu na hematokritovém měřidle a zjištěná hodnota se vynásobí koeficientem 0,01. Výsledná hodnota se udává v jednotkách $l.l^{-1}$. Jak bylo již uvedeno (viz kapitola 2.2.7.3) běžné rozmezí hematokritové hodnoty se pohybuje mezi 0,28 – 0,40 $l.l^{-1}$ (SVOBODOVÁ et. al., 2012).



Obr. 11 Měřidlo pro stanovení hematokritové hodnoty
(https://proscitech.com/?navaction=show_page&chapter=f&page=1#fe1300)

4.6.3 Stanovení koncentrace hemoglobinu (Hb)

Pro stanovení množství hemoglobinu v krvi se využívá kyanohemoglobinová fotometrická metoda, kdy principem této metody je využití transformačního roztoku (dle van Kampena a Zijlstra), ve kterém dojde k uvolnění hemoglobinu z erytrocytů a k jeho přeměně na stálý kyanohemoglobin, který se následně stanoví fotometricky při vlnové délce 540 až 546 nm. Jak bylo již uvedeno (viz kapitola 2.2.7.3) běžná koncentrace hemoglobinu se pohybuje v rozmezí 60 – 100 g.l⁻¹ (SVOBODOVÁ et al., 1986).

4.6.4 Střední barevná koncentrace (MCHC)

Střední barevná koncentrace vyjadřuje množství hemoglobinu v objemové jednotce erytrocytů. Její hodnota se u zdravých kaprů pohybuje v rozmezí 0,2 – 0,26 l.l⁻¹ (SVOBODOVÁ et. al., 2012).

Rovnice 1: *Střední barevná koncentrace*

$$\text{MCHC} = \text{Hb (g.l}^{-1}\text{)} / (\text{Hk} * 1000)$$

(Zdroj: SVOBODOVÁ et. al., 2012)

4.7 Měření biochemických parametrů krevní plazmy

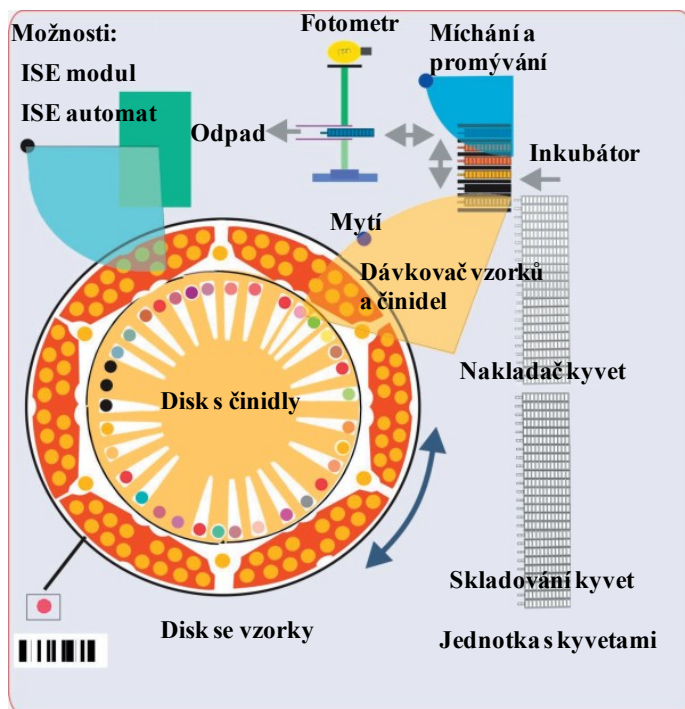
4.7.1 Konelab T 20xt

Na tomto přístroji byly měřeny parametry: albumin, alkalická fosfatáza (ALP), aspartátaminotransferáza (ASP), alaninaminotransferáza (ALT), laktátdehydrogenáza (LDH), cholesterol, kreatinin (KREA), glukóza, laktát (LACT), bilirubin, močovina (UREA) a triglyceridy (TAG). Princip měření tohoto přístroje je následující. Nejprve se kyvety se vzorky přemístí do inkubátoru, s následujícím účinným promícháváním. Posléze se kyveta přesune do fotometru, kde dochází k vlastnímu měření. Zde světlo prochází z lampy přes kondenzační čočky do interferenčního filtru. Povrch první čočky je potažen materiálem, který odráží tepelné infračervené světlo. Filtry jsou umístěny na filtrovém kole, na kterém existuje standardně 15 pozic pro filtry. Za filtrem je světlo převáděno na proud světelných impulsů vrtulníku, následně směřuje přes křemenné vlákno, zaostřovací čočku a štěrbinu na dělič paprsku. Ten ho rozděluje do dvou částí, kdy určité množství se odráží na referenční detektor, který monitoruje fluktuace světelných podmínek. Hlavní část světla prochází kapalinou v buňce detektoru signálu, který měří množství světla po absorpci. U tohoto přístroje je možné, aby měření bylo stacionární (tj. aby doba mezi měřením a dávkováním byla stejná pro každou kyvetu). Maximální doba měření je 60 minut. Po změření se kyveta přemísťuje do odpadního prostoru (THERMO, 2004).



Obr. 12 Konelab T 20xt

(Zdroj: <https://www.labmakelaar.com/eng/detail/clinical-equipment/6548-konelab-20xt-clinical-chemistry-analyzer/6548>)



Obr. 13 Princip měření přístroje Konelab T 20xt

(Zdroj: http://www.thermo.com.cn/Resources/200802/productPDF_27382.pdf)

4.7.2 Easy Lyte Plus

Veškou ionty (Ca^{+2} , Fe , Mg^{+2} a P) v této práci byly měřeny za pomoci ISE (iontově selektivních elektrod) na přístroji Easy Lyte (Medica Corporation, USA). Tyto elektrody jsou složeny ze dvou poločlánků, kdy první z nich je ponořen do zkoumaného roztoku a skládá se z vnitřního elektrolytu, vnitřní referenční elektrody, iontově selektivní membrány a ve druhém se nachází vnější srovnávací elektroda (argentschloridová, kalomelová aj.) Důležité je, aby iontově selektivní membrána dokonale oddělila zkoumaný roztok od vnitřního elektrolytu čidla, přitom aby co nejméně byla atakována rozpouštědly, s nimiž přichází do styku při vlastním měření. Principem této metody je, že membránový potenciál není závislý jen na aktivitě jediné elektricky nabitě částice v poměřovaném roztok, ale mohou se na jeho hodnotě podílet i další ionty. Ve vztahu pro experimentálně pozorovaný potenciál E iontově selektivní elektrody je vyjádřena závislost na aktivitě primárně stanovovaného iontu i , kdy míru ovlivnění ostatními ionty j představuje potenciometrický koeficient selektivity $k^{\text{pot}}_{i,j}$ (VÁVROVÁ, 2011).

Rovnice 2: Nikolského rovnice

$$E = \text{konst} + f \cdot 2,303 \frac{RT}{z_i F} \cdot \log [a_i + \sum k^{\text{pot}}_{i,j} \cdot a_j^{z_i/z_j}]$$

(Zdroj: <http://ciselniky.dasta.mzcr.cz/CD/hypertext/AJZR.htm>)



Obr. 14 Přístroj Easy Lyte Plus

(http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/21/21-platfomy_mendelu_2012.pdf)

4.8 Použité statistické funkce

4.8.1 Anova – Sheffeho test

Tento test se také nazývá testem násobných kontrastů (multiple contrasts). Jeho výhodou je fakt, že nepotřebujeme žádné speciální hodnoty k jeho provedení (jako u Tukeyho testu hodnoty q) ale stačí hodnoty F , jejíž tabulky jsou součástí jak všech statistických tabulek, ale i většiny učebnic a také se mohou získat v tabulkových kalkulátorech (DRÁPELA, 2012).

Rovnice 3: Sheffeho rovnice

$$TS: F_s = \frac{(\bar{x}_i - \bar{x}_j)^2}{s_w^2 \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}$$

(Zdroj: <https://people.richland.edu/james/lecture/m170/ch13-dif.html>)

4.8.2 Směrodatná odchylka

Směrodatná odchylka, podobně jako rozptyl, informuje o tom, jak moc jsou hodnoty základního souboru rozptýleny či odchýleny od průměru (střední hodnoty). Směrodatná odchylka je rovna odmocnině z rozptylu, značíme ji malým písmenem sigma σ a protože je odchylka rovna druhé odmocnině z rozptylu, spočítáme ji takto (ANONYM 6, 2014):

Rovnice 4: Směrodatná odchylka

$$\sigma = \sqrt{D(X)} = \sqrt{\text{var}(X)}$$

(Zdroj: <http://www.matematika.cz/smerodatna-odchylka>)

4.8.3 Aritmetický průměr

Aritmetický průměr patří mezi statistické veličiny a značí se obvykle vodorovným pruhem nad názvem proměnné. Je to vlastně součet všech hodnot vydělený jejich počtem (ANONYM 7, 2014).

Rovnice 5: Definice aritmetického průměru

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

(Zdroj: <http://www.matematika.cz/prumer>)

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Statistické zhodnocení výsledků

Statistický zhodnocení výsledků obsahu rtuti v krevní plazmě kapra obecného *Cyprinus carpio* L. bylo provedeno za použití jednofaktorové analýzy variace (ANOVA) a statistická významnost byla prokázána, jestliže p hodnota byla rovna nebo menší než 0,05. Významný rozdíl mezi kontrolou a kontaminovanými skupinami ryb rtutí byl testován pomocí Scheffého testu na hladině významnosti $p = 0,05$. Výsledky jsou uváděny pomocí krabicových grafů. Všechny výsledky byly hodnoceny pomocí statistického softwaru STATISTICA.cz (verze 12).

5.2 I. Experiment

Tato kapitola zahrnuje vyhodnocení I. experimentu, tedy expozice kapra obecného (*Cyprinus carpio* L.) třem různým koncentracím rtuti ($0,5 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$; $1,5 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$; $3,0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) po dobu 15 dní.

5.2.1 Biochemické parametry

V prvním odběrovém dni (tj. po 5 dnech působení Hg) byly zjištěny statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$) v aktivitě alaninaminotransferázy (ALT) (viz obr. 15), laktátdehydrogenázy (LDH) (viz obr. 16) a v obsahu fosforu (viz obr. 17) mezi kontrolní skupinou a kontaminovanými skupinami při biochemickém vyšetření krevní plazmy. V případě druhého odběru, tedy po 10 dnech působení Hg, byly zjištěny statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$) v obsahu kreatininu (KREA) (viz obr. 18), laktátu (LACT) (viz obr. 19) a hořčíku (Mg^{+2}) (viz obr. 20) mezi kontrolní skupinou a skupinami kontaminovanými rtutí. U posledního odběrového dne (tj. po 15 dnech působení Hg) nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly.

Tabulka 1: Statisticky významné hodnoty (označení *) biochemických parametrů krevní plazmy v 5 odběrovém dni oproti kontrolní skupině ryb na hladině významnosti 0,05

Ukazatel	Koncentrace rtuti			
	Kontrola	0,5 µg.l ⁻¹	1,5 µg.l ⁻¹	3 µg.l ⁻¹
ALT (µkat.l ⁻¹)	0,39 ± 0,11	0,34 ± 0,05	0,30 ± 0,08	*0,22 ± 0,05
LDH (µkat.l ⁻¹)	4,03 ± 2,70	5,72 ± 1,69	4,62 ± 3,81	*19,26 ± 13,02
Fosfor (mmol.l ⁻¹)	4,99 ± 0,93	*1,95 ± 1,59	*1,57 ± 0,27	*1,42 ± 0,37

Data jsou uvedena jako průměr ± SD

Tabulka 2: Množství rtuti (mg.kg⁻¹) ve vybraných tkáních ryb v 5 odběrovém dni

Část ryby	Kontrola	0,5 µg.l ⁻¹ Hg	1,5 µg.l ⁻¹ Hg	3 µg.l ⁻¹ Hg
sval levý	0,05689	0,04801	0,07440	0,14798
sval pravý	0,05253	0,04680	0,07323	0,14173
kůže	0,03489	0,06855	0,26650	0,77781
šupiny	0,02067	0,09601	0,60573	1,92436

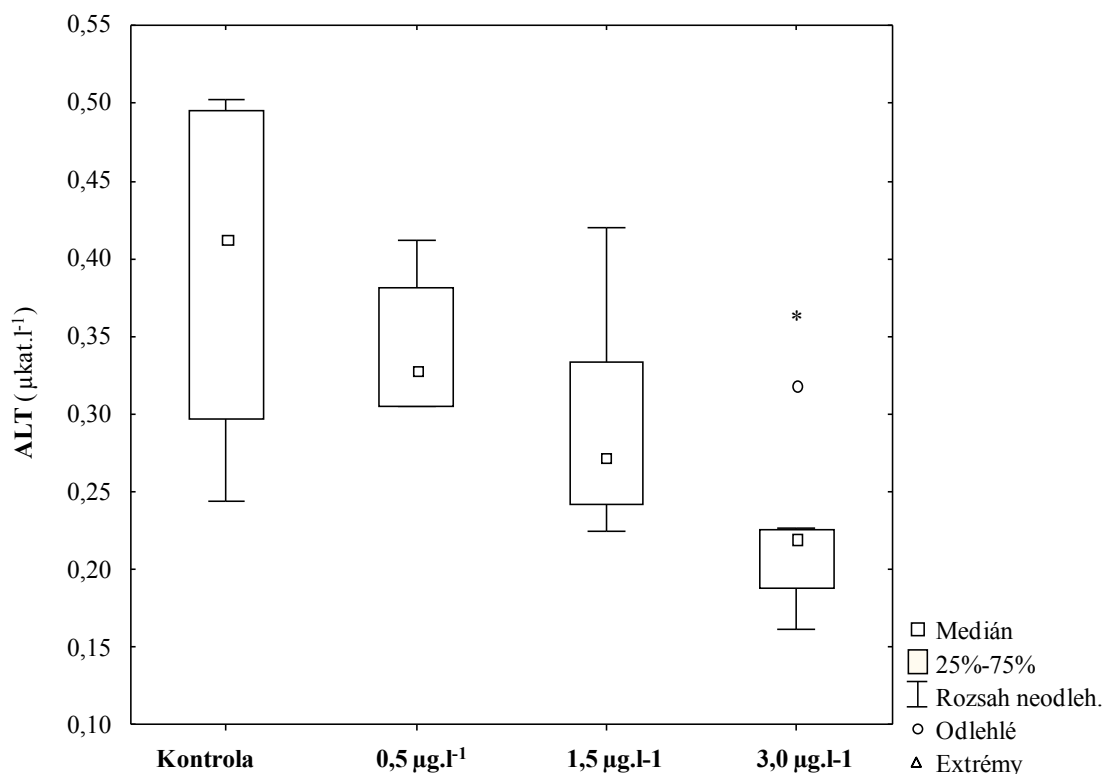
Tabulka 3: Statisticky významné hodnoty (označení *) biochemických parametrů krevní plazmy v 10 odběrovém dni oproti kontrolní skupině ryb na hladině významnosti 0,05

Ukazatel	Koncentrace rtuti			
	Kontrola	0,5 µg.l ⁻¹	1,5 µg.l ⁻¹	3 µg.l ⁻¹
KREA (µmol.l ⁻¹)	17,35 ± 2,33	*12,48 ± 2,34	12,88 ± 2,10	*10,74 ± 2,37
LACT (mmol.l ⁻¹)	1,12 ± 0,86	1,38 ± 0,56	*3,01 ± 1,55	1,95 ± 0,44
Hořčík (mmol.l ⁻¹)	0,96 ± 0,33	1,19 ± 0,23	*1,39 ± 0,14	1,18 ± 0,08

Data jsou uvedena jako průměr ± SD

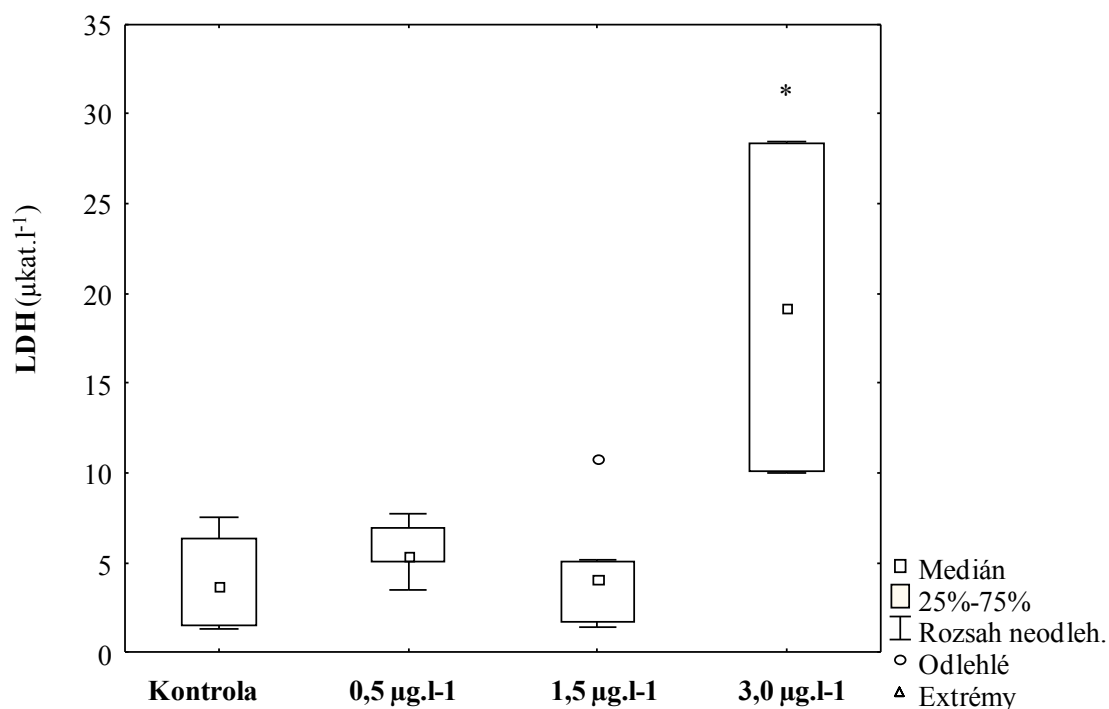
Tabulka 4: Množství rtuti (mg.kg⁻¹) ve vybraných tkáních ryb v 10 odběrovém dni

Část ryby	Kontrola	0,5 µg.l ⁻¹ Hg	1,5 µg.l ⁻¹ Hg	3 µg.l ⁻¹ Hg
sval levý	0,04862	0,06298	0,12739	0,28219
sval pravý	0,04984	0,05892	0,11060	0,23586
kůže	0,02452	0,20602	0,66717	2,57913
šupiny	0,01715	0,33548	1,74323	5,07320



Obr. 15 Porovnání aktivity alaninaminotransferázy (ALT) u kontrolní skupiny ryb a u skupin ryb kontaminovaných rtuťí v pátém dni odběru. * označuje statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými koncentracemi oproti kontrolní skupině ryb na hladině významnosti 0,05.

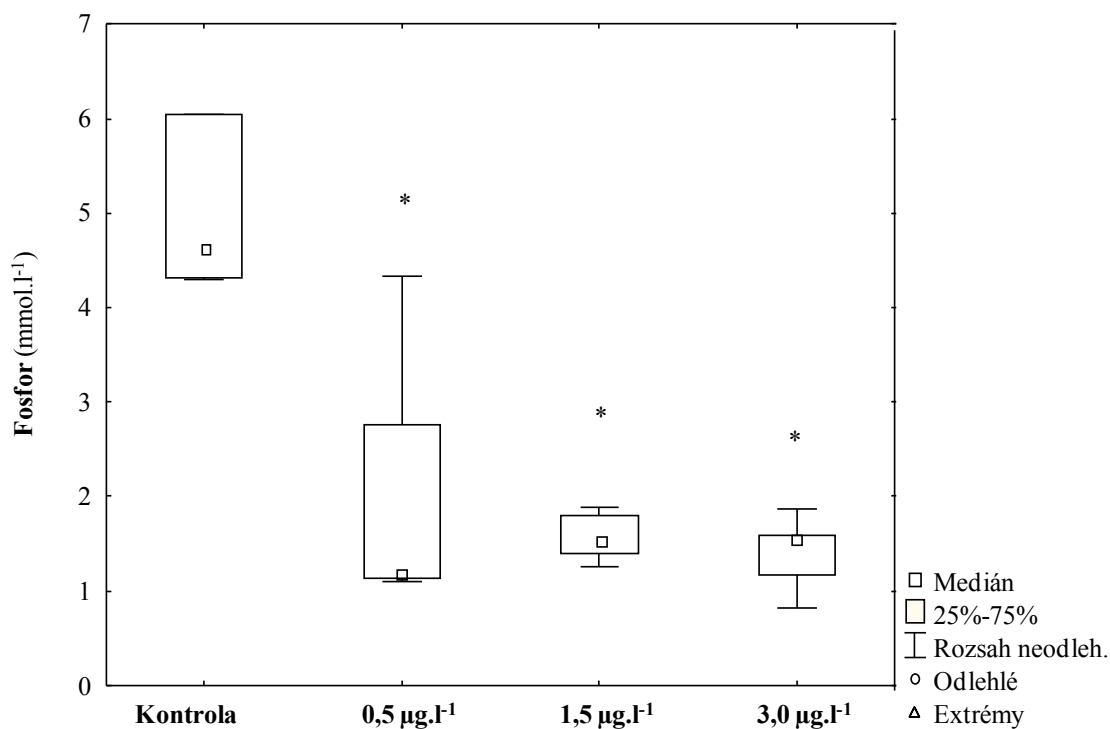
Z obrázku č. 15 je patrné, že došlo ke snížení aktivity ALT u jednotlivých skupin ryb kontaminovaných rtuťí při srovnání s kontrolní skupinou. V případě kdyby došlo k opačnému efektu, tedy ke zvyšování aktivity ALT, byl by poškozen i jaterní parenchym kapra obecného (NEFF, 1985). Během celého experimentu (tj. 15 dní) docházelo k postupnému snižování aktivity ALT u všech sledovaných skupin ryb kontaminovaných rtuťí. Hodnoty aktivity ALT v tomto experimentu se pohybují v běžném fyziologickém rozmezí. Podobné hodnoty uvádí i studie KOLÁŘOVÁ & VELÍŠEK (2012), tedy 0,10 – 1,60 µkat.l⁻¹ ADAMS et al. (2010) uvádí aktivitu ALT u *Cynoscion nebulosus* pocházející: z jihu Floridy 0,11 µkat.l⁻¹ a z „Indian River Lagoon“ 0,12 µkat.l⁻¹.



Obr. 16 Porovnání aktivity laktátdehydrogenázy (LDH) u kontrolní skupiny ryb a u skupin ryb kontaminovaných rtutí v pátém dni odběru. * označuje statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými koncentracemi oproti kontrolní skupině ryb na hladině významnosti 0,05.

V případě aktivity LDH v pátém dni odběru (viz obr. 16) docházelo při působení dvou koncentrací rtuti ($0,5 \mu\text{g.l}^{-1}$ a $1,5 \mu\text{g.l}^{-1}$) k mírnému zvyšování aktivity tohoto enzymu. U skupiny ryb, kdy koncentrace rtuti byla $3,0 \mu\text{g.l}^{-1}$, docházelo k prudkému nárůstu aktivity LDH (viz obr. 16). Studie KOLÁŘOVÁ & VELÍŠEK (2012) uvádí, že je-li poškozena srdeční i kosterní svalovina, nebo došlo k nádorovému onemocnění, dojde ke zvyšování aktivity enzymu LDH. Dále v této studii uvádí hodnoty běžné aktivity LDH u kapra obecného ($9,9 - 22,0 \mu\text{kat.l}^{-1}$). Aktivita LDH enzymu u jednotlivých testovaných skupin ryb byla od 10tého dne odběru stálá, nedocházelo tedy ke zvyšování ani snižování aktivity. Ve studii ADAMS et al. (2010) je uvedena aktivita LDH u *Cynoscion nebulosus* pocházejícího: z jihu Floridy $4,85 \mu\text{kat.l}^{-1}$ a z „Indian River Lagoon“ $9,65 \mu\text{kat.l}^{-1}$.

SIEROSLAWSKA et al. (2012) ve studii uvádí, že jestliže se zvyšuje aktivita LDH, mohlo by v některých případech docházet k poškození jaterního parenchymu. Ale protože není LDH klíčovým enzymem jaterního parenchymu, nelze říci, že v případě LDH docházelo k poškození jaterního parenchymu.

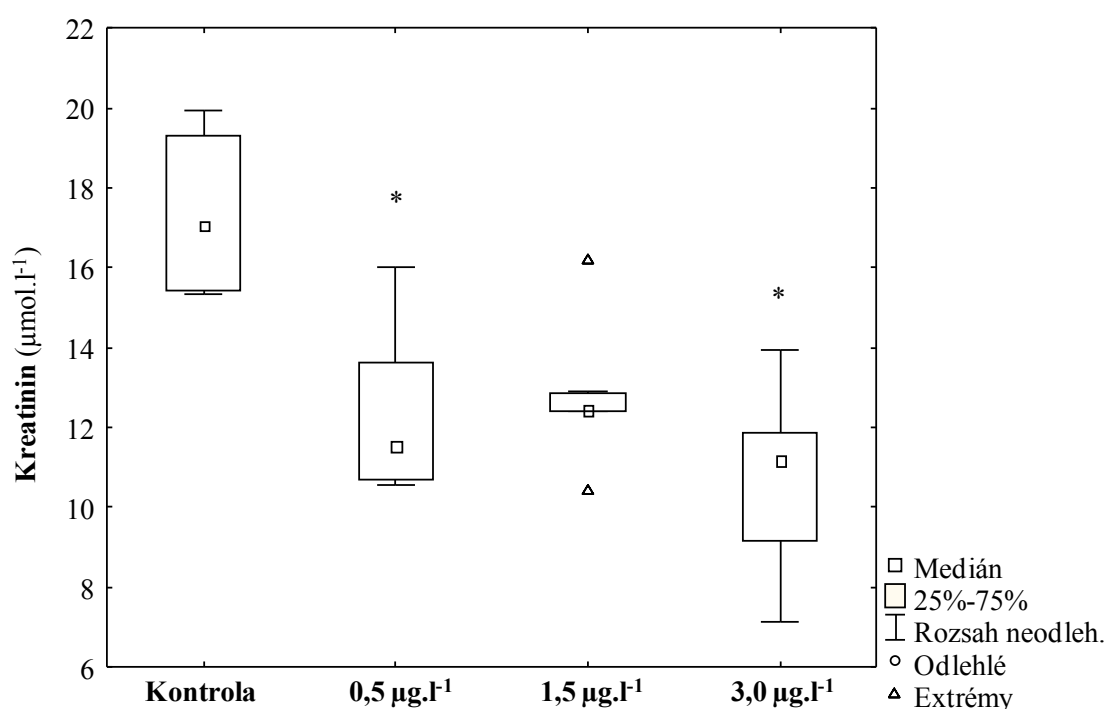


Obr. 17 Porovnání obsahu fosforu u kontrolní skupiny ryb a u skupin ryb kontaminovaných rtutí v pátém dni odběru. * označuje statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými koncentracemi oproti kontrolní skupině ryb na hladině významnosti 0,05.

Obrázek č. 17 zobrazuje změny obsahu fosforu v krevní plazmě při působení tří různých koncentrací rtuti (0,5 µg.l⁻¹; 1,5 µg.l⁻¹; 3,0 µg.l⁻¹) na kapra obecného při době expozice 5 dní.

Při porovnání kontrolní skupiny ryb a kontaminovaných skupin ryb byl zjištěn významný rozdíl ($p < 0,05$) v obsahu fosforu, kdy se jeho obsah snižoval ve všech skupinách ryb kontaminovaných rtutí oproti kontrolní skupině ryb. Jak již bylo uvedeno (viz. kapitola 2.2.6.2.10) změny hladiny krevního fosforu mohou indikovat poškození ledvin, což je jeden z primárních orgánů pro kumulaci rtuti. V dalších dobách expozice došlo ke snížení fosforu i u kontrolních skupin ryb, což mohlo být zapříčiněno tím, že během celého experimentu nebyly ryby krmeny, čímž došlo ke snížení distribuce fosforu do organismu ryb, a tedy i k následnému vyčerpání zásob tohoto prvku v těle ryby.

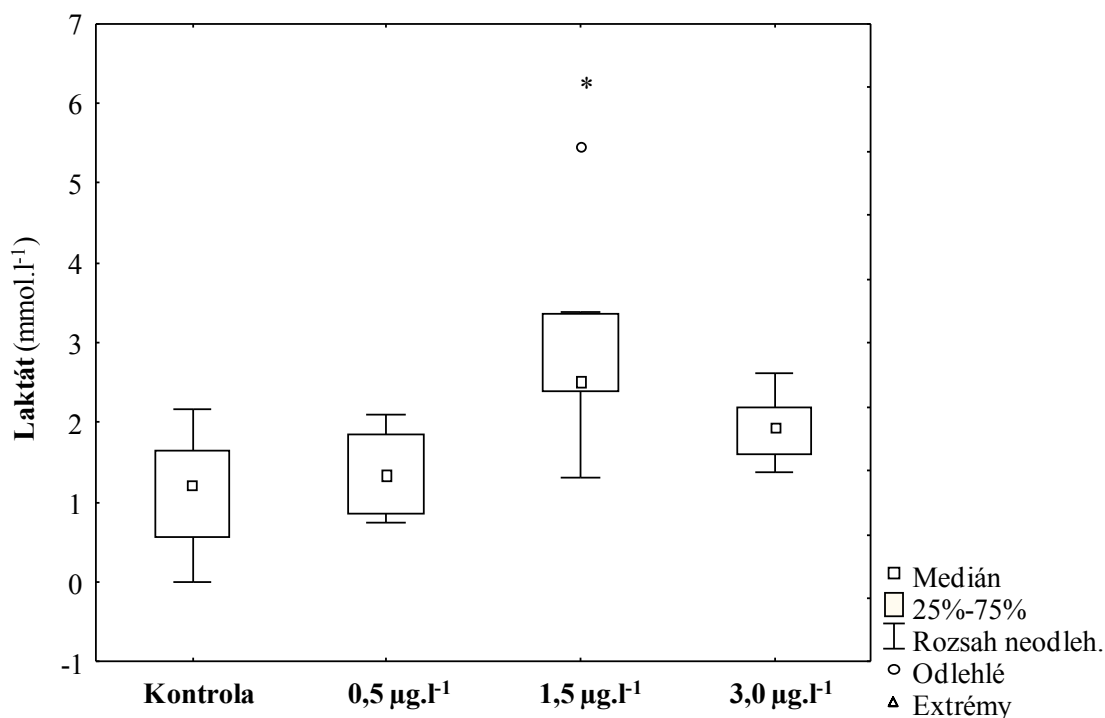
TRIPATHI et al. (2003) ve své studii uvádí běžné rozpětí fosforu pro kapra obecného $1,39 - 1,78 \text{ mmol.l}^{-1}$ a KOLÁŘOVÁ & VELÍŠEK (2012) uvádějí $0,72 - 3,89 \text{ mmol.l}^{-1}$. ADAMS et al. (2010) ve své studii stanovil množství fosforu u *Cynoscion nebulosus* pocházejícího z jižní Floridy $3,7 \text{ mmol.l}^{-1}$ a u *Cynoscion nebulosus* pocházejícího z „Indian River Lagoon“ $5,1 \text{ mmol.l}^{-1}$. Hodnocení koncentrace fosforu v krevní plazmě je však problematické, jelikož při působení toxikantů může docházet ke zvýšení tak i ke snížení hodnot fosforu oproti kontrole. (VELÍŠEK et al., 2009; VELÍŠEK et al., 2005)



Obr. 18 Porovnání obsahu kreatininu (KREA) u kontrolní skupiny ryb a u skupin ryb kontaminovaných rtuť v desátém dni odběru. * označuje statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými koncentracemi oproti kontrolní skupině ryb na hladině významnosti 0,05.

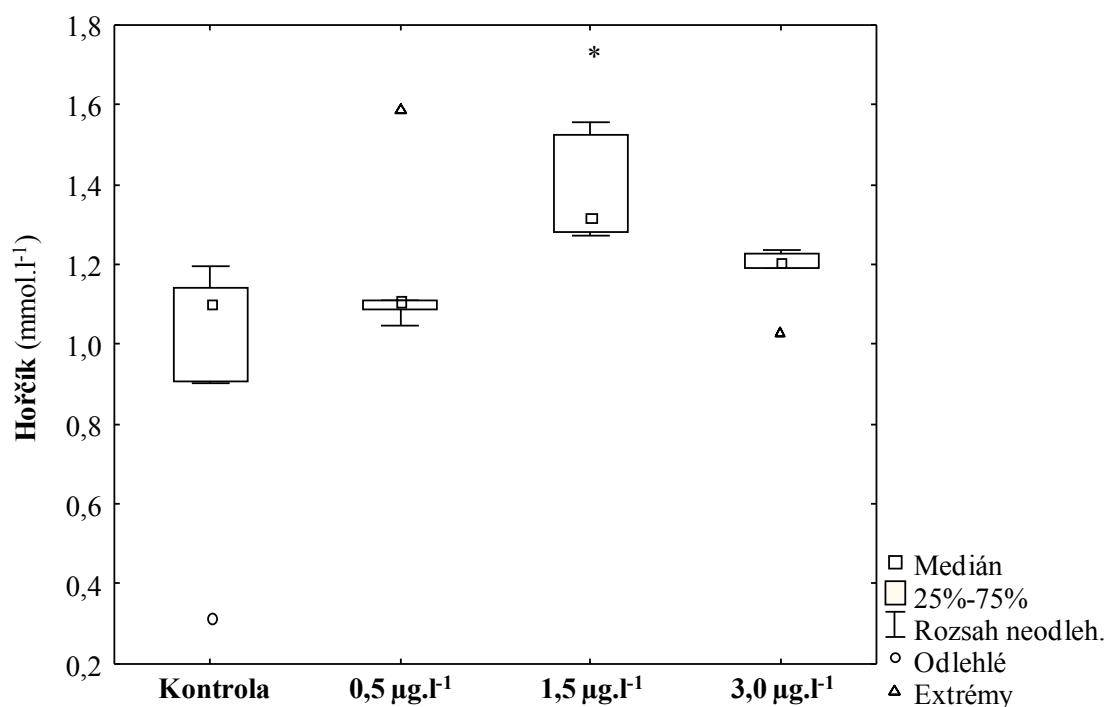
V případě obsahu kreatininu (viz obr. 18) došlo k významnému rozdílu ($p < 0,05$) mezi kontrolní skupinou a kontaminovanou skupinou ryb. Informací na téma sledování kreatininu v krevní plazmě, kdy dochází k jeho snížení, není dostatek, proto je obtížné srovnání námi získaných hodnot s jinými výsledky. Jak bylo již uvedeno (viz kapitola 2.2.6.2.5) zvýšené hodnoty kreatininu v krevní plazmě poukazují na poškození ledvin nebo svalovou dystrofii.

Nicméně studie TRIPATHI et al. (2003) uvádí běžné množství kreatininu pro kapra obecného $8,8 - 17,7 \mu\text{mol.l}^{-1}$. Ve studii ADAMS et al. (2010) byl analyzován obsah kreatininu $2,7 \mu\text{mol.l}^{-1}$ v *Cynoscion nebulosus* pocházejícího z jihu Floridy a $5,5 \mu\text{mol.l}^{-1}$ v *Cynoscion nebulosus* pocházejícího z „Indian River Lagoon“.



Obr. 19 Porovnání obsahu laktátu (LACT) u kontrolní skupiny ryb a u skupin ryb kontaminovaných rtuťí v desátém dni odběru. * označuje statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými koncentracemi oproti kontrolní skupině ryb na hladině významnosti 0,05.

Změny v obsahu laktátu v desátém dni odběru jsou uvedeny na obrázku č. 19. Jak bylo již uvedeno (viz kapitola 2.2.6.2.8) laktát je konečný produkt anaerobního metabolismu glukózy a jeho hladina v krvi ryb se rychle mění. V případě této studie docházelo k nepatrnému zvyšování obsahu laktátu ve skupinách ryb kontaminovaných rtuťí oproti kontrolním skupinám ryb. Zvýšení hodnot laktátu u kontaminovaných skupin ryb může být způsobeno vyšší spotřebou energie v důsledku stresu a také akumulace rtuťí do jednotlivých tkání kaprů. KOLÁŘOVÁ & VELÍŠEK (2012) uvádí množství laktátu $0,56 - 6,32 \text{ mmol.l}^{-1}$ pro kapra obecného.



Obr. 20 Porovnání obsahu hořčíku u kontrolní skupiny ryb a u skupin ryb kontaminovaných rtuťí v desátém dni odběru. * označuje statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými koncentracemi oproti kontrolní skupině ryb na hladině významnosti 0,05.

Obsah hořčíků v krevní plazmě (viz obr. 20) se významně lišil ($p < 0,05$) v kontrolní skupině ryb a ve skupinách ryb kontaminovaných rtuťí. KOLÁŘOVÁ & VELÍŠEK (2012) ve své studii uvádějí, že hořčík má významnou roli při aktivaci spousty enzymů obsažených v rybím organismu, dále zde stanovují běžné množství hořčíku v krevní plazmě v rozmezí od $0,37 \text{ mmol.l}^{-1}$ do $1,47 \text{ mmol.l}^{-1}$ u kapra obecného. Ve studii ADAMS et al. (2010) bylo v *Cynoscion nebulosus* množství hořčíku stanoveno v rozmezí od $1,9 \text{ mmol.l}^{-1}$ na Jižní Floridě až po 2 mmol.l^{-1} v „Indian River Lagoon“.

5.3 Experiment II.

5.3.1 Biochemické parametry

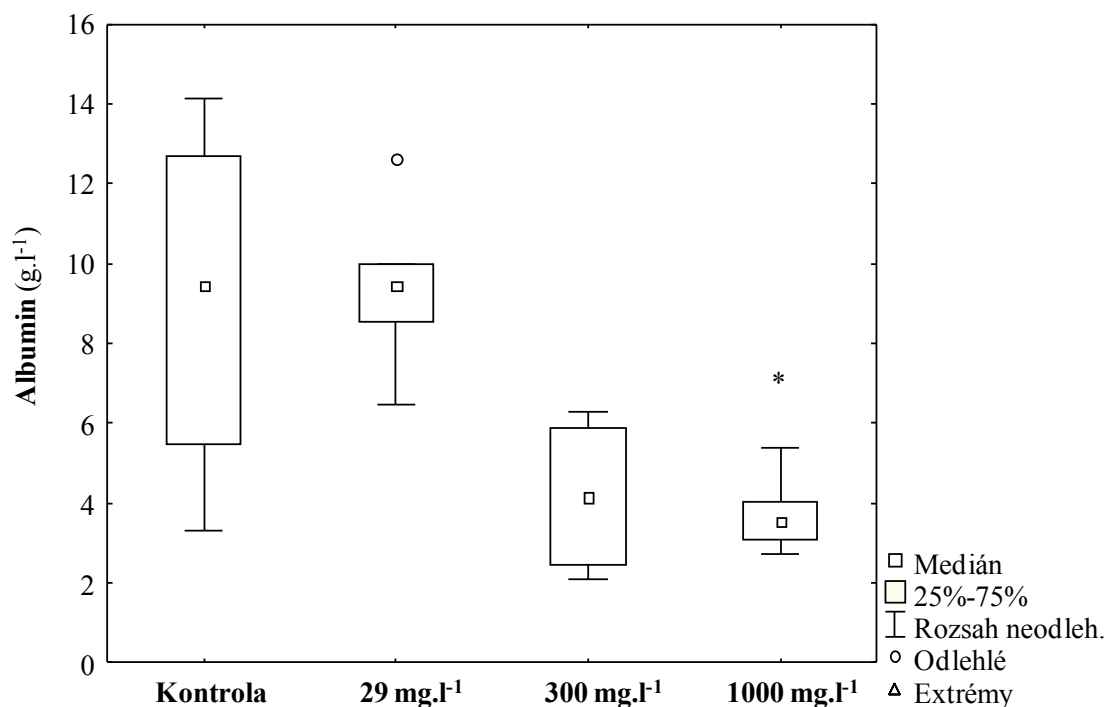
Tabulka 5: *Statisticky významné hodnoty (označení *) biochemických parametrů krevní plazmy oproti kontrolní skupině ryb ve II. experimentu na hladině významnosti 0,05*

Ukazatel	Koncentrace chloridu sodného			
	Kontrola	29 mg.l ⁻¹	300 mg.l ⁻¹	1000 mg.l ⁻¹
Albumin (g.l ⁻¹)	9,08 ± 4,70	9,42 ± 2,03	4,18 ± 2,06	*3,71 ± 0,94
Glukóza (mmol.l ⁻¹)	4,85 ± 1,14	6,12 ± 1,62	5,05 ± 0,64	*7,05 ± 1,28

Data jsou uvedena jako průměr ± SD

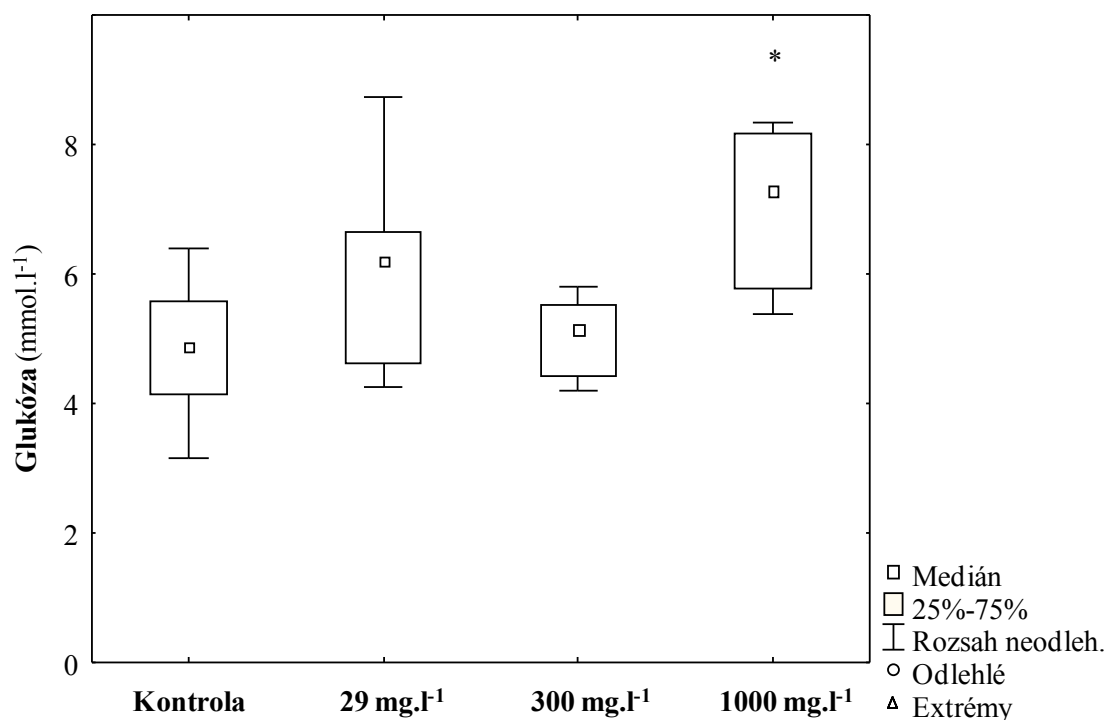
Tabulka 6: *Množství rtuti (mg.kg⁻¹) ve vybraných tkáních ryb ve II. experimentu*

Tkáň	Kontrola	29 mg.l ⁻¹ Cl ⁻	300 mg.l ⁻¹ Cl ⁻	1000 mg.l ⁻¹ Cl ⁻
levý sval	0,05286	0,07949	0,06298	0,08003
pravý sval	0,04507	0,11495	0,06385	0,07147
kůže	0,02842	0,45769	0,25066	0,29055
šupiny	0,01389	0,94261	0,66117	0,54351



Obr. 21 Porovnání obsahu albuminu u kontrolní skupiny ryb a u skupin ryb kontaminovaných rtuť s vlivem různých koncentrací (29 mg.l⁻¹, 300 mg.l⁻¹, 1000 mg.l⁻¹) chloridu sodného. * označuje statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými koncentracemi oproti kontrolní skupině ryb na hladině významnosti 0,05.

Na obrázku č. 21 jsou zobrazeny změny obsahu albuminu v krevní plazmě *Cyprinus carpio* L. při působení 1,5 µg.l⁻¹ rtuť za přítomnosti různých koncentrací chloridu sodného (29 mg.l⁻¹, 300 mg.l⁻¹, 1000 mg.l⁻¹). Z obrázku je patrné, že u koncentrace 300 mg.l⁻¹ a 1000 mg.l⁻¹ chloridů došlo k výraznému snížení hladiny albuminu oproti skupině, kdy byla koncentrace chloridu sodného 29 mg.l⁻¹. Výsledky kontrolní skupiny byly shodné s výsledky skupiny s koncentrací chloridu sodného 29 mg.l⁻¹. Studie KOLÁŘOVÁ & VELÍŠEK (2012) stanovila běžný obsah albuminu v krevní plazmě u kapra obecného 1 – 10 g.l⁻¹. Ve studii ADAMS et al. (2010) bylo analyzováno množství albuminu u *Cynoscion nebulosus* (10 g.l⁻¹ albuminu) pocházejícího z jihu Floridy a v *Cynoscion nebulosus* (9,9 g.l⁻¹ albuminu) původem z „Indian River Lagoon“. Vzhledem ke krátké době (72 hod) působení rtuť na *Cyprinus carpio* L. nelze předpokládat její vliv na snížení albuminu v krevní plazmě. Na druhou stranu, vliv na snižování albuminu v krevní plazmě může mít vliv řada dalších faktorů, jako např. stres, rychlost metabolismu atd. (GOPAL et al., 1997).



Obr. 22 Porovnání obsahu glukózy u kontrolní skupiny ryb a u skupin ryb kontaminovaných rtuť s vlivem různých koncentrací (29 mg.l⁻¹, 300 mg.l⁻¹, 1000 mg.l⁻¹) chloridu sodného. * označuje statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými koncentracemi oproti kontrolní skupině ryb na hladině významnosti 0,05.

Změny obsahu glukózy v krevní plazmě *Cyprinus carpio* L. při působení rtuti (1,5 μg.l⁻¹) a vlivu různých koncentrací chloridu sodného (29 mg.l⁻¹, 300 mg.l⁻¹, 1000 mg.l⁻¹) jsou zobrazeny na obrázku č. 22. Při srovnání kontrolní skupiny ryb a ostatních skupin ryb byl po 72 hod trvání experimentu analyzován postupný nárůst koncentrace glukózy v krevní plazmě. Toto zvýšení glukózy může být způsobeno negativním vlivem různých polutantů nebo stresorů (SVOBODOVÁ et al., 1999). Studie SVOBODOVÁ et al. (1986) uvádí běžné množství glukózy u *Cyprinus carpio* L. v rozmezí od 2 do 5 mmol.l⁻¹, oproti tomu studie KOLÁŘOVÁ & VELÍŠEK (2012) udává běžné množství glukózy v rozmezí od 1,3 do 1,9 mmol.l⁻¹. Obě tyto zmíněné studie se shodují ve výsledcích obsahu glukózy (10 – 30 mmol.l⁻¹) analyzované ve stresu. ADAMS et al. (2010) uvádí u *Cynoscion nebulosus* pocházejícího z jihu Floridy 4,6 mmol.l⁻¹ a *Cynoscion nebulosus* pocházejícího z „Indian River Lagoon“ 5,1 mmol.l⁻¹ glukózy v krevní plazmě.

5.3.2 Hematologické ukazatele

V případě stanovení hematologických ukazatelů, tj. hematokritu, střední barevné koncentrace a koncentrace hemoglobinu, nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly, jak v I. experimentu, tak i ve II. experimentu. Studie SVOBODOVÁ et al. (1986) a studie SVOBODOVÁ et al. (2012) uvádí hodnoty běžného fyziologického rozpětí od 0,28 do 0,40 l.l⁻¹ pro hematokrit, dále tato studie zahrnuje běžné hodnoty pro koncentraci hemoglobinu (60 – 100 g.l⁻¹) a pro střední barevnou koncentraci (0,20 – 0,26 l.l⁻¹) u kapra obecného. Při stanovení hematokritové hodnoty u prvního experimentu se hodnoty pohybovaly v dolní hranici fyziologického rozpětí a v případě druhého experimentu se výsledky pohybovaly uprostřed běžného fyziologického rozpětí. Studie JEZIERSKA & WITESKA (2001) uvádí, že při působení 10 µg.l⁻¹ rtuti a době expozice 20 a 60 dní dochází ke zvyšování množství hematokritu v krvi kapra obecného. Na druhou stranu studie JEE & KANG (2004) analyzovala množství hematokritu v krvi kapra obecného při působení různých koncentrací rtuti (1 mg.l⁻¹, 5 mg.l⁻¹ a 10 mg.l⁻¹) a době expozice 15 dní došlo k opačnému efektu, tedy k signifikantnímu snížení hematokritové hodnoty. Průkazné snížení hematokritové hodnoty uvádí i SHAH & ALTINDAG (2004) ve své studii při působení 250 µg.l⁻¹ rtuti při expozici 3 týdnů v krvi *Tinca tinca* L..

Tabulka 7: Hematokritová hodnota (l.l⁻¹) v I. experimentu

Odběrový den	Koncentrace rtuti			
	Kontrola	0,5 µg.l ⁻¹	1,5 µg.l ⁻¹	3 µg.l ⁻¹
5. den	0,29 ± 0,03	0,32 ± 0,03	0,31 ± 0,04	0,31 ± 0,01
10. den	0,30 ± 0,02	0,29 ± 0,02	0,30 ± 0,02	0,27 ± 0,12
15. den	0,29 ± 0,02	0,29 ± 0,02	0,30 ± 0,03	0,30 ± 0,02

Data jsou uvedena jako průměr ± SD

Při stanovení množství hemoglobinu, byl v prvním experimentu jeho rozsah uprostřed běžného fyziologického rozpětí. V druhém experimentu se hodnota hemoglobinu blížila nejvyšším hodnotám běžného fyziologického rozpětí. Studie JEZIERSKA & WITESKA (2001) analyzovala zvyšování množství hemoglobinu při působení rtuti ($10 \mu\text{g.l}^{-1}$) po dobu 20 a 60 dní. Opět jako u hematokritové hodnoty, ve studii JEE & KANG (2004) a VINODHINI & NARAYANA (2008), docházelo k opačnému efektu při působení rtuti, tedy k rapidnímu snížení koncentrace hemoglobinu u kapra obecného.

Tabulka 8: Hemoglobinová hodnota (g.l^{-1}) v I. experimentu

Odběrový den	Koncentrace rtuti			
	Kontrola	$0,5 \mu\text{g.l}^{-1}$	$1,5 \mu\text{g.l}^{-1}$	$3 \mu\text{g.l}^{-1}$
5. den	$72,62 \pm 8,05$	$81,15 \pm 4,55$	$74,98 \pm 11,25$	$78,37 \pm 3,50$
10. den	$82,48 \pm 14,34$	$80,00 \pm 7,60$	$80,85 \pm 6,22$	$74,07 \pm 3,05$
15. den	$79,22 \pm 11,18$	$80,73 \pm 5,85$	$80,79 \pm 7,67$	$79,82 \pm 3,39$

Data jsou uvedena jako průměr \pm SD

Posledním sledovaným hematologickým parametrem v této studii byla hodnota střední barevné koncentrace. V případě I. experimentu se hodnoty vyskytovaly v horní hranici běžného fyziologického rozpětí. U druhého experimentu byla hodnota střední barevné koncentrace za horní hranicí běžného fyziologického rozpětí u kontrolní skupiny ryb, a u skupiny ryb, kde bylo působení rtuti ovlivněno přidáním chloridu sodného v koncentraci 29mg.l^{-1} a 1000mg.l^{-1} . U skupiny ryb, kdy koncentrace chloridu sodného byla 300mg.l^{-1} se hodnota střední barevné koncentrace pohybovala ve spodní hranici běžného fyziologického rozpětí. Podobným výsledkům dospěla studie ADAKOLE (2012), kdy došlo ke snížení hodnot střední barevné koncentrace v krvi *Clarias gariepinus*.

Studie SHAH & ALTINDAG (2004) uvádí zvýšení hodnoty střední barevné koncentrace v krvi *Tinca tinca* L. při působení rtuti ($250 \mu\text{g.l}^{-1}$) po dobu expozice 21 dnů.

Tabulka 9: Hodnota střední barevné koncentrace (l.l^{-1}) v I. experimentu

Odběrový den	Koncentrace rtuti			
	Kontrola	$0,5 \mu\text{g.l}^{-1}$	$1,5 \mu\text{g.l}^{-1}$	$3 \mu\text{g.l}^{-1}$
5. den	$0,25 \pm 0,01$	$0,25 \pm 0,01$	$0,24 \pm 0,02$	$0,25 \pm 0,01$
10. den	$0,27 \pm 0,04$	$0,28 \pm 0,02$	$0,28 \pm 0,02$	$0,27 \pm 0,02$
15. den	$0,27 \pm 0,04$	$0,28 \pm 0,01$	$0,27 \pm 0,01$	$0,27 \pm 0,01$

Data jsou uvedena jako průměr \pm SD

Tabulka 10: Hematologické ukazatele ve II. experimentu

Ukazatel	Koncentrace chloridu sodného			
	Kontrola	29 mg.l^{-1}	300 mg.l^{-1}	1000 mg.l^{-1}
Hematokritová hodnota (l.l^{-1})	$0,33 \pm 0,02$	$0,34 \pm 0,03$	$0,26 \pm 0,13$	$0,34 \pm 0,02$
Střední barevná koncentrace (l.l^{-1})	$0,29 \pm 0,01$	$0,29 \pm 0,01$	$0,23 \pm 0,11$	$0,28 \pm 0,01$
Koncentrace hemoglobinu (g.l^{-1})	$94,47 \pm 5,06$	$97,13 \pm 9,12$	$87,39 \pm 6,88$	$94,23 \pm 3,81$

Data jsou uvedena jako průměr \pm SD

6 Závěr

Diplomová práce se zabývá studiem vlivu různých koncentrací rtuti, v případě I. experimentu, a působením koncentrace rtuti ($1,5 \mu\text{g.l}^{-1}$) s přidavkem chloridu sodného (29 mg.l^{-1} , 300 mg.l^{-1} , $1\ 000 \text{ mg.l}^{-1}$) u II. experimentu, na hematologické ukazatele a biochemické parametry v krevní plazmě kapra obecného (*Cyprinus carpio* L.). Vzorky krevní plazmy byly odebrány pomocí heparinizovaných injekčních stříkaček přímo ze srdce ryb, a dále uchovávány v plastových zkumavkách (1,5 ml).

Stanovení biochemických parametrů ve vzorcích bylo provedeno biochemickou analýzou na přístroji Konelab T 20xt a Easy Lyte.

V případě I. experimentu, byl zjištěn významný rozdíl laktátdehydrogenázy (LDH), alaninaminotransferázy (ALT), fosforu, kreatininu (KREA), laktátu (LACT) a hořčíku. Z těchto výsledků lze usuzovat, že nedocházelo k poškození fyziologických funkcí sledovaných orgánů u *Cyprinus carpio* L.

U druhého experimentu, kdy byly přidávány tři různé koncentrace chloridu sodného, byly zjištěny významné rozdíly u obsahu albuminu a glukózy v krevní plazmě kapra obecného. V případě kontrolní skupiny a skupiny, kdy byla koncentrace chloridu sodného 29 mg.l^{-1} , byl obsah albuminu ve stejném rozmezí ($9,084 - 9,421 \text{ g.l}^{-1}$). U ostatních skupin docházelo ke snížení obsahu albuminu v krevní plazmě *Cyprinus carpio* L.. Z důvodu krátkého trvání tohoto experimentu (72 hod) nelze snížení albuminu v krevní plazmě přisuzovat vlivu rtuti. Obsah glukózy se u všech skupin zvyšoval. Tento jev může být přisuzován negativnímu působení různých stresorů.

V I. ani II. experimentu nevyšly statisticky významné rozdíly hematologických ukazatelů u kontaminovaných skupin ryb při porovnání s kontrolními skupinami ryb.

Závěrem lze tedy říci, že při působení různých koncentrací rtuti (I. experiment), dochází k ovlivňování některých biochemických parametrů. Co se týče II. experimentu, nelze říci, zda docházelo k ovlivnění biochemických parametrů díky působení rtuti, doba expozice byla příliš malá. Hematologické ukazatele nebyly ovlivněny v I. ani II. experimentu.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ADAKOLE J. A., 2012: *Changes in some haematological parameters of the African catfish (Clarias gariepinus) exposed to a metal finishing company effluent*. Indian Journal of Science and Technology, 5: 2510 – 2514 s. ISSN 0974-5645.

ADAMS D. H., SONNE CH., BASU N., DIETZ R., NAM D-H., LEIFSSON P. S., JENSEN A. L., 2010: *Mercury contamination in spotted seatrout, Cynoscion nebulosus: An assessment of liver, kidney, blood, and nervous system health*. Science of the Total Environment, 408: 5808 – 5816 s. ISSN 0048-9697.

AINSWORTH A. J., 1992: *Fish granulocytes: Morphology, distribution, and function*. Annual Review of Fish Diseases, 2: 123 – 148 s. ISSN 0959-8030.

AMUNDSEN P. A., STALDVIK F. J., LUKIN A. A., KASHULIN N. A., POPOVA O. A., RESHETNIKOV Y. S., 1997: *Heavy metal contamination in freshwater fish from the border region between Norway and Russia*. The Science of the Total Environment, 201: 211 – 224 s. ISSN 0048-9697.

ANDERSON N. A., LAURSEN J. S., LYKKEBOE G., 1985: *Seasonal variations in hematocrit, red cell hemoglobin and nucleoside triphosphate concentrations in the European eel Anguilla anguilla*. Comparative Biochemistry and Physiology, 81A: 87 – 92 s. ISSN 1095-6433.

ANONYM 1., 2008: *Feerova-Selterova-Swiftova nemoc*. In: Velký lékařský slovník [online]. Maxdorf Praha [vid. 26. 3. 2015]. Dostupné z: <http://lekarske.slovniky.cz/pojem/feerova-selterova-swiftova-nemoc>

ANONYM 2., 2014: *Historie otrav rtuťí*. In: Arnika [online]. Praha [vid. 26. 3. 2015]. Dostupné z: <http://arnika.org/historie-otrav-rtuti>

ANONYM 3., 2007: *Rtuť a sloučeniny*, In: Integrovaný registr znečišťování [online]. Cenia Praha [vid. 4. 4. 2015]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/node/88>

ANONYM 4., 2015: *Optické měření kyslíku v elektrárnách*. In: HACH [online]. Hach [vid. 29. 4. 2015]. Dostupné z: <http://www.hach-lange.cz/power-ldo>

ANONYM 5., 2015: *Atomová spektrometrie*. In: Atomová spektrometrie [online]. [vid. 25. 6. 2015]. Dostupné z: <http://web.vscht.cz/~koplikr/Atomov%0c3%a1%20%20spektrometrie.pdf>

ANONYM 6., 2014: *Směrodatná odchylka*. In: Matematika.cz – tady to pochopíš [online]. Nová media s.r.o. Brno [vid. 15. 2. 2016]. Dostupné z: <http://www.matematika.cz/smerodatna-odchylka>

ANONYM 7., 2014: *Průměr*. In: Matematika.cz – tady to pochopíš [online]. Nová media s.r.o. Brno [vid. 15. 2. 2016]. Dostupné z: <http://www.matematika.cz/prumer>

AQUAL., 2014: *Konduktometry – elektrická měrná vodivost* [online]. Brno: WTW. [vid. 29. 4. 2015]. Dostupné z: http://www.wtwcz.com/upload/files/Katal_WTW_68-83_vodivost.pdf

BARUŠ V., ČERNÝ K., GAJDŮŠEK J., HENSEL K., HOLČÍK J., KÁLAL L., KRUPAUER V., KUX Z., LIBOSVÁROVSKÝ J., LOM J., LUSK S., MORAVEC F., OLIVA O., PEŇÁZ M., PIVNIČKA K., PROKEŠ M., RÁB P., ŠPINAR Z., ŠVÁTORA M., VOSTRADOVSKÝ J., 1995: *Mihulovci a ryby 2*. Praha: Academia, 698 s. ISBN: 80-200-0501-3.

BENCKO V., CIKRT M., LENER J., 1995: *Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka*. Praha: Grada/Avicenum, 282 s. ISBN 9788071691501

BRIDGES C. C., ZALUPS R. K., 2005: *Molecular and ionic mimicry and the transport of toxic metals*. Toxicology and Applied Pharmacology, 204: 274 – 308 s. ISSN 0041-008X.

CAMBELL T. W., MURA F., 1990: *An introduction to fish hematology*. Compendium of Continuing Education in Veterinary Science, 12: 525 – 533 s. ISSN 0193-1903.

CARVALHO C.M., CHEW E. H., HASHEMY S. I., LU J., HOLMGREN A. 2008: *Inhibition of the human thioredoxin systém - A molecular mechanism of mercury toxicity*. Journal of Biological Chemistry, 283 (18): 11913 – 11923 s. ISSN 0021-9258.

CIBULKA J., MADER P., PAŘÍZEK J., KUBIŽŇÁKOVÁ J., SVOBODOVÁ Z., KOZÁK J., DOMAŽLICKÁ E., MAŇKOVSKÁ B., PÍŠA J., POHUNKOVÁ H., REISNEROVÁ H., MACHÁLEK E., MUSIL J., 1991: *Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře*. Praha: Academia, 427 s. ISBN 80-200-0401-7.

CLARKSON T. W., 1997: *The toxicology of mercury*. Critical Reviews in Clinical Laboratory Science, 34 (4): 369 – 403 s. ISSN 10408363

CLAUSS T. M., DOVE A. D. M., ARNOLD J. E., 2008: *Hematologic disorders of fish*. The Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice, 11 (3): 445 – 462 s. ISSN 1094-9194.

CRUMP K. L., TRUDEAU V. L., 2009: *Mercury – induced reproductive impairment in fish*. Environmental Toxicology and Chemistry, 28: 895 – 907 s. ISSN 1552-8618.

DAWSON M. A., 1982: *Effects of long – term mercury exposure on hematology of striped bass, Morone saxatilis*. Fishery Bulletin, 80: 389 – 392 s. ISSN 0090-0656.

DOUBEK J., BOUDA, J., DOUBEK M., FURLL M., KNOTKOVÁ Z., PEJŠÍŘOVÁ S., PRAVDA D., SCHEER P., SVOBODOVÁ Z., VODIČKA R., 2003: *Veterinární hematologie*. Brno: Noviko a.s., 464 s. ISBN 80-86542-02-5.

DRÁPELA K., 2012: *8. Průzkumová analýza dat* [online]. Brno: Mendelova univerzita. [vid. 16. 2. 2016]. Dostupné z: http://user.mendelu.cz/drapela/Statisticke_metody/teorie%20text%20II.pdf

DUBANSKÝ V., SVOBODOVÁ Z., 1995: *Krev ryb*. Veterinářství, 52: 69 – 71 s. ISSN 0506-8231.

EISLER R., 2010: *Mercury Hazards to Living Organisms*. London: Taylor & Francis Group, 311 s. ISBN 0-8493-9212-8.

ELHASSANI S. B., 1983: *The many faces of methylmercury poisoning*. Journal of Toxicology – Clinical Toxicology, 19: 875 – 906 s. ISSN 0731-3810.

ELLIS A. E., 1977: *The leucocytes of fish*. Journal of Fish Biology, 11: 453 – 491 s. ISSN 1095-8649.

ESTEBAN M. A., MUÑOZ J., MESEQUER J., 2000: *Blood cells of sea bass (Dicentrarchus labrax L.). Flow cytometric and microscopic studies*. The Anatomical Record, 258 (1): 80 – 89 s. ISSN 1932-8494.

FARA M., 2004: *Problematika emisí rtuti – kapitola I* [online]. Praha: EGÚ Praha Engineering, a.s.. [vid. 20. 3. 2015]. Dostupné z: <http://www.teso.cz/adm/data/files/others/kapitola-1-problematika-emisi-rtuti.pdf>

FOLMAR L. C., 1993: *Effects of chemical contaminants on blood chemistry of teleost fish: A bibliography and synopsis of selected effects*. Environmental Toxicology and Chemistry, 12: 337 – 375 s. ISSN: 1552-8618.

GOPAL V., PARVATHY S., BALASUBRAMANIAN P. R., 1997: *Effect of heavy metals on the blood protein biochemistry of fish (Cyprinus carpio L.) and its use as a bio – indicator of pollution stress*. Environmental Monitoring and Assessment, 48: 117 – 124 s. ISSN 0167-6369.

GÖRÜR F. K., KESER R., AKCAY N., DIZMAN S., 2012: *Radioactivity and heavy metal concentrations of some commercial fish species consumed in the Black Sea Region of Turkey*. Chemosphere, 87: 356 – 361 s. ISSN 0045-6535.

GÖTHBERG A., GREGER M., 2006: *Formation of methyl mercury in an aquatic macrophyte*. Chemosphere, 65: 2096 – 2195 s. ISSN 0045-6535.

GRAEME K. A., POLLACK CH. V., 1998: *Heavy metal toxicity, part I: Arsenic and Mercury*. The Journal of Emergency medicine, 16 (1): 45 – 56 s. ISSN 0736-4679.

GRAY J. E., HINES M. E., HIGUERAS P. L., ADDATO I., LASORSA B. K., 2004: *Mercury Speciation and Microbial Transformations in Mine Wastes, Stream Sediments, and Surface Waters at the Almadén Mining District, Spain*. International journal of Environmental Science and Technology, 38 (16): 4285 – 4292 s. ISSN 1735-1472.

GREENWOOD N. N., EARNSHAW A., 1993: *Chemie prvků*, 1. vydání. Praha: Informatorium, 1635 s. ISBN 80-85427-38-9.

HAAS E. M., 2004: *Arsenik* [online]. Los Angeles: [vid. 6. 12. 2013]. Dostupné z: <https://translate.google.cz/translate?hl=cs&sl=en&u=http://www.healthy.net/scr/article.aspx%3FID%3D2004&prev=search>

HANEL L., LUSK S., 2005: *Ryby a mihule České republiky*. Vlašim: Český svaz ochránců přírody, 448 s. ISBN 80-86327-49-3.

HARRISON S. E., KLAVERKAMP J. F., HESSLEIN R. H., 1990: *Fates of metal radiotracers added to a whole lake - accumulation in fathead minnow (*Pimephales promelas*) and lake trout (*Salvelinus namaycush*)*. Water, Air and Soil Pollution, 52: 277 – 293 s. ISSN 1573-2932.

HARVEY J. W., 2001: *Atlas of veterinary hematology: Blood and bone marrow of domestic animals*. Philadelphia: W. B. Saunders, 227 s. ISBN 978-0-7216-6334-0.

HAVELKOVÁ M., DUŠEK L., NEMETHOVÁ D., POLESZCZUK G., SVOBODOVÁ Z., 2008: *Comparison of mercury distribution between liver and muscle – A biomonitoring of fish from lightly and heavily contaminated localities*. Sensors, 8: 4095 – 4109 s. ISSN 1424-8220.

HAWKINS R, I., MAWDESLEY – THOMAS L., 2006: *Fish haematology – A bibliography*. Journal of Fish Biology, 4: 193 – 232 s. ISSN: 1095-8649.

HLAVOVÁ V., JURAJDA P., PRAVDA D., 1989: *Změny bílého krevního obrazu pstruha obecného (*Salmo trutta*) a lipana podhorního (*Thymallus thymalus*) v průběhu roku*. Živočišná výroba, 34: 959 – 965 s. ISSN 1212-1819.

HORÁKOVÁ M., 2007: *Analytika vody, 2. vydání*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 335 s. ISBN 978-80-7080-520-6.

HOUSEROVÁ P., JANÁK K., KUBÁŇ P., PAVLÍČKOVÁ J., KUBÁŇ V., 2006: *Chemické formy rtuti ve vodních ekosystémech – vlastnosti, úrovně, koloběh a stanovení*. Chemické listy, 100: 862 – 876 s. ISSN 0009-2770.

HSU H., SEDLÁK D. L., 2003: *Strong Hg(II) Complexation in Municipal Wastewater Effluent and Surface Waters Implications*. International journal of Environmental Science and Technology, 37 (12): 2743 – 2749 s. ISSN 1735-1472.

IVANOVA N. T., 1983: *Atlas kletok krvi ryb*. Moscow: Legkaja Industrija, 184 s.

JACKSON T. A., 1997: *Long-range atmospheric transport of mercury to ecosystems , and the importance of anthropogenic emission a critical review and evaluation of the published evidenc*. Environmental reviews, 5 (2): 99 – 120 s. ISSN 1208-6053.

JEE J. H., KANG J. CH., 2004: *Effects of Intra – peritoneal Injection of Inorganic Mercury on Blood parameters and Hepatic Oxidative Stress Enzyme Activities in Common Carp (Cyprinus carpio L.)*. Korean Journal of Environmental Biology, 22 (4): 559 – 564 s. ISSN 1226-9999.

JEZIERSKA B., WITESKA M., 2001: *Metal toxicity to fish*. Poland: University of Podlasie, 318 s. ISSN 08-60-2719.

KAFKA M., PUNČOCHÁŘOVÁ J., 2002: *Těžké kovy v přírodě a jejich toxicita*. Chemické listy, 96 (7): 611 – 617 s. ISSN: 0009-2770.

KENŠOVÁ R., HYNEK D., ADAM V., KIZEK R., 2014: *Působení rtuti na živé organismy*. Journal of Metallomics and Nanotechnologies, 3: 38 – 41 s. ISSN 2336-3940.

KIRKOVÁ Z., 1990: *Základné hematologické ukazatele kapra dunajského a kapra kultúrného*. Živočišná výroba, 35: 889 – 894 s. ISSN 1212-1819.

KLAASSEN D. C., 2007: *Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*. USA: McGraw - Hill Professional, 1280 s. ISBN 9780071054768.

KOLÁŘOVÁ J., VELÍŠEK J., 2012: *Stanovení a vyhodnocení biochemického profilu krve ryb*. Vodňany: Edice metodik Fakulty rybářství a ochrany vod, 135: 54 s. ISBN: 978-80-87437-58-2.

KONRÁDOVÁ K., 2014: *Rtuť – 3. nejtoxičtější a nejvíce kumulovaný prvek v lidském organismu na světě*. In: Laboratorní testy těžkých kovů a chemikálií [online]. Liberec [vid. 26. 3. 2015]. Dostupné z: <http://www.deteko.cz/>

KOPLÍK R., ČURDOVÁ E., MESTEK O., 1997: *Speciace stopových prvků ve vodách, půdách, sedimentech a biologických materiálech*. Chemické listy, 91: 38 – 47 s. ISSN 0009-2770.

KOSTYNIÁK P. J., 1998: Mercury as a potential hazard for the dental practitioner. The New York state dental journal, 64 (4): 40 – 43 s. ISSN 00287571.

KOTAČKOVÁ L., 2014: *Chloridy* [online]. Widefield. [vid. 12. 3. 2016]. Dostupné z: www.toplekar.cz/laboratorni-hodnoty/chloridy.html?znak=CH

KRUŽÍKOVÁ K., MARŠÁLEK P., RANDÁK T., SVOBODOVÁ Z., 2008: *Zhodnocení obsahu celkové rtuti a methylrtuti v rybách z vybraných lokalit volných vod na území ČR*. Veterinářství, 58: 726 – 730 s. ISSN 0506-8231

LUSKOVÁ V., 1996: *Annual cycles and normal values of hematological parameters in fishes*. Acta Scientiarum Naturalium Academiae Scientiarum Bohemicae Brno, 31 (5): 1 – 70 s. ISSN 0032-8758

MAHONEY J. B., MCNULTY J. K., 1992: *Disease – associated blood changes and normal seasonal hematological variation in winter flounder in the Hudson – Raritan Estuary*. Transactions of the American Fisheries Society, 12: 261 – 268 s. ISSN 0002-8487.

MARŠÁLEK P., 2006: *Methylrtuť ve vodních ekosystémech*. Bulletin VÚRH, 42 (3): 117 – 124 s. ISSN 0007-389X.

MASOPUST J., 2000: *Klinická biochemie – část I*. Praha: Karolinum, 832 s. ISBN 8071846503.

MATHIESON P. W., 1995: *Mercury – god of Th2 cells?* Clinical and Experimental Immunology, 102: 229 – 230 s. ISSN 1365-2249.

MERIAN E., CLARKSON T. W., 1991: *Metals and their compounds in the environment: Occurrence, analysis, and biological relevance*. Weinheim: VCH, 1438 s. ISBN 0-89573-562-8.

METTLER – TOLEDO AG., 2007: *Průvodce teorie měření pH* [online]. Schwerzenbach: MCG MarCom Greifensee. [vid. 17. 11. 2015]. Dostupné z: http://cs.mt.com/cz/cs/home/supportive_content/brochures/CZ_pH-Guide/jcr:content/download/file/file.res/APPL-Pruvodce_teorii_mereni_pH.pdf

MIJAVCOVÁ R., GINTEROVÁ P., 2011: *Průručka pro začínající vyučující předmětu Cvičení z analytické chemie* [online]. Olomouc: Univerzita Palackého. [vid. 29. 4. 2015]. Dostupné z: http://ach.upol.cz/ACC_prirucka/

MILDE D., 2008: *Atomová fluorescenční spektrometrie* [online]. Olomouc: Univerzita Palackého. [vid. 4. 4. 2015]. Dostupné z: <http://ach.upol.cz/user-files/intranet/04-asx-afs-1321623166.pdf>

MILDE D., LINHARTOVÁ A., 2011: *Stanovení arsenu v ořeších pomocí AAS – verifikace metody a kvantifikace nejistoty stanovení*. Chemické listy, 105: 707 – 711 s. ISSN 0009-2770.

MODRÁ H., SVOBODOVÁ Z., KOLÁŘOVÁ J., 1998: *Comparison of differential leukocyte counts in fish of economic and indicator importance*. Acta Veterinaria Brno, 67: 215 – 226 s. ISSN 0001-7213.

NEFF J. M., 1985: *Use of biochemical measurement to detect pollutant – mediated damage to fish*, 155 – 183 s. In: CARDWELL R. D. et al.: *Aquatic toxicology and hazard assessment: Seventh symposium (STP 854)*. Millwaukee: ASTM Special Publication, 587 s. ISBN 0-8031-0410-3.

NIES D. H., 2003: *Efflux-mediated heavy metal resistance in prokaryotes*. FEMS microbiology reviews, 27: 313 – 339 s. ISSN 1574-6976.

OLSON K. R., FROMM P. O., 1973: *Mercury uptake and ion distribution in gill of rainbow trout (Salmo gairdneri) – tissue scans with an electron-microprobe*. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 30: 1575 – 1578 s. ISSN 0015-296X.

OZUAH P. O., 2000: *Mercury poisoning*. Current Problems in Pediatrics, 30 (3): 91 – 99 s. ISSN 1538-5442.

PAL B. P., ARIYA P. A., 2004: *Gas-Phase HO[•]-Initiated Reactions of Elemental Mercury: Kinetics, Product Studies, and Atmospheric Implications*. International journal of Environmental Science and Technology, 38 (21): 5555 – 5566 s. ISSN 1735-1472.

PALEČEK J., LINHART I., HORÁK J., 1999: *Toxikologie a bezpečnost práce v chemii*. Praha: VŠCHT, 189 s. ISBN 80-7080-266-9.

PAŘÍZEK J., 2010: *Rtut' – tekuté stříbro*. In: Stránky sběratele minerálů [online]. Vohe Nové Město na Moravě. [vid. 18. 2. 2015]. Dostupné na: <http://www.svet-kamenu.cz/gallery/images/pdf/Rtut.pdf>

PAVELKA V., SCHUTZ A., 1979: *Anorganická chemie pro pedagogické fakulty*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 285 s. ISBN: 14-160-79.

PAVLIŠ M., 2005: *Toxické kovy* [online]. Olomouc: Univerzita Palackého. [vid. 20. 3. 2015]. Dostupné z: http://ekologie.upol.cz/ku/etxo/toxikologie_kovu.pdf.

PECKA M., 1995: *Přehled laboratorní hematologie 1: Krvetvorba. Červená krevní řada (1. vydání)*. Praha: Galén, 141 s. ISBN 80-85824-28-0.

POWERS D. A., 1980: *Molecular ecology of teleost fish hemoglobins: strategies for adapting to changing environments*. American Zoologist, 20: 139 – 162 s. ISSN 0003-1569.

PRAVDA D., PALÁČKOVÁ J., 1988: *Vybrané hematologicko – biochemické parametry pstruha duhového (Salmo gairdneri Richardson) v průmyslových chovech ryb*, 264 – 267 s. In: *Chov lososovitých ryb. Sborník referátů z konference*. Mariánské lázně: ČSVTS při VÚRH a SRŠ ve Vodňanech.

QLIVEIRA C. A., RIBEIRO C. A. O., ROULEAU C., PELETTIER E., AUDET C., TJALVE H., 1999: *Distribution kinetics of dietary methylmercury in the arctic charr (Salvelinus alpinus)*. Environmental Science and Technology, 33: 902 – 907 s. ISSN 1735-1472.

RAM R. N., JOY K. P., 1988: *Mercurial induced changes in the hypothalamo neurohypophysial complex in relation to reproduction in the teleostean fish (Channa punctatus)*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 41: 329 – 336 s. ISSN 432-0800.

RAM R. N., SATHYANESAN A. G., 1983: *Effect of mercuric chloride on the reproductive cycle of the teleostean fish (Channa punctatus)*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 30: 24 – 27 s. ISSN 1432-0800.

RAVICHANDRAN M., 2004: *Interactions between mercury and dissolved organic matter – a review*. Chemosphere, 55: 319 – 331 s. ISSN 0045-6535.

REMY H., 1962: *Anorganická chemie II díl*. Praha: SNTL - Státní nakladatelství technické literatury, 806 s. ISBN: neuvedeno.

REZA R., SINGH G., 2010: *Assessment of heavy metal contamination and it's indexing approach for river water*. International Journal of Environment Science and Technology, 7 (4): 785 – 792 s. ISSN 1735 – 1472.

RISHER J., DEWOSKIN R., 1999: *Toxicological Profile for Mercury* [online]. Atlanta: ATSDR (The Agency for Toxic Substances and Disease Registry). [vid. 10. 4. 2015]. Dostupné z: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp46.pdf>

SALA – RABANALA M., SANCHEZ J., IBARZ A., FERNANDEZ – BORRAS J., BLASCO J., GALLARDO M. A., 2003: *Effects of low temperatures and fasting on hematology and plasma composition of gilthead sea bream (Sparus aurata)*. Fish Physiology and Biochemistry, 29: 105 – 115 s. ISSN 0920-1742.

SALLSTEN G., THOREN J., BARREGARD L., SCHUTZ A., SKARPING G., 1996: *Long-term use of nicotine chewing gum and mercury exposure from dental amalgam fillings*. Journal of Dental Research, 75: 594 – 598 s. ISSN 0022-0345.

SANFELIU C., SEBASTIA J., CRISTOFOL R., RODRIGUEZ – FARRE E., 2003: *Neurotoxicity of organomercurial compounds*. Neurotoxicology Research, 5: 283 – 305 s. ISSN 0161-813X.

SHAH S. L., ALTINDAG A., 2004: *Hematological Parameters of Tench (Tinca tinca L.) after Acute and Chronic Exposure to Lethal and Sublethal Mercury Treatments*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 73: 911 – 918 s. ISSN 1432-0800.

SIEROSLAWSKA A., RYMUZSKA A., VELÍŠEK J., PAWLIK – SKOWRONSKA B., SVOBODOVÁ Z., SKOWRONSKI T., 2012: *Effect of microcystin – containing cyanobacterial extraction hematological and biochemical parameters of common carp (Cyprinus carpio L.)*. Fish Physiology and Biochemistry, 38: 1159 – 1167 s. ISSN 0920-1742.

SPURNÝ P., 200: *Ichtyologie (systematická část)*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 138 s. ISBN 80-7157-341-8.

STOSKOPF M. K., 1993: *Fish medicine*. Philadelphia: W. B. Saunders, 902 s. ISBN 0-7216-2629-7.

SUSAN M., 2015: *Cyprinus carpio Linnaeus, 1758* [online]. Los Baños: MySQL. [vid. 15. 4. 2015]. Dostupné z: <http://www.fishbase.org/summary/Cyprinus-carpio+carpio.html>

SVOBODOVÁ Z., KALÁB P., DUŠEK L., VYKUSOVÁ B., KOLÁŘOVÁ J., JANOUŠKOVÁ D., 1999: *The effect of handling and transport on the concentration of glucose and cortisol in blood plasma of common carp*. Acta Veterinaria, 68: 265 – 274 s. ISSN 0001-7213.

SVOBODOVÁ Z., PRAVDA D., MODRÁ H., 2012: *Metody hematologického vyšetřování ryb*. Vodňany: Edice metodik Fakulty rybářství a ochrany vod, 122: 38 s. ISBN 978-80-87437-62-9.

SVOBODOVÁ Z., PRAVDA D., PALÁČKOVÁ J., 1986: *Jednotné metody hematologického vyšetřování ryb*. Edice metodik VÚRH Bulletin, 20: 31 s. ISSN 0007-389X.

ŠTEFANIDESOVÁ V., TREFILOVÁ T., 2003: *Formy výskytu rtuti v kontaminovaných půdách a říčním sedimentu*. Technická universita Ostrava, Řada hornicko – geologická, 49 (1): 105 – 116 s. ISSN 0474 – 8476.

THERMO., 2004: *Konelab reference manual*. USA: Příručka k obsluze přístroje, 333 s.

TICHÝ M., 1998: *Toxikologie pro chemiky: toxikologie obecná, speciální, analytická a legislativa*, 1.vydání. Praha: Karolinum nakladatelství Univerzity Karlovy, 90 s. ISBN 80-7184-625-2.

TRIPATHI N. K., LATIMER K. S., LENIS T. L., BURNLEY V. V., 2003: *Biochemical reference interval for koi (Cyprinus carpio)*. Comparative Clinical Pathology, 12: 160 – 165 s. ISSN 1618-5641.

TUČEK M., BENCKO V., KRÝSL S., 2007: *Zdravotní rizika rtuti ze zubních amalgánů*. Chemické listy, 101: 1038 – 1044 s. ISSN 0009-2770.

NAŘÍZENÍ EVROPSKÉ KOMISE (ES) č. 420/2011, 2011: *Kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách* [online]. Soft Books. [vid. 3. 4. 2016]. Dostupné z: <http://www.eurlex.cz/dokument.aspx?celex=32011R0420>

VACÍK J., BARTHOVÁ J., PACÁK J., STRAUCH B., SVOBODOVÁ M., ZEMÁNEK F.; 1996: *Přehled středoškolské chemie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 366 s. ISBN 80-7235-108-7.

VÁVROVÁ J., 2011: *Iontově selektivní elektrody (ISE)* [online]. Datový standard MZ ČR – verze 4. [vid. 12. 3. 2016]. Dostupné z: <http://ciselniky.dasta.mzcr.cz/CD/hypertext/AJAZR.htm>

VELÍŠEK J., SVOBODOVÁ Z., PIAČKOVÁ V., SUDO VÁ E., 2009: *Effect of acute exposure of metribuzin on some hematological, biochemical and histopathological parameters of common carp (Cyprinus carpio L.)*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 82: 492 – 495 s. ISSN 1432-0800.

VELÍŠEK, J., SVOBODOVÁ Z., PIAČKOVÁ V., GROCH L., NEPEJHALOVÁ L., 2005: *Effects of clove oil anaesthesia on common carp (Cyprinus carpio L.)*. Veterinární medicína, 50: 269 – 275 s. ISSN 0375-8427.

VINODHINI R., NARAYANAN M., 2008: *The Impact of toxic heavy metals on the hematological parameters in Common Carp (Cyprinus carpio L.)*. Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering, 6: 23 – 28 s. ISSN 2052-336X.

VOJTEKOVÁ V., MACKOVÝCH D., KRAKOVSKÁ E., REMETIEOVÁ D., TOMKO J., 2002: *Štúdium bioprístupných foriem prvkov riečnych sedimentov v oblastiach zatiažených hutníckou Luhačovice*. In: Sborník Hutní analytika 2002. Sborník přednášek z 22. ročníku konference 15. – 19 dubna 2002 v Luhačovicích. Český Těšín: 2 Theta, 150 s. ISBN 80-86380-10-6

VYHLÁŠKA č. 252/2004 Sb., 2004: *Kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost kontrol* [online]. Ministerstvo zemědělství. [vid. 3. 4. 2015]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/Legislativa-ostatni_uplnazneni_vyhlaska-2004-252.html

VYHLÁŠKA č. 275/2004 Sb., 2004: *Kterou se stanoví požadavky na jakost a zdravotní nezávadnost balených vod a o způsobu jejich úprav* [online]. Aion. [vid. 3. 4. 2015]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-275/souvislosti>

WATANUKI N., TAKAHASHI A., YASUDA A., SAKAI M., 1999: *Kidney leukocyte of rainbow trout, are activated by intraperitoneal injection of b – endorphin*. Veterinary Immunology and Immunopatology, 71: 89 – 97 s. ISSN 0165-2427.

WINSHIP K. A., 1985: *Toxicity of mercury and its inorganic salts*. Adverse drug reactions and acute poisoning reviews, 4: 129 - 60 s. ISSN 0260-647X

ZHANG L., WONG M. H., 2007: Enviromental *mercury contamination in China: Sources and impacts*. Environment International, 33: 108 – 121 s. ISSN 0160-4120.

8 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: <i>Statisticky významné hodnoty (označení *) biochemických parametrů krevní plazmy v 5 odběrovém dni oproti kontrolní skupině ryb na hladině významnosti 0,05</i>	64
Tabulka 2: <i>Množství rtuti ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) ve vybraných tkáních ryb v 5 odběrovém dni</i>	64
Tabulka 3: <i>Statisticky významné hodnoty (označení *) biochemických parametrů krevní plazmy v 10 odběrovém dni oproti kontrolní skupině ryb na hladině významnosti 0,05</i>	64
Tabulka 4: <i>Množství rtuti ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) ve vybraných tkáních ryb v 10 odběrovém dni</i> ...	64
Tabulka 5: <i>Statisticky významné hodnoty (označení *) biochemických parametrů krevní plazmy oproti kontrolní skupině ryb ve II. experimentu na hladině významnosti 0,05</i>	71
Tabulka 6: <i>Množství rtuti ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) ve vybraných tkáních ryb ve II. experimentu</i>	71
Tabulka 7: <i>Hematokritová hodnota ($\text{l}\cdot\text{l}^{-1}$) v I. experimentu</i>	74
Tabulka 8: <i>Hemoglobinová hodnota ($\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) v I. experimentu</i>	75
Tabulka 9: <i>Hodnota střední barevné koncentrace ($\text{l}\cdot\text{l}^{-1}$) v I. experimentu</i>	76
Tabulka 10: <i>Hematologické ukazatele ve II. experimentu</i>	76

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ALT	Alaninaminotransferáza
LDH	Laktátdehydrogenáza
AST	Aspartátaminotransferáza
ALP	Alkalická fosfatáza
LACT	Laktát
TP	Celkové bílkoviny
KREA	Kreatinin
TAG	Triglyceridy
UREA	Močovina
- SH	Thiolová skupina
DOC	Rozpuštěný organický uhlík
DOM	Rozpuštěná organická hmota
AAS	Atomová absorpční spektrometrie
AFS	Atomová fluorescenční spektrometrie
PCV, Hk	Hematokritová hodnota
Hb	Koncentrace hemoglobinu
MCHC	Střední barevná koncentrace

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Kapr obecný (<i>Cyprinus carpio</i> L.)	14
Obr. 2 Rtuť	31
Obr. 3 Altec AMA 254	44
Obr. 4 Agilent 6890N	45
Obr. 5 Sycení akvárií v I. Experimentu	47
Obr. 6 Průběh testu	49
Obr. 7 Výměna vody v akváriích	51
Obr. 8 Měření fyzikálně-chemických parametrů vody přístroji Hanna a Hach	53
Obr. 9 Photo Lab 6600 UV-VIS	54
Obr. 10 Odběr krve	56
Obr. 11 Měřidlo pro stanovení hematokritové hodnoty	57
Obr. 12 Konelab T 20xt	60
Obr. 13 Princip měření přístroje Konelab T 20xt	60
Obr. 14 Přístroj Easy Lyte Plus	61
Obr. 15 Porovnání aktivity alaninaminotransferázy (ALT) u kontrolní skupiny ryb a u skupin ryb kontaminovaných rtutí v pátém dni odběru. * označuje statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými koncentracemi oproti kontrolní skupině ryb na hladině významnosti 0,05	65
Obr. 16 Porovnání aktivity laktátdehydrogenázy (LDH) u kontrolní skupiny ryb a u skupin ryb kontaminovaných rtutí v pátém dni odběru. * označuje statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými koncentracemi oproti kontrolní skupině ryb na hladině významnosti 0,05	66
Obr. 17 Porovnání obsahu fosforu u kontrolní skupiny ryb a u skupin ryb kontaminovaných rtutí v pátém dni odběru. * označuje statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými koncentracemi oproti kontrolní skupině ryb na hladině významnosti 0,05.	67
Obr. 18 Porovnání obsahu kreatininu (KREA) u kontrolní skupiny ryb a u skupin ryb kontaminovaných rtutí v desátém dni odběru. * označuje statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými koncentracemi oproti kontrolní skupině ryb na hladině významnosti 0,05.	68

- Obr. 19** Porovnání obsahu laktátu (LACT) u kontrolní skupiny ryb a u skupin ryb kontaminovaných rtutí v desátém dni odběru. * označuje statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými koncentracemi oproti kontrolní skupině ryb na hladině významnosti 0,05. 69
- Obr. 20** Porovnání obsahu hořčíku u kontrolní skupiny ryb a u skupin ryb kontaminovaných rtutí v desátém dni odběru. * označuje statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými koncentracemi oproti kontrolní skupině ryb na hladině významnosti 0,05. 70
- Obr. 21** Porovnání obsahu albuminu u kontrolní skupiny ryb a u skupin ryb kontaminovaných rtutí s vlivem různých koncentrací (29 mg.l^{-1} , 300 mg.l^{-1} , 1000 mg.l^{-1}) chloridu sodného. * označuje statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými koncentracemi oproti kontrolní skupině ryb na hladině významnosti 0,05. 72
- Obr. 22** Porovnání obsahu glukózy u kontrolní skupiny ryb a u skupin ryb kontaminovaných rtutí s vlivem různých koncentrací (29 mg.l^{-1} , 300 mg.l^{-1} , 1000 mg.l^{-1}) chloridu sodného. * označuje statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými koncentracemi oproti kontrolní skupině ryb na hladině významnosti 0,05. 73

11 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1

Příloha č. 2

Příloha č. 3

Příloha č. 4

Příloha č. 5

Příloha č. 6

Příloha č. 7

Příloha č. 8

PŘÍLOHY
PŘÍLOHA ČÍSLO 1

Tabulka 1: *Biochemické parametry krevní plazmy v I. experimentu v 5. odběrovém dni u kontrolní skupiny ryb*

Skupina	1	2	3	4	5	6	průměr	SD
ALBUMIN (g.l ⁻¹)	2,1350	3,4700	< LOD	< LOD	3,9720	< LOD	3,1923	0,9495
ALP (μkat.l ⁻¹)	< LOD	0,0813	< LOD	< LOD	0,2645	0,0000	0,1152	0,1355
ALT (μkat.l ⁻¹)	0,4404	0,2964	0,4956	0,5028	0,2436	0,3852	0,3940	0,1063
AST (μkat.l ⁻¹)	2,9837	1,3520	3,4474	1,6279	1,3356	< LOD	2,1493	0,9938
VÁPŇÍK (mmol.l ⁻¹)	< LOD	1,8570	2,1470	< LOD	2,0660	< LOD	2,0233	0,1496
CHOLESTEROL (mmol.l ⁻¹)	5,2088	4,8751	< LOD	< LOD	5,5922	< LOD	5,2254	0,3588
CREATININ (μmol.l ⁻¹)	26,3020	13,6820	16,0780	< LOD	12,5080	< LOD	17,1425	6,2845
GLUKÓZA (mmol.l ⁻¹)	4,5684	3,6444	5,5644	< LOD	4,3056	< LOD	4,5207	0,7970
ŽELEZO (mmol.l ⁻¹)	90,8560	93,8710	93,5650	< LOD	91,4480	< LOD	92,4350	1,5063
LDH (μkat.l ⁻¹)	6,4285	1,2961	5,1612	2,2598	1,5008	7,5521	4,0331	2,6997
LAKTÁT (mmol.l ⁻¹)	0,7236	0,8008	1,5044	0,8694	1,3185	< LOD	1,0433	0,3462
HOŘČÍK (mmol.l ⁻¹)	0,9830	1,0040	< LOD	< LOD	0,9830	< LOD	0,9900	0,0121
FOSFOR (mmol.l ⁻¹)	4,2960	6,0550	< LOD	< LOD	4,6310	< LOD	4,9940	0,9340
TP (g.l ⁻¹)	35,6890	32,0000	40,5900	< LOD	35,8360	< LOD	36,0288	3,5208
TAG (mmol.l ⁻¹)	1,2400	1,3810	1,4570	1,4900	1,8320	< LOD	1,4800	0,2191
UREA (mmol.l ⁻¹)	1,5301	1,3235	1,7269	< LOD	1,2829	1,2485	1,4224	0,2024

Tabulka 2: *Biochemické parametry krevní plazmy v I. experimentu v 5. odběrovém dni u ryb kontaminovaných 0,5 μg.l⁻¹ rtuti*

Skupina	11	12	13	14	15	16	průměr	SD
ALBUMIN (g.l ⁻¹)	10,2440	4,2410	11,7740	3,8090	1,6400	3,7070	5,9025	4,0855
ALP (μkat.l ⁻¹)	0,1213	< LOD	0,5044	0,1355	0,8243	0,8759	0,4923	0,3614
ALT (μkat.l ⁻¹)	0,3528	0,3048	0,3048	< LOD	< LOD	0,4116	0,3435	0,0507
AST (μkat.l ⁻¹)	2,7884	2,3650	2,2667	2,1508	2,0979	4,0282	2,6162	0,7340
VÁPŇÍK (mmol.l ⁻¹)	2,0470	1,9990	2,0870	1,8480	1,7550	1,6480	1,8973	0,1753
CHOLESTEROL (mmol.l ⁻¹)	5,4745	4,6980	6,2338	< LOD	< LOD	4,6397	5,2615	0,7516
CREATININ (μmol.l ⁻¹)	16,1510	18,6340	20,6230	67,9140	16,0690	16,1870	25,9297	20,6487
GLUKÓZA (mmol.l ⁻¹)	5,3964	5,9940	5,4084	< LOD	< LOD	3,5364	5,0838	1,0686
ŽELEZO (mmol.l ⁻¹)	74,9940	87,7830	36,7080	79,7390	80,0740	62,1460	70,2407	18,4781
LDH (μkat.l ⁻¹)	7,7039	3,4500	5,3579	5,0485	< LOD	7,0403	5,7201	1,6892
LAKTÁT (mmol.l ⁻¹)	1,2384	1,9820	2,2365	< LOD	< LOD	2,3938	1,9627	0,5118
HOŘČÍK (mmol.l ⁻¹)	1,1720	1,0880	1,2040	1,1070	1,0290	1,2830	1,1472	0,0910
FOSFOR (mmol.l ⁻¹)	1,2190	4,3270	1,0980	< LOD	< LOD	1,1390	1,9458	1,5883
TP (g.l ⁻¹)	35,0270	34,0320	38,2060	35,3690	32,0010	29,4820	34,0195	3,0009
TAG (mmol.l ⁻¹)	1,3020	1,5690	1,5500	1,8860	1,6200	1,6510	1,5963	0,1881
UREA (mmol.l ⁻¹)	0,9446	0,6162	0,5744	< LOD	< LOD	1,3149	0,8625	0,3440

Tabulka 3: Biochemické parametry krevní plazmy v I. experimentu v 5. odběrovém dni u ryb kontaminovaných 1,5 µg.l⁻¹ rtuti

Skupina	21	22	23	24	25	26	průměr	SD
ALBUMIN (g.l ⁻¹)	1,8520	0,1240	3,9070	4,0750	4,2160	8,3420	3,7527	2,7635
ALP (µkat.l ⁻¹)	1,5557	0,1432	0,1806	0,2193	0,8411	0,1793	0,5199	0,5726
ALT (µkat.l ⁻¹)	0,2244	< LOD	0,3348	0,2724	0,2412	0,4200	0,2986	0,0799
AST (µkat.l ⁻¹)	0,8505	0,0139	2,0979	0,0000	1,5485	2,2441	1,1258	0,9954
VÁPŇÍK (mmol.l ⁻¹)	1,3130	< LOD	1,9230	1,8440	1,7850	1,9860	1,7702	0,2667
CHOLESTEROL (mmol.l ⁻¹)	2,2378	< LOD	4,1807	5,9357	5,5490	5,2715	4,6349	1,4904
CREATININ (µmol.l ⁻¹)	10,8920	< LOD	15,8730	15,3850	13,6600	2,6040	11,6828	5,4365
GLUKÓZA (mmol.l ⁻¹)	3,2292	< LOD	8,0484	4,8456	3,9264	5,6964	5,1492	1,8694
ŽELEZO (mmol.l ⁻¹)	0,4500	0,4080	76,5560	76,6700	78,8390	65,5160	49,7398	38,4788
LDH (µkat.l ⁻¹)	1,4387	< LOD	4,0446	10,8031	1,6273	5,1739	4,6175	3,8061
LAKTÁT (mmol.l ⁻¹)	0,6721	< LOD	1,6502	1,5959	1,2098	2,2022	1,4660	0,5676
HOŘČÍK (mmol.l ⁻¹)	0,9640	< LOD	1,0750	1,0340	1,0690	1,1990	1,0682	0,0854
FOSFOR (mmol.l ⁻¹)	1,2540	< LOD	1,5200	1,8130	1,8860	1,3780	1,5702	0,2730
TP (g.l ⁻¹)	30,1550	< LOD	33,6000	33,3160	35,1760	35,8720	33,6238	2,2131
TAG (mmol.l ⁻¹)	0,8860	0,3140	1,5510	0,8810	2,0640	1,5410	1,2062	0,6279
UREA (mmol.l ⁻¹)	1,0701	< LOD	1,3296	1,2804	1,3493	1,5473	1,3154	0,1707

Tabulka č. 4: Biochemické parametry krevní plazmy v I. experimentu v 5. odběrovém dni u ryb kontaminovaných 3,0 µg.l⁻¹ rtuti

Skupina	31	32	33	34	35	36	průměr	SD
ALBUMIN (g.l ⁻¹)	11,0640	3,0200	3,3440	3,7090	5,1170	6,0050	5,3765	3,0091
ALP (µkat.l ⁻¹)	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0,0761	1,0152	0,5457	0,6641
ALT (µkat.l ⁻¹)	0,3192	0,1872	0,2220	0,2160	0,2268	0,1620	0,2222	0,0535
AST (µkat.l ⁻¹)	2,8967	0,0000	3,7850	3,1513	8,4773	3,6439	3,6590	2,7371
VÁPŇÍK (mmol.l ⁻¹)	1,8860	1,6560	< LOD	1,7240	1,8540	1,8600	1,7960	0,1004
CHOLESTEROL (mmol.l ⁻¹)	6,3666	5,8266	5,6203	5,0069	5,6300	5,5372	5,6646	0,4407
CREATININ (µmol.l ⁻¹)	16,5500	22,1090	18,9030	17,3330	18,9840	7,8830	16,9603	4,8391
GLUKÓZA (mmol.l ⁻¹)	3,9840	5,1036	5,7612	6,8880	4,9188	3,7584	5,0690	1,1581
ŽELEZO (mmol.l ⁻¹)	< LOD	< LOD	< LOD	77,6230	81,3460	83,2300	80,7330	2,8533
LDH (µkat.l ⁻¹)	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	28,4694	10,0510	19,2602	13,0238
LAKTÁT (mmol.l ⁻¹)	1,3757	2,6198	2,4367	0,6950	1,2841	1,3156	1,6211	0,7466
HOŘČÍK (mmol.l ⁻¹)	0,9770	1,0820	1,0460	0,9560	1,0890	1,0310	1,0302	0,0543
FOSFOR (mmol.l ⁻¹)	0,8130	1,8610	1,5430	1,1530	1,5520	1,6040	1,4210	0,3743
TP (g.l ⁻¹)	40,8340	31,1480	34,3440	35,2700	35,0570	36,7690	35,5703	3,1799
TAG (mmol.l ⁻¹)	2,1530	1,2630	1,3920	1,3740	1,7260	1,3570	1,5442	0,3376
UREA (mmol.l ⁻¹)	1,5892	1,4945	1,0603	0,0000	1,0578	1,2903	1,0820	0,5731

PŘÍLOHA ČÍSLO 2

Tabulka 5: *Biochemické parametry krevní plazmy v I. experimentu v 10. odběrovém dni u kontrolní skupiny ryb*

Skupina	41	42	43	44	45	46	průměr	SD
ALBUMIN (g.l ⁻¹)	0,7720	7,8610	13,7480	9,4320	13,1280	7,6150	8,7593	4,6976
ALP (μkat.l ⁻¹)	0,2438	1,3842	1,0630	0,7160	0,6321	0,7392	0,7964	0,3895
ALT (μkat.l ⁻¹)	0,1356	0,1620	< LOD	0,3228	0,1140	0,2220	0,1913	0,0839
AST (μkat.l ⁻¹)	1,6771	2,0828	< LOD	11,0527	2,8967	< LOD	4,4273	4,4459
VÁPŇÍK (mmol.l ⁻¹)	2,1850	< LOD	< LOD	2,1580	2,2470	< LOD	2,1967	0,0456
CHOLESTEROL (mmol.l ⁻¹)	1,6135	7,0254	6,3439	5,7434	6,5264	5,8396	5,5154	1,9683
CREATININ (μmol.l ⁻¹)	15,3160	15,4640	< LOD	19,9580	18,6750	< LOD	17,3533	2,3275
GLUKÓZA (mmol.l ⁻¹)	1,3128	3,0948	2,3148	3,4416	4,7652	3,3192	3,0414	1,1600
ŽELEZO (mmol.l ⁻¹)	63,0950	< LOD	< LOD	82,6840	51,8230	< LOD	65,8673	15,6162
LDH (μkat.l ⁻¹)	0,6946	4,3608	6,9863	9,2230	4,7760	5,3199	5,2268	2,8484
LAKTÁT (mmol.l ⁻¹)	0,5520	1,2327	0,0000	1,6531	2,1622	< LOD	1,1200	0,8602
HOŘČÍK (mmol.l ⁻¹)	0,3150	1,1010	0,9040	1,1450	1,1060	1,1950	0,9610	0,3316
FOSFOR (mmol.l ⁻¹)	0,8400	< LOD	< LOD	1,0830	0,9690	< LOD	0,9640	0,1216
TP (g.l ⁻¹)	14,9690	36,2910	38,5440	40,7990	41,7480	37,4040	34,9592	10,0040
TAG (mmol.l ⁻¹)	0,4960	1,1450	1,2730	1,5890	1,2800	2,0440	1,3045	0,5116
UREA (mmol.l ⁻¹)	0,6765	1,2558	< LOD	0,8807	0,9508	< LOD	0,9410	0,2400

Tabulka 6: *Biochemické parametry krevní plazmy v I. experimentu v 10. odběrovém dni u ryb kontaminovaných 0,5 μg.l⁻¹ rtuti*

Skupina	51	52	53	54	55	56	průměr	SD
ALBUMIN (g.l ⁻¹)	3,8930	6,3110	5,0480	12,3320	10,4070	5,0330	7,1707	3,3962
ALP (μkat.l ⁻¹)	0,8566	0,2309	0,7276	0,4373	< LOD	0,1896	0,4884	0,2962
ALT (μkat.l ⁻¹)	0,1440	0,1692	0,1524	0,1344	2,3256	0,1896	0,5192	0,8852
AST (μkat.l ⁻¹)	4,3079	2,3486	< LOD	1,6078	1,4314	2,3411	2,4074	1,1415
VÁPŇÍK (mmol.l ⁻¹)	< LOD	2,0970	< LOD	2,2010	2,0870	2,1390	2,1310	0,0518
CHOLESTEROL (mmol.l ⁻¹)	< LOD	6,5027	4,9183	6,8969	6,5426	5,3568	6,0435	0,8553
CREATININ (μmol.l ⁻¹)	11,5280	13,6460	< LOD	16,0320	10,6690	10,5480	12,4846	2,3396
GLUKÓZA (mmol.l ⁻¹)	2,5728	3,0516	3,0480	2,7636	3,0948	4,2228	3,1256	0,5750
ŽELEZO (mmol.l ⁻¹)	< LOD	102,2500	< LOD	43,6990	68,6440	66,9150	70,3770	24,1011
LDH (μkat.l ⁻¹)	6,9713	8,4100	< LOD	2,4047	1,6997	4,4126	4,7796	2,8829
LAKTÁT (mmol.l ⁻¹)	0,8523	1,8647	1,5759	0,7407	1,1240	2,0964	1,3757	0,5548
HOŘČÍK (mmol.l ⁻¹)	1,0480	1,1090	1,0840	1,1120	< LOD	1,5890	1,1884	0,2254
FOSFOR (mmol.l ⁻¹)	< LOD	1,1740	< LOD	0,6510	0,8820	1,3950	1,0255	0,3263
TP (g.l ⁻¹)	30,7220	33,9270	32,5130	35,0970	40,4050	33,0590	34,2872	3,3341
TAG (mmol.l ⁻¹)	1,5230	1,4470	1,3030	1,2190	1,2130	1,1220	1,3045	0,1530
UREA (mmol.l ⁻¹)	0,6605	1,3100	0,0000	1,1378	1,2792	1,1685	0,9260	0,5106

Tabulka 7: Biochemické parametry krevní plazmy v I. experimentu v 10. odběrovém dni u ryb kontaminovaných 1,5 µg.l⁻¹ rtuti

Skupina	61	62	63	64	65	66	průměr	SD
ALBUMIN (g.l ⁻¹)	< LOD	5,6110	9,9200	5,8510	3,2610	6,4960	6,2278	2,3994
ALP (µkat.l ⁻¹)	< LOD	0,1703	0,3135	0,1677	0,2064	0,3173	0,2350	0,0750
ALT (µkat.l ⁻¹)	< LOD	0,1380	0,1224	0,1116	0,2004	0,1404	0,1426	0,0344
AST (µkat.l ⁻¹)	4,5259	1,8812	1,5183	1,5032	1,8610	3,2420	2,4219	1,2138
VÁPŇÍK (mmol.l ⁻¹)	1,9250	3,4900	2,3420	2,0630	< LOD	2,3270	2,4294	0,6188
CHOLESTEROL (mmol.l ⁻¹)	< LOD	5,2045	6,8051	5,3903	4,7498	5,1106	5,4521	0,7914
CREATININ (µmol.l ⁻¹)	12,8970	< LOD	12,3940	16,2400	12,4180	10,4580	12,8814	2,0980
GLUKÓZA (mmol.l ⁻¹)	< LOD	2,9664	5,0988	3,4656	2,8296	3,5520	3,5825	0,9028
ŽELEZO (mmol.l ⁻¹)	78,5930	< LOD	64,6190	69,1090	< LOD	< LOD	70,7737	7,1342
LDH (µkat.l ⁻¹)	10,7686	3,3051	5,9076	2,2598	3,0050	7,3508	5,4328	3,2516
LAKTÁT (mmol.l ⁻¹)	< LOD	5,4540	3,3891	1,3156	2,5168	2,3795	3,0110	1,5515
HOŘČÍK (mmol.l ⁻¹)	< LOD	1,5270	1,5590	1,2790	1,2710	1,3220	1,3916	0,1400
FOSFOR (mmol.l ⁻¹)	1,2610	1,2910	1,1910	0,7530	1,2180	1,1590	1,1455	0,1980
TP (g.l ⁻¹)	< LOD	35,5680	41,0450	32,9220	34,0780	35,5470	35,8320	3,1173
TAG (mmol.l ⁻¹)	< LOD	1,1920	1,2280	1,6580	1,5080	1,6070	1,4386	0,2159
UREA (mmol.l ⁻¹)	1,6482	< LOD	1,3087	1,0197	< LOD	0,9237	1,2251	0,3261

Tabulka 8: Biochemické parametry krevní plazmy v I. experimentu v 10. odběrovém dni u ryb kontaminovaných 3,0 µg.l⁻¹ rtuti

Skupina	71	72	73	74	75	76	Průměr	SD
ALBUMIN (g.l ⁻¹)	8,8190	4,4760	5,8310	6,4670	3,7940	7,3350	6,1203	1,8481
ALP (µkat.l ⁻¹)	0,2657	0,5676	0,8720	0,3135	1,1571	0,7495	0,6542	0,3418
ALT (µkat.l ⁻¹)	0,1380	0,1044	0,2172	0,0864	< LOD	0,0840	0,1260	0,0554
AST (µkat.l ⁻¹)	2,8123	4,2097	1,3923	1,6619	2,9824	0,8984	2,3262	1,2302
VÁPŇÍK (mmol.l ⁻¹)	2,3670	2,0910	2,2990	2,3450	2,1460	2,2530	2,2502	0,1107
CHOLESTEROL (mmol.l ⁻¹)	6,3439	4,9702	5,7683	4,6883	5,1278	4,8395	5,2897	0,6377
CREATININ (µmol.l ⁻¹)	7,1080	9,1090	11,1550	11,9090	11,2270	13,9590	10,7445	2,3660
GLUKÓZA (mmol.l ⁻¹)	2,7804	2,8116	5,2116	3,7452	3,4008	4,7148	3,7774	1,0005
ŽELEZO (mmol.l ⁻¹)	< LOD	< LOD	80,3690	73,8210	80,4330	76,2420	77,7163	3,2539
LDH (µkat.l ⁻¹)	3,9468	11,6047	3,0337	2,0631	7,0231	0,6153	4,7144	4,0013
LAKTÁT (mmol.l ⁻¹)	1,3871	2,0449	1,8676	2,1993	1,5844	2,6083	1,9486	0,4386
HOŘČÍK (mmol.l ⁻¹)	1,2060	1,2300	1,1980	1,0300	1,1900	1,2360	1,1817	0,0764
FOSFOR (mmol.l ⁻¹)	1,0530	1,3230	1,3000	2,3930	2,2470	1,3270	1,6072	0,5635
TP (g.l ⁻¹)	39,3250	32,0790	34,8050	34,4270	33,3030	37,6710	35,2683	2,7271
TAG (mmol.l ⁻¹)	1,5410	1,2060	1,9820	1,3140	1,2530	2,1220	1,5697	0,3934
UREA (mmol.l ⁻¹)	1,2116	1,4834	0,8745	0,6470	1,1378	1,7528	1,1845	0,4000

PŘÍLOHA ČÍSLO 3

Tabulka. 9: *Biochemické parametry krevní plazmy v I. experimentu v 15. odběrovém dni u kontrolní skupiny ryb*

Skupina	81	82	83	84	85	86	průměr	SD
ALBUMIN (g.l ⁻¹)	3,4770	4,5280	5,8710	2,3250	7,7010	4,8330	4,7892	1,8715
ALP (μkat.l ⁻¹)	0,7095	0,3419	0,1045	0,3586	0,1806	0,4128	0,3513	0,2108
ALT (μkat.l ⁻¹)	0,3552	0,0972	0,0372	< LOD	0,1008	0,0972	0,1375	0,1245
AST (μkat.l ⁻¹)	3,6376	0,9689	2,3864	< LOD	3,5872	4,8082	3,0777	1,4571
VÁPŇÍK (mmol.l ⁻¹)	2,3170	2,3090	2,0250	1,9700	2,0730	2,0370	2,1218	0,1517
CHOLESTEROL (mmol.l ⁻¹)	5,8493	5,9411	4,8492	5,3914	5,4983	5,5739	5,5172	0,3887
CREATININ (μmol.l ⁻¹)	22,7880	12,9090	15,3900	< LOD	30,9720	13,0780	19,0274	7,7922
GLUKÓZA (mmol.l ⁻¹)	2,2620	2,2884	3,3624	2,8704	3,0672	3,4200	2,8784	0,5082
ŽELEZO (mmol.l ⁻¹)	71,7000	66,5220	49,0890	69,5470	44,9980	51,8220	58,9463	11,6181
LDH (μkat.l ⁻¹)	0,8303	1,5111	3,1901	3,7295	6,3377	11,5495	4,5247	3,9441
LAKTÁT (mmol.l ⁻¹)	1,0325	1,6559	2,6426	0,0000	1,8161	2,4911	1,6064	0,9811
HOŘČÍK (mmol.l ⁻¹)	0,9630	1,1740	1,1240	1,0540	1,1720	1,2010	1,1147	0,0906
FOSFOR (mmol.l ⁻¹)	1,3100	1,5040	1,0440	0,8250	0,8780	1,2210	1,1303	0,2625
TP (g.l ⁻¹)	34,8220	34,8240	32,4480	31,5600	33,0170	32,5150	33,1977	1,3436
TAG (mmol.l ⁻¹)	1,8680	1,3910	1,9450	1,7610	1,5360	1,5750	1,6793	0,2133
UREA (mmol.l ⁻¹)	0,9287	0,8401	1,0590	< LOD	1,1734	1,4120	1,0826	0,2235

Tabulka č. 10: *Biochemické parametry krevní plazmy v I. experimentu v 15. odběrovém dni u ryb kontaminovaných 0,5 μg.l⁻¹ rtuti*

Skupina	91	92	93	94	95	96	průměr	SD
ALBUMIN (g.l ⁻¹)	1,5130	3,9160	9,4290	6,7670	2,7600	< LOD	4,8770	3,2021
ALP (μkat.l ⁻¹)	0,8837	1,8176	0,2387	0,1342	0,1122	0,1251	0,5519	0,6870
ALT (μkat.l ⁻¹)	0,0792	0,0636	0,0768	0,0744	< LOD	< LOD	0,0735	0,0069
AST (μkat.l ⁻¹)	1,9303	3,4940	2,1521	2,6851	1,3910	0,0000	1,9421	1,1900
VÁPŇÍK (mmol.l ⁻¹)	1,8440	2,0220	2,2680	2,1200	2,0280	2,1330	2,0692	0,1420
CHOLESTEROL (mmol.l ⁻¹)	4,4474	5,3330	4,7801	5,9065	5,5436	< LOD	5,2021	0,5869
CREATININ (μmol.l ⁻¹)	11,1270	14,0610	15,6120	15,4840	14,5640	< LOD	14,1696	1,8189
GLUKÓZA (mmol.l ⁻¹)	2,3484	2,8308	3,2520	3,1380	3,1704	2,8032	2,9238	0,3372
ŽELEZO (mmol.l ⁻¹)	63,9410	53,0140	23,3220	78,6940	< LOD	< LOD	54,7428	23,4416
LDH (μkat.l ⁻¹)	3,7996	5,4890	3,7249	8,3306	1,9792	0,0000	3,8872	2,8669
LAKTÁT (mmol.l ⁻¹)	0,6692	2,0363	2,5883	0,9438	0,9953	3,0316	1,7108	0,9804
HOŘČÍK (mmol.l ⁻¹)	1,0320	1,1000	1,1740	1,0840	1,0090	1,2680	1,1112	0,0960
FOSFOR (mmol.l ⁻¹)	1,5540	1,2790	0,9780	1,1550	0,8060	1,4960	1,2113	0,2915
TP (g.l ⁻¹)	27,1840	31,1470	35,6650	36,1650	32,5750	< LOD	32,5472	3,6584
TAG (mmol.l ⁻¹)	1,3910	1,7330	2,2840	0,6590	1,8450	< LOD	1,5824	0,6069
UREA (mmol.l ⁻¹)	1,4957	1,3001	1,1537	1,4625	1,0074	1,7097	1,3548	0,2536

Tabulka 11: *Biochemické parametry krevní plazmy v I. experimentu v 15. odběrovém dni u ryb kontaminovaných 1,5 µg.l⁻¹ rtuti*

Skupina	101	102	103	104	105	106	průměr	SD
ALBUMIN (g.l ⁻¹)	1,3020	5,3230	3,7330	5,9060	4,7410	7,5560	4,7602	2,1195
ALP (µkat.l ⁻¹)	0,0477	0,9391	0,7172	0,9804	0,0000	0,6669	0,5586	0,4319
ALT (µkat.l ⁻¹)	< LOD	< LOD	0,1152	0,0516	0,0996	0,2184	0,1212	0,0702
AST (µkat.l ⁻¹)	0,0000	10,8763	0,9311	2,1458	3,0555	1,9316	3,1567	3,9254
VÁPŇÍK (mmol.l ⁻¹)	0,5910	2,0150	2,2270	2,2260	2,1980	2,3150	1,9287	0,6627
CHOLESTEROL (mmol.l ⁻¹)	< LOD	< LOD	6,3029	6,7273	5,5145	6,4897	6,2586	0,5256
CREATININ (µmol.l ⁻¹)	< LOD	15,7870	12,0000	15,7910	< LOD	14,0220	14,4000	1,8038
GLUKÓZA (mmol.l ⁻¹)	< LOD	< LOD	4,0128	3,1596	3,0924	3,6012	3,4665	0,4285
ŽELEZO (mmol.l ⁻¹)	< LOD	< LOD	74,6260	58,8670	67,4430	44,8020	61,4345	12,8238
LDH (µkat.l ⁻¹)	< LOD	10,5674	7,1875	0,6521	9,6738	6,0387	6,8239	3,9044
LAKTÁT (mmol.l ⁻¹)	< LOD	2,5626	2,0220	1,2212	2,5139	3,5922	2,3824	0,8648
HOŘČÍK (mmol.l ⁻¹)	0,3090	1,0760	1,0560	1,0780	1,0960	1,1400	0,9592	0,3198
FOSFOR (mmol.l ⁻¹)	0,1790	1,5240	1,8660	1,7330	1,2100	1,1800	1,2820	0,6058
TP (g.l ⁻¹)	< LOD	35,7600	35,6850	34,7040	< LOD	34,9680	35,2793	0,5239
TAG (mmol.l ⁻¹)	< LOD	< LOD	1,8810	1,7620	1,2100	1,5390	1,5980	0,2950
UREA (mmol.l ⁻¹)	1,5031	< LOD	1,4699	1,3124	1,0086	1,2091	1,3006	0,2021

Tabulka č. 12: *Biochemické parametry krevní plazmy v I. experimentu v 15. odběrovém dni u ryb kontaminovaných 3,0 µg.l⁻¹ rtuti*

Skupina	111	112	113	114	115	116	průměr	SD
ALBUMIN (g.l ⁻¹)	7,6980	6,1300	6,9220	2,9170	7,1860	3,8870	5,7900	1,9423
ALP (µkat.l ⁻¹)	0,8217	0,1858	0,8424	0,2129	0,3728	0,4296	0,4775	0,2898
ALT (µkat.l ⁻¹)	0,0408	0,1224	0,0624	0,0492	0,0252	0,0324	0,0554	0,0353
AST (µkat.l ⁻¹)	1,0798	0,6754	4,8825	4,8497	3,9879	0,9828	2,7430	2,0350
VÁPŇÍK (mmol.l ⁻¹)	2,1560	2,2330	2,2520	2,2880	2,2040	2,3540	2,2478	0,0685
CHOLESTEROL (mmol.l ⁻¹)	0,1015	5,8849	5,7218	4,9982	5,3989	5,7391	4,6408	2,2463
CREATININ (µmol.l ⁻¹)	13,6140	14,1010	17,9380	17,3220	12,4380	21,2340	16,1078	3,3111
GLUKÓZA (mmol.l ⁻¹)	3,3648	5,5308	3,7812	3,2292	3,1764	5,2608	4,0572	1,0618
ŽELEZO (mmol.l ⁻¹)	7,9240	63,6120	36,8530	65,8820	51,5310	67,0240	48,8043	23,0839
LDH (µkat.l ⁻¹)	3,0901	15,8700	9,9199	5,3682	4,2217	2,1195	6,7649	5,2223
LAKTÁT (mmol.l ⁻¹)	1,5044	1,7103	2,7914	3,5750	2,5025	3,2432	2,5545	0,8234
HOŘČÍK (mmol.l ⁻¹)	1,0250	1,1680	1,1710	1,1070	1,0650	0,8160	1,0587	0,1319
FOSFOR (mmol.l ⁻¹)	0,8960	1,1480	0,9480	2,0180	1,1390	1,8390	1,3313	0,4767
TP (g.l ⁻¹)	2,0450	35,6640	32,9790	30,5340	33,2110	33,8110	28,0407	12,8415
TAG (mmol.l ⁻¹)	1,2330	1,4910	2,1810	1,5300	1,6190	2,1720	1,7043	0,3876
UREA (mmol.l ⁻¹)	1,4711	1,9250	1,8512	0,9803	1,1857	1,9102	1,5539	0,4061

PŘÍLOHA ČÍSLO 4

Tabulka č. 13: Hematologické ukazatele krevní plazmy v I. experimentu v 5. odběrovém dni

Skupina	Hk l.l ⁻¹	Hb g.l ⁻¹	MCHC l.l ⁻¹
Kontrola			
1	0,2600	66,0842	0,2542
2	0,2900	74,4355	0,2567
3	0,3200	81,3344	0,2542
4	0,2500	60,2746	0,2411
5	0,2900	74,0724	0,2554
6	0,3200	79,5189	0,2485
průměr	0,2883	72,6200	0,2517
SD	0,0293	8,0507	0,0059
0,5 µg.l⁻¹			
11	0,3300	86,4178	0,2619
12	0,3200	80,9713	0,2530
13	0,3500	82,4237	0,2355
14	0,2800	74,0724	0,2645
15	0,3000	78,0665	0,2602
16	0,3500	84,9654	0,2428
průměr	0,3217	81,1529	0,2530
SD	0,0279	4,5511	0,0116
1,5 µg.l⁻¹			
21	0,2700	67,1735	0,2488
22	0,3800	95,1322	0,2503
23	0,3300	65,3580	0,1981
24	0,2600	67,5366	0,2598
25	0,3000	79,1558	0,2639
26	0,3200	75,5248	0,2360
průměr	0,3100	74,9802	0,2428
SD	0,0438	11,2497	0,0240
3 µg.l⁻¹			
31	0,3100	83,8761	0,2706
32	0,3200	76,6141	0,2394
33	0,3200	76,2510	0,2383
34	0,3000	75,8879	0,2530
35	0,3100	75,8879	0,2448
36	0,3200	81,6975	0,2553
průměr	0,3133	78,3691	0,2502
SD	0,0082	3,5010	0,0121

Tabulka 14: Hematologické ukazatele krevní plazmy v I. experimentu v 10. odběrovém dni

Skupina	Hk l.l ⁻¹	Hb g.l ⁻¹	MCHC l.l ⁻¹
Kontrola			
41	0,3000	82,4237	0,2747
42	0,2700	54,4650	0,2017
43	0,3300	93,3167	0,2828
44	0,3100	91,8643	0,2963
45	0,2900	88,2333	0,3043
46	0,3000	84,6023	0,2820
průměr	0,3000	82,4842	0,2736
SD	0,0200	14,3384	0,0368
0,5 µg.l⁻¹			
51	0,2700	70,8045	0,2622
52	0,3100	78,4296	0,2530
53	0,2900	80,2451	0,2767
54	0,2900	80,6082	0,2780
55	0,3000	93,6798	0,3123
56	0,2700	76,2510	0,2824
průměr	0,2883	80,0030	0,2774
SD	0,0160	7,5980	0,0203
1,5 µg.l⁻¹			
61		74,4355	
62	0,3200	88,2333	0,2757
63	0,2800	72,6200	0,2594
64	0,2900	81,3344	0,2805
65	0,3200	82,4237	0,2576
66	0,2800	86,0547	0,3073
průměr	0,2980	80,8503	0,2761
SD	0,0205	6,2160	0,0201
3 µg.l⁻¹			
71	0,2700	72,9831	0,2703
72	0,2600	71,8938	0,2765
73	0,2800	72,2569	0,2581
74	0,2900	78,7927	0,2717
75	0,2800	71,5307	0,2555
76	0,2600	76,9772	0,2961
průměr	0,2733	74,0724	0,2716
SD	0,0121	3,0466	0,0163

Tabulka 15: Hematologické ukazatele krevní plazmy v I. experimentu v 15. odběrovém dni

Skupina	Hk l.l ⁻¹	Hb g.l ⁻¹	MCHC l.l ⁻¹
Kontrola			
81	0,3200	71,5307	0,2235
82	0,2800	61,0008	0,2179
83	0,2800	83,1499	0,2970
84	0,2900	80,6082	0,2780
85	0,2900	91,1381	0,3143
86	0,3000	87,8702	0,2929
průměr	0,2933	79,2163	0,2706
SD	0,0151	11,1830	0,0404
0,5 µg.l⁻¹			
91	0,2600	76,9772	0,2961
92	0,3200	90,0488	0,2814
93	0,2800	76,6141	0,2736
94	0,3000	80,9713	0,2699
95	0,3000	84,9654	0,2832
96	0,2800	74,7986	0,2671
průměr	0,2900	80,7292	0,2786
SD	0,0210	5,8488	0,0106
1,5 µg.l⁻¹			
101	0,2500	67,5366	0,2701
102	0,3100	77,3403	0,2495
103	0,3100	80,6082	0,2600
104	0,3000	86,4178	0,2881
105	0,3100	83,8761	0,2706
106	0,3200	88,9595	0,2780
průměr	0,3000	80,7898	0,2694
SD	0,0253	7,6880	0,0135
3 µg.l⁻¹			
111	0,3000	81,6975	0,2723
112	0,3300	79,8820	0,2421
113	0,3000	79,8820	0,2663
114	0,2700	73,7093	0,2730
115	0,2900	79,8820	0,2755
116	0,3200	83,8761	0,2621
průměr	0,3017	79,8215	0,2652
SD	0,0214	3,3861	0,0123

PŘÍLOHA ČÍSLO 5

Tabulka 16: *Biochemické parametry krevní plazmy ve II. experimentu u kontrolní skupiny ryb*

Skupina	11	12	13	14	15	16	průměr	SD
ALBUMIN (g.l ⁻¹)	3,3110	< LOD	11,3080	7,5660	14,1500	< LOD	9,0838	4,6990
ALP (μkat.l ⁻¹)	0,1690	0,1961	0,2154	3,0883	0,1793	0,2503	0,6831	1,1787
ALT (μkat.l ⁻¹)	0,4596	1,0800	0,7536	0,7188	0,5460	0,5544	0,6854	0,2232
AST (μkat.l ⁻¹)	5,8590	< LOD	4,0446	2,0450	2,3587	< LOD	3,5768	1,7567
VÁPŇÍK (mmol.l ⁻¹)	1,8650	2,1350	2,0010	1,9660	2,0150	1,4810	1,9105	0,2277
CHOLESTEROL (mmol.l ⁻¹)	4,0435	7,1723	5,5663	3,8405	5,3417	4,4377	5,0670	1,2414
CREATININ (μmol.l ⁻¹)	13,1500	17,5500	19,8150	21,1850	17,9690	17,4760	17,8575	2,7319
GLUKÓZA (mmol.l ⁻¹)	4,1376	6,3948	5,6136	3,1704	5,1552	4,6260	4,8496	1,1350
ŽELEZO (mmol.l ⁻¹)	86,1270	72,1400	68,4540	68,7450	6,7710	< LOD	60,4474	30,8637
LDH (μkat.l ⁻¹)	8,6515	3,6076	4,5448	1,2823	1,5767	6,0663	4,2882	2,7970
LAKTÁT (mmol.l ⁻¹)	0,5091	1,8619	1,3814	1,0210	0,7550	1,2756	1,1340	0,4812
HOŘČÍK (mmol.l ⁻¹)	1,0990	< LOD	1,2610	1,0290	1,1190	< LOD	1,1270	0,0973
FOSFOR (mmol.l ⁻¹)	1,2730	1,1620	0,9730	1,0000	0,5680	0,9240	0,9833	0,2418
TP (g.l ⁻¹)	32,5370	44,4550	39,5580	34,8510	36,9000	< LOD	37,6602	4,5959
TAG (mmol.l ⁻¹)	1,8930	2,4300	1,3820	2,2210	2,0830	1,6320	1,9402	0,3868
UREA (mmol.l ⁻¹)	1,5326	1,4723	1,1267	0,8376	1,3346	1,0922	1,2327	0,2626

Tabulka 17: *Biochemické parametry krevní plazmy ve II. experimentu u ryb kontaminovaných 29 mg.l⁻¹ chloridů a 1,5 μg.l⁻¹ rtuti*

Skupina	21	22	23	24	25	26	průměr	SD
ALBUMIN (g.l ⁻¹)	9,9010	8,9800	12,6440	10,0020	6,4670	8,5290	9,4205	2,0333
ALP (μkat.l ⁻¹)	0,0503	0,2051	0,1406	0,9856	0,8940	2,2072	0,7471	0,8194
ALT (μkat.l ⁻¹)	0,6192	0,5460	0,4884	0,8256	0,7332	0,5052	0,6196	0,1350
AST (μkat.l ⁻¹)	7,1694	2,3209	4,9770	2,6359	2,8930	6,2055	4,3670	2,0475
VÁPŇÍK (mmol.l ⁻¹)	2,1530	2,1230	1,9830	1,9910	1,8720	1,9430	2,0108	0,1076
CHOLESTEROL (mmol.l ⁻¹)	5,1073	6,6334	4,7704	4,9054	5,6365	5,5339	5,4311	0,6806
CREATININ (μmol.l ⁻¹)	17,6320	13,9720	16,7310	13,0580	15,8000	14,3350	15,2547	1,7576
GLUKÓZA (mmol.l ⁻¹)	5,9928	6,4344	6,6804	4,2684	4,5996	8,7528	6,1214	1,6187
ŽELEZO (mmol.l ⁻¹)	81,8820	79,7080	13,5090	69,4680	83,0750	86,6210	69,0438	27,8161
LDH (μkat.l ⁻¹)	8,0834	1,6020	10,3742	2,9981	3,1303	12,3625	6,4251	4,4601
LAKTÁT (mmol.l ⁻¹)	1,1068	1,2384	0,9981	0,6063	0,7465	0,9123	0,9347	0,2322
HOŘČÍK (mmol.l ⁻¹)	1,2970	1,2320	1,2460	1,1830	1,0940	1,2650	1,2195	0,0721
FOSFOR (mmol.l ⁻¹)	0,9300	0,9630	0,6220	0,6940	1,3720	1,2870	0,9780	0,3035
TP (g.l ⁻¹)	40,4510	38,8220	37,1870	34,4630	36,3140	36,4330	37,2783	2,0989
TAG (mmol.l ⁻¹)	1,6500	1,6440	1,5500	1,4830	1,8470	1,2720	1,5743	0,1925
UREA (mmol.l ⁻¹)	0,5646	0,4071	1,2017	1,2977	1,4908	0,4649	0,9045	0,4781

Tabulka 18: Biochemické parametry krevní plazmy ve II. experimentu u ryb kontaminovaných 300 mg.l⁻¹ chloridů a 1,5 μg.l⁻¹ rtuti

Skupina	31	32	33	34	35	36	průměr	SD
ALBUMIN (g.l ⁻¹)	< LOD	6,2840	< LOD	2,0910	5,5750	2,7580	4,1770	2,0623
ALP (μkat.l ⁻¹)	0,9469	1,0191	0,1561	0,7276	0,1935	0,2928	0,5560	0,3892
ALT (μkat.l ⁻¹)	0,6348	0,3516	0,8616	1,0068	0,5256	0,5760	0,6594	0,2374
AST (μkat.l ⁻¹)	< LOD	4,8107	< LOD	4,2739	3,3932	2,0097	3,6219	1,2234
VÁPŇÍK (mmol.l ⁻¹)	1,7750	1,9130	1,7870	1,6740	1,9120	1,8270	1,8147	0,0910
CHOLESTEROL (mmol.l ⁻¹)	< LOD	6,6150	6,2759	3,8146	3,5791	4,5565	4,9682	1,4011
CREATININ (μmol.l ⁻¹)	14,4090	13,8940	17,3850	12,8800	13,6670	16,4550	14,7817	1,7529
GLUKÓZA (mmol.l ⁻¹)	5,3628	5,7984	4,2048	4,9632	4,3992	5,5416	5,0450	0,6395
ŽELEZO (mmol.l ⁻¹)	< LOD	73,3970	86,9850	76,1180	73,9580	82,2150	78,5346	5,8765
LDH (μkat.l ⁻¹)	14,7338	5,7811	6,1790	6,1376	2,8497	2,3932	6,3457	4,4406
LAKTÁT (mmol.l ⁻¹)	0,0000	1,1983	0,6664	0,2946	1,3213	0,9066	0,7312	0,5151
HOŘČÍK (mmol.l ⁻¹)	1,1360	1,2230	< LOD	1,1120	1,2270	1,1120	1,1620	0,0584
FOSFOR (mmol.l ⁻¹)	1,7360	1,2750	1,2180	0,7360	1,3850	0,8580	1,2013	0,3632
TP (g.l ⁻¹)	35,0470	35,3690	35,4130	27,5440	31,1600	30,1200	32,4422	3,3228
TAG (mmol.l ⁻¹)	< LOD	1,2170	< LOD	1,6090	1,6520	1,4200	1,4745	0,1991
UREA (mmol.l ⁻¹)	< LOD	0,7909	1,5510	1,7835	0,8991	1,0025	1,2054	0,4360

Tabulka č. 19: Biochemické parametry krevní plazmy ve II. experimentu u ryb kontaminovaných 1000 mg.l⁻¹ chloridů a 1,5 μg.l⁻¹ rtuti

Skupina	41	42	43	44	45	46	průměr	SD
ALBUMIN (g.l ⁻¹)	4,0610	3,7090	5,3680	2,7040	3,0510	3,3520	3,7075	0,9430
ALP (μkat.l ⁻¹)	2,2549	1,0514	0,0968	2,2188	0,0555	0,0955	0,9621	1,0565
ALT (μkat.l ⁻¹)	0,4068	0,5604	1,1712	< LOD	0,8208	0,4308	0,6780	0,3210
AST (μkat.l ⁻¹)	2,4179	2,9320	4,5751	5,8817	5,3701	2,0689	3,8743	1,6141
VÁPŇÍK (mmol.l ⁻¹)	2,0360	1,9260	2,0080	1,8270	1,9060	1,9040	1,9345	0,0763
CHOLESTEROL (mmol.l ⁻¹)	5,0976	5,9638	5,2369	4,6537	5,5004	4,3340	5,1311	0,5840
CREATININ (μmol.l ⁻¹)	10,8470	14,0970	14,3870	23,9190	14,7530	12,3590	15,0603	4,5826
GLUKÓZA (mmol.l ⁻¹)	5,7552	8,2080	8,3424	5,3844	6,7440	7,8432	7,0462	1,2794
ŽELEZO (mmol.l ⁻¹)	< LOD	73,2610	83,1170	87,0290	86,8010	85,4800	83,1376	5,7358
LDH (μkat.l ⁻¹)	4,1078	4,6541	3,1729	10,6939	8,6492	1,5456	5,4706	3,4812
LAKTÁT (mmol.l ⁻¹)	1,1583	0,7865	1,7532	< LOD	1,0553	2,2022	1,3911	0,5748
HOŘČÍK (mmol.l ⁻¹)	1,1600	1,1570	1,1260	< LOD	1,0910	1,0810	1,1230	0,0365
FOSFOR (mmol.l ⁻¹)	1,1560	1,6380	1,5190	1,2650	1,6780	1,3630	1,4365	0,2094
TP (g.l ⁻¹)	34,2110	30,9230	33,4900	33,9620	32,9320	33,2170	33,1225	1,1754
TAG (mmol.l ⁻¹)	1,6370	1,7060	1,8670	2,1130	1,5280	1,4270	1,7130	0,2472
UREA (mmol.l ⁻¹)	0,8007	0,7097	0,7700	0,0000	0,7269	0,8819	0,6482	0,3234

PŘÍLOHA ČÍSLO 6

Tabulka 20: *Hematologické ukazatele krevní plazmy ve II. experimentu*

Skupina	Hk	Hb	MCHC
	l.l ⁻¹	g.l ⁻¹	l.l ⁻¹
Kontrola			
11	0,3000	86,4200	0,2881
12	0,3500	100,5800	0,2874
13	0,3400	95,1300	0,2798
14	0,3100	94,0400	0,3034
15	0,3200	91,8600	0,2871
16	0,3300	98,7600	0,2993
průměr	0,3250	94,4650	0,2908
SD	0,0187	5,0591	0,0088
29 mg.l⁻¹			
21	0,3700	104,2100	0,2816
22	0,3100	92,9500	0,2998
23	0,3000	84,9700	0,2832
24	0,3800	107,1100	0,2819
25	0,3200	89,6900	0,2803
26	0,3300	103,8500	0,3147
průměr	0,3350	97,1300	0,2903
SD	0,0327	9,1168	0,0140
300 mg.l⁻¹			
31	0,2900	79,1600	0,2730
32	0,3400	95,5000	0,2809
33	0,0000	94,7700	0,0000
34	0,3100	83,8800	0,2706
35	0,3100	89,3200	0,2881
36	0,2800	81,7000	0,2918
průměr	0,2550	87,3883	0,2341
SD	0,1266	6,8759	0,1150
1000 mg.l⁻¹			
41	0,3700	96,9500	0,2620
42	0,3400	95,1300	0,2798
43	0,3300	92,2300	0,2795
44	0,3100	88,2300	0,2846
45	0,3400	93,6800	0,2755
46	0,3500	99,1300	0,2832
průměr	0,3400	94,2250	0,2774
SD	0,0200	3,8084	0,0082

PŘÍLOHA ČÍSLO 7

Tabulka 21: Fyzikálně chemické vlastnosti vody v I. experimentu

Ráno - 9:00									Večer 18:00								
Nádrž	Datum	Výměna	Vodivost μS	pH	Teplota °C	O2 %	O2 mg.l ⁻¹	N - NH4 mg.l ⁻¹	Nádrž	Datum	Výměna	Vodivost μS	pH	Teplota °C	O2 %	O2 mg.l ⁻¹	N -NH4 mg.l ⁻¹
Kontrola	9.3.	Před							Kontrola	9.3.	Před	453	7,72	22,3	48,2	4,13	0,39
0,5 μg.l ⁻¹	9.3.	Před							0,5 μg.l ⁻¹	9.3.	Před	395	7,92	22,3	88,8	7,64	0,3
1,5 μg.l ⁻¹	9.3.	Před							1,5 μg.l ⁻¹	9.3.	Před	384	8,01	22,2	93,6	8,05	0,34
3 μg.l ⁻¹	9.3.	Před							3 μg.l ⁻¹	9.3.	Před	418	7,91	22,3	84,2	7,23	0,35
Kontrola	9.3.	Po							Kontrola	9.3.	Po	425	8,05	22,7	90,6	7,72	0,07
0,5 μg.l ⁻¹	9.3.	Po							0,5 μg.l ⁻¹	9.3.	Po	412	8,11	22,6	89,4	7,61	0,04
1,5 μg.l ⁻¹	9.3.	Po							1,5 μg.l ⁻¹	9.3.	Po	428	8,12	22,6	94,5	8,04	0,04
3 μg.l ⁻¹	9.3.	Po							3 μg.l ⁻¹	9.3.	Po	525	8,3	22,8	89,9	7,64	0,04
Kontrola	10.3.	Před	433	8,04	22,5	90,3	7,72	0,85	Kontrola	10.3.	Před	589	8,17	22,8	92,6	7,79	0,3
0,5 μg.l ⁻¹	10.3.	Před	414	7,96	22,5	88,1	7,52	0,77	0,5 μg.l ⁻¹	10.3.	Před	587	8,08	22,9	90,3	7,62	0,26
1,5 μg.l ⁻¹	10.3.	Před	432	8,09	22,5	93,6	7,99	0,73	1,5 μg.l ⁻¹	10.3.	Před	594	8,21	23	92,8	7,82	0,25
3 μg.l ⁻¹	10.3.	Před	536	8,03	22,6	81,2	6,93	1,01	3 μg.l ⁻¹	10.3.	Před	616	8,06	22,9	84,9	7,15	0,35
Kontrola	10.3.	Po	588	8,21	23,1	90,9	7,67	0,12	Kontrola	10.3.	Po	608	8,14	23,1	92,2	7,76	0,1
0,5 μg.l ⁻¹	10.3.	Po	590	8,25	23,2	91,3	7,7	0,1	0,5 μg.l ⁻¹	10.3.	Po	607	8,16	23	90,8	7,65	0,08
1,5 μg.l ⁻¹	10.3.	Po	596	8,22	23,2	93,3	7,86	0,1	1,5 μg.l ⁻¹	10.3.	Po	609	8,11	23	94,9	8	0,06
3 μg.l ⁻¹	10.3.	Po	610	8,22	23,2	91,8	7,73	0,12	3 μg.l ⁻¹	10.3.	Po	609	8,14	23	92,2	7,81	0,08
Kontrola	11.3.	Před	609	8,16	22,3	92,9	7,93	0,71	Kontrola	11.3.	Před	591	8,21	21,6	95,2	8,25	0,36
0,5 μg.l ⁻¹	11.3.	Před	614	8,07	22,4	90,5	7,71	0,64	0,5 μg.l ⁻¹	11.3.	Před	595	8,08	21,7	91	7,87	0,32
1,5 μg.l ⁻¹	11.3.	Před	613	8,18	22,3	94,1	8,03	0,62	1,5 μg.l ⁻¹	11.3.	Před	592	8,21	21,6	95,1	8,23	0,28
3 μg.l ⁻¹	11.3.	Před	613	8,05	22,5	83,2	7,07	0,83	3 μg.l ⁻¹	11.3.	Před	592	7,99	21,8	83,6	7,23	0,37
Kontrola	11.3.	Po	589	8,2	21,1	94,3	8,24	0,08	Kontrola	11.3.	Po	600	7,89	22,6	94	8	0,04
0,5 μg.l ⁻¹	11.3.	Po	593	8,28	21,3	93,8	8,16	0,06	0,5 μg.l ⁻¹	11.3.	Po	601	7,99	22,7	93,6	7,95	0,03
1,5 μg.l ⁻¹	11.3.	Po	590	8,17	21,2	95	8,29	0,06	1,5 μg.l ⁻¹	11.3.	Po	602	7,89	22,7	95,4	8,1	0,02
3 μg.l ⁻¹	11.3.	Po	589	8,19	21,3	92,3	8,03	0,08	3 μg.l ⁻¹	11.3.	Po	599	7,92	22,8	92,8	7,86	0,03
Kontrola	12.3.	Před	600	8,01	22,2	91,6	7,88	0,62	Kontrola	12.3.	Před	600	7,76	22,2	94,7	8,13	0,39
0,5 μg.l ⁻¹	12.3.	Před	603	7,87	22,4	88,2	7,55	0,64	0,5 μg.l ⁻¹	12.3.	Před	601	7,61	22,2	90,5	7,75	0,4
1,5 μg.l ⁻¹	12.3.	Před	601	7,98	22,3	94,2	8,08	0,56	1,5 μg.l ⁻¹	12.3.	Před	598	7,7	22,3	94,9	8,14	0,31
3 μg.l ⁻¹	12.3.	Před	599	7,83	22,3	83,7	7,16	0,64	3 μg.l ⁻¹	12.3.	Před	599	7,5	22,4	79,3	6,77	0,42

Kontrola	12.3.	<i>Po</i>	600	7,89	21,9	94,8	8,19	0,1	Kontrola	12.3.	<i>Po</i>	597	7,61	23	94,3	7,97	0,04
0,5 µg.l⁻¹	12.3.	<i>Po</i>	599	7,85	21,9	93,8	8,09	0,09	0,5 µg.l⁻¹	12.3.	<i>Po</i>	599	7,66	22,9	92,3	7,81	0,05
1,5 µg.l⁻¹	12.3.	<i>Po</i>	599	7,83	22	95,4	8,22	0,07	1,5 µg.l⁻¹	12.3.	<i>Po</i>	598	7,52	22,9	94,9	8,03	0,05
3 µg.l⁻¹	12.,3.	<i>Po</i>	598	7,81	22,2	93	8,01	0,09	3 µg.l⁻¹	12.3.	<i>Po</i>	596	7,59	23,1	90,8	7,65	0,05
Kontrola	13.3.	<i>Před</i>	603	7,66	22,3	92,6	7,9	0,56	Kontrola	13.3.	<i>Před</i>	558	8	22	97,3	8,34	0,25
0,5 µg.l⁻¹	13.3.	<i>Před</i>	601	7,54	22,3	87,7	7,49	0,61	0,5 µg.l⁻¹	13.3.	<i>Před</i>	548	8	21,6	94,3	8,15	0,23
1,5 µg.l⁻¹	13.3.	<i>Před</i>	604	7,6	22,4	90,6	7,73	0,54	1,5 µg.l⁻¹	13.3.	<i>Před</i>	552	7,95	21,8	93,4	8,04	0,29
3 µg.l⁻¹	13.3.	<i>Před</i>	601	7,47	22,4	80,7	6,87	0,63	3 µg.l⁻¹	13.3.	<i>Před</i>	547	7,89	21,7	87,4	7,55	0,28
Kontrola	13.3.	<i>Po</i>	581	7,97	21,8	94,3	8,12	0,08	Kontrola	13.3.	<i>Po</i>	560	7,87	22,8	95,9	8,1	0,03
0,5 µg.l⁻¹	13.3.	<i>Po</i>	575	8,12	21,2	92,9	8,09	0,07	0,5 µg.l⁻¹	13.3.	<i>Po</i>	558	7,84	22,8	96	8,11	0,02
1,5 µg.l⁻¹	13.3.	<i>Po</i>	580	8	21,5	92,6	8,02	0,08	1,5 µg.l⁻¹	13.3.	<i>Po</i>	557	7,75	23	94,8	7,99	0,04
3 µg.l⁻¹	13.3.	<i>Po</i>	570	8,11	21,2	89	7,72	0,06	3 µg.l⁻¹	13.3.	<i>Po</i>	555	7,77	23	94,4	7,94	0,03
Kontrola	14.3.	<i>Před</i>	559	7,83	22,4	96,7	8,24	0,31	Kontrola	14.3.	<i>Před</i>	551	7,97	22	97,6	8,4	0,21
0,5 µg.l⁻¹	14.3.	<i>Před</i>	557	7,73	22,4	94	8	0,29	0,5 µg.l⁻¹	14.3.	<i>Před</i>	552	7,87	22	94,5	8,13	0,17
1,5 µg.l⁻¹	14.3.	<i>Před</i>	561	7,66	22,5	90,7	7,72	0,33	1,5 µg.l⁻¹	14.3.	<i>Před</i>	553	7,86	22	93,9	8,07	0,16
3 µg.l⁻¹	14.3.	<i>Před</i>	558	7,64	22,5	89,3	7,59	0,33	3 µg.l⁻¹	14.3.	<i>Před</i>	551	7,75	22,1	88,1	7,56	0,17
Kontrola	14.3.	<i>Po</i>	552	8,02	21,8	96,3	8,28	0,03	Kontrola	14.3.	<i>Po</i>	553	7,91	22,6	93,5	7,96	0,07
0,5 µg.l⁻¹	14.3.	<i>Po</i>	554	7,97	22	93,8	8,06	0,04	0,5 µg.l⁻¹	14.3.	<i>Po</i>	550	8,1	22,7	96,3	8,18	0,03
1,5 µg.l⁻¹	14.3.	<i>Po</i>	552	7,99	22	95,5	8,2	0,03	1,5 µg.l⁻¹	14.3.	<i>Po</i>	552	8,06	22,7	96,1	8,17	0,01
3 µg.l⁻¹	14.3.	<i>Po</i>	552	8	22,1	95,5	8,2	0,03	3 µg.l⁻¹	14.3.	<i>Po</i>	548	8,06	22,8	95,9	8,13	0,01
Kontrola	15.3.	<i>Před</i>	548	8,05	21,9	97	8,4	0,27	Kontrola	15.3.	<i>Před</i>	539	8,26	21,3	97,7	8,56	0,15
0,5 µg.l⁻¹	15.3.	<i>Před</i>	549	7,96	22	93,6	8,1	0,26	0,5 µg.l⁻¹	15.3.	<i>Před</i>	539	8,2	21,3	96,1	8,44	0,13
1,5 µg.l⁻¹	15.3.	<i>Před</i>	551	7,93	22	92,7	8,02	0,25	1,5 µg.l⁻¹	15.3.	<i>Před</i>	541	8,2	21,3	95,6	8,39	0,11
3 µg.l⁻¹	15.3.	<i>Před</i>	547	7,87	22,2	98,3	7,69	0,26	3 µg.l⁻¹	15.3.	<i>Před</i>	543	8,1	21,5	92,2	8,07	0,13
Kontrola	15.3.	<i>Po</i>	536	8,09	20,9	93,1	8,23	0,06	Kontrola	15.3.	<i>Po</i>	548	8,04	22,2	93,2	8,04	0,01
0,5 µg.l⁻¹	15.3.	<i>Po</i>	540	8,26	20,8	94,1	8,33	0,06	0,5 µg.l⁻¹	15.3.	<i>Po</i>	544	8,25	22,4	96,1	8,29	0,02
1,5 µg.l⁻¹	15.3.	<i>Po</i>	540	8,26	20,8	95,7	8,47	0,16	1,5 µg.l⁻¹	15.3.	<i>Po</i>	548	8,16	22,4	94,9	8,15	0
3 µg.l⁻¹	15.3.	<i>Po</i>	538	8,27	21	95,4	8,4	0,08	3 µg.l⁻¹	15.3.	<i>Po</i>	546	8,14	22,6	91	7,79	0,01
Kontrola	16.3.	<i>Před</i>	544	8,15	22	89,2	7,72	0,27	Kontrola	16.3.	<i>Před</i>	548	8,11	22,3	96,6	8,32	0,17
0,5 µg.l⁻¹	16.3.	<i>Před</i>	546	8,08	22,2	91,3	7,89	0,25	0,5 µg.l⁻¹	16.3.	<i>Před</i>	550	8,01	22,4	94	8,09	0,18
1,5 µg.l⁻¹	16.3.	<i>Před</i>	546	8,06	22,1	92,4	7,99	0,23	1,5 µg.l⁻¹	16.3.	<i>Před</i>	550	8,04	22,4	95,2	8,19	0,17
3 µg.l⁻¹	16.3.	<i>Před</i>	547	8,01	22,2	89,5	7,73	0,24	3 µg.l⁻¹	16.3.	<i>Před</i>	549	7,92	22,4	88,8	7,63	0,18
Kontrola	16.3.	<i>Po</i>	551	8,05	22,2	92,7	8,01	0,05	Kontrola	16.3.	<i>Po</i>	561	7,91	22,9	92,8	7,9	0,04
0,5 µg.l⁻¹	16.3.	<i>Po</i>	548	8,19	22,3	94	8,1	0,06	0,5 µg.l⁻¹	16.3.	<i>Po</i>	557	8,1	23	95,8	8,13	0,03

1,5 µg.l ⁻¹	16.3.	Po	552	8,19	22,3	95,7	8,24	0,06	1,5 µg.l ⁻¹	16.3.	Po	558	8,02	23	94,3	8,02	0,03
3 µg.l ⁻¹	16.3.	Po	550	8,19	22,4	94,7	8,14	0,07	3 µg.l ⁻¹	16.3.	Po	556	8,02	23,1	92,7	7,86	0,03
Kontrola	17.3.	Před	555	8,07	22,2	95,4	8,26	0,34	Kontrola	17.3.	Před	557	8,11	21,7	96,6	8,4	0,25
0,5 µg.l ⁻¹	17.3.	Před	554	8,04	22,3	94,8	8,19	0,22	0,5 µg.l ⁻¹	17.3.	Před	556	8,09	21,7	96,3	8,37	0,13
1,5 µg.l ⁻¹	17.3.	Před	553	8,07	22,1	96,1	8,32	0,22	1,5 µg.l ⁻¹	17.3.	Před	556	8,08	21,6	95,6	8,32	0,15
3 µg.l ⁻¹	17.3.	Před	557	7,95	22,4	89,6	7,73	0,24	3 µg.l ⁻¹	17.3.	Před	560	7,99	21,9	91,2	7,9	0,13
Kontrola	17.3.	Po	556	8	21,3	91,3	8,24	0,08	Kontrola	17.3.	Po	562	7,97	22,6	92,6	7,91	0,04
0,5 µg.l ⁻¹	17.3.	Po	558	8,24	21,4	96,3	8,46	0,08	0,5 µg.l ⁻¹	17.3.	Po	563	8,12	22,7	95,6	8,17	0,02
1,5 µg.l ⁻¹	17.3.	Po	559	8,13	21,4	93,7	8,23	0,02	1,5 µg.l ⁻¹	17.3.	Po	566	8,05	22,6	95,3	8,15	0,03
3 µg.l ⁻¹	17.3.	Po	556	8,18	21,6	91,4	8	0,04	3 µg.l ⁻¹	17.3.	Po	565	8,06	22,8	92,9	7,9	0,02
Kontrola	18.3.	Před	564	8,16	22,2	96,3	8,3		Kontrola	18.3.	Před	560	8,17	22,1	98,1	8,41	0,12
0,5 µg.l ⁻¹	18.3.	Před	563	8,13	22,3	95,5	8,2		0,5 µg.l ⁻¹	18.3.	Před	564	8,09	22,1	96,2	8,27	0,08
1,5 µg.l ⁻¹	18.3.	Před	563	8,14	22,2	94,6	8,14		1,5 µg.l ⁻¹	18.3.	Před	562	8,13	22	97,8	8,42	0,06
3 µg.l ⁻¹	18.3.	Před	563	8,01	22,4	90,1	7,74		3 µg.l ⁻¹	18.3.	Před	565	7,9	22,2	86,9	7,45	0,11
Kontrola	18.3.	Po	564	8,06	22	95,9	8,29	0,03	Kontrola	18.3.	Po	565	8,25	22,7	96,7	8,21	0,01
0,5 µg.l ⁻¹	18.3.	Po	562	8,22	22,1	98,2	8,46	0,01	0,5 µg.l ⁻¹	18.3.	Po	564	8,15	22,7	99,5	8,45	0,01
1,5 µg.l ⁻¹	18.3.	Po	564	8,15	22	97,5	8,43	0,01	1,5 µg.l ⁻¹	18.3.	Po	567	8,08	22,7	99,2	8,43	0,02
3 µg.l ⁻¹	18.3.	Po	562	8,12	22,2	95	8,18	0,01	3 µg.l ⁻¹	18.3.	Po	565	8,07	22,9	98,2	8,32	0,01
Kontrola	19.3.	Před	564	8,15	22,1	97,7	8,41	0,15	Kontrola	19.3.	Před	549	8,3	21,6	99,1	8,6	0,05
0,5 µg.l ⁻¹	19.3.	Před	563	8,18	22,2	97,7	8,41	0,11	0,5 µg.l ⁻¹	19.3.	Před	551	8,27	21,5	97,9	8,51	0,03
1,5 µg.l ⁻¹	19.3.	Před	563	8,19	22	100,7	8,68	0,1	1,5 µg.l ⁻¹	19.3.	Před	548	8,33	21,4	99,4	8,66	0,02
3 µg.l ⁻¹	19.3.	Před	564	8,08	22,3	95,6	8,19	0,1	3 µg.l ⁻¹	19.3.	Před	552	8,15	21,6	95	8,24	0,04
Kontrola	19.3.	Po	550	8,21	21	97,1	8,54	0,02	Kontrola	19.3.	Po	558	8,03	22,2	97,7	8,37	0,01
0,5 µg.l ⁻¹	19.3.	Po	549	8,33	21	100,6	8,85	0,01	0,5 µg.l ⁻¹	19.3.	Po	555	8,2	22,4	99,3	8,49	0,01
1,5 µg.l ⁻¹	19.3.	Po	551	8,28	20,9	98,4	8,68	0,01	1,5 µg.l ⁻¹	19.3.	Po	556	8,12	22,4	99,4	8,48	0
3 µg.l ⁻¹	19.3.	Po	550	8,28	21,1	97,2	8,52	0,01	3 µg.l ⁻¹	19.3.	Po	559	8,17	22,6	99,6	8,47	0,01
Kontrola	20.3.	Před	553	8,3	22,2	99,5	8,54	0,07	Kontrola	20.3.	Před	548	8,3	21,9	99	8,51	0,04
0,5 µg.l ⁻¹	20.3.	Před	552	8,27	22,2	98	8,42	0,06	0,5 µg.l ⁻¹	20.3.	Před	547	8,27	21,9	98,3	8,45	0,04
1,5 µg.l ⁻¹	20.3.	Před	551	8,27	22	99,7	8,59	0,06	1,5 µg.l ⁻¹	20.3.	Před	545	8,3	21,8	98,7	8,5	0,04
3 µg.l ⁻¹	20.3.	Před	552	8,16	22,2	94,9	8,16	0,07	3 µg.l ⁻¹	20.3.	Před	548	8,2	21,9	95,9	8,23	0,05
Kontrola	20.3.	Po	548	8,29	21,5	99,8	8,7	0	Kontrola	20.3.	Po	555	8,05	22,6	98,1	8,32	0
0,5 µg.l ⁻¹	20.3.	Po	547	8,28	0,15	98,3	8,55	0	0,5 µg.l ⁻¹	20.3.	Po	552	8,19	22,7	99,4	8,41	0
1,5 µg.l ⁻¹	20.3.	Po	546	8,29	21,5	99,2	8,63	0	1,5 µg.l ⁻¹	20.3.	Po	552	8,11	22,8	99,1	8,37	0
3 µg.l ⁻¹	20.3.	Po	545	8,22	21,7	94,3	8,19	0	3 µg.l ⁻¹	20.3.	Po	551	8,16	23	98,3	8,27	0

Kontrola	21.3.	<i>Před</i>	551	8,29	22,4	98,7	8,36	0,08	Kontrola	21.3.	<i>Před</i>	547	8,21	22,3	98,8	8,35	0,05
0,5 µg.l⁻¹	21.3.	<i>Před</i>	551	8,24	22,5	97,8	8,28	0,08	0,5 µg.l⁻¹	21.3.	<i>Před</i>	548	8,18	22,3	98,4	8,3	0,07
1,5 µg.l⁻¹	21.3.	<i>Před</i>	548	8,27	22,4	99,3	8,41	0,07	1,5 µg.l⁻¹	21.3.	<i>Před</i>	548	8,22	22,2	99,3	8,4	0,05
3 µg.l⁻¹	21.3.	<i>Před</i>	549	8,13	22,5	94,7	8	0,08	3 µg.l⁻¹	21.3.	<i>Před</i>	547	8,08	22,4	95,7	8,08	0,08
Kontrola	21.3.	<i>Po</i>	549	8,18	22,1	96,8	8,24	0	Kontrola	21.3.	<i>Po</i>	554	7,92	22,8	97,6	8,16	0
0,5 µg.l⁻¹	21.3.	<i>Po</i>	550	8,27	22,3	98	8,31	0	0,5 µg.l⁻¹	21.3.	<i>Po</i>	549	8,07	23,1	99,6	8,3	0
1,5 µg.l⁻¹	21.3.	<i>Po</i>	548	8,22	22,3	98,9	8,4	0	1,5 µg.l⁻¹	21.3.	<i>Po</i>	552	7,94	23,1	98,5	8,2	0
3 µg.l⁻¹	21.3.	<i>Po</i>	551	8,24	22,4	98	8,31	0	3 µg.l⁻¹	21.3.	<i>Po</i>	560	8,05	23,1	97,8	8,13	0
Kontrola	22.3.	<i>Před</i>	547	8,25	22,5	98,6	8,37	0,08	Kontrola	22.3.	<i>Před</i>	546	8,2	22,4	98,4	8,39	0,05
0,5 µg.l⁻¹	22.3.	<i>Před</i>	547	8,18	22,6	97	8,23	0,09	0,5 µg.l⁻¹	22.3.	<i>Před</i>	546	8,18	22,4	98,4	8,39	0,04
1,5 µg.l⁻¹	22.3.	<i>Před</i>	548	8,22	22,4	98,2	8,35	0,08	1,5 µg.l⁻¹	22.3.	<i>Před</i>	545	8,18	22,3	98,8	8,44	0,04
3 µg.l⁻¹	22.3.	<i>Před</i>	546	8,11	22,5	94,1	7,99	0,08	3 µg.l⁻¹	22.3.	<i>Před</i>	551	8,09	22,4	95,4	8,13	0,05
Kontrola	22.3.	<i>Po</i>	549	8,17	22,2	98,8	8,44	0	Kontrola	22.3.	<i>Po</i>	547	7,98	22,5	97,3	8,29	0
0,5 µg.l⁻¹	22.3.	<i>Po</i>	547	8,24	22,3	99,3	8,47	0,01	0,5 µg.l⁻¹	22.3.	<i>Po</i>	544	8,12	22,6	99,2	8,41	0
1,5 µg.l⁻¹	22.3.	<i>Po</i>	548	8,19	22,3	99,1	8,44	0	1,5 µg.l⁻¹	22.3.	<i>Po</i>	544	7,99	22,6	99,3	8,44	0
3 µg.l⁻¹	22.3.	<i>Po</i>	553	8,24	22,5	98,2	8,36	0	3 µg.l⁻¹	22.3.	<i>Po</i>	547	8,1	22,7	97	8,23	0
Kontrola	23.3.	<i>Před</i>	545	8,41	22,4	99,4	8,47		Kontrola	23.3.	<i>Před</i>						
0,5 µg.l⁻¹	23.3.	<i>Před</i>	543	8,31	22,5	98	8,32		0,5 µg.l⁻¹	23.3.	<i>Před</i>						
1,5 µg.l⁻¹	23.3.	<i>Před</i>	544	8,37	22,4	98,2	8,35		1,5 µg.l⁻¹	23.3.	<i>Před</i>						
3 µg.l⁻¹	23.3.	<i>Před</i>	547	8,25	22,5	96	8,15		3 µg.l⁻¹	23.3.	<i>Před</i>						

PŘÍLOHA ČÍSLO 8

Tabulka 22: Fyzikálně chemické vlastnosti vody ve II. experimentu

Ráno - 9:00										Večer 18:00									
Nádrž	Datum	Výměna	Vodivost μS	pH	Teplota °C	O2 %	O2 mg.l ⁻¹	N - NH4 mg.l ⁻¹	Cl ⁻¹ mg.l ⁻¹	Nádrž	Datum	Výměna	Vodivost μS	pH	Teplota °C	O2 %	O2 mg.l ⁻¹	N-NH4 mg.l ⁻¹	Cl ⁻¹ mg.l ⁻¹
Kontrola										Kontrola	20.4.	<i>Před</i>	442	8,23	19,2	93,5	8,45	0,31	20,34
29 mg.l⁻¹										29 mg.l⁻¹	20.4.	<i>Před</i>	475	8,15	19,1	89	8,06	0,25	20,83
300 mg.l⁻¹										300 mg.l⁻¹	20.4.	<i>Před</i>	1373	8,13	19	84,9	7,7	0,24	321,4
1000 mg.l⁻¹										1000 mg.l⁻¹	20.4.	<i>Před</i>	3243	8,02	18,9	75	6,82	0,27	1145
Kontrola	20.4.	<i>Po</i>	432	8,31	19,1	91,5	8,29			Kontrola	20.4.	<i>Po</i>	495	8,47	19,5	95,4	8,6	0,04	20,17
29 mg.l⁻¹	20.4.	<i>Po</i>	473	8,32	19,2	92,2	8,36			29 mg.l⁻¹	20.4.	<i>Po</i>	529	8,53	19,2	94,9	8,58	0,03	20,2
300 mg.l⁻¹	20.4.	<i>Po</i>	569	8,35	19,1	92	8,36			300 mg.l⁻¹	20.4.	<i>Po</i>	1205	8,45	18,8	96,2	8,76	0,03	274,1
1000 mg.l⁻¹	20.4.	<i>Po</i>	3245	8,37	19	91,8	8,36			1000 mg.l⁻¹	20.4.	<i>Po</i>	3162	8,44	18,7	94,3	8,62	0,03	958,2
Kontrola	21.4.	<i>Před</i>	494	8,34	19,3	93,3	8,47	0,45	20,74	Kontrola	21.4.	<i>Před</i>	490	8,35	19,4	94,6	8,53	0,32	19,92
29 mg.l⁻¹	21.4.	<i>Před</i>	526	8,26	19,1	89,6	8,16	0,48	21,1	29 mg.l⁻¹	21.4.	<i>Před</i>	502	8,25	19,3	91,2	8,23	0,34	21,51
300 mg.l⁻¹	21.4.	<i>Před</i>	1236	8,2	19	84,6	7,73	0,37	267,3	300 mg.l⁻¹	21.4.	<i>Před</i>	1403	8,22	19,2	87	7,87	0,25	326,7
1000 mg.l⁻¹	21.4.	<i>Před</i>	3267	8,11	18,9	81,9	7,49	0,44	1008	1000 mg.l⁻¹	21.4.	<i>Před</i>	3206	8,13	19,1	83,4	7,57	0,29	939,4
Kontrola	21.4.	<i>Po</i>	490	8,42	19,8	96,3	8,64	0,06	21,44	Kontrola	21.4.	<i>Po</i>	510	8,42	19,7	96	8,6	0,04	21,2
29 mg.l⁻¹	21.4.	<i>Po</i>	500	8,36	20	94,2	8,44	0,07	20,82	29 mg.l⁻¹	21.4.	<i>Po</i>	516	8,21	19,2	95,8	8,48	0,04	21,65
300 mg.l⁻¹	21.4.	<i>Po</i>	1391	8,37	19,8	94,5	8,51	0,04	335	300 mg.l⁻¹	21.4.	<i>Po</i>	1402	8,19	18,4	96	8,84	0,03	322,8
1000 mg.l⁻¹	21.4.	<i>Po</i>	3237	8,38	19,6	94,7	8,55	0,05	1045	1000 mg.l⁻¹	21.4.	<i>Po</i>	3253	8,12	18,1	95,4	8,85	0,02	947,6
Kontrola	22.4.	<i>Před</i>	502	832	19,2	93,7	8,5	0,5	20,5	Kontrola	22.4.	<i>Před</i>	510	8,36	19,1	94,9	8,61	0,26	20,87
29 mg.l⁻¹	22.4.	<i>Před</i>	516	8,2	19	90	8,22	0,51	21,59	29 mg.l⁻¹	22.4.	<i>Před</i>	520	8,29	19	91,7	8,33	0,26	20,67
300 mg.l⁻¹	22.4.	<i>Před</i>	1401	8,2	18,6	88,9	8,16	0,21	315,8	300 mg.l⁻¹	22.4.	<i>Před</i>	1402	8,27	18,9	88,4	8,05	0,19	300,3
1000 mg.l⁻¹	22.4.	<i>Před</i>	3265	8,05	18,5	83,7	7,71	0,37	965,8	1000 mg.l⁻¹	22.4.	<i>Před</i>	3252	8,19	18,8	84,8	7,74	8,22	902,2
Kontrola	22.4.	<i>Po</i>	515	8,43	19,2	96,8	8,78	0,05	20,9	Kontrola	22.4.	<i>Po</i>	521	8,43	19,7	95,6	8,56	0,02	21,28
29 mg.l⁻¹	22.4.	<i>Po</i>	521	8,37	19,2	96,9	8,8	0,05	21,44	29 mg.l⁻¹	22.4.	<i>Po</i>	527	8,39	19,8	93,7	8,37	0,03	20,98
300 mg.l⁻¹	22.4.	<i>Po</i>	1401	8,41	19	95,8	8,74	0,03	305,1	300 mg.l⁻¹	22.4.	<i>Po</i>	1417	8,41	19,6	93,3	8,37	0,01	340,7
1000 mg.l⁻¹	22.4.	<i>Po</i>	3212	8,41	18,9	94,9	8,67	0,03	944,4	1000 mg.l⁻¹	22.4.	<i>Po</i>	3270	8,4	19,5	92	8,27	0,01	947,2
Kontrola	23.4.	<i>Před</i>	518	8,32	19,4	91,9	8,29			Kontrola		<i>Před</i>							
29 mg.l⁻¹	23.4.	<i>Před</i>	529	8,23	19,4	88,6	8			29 mg.l⁻¹		<i>Před</i>							
300 mg.l⁻¹	23.4.	<i>Před</i>	1407	8,23	19,2	85,4	7,73			300 mg.l⁻¹		<i>Před</i>							
1000 mg.l⁻¹	23.4.	<i>Před</i>	3273	8,14	19,1	82,3	7,46			1000 mg.l⁻¹		<i>Před</i>							