

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4106 Zemědělská specializace
Studijní obor: Biologie a ochrana zájmových organismů
Katedra: Katedra biologických disciplín
Vedoucí katedry: doc. RNDr. Ing. Josef Rajchard, Ph.D.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Morfologie lastur perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*)

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Irena Šetlíková, Ph.D.
Konzultant: Ing. Ondřej Spisar, Ph.D.
Autor diplomové práce: Bc. Lenka Půbalová

České Budějovice, duben 2017

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta zemědělská

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lenka PÚBALOVÁ**
Osobní číslo: **Z14446**
Studijní program: **N4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Biologie a ochrana zájmových organismů**
Název tématu: **Morfologie lastur perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*)**
Zadávající katedra: **Katedra biologických disciplin**

Zásady pro vypracování:

Lastury dlouhověkých mlžů jsou trvanlivým záznamem jejich životní historie (100 - 190 let). Cílem práce bude na základě morfologie lastur vyhodnotit rozdíly mezi perlorodkami říčními (*Margaritifera margaritifera*), které pochází z různých lokalit (Ašsko a Blanice), případně z různých míst v rámci lokalit.

Předmětem práce bude

1. Změření základních morfologických parametrů lastur uhynulých perlorodek říčních.
2. Většina morfologických parametrů (délka, výška a tloušťka lastur a délka erodovaného a zachovalého ligamentu - konchinového vazů spojujícího lastury) bude měřena makroskopicky.
3. Stav ligamentu bude vyhodnocen pod mikroskopem.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
ústřední kancelář
250 02 České Budějovice
18. března 2015

[Handwritten signature]

V Českých Budějovicích dne 18. března 2015

Rozsah grafických prací: 10
Rozsah pracovní zprávy: 40
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Dunca, E., Schöne, B.R., Mutvei, H., (2005). Freshwater bivalves tell of past climates: But how clearly do shells from polluted rivers speak? *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 228: 43-57.

Haag, W.R., Rypel, A.L., (2011). Growth and longevity in freshwater mussels: evolutionary and conservation implications. *Biological Reviews*, 86: 225-247.

Hastie, L.C., Young, M.R., Boon, P.J., Cosgrove P.J., Henninger, B., (2000). Sizes, densities and age structure of Scottish *Margaritifera margaritifera* (L.) populations. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 10: 229-247.

Helama, S., Valovirta, I., (2008). Ontogenetic morphometrics of individual freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* (L.)) reconstructed from geometric conchology and trigonometric sclerochronology. *Hydrobiologia*, 610: 43-53.

Neves, R.J., Moyer, S.N., (1988). Evaluation of techniques for age determination of freshwater mussels (Unionidae). *American Malacological Bulletin*, 6(2): 179-188.


Vedoucí diplomové práce: RNDr. Irena Šetlíková, Ph.D.

Katedra biologických disciplin


Konzultant diplomové práce: Ing. Ondřej Spisar, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 9. února 2015

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2016


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice


doc. RNDr. Ing. Josef Rajchard, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 18. března 2015

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, 20. 4. 2017

.....

Lenka Půbalová

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí práce doc. RNDr. Ireně Šetlíkové, Ph.D., za vedení mé diplomové práce a za cenné rady a připomínky. Dále chci poděkovat Ing. Evě Niedlové za rady při psaní a konzultaci diplomové práce a Ing. Ondřeji Spisarovi, Ph.D. za dodání a sběr lastur perlorodky říční z daných lokalit. V neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině a přáteli za podporu a toleranci.

Abstrakt

Cílem této práce bylo na základě morfologických parametrů a odhadu věku uhynulých jedinců perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*) zjistit rozdíly mezi dvěma geograficky izolovanými oblastmi jejího výskytu. Data byla shromážděna ze čtyř lokalit, respektive ze dvou oblastí, a to z šumavské (Blanice a Zlatý potok) a ašské oblasti (Bystřina a Rokytnice). Průměrná délka lastury byla 95,8 mm, tloušťka 27,9 mm, výška 43,4 mm, ligament byl erodován z 57% a index nadmutosti lastur dosahoval v průměru 32 %. Lastury pocházející z výše uvedených oblastí se mezi sebou lišily v tloušťce (větší v oblasti Ašska) a v procentu erodovaného ligamentu (vyšší v oblasti Ašska). Ostatní morfologické parametry (délka a výška lastury a její index nadmutosti) se mezi oblastmi nelišily. Určení věku dle přírůstkových linií na ligamentu bylo statisticky průkazně vyšší ($Z = 4,8$; $p < 0,01$) než dle přírůstkových linií na povrchu lastury. Průměrné stáří perlorodek určené dle přírůstkových linií na ligamentu bylo 36 let či na povrchu lastury bylo 30 let. Věk odhadnutý dle ligamentu lépe koreloval s délkou lastury než věk dle přírůstkových linií na lastuře. Věk úhynu jedinců perlorodky říční byl srovnatelný v obou oblastech, ale lišil se mezi jednotlivými lokalitami. Podle odhadu věku na základě přírůstkových linií na ligamentu se Rokytnice ukázala jako nejvhodnější lokalita pro perlorodky.

Klíčová slova: perlorodka říční, lastura, morfologie, ligament, stáří

Abstract

The aim of this study was to determine the differences of freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*) originated from two geographically isolated areas according to morphological parameters and the age of dead freshwater pearl mussel. Data were collected from four localities, i. e. from the two areas (Šumava: Blanice, Zlatý potok and Aš area: Bystřina and Rokytnice). The average length of shells was 95.8 mm, thickness 27.9 mm, height 43.4 mm. The ligament was eroded from 57 % and index (ration between thickness and length x 50) was on average 32 %. Thickness of the shells and the percentage of eroded ligament differed between the two areas. Both of these parameters were higher in Aš area. Other morphological parameters (length and height of the shells and the above mentioned index) were similar in both areas. Assessment of age according to the growth lines in the ligament was significantly higher than the evaluation using growth lines on the surface of the shells. Mean age of freshwater pearl mussels determined using growth lines in the ligament was 36 years old and on the surface of the shells was 30 years old. Age according to the growth lines in the ligament better correlated with the length of the shell than percentage of eroded ligament. Age of dead freshwater pearl mussel was comparable in both areas, however differed between localities. Rokytnice proved to be the most suitable habitat for freshwater pearl mussels according to the age estimation.

Key words: freshwater pearl mussels, shell, morphology, ligament, age

Obsah

1. Úvod a cíle práce.....	8
2. Literární rešerše.....	10
2.1 Systematika a druhy rodu <i>Margaritifera</i>	10
2.2 Ochrana perlorodky říční (<i>Margaritifera margaritifera</i>).....	10
2.3 Rozšíření a biotop.....	11
2.4 Populace perlorodky říční dle délky života.....	15
2.5 Morfologie a stavba lastur.....	16
2.6 Lastura jako zdroj informací.....	17
3. Metodika.....	21
3.1 Popis lokalit.....	21
3.1.1 Šumavské lokality: Blanice a Zlatý potok.....	22
3.1.2 Ašské lokality: Bystřina a Rokytnice.....	23
3.2 Zpracování lastur.....	24
3.3 Statistické vyhodnocení.....	26
4. Výsledky.....	28
4.1. Morfologie lastur na ašských a šumavských lokalitách.....	28
4.1.1. Celková délka lastur.....	28
4.1.2. Tloušťka lastur.....	30
4.1.3. Výška lastur.....	31
4.1.4. Index nadmutosti lastur.....	31
4.1.5. Celková délka ligamentu lastur a podíl erodovaného ligamentu.....	32
4.2. Časová variabilita morfologie lastur v Rokytnici (Ašsko).....	35
4.2.1. Celková délka, tloušťka a výška lastur a index nadmutosti.....	35
4.2.3. Celková délka ligamentu lastur a podíl erodovaného ligamentu.....	38
4.3. Stáří perlorodek podle ligamentu a přírůstkových linií na lastuře.....	39
5. Diskuse.....	45
5.1. Morfologické parametry lastur.....	45

5.2. Věk lastur	46
5.3. Délka lastur versus jejich věk.....	47
5.4. Vyhodnocení lokalit dle věku uhynulých lastur.....	48
6. Závěr.....	49
7. Seznam použité literatury.....	50

1. Úvod a cíle práce

Perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera*, Linnaeus, 1758) je celosvětově ohroženým druhem. Důvodem je degradace biotopu, jeho znečištění či změna druhové skladby hostitelských ryb. Velikost populací perlorodek říčních se stále snižuje, a proto je tento druh předmětem intenzivní ochrany (AOPK, 2013). Perlorodka říční je dlouhověký, poměrně velký mlž. U dospělců dosahuje délka lastury od 95 do 140 mm, výšky 50 – 60 mm a tloušťky 30 – 40 mm (Beran, 1998). Velikost a dlouhověkost perlorodek se mění se zeměpisnou šířkou (Bauer, 1992). Jihoevropské populace jsou charakteristické vysokými přírůstky a jsou krátkověké, s průměrnou délkou života 35 let (Patzenhauerová a kol., 2011). Oproti tomu severské a ruské populace žijí dlouho (100 – 190 let) a rostou pomalu (Ziuganov a kol., 2000). V rámci České republiky se nacházejí tři geneticky odlišné populace perlorodek říčních. Jedná se o populaci vltavského povodí (v této práci reprezentované - označované jako šumavské lokality), populace oblastí západních Čech (v této práci reprezentované lokalitami v oblasti Ašska) a populace z řeky Malše (Simon a kol., 2015).

Cílem této práce bylo na základě porovnání morfologických parametrů a věku uhynulých perlorodek říčních pocházejících ze šumavských a ašských lokalit, nalézt případné rozdíly mezi těmito dvěma geograficky izolovanými populacemi v rámci České republiky. Obsahem práce bylo:

- měření morfologických parametrů lastury (délka, výška, tloušťka lastur a délka erodovaného a zachovalého ligamentu)
- vyhodnocení stáří lastur na základě přírůstkových linií na ligamentu a na lasturách

Tato práce navazuje na řadu prací, které se zabývaly jak obecnou ekologií perlorodky říční (rozšíření, přežití a růst juvenilních jedinců a mortalita dospělců) (Jiroušková, 2009; Másílko, 2009; Spisar, 2013; Niedlová, 2015), tak návrhy a opatření na ochranu perlorodky říční včetně polopřirozeného chovu tohoto druhu v České republice (Spisar, 2006; Niedlová, 2015). V rámci ochrany perlorodky říční se podařilo prokázat pozitivní vliv zavedení potravního prvku (živného potůčku přivádějícího detritus) na početnost juvenilních i adultních jedinců (Tulachová, 2012)

a vyhodnotit elementární vliv teploty vody v kombinaci s chemickými parametry v tocích ČR metodou bioindikací (Niedlová, 2015, Spisar, 2013). Jiroušková (2009) se zabývala populacemi pstruha obecného a jeho vlivu na vývoj perlorodky říční ve všech třech geograficky oddělených populacích v ČR. Srovnáním morfologických parametrů a věku uhynulých jedinců perlorodky říční pocházejících z rozdílných oblastí České republiky se doposud, podle mě dostupných údajů, nikdo nezabýval.

2. Literární rešerše

2.1 Systematika a druhy rodu *Margaritifera*

Perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera* Linnaeus, 1758) je řazena do kmene měkkýši (Mollusca), třídy mlži (Bivalvia) a řádu Unionoida (Smrž, 2013). Řád Unionoida pak dále zahrnuje dvě nadčeledi, nadčeleď Etherioidea a Unionoidea. Nadčeleď Unionoidea má na rozdíl od čeledi Etherioidea larvu glochidium. Tělo larvy je tvořeno dvěma hákovitými lasturkami, které se k povrchu hostitele přichycují lepkavým vláknem. Do této nadčeledi jsou řazeny dvě čeledi, a to čeleď Unionidae, vyskytující se v Africe, Eurasii, Indii a Severní Americe, a čeleď Margaritiferidae vyskytující se v Eurasii a v Severní Americe. Tato čeleď je v rámci řádu Unionoida považována za bazální a primitivní (Smith, 2001). Čeleď Margaritiferidae zahrnuje pouze rod perlorodka (*Margaritifera*) s 13 druhy: *Margaritifera auricularia*, Splenger, 1793; *M. dahurica*, Middendorff, 1850; *M. falcata*, Gould, 1850; *M. hembeli*, Conrad, 1838; *M. homsensis*, Lea 1863; *M. laevis*, Haas, 1910; *M. laosensis*, Lea 1863; *M. marocana*, Pallary, 1918; *M. marrianae*, R. I. Johnson, 1983; *M. monodonta*, Say, 1829; *M. middendorffi*, Rosén 1926; *M. togakushiensis*, Kondo & Kobayashi, 2005 a *M. margaritifera*, Linnaeus, 1758. Kromě *M. margaritifera*, Linnaeus, 1758 se v Evropě vyskytují ještě *M. auricularia*, Splenger, 1793; *M. dahurica*, Middendorff, 1850; *M. laevis*, Haas, 1910 a *M. margaritifera*, Linnaeus, 1758 (Graf a Cummings, 2007; IUCN, 2017).

V rámci druhu *Margaritifera margaritifera*, Linnaeus, 1758 byly popsány dva poddruhy. *M. (m.) siluriana*, Bloomer, 1927 a *M. (m.) durrovensis*, Phillips, 1928 (IUCN, 2017).

2.2 Ochrana perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*)

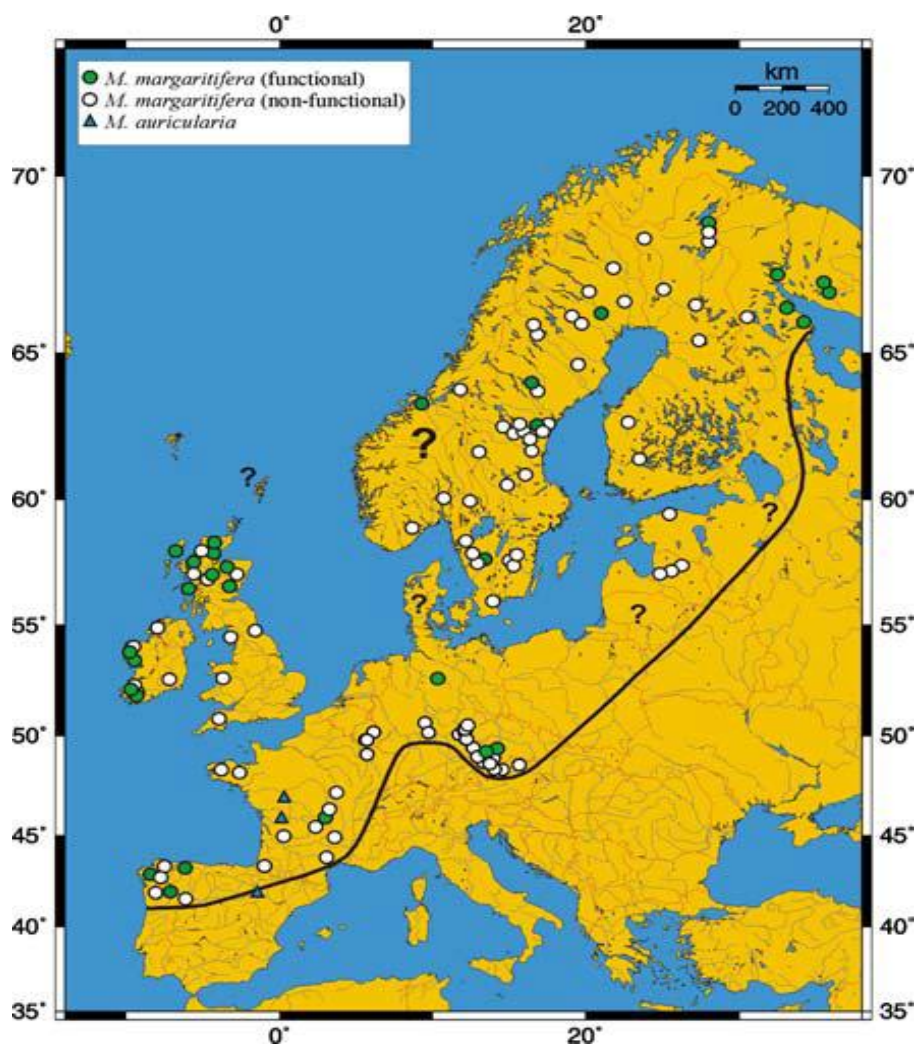
Perlorodky se staly jedním z nejohroženějších mlžů na světě (Patzenhauerová a kol., 2011). V České republice se vyskytuje celkem 247 druhů měkkýšů (17 nepůvodních), z toho 29 mlžů (z toho tři nepůvodní). V Červeném seznamu ohrožených druhů České republiky je zapsána více jak polovina z nich (tj. 16 druhů mlžů). Čtyři druhy jsou řazeny mezi kriticky ohrožené, pět druhů mezi

ohrožené, mezi zranitelné jsou zařazeny tři druhy, mezi téměř ohrožené zahrnujeme čtyři druhy mlžů a zbytek jsou druhy neohrožené (Beran a kol., 2005).

Dle směrnice 92/43/EHS, o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin je perlorodka říční chráněna prostřednictvím evropsky významných lokalit (EVL) v rámci soustavy NATURA 2000. V České republice se jedná o EVL Blanice, EVL Boletice, EVL Šumava, EVL Bystřina a Lužní potok a EVL Horní Malše (Müllerová a Stejskal, 2013). V České republice je perlorodka říční chráněna zákonem č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny. Vyhláškou č. 395/1992 Sb. je pak řazena mezi zvláště chráněné druhy a zařazena do kategorie kriticky ohrožených druhů. Dále je od roku 1993 schválen záchranný program na ochranu perlorodky říční, který byl v roce 2013 aktualizován. Perlorodka říční je zahrnuta i v Bernské úmluvě (Úmluva na ochranu evropské fauny a flóry a jejich přírodních stanovišť) v příloze II přísně chráněných druhů živočichů (MŽP, 2017).

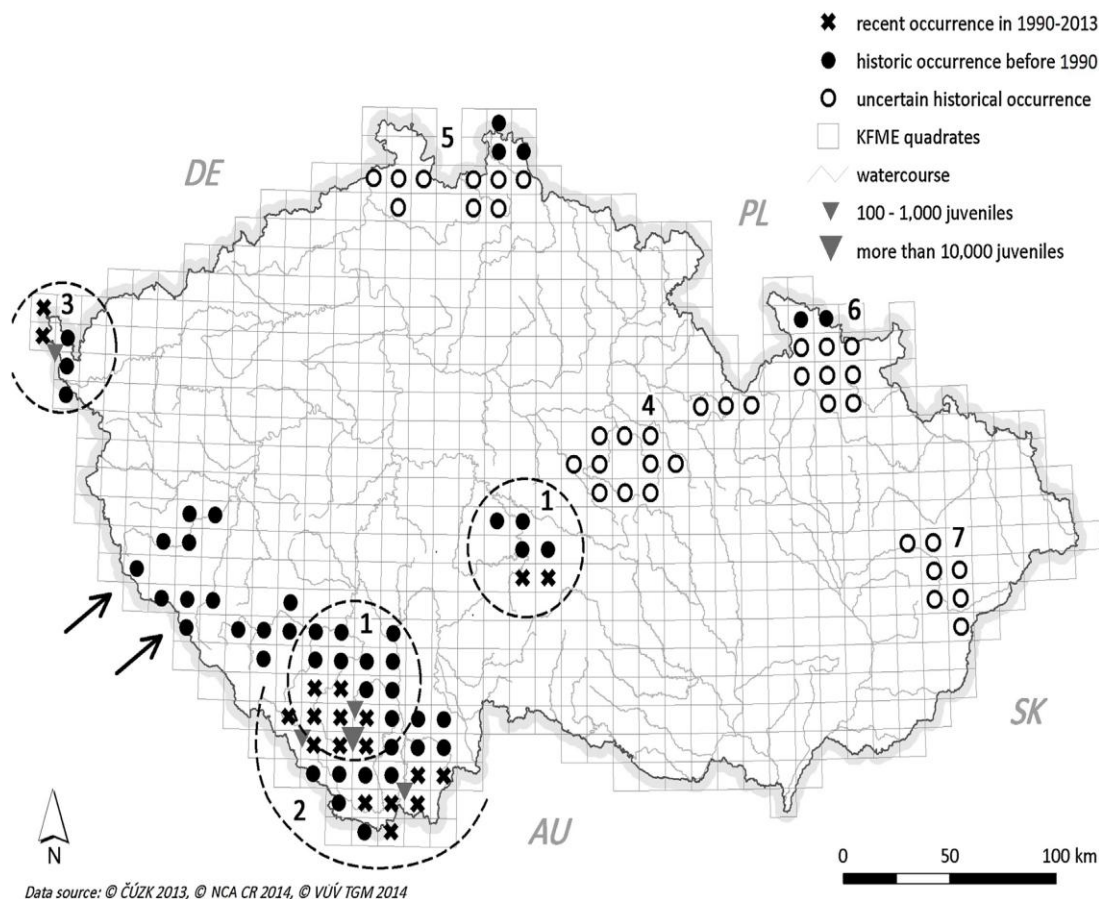
2.3 Rozšíření a biotop

Perlorodka říční obývá holoarktický areál (Dyk, 1947, AOPK, 2013). V Evropě je rozšířena od Španělska přes Pyreneje, Bretaň, Normandii, Ardeny, Britské ostrovy a střední Evropu až do severní Evropy (nejvíce ve Skandinávii a v severním Rusku) (Obr. 1) (Geist, 2010; Mináriková a kol., 2011). V Severní Americe se vyskytuje na severovýchodním pobřeží Kanady a USA (Dyk, 1947).



Obr. 1: Výskyt perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*) v Evropě (Geist, 2010).

Historické rozšíření perlorodky říční na českém území je zaznamenáno např. z povodí Vltavy, Labe, Malše a jejích přítoků, Blanice, horního toku Odry, Lužické Nisy, povodí Orlice, Doubravy a Chrudimky (Obr. 2) (Mináriková a kol., 2011; Simon a kol., 2015). Mezi roky 1850 – 2012 vymizelo 90 % populace perlorodek (Simon a kol., 2015). Perlorodky vymizely ze všech lokalit o nadmořské výšce pod 500 m n. m. V České republice je v současné době stav odhadován na 16 tisíc jedinců. Perlorodka je rozšířena v řece Blanici, v ašském výběžku a v Janovském potoce na Vysočině, kde se však vyskytuje pouze několik jedinců (Tab. 1; Obr. 2) (AOPK, 2013).



Obr. 2: Výskyt perlorodky říční v ČR (Simon a kol., 2015). Křížek znamená výskyt perlorodky mezi lety 1990 – 2013. Černé plné kolečko znázorňuje výskyt před rokem 1990. Černé prázdné kolečko vyobrazuje nejistý historický výskyt. Menší trojúhelníky znázorňují populace se 100 – 1000 juvenilními jedinci. Větší trojúhelník vyobrazuje populace s více než 10 000 juvenilními jedinci. Přerušovaná čára značí ochranné jednotky jednotlivých populací. Čísly 1 – 3 jsou znázorněny ochranné jednotky CU, (č. 1. Blanice, Zlatý potok a Teplá Vltava; č. 2. Malše a část Teplé Vltavy; č. 3 Saale zahrnuje populace Lužní potok a Bystřina). Číslo 4 – 7 jsou lokality, kde je nejistý výskyt nebo nedávno vyhynulé populace (č. 4. Orlice, Doubrava, Chrudimka; č. 5. Lužická Nisa, Ploučnice; č. 6. Kladská Nisa a č. 7. Bečva). Šipky označují proudy od Švarcava, Kamenného potoka a Kouba (povodí Dunaje), které tečou z České republiky a Německa.

Tab. 1: Recentní výskyt perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*) v ČR. (Vaničková a kol., 2014)

povodí	dílčí povodí	lokality (řazeno od horního po dolní části toku a poté přítoky)	rok sčítání celé populace	velikost celé populace	výskyt subadultů (odhad počtu jedinců)
Labe	Blanice	Blanice horní	2010	10120	Lokálně > 10%, celkově > 1%
		Blanice dolní a Zlatý potok dolní	2011	358	>1%
		Zlatý potok horní	2005	1710	>10%; (184)
		Chvalšinský potok	2006	6	není známo
		Křemžský potok	2005	50	
		Malše horní	2012	>440	>10%; (49)
		Malše dolní	1996	202	není známo
		Teplá Vltava	2013	>331	>1%; (11)
	Sázava	Janovský potok a Kladinský potok	2012	2	(2)
	Sála		Bystřina	2009	594
Rokytnice horní			2013	1	(1)
Lužní potok			2013	2034	1%, (19)
Újezdský a Pekelský potok			2012	12	(0)

Perlorodka říční obývá sladké oligotrofní vody (Simon a kol., 2015). Tyto vody se vyznačují nízkým obsahem živin (zejména dusíku a fosforu) a průhledností do hloubky až tři metrů. Na těchto lokalitách je malý počet druhů, jejich abundance jsou však velké (AOPK, 2013). V České republice perlorodka říční obývá chladné vody řek a potoků ve vyšších nadmořských polohách. Maximální teplota vody by se měla pohybovat mezi 20 – 25 °C. V tocích v ČR není této teploty dosahováno. Pro dokončení vývoje juvenilních perlorodek je vhodná teplota alespoň 15 °C. Hodnoty

pH by měly být neutrální až slabě kyselé v rozmezí hodnot 6,1 – 7,7 (Degerman a kol., 2009). Larsen (2005) uvádí pH až 8. Koncentrace anorganického uhlíku by měla být vyšší než $30 \mu\text{g l}^{-1}$. Celková koncentrace fosforu by neměla přesáhnout hodnotu $20 - 35 \mu\text{g l}^{-1}$. Hodnota koncentrace vápníku by neměla přesáhnout hodnotu 8 mg l^{-1} (Absolon a Hruška 1999). Obsah nitrátů ve vodě by měl být vyšší než $0,125 \mu\text{g l}^{-1}$ (Degerman a kol., 2009). Zákal vody by měl být 15 ZF (formazinové jednotky: standardní roztok). Základním znakem vod, které obývá perlorodka říční, je nízká mineralizace. Pro vyjádření stupně mineralizace se používá snadno měřitelná konduktivita vody, která je s mineralizací v přímé závislosti. Optimální hodnoty se pohybují mezi $50 - 70 \mu\text{S cm}^{-1}$, záleží na typu povodí (Absolon a Hruška 1999). Jako vhodný substrát je uváděn zrnitý (velikost částic $<1 \text{ mm}$). Redoxní potenciál by měl být menší než 300 mV (Geist a Auerswald, 2007). Hustota juvenilních lososovitých ryb by měla být 5 jedinců na 100 m^2 (Hastie a Young, 2003).

2.4 Populace perlorodky říční dle délky života

V prostředí rozlišujeme z hlediska délky života krátkověké, středněvěké a dlouhověké perlorodky říční. Je to dáno odlišnou úživností jednotlivých toků a zeměpisnou šířkou. Perlorodky jsou specializovány na vody, které jsou chudé na živiny. Na tyto vody s nedostatkem potravy jsou přizpůsobeny pomalejším metabolismem a růstem, tedy i delší délkou života. Naopak ve vodách bohatších na živiny a potravu se metabolismus zrychluje, čímž se zrychluje růst a dožívají se kratšího věku. Čím jsou populace perlorodek jižněji, tím mají rychlejší růst a látkovou výměnu. Tyto populace se proto řadí mezi krátkověké a dožívají se 30 – 50 let. Čím jsou populace severněji, tím pomaleji rostou, a proto jsou tyto populace perlorodek řazeny mezi dlouhověké. Dožívají se až sta let. V České republice se nacházejí středněvěké až dlouhověké populace. Během evoluce došlo ke genetické diferenciaci, která je dána přírodním výběrem a také genetickým přizpůsobením populací na podmínky dané lokalitou (tzv. lokální adaptace). Pokud se zkříží dva odlišně adaptovaní jedinci (případně populace), mohlo by dojít k tzv. outbreední depresi. Z takového křížení vznikne jedinec (populace), který má odlišnou genetickou výbavu a je tedy méně přizpůsobený novému prostředí. Takto vzniklí

jedinci mají zhoršenou kondici a případně může dojít až k vymření populace. Na tyto zákonitosti je třeba brát zřetel, pokud chceme posílit početně slabou populaci vysazením či přesunem nových jedinců (Patzenhauerová a kol., 2011; Simon a kol., 2015).

V České republice se nacházejí 3 skupiny perlorodek říčních označované jako ochranné jednotky (CU z anglického conservation unit). Populace vltavského povodí (Blanice, Zlatý potok, Teplá Vltava) a povodí Sázavy (Jankovský potok) jsou označovány jako CU₁, tj. conservation unit 1. Tyto populace jsou si geneticky podobné. Populace na Malši jsou označovány jako CU₂ a ve skupině CU₃ jsou zastoupeny populace z oblasti západních Čech. V Teplé Vltavě lze nalézt jedince, kteří jsou zastoupeni ve skupinách CU₁ i CU₂ (Simon a kol., 2015).

2.5 Morfologie a stavba lastur

Perlorodka říční má oboustranně souměrné tělo se silnostěnnými lasturami. Lastura má několik funkcí. Slouží jako kostra pro upevnění svalů; chrání perlorodku před predátory a v neposlední řadě chrání před vniknutím sedimentu a jiných nečistot dovnitř lastury. Lastury se vyvíjejí už u larválního stádia z ektodermálních buněk (Gosling, 2004). Lastury perlorodek říčních jsou ledvinovitého až protáhlého tvaru a jsou poměrně těžké. Nejstarší část lastury se nazývá vrchol (*umbo*). Lastury jsou v horní (hřbetní) části spojeny pružným kolagenním vazem, zvaným ligament. Lastury drží pohromadě svaly a jejich kontrakcí se lastury zavírají (Gosling, 2015). Na hřbetní straně lastur je uvnitř systém lišt a prohlubní, tzv. zubů. Na pravé lastuře je jeden zub, na levé dva zuby. Všechny zuby jsou tupě kuželovité a zapadají do sebe, čímž tvoří tzv. zámek (Smrž, 2013). Lastury rostou po obvodu od okraje pláště. Vápník pro růst lastury získává z potravy a z vody (Hawkins a Hilbish., 1992).

Lastura se skládá ze tří vrstev. Nejsvrchnější vrstva schránky je slabá epidermis (Pfleger, 1988), která se nazývá periostracum neboli konchiolinová vrstva (Smrž, 2013). Periostracum je tvořeno konchiolinem a chrání anorganické vrstvy pod ním před abrazí a chemickým poškozením (Smrž, 2013). Periostracum bývá zbarveno u juvenilních jedinců do tmavohnědá, u adultních je až černé a jsou na něm vidět tzv. přírůstkové čáry (linie), které jsou nepravidelné (Pfleger, 1988). Periostracum se skládá ze tří vrstev. Vnější a střední vrstvy jsou tvořeny

periostraciálními drážkami. Vnitřní vrstva je vylučována plášt'ovým epitelem. Střední vrstva periostraca je zodpovědná za sekreci vnější vrstvy lastury přes procesy vakuolizace a tvorby dutiny. Podobné procesy vytvářejí perleťovou vrstvu z vnitřního periostraca (Checa, 2000). Druhá vrstva schránky se nazývá ostracum neboli prizmatická vrstva. Ostracum se skládá z uhlíčitanu vápenatého v modifikaci aragonitu nebo kalcitu. Třetí, vnitřní vrstva je tzv. hypostracum neboli perleťová vrstva. Tato tenká vrstva se opět skládá z modifikací vápence, ale tentokrát v destičkové formě (Smrž, 2013).

2.6 Lastura jako zdroj informací

Z lastur lze zjistit historii vývoje populace na daném území, její rodokmen, genetický drift a inbreeding. Dalším využitím je i studium genetických parametrů mezi populacemi a výzkum předchozí a současné úrovně toku genů, migrace, hybridizace a genetické diferenciace. Tyto analýzy umožňují pochopit evoluční a fylogenetické procesy (Geist a Kuehn, 2005).

Dále lze z lastur perlorodek stanovit změny životních podmínek. Lastury jsou pevné a nepropustné a zachytávají prvky z okolního prostředí (až 41 stopových prvků). Lze tedy zpětně určit chemismus vod, které perlorodky obývají (Mutvei a Westermarck, 2001). Lze dokonce určit věk či přírůstky jedinců podle (1) přírůstkových linií na lastuře, (2) přírůstkových linií na ligamentu, (3) izotopů kyslíku a uhlíku (4) množství lipofuchsinu pomocí fluorescenčního barviva (5) distribuce četnosti délek (LFDs). Pro určení věku lze využít i různé druhy značení živých jedinců (značky či zářezy) (Herrmann a kol., 2009). Na základě věku lastury a její délky lze použitím modelů růstu zjistit rychlost růstu, což je důležité například při porovnávání životaschopnosti různých populací perlorodek.

Přírůstkové linie na lastuře či na řezu ligamentu nás informují (podobně jako linie na rybích šupinách či letokruhy dřevin) o rychlosti růstu a věku sladkovodních mlžů (Negus, 1966; Richardson, 1989). Stáří perlorodky říční lze určit podle přírůstkových linií z lastury, kde jsou viditelné linie růstu nebo liniemi na vnějším plášti nebo pomocí řezu ligamentem. Nedávné studie ukazují, že přírůstkové linie nemusí vždy ukazovat přesný věk mlže (Kesler a Downing, 1997). Stresem (např. nedostatkem potravy) vznikají na lastuře linie tzv. pseudoannuly neboli falešné

anully, které mohou věk mlžů zkreslit (Nevez a Moyer., 1988). Čím je lastura mladší, tím jsou růstové linie na vnějším povrchu lastury lépe vidět. Navíc růstové linie u mlžů, žijících v pomalu tekoucích vodách, jsou více vidět a vyznačují se pravidelnými rozestupy a odlišnostmi. U mlžů žijících v proudu jsou růstové linie méně výrazné (Brown a kol., 1938). Na lastuře a ligamentu se střídá světlejší a tmavší část. Střídání těchto linií je zapříčiněno odlišnou rychlostí přírůstku během roku, kdy jedinec roste rychleji od května do listopadu a během zimy se růst zpomaluje (Dunca a kol., 2005). Metoda přírůstkových linií je nespolehlivá u lastur během prvního roku života a u starých jedinců, u kterých jsou linie poblíž okraje blízko sebe a nelze je od sebe jednoznačně odlišit.

Při určování stáří dle linií na lastuře je potřeba lastury očistit a vložit do epoxidové pryskyřice a rozřezat je podél osy maximálního růstu (od vrcholu po okraj lastury) diamantovou pilou na proužky. Tyto proužky se dále obroušují postupně brusným papírem o zrnitosti 2 000, 4 000, 8 000, 10 000 a 15 000 (Masu a kol., 2008). Pro obroušení se využívá i smirkový papír z karbidu křemíku (SiC) (MetPep P120, P100 a P1200). Proužky lastury se následně leští na magnetických rotačních destičkách diamantovou pastou. Poté se proužky dají pod světelný mikroskop, kde se počítají jednotlivé přírůstky (Laudien a kol., 2003, Fiori a Morsán, 2004).

Při stanovení věku dle izotopů kyslíku a uhlíku se měří stabilní izotopy kyslíku a uhlíku pomocí spektrometru. Poměr izotopů kyslíku závisí na složení vody a teplotě vody (Brey, 1997). Na lasturu se podobně jako u předchozí metody aplikuje rychleschnoucí epoxidová pryskyřice a poté se vyříznou proužky diamantovou pilou. Vyleští se smirkovým papírem o zrnitosti 800 a 1200, poté se použije karbid křemíku (SiC) a oxid hlinitý. Odebírají se dva vzorky. První se odebírá z linií, které odpovídají věku 1 – 5let, druhý se odebírá z linie dvacátého roku. Leštěný proužek se ponoří do Mutvei roztoku na dobu 20 min při teplotě 37 – 40°C. Poté se opláchne v demineralizované vodě a nechá oschnout (Schöne a kol., 2005). Poté se vzorky okyselí 100 % kyselinou fosforečnou (H₃PO₄), a tím se uvolní oxid uhličitý (CO₂) pro následné měření na spektrometru (Carré, 2005).

Další metoda pro určení věku je pomocí lipofuscinu, který je obsažen v živočišných tkáních (Bluhm a kol., 2001). Rychlost tvorby lipofuscinu závisí na spotřebě kyslíku, proto je jeho množství úměrné věku (Bluhm a Brey, 2001). Věk se odvozuje z růstových linií na lastuře, kdy se pod

odrážejícím světlem střídají neprůhledné a průhledné linie. Průhledné linie se tvořily v zimě a neprůhledné během jara a léta. Pro analýzu lipofuscinem se lastura rozřezává na tenké řezy (5 μm), které se vyhodnocují – pod fluorescenčním mikroskopem (Lomovasky a kol., 2002).

Pro analýzu přírůstků se používají značky na lastury – krylon bílý nátěr a poté krylon fluorescenční oranžová barva. Tato barva neovlivňuje organismy (Kesler a kol., 2007). Pro analýza přírůstků fluorescenční skvrnou se používá 5 % roztok alizarinové červeně (Miyaji, 2007), kalcin, fluorescein (Heilmayer, 2005), nebo stroncium (Riascos a kol., 2007, Fujikura, 2003). V minulosti se používal barevný inkoust (Geest, 2011). Při použití metody s fluorescenční barvou se na určitou lokalitu dodá PVC kruh s fluorescenční barvou. Po určité době se lastury dají do 35% roztoku peroxidu vodíku (H_2O_2) po dobu 24 hod, tím se odstraní periostracum (Geest, 2011). Lastury se následně oplachují vodou, vysouší a ukládají se do tmy, aby nedošlo k poklesu fluorescence (Wilson a kol., 2011). Poté se lastura řeže na proužky diamantovou pilou, leští se pomocí diamantové pasty a zkoumá se pod mikroskopem. Fluorescenční barvy vytváří pod UV světlem jasně zelené linie. Tato metoda pro výpočet věku a růstu je velice náročná (Geest, 2011). Při použití stroncia se lastury promývají v hexahydrátu chloridu strontnatého. Po vymytí se lastury vysouší při 60 °C po dobu 24 hodin. Dále se provede příčný řez lastury po nejdelší ose lastury. Tento řez se řeže napříč, čímž vznikne levá a pravá část. Po zalití řezu metakrylátem se lastura obrousí na 200 μm tloušťky. Na lastuře se pak počítají pod řádkovacím elektronovým mikroskopem světlé pruhy vytvořené stronciem. Tato metoda se používá pro zjištění přírůstků menších než 10 μm (Fujikura, 2003), tj. pro měření denního růstu.

Metoda LFDs (z anglického length frequency distribution, neboli distribuce četnosti délek) vychází z měření délky lastur a používá různé modely růstu. Optimální délka doby výzkumu je půl roku, přičemž by mělo být naměřeno více než 1 500 náhodně vybraných jedinců na dané lokalitě (Pauly, 1987). U analýzy přírůstků s použitím značek se jednotlivé lastury označí kódem na periostracu a změní se morfologické parametry. Nasbíraná data jsou rozdělena do velikostních tříd a zobrazena ve formě histogramu (Cerrato, 1980). Kritériem rozdělení do tříd je vztah mezi délkou a hmotností lastury (Garcia-Rodríguez a Esteban, 1998). Jednotlivé výpočty jsou provedeny počítačovým programem FISAT. Tam, kde studie

probíhala pouze v sezóně, je malá variabilita v rychlosti růstu (Cerrato, 1980). Pro každou velikostní třídu se vynáší růstový model. Nejjednodušším modelem je exponenciální model: $L_t = a \cdot t^b$, kde L_t je délka lastury v daném čase; t je věk lastury v letech; a , b jsou konstanty. Druhý model představuje standardní logistickou rovnici $L_t = a \cdot \ln(t) + b$, kdy a , b jsou logistické parametry. Příkladem logistické růstové křivky je model von Bertalanffyho (von Bertalanffy, 1938): $L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$, kdy L_∞ je teoretická maximální délka, k je koeficient růstu a t_0 je teoretický věk (Hastie a kol., 2000). Výhodou těchto modelů je, že měření růstu populace nikterak neohrožuje ani jednotlivé populace perlorodek ani jejich biotop. Přesnost analýzy je však dána kvalitou naměřených dat. LFD analýza se využívá pro stanovení sezonního růstu lastur perlorodek. Kromě růstu lze touto metodou zjistit informace o úmrtnosti, imigraci a ekologických podmínkách (Richardson, 1989).

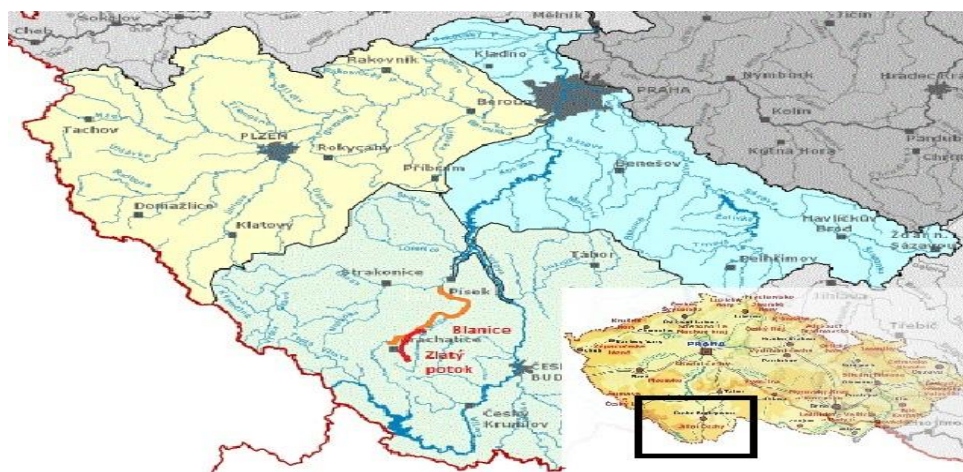
3. Metodika

3.1 Popis lokalit

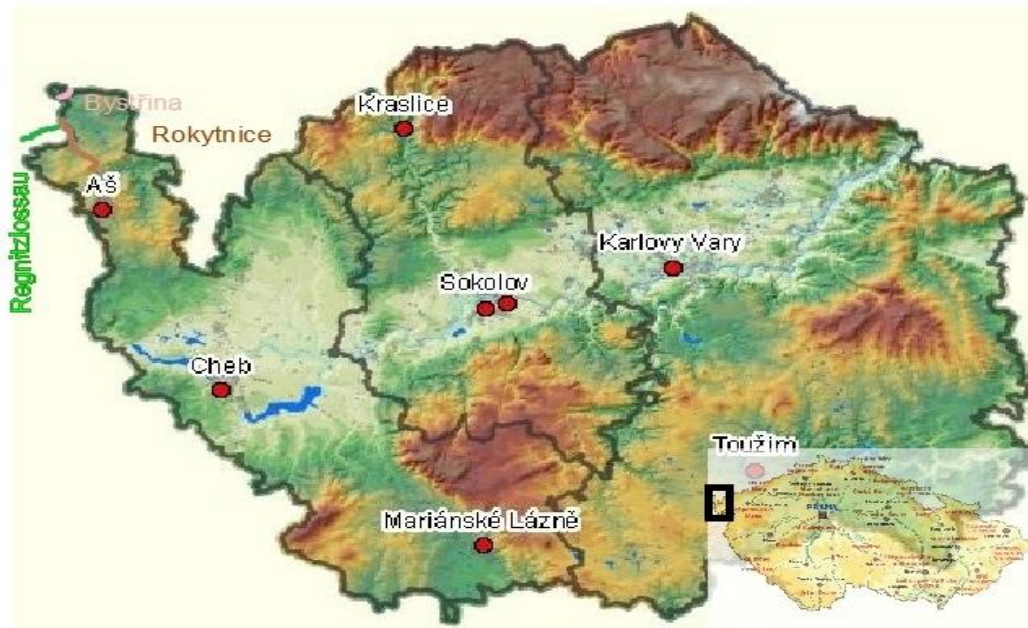
Lastury uhynulých perlorodek říčních (*Margaritifera margaritifera*) byly sbírány na čtyřech lokalitách, přičemž dvě lokality (Blanice a Zlatý potok) se nacházely v oblasti Šumavy (Obr. 3) a dvě lokality byly z oblasti Ašska, a sice na řece Bystřina a v bavorské části řeky Rokytnice v místě zvaném Regnitzlossau (Obr. 4). Sběry proběhly v letech 2011, 2012 a 2015. Celkem bylo zpracováno 80 lastur. Ze šumavských lokalit bylo celkově nasbíráno 19 lastur uhynulých perlorodek říčních a z ašských lokalit bylo nashromážděno 61 lastur perlorodek (Tab. 2).

Tab. 2: Počty uhynulých lastur perlorodky říční sebraných na jednotlivých lokalitách

oblast	lokalita	rok		
		2011	2012	2015
šumavská	Blanice	–	–	11
	Zlatý potok	8	–	–
ašská	Bystřina	–	–	10
	Rokytnice	7	34	10



Obr. 3: Místa sběru uhynulých perlorodek říčních na Šumavě (převzato z <http://www.zemepis.com> a <http://jana-kadlecova-2011-12.xf.cz/>).



Obr. 4: Místa sběru uhynulých perlorodek říčních v oblasti Ašska (převzato z <http://google.cz/search?q=oblast+a%C5%A1ska&rlz=1C1ASUT> a <http://jana-kadlecova-2011-12.xf.cz/>).

3.1.1 Šumavské lokality: Blanice a Zlatý potok

Uhynulé lastury perlorodky říční byly sbírány v řece Blanici a ve Zlatém potoce. Řeka Blanice je nejdelším přítokem řeky Otavy. Pramení ve výšce 972 m n. m. ve vojenském újezdu Boletice. Jejími většími přítoky jsou Puchéřský potok, Cikánský potok, Zlatý potok a Bílský potok. Životní podmínky perlorodky říční z hlediska potravy, teploty a kvality vody (zejména fosforu) jsou na této lokalitě spíše nepříznivé. Perlorodky se zde přirozeně nerozmnožují (AOPK, 2013). V roce 2009 nepřekročila teplota vody hodnotu 15° C, což je minimální teplota vody pro úspěšné rozmnožování perlorodek a vývoj glochidií (AOPK, 2013). Koncentrace dusičnanů lze považovat za vyhovující, s výjimkou lokality pod mostem Blažejovice, přítoků Tetřívčího potoka a Zbytinského potoka a dolního konce NPP Blanice. Zdrojem zvýšené hodnoty koncentrace dusičnanů jsou erodující přítoky z luk (Bílý a kol., 2010). Koncentrace fosforu je také zvýšená a představuje dlouhodobý problém. Nadbytek fosforu vede k nadměrnému množení rozsivek (*Diatomeae*, Dumortier, 1821), které nepříznivě působí na populaci perlorodky (AOPK, 2013).

Hodnoty vápníku na této lokalitě jsou v normě. Nicméně chemismus vody se v posledních letech výrazně zlepšil, díky dlouhodobým ochranným podmínkám národních přírodních památek a změnami v hospodaření na této lokalitě (AOPK, 2013).

Zlatý potok pramení v Libínské hornatině v nadmořské výšce 930 m n. m. Jde o nejdelší přítok řeky Blanice. Tento tok se vyznačuje meandrováním (AOPK, 2013). Je málo narušený díky dlouhodobým ochranným aktivitám, které vedly k omlazení populace perlorodky říční. Populace z Blanice a Zlatého potoka byly přímo propojeny, než byla vybudována vodní nádrž Husinec (Bryja a kol., 2010). Přirozená reprodukce dlouhodobě stagnuje. Důvodem stagnace populace je nízká teplota vody, která většinou nepřesahuje 15° C, dále vysoké hodnoty některých chemických parametrů a v neposlední řadě eroze. Úživnost toku je příznivá díky prameništím, kterých je větší množství než na ostatních potocích v povodí Blanice. Růst juvenilních perlorodek je ve Zlatém potoce pomalejší než na řece Blanici. Důvodem je nevhodný detrit pro juvenilní stádia perlorodek. Koncentrace dusičnanů v této řece je zvýšena, avšak v dlouhodobém měřítku je příznivá. Koncentrace fosforu jsou poměrně nízké. Koncentrace vápníku jsou nevyhovující (AOPK, 2013). Srovnání vybraných parametrů vody na jednotlivých lokalitách ukazuje Tab. 4.

3.1.2 Ašské lokality: Bystřina a Rokytnice

Uhynulé lastury perlorodky říční byly sbírány v řece Bystřině a řece Rokytnici. Větší část toku Bystřiny tvoří hranici mezi Českou republikou a Saskem. Bystřina je drobný tok s problematickým hydrologickým režimem. Řeka Bystřina pramení v 540 m n. m. Problémy jsou s nízkými průtoky, s nedostatečnou úživností prostředí pro juvenilní perlorodky a s chemismem vody. Výhodou tohoto toku je tvar koryta, které je mělké, ale zároveň dostatečně hluboké pro přežití perlorodky říční. Nicméně hrozí vyschnutí koryta, jak tomu bylo roku 2003. Teplota na tomto toku je pro perlorodku říční celkově příznivá, nicméně se pohybuje okolo spodní hranice 15° C (AOPK, 2013). Úživnost snižuje druhová skladba břehového porostu s dominancí chrastice rákosovité (*Phalaris arundinacea*). Chemismus vody není zcela vyhovující. Mnoho parametrů překračuje optimální limity. Bystřina se vyznačuje vysokými hodnotami dusičnanů a vápníku (Tab. 4) (AOPK, 2013).

Rokytnice pramení v 550 m n. m. na území České republiky u obce Studánka (Flasar, 1991). Tento tok se vlévá na území Bavorska do řeky Sály. Dno Rokytnice je kamenité až písčité. Teploty vody jsou pro vývoj juvenilní perlorodky říční vhodné. Průměrné teploty vody přesahují 16° C. Úživnost toku je však pro populaci perlorodek nedostačující. Koncentrace dusičnanů a fosforu jsou zvýšené, avšak lze je považovat ještě za vyhovující. Hodnoty vápníku jsou vyhovující pro život perlorodky říční. (Tab. 3). Rokytnice se jeví jako vyhovující úsek pro přežívání perlorodek z hlediska teploty i celkového chemismu vody. Je potřeba dbát na ochranu před znečištěním toku (AOPK, 2013).

Tab. 3: Vybrané parametry vody na lokalitách, kde byly sbírány uhynulé lastury perlorodky říční.

oblast	šumavská		ašská	
lokalita	Blanice	Zlatý potok	Bystřina	Rokytnice
parametry				
teplota [°C]	-	-	+	+
NO ₃ ⁻ [mg/l ⁻¹]	+	+	-	+
úživnost	-	+	-	-
vápník [mg/l ⁻¹]	+	-	-	+
fosfor	zvýšené	-	-	+

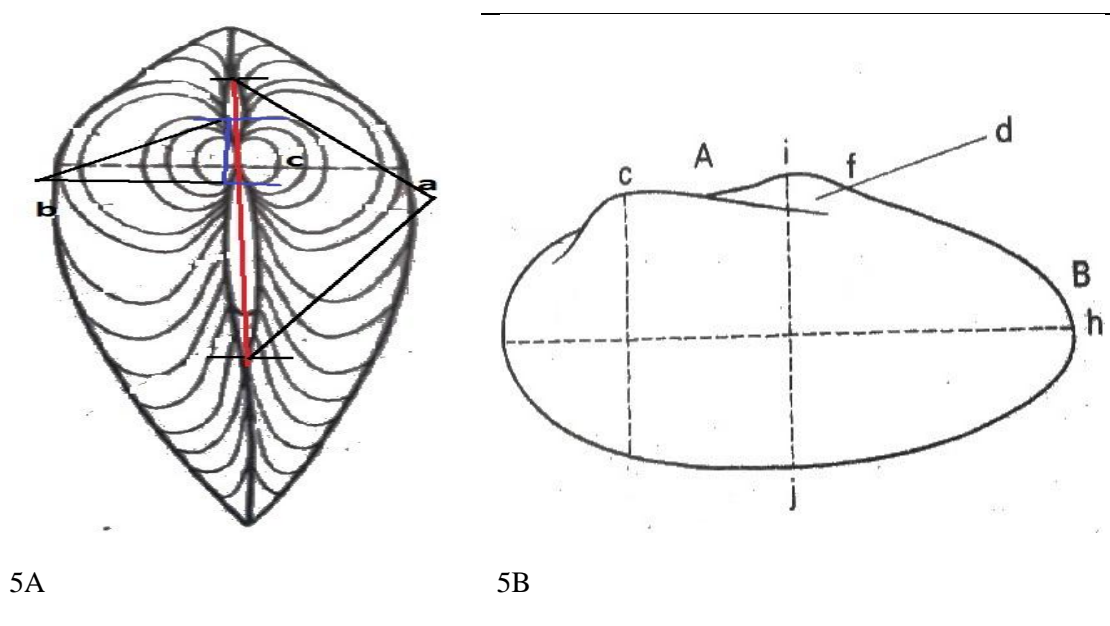
Vysvětlivky: +: vyhovující; -: nevhovující.

3.2 Zpracování lastur

Všechny lastury byly označeny a pomocí digitálního posuvného měřítka byly zjištěny následující morfologické parametry: celková délka, výška a tloušťka lastury a délka ligamentu a délka erodovaného ligamentu (Obr. 5A a 5B). Z parametrů o celkové délce a výšce lastury byl spočten index nadmutosti dle vzorce: $N = \frac{\text{Tloušťka}}{\text{Výška}} * 50$ [%] (Kolouch, 2003).

U uhynulých lastur z lokalit Rokytnice, Bystřina a Blanice sebraných v roce 2015 bylo určeno stáří perlorodek, a to dle přírůstkových linií na lastuře a na ligamentu. U lastur, které byly sesbírány dříve, byl většinou ligament výrazně narušený (seschlý a rozlámaný), tj. stáří se nedalo stanovit. Lastury byly po měření morfologických parametrů namočeny do vody po dobu 24 hodin. Obě poloviny

lastury byly od sebe odděleny tak, že v místě ligamentu byl skalpelem proveden lineární řez. Jedna polovina lastury byla umístěna pod binolupu Olympus SZX7, kde byly spočítány jednotlivé přírůstkové linie na ligamentu, které určují věk perlorodky (Obr. 6). Poté byla jedna polovina každé lastury ponořena do 50 % roztoku hydroxidu sodného. Tento roztok společně s mechanickým očištěním (kartáčkem), umožnil odstranit svrchní vrstvu, pod kterou jsou viditelné přírůstkové linie (Obr. 7). U takto očištěné lastury byly pod binolupou Olympus SZX7 spočítány a vyfoceny (Canon E05 1100D) jednotlivé linie na svrchní straně lastury (Obr. 7). Do odhadu věku nebyly připočteny linie, které by náležely do erodované části ligamentu či zkorodovaného vrcholu lastur



Obr 5A a 5B: Morfologické parametry měřené u jednotlivých lastur uhynulých perlorodek říčních. a – zachovalý ligament, b – erodovaný ligament, c – tloušťka, g – h – délka; i – j – výška. Převzato z: Pfleger, (1988).



Obr 6.: Řez ligamentu – přírůstkové linie.
Zvětšení 40x10. (Půbalová, 2016).



Obr. 7: Očištěná svrchní strana lastury
s viditelnými přírůstkovými liniemi.
(Půbalová, 2016)

3.3 Statistické vyhodnocení

Data byla vyhodnocena v programu Statistica (Statistica 10.0.). Normální rozdělení dat bylo testováno testem Kolmogorov – Smirnov. Levenovým testem byla ověřena homogenita dat. Rozdílnost jednotlivých parametrů mezi jednotlivými oblastmi a stanovení věku dle přírůstkových linií na ligamentu a na lastuře byla testována neparametrickým Mann – Whitneyovým testem. Pro testování rozdílnosti jednotlivých lokalit byla k testování použita jednocestná ANOVA (u celkové délky lastur a délky zachovalého ligamentu) a následně Tukeyova metoda mnohonásobného porovnání anebo neparametrická metoda Kruskal – Wallisův test (u tloušťky a výšky lastury, indexu nadmutosti, délky erodovaného ligamentu, u stáří dle lastury a u stáří dle ligamentu). Párový t-test byl použit pro otestování odlišnosti věku stanoveného dle přírůstkových linií na lastuře a dle ligamentu. Pro popis závislosti (mezi celkovou délkou ligamentu a délky celého lastur, mezi celkovou délkou lastury a stářím určené dle ligamentu, mezi stářím dle ligamentu a celkovou délkou lastury, mezi stářím určené dle přírůstkových linií na lastuře a celkovou délkou lastury a mezi stářím určené dle ligamentu a procentem erodovaného ligamentu) byla zvolena lineární regrese. Daty celkové délky lastury a věku dle ligamentu v jednotlivých oblastech byly proloženy logaritmické křivky dle rovnice: $Lt = a \cdot \ln(t) + b$. Lt je celková délka lastury v čase t . Konstanta a je sklonem křivky a je

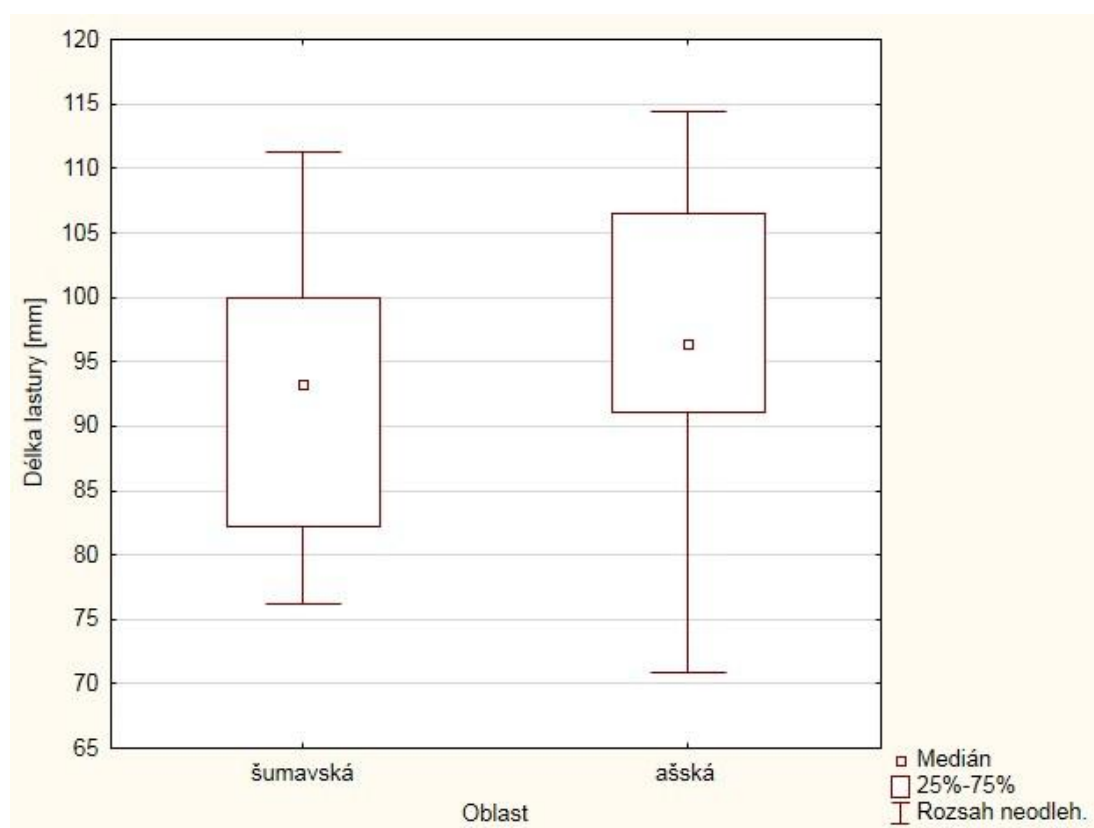
absolutní mírou růstu délky lastury. Pro otestování odlišnosti sklonů křivek mezi oběma oblastmi bylo použito testování homogenity sklonu (tzv. úplný model) (Statistika 10.0).

4. Výsledky

4.1. Morfologie lastur na ašských a šumavských lokalitách

4.1.1. Celková délka lastur

Celková délka lastur uhynulých perlorodek říčních se mezi ašskou a šumavskou oblastí nelišila ($U = 408,5$; $p = 0,08$) (Graf 1). Celková délka lastur uhynulých perlorodek říčních se mezi jednotlivými lokalitami nelišila $F(5,74) = 2,11$; $p = 0,07$. Průměrná celková délka lastury v ašské oblasti činila 97 mm ($n = 61$) a v šumavské oblasti 92 mm ($n = 19$). V řece Bystřině byly nalezeny celkově nejdelší lastury. Signifikantně se od sebe lišily v celkové délce jen uhynulé lastury z Bystřiny od lastur pocházející ze Zlatého potoka. Jak nejdelší tak nejkratší lastura perlorodky byla nalezena na lokalitě Rokytnice (Ašsko) (Tab. 4).



Graf 1: Porovnání celkové délky uhynulých lastur perlorodky říční mezi jednotlivými oblastmi.

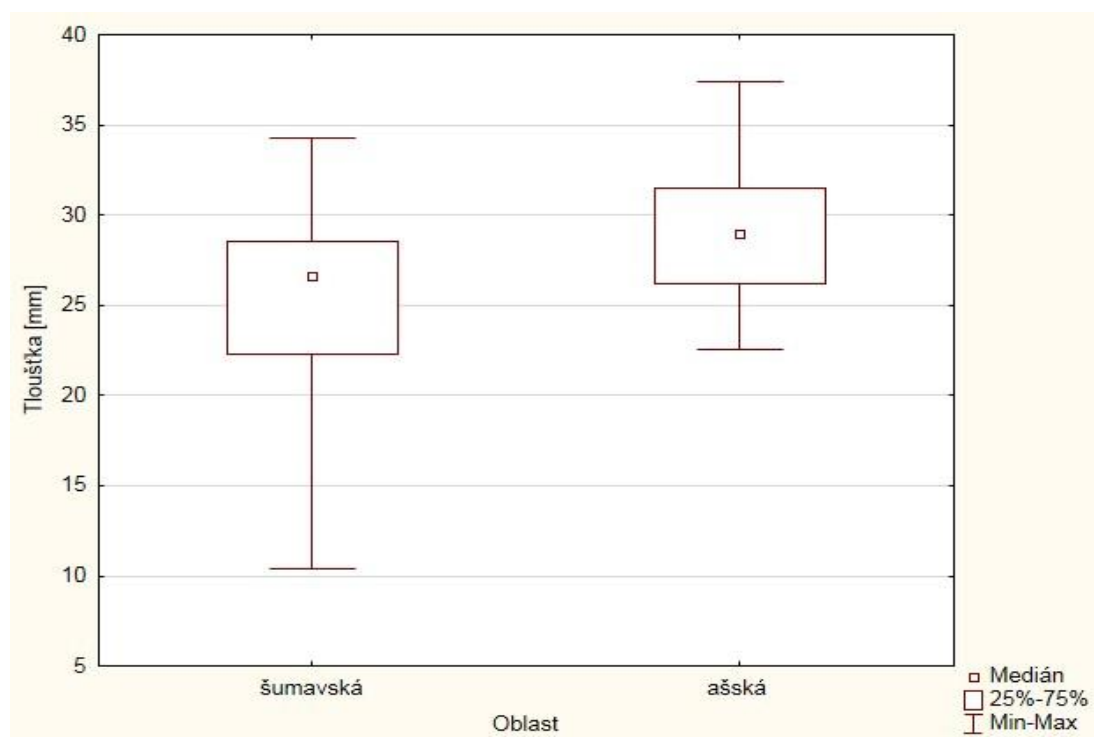
Tab. 4: Medián (příp. průměr ± S.D.), minimum, maximum, dolní a horní kvartil (čísla v závorkách) jednotlivých morfologických parametrů uhynulých lastur perlorodky říční na jednotlivých lokalitách.

oblast		ašská		šumavská	
lokalita		Bystřina n = 10	Rokytnice n = 51	Blanice n = 11	Zlatý potok n = 8
parametr					
celková délka [mm]	průměr ± S.D.	100 ± 6,2 ^a	96 ± 11,0 ^{a,b}	90 ± 8,8 ^{a,b}	95 ± 11,7 ^b
	minimum	91	71	76	78
	maximum	107	114	103	111
tloušťka [mm]	medián	31 ^a (29 – 33)	28 ^{a,b} (25 – 31)	27 ^b (26 – 28)	21 ^b (14 – 28) ^b
	minimum	29	23	22	10
	maximum	33	37	31	34
výška [mm]	medián	47 ^a (44 – 49)	44 ^{a,b,c} (39 – 49)	42 ^b (38 – 50)	38 ^c (30 – 44)
	minimum	40	34	38	26
	maximum	51	55	47	52
index nadmutosti [%]	medián	33 ^a (31 – 35)	32 ^a (31 – 33)	33 ^a (31 – 34)	27 ^a (23 – 33)
	minimum	30	25	29	20
	maximum	38	40	36	33

Vysvětlivky: Rozdílný horní index označuje lokality, které se mezi sebou průkazně lišily.

4.1.2. Tloušťka lastur

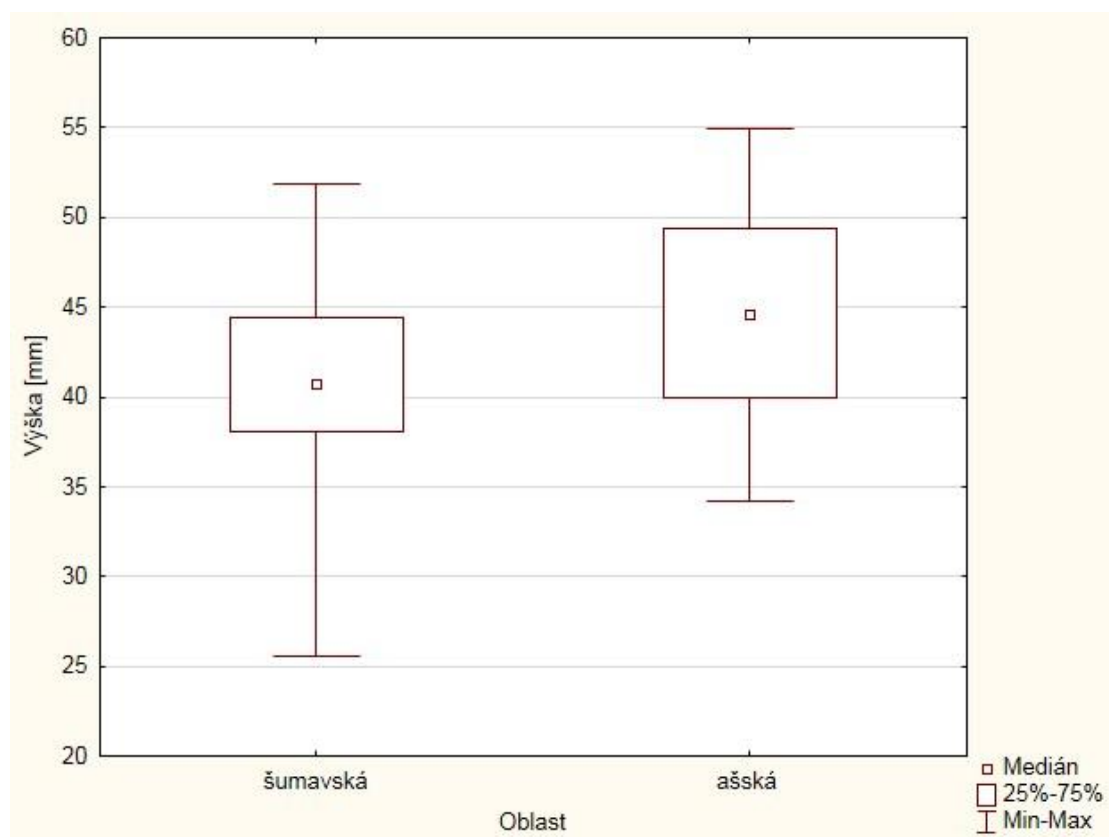
Tloušťka lastur uhynulých perlorodek se mezi ašskou oblastí a šumavskou oblastí statisticky průkazně lišila ($U = 358,5$; $p = 0,02$). Tloušťka lastur se lišila i mezi jednotlivými lokalitami ($H = 5; N = 80$) = 41,6; $p < 10^{-2}$). V ašské oblasti měly lastury větší tloušťku než lastury sebrané v šumavské oblasti (Graf 2). Průměrná tloušťka lastur ašské oblasti dosáhla 29 mm, zatímco na šumavských lokalitách činila průměrná hodnota jen 24 mm. Lastury s největší tloušťkou byly nalezeny v Bystřině, nicméně jejich tloušťka byla srovnatelná s tloušťkou lastur pocházejících z Rokytnice. Nejmenší tloušťku měly lastury z lokality Zlatý potok (Tab. 4).



Graf 2: Porovnání tloušťky uhynulých lastur perlorodky říční mezi jednotlivými oblastmi.

4.1.3. Výška lastur

Výška lastur uhynulých perlorodek se mezi ašskou a šumavskou oblastí nelišila ($U = 287,0$; $p = 0,22$) (Graf 3). Výška lastur se lišila mezi jednotlivými lokalitami ($H = 5$; $N = 80$) = $34,5$; $p = <10^{-2}$). Průměrná výška lastur z ašské oblasti činila 44 mm a srovnatelná hodnota tohoto parametru byla nalezena v šumavské oblasti (40 mm). Výška lastur pocházejících ze všech lokalit se až na lastury z Rokytnice od sebe statisticky průkazně lišila (Tab. 4).

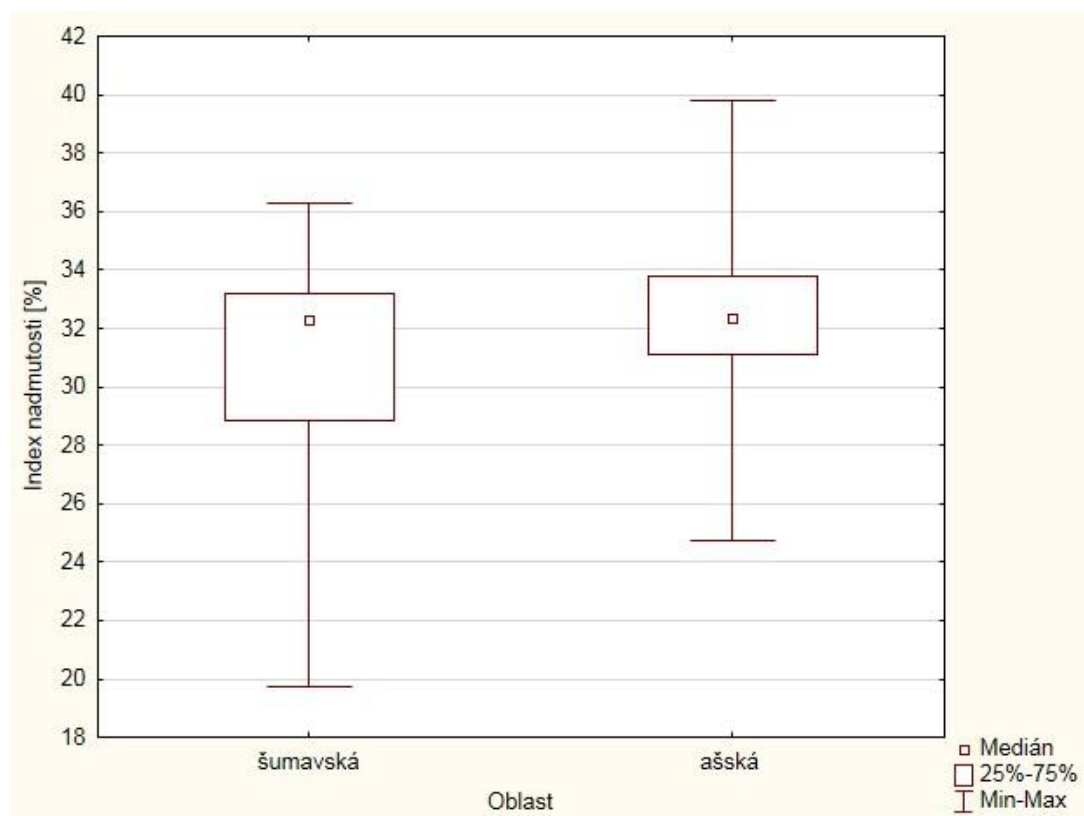


Graf 3: Porovnání výšky uhynulých lastur perlorodky říční mezi jednotlivými oblastmi.

4.1.4. Index nadmutosti lastur

Index nadmutosti perlorodek říčních se mezi ašskou a šumavskou oblastí nelišil ($U = 354,0$; $p = 0,80$) (Graf 4) a podobné to bylo i mezi jednotlivými lokalitami ($H = 5$; $N = 80$) = $9,4$; $p = 0,95$). Průměrná hodnota tohoto indexu v ašské

oblasti činila 33 % a srovnatelná byla jeho průměrná hodnota v šumavské oblasti (30 %). Největší variabilitu (rozdíl minimální a maximální hodnoty) indexu nadmutosti měly uhynulé lastury sebrané v řece Rokytnici (Tab. 4).



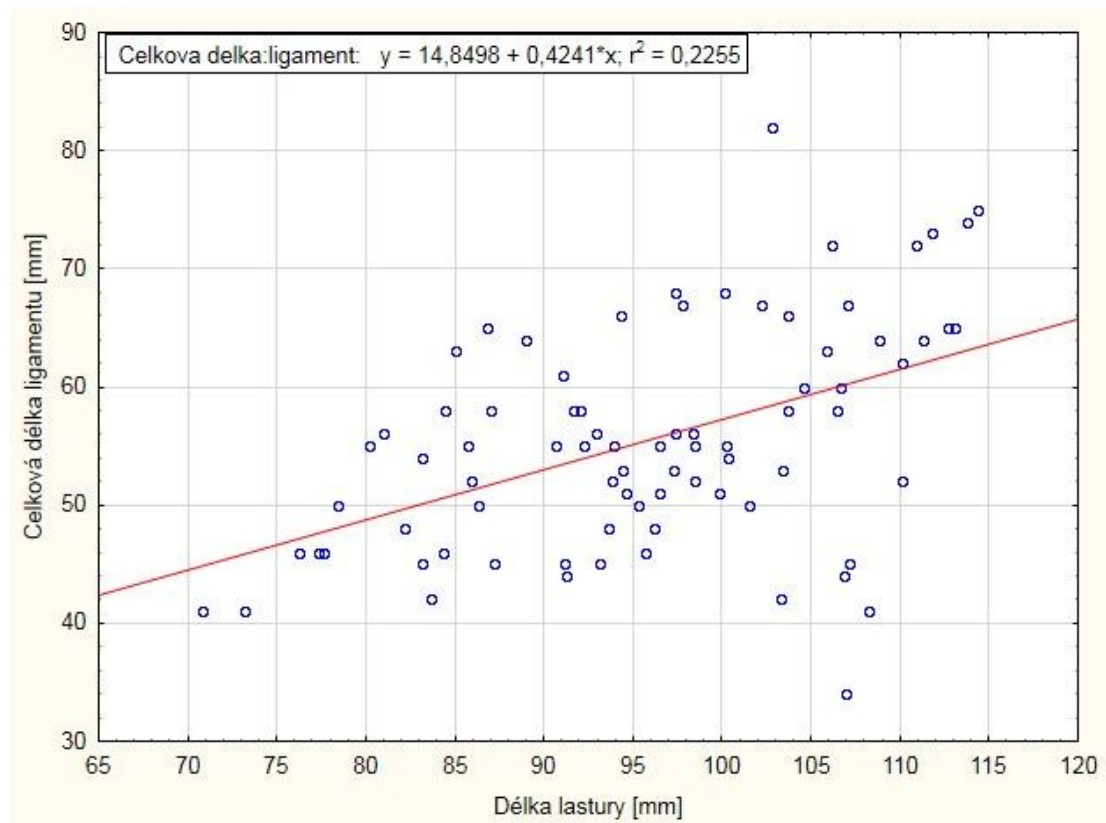
Graf 4: Porovnání indexu nadmutosti lastur perlorodky říční mezi jednotlivými oblastmi.

4.1.5. Celková délka ligamentu lastur a podíl erodovaného ligamentu

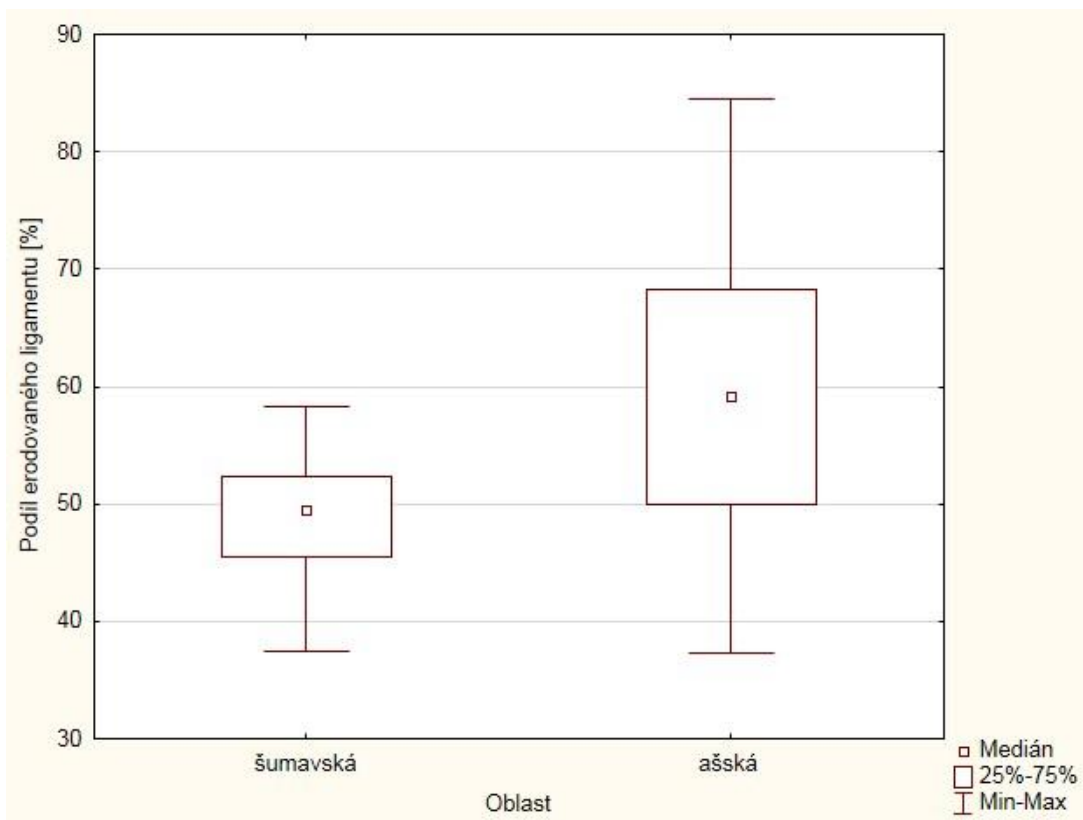
Celková délka ligamentu lastur uhynulých perlorodek říčních se mezi ašskou a šumavskou oblastí se nelišila ($U = 443,5$; $p < 0,05$), a ani se nelišila mezi jednotlivými lokalitami ($H = 5$; $N = 80$) = 12,3; $p = 0,06$). Nejdelší celková délka ligamentu byla nalezena na lokalitě Blanice, naopak nejkratší celková délka ligamentu byla zaznamenána na lokalitě Bystřina (Tab. 5). Čím byla lastura uhynulé perlorodky říční delší, tím byla větší i délka celého ligamentu (Graf 5).

Celková délka erodovaného ligamentu uhynulých lastur perlorodek říčních se mezi ašskou a šumavskou oblastí nelišila ($U = 265,5$; $p = 0,20$), ale lišila se mezi jednotlivými lokalitami ($H = 5$; $N = 80$) = 20,1; $p = 0,01$). Nejdelší erodovaný ligament byl nalezen na lokalitě Rokytnice, naopak nejkratší erodovaný ligament byl zaznamenán na lokalitě Zlatý potok (Tab. 5).

Ligament byl v průměru u uhynulých lastur perlorodek říčních pocházejících ze všech lokalit (z obou oblastí) erodován z 57 %. Procento erodovaného ligamentu se mezi ašskou a šumavskou oblastí lišilo ($U = 258$; $p < 10^{-2}$) resp. bylo vyšší u lastur pocházejících z ašské oblasti (Graf 6). Procento erodovaného ligamentu se také lišilo mezi jednotlivými lokalitami ($H = 5$; $N = 80$) = 21,8; $p = 0,0006$).



Graf 5: Vztah délky celého ligamentu a celkové délky lastury uhynulých perlorodek říčních z obou oblastí.



Graf 6: Podíl erodovaného ligamentu uhynulých lastur perlorodek říčních mezi jednotlivými oblastmi.

Tab. 5: Medián (příp. průměr ± S.D.), minimum, maximum, dolní a horní kvartil (čísla v závorkách) jednotlivých morfologických parametrů uhynulých lastur perlorodky říční na jednotlivých lokalitách.

oblast		ašská		šumavská		
lokalita		Bystřina n = 10	Rokytnice n = 51	Blanice n = 11	Zlatý potok n = 8	
parametr						
celková délka ligamentu [mm]	medián	51 ^a (41 – 67)	55 ^a (50 – 60)	60 ^a (49 – 69)	56 ^a (51 – 61)	
	minimum	28	41	46	50	
	maximum	67	75	82	65	
délka erodovaného ligamentu	absolutní [mm]	medián.	26 ^b (19 – 38)	23 ^{a,b} (15 – 28)	33 ^a (28 – 36)	28 ^c (26 – 30)
		minimum	30	25	29	20
		maximum	38	40	36	33
délka erodovaného ligamentu	relativní [%]	průměr ± S.D.	46 ^b (41 – 65)	47 ^{a,b} (55 – 70)	47 ^a (45 – 51)	50 ^c (48 – 53)
		minimum	37	38	37	45
		maximum	76	84	58	55

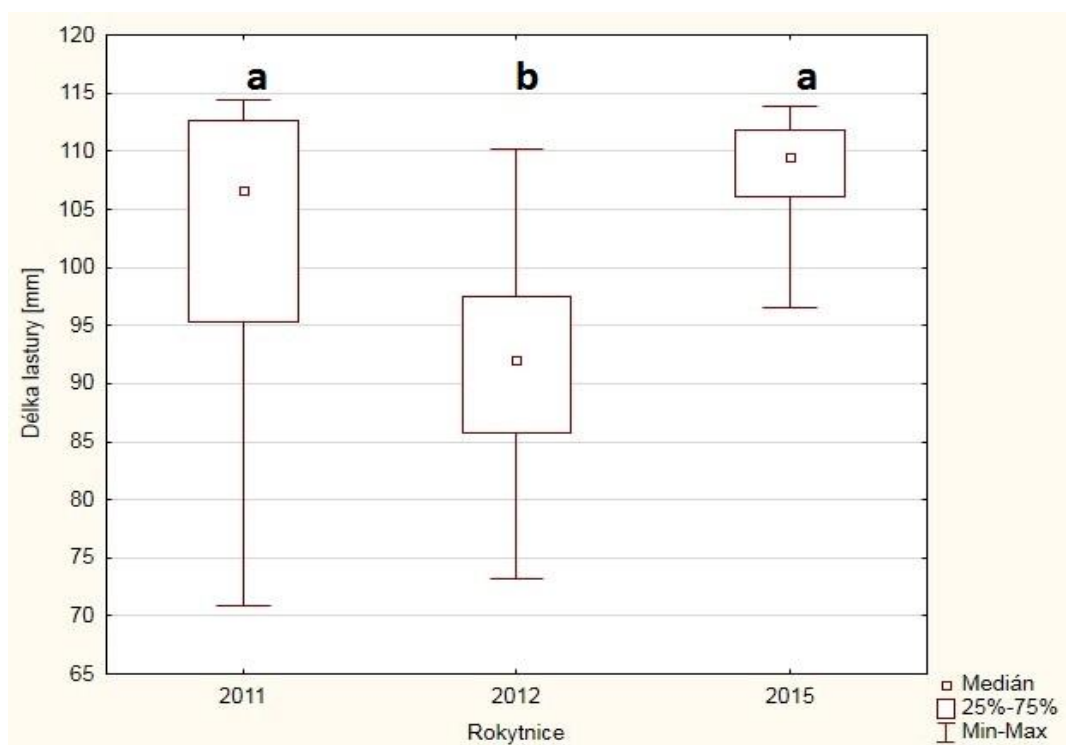
Vysvětlivky: Rozdílný horní index označuje lokality, které se mezi sebou průkazně lišily.

4.2. Časová variabilita morfologie lastur v Rokytnici (Ašsko)

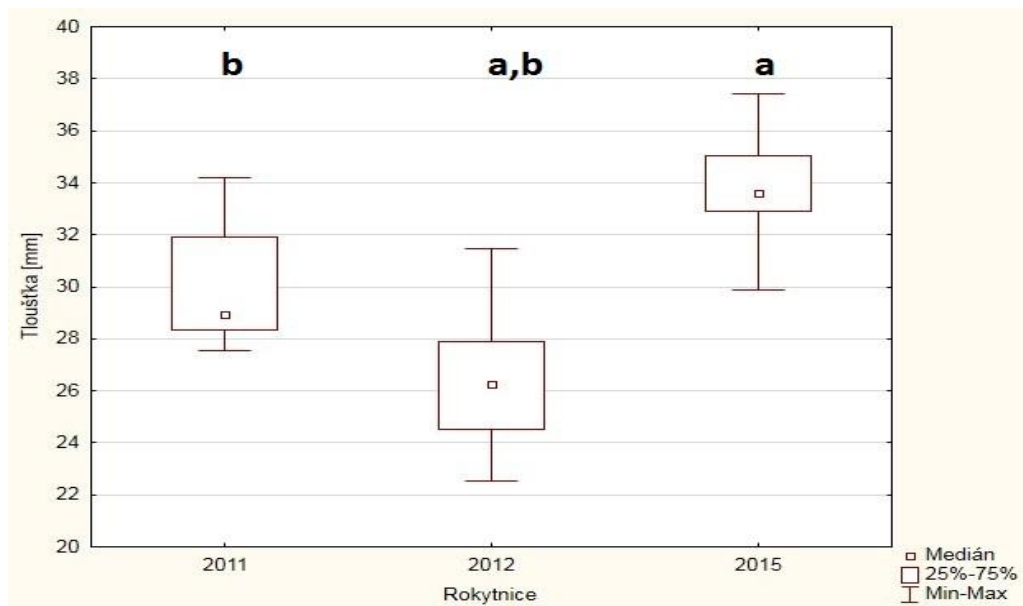
4.2.1. Celková délka, tloušťka a výška lastur a index nadmutosti

Celková délka ($H = 2; N = 51 = 19,7; p < 10^{-2}$), tloušťka ($H = 2; N = 50 = 26,6; p < 10^{-2}$) a výška uhynulých lastur ($H = 2; N = 50 = 23,6; p < 10^{-2}$) sebraných v řece Rokytnici se mezi jednotlivými roky lišila. Všechny sledované morfologické parametry byly nejvyšší v roce 2015

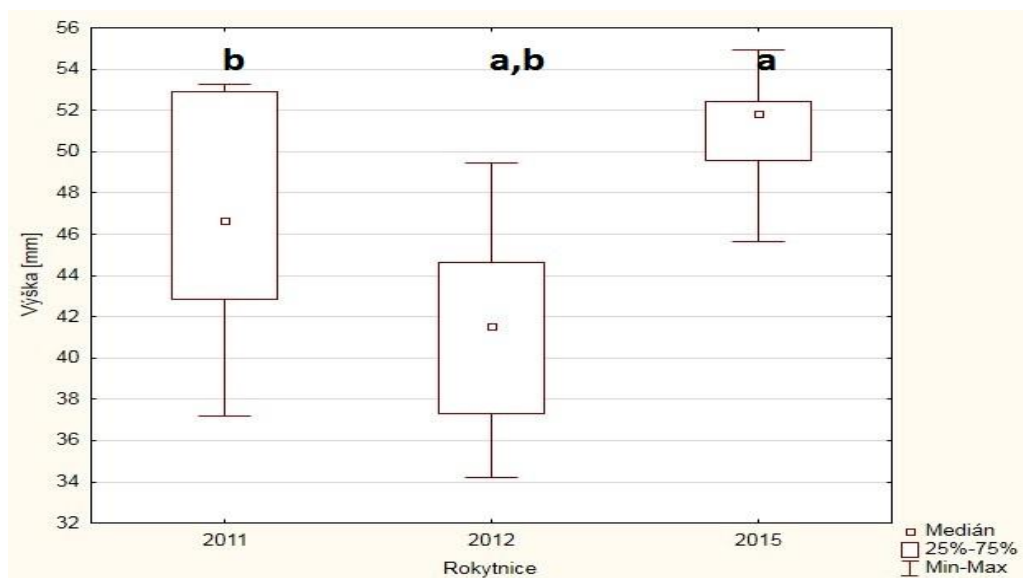
(Graf 7 – 9), ale většinou (u tloušťky a výšky lastury) se jeho hodnoty nelišily od těch zjištěných v roce 2012. Index nadmutosti se na Rokytnici mezi lety 2011, 2012 a 2015 nelišil ($H = 2; N = 49$) = 1,80; $p = 0,51$). Průměrná hodnota indexu nadmutosti byla 32%. Lastura s nejvyšším i nejnižším indexem nadmutosti byla nalezena v roce 2012.



Graf 7: Porovnání celkové délky uhynulých lastur perlorodky říční na Rokytnici mezi lety 2011, 2012 a 2015. Rozdílné indexy označují statisticky průkazné odlišnosti mezi jednotlivými roky.



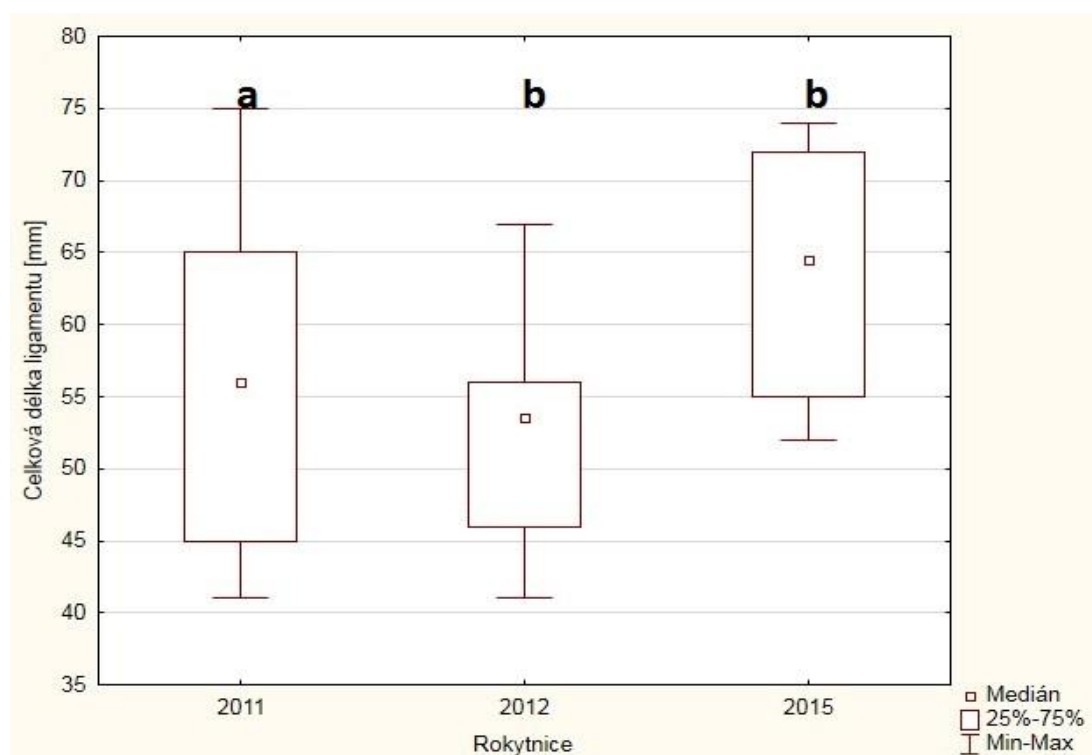
Graf 8: Porovnání tloušťky uhynulých lastur perlorodky říční na Rokytnici mezi lety 2011, 2012 a 2015. Rozdílné indexy označují statisticky průkazné odlišnosti mezi jednotlivými roky.



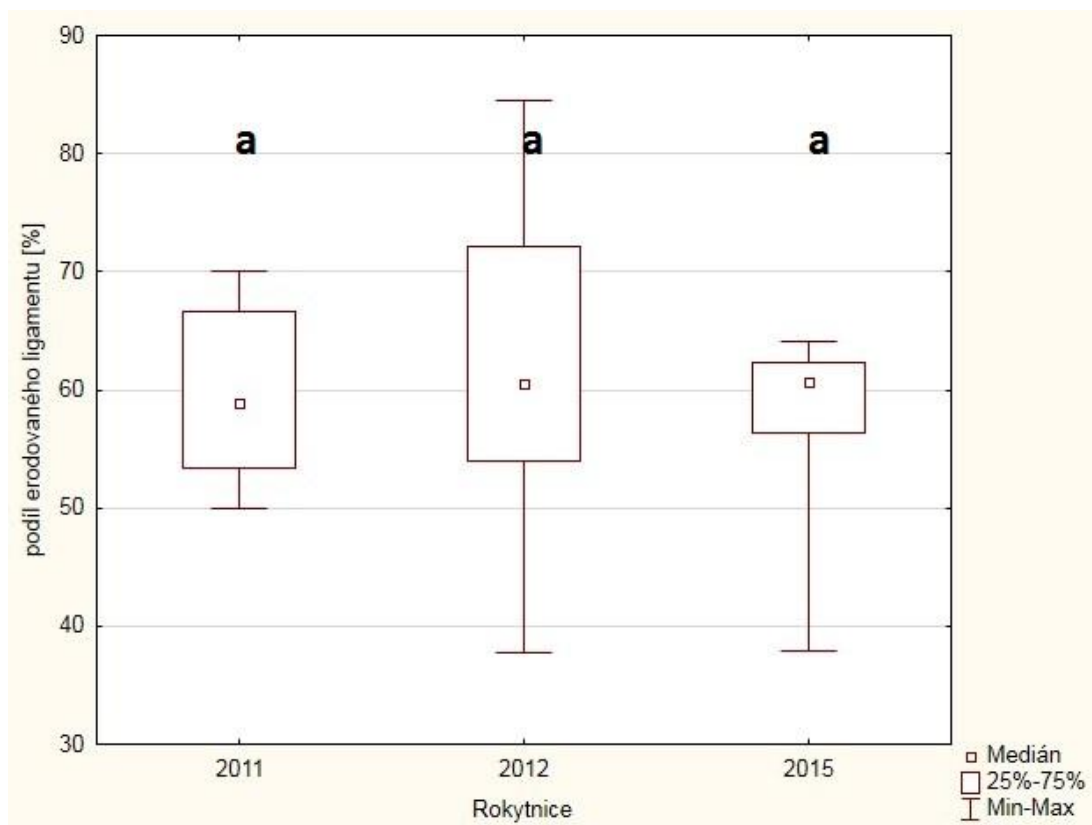
Graf 9: Porovnání výšky uhynulých lastur perlorodky říční na Rokytnici mezi lety 2011, 2012 a 2015. Rozdílné indexy označují statisticky průkazné odlišnosti mezi jednotlivými roky.

4.2.3. Celková délka ligamentu lastur a podíl erodovaného ligamentu

Celková délka ligamentu lastur se v jednotlivých letech lišila ($H = 2; N = 46 = 9,32; p = 0,01$). Rok 2011 se průkazně lišil od dvou ostatních let. Největší variabilita naměřených hodnot byla zjištěna v roce 2011 (Graf 10). Podíl erodovaného ligamentu se v jednotlivých letech na Rokytnici nelišil ($H = 2; N = 46 = 3,040; p = 0,22$) (Graf 11).



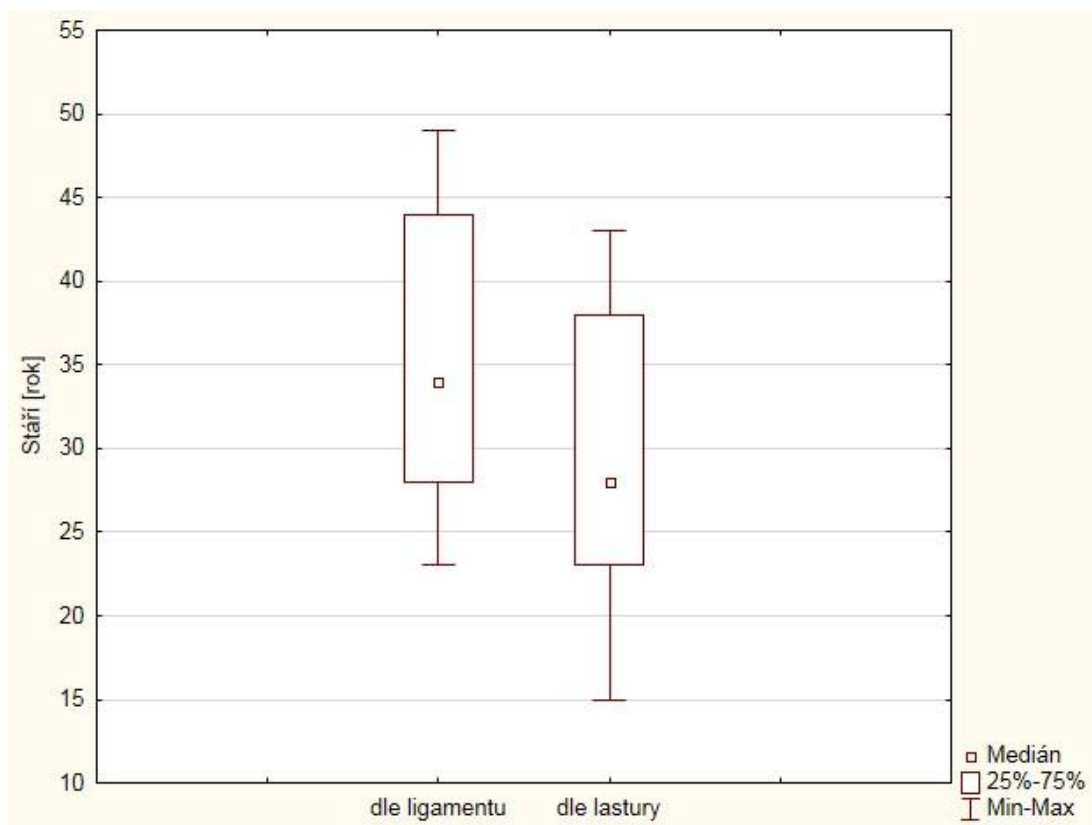
Graf 10: Porovnání celkové délky ligamentu na Rokytnici mezi lety 2011, 2012 a 2015. Rozdílné indexy označují statisticky průkazné odlišnosti mezi jednotlivými roky.



Graf 11: Porovnání podílu erodovaného ligamentu na Rokytnici mezi lety 2011, 2012 a 2015. Rozdílné indexy označují statisticky průkazné odlišnosti mezi jednotlivými roky.

4.3. Stáří perlorodek podle ligamentu a přírůstkových linií na lastuře

Odhad věku dle přírůstkových linií na ligamentu a na lastuře se mezi sebou statisticky průkazně lišilo ($Z = 4,8$; $p < 10^{-2}$). Věk stanovený dle přírůstkových linií na ligamentu byl vyšší než věk stanovený metodou přírůstkových linií na lastuře (Graf 12).

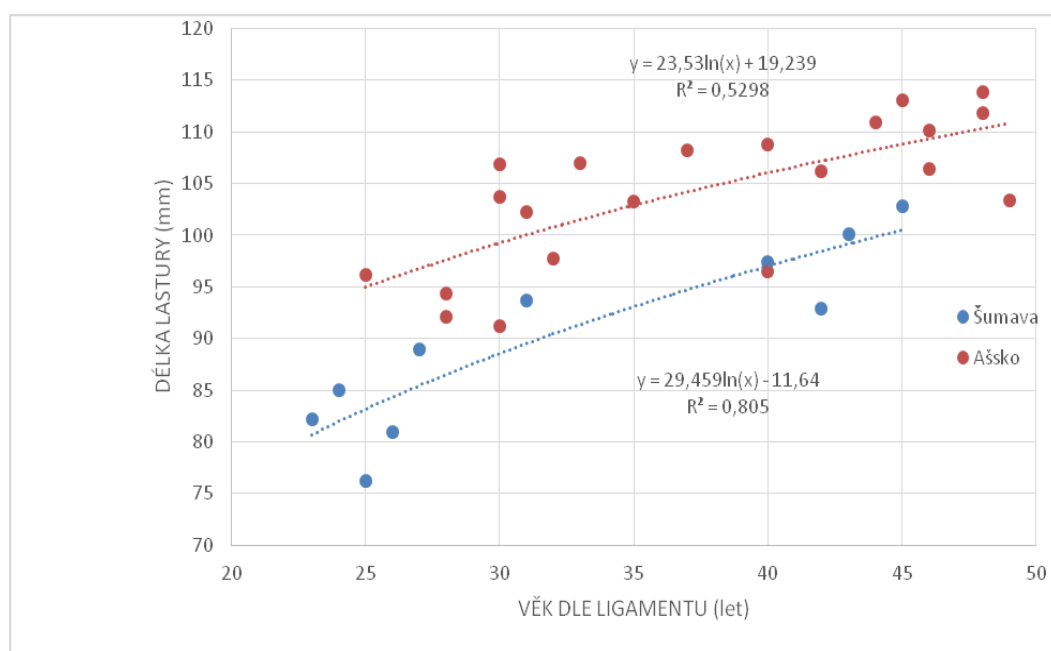


Graf 12: Porovnání určení stáří dle ligamentu a dle přírůstkových linií na lastuře.

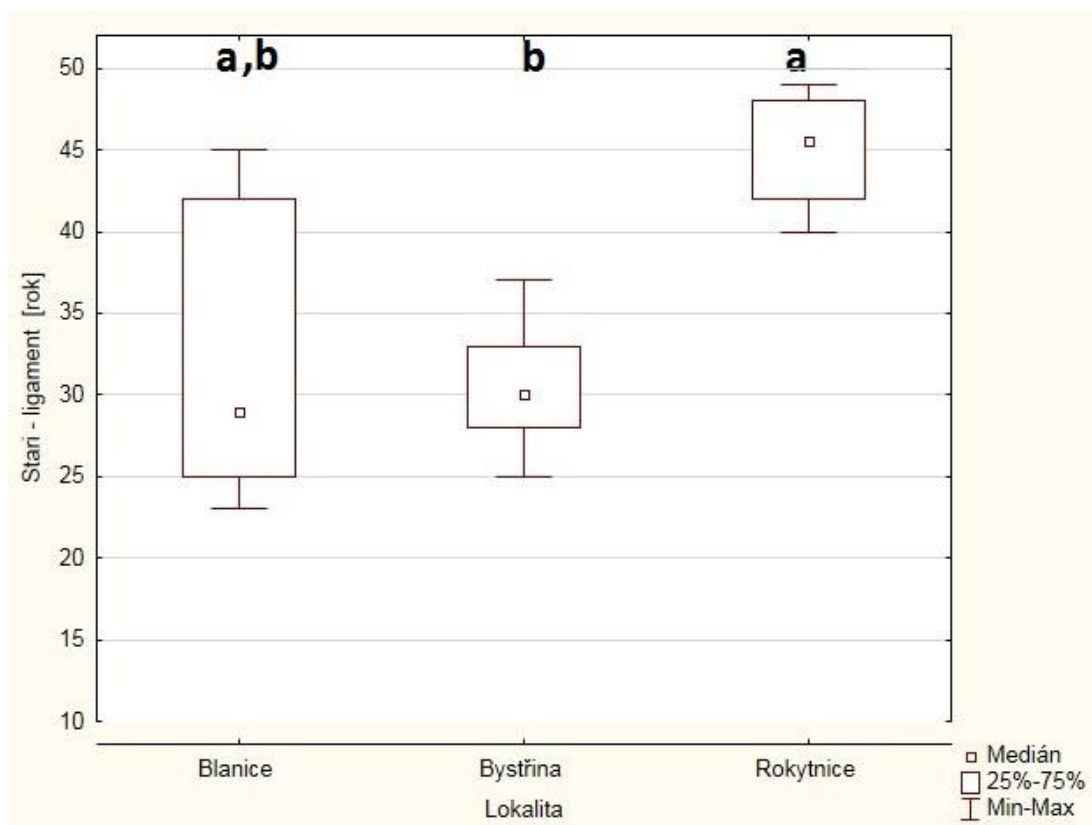
Stáří uhynulých perlorodek říčních, ať již určené podle ligamentu ($U = 53$; $p = 0,05$) či přírůstkových linií na lastuře ($U = 52$; $p = 0,05$) se v ašské oblasti nelišilo od šumavské oblasti (Tab. 6). Tento fakt je v souladu s tím, že sklony (směrnice) logaritmických křivek závislosti délky lastury uhynulých jedinců perlorodky říční na věku (dle ligamentu), tj. růstové křivky, se mezi jednotlivými oblastmi statisticky průkazně nelišily (Graf 13). Průměrné stáří perlorodek určené dle přírůstkových linií na ligamentu bylo 36 let či na povrchu lastury bylo 30 let. Stáří lastur (určený dle ligamentu) uhynulých perlorodek se mezi jednotlivými lokalitami lišilo ($H = 2$; $N = 31$) = 19,4; $p = 0,001$ (Graf 14). Na řece Rokytnici byly nalezeny nejstarší lastury uhynulých perlorodek říčních. Na řece Blanici byla největší věková variabilita. Nejstarší uhynulá lastura (věk dle ligamentu 49 let) byla nalezena na lokalitě Rokytnice. Naopak nejmladší uhynulá lastura (23 let dle ligamentu) byla nalezena na řece Blanici (Graf 14). Podobné výsledky platí i pro určení stáří dle přírůstkových linií na lastuře perlorodky říční (Tab. 6).

Tab 6: Mediány (čísla v závorkách: horní a dolní kvartil) stáří lastur perlorodky říční určené dle ligamentu a dle lastury v jednotlivých oblastech v roce 2015.

lokalita		ašská		šumavská
oblast		Bystřina (n = 11)	Rokytnice (n = 10)	Blanice (n = 10)
dle ligamentu	medián	30 (28 – 32) ^b	45 (42 – 48) ^a	29 (25 – 42) ^{a,b}
	minimum	25	40	23
	maximum	37	49	45
dle lastury	medián	26 (20 – 27) ^b	40 (38 – 40) ^a	25 (21 – 30) ^{a,b}
	minimum	15	34	21
	maximum	34	44	36

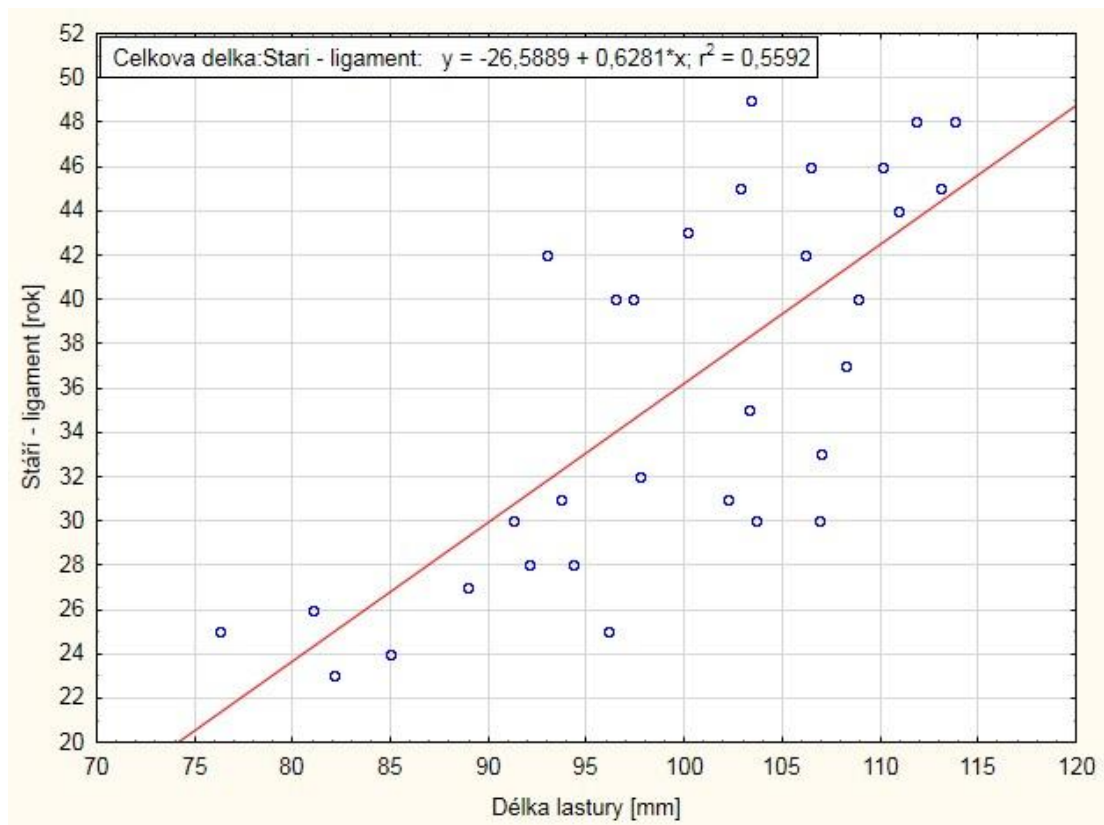


Graf 13: Vztah mezi celkovou délkou lastury a stářím lastury dle ligamentu.

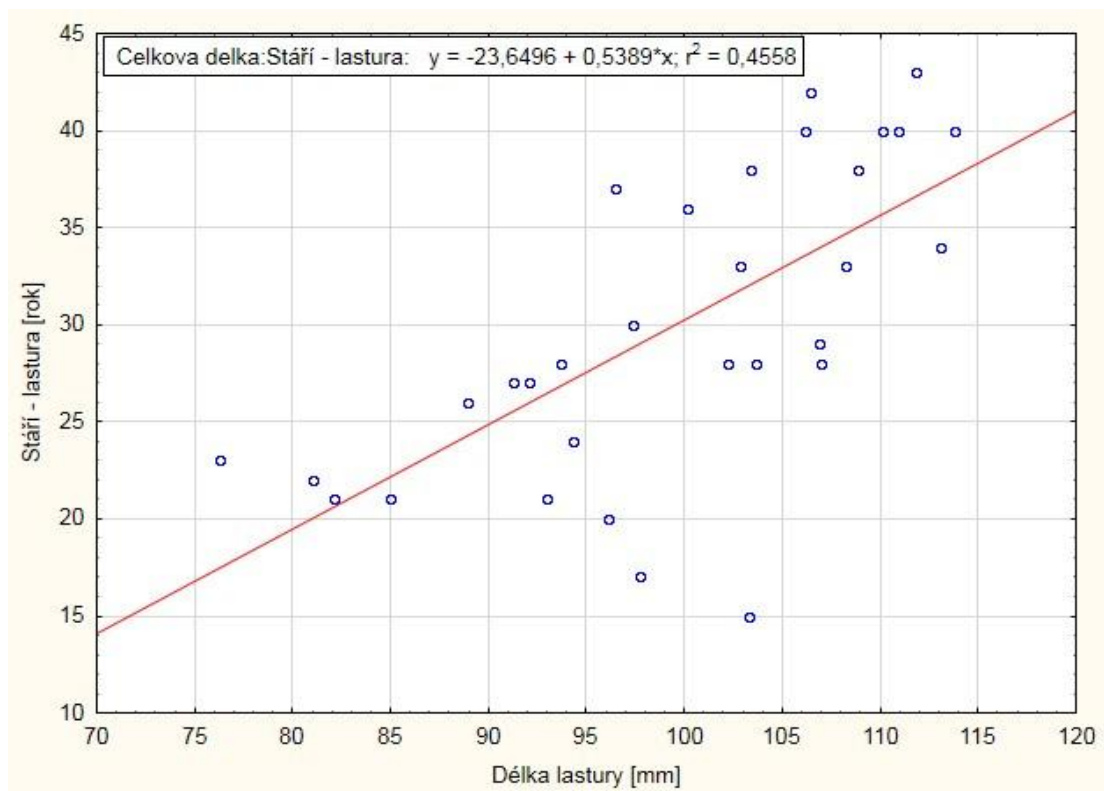


Graf 14: Stáří lastur dle stavu ligamentu uhynulých perlorodek říčních na jednotlivých lokalitách v roce 2015. Rozdílné indexy označují statisticky průkazné odlišnosti mezi jednotlivými lokalitami.

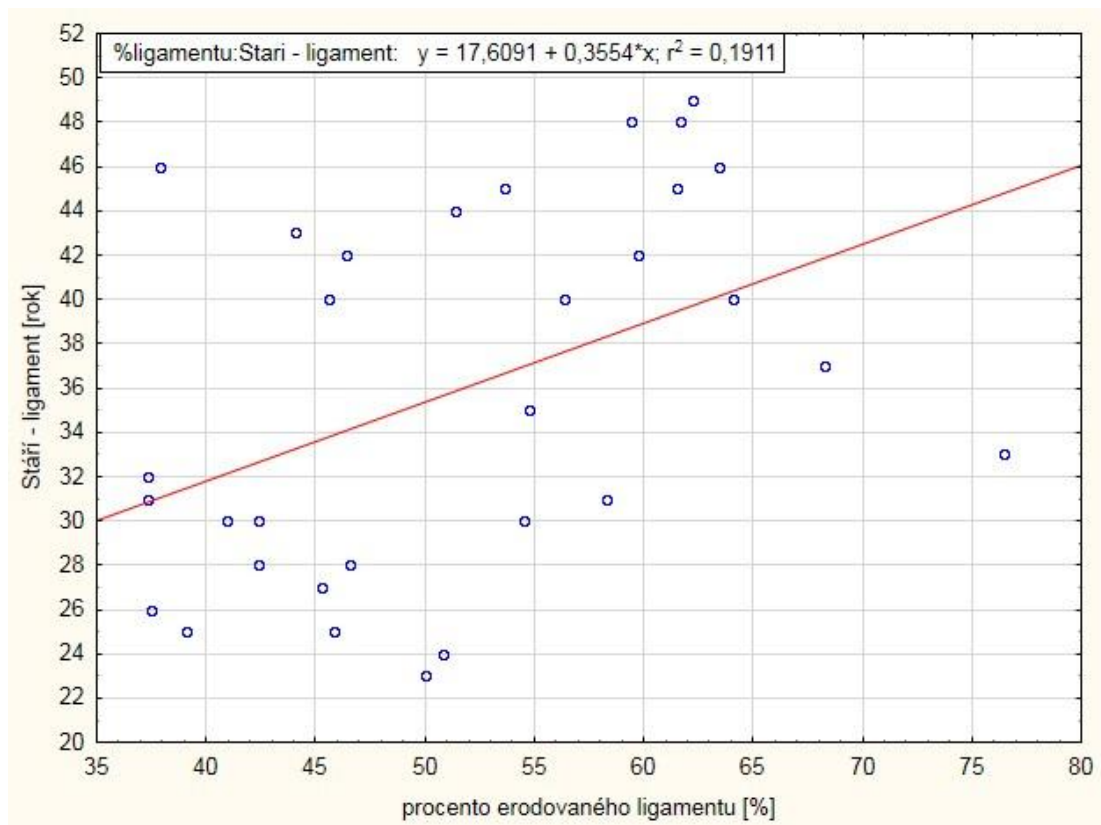
Nezávisle na lokalitě platilo, že čím byly lastury delší, tím byly starší. Délka lastury vysvětlovala zhruba 56 % variability věku učeného dle ligamentu a 46 % variability věku určeného dle přírůstkových linií na lastuře (Graf 15 a Graf 16). Zároveň stáří lastury bylo lépe korelováno s její celkovou délkou (Graf 15) než s procentem erodovaného ligamentu (Graf 17).



Graf 15: Vztah mezi stářím určeném dle ligamentu a celkovou délkou lastury.



Graf 16: Vztah mezi stářím přírůstkových linií na lastuře a celkovou délkou lastury.



Graf 17: Vztah mezi stářím určené dle ligamentu a procentem erodovaného ligamentu.

5. Diskuse

5.1. Morfologické parametry lastur

Většina lastur perlorodky říční (vždy více jak 85 % lastur) nalezených na sledovaných lokalitách v této práci měla celkovou délku v rozpětí (80 – 120 mm), které uvádí Bauer (1992) pro lastury perlorodek říčních pocházejících ze severního Španělska. V severozápadním Rusku byla nalezena nejdelší lastura perlorodky říční, a to 162 mm (Ziuganov a kol., 1994). Pro srovnání Beran (1998) uvádí, že délky lastur se mohou pohybovat v rozpětí 95 až 140 mm. Vzhledem k tomu, že šlo v rámci této práce o uhynulé lastury perlorodek říčních, nedosahovaly některé lastury minimální celkové délky (80 mm) uváděné Bauerem (1992). Na řece Rokytnici se během výzkumu, který proběhl v letech 2011, 2012 a 2015, postupně zvyšovala minimální délka lastur. Z toho lze na základě závislosti celkové délky lastury na věku vyvodit, že perlorodky hynuly ve vyšším věku, což lze vysvětlit zlepšením podmínek pro existenci druhu v tomto toku.

Beran (1998) uvádí, že tloušťka lastur perlorodky říční má rozpět 30 – 40 mm. Na sledovaných lokalitách ve většině případů tloušťka lastur odpovídala hodnotám, které uvádí Beran (1998). Tloušťka na některých lokalitách (Bystřina, Blanice, Rokytnice a Zlatý potok) byla nižší než uváděné rozpětí. Důvodem mohlo být podobně jako u délky lastur, že se jednalo o jedince, kteří zřejmě uhynuly z důvodu nepříznivých podmínek na lokalitách.

Dále Beran (1998) uvádí, že perlorodky říční dorůstají výšky 50 – 60 mm. Na sledovaných lokalitách ve většině případů výška neodpovídala rozpětí. Výška byla menší než uváděné rozpětí. Důvodem mohlo být podobně jako u předcházejících parametrů, že se jednalo o uhynulé jedince.

Pro sledované oblasti Ašska a Šumavy byly nasbírány různé počty lastur, tudíž jsem pro tyto dvě oblasti měla k dispozici různé počty dat, což mohlo do určité míry ovlivnit výsledky. V porovnání mezi oblastmi se v morfologických parametrech lišila pouze tloušťka, kde tlustší lastury byly naměřeny v oblasti Ašska.

Čím byla uhynulá lastura starší, tím měla větší procento erodovaného ligamentu, Věk lastury lépe koreloval s její délkou než s procentem erodovaného ligamentu, tzn., že obecně starší jsou lastury větší a podíl erodovaného ligamentu

vypovídá o věku méně. Jelikož byly měřeny lastury uhynulých perlorodek říčních, lze z nejvyšší hodnoty procenta erodovaného ligamentu (73 %) vyvodit, že ligament není nikdy erodován z více jak cca $\frac{3}{4}$ jeho celkové délky. Index nadmutosti, který udává poměr mezi tloušťkou a výškou lastury odpovídal rozpětí 26 -31%, které pro tento index uvádí Kolouch (2003).

5.2. Věk lastur

Do odhadu věku nebyly připočteny linie, které by náležely do erodované části ligamentu či zkorodovaného vrcholu lastur. Tyto linie vznikají na začátku života, kdy perlorodka říční roste rychleji než v pozdějším věku (Hastie a kol., 2003). Z toho vyplývá, že uváděný věk lze považovat za zčásti podhodnocený. Připočtením linií zkorodovaných částí na základě průměrného přepočtu délky a počtu linií z pozdějšího období života by naopak došlo k nadhodnocení věku.

Stáří lastur určené dle přírůstkových linií na ligamentu bylo vyšší než stáří určené dle přírůstkových linií na lastuře. Určení stáří dle ligamentu je přesnější, neboť na lastuře mohou jednotlivé přírůstkové linie splývat anebo vznikají pseudoannuly resp. falešné annuly, což může vést ke zkreslení stáří. Průměrný věk v oblasti Ašska byl určen dle ligamentu na 36 let a dle přírůstkových linií na lastuře na 30 let. V oblasti Šumavy byl průměrný věk určený dle ligamentu 33 let a dle lastury 26 let. V průměru se perlorodky říční na řece Blanici dožívaly dle ligamentu 32 let a dle lastury 29 let. Na řece Bystřině se průměrně perlorodky říční dožívaly dle ligamentu 31 let a dle přírůstkových linií 25 let. Na řece Rokytnici se perlorodky říční dožívaly 42 let (dle ligamentu) a 39 let (dle lastury).

Nejstarší perlorodka byla nalezená ve Švédsku a její stáří je odhadováno na 280 let (Degerman a kol., 2009). Helama a kol. (2008) tento věk nepovažují za prokázaný a za nejstarší perlorodku považují jedince starého 179 let. V severozápadním Rusku byla zaznamenána nejstarší perlorodka ve stáří 167 let (Ziuganov a kol., 1994). Průměrná délka života perlorodek se v našich podmínkách pohybuje kolem 50 až 80 let (AOPK, 2013). Odhad věku nejstarších lastur na sledovaných lokalitách se pohyboval mezi 37 lety (Bystřina) do 49 let (Blanice). Takto nízké hodnoty věku jsou pravděpodobně dány tím, že v této práci byly měřeny lastury jedinců, kteří uhynuly zřejmě z důvodu nevyhovujících podmínek na

lokalitách. Důvodem úhynu mohlo být nadměrné sucho během léta 2015 (řeka Bystřina), nevyhovující teplota, nevhodný chemismus vody nebo nedostatek potravy.

5.3. Délka lastur versus jejich věk

Sklon (směrnice) logaritmických křivek růstu se mezi jednotlivými lokalitami statisticky průkazně nelišily. Je však vidět určitá tendence, že na šumavských lokalitách hynou mladší jedinci, kteří rostou rychleji než na lokalitách v oblasti Ašska. Lastury naměřené na řece Blanici měly celkovou délku 76 – 103 mm a dosahovaly stáří mezi 21 – 45 let (dle ligamentu). Na lokalitě Bystřina byla zaznamenána celková délka mezi 91 – 107 mm a lastury dosahovaly 15 – 37 let (dle ligamentu). Na vybrané lokalitě Rokytнице se celková délka v roce 2015 pohybovala v rozmezí 96 – 113 mm a lastury dosahovaly 34 – 49 let (dle ligamentu). V literatuře lze najít jen údaje o růstu (délka lastury versus věk) perlorodky říční z chladnějších lokalit, kde bude růst ve srovnání s našimi zeměpisnými šířkami pravděpodobně pomalejší. Například Hastie a kol. (2000) uvádějí, že lastury perlorodky říční z lokalit ve Skotsku, které dosahují délky 105 mm, mohou být ve věku 26 až 73 let. Lastury dosahující délky 120 – 150 mm mohou dosahovat stáří 28 – 123 let (Hastie a kol., 2000). Duncan a kol. (2011) uvádí ve studii, která probíhala ve Švédsku, že perlorodka říční o délce 50 mm je téměř 20 let stará. Lastury o celkové délce 110 mm mohou být 30 – 190 let staré.

Růst je ovlivněn podmínkami prostředí (teplota vody, hydrochemie resp. úživnost prostředí a substrát), ve které se perlorodka říční vyskytuje a je také dán již zmíněnou zeměpisnou šířkou (Bauer, 1992). Teplejší vody zajišťují rychlejší růst perlorodky říční (Hastie a kol., 2000). V mezotrofním prostředí dospívají perlorodky dříve než v prostředí oligotrofním (Degerman a kol., 2009). Na měkkém substrátu perlorodky říční rostou rychleji. Dalším ovlivňujícím faktorem je i dědičnost, pohlaví jedince (samci jsou většinou větší než samice) či substrát (Degerman a kol., 2009).

5.4. Vyhodnocení lokalit dle věku uhynulých lastur

V Blanici a v Bystřině hynuly perlorodky mladší (průměr 32 let) než na řece Rokytnici. Z toho plyne, že na těchto dvou lokalitách nebyly vhodné podmínky pro přežívání perlorodek říčních. Důvodů bude zřejmě více, ale v řece Blanici jde především o nevyhovující chemické parametry vody. Na řece Bystřině je zase, pro život perlorodky říční, nevyhovující nízký průtok vody (AOPK, 2013). Řeka Rokytnice se tak podle získaných výsledků z této práce zdá jako nejvhodnější lokalita pro život perlorodky říční, ale je potřeba provést revitalizaci tohoto toku a spolupracovat na ochraně i se sousedním Německem. Na lokalitě Rokytnice lze pozitivně hodnotit ochranu a vhodný management, dokladem čehož jsou i vzrůstající hodnoty věku a délky lastur na této lokalitě při porovnání let 2011, 2012 a 2015.

6. Závěr

Lastury perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*) pocházely ze dvou oblastí a z celkem čtyř lokalit (ašská oblast: Bystřina a Rokytnice a šumavská oblast: Blanice a Zlatý potok). Celkem bylo sesbíráno 80 uhynulých lastur perlorodky říční. Byly změřeny základní morfologické parametry lastur (celková délka, výška a tloušťka) a dle přírůstkových linií na lasturách a ligamentu byl odhadnut věk uhynulých jedinců. Délka lastur se pohybovala v oblasti Ašska v rozpětí 70 – 114 mm a v oblasti Šumavy v rozpětí 77 – 111 mm. Výška lastur se pohybovala v oblasti Ašska v rozpětí 34 – 54 mm a v oblasti Šumavy v rozpětí 25 – 52 mm. Tloušťka lastur se pohybovala v oblasti Ašska v rozpětí 22 – 37 mm a v oblasti Šumavy v rozpětí 10 – 34 mm. Délka a výška lastur se mezi jednotlivými oblastmi nelišila, jen tloušťka lastur byla větší v ašské oblasti ve srovnání s lasturami pocházejícími z oblasti šumavské. Při srovnání jednotlivých lokalit se od sebe průkazně odlišovaly nejen tloušťky, ale i výšky lastur. Délkově byly lastury ze všech lokalit srovnatelné. Index nadmutosti (tloušťka lastury/délka lastury x 50) se mezi jednotlivými oblastmi (Ašsko: 33 % a Šumava: 30%) a lokalitami nelišil. Z toho vyplývá, že i přesto, že měly uhynulé lastury na Ašsku větší tloušťku než lastury z šumavských lokalit a ve výšce lastur se tyto oblasti nelišily, tak nebyly nadmutější. Ligament byl v průměru u uhynulých lastur perlorodek říčních pocházejících ze všech lokalit (z obou oblastí) erodovaný z 57 %. Při porovnání morfologických parametrů mezi jednotlivými roky na lokalitě Rokytnice (Ašsko) se všechny morfologické parametry lišily.

Odhad věku se lišil dle lastury a dle ligamentu. Vyšší hodnoty byly u určení stáří dle ligamentu a pravděpodobně jsou i přesnější než určení stáří dle lastury. Celkově nejstarší lastury v obou případech se nacházely na řece Rokytnici. Čím byla lastura starší, tím byla větší i celková délka lastury. Řeka Rokytnice se sice potýká s problémem úživnosti toku pro perlorodky, ale na základě vyhodnocení věku uhynulých lastur se ukázala ze sledovaných lokalit jako lokalita nejvhodnější. Je však potřeba dbát na ochranu před znečištěním toku.

7. Seznam použité literatury

Absolon K., Hruška J., 1999. Záchranný program Perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera* Linnaeus, 1758) v České republice. AOPK ČR, Praha, s. 27.

AOPK ČR, 2013. Záchranný program perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera* Linnaeus, 1758) v České republice. AOPK Praha, 77. s.

Bauer G., 1992. Variation in the life span and size of the freshwater pearl mussels. *Journal of Animal Ecology*, 61: 425 – 436.

Beran L., 1998. Vodní měkkýši. Metodika ČSOP č.17, Vlašim, 113 s.

Beran L., Juříčková L., Horsák M., 2005. Mollusca (Měkkýši) pp. 69 – 74. – In: Farkač J., Král D., Šorpík M., (eds.), Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. List of threatened species in the Czech Republic. Invertebrates. – AOPK ČR, Praha, 760 s.

Bernská úmluva, Úmluva o ochraně evropské fauny a flóry a přírodních stanovišť (Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats) [http://www.mzp.cz/web/edice.nsf/301CBCE5F8364E9EC1257242002021D1/\\$file/Bernska%20umluva.pdf](http://www.mzp.cz/web/edice.nsf/301CBCE5F8364E9EC1257242002021D1/$file/Bernska%20umluva.pdf) staženo dne 15.3. 2017.

Bílý M., Kladivová V., Douda K., Svobodová J., Simon O., 2010. Monitoring kvality vody na stěžejních lokalitách výskytu zvláště chráněných druhů organismů. Zpráva pro MŽP ČR. 59 s. (část dat týkajících se perlorodky říční zveřejněna na www.zachranneprogramy.cz) staženo dne 16.11. 2015.

Bluhm B. A., Brey T., 2001. Age determination in the Antarctic shrimp *Notocrangon antarcticus* (Crustacea, Decapoda), using the autofluorescent pigment lipofuscin. *Marine Biology*, 138(2): 247 – 257.

Bluhm B. A., Brey T., Klargers M., 2001. The autofluorescent age pigment lipofuscin: key to age, growth and productivity of the Antarctic amphipod *Waldeckia obesa* (Cherveux, 1905). *Journal Experimental Marine Biology and Ecology*, 258(2): 215 – 235.

Brey T., Mackensen A., 1997. Stable isotopes prove shell growth bands in the Lake Erie in relation to shoal exposure. *American Midland Naturalist Monograph*, 19: 682 – 701.

Brown C. J.D., Clarke C., Gleissner B., 1938. The size of certain naiades in western Lake Erie in relation to shoal exposure. *American Midland Naturalist*, 19: 682 – 701 s.

Bryja J., Patzenhauerová H., Mináriková T., Spisar O., Švanyga J., 2010. Genetická variabilita a struktura populací perlorodky říční v České republice a důsledky pro druhovou ochranu. In Tuf I., Kostkan, V. (eds.): Využití a výzkum v ochraně přírody, sborník abstraktů z konference uspořádané 14.-17. září 2010 v Olomouci, Tribun EU, Brno: 71 s.

Carré M., Bentaleb I., Blamart D., Ogle N., Cerdenas F., Zevallos S., Kalin M. R., Ortlieb L., Fontigne M., 2005. Stable isotopes and sclerochronology of the bivalve *Messoderma donacium*: potential application to Peruvian paleoceanographic reconstructions. *Paleogeography, Paleoclimatology, Palaeontology*, 228(1):4 – 25.

Cerrato R. M., 1980. Demographic analysis of bivalve populations. In: Skeletal Growth of Aquatic Organisms (eds D.C. Rhoads & R.A. Lutz). pp. 417–468. Plenum Press, New York.

Degerman E., Alexanderson S., Bergengren J., Henrikson L., Johansson B. E., Larsen B. M., Söderberg H., 2009. Restoration of freshwater pearl mussels streams. WWF, Sweden, Solna, 64 s.

Duncan E., Shōne B. R., Mutvei H., 2005. Freshwater bivalves tell of past climates: But how clearly do shells from polluted rivers speak?. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 228(1):43-57.

Duncan E., Söderberg H., Norrgrann O., 2011. Shell growth and age determinativ in the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* in Sweden: natural versus limed streams. *Ferantia* 64:48 – 58.

Dyk V., 1947. České perly (život, ochrana a národohospodářský význam perlorodek) Světem a přírodou, sv. VI, Jos. R.Vilímek Praha , 146. s.

Fiori S. M., Morsán E. M., 2004. Age and individual growth of *Mesoderma mactroides* (Bivalvia) in the southernmost range of its distributribution. *Journal of Marine Science*, 61:1253 – 1259.

Flasar I., 1991. Perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera* (L.) v Ašském výběžku (Eulamellibranchiata: Margaritiferidae) Sborník Okresního muzea v Mostě, Řada přírodovědná, 13 – 14:7 – 25.

Fujikura K., Okoshi K., Naganuma T., 2003. Strontium as a marker for estimation of microscopic growth rates in a bivalve. *Marine ecology progress series*, 257: 295 – 301.

García – Rodríguez M., Esteban A., 1998. Biometric relationships and growth of hake (*Merluccius merluccius* L.) from the Alicante Gulf. The Mediterranean Science Commission 35:434-435.

van der Geest M., van Gils J. A., van der Meer J., Olf H., Piersma T., 2011. Suitability of calcein as an *in situ* growth marker in burrowing bivalves. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 399(1): 1 – 7.

Geist J., 2010. Strategies for the conservation of endangered freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* L.): a synthesis of Conservation Genetics and Ecology. Hydrobiologia, 644(1):69-88.

Geist J., Auerswald K., 2007. Physicochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). Freshwater Biology, 52(12): 2299 – 2316.

Geist J., Kuehn R., 2005. Genetic diversity and differentiation of central European freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.) populations: implications for conservation and management. Molecular Ecology, 14(2): 425-439.

Gosling E., 2004. Bivalve Molluscs: Biology, Ecology and Culture. Wiley – Blackwell, 456. s.

Gosling E., 2015. Marine Bivalve Molluscs. Wiley – Blackwell. 537. s.

Graf D. L., Cummings K. S., 2007. Review of the systematics and global diversity of freshwater mussel species (Bivalvia: Unionoida). Journal of molluscan studies, 73(4): 291 – 314.

Hastie L. C., Young M. R., Boon P. J., 2000. Growth characteristics of freshwater pearl mussels, *Margaritifera margaritifera* (L.). *Freshwater Biology*, 43(2): 243 – 256.

Hastie L. C., Young M. R., 2003. Conservation of the freshwater pearl mussel 1. Captive breeding techniques. *Conserving Natura 2000 rivers conservation techniques series No. 2*, English nature, Peterborough.

Hawkins A. J. S., Hilbish T. J., 1992. The cost of cell volume regulation: protein metabolism during hyperosmotic adjustment. *Marine Biological Association of the United Kingdom*. 72:569 – 578.

Heilmayer O., Honnen C., Jacob U., 2005. Temperature effect on summer growth rates in the Antarctic scallop, *Adamussium colbecki*. *Polar Biol* 28(7):523 – 527.

Helama S., Valovirta I., 2008. The oldest recorded animal in Finland: Ontogenetic age and growth in *Margaritifera margaritifera* (L. 1758) based on internal shell increments. *Memoranda Societas pro Fauna et Flora Fennica*, 84(1): 20 – 30.

Herrmann M., Lepore M. L., Laudien J., Arntz W. E., Penchaszadeh P., E., 2009. Growth estimations of the Argentinean webbed clam *Donax hanleyanus*: A comparison between length – frequency distribution and size – increment analysis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 379(1): 8 – 15.

Checa A., 2000. A new model for periostracum and shell formation in Unionidae (Bivalvia, Mollusca). *Tissue and Cell*, 32(5):405 – 416.

Jirušková L., 2009. Rybářský management na lokalitách výskytu perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*). [Diplomová práce]. České Budějovice, Jihočeská univerzita, Fakulta rybářství a ochrany vod, Ústav akvaristiky a ochrany vod. 77 s.

Kesler D. H., Downing J. A., 1997. Internal shell annuli shed inaccurate growth estimates in the freshwater mussels, *Elliptio complanata* and *Lampsilis radiata*, *Freshwater Biology*, 37(2):325 – 332.

Kesler D. H., Newton T. J., Green L., 2007. Long – term monitoring of growth in the Eastern Elliptio, *Elliptio complanata* (Bivalvia: Unionidae), in Rhode Island: a transplant experiment. *Journal of the North American Benthological Society*. 26(1): 123 – 133.

Kolouch L. R., 2003. *Anodonta* (*Anodonta*) *anatina* (Mollusca: Bivalvia) z Pardubicka s netradičně velkými rozměry. *Malacologica Bohemoslovaca* (Československá slimač) 2:37 – 38.

Larsen B. M., 2006. Handlingsplan for elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Norge. *Innsøill til den faglige delen av handlingsplanen. NINA Rapport*, 122,33.

Laudien J., Brey T., Arntz W. E., 2003. Population structure, growth and production of the surf clam *Donax serra* (Bivalvia, Donacidae) on two Namibian sandy beaches. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58:105 – 115.

Lomovasky B. J., Morriconi E., Brey T., Calvo J., 2002. Individual age and connective tissue lipofuscin in the hard clam *Eurhomalea exalbida*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 276(1):83 – 94.

Másílko J., 2009. Ekologie perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera* L.) a vyhodnocení její úmrtnosti na lokalitách v České republice. [Diplomová práce]. České Budějovice, Jihočeská univerzita, Fakulta rybářství a ochrany vod, katedra rybářství a myslivosti. 57 s.

Masu T., Watanabe S., Aoki S., Katayama S., Fukuda M., Hino A., 2008. Establishment of shell growth analysis technique of juvenile Manila clam *Ruditapes philippinatum*: semidiurnal shell increment formation. *Fisheries Science*, 74(1): 41 - 47.

Mináriková T., Spisar O., Peltánová A., 2011. Perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera*): Lesní hospodaření v kontextu záchranného programu. In: Novák J., Slodičák M., Kacálek D. (ed.) : Aspekty lesnického hospodaření v povodích s výskytem perlorodky říční. Uhlíkov, VÚLHM, 6 – 16 s.

Mollusc Specialist Group. 1996. *Margaritifera margaritifera*. The IUCN Red List of Threatened Species 1996 e.T12799A3382532. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1996.RLTS.T12799A3382532.en>. staženo dne 15.3.2017.

Mutvei H., Westermarck T., 2001. How environmental information can be obtained from Naiad shells. In *Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida* .Springer Berlin Heidelberg, 42:367 – 379.

Miyaji T., Tanabe K., Schöne B. R., 2007 Environmental controls on daily shell growth of *Phacosoma japonicum* (Bivalvia: Veneridae) from Japan. *Marine ecology progres series*, 336:141 – 156.

Müllerová H., Stejskal V., 2013. Ochrana zvířat v právu. Academia, 490. s.

Negus C., L., 1966. A quantitative study of growth and production of unionid mussels in the River Thames at Reading. *The Journal of Animal Ecology*, 35: 513 – 532-

Nevez R., Moyer S., 1988. Evaluation of techniques for age determination of freshwater mussels (Unionidae). *American Malacological Bulletin*, 6(2):179 – 188.

Niedlová E., 2015. Růst a přežívání perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*) pro bioindikační účely. [Diplomová práce]. České Budějovice, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, katedra biologických disciplín. 61s.

Patzenhauerová Spisar O., Bryja J., 2011. Perlorodka říční – mlž na rozcestí. *Živa 2*: 80 – 81.

Pauly D., 1987. A Review of the ELEFAN System for Analysis of Length – Frequency Data in Fish and Aquatic Invertebrates. ICLARM Contribution, 468 s.

Pfleger V., 1988. Měkkýši. Artia, Praha. 191 s.

Riascos J., Guzmán N., Laudien J., Heilmayer O., Oliva M., 2007. Suitability of three stains to mark shells of *Concholepas concholepas* (Gastropoda) and *Mesodesma donacium* (Bivalvia). *Journal of Shellfish Research*, 26(1):43 – 49.

Richardson C. A., 1989 An analysis of microgrowth bands in the shell of the common mussel *Mytilus edulis*. *Journal Marine Biology Assciaty*, 69(02): 477 – 491.

Schöne B. R., Fiebig J., Pfeifler M., Gleß R., Hickson J., Johnson A. L. A., Dreyer W., Oschmann W., 2005. Climate records from a bivalved Methuselah (Arctica Islandica Mollusca, Iceland) *Paleontohology*, 228:130 – 148.

Simon O. P., Váníčková I., Bílý M., Douda D, Patzenhauerová H., Hruška J., Peltánová A., 2015. The status of freshwater pearl mussel in the Czech republic: Several successfully rejuvenated populations but the absence of natural reproduction. *Limnologica Ecology and Management of Inland Waters* ,50:11 – 20.

Smith D. G., 2001. Systematics and distribution of the recent Margaritiferidae. In Bauer, G. & K. Wächtler (eds), *Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida*. Springer Verlag, Heidelberg, 33 – 49 s.

Smrž J., 2013. *Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů*. Karolinum. 82 – 84 s.

Spisar O., 2006. Výskyt, rozšíření a růst velkých mlžů v hydrosystémech povodí Vltavy. [Diplomová práce]. České Budějovice. Jihočeská univerzita, Fakulta rybářství a ochrany vod, katedra rybářství a myslivosti.

Spisar O., 2013. Polopřirozený chov perlorodek říčních (*Margaritifera margaritifera*) a studium jejich nutričních požadavků. [Disertační práce]. České Budějovice,. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, katedra speciální zootechniky. 122 s.

The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-2. <www.iucnredlist.org>. staženo 26 září 2017.

Tulachová M., 2012. Početnost perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*) na vybrané lokalitě v jižních Čechách. [Diplomová práce]. České Budějovice, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, katedra biologických disciplín. 43 s.

Vaničková I., Simon O. P., Dort B., 2014. Omlazení populací perlorodky říční. Ochrana přírody, Péče o krajinu. AOPK, 11 – 15 s.

von Bertalanffy L, 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II). Human biology,10: 181-213.

Vyhláška č- 395/1992 Sb. Vyhláška ministerstva životního prostředí České republiky, kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. <http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/7698185c778da46fc125654b0044ddb?OpenDocument> staženo dne 23.3. 2017.

Wilson Ch. A., Beckman D. W., Dean J. M., 2011. Calcein a fluorescent marker of otoliths of larval and juvenile fish. Transactions of the American Fisheries Society, 116(4): 668 – 670.

Zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny 114/1992.
<http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/58170589e7dc0591c125654b004e91c1?OpenDocument> staženo dne 23.3. 2017.

Ziuganov V., Miguel S. E., Neves R. J., Longa A., Fernandez C., Amaro R., Beletsky V., Popkovitch E., Kaliuzhin S., Johnson T., 2000. Life span variation of the freshwater pearl shell: A model species for testing longevity mechanisms in animals. *Ambio; A Journal of the Human Environment*, 29(2):102 – 105.

Zdroje obrázků:

<http://www.zemepis.com/rekycr.php> staženo 5.10.2016.

<http://jana-kadlecova-2011-12.xf.cz/2012/04/Prave-se-ucime-Povrch-CR.html>
staženo 5.10.2016.

¹https://www.google.cz/search?q=a%C5%A1sk%C3%BD+v%C3%BDb%C4%9B%C5%BEek+mapa&espv=2&biw=1366&bih=627&site=webhp&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwj6ys3nuMPPAhUCCCwKHd9IBOkQsAQIKA#tbm=isch&q=mapa+%C4%8Dr&imgrc=cKuFVgV_oG5R7M%3A; staženo dne 5.10.2016

²https://www.google.cz/search?q=oblast+a%C5%A1ska&rlz=1C1ASUT_enCZ616CZ616&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj9he6qXObPAhWByRQKHZLMBv0Q_AUICSgC&biw=1366&bih=676#tbm=isch&q=oblast+a%C5%A1sk%C3%A9ho+v%C3%BDb%C4%9B%C5%BEku+mapa&imgdii=GPYusehqouV9yM%3A%3BGPYusehqouV9yM%3A%3B7n9YLhfNhu8mcm%3A&imgrc=GPYusehqouV9yM%3A staženo 5.10.2016.

http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:In_Ej3pn0sJ:www.rybarstvi.eu/dok%2520rybari/ichtyologie/ZAKLADNI%2520ICHTYOLOGICKE%2520ME

TODY.pdf+&cd=1&hl=cs&ct=clnk&gl=cz&client=firefox-b-ab staženo dne
16.1.2017.