

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra zoologie



**Populační dynamika bolena dravého *Leuciscus aspius*
v údolní nádrži Želivka**

Population dynamics of Asp *Leuciscus aspius* from the
Želivka dam

Bc. Eduard Bouše

Praha 2014

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Miroslav Švátora, CSc.

Konzultant: Prof. Jan Kubečka, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze 14. 8. 2014

Podpis

Poděkování:

Děkuji vedoucímu diplomové práce RNDr. Miroslavu Švátorovi, CSc. a také Prof. Janu Kubečkovi, Ph.D. za jejich odborné vedení, rady a připomínky, kterých se mi při zpracování této práce dostalo. Také bych chtěl poděkovat všem, kteří se ať přímo či nepřímo podíleli na zrodu této práce.

Abstrakt

Cílem této práce bylo vyhodnocení materiálu bolena dravého *Leuciscus aspius* (L., 1758) z údolní nádrže Želivka - Švihov z let 1971 - 2014. Hlavní důraz byl kladen na analýzu třecího hejna z let 2008 – 2014. Zde byly sledovány základní abiotické podmínky v době výtěru a spočteny růstové a populační charakteristiky. Výtěr probíhal na dvou lokalitách při teplotě 4 – 10 °C, přičemž bolen vykazoval věrnost výtěrové lokalitě. Samci převažovali na trdlišti v celkovém poměru 1,22:1. Stáří zkoumaných ryb se pohybovalo od 3+ do 13+. Průměrná mortalita dospělých jedinců se pohybovala okolo 0,4. Doplněk třecího hejna se nacházel v rozmezí 0,2 – 0,5. Délka, při které se začínají vytvářet šupiny (SL = 29,7 mm), byla určena použitím závislosti mezi délkou těla a poloměrem šupiny. Rozdíly v rychlosti růstu mezi samci a samicemi jsou minimální, pouze ve třetí až páté věkové skupině vykazovali samci vyšší tempo růstu. Délko-hmotnostní vztah může být popsán jako $W = 0,0153 \cdot L^{3,19}$.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the material about the asp *Leuciscus aspius* (L., 1758) from the dam Želivka – Švihov in the years 1971 – 2014. Main emphasis was put on the analysis of the flock spawning from 2008 – 2014. Here, basic abiotic conditions were monitored at the time of the spawning and growth and population characteristics were calculated. Spawning took place at two locations, at 4 – 10 °C, the asp showed a spawning site accuracy. Males predominated on the spawning grounds in the overall ratio of 1,22 : 1. The age of the fish examined ranged from 3+ to 13+. The average mortality of adults is about 0,4. Additional flock spawning ranges from 20 to 50%. The length at which scales begin to form (SL = 29,7 mm), was determined by using the rate between the body length and scale radius. Differences in the growth rates between males a females are minimal, only from the third to the fifth age group, males showed a higher growth rates. The length – weight relationship can be described as $W = 0,0153L^{3,19}$.

1. Úvod	6
2. Literární rešerše.....	8
2. 1 Bolen dravý	8
2. 1. 1 Rozšíření bolena dravého	8
2. 1. 2 Biotop	9
2. 1. 3 Výtěr	10
2. 1. 4 Potrava	11
2. 1. 5 Význam.....	11
2. 2 Růst ryb	12
2. 2. 1 Obecná charakteristika růstu	12
2. 2. 2 Faktory ovlivňující růst ryb	13
2. 2. 3 Metody studia stáří a růstu ryb	14
2. 2. 4 Věkové složení populace	16
2. 3 Stanovení růstu ryb	17
2. 3. 1 Vztah mezi délkou těla a poloměrem šupiny	17
2. 3. 2 Vztah mezi délkou těla a hmotností	18
2. 3. 3 Indexy růstu	18
2. 3. 4 Rovnice růstu	19
2. 4 Početnost populace	20
2. 4. 1 Metody odhadu početnosti ryb	21
2. 5 Mortalita	23
2. 5. 1 Odhady mortality	23
3. Materiál a metodika.....	25
3. 1 Popis lokality.....	25
3. 2 Materiál a jeho sběr	25
3. 3 Měření šupin.....	26
3. 4 Značení ryb.....	27
3. 5 Určení pohlaví	27
3. 6 Stanovení rychlosti růstu ryb	28
3. 7 Stanovení početnosti populace a mortality	28
3. 8 Měření abiotických faktorů	29
4. Výsledky.....	30
4. 1 Počty ryb v jednotlivých letech, jejich pohlaví, místo a datum ulovení	30
4. 2 Odhady početnosti třecího hejna a jeho přežívání v roce 2008 – 2013	32
4. 3 Odhad věkového složení třecího hejna	34
4. 4 Odhad velikostních přírůstků třecího hejna bolena dravého.....	38
4. 5 Délko – váhový vztah.....	46
4. 6 Odhad významnosti vedlejších přítoků a hlavního přítoku ÚN Želivka pro rozmnožování bolena dravého	47
4. 7 Pravděpodobný výskyt dvou zcela oddělených populací bolena dravého na nádrži Želivka.....	47
4. 8 Vliv abiotických faktorů na reprodukci bolena dravého.....	48
5. Diskuze.....	50

6. Závěr	56
7. Literatura	58
8. Přílohy	64

1. Úvod

Obohacování stojatých a tekoucích povrchových vod živnými minerálními látkami (hlavně sloučeninami dusíku a fosforu) vede k masovému rozvoji fytoplanktonu a následnému zhoršení kvality vody (eutrofizaci). Tento vývoj lze vhodnými zásahy a opatřeními redukovat. Ke správné volbě vhodného opatření je nutná znalost stavu společenstva v nádrži, a to jak současná, tak i dřívější a dále pak působení biotických i abiotických faktorů (Hrbáček 1981).

Prostředí volných vod, jako jsou údolní nádrže, řeky apod., nám nedovoluje zjistit přesný stav rybí obsádky během roku. Nelze je totiž vypustit, spočítat ryby, determinovat apod. Tyto údaje většinou nelze získat ani při ojedinělém vypuštění údolní nádrže. Kompletní vylovení rybí obsádky bývá natolik složité, že se s podobným hodnocením nedá kalkulovat (Vostradovský 1995). Proto bylo vypracováno několik metod, které nám při splnění určitých podmínek umožňují jednotlivé odhady stavu rybí obsádky. Jde např. o populační charakteristiky, růst, biomasu atd. Pochopení jednotlivých charakteristik druhu umožňuje předpovědět další vývoj dané populace v ekosystému jako celku. Což je velmi důležité při ochraně a obhospodařování rostlin i živočichů, zvláště pak chráněných druhů.

Hydrobiologické pracoviště Biologického centra Akademie věd ČR se dlouhodobě zabývá studiem role rybích populací v limnologických procesech v údolních nádržích. Pochopení populační dynamiky rybí obsádky je základním požadováním údajem pro pochopení role ryb. Proto jsou u populací studovány základní populační charakteristiky, které od odhadů početnosti vyúsťují v odhady biomasy a využití její části tzv. výnosu (Baruš a Oliva 1995). Obecně vzato, za změnou velikosti populace mohou stát čtyři procesy:

- natalita (produkce mláďat)
- mortalita (vymírání jedinců)
- emigrace a imigrace (stěhování jedinců z/do populace).

Analýzy emigrace a imigrace ryb přítokem (Hladík a Kubečka 2003; Hladík a kol. 2008; Kubečka a kol. 2004), hrází (Baruš a kol. 1985; Baruš a kol. 1986; Pavlov a kol. 1987) ukazují, že větší ryby kromě plůdku opouštějí dlouhodobě nádrž jen výjimečně, a tak je zde většinou naplněn předpoklad uzavřené rybí populace. Vliv emigrace

a imigrace na početnost tak může být zanedbána.

Bolena dravého [*Leuciscus aspius* (Linnaeus, 1758)] řadíme mezi důležité biomeliorátory, jinými slovy pomáhá snižovat početnost nežádoucích (zooplanktonofágních) druhů ryb (ouklej, plotice, cejn) v nádrži (Trzebiatowski a Leszczewicz 1976; Křížek a Vostradovský 2002; Hanel a Lusk 2005). Na rozdíl od jiných hospodářsky významných druhů ryb (kapr, štika, candát atd.) byla bolenu dravému věnována pouze malá pozornost, a to navzdory jeho velkému přínosu v regulaci nežádoucích druhů ryb.

Na vodárenské nádrži Želivka - Švihov je vývoj populace bolena dravého dlouhodobě sledován. Populace bolena v této nádrži pochází z původní ichthyocenózy řeky Želivky a po napuštění nádrže se zde aklimatizovala. Krátký úsek řeky Želivky před ústím do nádrže, který je bolenovi dostupný během jeho jarních třecích migrací, mu poskytuje velmi příznivé podmínky po přirozený výtěr. Tato okolnost vytvořila základní předpoklad pro zachování populace bolena v nádrži a její doplňování o nové ročníky. Generační hejno je však zároveň využíváno pro umělý výtěr, odchov plůdku a ročka bolena pracovníky rybářského hospodářství v Zahrádce.

Cílem této práce byla snaha zmapovat velikostní a věkové složení třecího hejna bolena dravého na nádrži Želivka, pokusit se o co nejpřesnější odhad velikosti populace a mortality na této lokalitě a z takto získaných údajů předpovědět vývoj populace v následujících letech. Dalším cílem bylo seznámení se s průběhem růstu bolena v rámci jeho života na této lokalitě a porovnání s rychlostí růstu na jiných lokalitách. Dále posouzení významu hlavního a vedlejších přítoků pro rozmnožování bolena dravého v nádrži a v neposlední řadě sledování abiotických faktorů (teplota, průtok, charakter počasí), které mohou významně ovlivňovat průběh výtěru bolena dravého.

2. Literární rešerše

2. 1 Bolen dravý

Bolen dravý patří mezi naše nejrychlejší a nejvytrvalejší plavce. Je to jediný druh kaprovitých ryb, který je v dospělosti výlučně dravý. Pro jeho způsob života je charakteristický i torpédovitý tvar těla, které je ze stran zploštělé, štíhlé s mírně zaokrouhleným břichem a s oble zašpičatělou hlavou. Ústa jsou hluboce rozeklaná a sahají až po úroveň očí. Spodní čelist zasahuje před horní a u větších jedinců má hrbolek, zapadající do prohloubeniny v obloucích horní čelisti. Břišní ploutve jsou nasazeny před svislicí spuštěnou od počátku báze hřbetní ploutve. Za břišními ploutvemi se nachází šupinami pokrytý kýl. Ocasní ploutev je hluboce vykrojena, dolní i horní lalok přechází v protažené špičaté zakončení. Hřbetní ploutev je také vykrojena a má 3 tvrdé a 8-9 měkkých paprsků, řitní ploutev má pak 2-3 tvrdé a 12-14 měkkých paprsků. V postranní čáře se nachází 64 - 76 šupin. Hřbet je zbarven šedomodře, někdy i s nazelenalým nádechem, boky jsou stříbřité a břicho bílé. Bolen běžně dorůstá délky 60-80 cm a hmotnosti 4-8kg (Holčík a Mihálik 1971; Hanel a Lusk 2005). Maximální zaznamenaná velikost je 120 cm, váha 15 kg a věk 16 let (Maitland 1977).

2. 1. 1 Rozšíření bolena dravého

Bolen dravý se vyskytuje v řekách spadajících do úmoří Severního, Baltského, Černého, Kaspického a Azovského moře. Na severu zahrnuje jeho areál rozšíření jižní část Švédska, Finska a část Norska východně od Osla (Kaukoranta a Pennanen 1990; Krpo-Četković a kol. 2010). Přírozenou západní hranici rozšíření dříve tvořilo povodí Labe (Německo). V roce 1980 došlo k introdukci bolena do Belgie (Verreycken a kol. 2007), následně pak v roce 1984 do Nizozemska (de Groot 1985). V roce 1991 byl zjištěn výskyt bolena i ve Francii (Schweyer a kol. 1991). Jihovýchodní rozšíření zahrnuje povodí Dunaje a také řeky Struma a Marica, tekoucích do Černého a Egejského moře (Lelek 1987). Na východ zasahuje jeho rozšíření k Uralu do řek Amudarji a Sydarji, které vtékají do Azovského jezera (Freyhof a Kottelat 2008). V Asii je znám poddruh *Aspius vorax*, který se vyskytuje v řekách Eufrat a Tigris (Oymak

a kol. 2011; Al-Saleh 2012) a v Kazachstánu v jezeře Balkhash (Krpo-Četkovič a kol. 2010).

Bolen je reofilní, bentopelagická potamodromní ryba vyskytující se od parmového pásma po cejnové (Hanel a Lusk 2005; Vostradovský 2006). Je nejčastějším obyvatelem dolních a středních úseků velkých řek např. Labe (Fredrich 2003), Dunaje (Krpo-Četkovič a kol 2010), Rýna (Grift a kol. 2003), Visly (Backiel 1970). Nalézt jej můžeme také v deltě řeky Odry (Kompowski a Neja 2003; Trzebiatowski a Leszczewicz 1976) i dravých řek Finska (Kaukoranta a Pennanen 1990) a Švédska (Grahm 2002) a v neposlední řadě také v Labi (Vostradovský 1976). Velmi častý je jeho výskyt v údolních nádržích, např. Želivka (Vostradovský 1974; Váša a Vostradovský 1979; Křížek a Vostradovský 2002; Prchalová a kol. 2008), Římov (Hladík a Kubečka 2003; Prchalová a kol. 2009; Říha a kol. 2009), V Polsku byl zaznamenán na přehradě Pierzchaly (Martyniak a Heese 1994), v Maďarsku na Balatonu (Bíró a Fűrész 1976).

I přes poměrně značné rozšíření v celé Evropě je bolen zařazen do přílohy II Směrnice Rady č. 92/43/EEC. V rámci legislativy České republiky je zařazen do příloh A a C vyhlášky č. 166/2005 Sb. V Červeném seznamu IUCN (2004) je zařazen do kategorie LC – málo dotčený (Least Concern). Do stejné kategorie je zařazený v rámci Červeného seznamu ČR (Hanel a Lusk 2005). Bolen dravý je také součástí projektu NATURA 2000. Jehož cílem je ochrana živočichů, rostlin a typů přírodních stanovišť, které jsou z evropského pohledu nejcennější, ohrožené, vzácné či vázané na určitou oblast, tzv. endemické (Hanel a Lusk 2005). V rámci tohoto systému byl pro bolena dravého navržen Národní seznam evropsky významných lokalit jeho přirozeného výskytu, který zahrnuje oblasti soutoku Moravy a Dyje, Berounku, Ohři, Orlici, Sázavu a v neposlední řadě také Želivku (Hanel a Lusk 2005).

2. 1. 2 Biotop

Bolen dravý je druh s širokou ekologickou valencí. V tekoucích vodách jej nacházíme v hlubších místech pod proudy, pod ústím menších přítoků, v klidné vodě a okolí padlých stromů, pod jezy na zcela klidné, ale i v tažné vodě. Larvální stádia a plůdek preferují spíše mělčiny se zaplavenou terestrickou vegetací a rychlostí proudění 0-4m.s⁻¹ (Vostradovský 1976; Grift a kol. 2003).

Velmi dobré podmínky našel bolen v hlubokých přehradách. Starší ryby se nejčastěji zdržují u hladiny dále od břehu (Vostradovský a kol. 1974; Křížek a Vostradovský 2002). Nejvíce bolenu v horní vrstvě do 1,5m potvrzuje také Prchalová a kol. (2009) a Vašek a kol. (2009) na nádrži Římov a rovněž Kubečka a kol. (2009) na nádrži Žermanice. Díky své mimořádné aktivitě (až 3 km/hod) jsou schopni uplavat 50 - 60 km/den (Fredrich 2003). Ke břehům se bolen přibližuje pouze v době lovu potravy. Na zimu se stěhuje do hluboké vody (Baruš a Oliva 1995; Prchalová a kol. 2009). Jedná se o plachý druh, největší aktivitu vyvíjí zrána a navečer, popřípadě i v časnějších nočních hodinách.

2. 1. 3 Výtěr

Samci pohlavně dospívají většinou ve čtvrtém roce života, vzácněji už ve třetím roce. U samic nastává pohlavní zralost ve čtvrtém až pátém roce života (Freyhof a Kottelat 2008). Samci z původní říční populace na Želivce dozrávali v 5. a samice v 6. roce života (Vostradovský a kol. 1974). Avšak po aklimatizaci v nádrži dochází k zrychlení dozrávání o 1 až 2 roky (Křížek a Vostradovský 2002).

Pro přirozenou reprodukci potřebuje bolen proudivé úseky toků s tvrdým štěrkopískovým substrátem a hloubkou nepřesahující 1m (Vostradovský a kol. 1974; Křížek a Vostradovský 2002; Hladík a Kubečka 2003). Výtěr probíhá v jarním období od konce března do června v závislosti na teplotě vody. Váša a Vostradovský (1979) uvádějí, že boleni začínali migrovat do přítokové části ÚN Želivky při teplotě 5 °C. Samotný výtěr pak nastal při teplotě 6 – 8 °C. Shodné rozmezí teplot vody při výtěru uvádějí Vostradovský (1976) i Křížek a Vostradovský (2002). Při stejné teplotě probíhal výtěr i na řece Rýn (Freyhof a Kottelat 2008). Hladík a Kubečka (2003) však zaznamenali migraci bolena do přítokové části ÚN Říмова při teplotě 7 - 8 °C a ke tření došlo až při teplotě 12 °C.

Samci připlouvají na trdliště jako první a zůstávají většinou po celou dobu tření. Samice připlouvají později a trdliště opouštějí zpravidla ihned po výtěru. Během tření se boleni shromažďují do malých skupin, které jsou tvořeny převážně samicemi (Křížek a Vostradovský 2002). Samice klade na štěrkové dno 58 – 500 tisíc jiker. Jikry jsou malé 1,6 – 2 mm. Inkubace jiker je závislá na teplotě, jejich vývoj trvá v závislosti na

teplotě 8 – 25 dní (Maitland 1977; Váša a Vostradovský 1979; Kaukoranta a Pennanen 1990).

2. 1. 4 Potrava

Plůdek bolena začíná přijímat exogenní potravu v sedmém až desátém dni po vykulení. V té době také dochází k resorpci žloutkového vajíčka (Kujawa a kol. 2007). Jako první potrava slouží nejčastěji nauplia klanonožců (Copepoda) a vířníci (Rotatoria), přibližně od 20. dne se v potravě zvyšuje poměr perlooček (Cladocera) a larev vodního hmyzu (Insecta) (Sliwinski 2009). Potrava je v prvním roce života tvořená převážně zooplanktonem, náletovým hmyzem a také bentosem (Adámek a kol. 1988, Vostradovský 1974). V chladných řekách Finska přecházejí boleni na dravý způsob života dokonce až během druhého roku života (Kaukoranta a Pennanen 1990).

Přibližně od velikosti 90 – 150 mm se bolen specializuje na lov ryb (Backiel 1970; Trzebiatowski a Leszczewicz 1976; Hanel a Lusk 2005). Loví drobnější ryby do velikosti 100 mm (plotice, ouklej, okoun, perlín), ale dokáže se zmocnit i některých dalších obratlovců jako jsou např. žáby, myši, malí vodní ptáci (Hanel a Lusk 2005).

Nejčastější potravou na Želivce je ouklej obecná (*Alburnus alburnus*), plotice obecná (*Rutilus rutilus*) a okoun říční (*Perca fluviatilis*) (Vostradovský 1976; Vostradovský 2006). Na Dunaji se v potravě dále vyskytuje karas stříbřitý (*Carassius gibelio*), jelec jesen (*Leuciscus idus*), ježdík obecný (*Gymnocephalus cernuus*) a hlaváč říční (*Neogobius fluviatilis*) (Krpó-Četković a kol. 2010). V ústí řeky Szczecin je nejoblíbenější potravou koruska evropská (*Osmerus eperlnanus*), plotice a koljuška tříostná (*Gasterosteus aculeatus*) (Trzebiatowski a Leszczewicz 1976).

2. 1. 5 Význam

Bolen je pro řadu sportovních rybářů vysoce atraktivní rybou. Zejména ho mají v oblibě vyznavači přívlače a muškaření, jimž přináší vzrušující zážitky z obtížného zdolávání. Někteří rybáři mu dávají za vinu, že díky své pohyblivosti a schopnostem efektivně lovit dokáže konkurovat ostatním dravým rybám a částečně snižovat jejich početnost. Tento problém je však do určité míry vyvolán samotnými rybáři, kteří ostatní dravce loví snáze a raději než opatrného, pohyblivého a kulinářsky nepřilíš zajímavého bolena (Hanel a Lusk 2005).

Bolen je tedy ryba, která své největší uplatnění našla v účelových rybích obsádkách používaných obzvláště v údolních nádržích, kde omezuje početnost nežádoucích planktonofágních druhů ryb (Křížek a Vostradovský 2002; Kubečka a kol. 2009).

2. 2 Růst ryb

2. 2. 1 Obecná charakteristika růstu

Růstem se obecně rozumí zvětšování velikosti organismu, to znamená zvýšení počtu buněk a množství mezibuněčné hmoty činností metabolismu (Begon a kol. 1997).

Růst jedince (populace) je reakcí na měnící se faktory okolního prostředí, které organismy obklopuje. Konečná velikost organismu je u většiny živočichů geneticky podmíněna, a proto přibližně určená. U ryb na rozdíl od jiných skupin živočichů (ptáků, savců či hmyzu) pokračuje délkový i hmotnostní růst těla i po dosažení pohlavní zralosti jedná se o tzv. neukončený růst (Ricker 1979; Pivnička 1981; Wootton 1999; Rijnsdorp a Storbeck 1995; Baulier a Heino 2008; Quince a kol. 2008a, b). Obdobným způsobem rostou i další studenokrevní živočichové (např. obojživelníci, koryši, měkkýši) nebo rostliny (Wootton 1999).

Charakter růstu je specifický jak pro jednotlivé druhy, tak i v rámci druhu pro jednotlivé etapy života - embryonální, juvenilní, adultní a senektivní (Ricker 1979; Pivnička 1981; Wootton 1999). V průběhu života ryb se mění poměr mezi jejich délkovým a hmotnostním růstem. Procesem přírodní selekce byl vytvořen evoluční vzor růstu, kdy nejvyššího délkového přírůstku je dosaženo především v embryonální a juvenilní fázi (do doby pohlavní zralosti). Po dovršení pohlavní zralosti se délkový přírůstek zpomaluje a ryba dále přirůstá především na hmotnosti (Pivnička 1981; Wootton 1999; Rijnsdorp a Storbeck 1995; Schneider a kol. 2000; Al-Saleh a kol. 2012, Randák a kol. 2013). Výjimku mohou tvořit některé dravé druhy ryb, např. okoun, který přechází na dravý způsob života až ve starších věkových skupinách, čímž se jeho růst zrychlí i v tomto období (Pivnička 1981; Wootton 1999; Baulier a Heino 2008, Randák 2013). Náhlé zrychlení růstu starších ryb se může také projevit při změně životního prostředí, což se ukazuje převážně u tažných druhů ryb (losos, jeseteři) nebo u migrujících druhů některé kaprovité, okounovité ryby atd. (Wootton 1999; Ložys 2004).

S nástupem pohlavní dospělosti se sice růst výrazně zpomalí, protože ryba spotřebovává velké množství energie na tvorbu pohlavních produktů, ale pokračuje po celý život až do senektivní fáze života. V této fázi se délkový přírůstek téměř zastavuje, navíc nemusí docházet ke každoročnímu výtěru (Ricker 1979; Pivnička 1981; Wootton 1999; Baulier a Heino 2008; Quince a kol. 2008, Randák a kol. 2013). Proto je vhodné popisovat růst ryb jako asymptotický. Na rozdíl od savců a ptáků, jejichž růst se zastaví po dosažení pohlavní dospělosti.

Druhou charakteristikou růstu ryb je jejich flexibilita. Stejný druh může vykazovat rozdílné růstové vzory v různých podmínkách a dosahovat pohlavní zralosti v jiném věku. Tyto rozdíly jsou korelovány s hustotou potravy (Randák a kol. 2013).

Průběh růstu je velmi komplikovaný děj, který je závislý na mnoha různých faktorech. Z tohoto důvodu je velmi obtížné popsat průběh růstu jednou analytickou funkcí. Alespoň rámcový popis je však nutný pro další odhady např. produkce, výnosu či porovnání růstu z jiných nádrží (Pivnička 1981).

2. 2. 2 Faktory ovlivňující růst ryb

Jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících růst ryb je množství a kvalita potravy (Pivnička 1981; Wootton 1999; Randák 2013). S potravou velmi úzce souvisí početnost populace nejen daného druhu, ale i jedinců ostatních druhů tvořících společenstvo. Pomalý růst se nejčastěji vyskytuje v chudých (neúživných) vodách nebo v přemnožených populacích bez predátorů a s nedostatečným odlovem. Na takových místech nalézáme ryby výrazně menší až zakrslé. Při náhlém zlepšení podmínek jsou však i tyto ryby schopny růstový deficit dohnat tzv. kompenzačním růstem (Randák a kol. 2013).

Dalším významným faktorem přímo ovlivňujícím růst ryb je teplota vody. Ryby stejně jako ostatní studenokrevní živočichové odvozují svoji tělesnou teplotu od okolního prostředí. Rychlost jejich metabolismu včetně schopnosti vytvářet délkový či hmotnostní přírůstek je proto ovlivňována okolní teplotou (Wootton 1999; Randák a kol. 2013).

V podmínkách ČR jsou nejintenzivnější přírůstky zaznamenány v letním období, tzn. od května do srpna, kdy se v tekoucích vodách vyskytuje nejvíce přirozené potravy

a teplota vody dosahuje svého maxima (Hanel a Lusk 2005). Nesmíme však zapomenout ani na další biotické či abiotické faktory, jako jsou množství rozpuštěného kyslíku ve vodě, pH, salinita, koncentrace metabolitů, hierarchické postavení jedince atd. Většina biotických i abiotických faktorů působí souborně, takže je velmi složité je od sebe oddělovat.

2. 2. 3 Metody studia stáří a růstu ryb

2. 2. 3. 1 Rozbor délkových frekvencí (Petersenova metoda)

Metoda je založená na pravidelném cyklu výtěru, který probíhá zpravidla v ročních intervalech. Všechny ryby narozené ve stejném roce tvoří jednu kohortu a každá nová kohorta má roční růstovou výhodu oproti dalším skupinám. Jednotlivé věkové skupiny i jejich průměrnou délku lze potom odečíst z vrcholů křivky znázorňující délkové rozvrstvení sledovaného vzorku (Ricker 1979; Pivnička 1981; Wootton 1999).

Základním předpokladem Petersenovy metody je velké množství změřených ryb. Vhodná je především pro mladší věkové skupiny, které se délkově nepřekrývají. Problém může nastat u ryb, které mají delší reprodukční období, tzv. „porcový výtěr“. Další nevýhodou je skutečnost, že stejně velké ryby, které se často zdržují pohromadě, nejsou vždy stejně staré (Ricker 1979; Pivnička 1981). Metoda slouží především pro nezávislé posouzení získaných dat (Wootton 1999).

2. 2. 3. 2 Přímé sledování

Přímé sledování rybí obsádky je další možností, kterou lze zjišťovat stáří a rychlost růstu. Spočívá v individuálním označení ryb s následným odchytem po určitém časovém úseku a nebo práci s rybami známého věku v rybnících. Metoda patří mezi nejpřesnější a lze ji využít pro detailnější studium růstu (Pivnička 1981). Podmínky údolních nádrží ne vždy dovolují použití přímého sledování rybí obsádky.

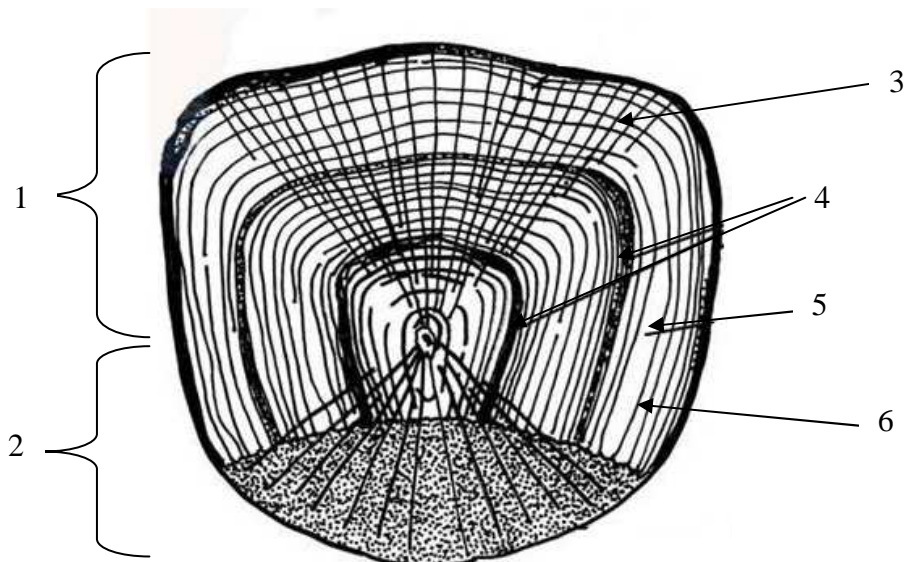
2. 2. 3. 3 Určení věku pomocí značek na šupinách či kostech

Charakteristickým rysem studenokrevných živočichů je jejich periodicitu růstu. Střídání ročních období se odráží v rychlosti růstu celého organismu ryby a je dobře patrné především na kostěných elementech těla (Pivnička 1981; Wooton 1999; Schneider a kol. 2000). V praxi se pro určení věku nejčastěji využívají šupiny, sluchové kaménky (otolity), obratle, skřelové kosti nebo ploutevní paprsky.

Metoda je závislá na dobré čitelnosti anulů a na zkušenostech vyhodnocovatele. Dalším kritériem je velikost vzorku (zastoupení všech věkových skupin) a zvolení správného vztahu mezi délkou těla a poloměrem šupiny (Pivnička 1981; Wooton 1999). U starších ryb často dochází k podhodnocení jejich skutečného věku. Vlivem zpomalení délkového přírůstku jsou poslední anuly velmi blízko u sebe, což ztěžuje jejich vzájemné rozpoznání (Wooton 1999; Schneider a kol. 2000).

2. 2. 3. 4 Morfologie šupiny

Šupiny jsou součástí kožní soustavy ryb a vznikají krátce po vykulení. Hlavní funkcí rybí šupiny je ochrana těla před vnějšími vlivy a tlakem vody (Pivnička 1981). Sliz, který se nalézá na povrchu šupiny, je tvořen pokožkovými buňkami a usnadňuje pohyb ryby ve vodě. Počet šupin pokrývajících tělo ryby zůstává během života konstantní, jelikož šupiny rostou ve stejném poměru s tělem ryby (Pivnička 1981; Wooton 1999; Schneider a kol. 2000; Baulier a Heino 2008). Šupiny kostnatých ryb se skládají ze základní destičky, která se nachází ve škárovém pojivu. Přední (orální) část šupiny je ukryta v kožní kapse (škáře), zadní (kaudální) část vystupuje na povrch a je překryta pokožkou. Kolem šupinové destičky se vytváří kostní lamely, které svým poloměrem vždy o něco přesahují okraje základní šupinové destičky. Na přesahujících okrajích vznikají hyalodentinové valy (sklerity). Počet jednotlivých destiček se postupně zvyšuje s růstem ryby tak, že pod druhou destičku se vkládají další. Na šupině můžeme rozeznat ještě tzv. radiální kanálky, některé spojují střed šupiny s okrajem, jiné začínají až od některého poloměru. Tyto kanálky zvyšují ohebnost šupiny obr. 1 (Pivnička 1981, Schneider a kol. 2000).



Obr. 1. Schematický nákres šupiny (Pivnička 1981). 1 - orální část, 2 - kaudální část, 3 – radiální rýhy, 4 – anuly (zimní přírůstek), 5 - letní přírůstek, 6 - sklerity.

V letním období, kdy je dostatek potravy a optimální světelný a tepelný režim, jsou vzdálenosti mezi sklerity větší. Na šupině to se projevuje jako světlý proužek. Na podzim a v zimě, kdy ryba nepřijímá potravu nebo jen velmi málo, jsou naopak odstup mezi sklerity menší, nebo se dokonce nevytvářejí vůbec (obr. 1). Rozhraní mezi zónou silně sblížených skleritů z podzimního a zimního období a mezi nově se vytvářejícími a od sebe značně oddálenými sklerity nové vegetační sezóny se nazývá ročním prstencem (anulem) obr. 1 (Pivnička 1981; Wooton 1999; Schneider a kol. 2000). Počet anulů ukazuje, kolik zimních období ryba prožila. U většiny druhů se anuly nejčastěji vytváří v jarním období, doba je však druhově specifická.

Neobvyklé události během letního růstového období, např. extrémní teplotní podmínky, znečištění vody, nedostatek potravy, onemocnění, stres atd. mohou vést k zastavení růstu a následně ke vzniku tzv. falešného anulu. Ten většinou neprobíhá po celém obvodu šupiny a chybí typická rýha (Pivnička 1981).

2. 2. 4 Věkové složení populace

Věkové složení populace se stanovuje tak, že všechny ulovené ryby jsou změřeny, zváženy a rozděleny do velikostních tříd. Poté jim jsou odebrány šupiny nebo jiné struktury (otolity, ploutevní paprsky, skřelové kosti) pro analýzu věku

a k délkovým třídám jsou přiřazeny třídy věkové. Tím získáme početnost jednotlivých věkových tříd ke dni odlovu (Pivnička 1981). Podmínkou je reprezentativnost vzorku ryb, ze kterého zjišťujeme věkové složení populace.

2. 3 Stanovení růstu ryb

2. 3. 1 Vztah mezi délkou těla a poloměrem šupiny

Charakteristické střídání struktur na šupinách (kostech, otolitech atd.) v souvislosti se změnami vegetačních sezón umožňuje zjistit nejen stáří ryb. Existuje určitá proporcionalita mezi rychlostí růstu těla a poloměrem šupiny, která umožňuje zpětně rekonstruovat délky těla za jednotlivé uplynulé roky (Ricker 1979; Pivnička 1981; Wootton 1999; Baulier a Heino 2008).

Jedná se o časovou rekonstrukci růstu založenou na faktu, že růst těla ryby a růst šupin (otolitů, kostí...) jsou v zákonité souvislosti. Z tohoto předpokladu vychází metoda Einara Lea (Pivnička 1981), kde poloměr šupiny k jednotlivým anulům (S_n) a celkový poloměr šupiny (S) jsou ve stejném poměru jako délka ryby v době uzavření jednotlivých anulů (l_n) a celková délka ryby (l):

$$\frac{S_n}{S} = \frac{l_n}{l} \text{ [cm]} \qquad l_n = \frac{S_n}{S} l \text{ [cm]} \qquad \text{Rovnice 1.}$$

Tento vztah předpokládá nulovou hodnotu poloměru šupiny při nulové délce ryby. Uvedený vztah má svá omezení. Ukázalo se totiž, že průměrný růst ryb v prvním i dalších letech života vypočtený ze vztahu je stále nižší, v souvislosti s tím jak stoupá stáří ryb, ze kterých jsou předchozí délky odvozené (Pivnička 1981; Wootton 1999). Z toho důvodu by se délka tohoročních ryb v době vytvoření prvního anulu vypočtená ze stále starších ryb zmenšovala. Proto byla R. Lee zavedena korekční hodnota, která zahrnuje předpoklad, že v době založení šupiny má ryba již nějakou velikost (Pivnička 1981; Wootton 1999). Označíme-li korekční hodnotu písmenem „a“, dostane předchozí vzorec podobu:

$$\frac{S_n}{S} = \frac{l_n - a}{l - a} \qquad l_n = \frac{a + S_n}{S} l - a \qquad \text{Rovnice 2.}$$

Hodnotu korekčního členu „a“ lze odhadnout graficky, nebo vypočítat pomocí regresní analýzy. V obou případech je však nutno pamatovat, že všechny hodnoty, které jsou mimo oblast empiricky zjištěných bodů vztahu délka těla – poloměr šupiny včetně korekční hodnoty, jsou značně diskutabilní. Nejvhodnější metodou je tedy nalovit nejmenší ryby, které by přímkou nasměrovaly do nejpřesnějších hodnot. Jako korekční hodnotu lze použít známou hodnotu získanou na jiném početném materiálu (Pivnička 1981).

2. 3. 2 Vztah mezi délkou těla a hmotností

Vztah mezi délkou a váhou ryb v dané populaci může být analyzován měřením váhy a délky stejných ryb opakovaně během jejich života, nebo měřením váhy a délky reprezentativního vzorku ryb odloveného v určitý čas (Ricker 1979; Wootton 1999). Vztah mezi váhou (W) a délkou (L) je vyjádřen mocninným vzorcem:

$$W = a \cdot L^b \text{ [g]} \qquad \text{Rovnice 3.}$$

Kde „a“ a „b“ jsou koeficienty odhadnuté z regresní analýzy. Vztah je charakterizován vydutou (konkávní) křivkou, která se ohýbá vzhůru tím více, čím vyšší je hodnota koeficientu „b“ (Pivnička 1981). Zlogaritmováním rovnice (č. 3) dostaneme rovnici přímky, kterou lze vypočítat metodou nejmenších čtverců:

$$\log W = \log a + b \cdot \log L \text{ [-]} \qquad \text{Rovnice 4.}$$

2. 3. 3 Indexy růstu

Indexy růstu nám slouží k jednoduchému zjištění délkového (L) či hmotnostního (W) růstu. Nejjednodušší způsob vyjádření je dle tzv. „absolutního přírůstku“ (ΔL , ΔW)

$$\Delta L = L_1 - L_0 \text{ [cm]} \qquad \Delta W = W_1 - W_0 \text{ [g]} \qquad \text{Rovnice 5.}$$

Nevýhoda používání absolutního přírůstku je, že silně závisí na velikosti ryby (Pivnička 1981; Wootton 1999). Do značné míry tento nedostatek řeší „relativní přírůstek“ tj. absolutní přírůstek vztažený k výchozí, konečné nebo průměrné hodnotě za sledované období. Avšak ani relativní přírůstek není příliš vhodný a jeho výpovědní hodnota se snižuje s tím, jak roste časové rozpětí, pro které je hodnocen. Nejvhodnější metodou pro porovnání růstu je tzv. okamžitý růstový koeficient (G) (z anglického instantaneous growth rate).

$$G = \frac{(\ln l_n - \ln l_0)}{t} \quad \text{Rovnice č. 6}$$

Rozdíl mezi relativním přírůstkem a okamžitým růstovým koeficientem roste s velikostí posledního a s velikostí časového úseku, mezi kterými jsou oba vypočteny. Uvedené indexy jsou závislé na časovém úseku, pro který jsou odhadovány. Čím je úsek delší, tím hrubější interpolaci změn růstu činíme. V Ichtyologii je smluvně přijat jako ještě reálný interval jednoho roku (Pivnička 1981).

2. 3. 4 Rovnice růstu

Úkolem rovnic růstu je využít empiricky naměřených hodnot a popsat je vhodným a co nejjednodušším matematickým výrazem. Tím nám umožňují jistou predikci hodnoty růstu, za předpokladu, že jedinou neznámou je čas. Schopnost předpovídat rychlost růstu je hodnotný nástroj pro efektivní řízení rybí obsádky, navíc můžeme s její pomocí porovnávat růst různých skupin živočichů (Pivnička 1981; Wootton 1999).

Růst ryb v průběhu jejich života je charakterizován sigmoidální křivkou blížící se k některé hraniční hodnotě. I růst během sezóny se nechá charakterizovat sigmoidální křivkou s rychlým růstem na jaře a v létě a postupným snižováním rychlosti na podzim a přiblížením se k hraniční hodnotě, kterou je délka či hmotnost dosažená v daném roce (Pivnička 1981; Wootton 1999).

2. 3. 4. 1 Von Bertalanffyho růstová rovnice

Von Bertalanffyho (dále jen VB) růstová rovnice je široce používána k popisu celoživotního růstového vzoru ryb a ostatních organismů s neukončeným růstem (Ricker 1975). VB model převažuje u starších výzkumů růstových vzorů ryb (Backiel 1970; Trzebiatowski a Leszczewicz 1976; Martiniak a Heese 1994; Kompowski a Neja 2003). Byla založena na bioenergetických principech a dává začínající bod pro předpoklad růstu. Nevýhodou VB rovnice je, že nedokáže zahrnout změnu ukládání energie, která je dána dosažením pohlavní zralosti. VB rovnice je dána vztahem:

$$L_t = L_{\infty} \cdot (1 - e^{-k(t-t_0)}) \text{ [cm]}$$

Rovnice 7.

Kde L_t je délka v čase t , L_{∞} je maximální velikost, k je růstový koeficient, t udává věk (roky) a t_0 je teoretický věk při nulové velikosti.

2. 3. 4. 2 Dvoufázový růst

změnu ukládání energie, která nastane po dosažení pohlavní zralosti nelze popsat pouze jednou rovnicí. Proto se v poslední době množí argumenty, aby byla VB růstová rovnice nahrazena jinými modely, které by zohledňovaly odlišný růst juvenilních a adultních ryb (Day a Taylor 1997; Baulier a Heino 2008; Quince a kol. 2008 a, b; Charnov a kol. 2013, Randák a kol. 2013).

2. 4 Početnost populace

Jednotlivé druhy ryb obývají různé vodní biotopy v areálu svého rozšíření. Za základní jednotku seskupení v rámci druhu je považována populace. Populaci můžeme definovat jako skupinu organismů téhož druhu, která má společný genofond v čase i prostoru (Baruš a Oliva 1995). V ichtyologii se můžeme setkat ještě s jedním pojmem tzv. „elementární populace“ (Begon a kol. 1997), což je skupina jedinců téhož druhu, stejného věku a stejné fyziologické kondice. Elementární populace se zdržují po určitou dobu pohromadě (potravní, třecí migrace).

2. 4. 1 Metody odhadu početnosti ryb

Metody odhadu početnosti můžeme rozdělit na přímé a nepřímé sledování. Přímé metody odhadu jsou založeny na vypuštění sledované nádrže (rybníka) a spočítání slovených ryb. Můžeme také využít přehrazení určité části toku a vylovení všech ryb pomocí elektrického agregátu, nebo pomocí speciálních rybích jedů. Tato metoda u nás byla dříve využívána při studiu polabských tůní, dnes je však z hlediska ochrany přírody zcela nepřijatelná (Pivnička 1981). Přímé metody odhadu početnosti rybích populací mají poměrně malé využití, omezené na rybníky, tůně, jezírka, potoky a krátké úseky menších řek. Ve většině případů se proto musíme uchýlit k nepřímým metodám, které jsou založené na matematickém odhadu početnosti.

2. 4. 1. 1 Metody odhadu početnosti pomocí opakovaných odchytů

Techniky opakovaných odchytů (angl. Mark-recapture techniques nebo Capture-recapture methods) se používají pro potřeby zjištění velikosti populace živočichů, které lze snadno chytit aniž by byli ohroženi na životě. Základním konceptem těchto metod je odchycení části populace. Odchycení jedinci se spočítají, označí (M) a vypustí zpět do nádrže. V následujících odchytech se sleduje množství značených ryb (R) v celkovém počtu ryb v úlovku (C):

$$N = \frac{(M \cdot C)}{R} \quad [\text{ks}] \quad \text{Rovnice č. 8}$$

Metody opakovaných odchytů začal využívat C. G. J. Petersen již v roce 1896 (Ricker 1979). Rozšířením Petersenovy metody o další série odlovů vznikla metoda dle Schnabelové. Každý odlov zahrnuje zjištění předešlých značek a vypuštění zpět do nádrže (Pivnička 1981). Výhodou této metody je, že jednotlivé odlovy nemusí být tak velké jako v předchozím případě. Nevýhodou však představuje prodloužení experimentu. Při analýze dat je tedy nutné počítat s možnou natalitou, mortalitou a migrací. Proto by měla být celková délka odchytu volena tak, aby byl odhad těmito parametry zatížen co nejméně. Odhad lze provést dle vzorce:

$$N = \frac{\sum(C_i \cdot M_i)}{\sum R_i} \quad [\text{ks}] \quad \text{Rovnice č. 9}$$

Metody založené na opakovaných odchytech jsou stavěny na důležitých všeobecných předpokladech:

- početnost populace je konstantní
- značení neovlivňuje mortalitu
- v průběhu experimentu nedochází ke ztrátě značek
- všechny značky jsou zachyceny a objeveny
- odlov je prováděn náhodně a každý jedinec (značený i neznačený) má stejnou možnost ulovení
- počet značených ryb i pozdější výlov musí dosahovat jistých minimálních hodnot. Robson a Regier (1964) uvádí nomogram pro odhad množství značených a chycených ryb nutný k tomu, aby výsledek odhadu byl s 95% pravděpodobností správný při odchylce $\pm 25\%$ od skutečné hodnoty
- reprezentativnost odlovů (selektivita použitého lovného náradí nesmí významnou měrou zvýhodňovat určitou skupinu ryb, rovnoměrné prolovení celé nádrže)
- relativní krátkodobost odhadu (jakmile se pokus prodlužuje, musíme počítat jak s mortalitou, tak s natalitou a získané odhady korigovat, je také třeba počítat s růstem ryb, které se pak stávají ulovitelnými pomocí sítí, se kterými pracujeme).

Jak již bylo zmíněno, v údolní nádrži je většinou naplněn předpoklad uzavřené rybí populace. Záměrně je tedy vynechán popis metody pro zjištění početnosti v otevřených populacích (Jolly – Seber). Dalšími metodami, kterými lze odhadovat početnost rybí populace, jsou:

- úlovek na jednotku rybářského úsilí (CPUE – catch per unit effort)
- přímé počítání
- výlovové křivky.

2. 5 Mortalita

Mortalita je hlavním procesem, který vysvětluje snížení rybí biomasy. Každý živočišný druh je charakterizován určitým maximálním stářím, tzv. hraničním věkem, kterého je schopen dosáhnout. Smrt stářím se však u ryb vyskytuje velmi sporadicky. Většina jedinců z populace umírá mnohem dříve, než dosáhne hraničního věku (predace, nemoci, parazitismus, hladovění atd.).

Pro jednotlivé druhy živočichů je specifická nejen úmrtnost, ale i její rozložení v průběhu života. Průběh mortality u ryb je nejčastěji charakterizován vysokou hodnotou v raných fázích života (jikry, embrya, juvenilní stádia), kde nejčastější příčinou bývá nedostatek vhodné potravy nebo predátoři (Kubečka 1991; Mooij a kol. 1996; Randák a kol. 2013). Po dosažení určité velikosti dochází ke snížení hladiny přirozené mortality. Obecně lze říci, že větší ryby mají méně predátorů a jsou odolnější vůči působení vnějších vlivů. Proto se mortalita s velikostí těla (věkem) snižuje. Po dosažení senescentní fáze dochází k opětovnému zvýšení mortality.

2. 5. 1 Odhady mortality

V odhadech mortality hraje důležitou roli početnost jednotlivých věkových skupin. Ta je v praxi často obtížně zjistitelná pro raná stádia ryb. Nelze je zachytit stejným lovným nářadím jako větší jedince (procházejí oky sítí), nebo se zdržují v jiné části nádrže (příbřežní vegetace) než je prováděn odlov ostatních ryb (Vostradovský 1976; Spindler 1995). Mortalita a míra přežívání mladých jedinců také vykazuje ohromné rozdíly, které jsou silně závislé jak na biotických, tak i na abiotických faktorech (Pivnička 1981; Borovkov a Serebryakov 2009). Vývoj početnosti raných stádií je navíc velmi dynamický s největšími změnami během ontogeneze (Pivnička 1981; Kubečka 1991). Nedostatek dat komplikuje schopnost zjistit, zdali je mortalita raných stádií citlivější na biotické nebo abiotické faktory (Griffiths a kol. 2004; Jůza a kol. 2009). Početnost a následně i mortalita se nejčastěji zjišťuje u ročníků 2+, 3+ a starších, jelikož jsou dobře zachytitelné jedním lovným nářadím a v populaci je jich poměrně velké množství (Spindler 1995).

Úmrtnost vyvolaná veškerými faktory se nazývá celkovou úmrtností. Pro zjištění mortality je nutné provést odhad početnosti několikrát po sobě. Přežití a následně

i okamžitá míra úmrtnosti (Z) se stanoví ze dvou po sobě jdoucích četností dle vzorce:

$$Z = -\ln S \quad [-] \qquad \text{Rovnice č. 10}$$

Jedná se tedy o záporný přirozený logaritmus z hodnoty přežívání (S). Vzorec vyjadřuje, kolik jedinců zemře za určitý časový úsek.

3. Materiál a metodika

3. 1 Popis lokality

Vodní nádrž Želivka - Švihov je největší vodárenskou nádrží v České republice. Želivka zásobuje pitnou vodou nejen Prahu, ale i část Středočeského kraje a některé oblasti kraje Vysočina. Přehrada se nachází na říčním kilometru 4,29 nad soutokem Želivky se Sázavou. Sypaná zemní hráz byla budována v letech 1965 až 1972 a dosahuje výšky 58 metrů, délka koruny hráze činí 860 m. Součástí nádrže jsou dvě odběrné věže a bezpečnostní šachtový přeliv. Přehradní jezero má délku vzdutí 38 km, zatopená plocha činí 1432 ha. Objem nádrže je 263 mil. m³ s průměrnou hloubkou 18m (Křížek a Vostradovský 2002).

3. 2 Materiál a jeho sběr

Materiál, který je v této práci zpracován, byl získán z odlovů elektrickým agregátem v letech 2008 – 2014.

Princip lovu ryb elektřinou spočívá ve vytvoření elektrického pole ve vodě za pomoci elektrického agregátu. Elektrické pole vzniká mezi dvěma elektrodami (anodou a katodou) ponořenými do vody a přenos elektrického proudu pak zajišťují ve vodě rozpuštěné ionty. U ryb, které se nalézají v dosahu elektrického pole, dochází ke stimulaci nervového systému. Tato stimulace se projevuje nuceným plaváním směrem ke kladné elektrodě tzv. galvanotaxe. Při dalším přiblížení ryby k anodě dochází k dočasnému znehybnění až omráčení ryby tzv. galvanonarkóza. Bezvědomí ryby trvá relativně krátkou dobu. Po několika vteřinách, maximálně minutách dochází k plnému zotavení ryby (Kubečka a kol. 2010).

Lov ryb elektrickým agregátem je nejrychlejší metodou, jak lze získat větší množství ryb v relativně krátkém časovém horizontu. Umožňuje odlov ve všech typech příbřežních prostředí, tj. i místa nedostupná pro použití vězenců nebo nevodů (místa s výskytem pařezů, kořenů, mělké partie toku...). Navíc při správném nastavení a používání agregátu patří lov elektrickým proudem mezi jednu z nejšetnějších rybolovných metod (Kubečka a kol. 2010).

Odlovy byly prováděny na přelomu března a dubna, tedy v období tahu bolena do přítokových částí nádrže za účelem výtěru. Použito bylo hlubinného agregátu (Hans Grassl GmbH) při 120 V a frekvenci pulsu 100 Hz. Většina ryb, ulovených v letech 2008 – 2012, pochází z hlavního přítoku do nádrže. Zároveň bylo provedeno několik odlovů na lokalitě Martinický potok. V letech 2013 a 2014 byly odlovy dále rozšířeny na Blažejovický potok a Němčickou zátoku. Cílem rozšíření odlovů o další lokality bylo zjistit návratnost bolena dravého do stejné lokality, tzv. „homming“ a také odhadnout významnost vedlejších přítoků pro reprodukci bolena dravého. Počet ulovených ryb v jednotlivých letech a datum odlovu uvádí tabulka č. 1.

U všech chycených ryb byla měřena délka těla (standard length - SL), tj. vzdálenost od počátku rypce po konec ošupení na ocasní ploutvi s přesností na 5 mm. Dále byla změřena celková délka (total length - TL), tj. vzdálenost od počátku rypce po okraj nejdělsích paprsků ocasní ploutve, při jejím sevření (Ricker 1979; Pivnička 1981). Zároveň byl vybrán reprezentativní vzorek ryb, u kterého byla zjištěna celková hmotnost, tj. hmotnost ryby s vnitřnostmi i gonádami s přesností na 1g (v letech 2013 a 2014 byla měřena hmotnost u všech ulovených ryb).

Současně s měřením bylo rybám odebíráno 3 - 10 šupin z levého boku, z první řady nad postranní čarou, v řadě šikmo dozadu od základny břišní ploutve (Pivnička 1981; Schneider a kol. 2000). V případě, že bylo v těchto místech ošupení poškozeno, byly šupiny odebírány ze stejného místa na pravém boku ryby. Šupiny byly uschovány v papírových sáčcích a opatřeny potřebnými údaji:

- druh
- délka těla/celková délka (mm)
- hmotnost (g)
- datum výlovu
- lokalita
- pohlaví.

3. 3 Měření šupin

Před samotným měřením šupin se musí odstranit zbytky kůže a jiné nečistoty. Většinou stačí promnout šupiny mezi navlhčenými prsty a poté důkladně usušit měkkým hadříkem (Pivnička 1981; Schneider a kol. 2000). Odebrané šupiny se vloží

rýhovanou (spodní) stranou mezi dvě skla, která šupiny upevní a narovnájí. Vybereme jednu šupinu, na které jsou nejlépe rozeznatelné jednotlivé anuly. Šupiny s netypickým tvarem nebo regenerované nelze použít. Při nahrazení šupiny totiž nedochází k zobrazení počáteční růstové fáze ryby. Měření probíhalo na mikrofilmovém přístroji INDUS MIK – CENTER GMBH při 17- ti násobném zvětšení. Na ventrodiagonálním poloměru šupiny se měří vzdálenost jednotlivých anulů od středu šupiny, jejich rozestup a celkový poloměr šupiny. Věk ryby je určen sečtením všech kompletních anulů (ročních značek) na šupině.

Při měření šupin začínáme obvykle od nejmenších ryb, kde jsou jednotlivé anuly nejlépe patrné. To nám později může pomoci při stanovení stáří starších ryb, kde jsou první anuly kvůli tloušťce špatně čitelné.

3. 4 Značení ryb

K označení ryb byla použita metoda ustřížení části ploutve viz obr. 2. Tento postup umožňuje označit velké množství ryb v krátkém časovém horizontu, navíc neovlivňuje růst, přežití ani pohyblivost ryb. Během sezóny sice dochází k regeneraci ustřížené části ploutevnických paprsků, nicméně přetrvává schopnost rozpoznat značku i po delším časovém intervalu (rozdílný tvar ploutevnických paprsků) viz obr. 3 (Pivnička a Švátora 1988). V roce 2011 a 2012 se pro lepší označení místa odlovu začala používat také injekční aplikace elastomerů pod kůži, viz obr. 4. V letech 2013 a 2014 bylo použito podkožních implantátů (Oregon RFID 23 mm HDX+ Pit Tag) nesoucích individuální kód (Mahapatra a kol. 2001; Slavík a kol. 2004). Díky těmto čipům bylo možné sledovat přírůstky jednotlivých ryb v rámci jednoho roku. Čtení individuálního kódu ulovené ryby bylo prováděno pomocí ručního čtecího zařízení Agrident (APR 350) přiloženého ke hřbetu ulovené ryby. V roce 2014 byla pokusně instalována anténa (LF HDX RFID reader), která umožnila sledovat chování bolenů na trdlišti během tření.

3. 5 Určení pohlaví

Během tření je možné pohlaví rozlišit podle třecí vyrážky poměrně jednoduše. Rozhodující je její intenzita a rozmístění po těle. Výraznější třecí vyrážka se vyskytuje u samců, je rozšířená po celé hlavě a zasahuje na prsní ploutve a tělo (obr. 5). Při

detailním pohledu je u samců třecí vyrážka patrná po celé ploše šupiny. Samice nemají třecí vyrážku na hlavě tak výraznou, prsní ploutve jsou méně drsné a na šupinách je třecí vyrážka rozmístěna spíše po okraji šupiny (obr. 6). Obecně lze tedy říci, že samičí třecí vyrážka je menší a méně výrazná (Křížek a Vostradovský 2002). Pohlaví v době reprodukce lze také dobře rozpoznat podle tvaru břišní partie ryby. Samice mají břišní partii z důvodu uložení velkého množství zralých jiker vždy výrazně větší než samci.

3. 6 Stanovení rychlosti růstu ryb

Prvním krokem bylo stanovení korekční hodnoty ze vztahu mezi poloměrem šupiny a délkou těla (SL), viz kapitola 2. 3. 1. Hodnota korekčního členu byla použita ke zpětnému dopočtení délek ryb v předchozích letech (L_1 , L_2 atd.) dle rovnice č. 2. Z takto zjištěných hodnot byl stanoven absolutní přírůstek dle rovnice č. 5 a okamžitý růstový koeficient dle rovnice č. 6, blíže viz kapitola 2. 3. 3. Pro porovnání rychlosti růstu mezi samci a samicemi bylo použito nepárového T – testu.

Měřením délky a hmotnosti jednotlivých ryb byl stanoven délko – váhový vztah dle rovnice č. 3. Regresní analýzou byly vypočteny hodnoty jednotlivých koeficientů (a, b).

3. 7 Stanovení početnosti populace a mortality

Početnost třecího hejna byla zjišťována na základě poměru značených a neznačených ryb ve vzorku metodou dle Petersena viz kapitola 2. 4. 1. 1.

Vzhledem k tomu, že ryby byly loveny pouze v době tření a po výtěru často značené ryby opustily trdliště (což vede k nadhodnocení odhadu v daném roce), nebyl odhad prováděn v jednom roce, nýbrž „z roku na rok“. V prvním roce byly ryby označeny a v následné třecí sezoně byly zjišťovány celkové úlovky a počty značených ryb. Zjištěné N pak odpovídá početnosti v roce značení (tj. v prvním roce daného experimentu). Pro tento postup bylo nezbytné odstínit tzv. „doplňk třecího hejna“, to jest ryby, které pohlavně dozrály pro tření v druhém roce experimentu (a nemohly mít tedy loňské značky). Odhad doplňku třecího hejna byl proveden následovně:

1. Na délkové složení třetího hejna v prvním roce experimentu (rozděleného na samce a samice) byl modelově aplikován očekávaný délkový přírůstek podle růstových křivek (obr. 7 a 8). Získal se tak modelový odhad délkového složení v druhém roce za předpokladu nulového doplňku a nulové úmrtnosti.
2. Bylo vzato skutečné délkové složení obou pohlaví z druhého roku.
3. Oběma složeními byla dána stejná celková početnost (1, odpovídá 100% jedinců).
4. Délkové složení podle modelového odhadu dle bodu 1 bylo odečteno od aktuálního délkového složení dle bodu 2.
5. Rozdíl byl vyneseno do grafu a první výrazný vrchol rozdílu obou délkových složení byl považován za velikostní histogram populačního doplňku.

Odhad přežívání a úmrtnosti byl stanoven na základě věkového složení populace. Metoda je založená na předpokladu, že ubývání početnosti jedinců v populaci v následných věkových skupinách odráží rychlost úmrtnosti populace a tím její přežívání. Podmínkou je reprezentativnost vzorku ryb, kde relativní zastoupení jednotlivých věkových skupin ve vzorku se blíží skutečnému věkovému zastoupení v celé populaci. Dalším předpokladem je pro všechny roky zhruba stejná síla jednotlivých věkových skupin. Při splnění těchto podmínek zjistíme míru přežití (S) z následujícího vztahu:

$$S = \frac{N_t}{N_0}$$

Kde N_t a N_0 je počet ryb postupně ve vyšší a nižší věkové skupině.

Okamžitá míra úmrtnosti byla poté stanovena pomocí vzorce č. 10 viz kapitola 2. 5. 1.

3. 8 Měření abiotických faktorů

V letech 2013 a 2014 byla teplota vody měřena před započítím, v průběhu a těsně po reprodukci bolena celkem na 6 místech nádrže Želivka. Jednalo se o tyto lokality: Hráz, Budeč, ústí Němčické zátoky, Němčická zátoka pod kamenným viaduktem, hlavní přítok oblast „kostek“ a hlavní přítok oblast podjezí u Bělského mlýna.

4. Výsledky

4. 1 Počty ryb v jednotlivých letech, jejich pohlaví, místo a datum ulovení

Během období 2008 až 2014 bylo v přítocích údolní nádrže Želivka uloveno elektrickým agregátem celkem 2412 ks ryb, z toho 1326 samců a 1086 samic. V roce 2008 bylo chyceno 138 samců, 78 samic a 30 jedinců, u kterých nebylo pohlaví zcela jasné. V roce 2009 se podařilo získat 510 ryb, z čehož bylo 295 samců a 215 samic. Opakovaně jsme ulovili 15 samců a 13 samic. Zároveň jsme identifikovali 22 již značených samců a 3 samice. V roce 2011 jsme odlovili 232 samců a 141 samic. 11 samců a 5 samic bylo chyceno opakovaně. Rozpoznali jsme 76 značených samců a 26 samic. V roce 2012 bylo z třetího hejna uloveno 166 samců a 227 samic, opakovaně se nám podařilo odchytit 18 samců a 17 samic a jednoho samce a samici dokonce dvakrát. V roce 2012 jsme našli celkem 79 značených samců a 67 samic.

V roce 2013 jsme v období 8. 4. až 17. 4. odlovili celkem 637 jedinců bolena dravého. Konkrétně 313 samců, 303 samic, 10 dospělých jedinců, u kterých se pohlaví nepodařilo určit, a 11 pohlavně nedospělých ryb. Opětovně se podařilo ulovit 39 samců a 51 samic. 9 samců a 3 samice dokonce dvakrát. Na ploutvích ryb bylo nalezeno celkem 111 značek u samců a 86 značek u samic z let 2008, 2009, 2011 a 2012. Všechny ulovené ryby byly označeny čipy (Pit tags) s unikátním kódem vpíchnutým do hřbetní svaloviny a byly vypuštěny zpět do vodního prostředí.

V roce 2014 bylo v období 18. 3. až 3. 4. odloveno celkem 388 jedinců bolena dravého. Jednalo se o 226 samců, 138 samic a 24 juvenilních jedinců, kteří se reprodukce neúčastnili. Z těchto ryb bylo opětovně uloveno 39 samců a 16 samic. 5 samců a 2 samice byly opětovně uloveny dvakrát a dva samci dokonce třikrát. Značek z let 2008, 2009, 2011 a 2012 bylo na ploutvích ryb nalezeno celkem 46 u samců a 22 u samic. Čipy z roku 2013 byly nalezeny u celkem 79 samců a 22 samic. Stejně jako v roce 2013 byly všechny ulovené ryby označeny čipy s unikátním kódem a následně puštěny zpět do vodního prostředí. Počet ulovených ryb v jednotlivých letech uvádí tabulka č. 1.

Tabulka č. 1. Početnost ryb odlovených v jednotlivých letech.

2008				2009			
Datum	Lokalita	Samci (ks)	Samice (ks)	Datum	Lokalita	Samci (ks)	Samice (ks)
2.4.	Hlavní přítok	35	42	3.4.	Hlavní přítok	60	157
3.4.	Hlavní přítok	103	36	4.4.	Hlavní přítok	173	23
				5.4.	Hlavní přítok	62	35
2011				2012			
Datum	Lokalita	Samci (ks)	Samice (ks)	Datum	Lokalita	Samci (ks)	Samice (ks)
2.4.	Hlavní přítok	120	28	11.4.	Hlavní přítok	33	2
3.4.	Hlavní přítok	51	80	12.4.	Hlavní přítok	8	23
4.4.	Hlavní přítok	61	33	13.4.	Hlavní přítok	38	102
				14.4.	Hlavní přítok	53	76
				15.4.	Hlavní přítok	34	24
2013				2014			
Datum	Lokalita	Samci (ks)	Samice (ks)	Datum	Lokalita	Samci (ks)	Samice (ks)
8.4.	Hlavní přítok	13	3	18.3.	Hlavní přítok	2	1
9.4.	Hlavní přítok	19	5	26.3.	Hlavní přítok	1	0
10.4.	Hlavní přítok	12	4	27.3.	Hlavní přítok	35	12
11.4.	Hlavní přítok	32	15	28.3.	Hlavní přítok	11	10
12.4.	Hlavní přítok	37	15	28.3.	Hlavní přítok	70	31
13.4.	Hlavní přítok	8	14	29.3.	Hlavní přítok	8	14
15.4.	Hlavní přítok	34	27	30.3.	Hlavní přítok	36	23
16.4.	Hlavní přítok	26	30	31.3.	Hlavní přítok	60	31
17.4.	Hlavní přítok	123	104	1.4.	Hlavní přítok	25	23
18.4.	Hlavní přítok	26	20	2.4.	Hlavní přítok	5	4
19.4.	Hlavní přítok	7	5	3.4.	Hlavní přítok	6	5
9.4.	Němčická zátoka	6	2	26.3.	Němčická zátoka	5	8
16.4.	Němčická zátoka	3	2	29.3.	Němčická zátoka	1	2
12.4.	Blažejovická zátoka	0	1	31.3.	Němčická zátoka	3	0
18.4.	Blažejovická zátoka	1	1	30.3.	Martinická zátoka	9	1
16.4.	Martinická zátoka	6	6	31.1.	Martinická zátoka	1	2
17.4.	Martinická zátoka	1	1	2.4.	Martinická zátoka	1	3
celkem		1326 samců		celkem		1086 samic	

Celkový poměr pohlaví třecího hejna v letech 2008 - 2014 lépe vyzníval pro samce 1,22:1. Převaha samců se projevila v letech 2008 (1,7:1), 2009 (1,3:1), 2011 (1,6:1), dále pak v roce 2013 (1,4:1) a v roce 2014, kdy byl poměr pohlaví 1,9:1. Naopak v roce 2012 bylo ve třecím hejnu zaznamenáno více samic 1:1,4.

4. 2 Odhady početnosti třecího hejna a jeho přežívání v roce 2008 – 2013

Stanovení početnosti třecího hejna proběhlo na základě poměru značených a neznačených ryb ve vzorku metodou dle Petersena. Početnost samic v roce 2008 byla odhadnuta na 731 ks a početnost samců na 1052 ks. Celková velikost třecího hejna byla v roce 2008 stanovena na 1782 ks. V roce 2009 byla početnost samic určena na 925 ks a početnost samců na pouhých 493 ks. Celkový počet ryb ve třecím hejnu v roce 2009 byl odhadnut na 1419 ks. Data pro rok 2010 nejsou bohužel k dispozici (nebylo pozorováno tření bolena). Po populačním minimu v roce 2009 začala početnost bolena stoupat. Početnost samic v roce 2011 byla 1312 ks a samců 711 ks. Celkový počet ryb ve třecím hejnu v roce 2011 byl 2023 ks. V roce 2012 byla početnost samců odhadnuta na 1685 ks a samic na 1686 ks. Celkový počet ryb ve třecím hejnu byl stanoven na 3370 ks. V roce 2013 byla celková početnost odhadnuta na 3060 ks. Početnost samců byla určena na 978 ks a samic na 2082 ks. Detailní pohled na početnost ryb v jednotlivých letech a konfidenční intervaly odhadu uvádí tabulka č. 2. Dále tabulka ukazuje počet označených ryb v jednotlivých letech (M), počet ulovených ryb příslušný pro ten, který odhad početnosti v úlovku (C) a počet znovu chycených ryb (R). Zároveň je uveden odhad proporce nových ryb tzn. těch, které nebyly pohlavně zralé v době značkování, tzv. doplněk třecího hejna, 0=0%, 1=100%) Zejména v roce 2012 mělo třecí hejno poměrně velký populační doplněk (samice 38%, samci 53%) a to spolu se slušným doplňkem z roku 2013 předznamenalo překročení celkové početnosti 3000 ks (Tab. 2).

Tab. 2. Odhady početnosti ryb ve třecím hejnu v jednotlivých letech na nádrži Želivka.

	M 2008	Úlovek 2009	Proporce doplňku	C 2009	R 08→09	Odhad N 2008 Konf. interval	Přežívání 08 - 09
samci	138	295	0,38	183	24	1052 727 - 1786	0,178
samice	78	215	0,39	131	14	731 476 - 1685	0,494
dohromady	216	510	0,385	314	38	1782 1338 - 2664	0,306
	M 2009	Úlovek 2011	Proporce doplňku	C 2011	R 09→11	Odhad N 2009 Konf. interval	Přežívání 09 - 11
samci	295	232	0,51	114	68	493 419 - 610	0,735
samice	215	141	0,42	82	19	925 653 - 1586	0,596
dohromady	510	373	0,465	195	87	1419 1002 - 2164	0,663
	M 2011	Úlovek 2012	Proporce doplňku	C 2012	R 11 →12	Odhad N 2011 Konf. interval	Přežívání 11 - 12
samci	232	166	0,28	120	39	711 566 - 952	0,663
samice	141	227	0,18	186	20	1312 896 - 2444	0,231
dohromady	373	393	0,23	306	59	2023 1560 - 2470	0,383
	M 2012	Úlovek 2013	Proporce doplňku	C 2013	R 12 →13	Odhad N 2012 Konf. interval	Přežívání 12 - 13
samci	195	386	0,53	181	21	1685 1146 - 3070	0,308
samice	242	382	0,38	237	34	1686 1247 - 2596	0,469
dohromady	437	768	0,455	418	55	3370 2611 - 4576	0,413
	M 2013	Úlovek 2014	Proporce doplňku	C 2014	R 13 →14	Odhad N 2013 Konf. interval	Přežívání 13 - 14
samci	386	308	0,35	200	79	978 835 - 1179	0,608
samice	382	162	0,26	120	22	2082 1502 - 3384	0,568
dohromady	768	470	0,305	320	101	3060 2144 - 3950	0,585

4.3 Odhad věkového složení třetího hejna

Na základě odebraných šupin bylo stanoveno věkové složení ryb ve vzorku. Věk zkoumaných ryb se pohyboval od 1+ do 13+. Do celkové analýzy nebyly zahrnuty ryby, které nevykazovaly známky výtěru. Většinou se jednalo o ryby první a druhé věkové kategorie.

V roce 2008 byl u samic nejvíce zastoupený věk 5+ a 6+ (obě po 9% počítáno z celkového počtu ryb ve vzorku), následovala sedmá věková skupina (5%) a nakonec čtvrtá (2%). Samci se nejvíce vyskytovali ve věku 5+ (31%) a 4+ (10%), následovala šestá a sedmá věková skupina (obě po 5%) a nakonec ryby ve stáří 3+ (1%). V roce 2008 se ve vzorku vyskytlo 30ks ryb, u kterých pohlaví nebylo zcela jasné, proto jsou zařazeny do kategorie „neznámé pohlaví“. V této kategorii převažovaly 5+ ryby (14%), následovala čtvrtá (7%) a šestá věková třída (3%). Detailní pohled na věkové složení v roce 2008 je uveden na obr. 9.

V roce 2009 byly samice nejpočetnější v páté (17%) a šesté (14%) věkové skupině, následovala čtvrtá (10%) a osmá věková skupina (4%), početněji zastoupena byla ještě sedmá věková skupina (3%). Nejmenší zastoupení měly samice ve stáří 9+ a 10+ (obě necelá 2%). Samci byli nejvíce zastoupeni ve čtvrté (23%) a páté věkové skupině (14%), početněji se nacházeli ještě v sedmé (6%) a šesté věkové skupině (3%). Nejméně byly zastoupeny věkové skupiny 3+ (2%), 8+ (1%) a 10+, kde bylo zastoupení pouze 0,5% (Obr. 10).

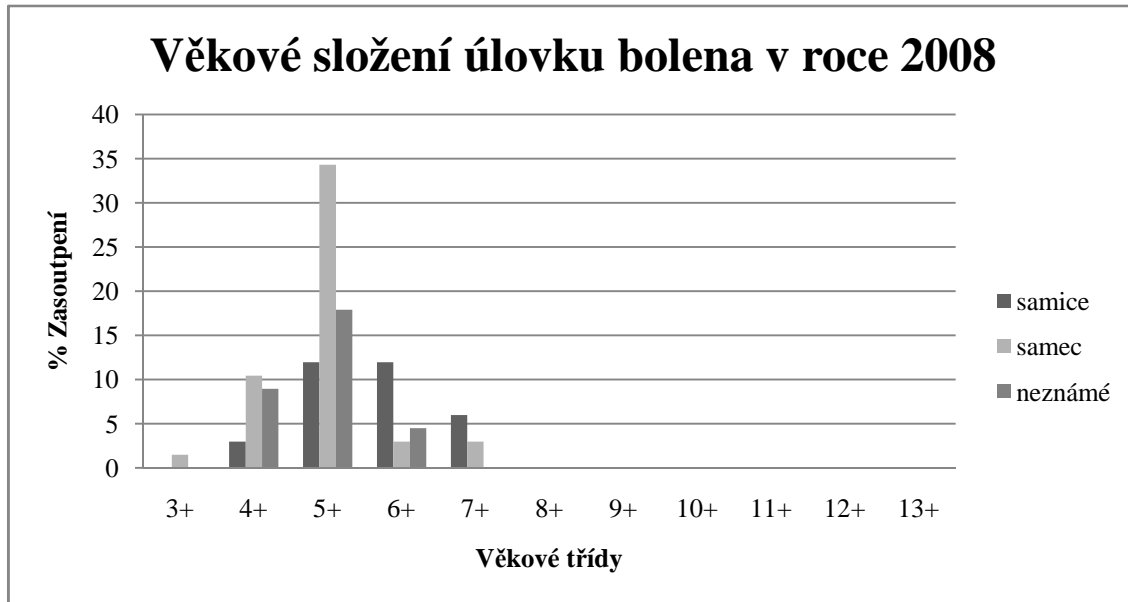
V roce 2011 bylo samic nejvíce v šestá (8%) a páté věkové skupině (5%), následovaly samice 7+ (4%) a 8+ (3%), nejméně zastoupeny byly samice ve čtvrté a deváté věkové třídě (obě 2%). Samci se nejvíce vyskytovali v páté (37%) a šesté (16%) věkové třídě, 11% byla zastoupena čtvrtá věková skupina. A v sedmé bylo zastoupení 6%. Nejméně ryb bylo zjištěno ve třetí a osmé věkové třídě (obě 2%) (Obr. 11).

V roce 2012 byla u samic nejzastoupenější osmá (15%) a sedmá věková skupina (11%), 10% zastoupení ještě dosáhla šestá věková kategorie. Následovala devátá (7%), pátá (5%) a jedenáctá věková skupina (3%). Čtvrtá věková skupina byla zastoupena 2% a nejméně samic bylo ve skupině 12+ a 13+ (obě kolem 0,5%). U samců byla nejběžnější šestá (14%) a pátá věková skupina (10%), dále se vyskytovala sedmá (9%), čtvrtá (5%) a osmá věková skupina (4%). Nejméně zastoupeny byly věkové kategorie 9+ (1%), 3+ a 10+ (obě 0,5%). Více viz obr. 12.

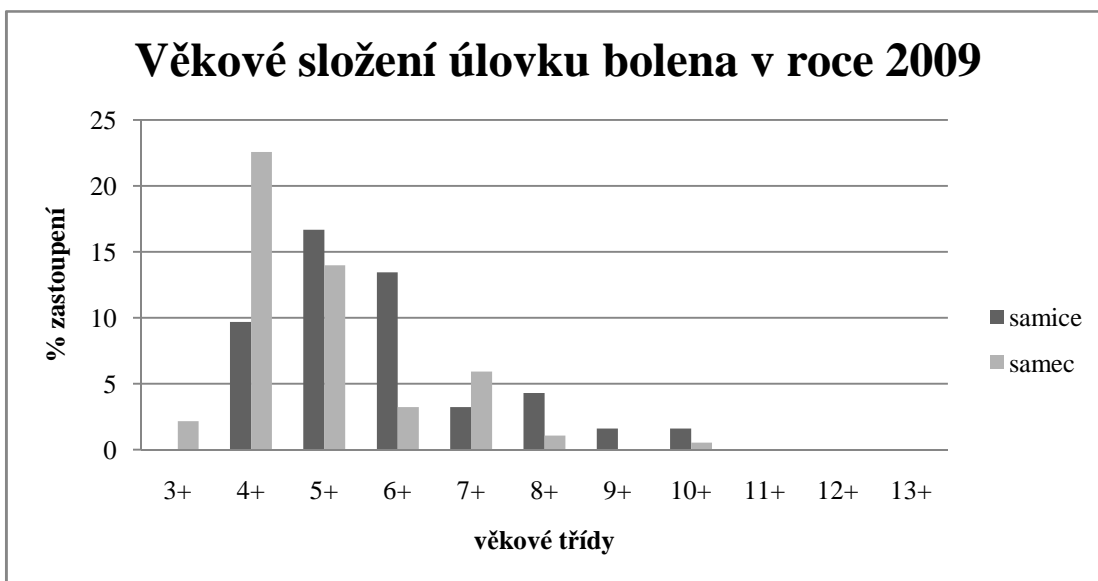
V roce 2013 byla u samic nejpočetnější pátá (9%), šestá (7%) a devátá (6%) věková skupina. Poměrně početná byla ještě i sedmá a osmá věková skupina, které tvořily 5 respektive 6% z celkové početnosti ulovených bolenů. Samci bolena byli nejvíce zastoupeni ve čtvrté věkové skupině (13%) a s přibývajícím věkem se jejich zastoupení plynule snižovalo. Pátá věková skupina tvořila 11%, šestá 9% a sedmá pouze 5% (Obr. 13).

V roce 2014 byla u samic nejpočetněji zastoupena šestá věková skupina. Tvořila celkem 8%, následována byla čtvrtou věkovou skupinou s 6% početností. Na hranici 5% se dostala ještě osmá věková skupina. Ostatní věkové skupiny měly pod 4% z celkové početnosti. Naproti tomu samci byli nejvíce zastoupeni v páté věkové skupině (17%). Čtvrtá a šestá věková skupina pak byla zastoupena 13 respektive 12%. Ostatní skupiny nedosahovaly ani 5% hranice (Obr. 14).

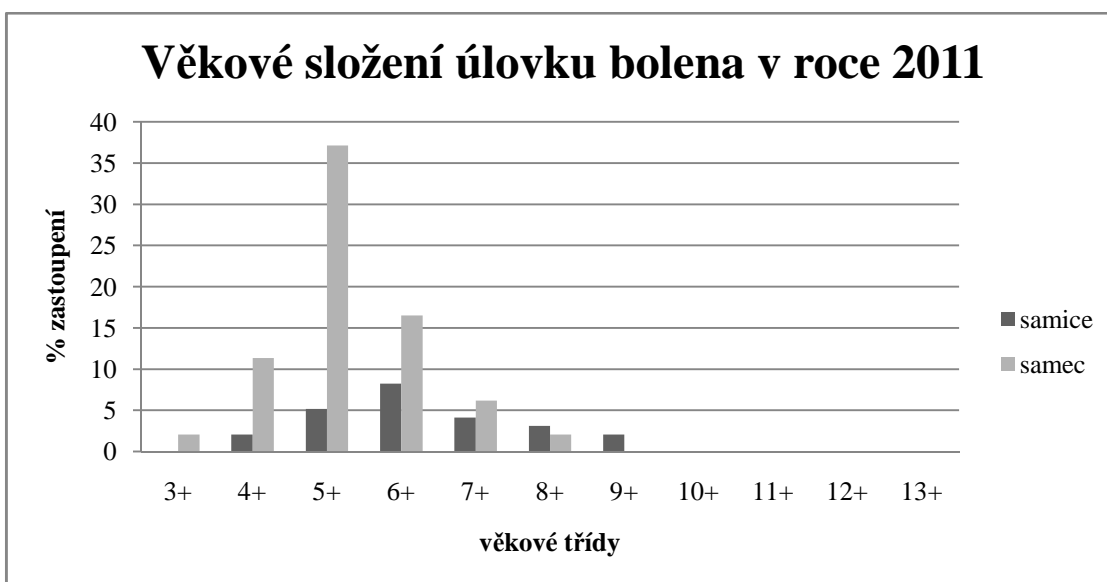
Průměrný věk na trdlišti ulovených ryb se u samic pohyboval mezi lety 2008 až 2014 v rozmezí 5,6 až 7,6 let. Průměrný věk samců byl v průběhu těchto let vyrovnanější než u samic a pohyboval se v rozmezí 4,9 až 5,9 let. Zároveň byla populace samců na trdlišti téměř o rok a půl mladší než populace samic (Obr. 15).



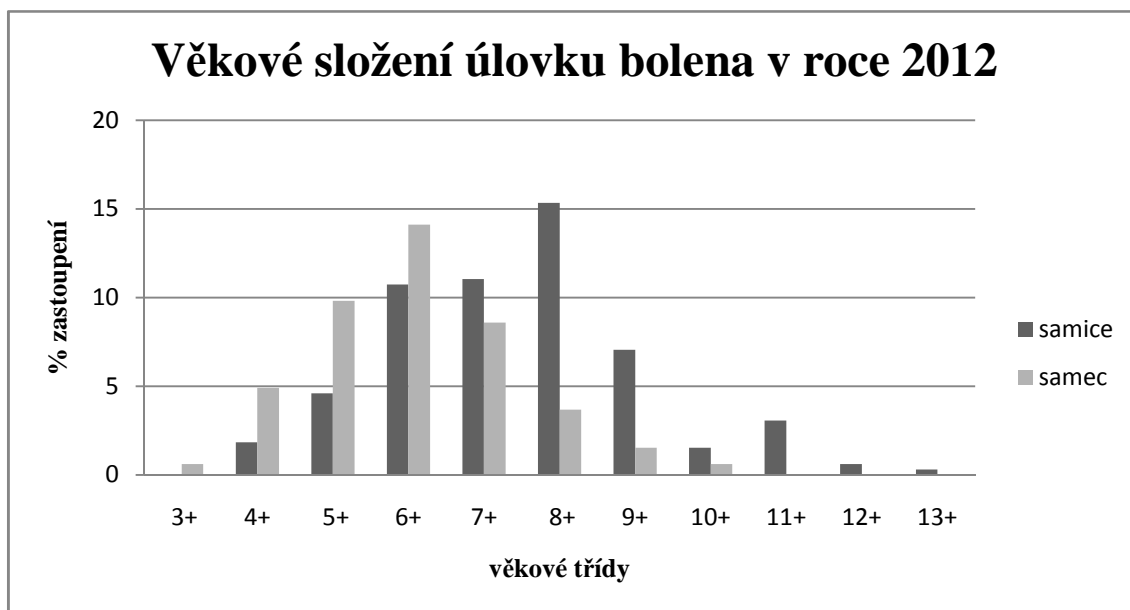
Obr. 9. Věkové složení úlovku třetího hejna bolena dravého v nádrži Želivka v roce 2008.



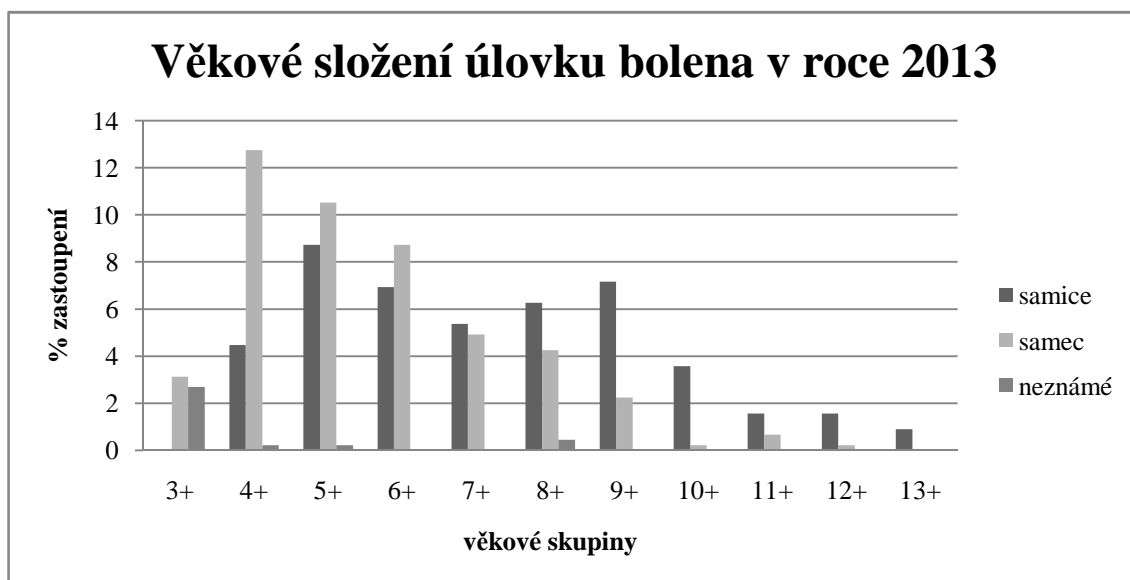
Obr. 10. Věkové složení úlovku třetího hejna bolena dravého v nádrži Želivka v roce 2009.



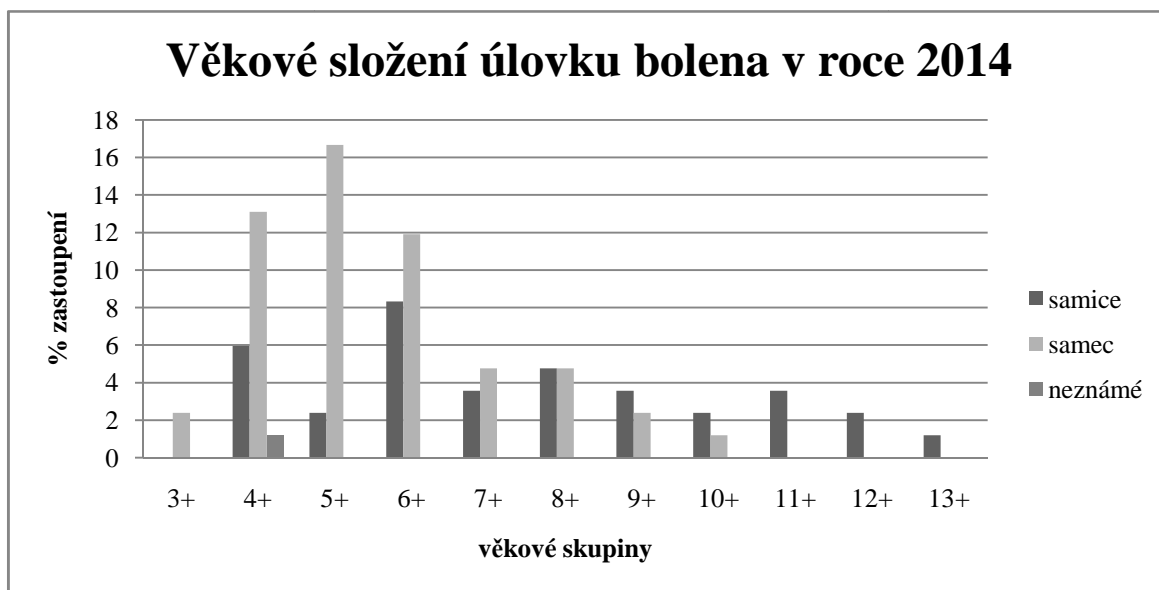
Obr. 11. Věkové složení úlovku třetího hejna bolena dravého v nádrži Želivka v roce 2011.



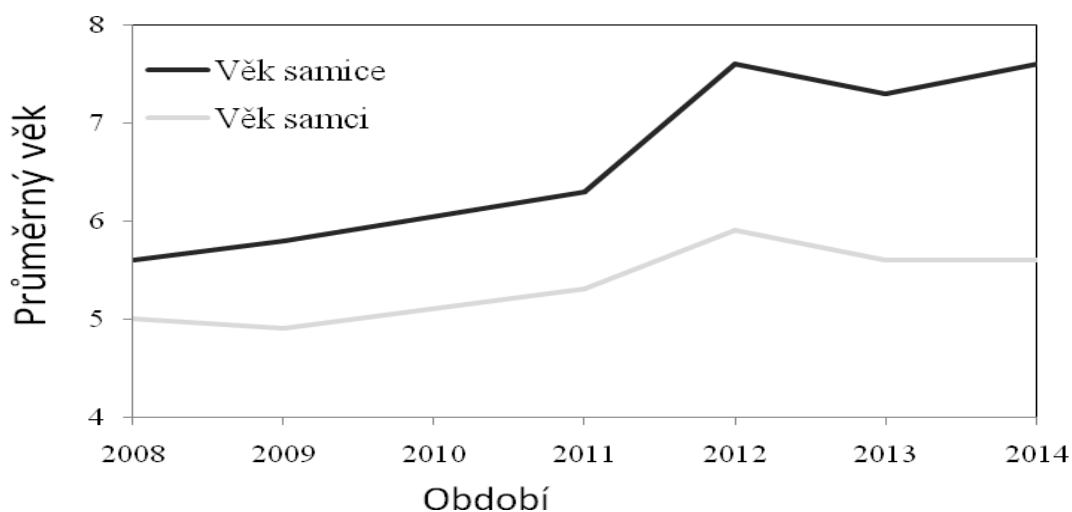
Obr. 12. Věkové složení úlovku třetího hejna bolena dravého v nádrži Želivka v roce 2012.



Obr. 13. Věkové složení úlovku třetího hejna bolena dravého v nádrži Želivka v roce 2013.



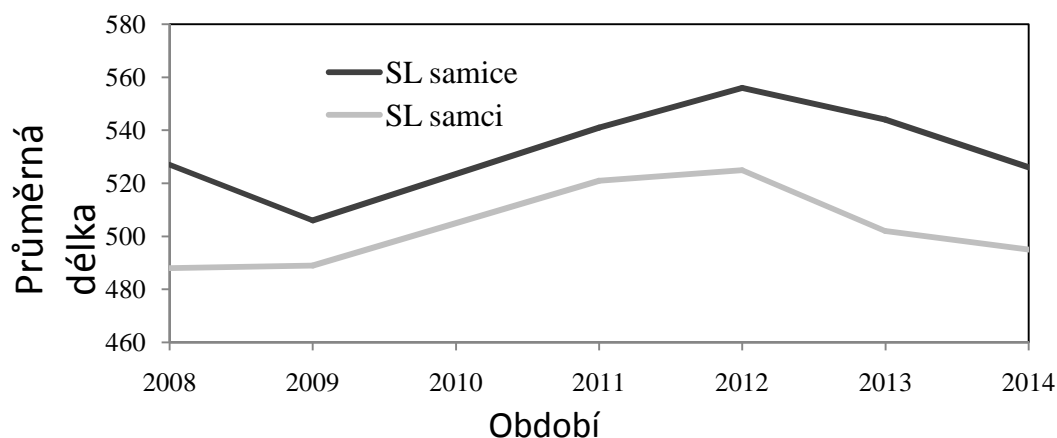
Obr. 14. Věkové složení úlovku třetího hejna bolena dravého v nádrži Želivka v roce 2014.



Obr. 15. Průměrný věk samců a samic v období 2008 až 2014.

4. 4 Odhad velikostních přírůstků třetího hejna bolena dravého

Průměrná velikost samic účastnících se reprodukce byla v letech 2008 až 2014 v rozmezí standardních délek 506 až 556 mm. Průměrná velikost samců byla v rozmezí standardních délek 488 až 525 mm (Obr. 16). Detailní pohled na velikostní složení samců a samic v jednotlivých letech je zobrazeno na obr. 17 až 22.



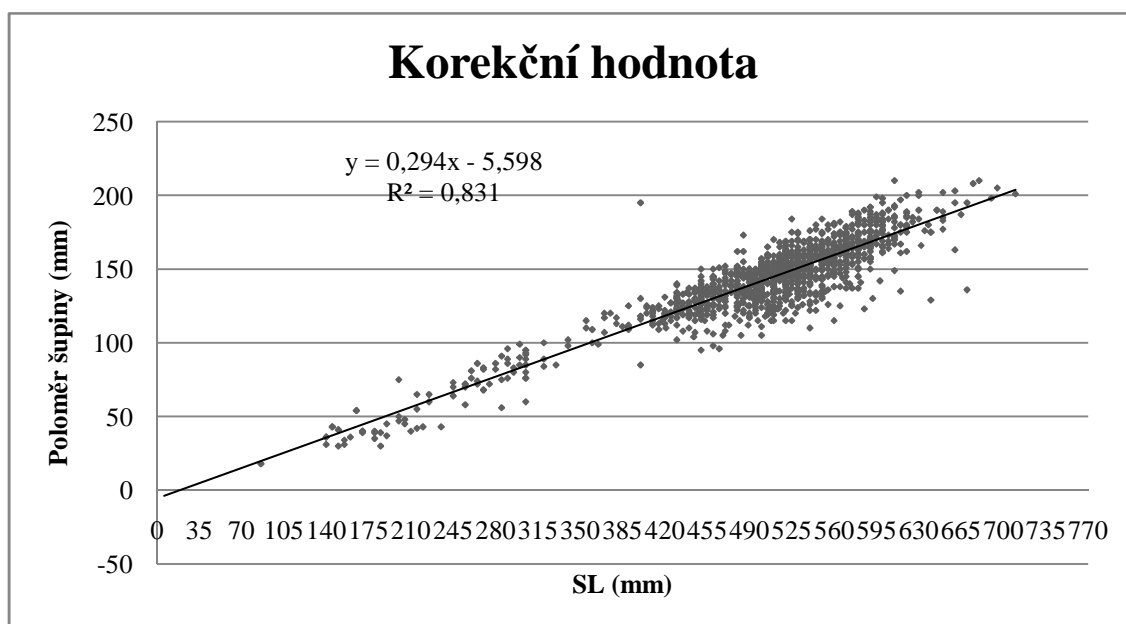
Obr. 16. Průměrná délka samců a samic v období 2008 – 2014.

Výpočet korekční hodnoty pro rekonstrukci velikostního přírůstku třoucíh se ryb byl proveden metodou regresní analýzy. Pro zpětný výpočet délky těla v předchozích letech byla zvolena korekční hodnota, která byla spočtena pro všechny ryby (Obr. 23). Rovnice vztahu mezi délkou těla a ventrodiagonálním poloměrem šupiny má následující tvar:

$$y = 0,2948 x - 5,5987$$

Hodnota korelačního koeficientu r pro tuto rovnici je:

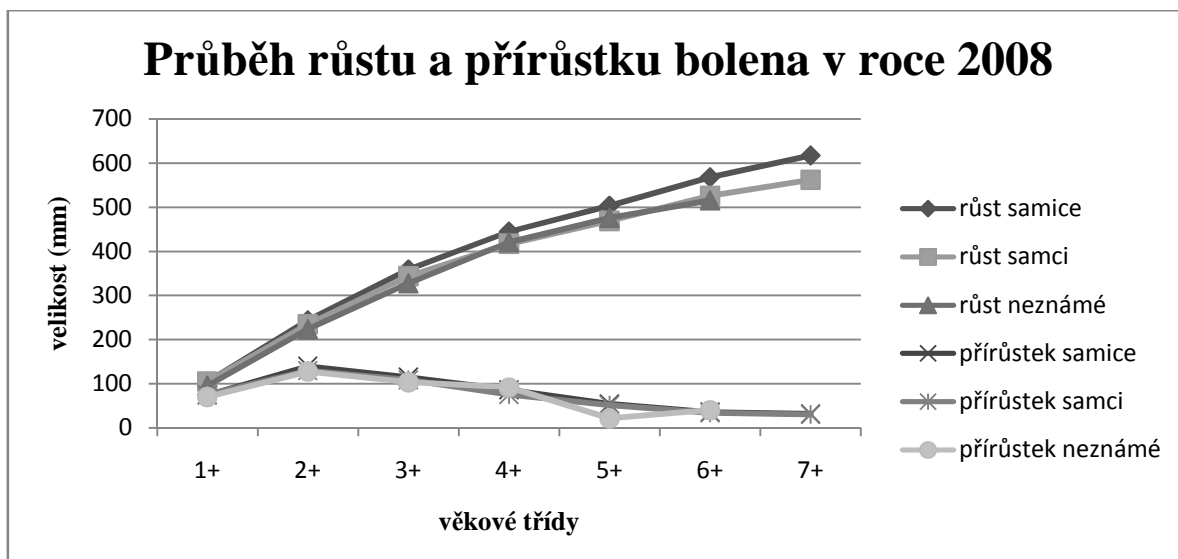
$$r = 0,8315$$



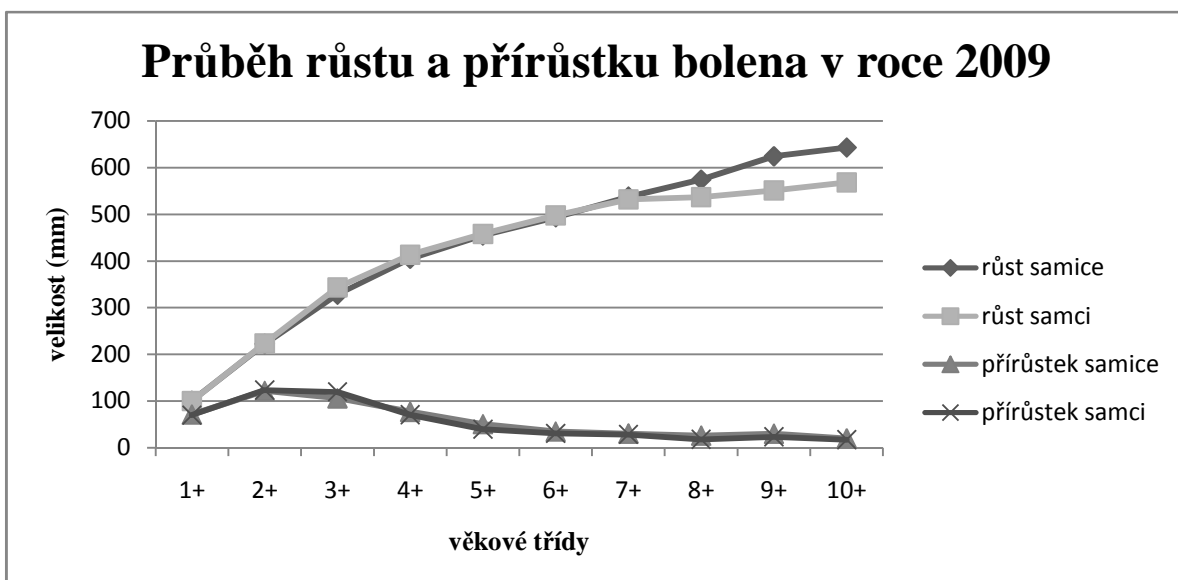
Obr. 23. Vztah ventrodiagonálního poloměru šupiny (S) při 17 násobném zvětšení k délce těla (SL) bolena dravého v ÚN Želivka v letech 2008 – 2012.

Průsečík s osou x může být považován za délku, při které se začínají tvořit šupiny. Metodou zpětného výpočtu byla u jednotlivých ryb rekonstruována délka těla v předchozích letech. Bolen v prvním roce dosahuje průměrné velikosti 100 mm. V druhé věkové skupině bolen přirůstá přibližně 120 mm a jeho délka se nejčastěji pohybuje okolo 220 mm. Ve třetí věkové skupině bolen průměrně přirůstá dalších 100 mm a jeho velikost se pohybuje okolo 320 mm. O rok později se přírůstek snižuje na 80 mm za rok a délka se pohybuje okolo 410 mm. V pátém roce se velikost nachází okolo 460 mm s průměrným přírůstkem 50 mm. Od šestého roku života se pak průměrný přírůstek pohybuje v rozmezí 20 – 30 mm. Detailnější pohled na průměrné hodnoty růstu bolena v jednotlivých letech jsou uvedeny v tabulkách 3 až 8 (viz příloha). Dále jsou v nich zobrazeny hodnoty absolutního přírůstku a hodnoty okamžitého růstového koeficientu. Průběh růstu samců a samic v průběhu života včetně jejich přírůstku v jednotlivých letech je zobrazen na obr. 24 až 29. Obr. 30 zobrazuje průběh růstu bolena dravého na ÚN Želivka za celé sledované období. Zpracovaný materiál byl porovnán s rychlostí růstu na jiných nádržích či řekách viz. tabulka 9.

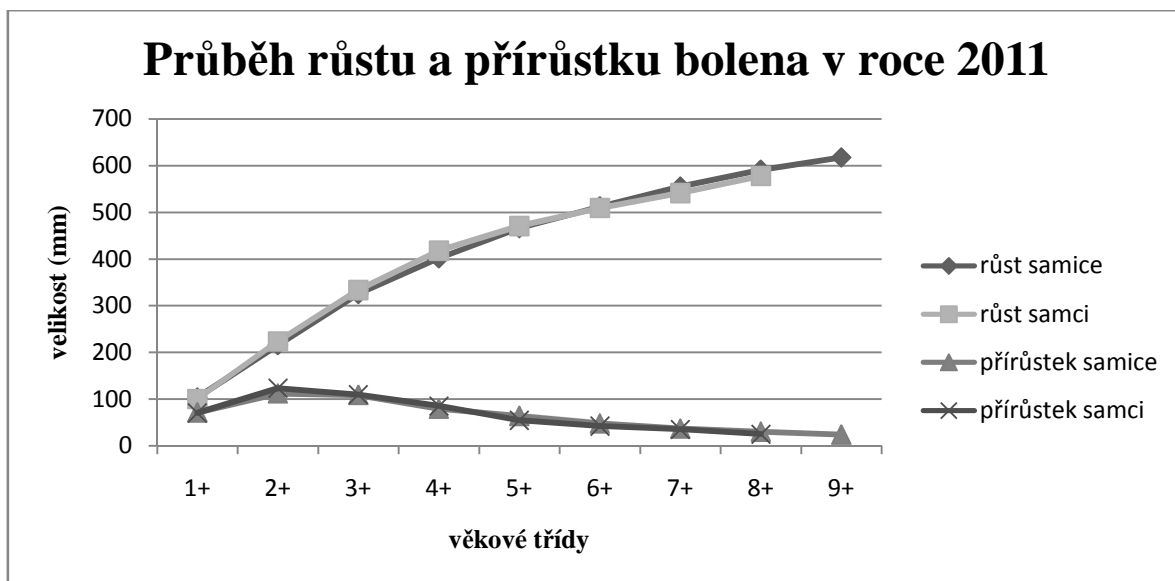
Díky individuálnímu označení ryb specifickými čipy v roce 2013 a zpětným ulovením části těchto ryb v roce 2014 bylo možné zjistit skutečný přírůstek bolena dravého za jeden rok přímou metodou zpětného odchyty. Kdy byla možnost chyby způsobená nepřesností měření minimální. Celkem se v roce 2014 podařilo ulovit 22 samic a 75 samců označených v roce 2013. Touto metodou bylo zjištěno, že je průměrný roční přírůstek pohlavně zralých ryb velmi nízký. Pohlavně zralé samice přirostou v průměru 36 mm za rok a samci 10 mm za rok (Obr. 31). Vzhledem k tomu, že přírůstek obou pohlaví je velmi nízký, vychází i statistické vyhodnocení rozdílu v růstu obou pohlaví statisticky výrazně neprůkazně: Kruskal-Wallisův test: $H(2; N=96) = 0,44$ $p = 0,5$.



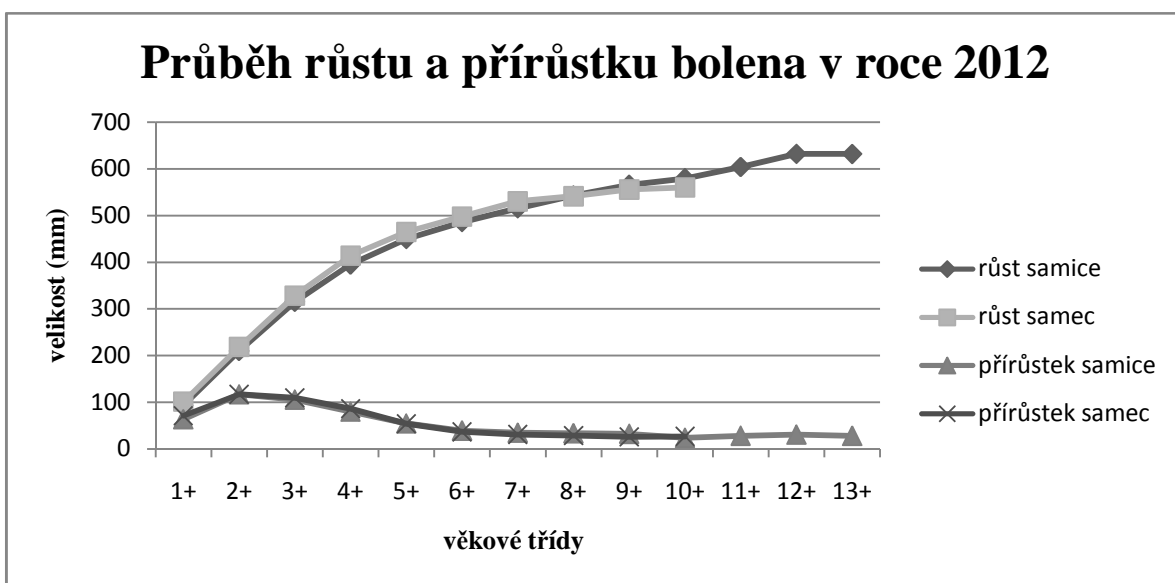
Obr. 24. Srovnání průběhu růstu a přírůstku bolena dravého v roce 2008.



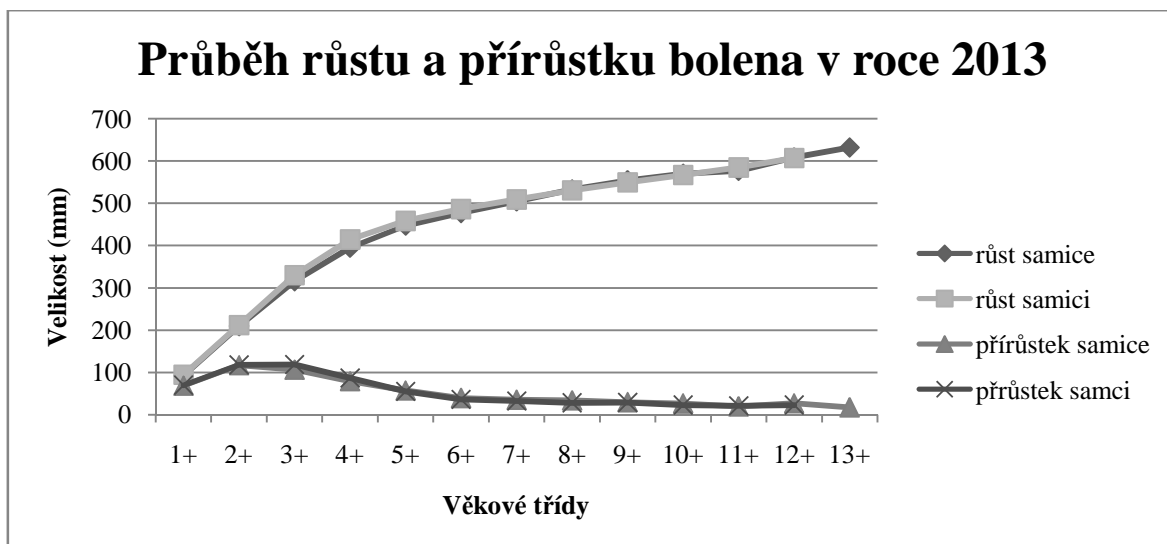
Obr. 25. Srovnání průběhu růstu a přírůstku bolena dravého v roce 2009.



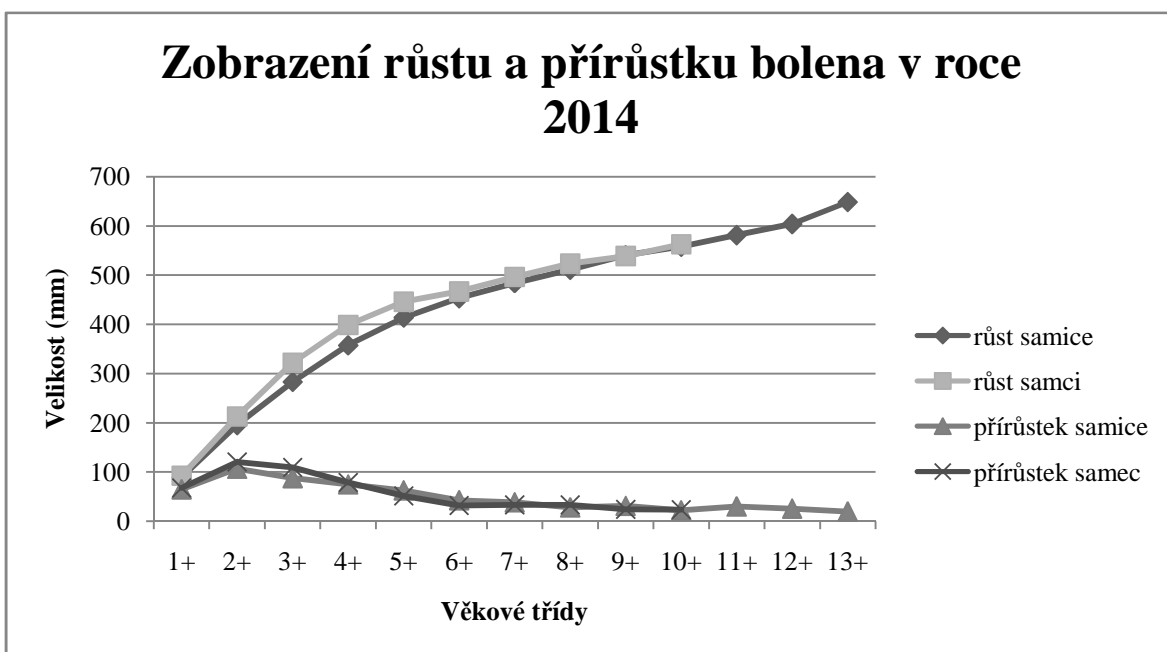
Obr. 26. Srovnání průběhu růstu a přírůstku bolena dravého v roce 2011.



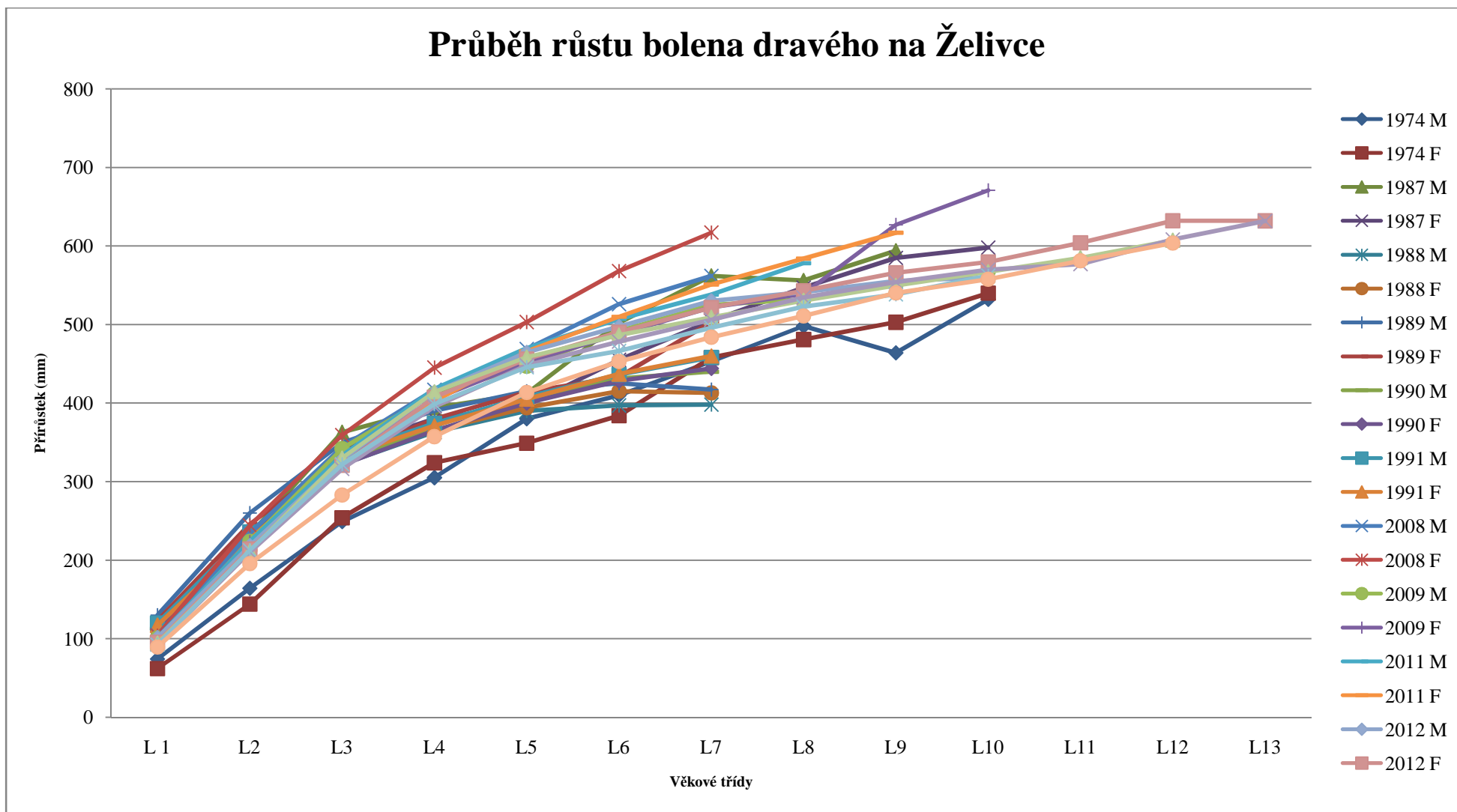
Obr. 27. Srovnání průběhu růstu a přírůstku bolena dravého v roce 2012.



Obr. 28. Srovnání průběhu růstu a přírůstku bolena dravého v roce 2013.



Obr. 29. Srovnání průběhu růstu a přírůstku bolena dravého v roce 2014.



Obr. 30. Srovnání průběhu růstu bolena dravého v ÚN Želivka v letech 1974 – 2014

Tabulka 9. Průměrné hodnoty růstu bolena dravého v ostatních nádržích, SL (mm).

Lokalita	N	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	Autor
Orlík 1983	114	78	165	253	366	413	485	-	-	-	-	-	-	-	Jaroň (1990)
Orlík 1985	30	92	200	290	382	442	515	570	-	-	-	-	-	-	Jaron (1990)
Slapy	45	107	165	212	281	362	433	506	-	-	-	-	-	-	Čihař (1960) cit. dle Jaroň (1990)
Želivka 1974	157	69	154	251	313	372	404	454	489	490	536	-	-	-	Vostradovský (1974)
Želivka 1987	357	111	232	359	392	408	476	524	550	587	598	-	-	-	Křížek a Vostradovský (osobní sdělení)
Želivka 1988	376	112	219	324	365	393	412	411	-	-	-	-	-	-	Křížek a Vostradovský (osobní sdělení)
Želivka 1989	628	130	259	348	389	415	426	423	-	-	-	-	-	-	Křížek a Vostradovský (osobní sdělení)
Želivka 1990	244	112	224	322	369	403	430	442	-	-	-	-	-	-	Křížek a Vostradovský (osobní sdělení)
Želivka 1991	260	118	230	332	372	406	437	459	-	-	-	-	-	-	Křížek a Vostradovský (osobní sdělení)
Dunaj (Bulharsko)	565	105	211	324	423	503	531	555	-	-	-	-	-	-	Marinov (1987) cit. dle Jaroň (1990)
Pierzchalski nádrž	218	135	208	275	341	402	448	487	522	552	583	612	641	-	Martyniak a Heese (1994)
Wisła	387	85	148	233	290	363	424	466	510	563	-	-	-	-	Backiel (1964) cit. dle Martyniak a Heese (1994)
Międzyodrze	225	86	181	272	350	415	472	513	547	563	604	-	-	-	Kompowski a Neja (2003)
Kurskij záliv	-	-	190	269	310	394	439	484	525	561	576	635	-	-	Gaigalas (1977) cit dle Kompowski a Neja (2003)
Delta Volhy	-	158	277	355	398	460	500	532	560	-	-	-	-	-	Fortunatova a Popova (1973) cit. Kompowski a Neja (2003)
Szczecin	233	89	175	268	344	404	458	498	543	572	591	610	623	642	Trzebiatowski a Leszczewicz (1976)

N-počet ryb, L₁, L₂...dosahovaná délka v roce.

4. 5 Délko – váhový vztah

Pro analýzu závislosti hmotnosti (W) na délce (L) ryb bylo použito celkem 707 ks bolena (Obr. 31). Vzhledem k tomu, že se ve vzorku nacházely především starší ryby, byly do analýzy zahrnuty také hodnoty mladších ryb, které pocházely z letních odlovů tenatními sítěmi. Výpočet jednotlivých koeficientů byl proveden metodou regresní analýzy. Koeficienty mají následující hodnoty:

$$a = 0,015347$$

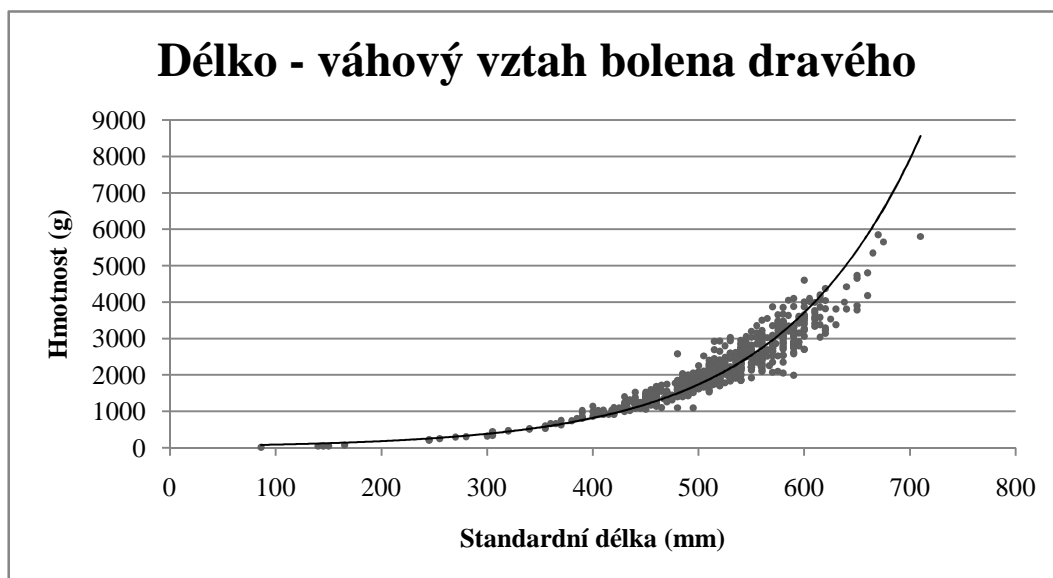
$$b = 3,1923$$

Rovnice vztahu mezi hmotností a délkou těla má tvar:

$$W = 0,015347 \cdot L^{3,1923}$$

Hodnota korelačního koeficientu pro tuto rovnici je:

$$r = 0,914$$



Obr. 31. Délko – váhový vztah bolena dravého v ÚN Želivka.

4. 6 Odhad významnosti vedlejších přítoků a hlavního přítoku ÚN Želivka pro rozmnožování bolena dravého

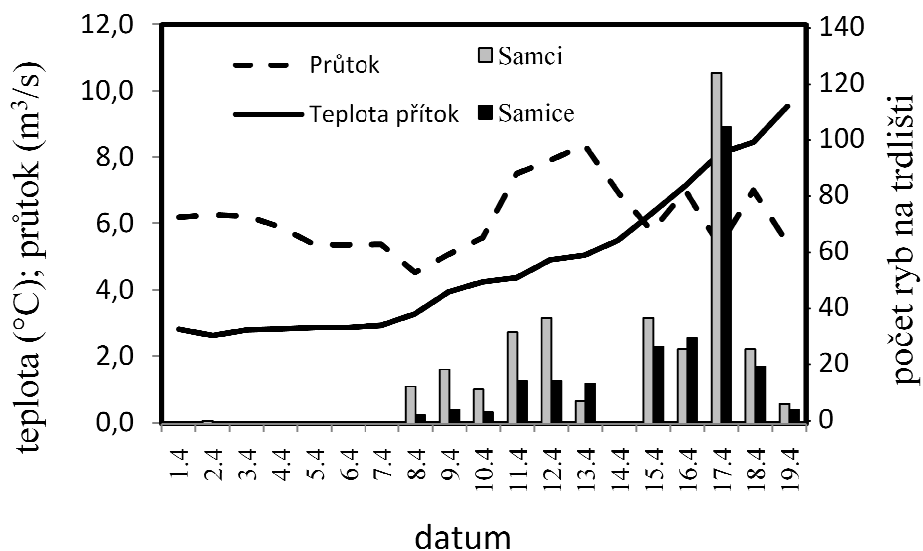
Ryby účastnící se reprodukce byly v letech 2013 a 2014 uloveny v hlavním přítoku nádrže Švihov, dále pak v Němčické a Martinické zátocy. V Blažejovické zátocy nebyli ani v jednom roce uloveni pohlavně zralí jedinci bolena dravého (Tab. 1). Velká část bolenů ulovených v Martinické zátocy se reprodukce neúčastnila. Jedinci, kteří byli k reprodukci připraveni, byli vždy uloveni poměrně daleko od ústí Martinického potoka (600 m a dále). Z těchto údajů je vyplývá, že se zde tyto ryby zdržovaly pouze těsně před a po reprodukci, v hlavním přítoku Želivky a v Martinickém potoce tedy k reprodukci bolena vůbec nedochází. Této skutečnosti nasvědčuje i úlovek čipovaného samce bolena, který byl uloven v termínech 27. 3., 31. 3. a 1. 4. v oblasti hlavního přítoku a 2. 4. již ke konci reprodukčního období byl uloven v oblasti Martinické zátoky.

4. 7 Pravděpodobný výskyt dvou zcela oddělených populací bolena dravého na nádrži Želivka

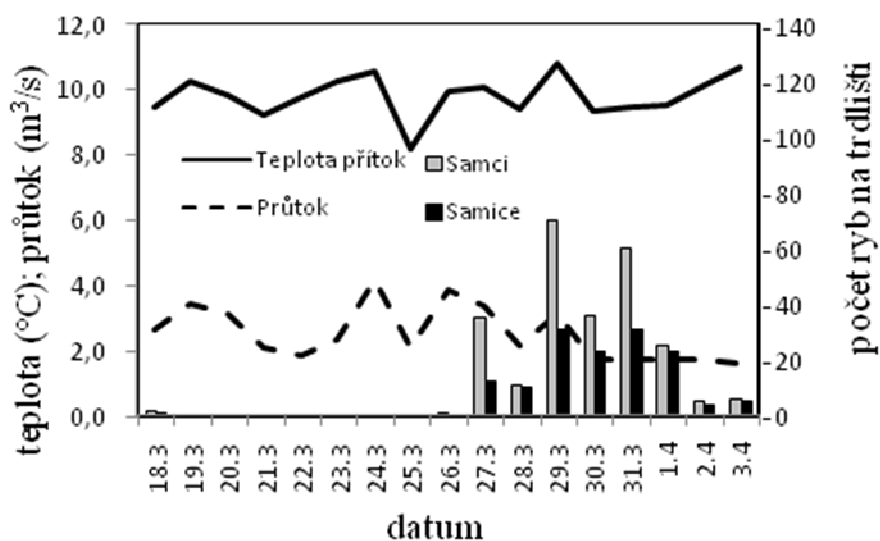
V oblasti Němčické zátoky bylo v roce 2013 uloveno celkem 13 reprodukcí se jedinců bolena a v roce 2014 pak 19 jedinců. Žádný z těchto jedinců však nenesl na žádné z ploutví značku z let 2008, 2009, 2011 a 2012, kterými byly v těchto letech opatřeni boleni ulovení při reprodukci v hlavním přítoku. Zároveň se v roce 2014 neobjevil žádný čipovaný bolen z hlavního přítoku v úlovcích v Němčické zátocy a naopak. V Němčické zátocy byli uloveni v roce 2014 pouze dva jedinci bolena (samec a samice) nesoucí čip z roku 2013 a oba tyto jedinci byli v předchozím roce uloveni a očipováni právě v oblasti Němčické zátoky.

4. 8 Vliv abiotických faktorů na reprodukci bolena dravého

Vzhledem k velmi dlouho trvající zimě v roce 2013 se boleni začali houfovat ke tření v přítocích nádrže přibližně o 14 dní později než v předchozích letech. Nicméně i přesto byli první boleni v hlavním přítoku nádrže uloveni již 8. dubna, kdy teplota vody v přítoku byla pouhých 3,3 °C a velká část nádrže byla ještě pokryta ledem. Při vrcholu tření pak byla teplota vody v hlavním přítoku nádrže 6,8 – 8,9 °C. V tomto roce docházelo v průběhu reprodukce k postupnému nárůstu jak teploty vody, tak vzduchu a zároveň následovala řada teplých slunečních dní. Na tento jev boleni velmi pozitivně reagovali výrazným nástupem do vrcholu své reprodukce v termínu 17. 4. a poté poměrně rychlým reprodukčním útlumem (Obr. 32). V roce 2014 byla naopak zima mnohem mírnější a první boleni byli v oblasti hlavního přítoku uloveni již 18. 3. Nicméně vzhledem k ustálenému počasí a prakticky stagnujícím teplotám nastoupili boleni do reprodukce v tomto roce již v termínu 27. 3. Celý průběh reprodukce byl po několik dní spíše vyrovnaný s nepříliš výraznými vrcholy v termínech 29. a 31. 3. Vzhledem k mírnější zimě se teplota v průběhu celé reprodukce pohybovala okolo 10 °C a nebyla tak řídicím faktorem majícím hlavní vliv na reprodukci bolena. V roce 2014 podmínky prostředí pravděpodobně již s předstihem naplnily bolení požadavky na reprodukci, a tak ryby pouze čekaly na dozrání svých gonád, aby se reprodukce mohly zúčastnit. Z tohoto důvodu měla reprodukce v roce 2014 mnohem mírnější průběh nežli v roce 2013 (Obr. 33).



Obr. 32. Počty samců a samic bolena dravého na trdlišti v roce 2013 v reprodukčním období a průběh teploty vody a průtoku vody v tomto období.



Obr. 33. Počty samců a samic bolena dravého na trdlišti v roce 2014 v reprodukčním období a průběh teploty vody a průtoku vody v tomto období.

5. Diskuze

Odlov bolena dravého probíhal v reprodukčním období v letech 2008 až 2014. V letech 2008 - 2012 jsme při načasování odlovů vycházeli z informací pracovníků firmy Perca. V roce 2010 nebyl výtěr bolena dravého na Želivce pracovníky firmy PERCA detekován a odlovy se neuskutečnily. Výtěr pravděpodobně proběhl v delším časovém horizontu, kdy boleni na trdlišťe vytahovali po menších skupinách podobně jako v roce 2014 (Obr. 26). Pozvolný nástup do reprodukce v těchto letech byl pravděpodobně způsoben pozvolným nástupem jara, kdy nedošlo k prudkému nárůstu teploty vody, která boleny k reprodukci stimuluje. Nižší výpovědní hodnotu mají i data z roku 2008, kdy nefunkční technika zapříčinila, že bylo odchyceno menší množství ryb.

Velmi studené jaro v roce 2013 a naopak neobvykle teplé jaro v roce 2014 dokazují, že předchozí výsledky Vostradovského (1974), Váši a Vostradovského (1979), Křížka a Vostradovského (2002), že se bolen na Želivce vytírá při teplotě 6–8 °C, nejsou zcela přesné. V roce 2013 se totiž boleni začali objevovat na trdlišťi již při teplotách vody pouhé 3 °C (Obr. 25). V období, kdy se teplota vody pohybovala okolo 4–5 °C, se již boleni aktivně vytírali. Naopak v roce 2014 probíhala reprodukce bolena na nádrži Želivka až v období, kdy teplota vody v přítoku dosahovala hodnot 9–11 °C. Skutečnost, že počasí a teplota má zásadní vliv na průběh reprodukce bolena, byla patrná i z odlovů v dřívějších letech. V roce 2008, 2009 a 2011 bylo hezké a slunečné počasí. Tření v těchto letech proběhlo v relativně krátkém časovém úseku asi jednoho týdne. Vliv počasí na tření bolenů dokazuje i odlov z roku 2011. Zatímco v dopoledních hodinách jsme ještě ulovili větší množství ryb, odpoledne došlo po přechodu studené fronty k výraznému úbytku bolenů na trdlišťi. V roce 2012 bylo po většinu tření oblačno se slabými přeháňkami, což způsobilo, že boleni vyplouvali ke tření spíše po menších skupinách v delším časovém horizontu.

Teplota vody na hlavním přítoku do nádrže Želivka je velmi ovlivňována typem vypouštěné vody z výše položené nádrže Trnávka a může se tak během dne výrazně lišit. Dne 13. 4. 2012 byla v dopoledních hodinách z Trnávky vypouštěna spodní chladnější voda, proto jsme boleny zaznamenávali především ve spodní části v oblasti „kostek“. V odpoledních hodinách se zvýšil průtok i teplota vody, což mělo za následek hromadný přesun ryb do přítokové části.

Z terénních pozorování, provedených v letech 2008 až 2014, lze tedy vyvodit závěr, že pro hromadný výtěr v krátkém časovém období je po končící zimě potřebný nástup teplého a slunného počasí, které výrazně zvýší teplotu vody.

Celkový poměr pohlaví bolena na trdlišti byl téměř vždy ve prospěch samců v průměrném poměru 1,25:1. Pouze v roce 2012 bylo ve vzorku vyšší zastoupení samic. Křížek a Vostradovský (2002) uvádějí, že poměr pohlaví v letech 1972 – 1973 byl 4:1 a 9:1 s dominancí samců. V pozdějších letech se poměr pohlaví třetího hejna pohyboval v hodnotách od 2,8:1 do 20:1 vždy s dominancí samců. Hodnoty velmi vysokého zastoupení samců v těchto studiích jsou pravděpodobně způsobeny skutečností, že odlovy byly prováděny pouze po část reprodukčního období, jelikož poměry pohlaví v jednotlivých dnech se poměrně výrazně liší (Obr. 25 a 26). Z let 2013 a 2014, kdy byly odlovy bolena prováděny po celou dobu reprodukce vyplývá, že samců se na trdlišti skutečně vyskytuje více a po delší časový úsek, nicméně převaha samců je patrná převážně na počátku reprodukčního období. Koncem reprodukčního období se zmiňovaný poměr postupně ztrácí až je poměr samců a samic téměř vyrovnaný (Obr. 25 a 26). Al-Saleh a kol. (2012) uvádějí celkový poměr pohlaví 1:1. Jejich studie je však zaměřena na celou populaci a ne na třetí hejno.

Převaha samců se projevuje především v mladších věkových skupinách 3+, 4+ a 5+. Stejný trend je možné sledovat i ve výzkumu Křížka a Vostradovského (Obr. 6 a 7). Tento fakt ukazuje na rychlejší dospívání samců, které je patrně dáno nižšími energetickými nároky na tvorbu pohlavních produktů. Při rozmnožování se u samců uplatňují i menší jedinci. U samic platí pravidlo, že plodnost roste s velikostí těla. Vstupují proto do reprodukce o něco později než samci. Dřívější vstup samců do rozmnožování také pravděpodobně způsobuje vyšší aktivitu metabolismu a následně menší zastoupení ve starších věkových skupinách. Nejmenší ulovený samec, který vykazoval známky tření, měřil 370 mm a nejmenší samice 380 mm. Křížek a Vostradovský (nepubl.data) uvádějí velikost nejmenšího samce 350 mm a samice 370 mm. Můžeme tedy usuzovat, že minimální velikost potřebná ke vstupu do reprodukce se pohybuje v rozmezí 350 až 370 mm.

V letech 2013 a 2014 byl proveden komplexní průzkum reprodukce bolena na nádrži Želivka. V tomto období jsme transportovali několik jedinců z hlavního přítoku do Němčické zátoky a naopak. Výsledkem toho bylo zjištění, že bolen dravý využívá ke své reprodukci stále stejné lokality. Je tedy velmi pravděpodobné, že k reprodukci bolena na nádrži Želivka dochází pouze v hlavním přítoku a dále v Němčické zátoce, přičemž populace bolena reprodukcující se na druhé zmiňované lokalitě bude výrazně menší (přibližně 80 jedinců). Existence bolení populace na nádrži Želivka je tedy více méně závislá na možnosti reprodukce bolena v hlavním přítoku této nádrže. Němčická zátoka má z hlediska příspěvku do celkové početnosti bolena v nádrži Želivka prakticky zanedbatelný význam.

Význam lokality ústí Němčické zátoky však spočívá ve fenoménu reprodukčně zcela oddělené populace (takzvané subpopulace) bolena dravého na této nádrži. Tato subpopulace pravděpodobně geneticky vůbec nekomunikuje se zbytkem bolení populace nádrže Želivka třecí se v hlavním přítoku. Zároveň prokazuje takzvaný „homing“, tedy věrnost reprodukční lokalitě.

Z výše uvedeného vyplývá, že v nádrži Želivka se velmi pravděpodobně vyskytují dvě oddělené populace bolena dravého, které se mezi sebou navzájem nerozmnožují. Tato teorie byla dále ověřena testem, zda se část očípovaných bolenu, ulovených v hlavním přítoku a převezených do Němčické zátoky po několika dnech opět objeví v úlovcích v hlavním přítoku. Stejný test byl proveden i pro část ryb ulovených v Němčické zátoce. Z hlavního přítoku bylo tedy do Němčické zátoky převezeno celkem 14 bolenu. Dva z nich byli již za tři dny chyceni opět v oblasti hlavního přítoku. Z Němčické zátoky bylo do hlavního přítoku převezeno celkem 9 jedinců bolena, z nichž byl jeden za čtyři dny opětovně chycen v oblasti Němčické zátoky. Žádný z přetransportovaných jedinců nebyl následující dny po transportu opětovně uloven na nové lokalitě. Tento test byl sice proveden na velmi omezeném počtu ryb, nicméně jeho výsledky silně podporují teorii dvou reprodukčně oddělených populací bolena na nádrži Želivka a věrnost bolena své reprodukční oblasti. Konečné potvrzení bude možné až po provedení genetické analýzy vzorku ploutví bolena z obou populací, které byly v terénu odebrány na jaře roku 2014.

Šupiny bolena dravého se v prvních letech života díky své velikosti a rychlému růstu vyznačují relativně dobrou čitelností. Problém s čitelností však nastává u ryb starších než cca 6 let, jelikož růst ryb se v tomto období života velmi zpomalí a jednotlivé anuly jsou z tohoto důvodu špatně čitelné. Navíc výskyt tzv. „juvenilních“ nebo „třecích“ anulů může zásadním způsobem ovlivnit určení stáří ryby. Juvenilní anuly se vyskytují u ryb, které přejdou ještě v prvním roce na dravý způsob života, čímž zrychlí svůj růst. Za juvenilní anulus byl považován takový, který se nacházel do 12 mm od středu šupiny (při použitím zvětšení 17x). Při zpětném výpočtu se délka těla pohybovala okolo 60 – 70 mm. Přesnost určení věku ovlivňovaly také třecí, neboli dvojité anuly. Tyto anuly se vyskytovaly přibližně od čtvrtého věku života. Třecí anulus je umístěn před pravým anulem, jelikož výtěr bolena probíhá v období, kdy dochází k tvorbě anulu. Martiniak a Heese (1994) pro rozlišení třecích anulů doporučují detailní průzkum šupiny v kaudální části. Zde většinou dochází ke splynutí třecího a pravého anulu v jeden.

Při detailním rozboru anulů na šupinách, byl především u samic patrný zajímavý trend. Po dosažení pohlavní zralosti se vyskytovalo 4 až 5 ročních značek ve velmi podobných

intervalech. V těchto letech se přírůstek pohyboval okolo 20 mm/rok. Následující anulus byl však vzdálen o něco více než předchozí a přírůstek se pohyboval okolo 35 mm. Tento trend lze vysledovat asi u 65 % samic starších 8 let. Výraznější přírůstek by mohl ukazovat na to, že u samic pravděpodobně dochází k 4 až 5 pravidelným výtěrům a poté nejspíš tření vynechávají. U samců se přírůstky zdají být mnohem vyrovnanější a nevykazují takové změny. To je zřejmě způsobeno tím, že do samotných gonád nemusejí investovat takové množství energie a mohou se tedy reprodukce účastnit každým rokem.

Pro zpětný výpočet délky těla v předchozích letech byla metodou regresní analýzy určena korekce, jejíž hodnota je 29,71 mm. Studie odhadující průměrnou délku těla, při které se začínají objevovat šupiny, jsou poměrně vzácné. Kompowski a Neja (2003) udávají hodnotu 13,81 mm. Tato hodnota se zdá být velmi nízká vzhledem k tomu, že Kaukoranta a Pennanen (1990) popisují délku při kulení plůdku 10 mm. Oproti tomu Martiniak a Heese (1994) uvádějí hodnotu, při níž se začínají objevovat šupiny okolo 20 mm. Jaroň (1990) uvádí velikost 18 mm. Patrně nejpřesnější hodnotu můžeme získat z práce Drozda (2006). Ten se zabýval vývojem pharyngeální oblasti a požerákových zubů larválních stádií bolena dravého na vodárenské nádrži Želivka. Drozd uvádí, že šupiny se začínají vytvářet na ocasním násadci v šestém stádiu juvenilní periody při délce 22,5 – 22,7 mm. Vysoká hodnota korekce, kterou jsme při našich odchycích získali, je patrně dána tím, že poměr byl stanoven především ze starších ryb.

Většina autorů (Vostradovský 1974; Martiniak a Heese 1994; Křížek a Vostradovský 2002) uvádí stejnou rychlost růstu pro samce i samice. Backiel (1964) a Gaigalas (1977) uvádějí odlišnou růstovou rychlost pro jednotlivá pohlaví. Nicméně rozdíly v růstu samců a samic jsou velmi malé a statisticky neprůkazné. Jak je patrné z obr. 16 až 21, ani u našich dat se nevyskytovaly velké rozdíly v rychlosti růstu samců a samic a většinou se rychlost růstu lišila pouze u několika věkových skupin. V roce 2008 byla rychlost růstu mezi pohlavími srovnatelná s minimálními rozdíly, u starších ryb vykazovaly samice mírně rychlejší tempo růstu ($P = 0,0449$; $t = 2,064$; $df = 43$). V roce 2009 vykazovali samci rychlejší růst než samice ve třetí věkové skupině ($P = 0,0058$; $t = 2,792$; $df = 184$). V roce 2011 dosahovali samci vyššího přírůstku oproti samicím ve čtvrté věkové skupině ($P = 0,0071$; $t = 2,752$; $df = 93$). V roce 2012 vykazovali samci vyšší rychlost růstu především ve čtvrté ($P = 0,0029$; $t = 3,003$; $df = 274$) a v páté věkové skupině ($P = 0,0302$; $t = 2,180$; $df = 252$). V roce 2013 byl zaznamenán rychlejší růst u samců ve třetí věkové skupině ($P = 0,0027$; $t = 3,022$; $df = 419$), čtvrté ($P = 0,0001$; $t = 3,871$; $df = 405$) a v páté věkové skupině ($P = 0,015$; $t = 2,446$; $df = 328$). V roce 2014 vykazovali opět samci rychlejší růst než samice

ve třetí věkové skupině ($P = 0,0016$; $t = 3,271$; $df = 78$), dále pak ve čtvrté ($P = 0,0003$; $t = 3,797$; $df = 76$) a také v páté věkové skupině ($P = 0,0044$; $t = 2,961$; $df = 60$). Z těchto výsledků je patrné, že v prvních dvou letech života jsou rozdíly v rychlosti růstu naprosto minimální. Oproti tomu ve třetím až pátém roce života samci vykazují o něco rychlejší tempo růstu než samice. Vyšší rychlost růstu samců v tomto období by mohla být dána tím, že nemusejí investovat tolik energie do tvorby pohlavních produktů. Po dosažení pohlavní dospělosti se však rozdíly v rychlosti růstu mezi oběma pohlavími postupně snižují. Naopak od osmé věkové třídy vykazují samice vyšší rychlost růstu než samci. To však nebylo ani u jednoho roku statisticky průkazné. V celkovém pohledu jsou rozdíly v rychlosti růstu mezi pohlavími velmi malé, což ostatně dokazují i výsledky z přímého pozorování v roce 2014 (obr. 31). Přímé pozorování zároveň potvrzuje vyšší přírůstky u samic ve starších věkových třídách.

Rychlost růstu bolena dravého v ÚN Želivka za celé studované období vykazuje velmi podobný trend. Pomalejší růst můžeme sledovat u ryb z roku 1974. Tito boleni pocházejí ještě z původní říční populace a růst je u nich výrazně pomalejší. V ostatních letech můžeme pozorovat, že do třetího roku života je rychlost růstu téměř totožná. Z detailního pohledu je však patrné, že boleni pocházející z let 1988 až 1991 vykazují menší přírůstky po čtvrtém roce života, zatímco ryby pocházející z let 2008 až 2014 prokazují pomalejší trend v ubývání přírůstku a jejich růstová křivka se ohýbá pomaleji (Obr. 22). Pomaleji klesající přírůstky v posledních letech zřejmě souvisejí se zvyšující se úživností nádrže.

Při srovnání rychlosti růstu bolena z ÚN Želivka s ostatními nádržemi vychází rychlost růstu želivských bolenu jako průměrná. Vyšší rychlost růstu zaznamenaly pouze Fortunatova a Popova (1973) na řece Volze. Naopak pomalejší tempo růstu můžeme pozorovat v Polsku na řece Visle (Backiel 1964) a také v nádržích Szczecin (Trzebiatowski a Leszczewicz 1976) a Miedzyodrze (Kompowski a Neja 2003). Pomalejší tempo můžeme sledovat i v prvních třech letech na ÚN Orlík (Jaroň 1990).

Tabulka 2. ukazuje poměrně rychlou populační dynamiku bolena. Doplněk třetího hejna se většinou pohyboval v rozmezí čtvrtiny až poloviny hejna. Což je poměrně hodně, zejména v porovnání s dřívějšími informacemi Křížka a Vostradovského (2002) dokládajícími cyklické výkyvy síly ročníků, kdy silné ročníky neumožňují populační doplněk po řadu let. Míra přežívání dospělých ryb se zdá být v průměru nižší, než se u velkých predátorů předpokládá (Tab. 2). Výjimkou je dobré přežívání přes dva roky 2009-11. Vysoká míra mortality, která se pohybuje okolo 0,4 je velkou záhadou. Vzhledem k tomu že dospělý bolen

má jen minimum přirozených nepřátel a výlovová mortalita může být v tomto případě považována za nulovou.

Poměry pohlaví v odhadech početnosti se velmi široce pohybují kolem rovnosti (1:1). Poměry pohlaví odhadnuté metodou mark-recapture by měly lépe reflektovat poměr pohlaví než přímé úlovky na trdlištích, neboť ty jsou ovlivněny teritorialitou samců a jejich delším pobytem na trdlištích ve srovnání se samicemi.

V roce 2014 bylo na hlavním přítoku instalováno od 1. 4. do 6. 4 snímací zařízení, které umožnilo sledovat chování značených bolenu na trdlišti. Celkem bylo zaznamenáno 563 průplavů od 81 značených ryb v sledovaném období. Z čehož bylo 29 samic a 52 samců. Nejaktivnější samec měl celkem 46 záznamů během 9 dní. Další 4 samci se dostali přes hranici 20 záznamů. Průměrně bylo zaznamenáno 9 průplavů/samce. Za předpokladu, že se samci od prvního ulovení pohybovali na trdlišti, zde strávili v průměru 5 dní a nejdéle pak dní 11. Rozdíl mezi aktivitou větších a menších samců nebyl pozorován. Například nejmenší samec, který měřil 460 mm, zaznamenal 8 průplavů a druhý největší samec strávil na trdlišti pouze 2 dny a anténou proplaval pouze 4x.

Nejaktivnější samice zaznamenala 14 průplavů během 2 dní a další 3 samice se dostaly přes hranici 10 průplavů. Průměrně jsme zaznamenali 4 průplavy/samici. Průměrná doba zdržení samic na trdlišti byla 2 dny. Zaznamenali jsme však i samici, která se na trdlišti vyskytovala ještě osmý den od svého prvního ulovení.

Ze získaných dat je možné vysledovat, že boleni vyvíjejí největší aktivitu v odpoledních a večerních hodinách, přibližně mezi 15 až 22 hodinou. Poté následuje postupné odeznívání aktivity na trdlišti. Nejnižší aktivita byla zaznamenána v ranních a dopoledních hodinách (Obr. 34).

Metoda značení pomocí podkožních implantátů, byla v České republice využívána především ve šlechtitelské praxi (Flajšhans a kol. 2008). Patrně jako první v Čechách využili tohoto značení ve volné přírodě Slavík a kol. (2004). Ti využili podkožních značek ke sledování migrace pstruhů na Šumavě. U bolena tento způsob sledování populace zatím ještě nikdo nevyužil a jedná se tak o zcela jedinečný přístup.

6. Závěr

Význam rybních populací ve vodárenských nádržích byl v minulosti široce zkoumán, především kvůli zlepšení kvality surové pitné vody. Bohužel v těchto výzkumech byl opomenut význam bolena dravého, co by velmi úspěšného predátora nežádoucích druhů ryb.

Původním cílem této práce bylo co nejpřesnější stanovení populačních charakteristik (velikost, složení třecího hejna, mortalita apod.) a sledování abiotických faktorů, které ovlivňují výtěr bolena dravého na nádrži Želivka - Švihov. V letech 2008 až 2014 bylo pomocí elektrického agregátu odloveno a označeno celkem 2412 ks bolena dravého. Bolenům byly odebrány šupiny pro analýzu věkového složení třecího hejna. V němž se nacházely ryby třetí až třinácté věkové skupiny, přičemž nejpočetněji zastoupeny byly ryby ze čtvrté až šesté věkové skupiny. Odhady velikosti třecího hejna se v jednotlivých letech pohybovaly okolo hodnoty 2000 ks. Mortalita byla zjišťována pro nejpočetněji zastoupené věkové skupiny a její průměrná hodnota byla pro obě pohlaví 0,4. Z analýzy růstových vzorů na šupinách je patrné, že rozdíly v růstu samců a samic jsou minimální a vyskytují se pouze ve třetí až páté věkové skupině.

Detailním měřením teplot bylo zjištěno, že se bolen vytírá při teplotě 4 – 10 °C a pro hromadný výtěr bolena je nutné, aby po končící zimě došlo k rychlému nástupu teplého a slunného počasí. V letech 2013 a 2014 byl výtěr bolena na nádrži Želivka zaznamenán pouze na hlavním přítoku do nádrže a dále pak v Němčické zátocce. Navíc po transportu několika jedinců mezi těmito lokalitami bylo zjištěno, že bolen vykazoval návratnost do své původní výtěrové lokality.

Populace bolena v nádrži Želivka je nejdůležitější populací tohoto druhu v zemi. Je chráněna jakožto Evropsky významná lokalita v síti Natura 2000 a je také zdrojem genetického materiálu, ze kterého jsou podporovány populace bolena v mnoha dalších řekách a nádržích. Významnosti této populace si byli vědomi již pracovníci tehdejšího VÚRH Vodňany ing. J. Vostradovský, CSc. a Dr. J. Křížek, kteří zde prováděli vzorkování třecího hejna v 70. - 90. letech 20. století. Z obrovského množství materiálu shromážděného během mnoha let výzkumů byla publikačně využita a zpřístupněna pouze malá část (Vostradovský, 1974, Křížek a Vostradovský, 2002). Velká část tohoto materiálu je momentálně nedostupná, případně těžko interpretovatelná v souvislosti s náhlým úmrtím Dr. J. Křížka v loňském roce. Hydrobiologický ústav vyvíjí aktivitu zaměřenou na záchranu tohoto „rodinného stříbra“ a na zpřístupnění dlouhodobých pozorování širší odborné veřejnosti.

Interpretaci zejména nově získaných údajů by mohly napomoci moderní ichtyologické metody aplikované na populaci bolena. Výsledky ze čtení šupin budou v dohledné době verifikovány použitím operkulových kostí a otolitů. To umožní přesnější pohled do populační dynamiky tohoto zajímavého druhu. Rovněž individuální značení bolenů započaté v roce 2013 přinese své ovoce ve formě lepšího odhadu délkových přírůstků, verifikace růstových struktur a podstatně lepšího vhledu do reprodukčního chování, případně do stanovištní ekologie a aktivity různých jedinců. Tato zpráva je tak spíše novodobým začátkem detektivního pátrání po někdejších i současných tajemstvích želivského bolena a příslibem budoucích rozuzlení.

7. Literatura

Adámek Z., V. Kubec a I. Sukop, 1988: Růstová a potravní charakteristika plůdku bolena dravého (*Aspius aspius*) v rybníčních podmínkách. *Živočišná výroba*. **33**(10): 907-915.

Al-Saleh F., V. Hammoud, A. Hussein a R. Alhazaa. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2012, vol. 12, issue 1, s. -. DOI: 10.4194/1303-2712-v12_1_17.

Backiel T., 1964: The growth of *Aspius aspius* (L.) caught in Vistula river and preliminary estimation of its mortality. *Rocz. Nauk. Roln.* 84-B-2: 215-239.

Backiel T., 1970: Production and consumption in the population of *Aspius aspius* (L.) of the Vistula river. *Polskie Archiwum Hydrobiologii*. **17**(30): 249-258.

Baruš V. a O. Oliva, 1995: Fauna ČR a SR. Svazek 28, Mihulovci (Petromyzontes) a ryby (Osteichthyes) (2). Praha: *Academia*. 698 stran. ISBN 80-200-0218-9.

Baruš, V., Pavlov, D.S., Nezdolij, V.K., Gajdůšek, J., 1985: Downstream fish migration from the Mostišťe and Věstonice Reservoirs (ČSSR) in spring. *Folia Zoologica*. **34**, 75-87.

Baruš, V., Gajdůšek, J., Pavlov, D.S., Nezdolij, V.K. 1986: Downstream fish migration from the Mostišťe and Věstonice Reservoirs (ČSSR) in the springsummer period. *Folia Zoologica*. **35**, 79-93.

Baulier, L. a M. Heino. 2008: Norwegian spring-spawning herring as the test case of piecewise linear regression method for detecting maturation from growth patterns. *Journal of Fish Biology*. vol. 73, issue 10, s. 2452-2467. DOI: 10.1111/j.1095-8649.2008.02088.x.

Begon M., J. L. Harper a C. R. Townsend, 1997: Ekologie: jedinci, populace a společenstva. Olomouc: *Vydavatelství Univerzity Palackého*. 122-157. ISBN 80-7067-695-7.

Biró P., Fűrész G., 1976: The growth of asp (*Aspius aspius* L.) in Lake Balaton and the selective effects of commercial fisheries on population structure. *Ann. Inst. Biol. Acad. Sci. Hung. Tihany* 43, 47-67.

Borovkov V. A., and Serebryakov V. P. 2009: Fluctuations of Cod (*Gadus morhua*) Year-class Strength in the North Atlantic in Relation to the Spawning Stock Biomass and Survival Conditions. *NAFO Sci. Coun. Studies*, 18: 25.

Drozd B., 2006: Vývoj pharyngeální oblasti a požerákových zubů u bolena dravého (*Aspius aspius*). Diplomová práce, Univerzita Karlova. Katedra zoologie.

Flajšhans M., Kocour M., Ráb P., Hulák M., Šlechta V., Linhart O., 2008. Genetika a šlechtění ryb. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, 232 s.

Fortunatova, K. R.; Popova, O. A., 1973: Pitanie i pishchevye vzaimootnosheniia khishchnykh ryb v del_te Volgi. [Food and trophic relations of predatory fishes in the Volga Delta.] Izdanie "Nauka", Moskva, 298 pp.

Charnov, E. L., T. F. Turner a K. O. Winemiller, 2013: Reproductive constraints and the evolution of life histories with indetermined growth. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol. 98, No. 16 (Jul. 31, 2001), pp. 9460-9464.

Čihař, J., 1960: Růst ryb ve Slapské údolní nádrži v r. 1959. Živočišná výroba, 34: 295-302.

Day, T., Taylor, P.D., 1997. Von Bertalanffy's growth equation should not be used to model age and size at maturity. Am. Nat. 149, 381–393.

de Groot, S. J., 1985: Introductions of non-indigenous fish species for release and culture in the Netherlands. Aquaculture 46, 237–257.

Fredrich F., 2003: Long-term investigations of migratory behaviour of asp (*Aspius aspius* L.) in the middle part of the Elbe River, Germany. *Journal of Applied Ichthyology*. **19**(5): 294-302.

Freyhof J. a M. Kottelat, 2008: *Aspius aspius*, IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2 online 17. 2. 2013 dostupné z: <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/20860/0>.

Gaigalas, K. S., 1977: Morfoehkologicheskie osobennosti i khozyajstvennoe znachenie zherekha *Aspius aspius* (L.) v bassejne zal.vKurshyu Mares. [Morpho-ecological characteristics and fishery significance of the asp *Aspius aspius* (L.) in the Curonian Bay.] Vopr. Ikhtiol. 17, 1016–1023.

Grahn P., 2002: Bolen dravý *Aspius aspius*. *Čeký rybář*. **5**(10): 42.

Griffiths, R. W., Newlands, N.K., Noakes, D. L. G., Beamish, F. W. H. 2004: Northern pike (*Esox lucius*) growth and mortality in a northern Ontario river compared with that in lakes: influence of flow. *Ecology of Freshwater Fish*. no. 13, s. 136-144.

Grift R. E., A. D. Buijse, W. L. T. Van Densen, M. A. M. Machiels, J. Kranenbarg, J. G. P. Klein Breteler a J. J. G. M. Backx, 2003: Suitable habitats for 0-group fish in rehabilitated floodplains along the lower River Rhine. *River Research and Application*. **19**(4): 353-374.

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

Hladík M. a J. Kubečka, 2003: Fish migration between a temperate reservoir and its main tributary. *Hydrobiologia*. **504**(1-3): 251-266.

Hladík M., Kubečka J., Mrkvička T., Čech M., Drašík V., Frouzová J., Hohausová E., Matěna J., Matěnová V., Kratochvíl M., Peterka J., Prchalová M., Vašek M., 2008, Effects of the construction of a reservoir on the fish assemblage in an inflow river, *Czech J. Anim. Sci.*, 53, 2008 (12): 537–547.

Holčík, J., a J. Mihálik, 1971: *Sladkovodní ryby*. vyd. Artia, ISBN 37-013-71 03.

Hrbáček J, 1981. Produkční vztahy, výchozí struktura pro posuzování faktorů eutrofizace. Studie ČSAV, 24: 58 s.

Jaroň, R., 1990: *Morfologická variabilita a růst bolena dravého - aspius aspius (Linnaeus, 1758) v Orlické údolní nádrži*. Praha: Univerzita Karlova v Praze. Vedoucí práce Josef Závěta.

Jůza T., M. Vašek, J. Kubečka, J. Sed'a, J. Matěna, M. Prchalová, J. Peterka, M. Říha, O. Jarolím, M. Tušer, M. Kratochvíl, M. Čech, V. Draštík, J. Frouzová, E. Hohausová a J. Žaloudík, 2009: Pelagic underyearling communities in a canyon-shaped reservoir in late summer. *Journal of Limnology*. **68**(2): 304-314.

Kaukoranta M. a J. T. Pennanen, 1990: Propagation and management of the asp, *Aspius aspius* (L.), in Finland. In: Management of freshwater fisheries. Proceedings of a symposium on management of freshwater fishes Göthenburg, Sweden, May 31. – June 3. 1988. Ed. Densen W. L. T. van, B. Steinmetz a R. H. Hughes, *FAO: European Inland Fisheries Advisory*. 67-73.

Kompowski A. a Z. Neja, 2003: The growth rate and condition of asp *Aspius aspius* (L., 1758) from Międzyodrze waters. *Bulletin of the Sea Fisheries Institute*. **3**(160): 47-59.

Krpo-Četković J., A. Hegediš a M. Lenhardt, 2010: Diet and growth of asp, *Aspius aspius* (Linnaeus, 1758), in the Danube River near the confluence with the Sava River (Serbia). *Journal of Applied Ichthyology*. **26**(4): 513-521.

Křížek J. a J. Vostradovský, 2002: Population dynamics of the rapacious carp (*Aspius aspius* L.) in the Želivka reservoir in 1972-1992. In: ResLim 2002: extended abstracts 4th International Conference on Reservoir Limnology and Water Quality. České Budějovice, August 12.-16. 2002. Ed. Hydrobiological Institute Academy of Science of the Czech Republic., Praha: *Icaris*. 180-182.

Kubečka, J. 1991: A case of an extremely low share of the 0-age group on the total biomass, production and ration of the perch (*Perca fluviatilis*) population. *Acta Soc. Zool. Bohemoslov.* **55**, s. 114-119.

Kubečka J., Prchalová M., Hladík M., Vašek M. Říha M.: 2004: Effect of catastrophic flooding on the composition of the fish stock of the Římov reservoir. In: Lusk, S., Lusková, V., Halačka, K. [Eds] Biodiversity of the Ichthyofauna of the Czech Republic (V). Ústav biologie obratlovců, Brno: 129-135.

Kubečka J., M. Prchalová, M. Muška, J. Frouzová a M. Jankovský, 2009: Průzkum rybí obsádky nádrže Žermanice v roce 2008. Biologické centrum AV ČR, v.v.i. Hydrobiologický Ústav.

Kubečka J., J. Frouzová, T. Jůza, M. Kratochvíl, M. Prchalová a M. Říha, 2010: Metodika monitorování rybích společenstev nádrží a jezer. České Budějovice: *Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav*. 64 stran.

Kujawa R., A. Mamcarz a D. Kucharczyk, 2007: Postembryonic developmental stages of asp *Aspius aspius* (L.). *Polish Journal of Natural Science*. **22**(2): 239-245.

Lelek, A., 1987: The freshwater fishes of Europe, Vol. 9, Threatened Fishes of Europe. AULA Verlag, Wiesbaden, 343 pp.

Ložys L. 2004: The growth of pikeperch (*Sander lucioperca* L.) and perch (*Perca fluviatilis* L.) under different water temperature and salinity conditions in the Curonian Lagoon and Lithuanian coastal waters of the Baltic Sea. *Hydrobiologia, The International Journal of Aquatic Sciences* 514(1): 105-113.

Mahapatra K., Gjerde B., Reddy P., Sahoo M., Jana R. K., Sahaand J. N., Rye M, 2001: Tagging: on the use of passive integrated transponder (PIT) tags for the identification of fis. *Aquaculture Research*, Volume 32, Issue 1, pages 47–50.

Maitland P. S., 1977: The Hamlyn guide to freshwater fishes of Britain and Europe. Hamlyn, London, 256 pp.

Marinov, B., 1987: [Growth of the asp (*Aspius aspius* L.) from the Bulgarian sector of the Danube]. In Botev, B. (ed), *Savremenni postizheniya na balgarskata zoologiya. Materiali ot chetvartata yubileina nauchna konferetsiya po zoologiya [Modern Achievemnets on the Bulgarian Zoology. Materials of the Fourth Jubilee Scientific Conference on Zoology]*. Izdatelstvo na Balgarskata akademiya na naučte [Publishing House of the Bulgarian Academy of Sciences], Sofia: 111-116.

Martyniak A. a T. Heese, 1994: Growth rate and age composition of asp *Aspius aspius* (L., 1758) from Pierzchaly Reservoir. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. **24**(1): 55-67.

Mooij, W. M., Van Densen, W. L. T., Lammens, E. H. R. R. 1996: Formation of year-class strength in the bream population in the shallow eutrophic Lake Tjeukemeer. *Journal of Fish Biology*. 48, s. 30-39.

Oymak, S.A., Ünlü, E., Parmaksiz, A. and Doğan, N. 2011. A study on the age, growth and reproduction of *Aspius vorax* (Heckel, 1843)(Cyprinidae) in Atatürk Dam Lake (Euphrates River), Turkey. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.* 11: 217-225.

Pavlov, D.S., Baruš, V., Nezdolij, V.K., Gajdůšek, J. 1987: Downstream fish migration from Mostišťe and Věstonice Reservoirs. *Acta Sc. Nat. Brno* **21**, 1- 64.

Pivnička K., 1981: *Ekologie ryb: Odhady základních parametrů charakterizujících rybí populace SPN*, Praha :250 pp.

Pivnička, K., Švátora, M., 1988: Living together of Roach and Perch with Respect to their Competition in the Klíčava Reservoir between 1964 – 1986. *Universitas Carolina Environmentalica* II., No. 1-2, 1988.

Prchalová M., J. Kubečka, M. Vašek, J. Peterka, J. Sed'a, T. Jůza, M. Říha, O. Jarolím, M. Tušer, M. Kratochvíl, M. Čech, V. Draštík, J. Frouzová a E. Hohausová, 2008: Patterns of fish distribution in a canyon-shaped reservoir. *Journal of Fish Biology*. **73**(1): 54-78.

Prchalová M., J. Kubečka, M. Čech, J. Frouzová, V. Draštík, E. Hohausová, T. Jůza, M. Kratochvíl, J. Matěna, J. Peterka, M. Říha, M. Tušer a M. Vašek, 2009: The effect of depth, distance from dam and habitat on spatial distribution of fish in an artificial reservoir. *Ecology of Freshwater Fish*. **18**(2): 247-260.

Quince, C., Abrams, P.A., Shuter, B.J., Lester, N.P., 2008a. Biphasic growth in fish I: Theoretical foundations. *J. Theor. Biol.*, doi:10.1016/j.jtbi.2008.05.029.

Quince, C., Shuter, B.J., Abrams, P.A., Lester, N.P., 2008b. Biphasic growth in fish II: empirical assessment. *J. Theor. Biol.*, doi:10.1016/j.jtbi.2008.05.030.

Randák, T., 2013: *Rybářství ve volných vodách*. 1. vyd. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 434 s. ISBN 978-80-87437-49-0.

Ricker, W.E., 1979. Growth rates and models. In: W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett (Editors). *Fish Physiology*, Vol. VIII. Bioenergetics and Growth. Academic Press, New York, NY, pp. 677-743.

Rijnsdorp AD., F. Storbeck, 1995: Determining the onset of sexual maturity from otoliths of individual fiale North Sea plaice, *Pleuronectes platessa* L. University of South Carolina Press, s. 271-282.

Robson, D. S., Regier, H. A. 1964: Sample size in Petersen mark-and-recapture experiments. *Transactions of the Alnerican Fisheries Society*. vol. 93, no. 3, p. 215-226.

Říha M., J. Kubečka, M. Vašek, J. Sed'a, T. Mrkvička, M. Prchalová, J. Matěna, M. Hladík, M. Čech, V. Draštík, J. Frouzová, E. Hohausová, O. Jarolím, T. Jůza, M. Kratochvíl, J. Peterka a M. Tušer, 2009: Long-term development of fish populations in the Římov Reservoir. *Fisheries Management and Ecology*. **16**(2): 121-129.

Slavík O., Mašek P., Balvín P., Kolářová J., Randák T., 2004: Migrace pstruhů obecných a variabilita průtoku v pramenných oblastech řek Vydry a Vltavy. Sborník z konference Aktuality šumavského výzkumu II. CHKO Šumava, s. 230 – 232.

Sliwinski J., 2009: Charakterystyka diety oraz wzrostu larw bolenia *Aspius aspius* (L.) w warunkach stawów kappiowych. *Roczniki Naukowe PZW*. **22**: 163-176.

Schneider, J. C., P. W. Laarman a H. Gowing 2000: Age and growth methods and state averages. *Manual of Fisheries Survey Methods II*.

Schweyer, J. B., Allardi, J., Dorson, M., 1991: Note ichtyologique: capture dans le Rhin de repre'sentants des espe`ces *Aspius aspius* (Linne' 1758) et *Vimba vimba* (Linne' 1758). *Bull. Fr. Pe^che Piscic*. 320, 38-42.

Spindler, T. 1995: The influence of high waters on stream fish populations in regulated rivers. *Hydrobiologia*. 303, s. 159-161.

Trzebiatowski R. a B. Leszczewicz, 1976: A contribution to knowledge of biology and economic importance of *Aspius aspius* (L.) of the Szczecin Firth. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. **6**(2): 103-118.

Váša J. a J. Vostradovský, 1979: Umělý výtěr bolena. *Rybářství*. **77**(12): 266-267.

- Vašek M., J. Kubečka, M. Čech, V. Draštík, J. Matěna, T. Mrkvička, J. Peterka, M. Prchalová, 2009: Diel variation in gillnet catches and vertical distribution of pelagic fishes in a stratified European reservoir. *Fisheries Research*. 96(1): 64-69.
- Verreycken, H., Van Thuyne, G., Belpaire, C., Vandenberg, K., Ollevier, F., 2007: Risk analysis for non-indigenous fish species in Flanders (Belgium). 15th Internat. Conf. on Aquatic Invasive Species, Nijmegen, The Netherlands, Book of Abstracts, 39.
- Vostradovský J., 1974: K biologii bolena (*Aspius aspius* L.) ve vodárenské údolní nádrži Švihov (Želivka). *Živočišná výroba*. 19(9): 683-688.
- Vostradovský J., 1976: Nezapomínejme na bolena. *Rybářství*. 79(4): 75-76.
- Vostradovský J., 1995: Jak ryby v Labi žijí a cestují. *Čas. Rybářství*, č.2, s.44,45.
- Vostradovský J., 2006: Bolen dravý – Mýtus a skutečnost. *Rybářství*. 109(4): 10-13.
- Vostradovský J., I. Leontovyč a M. Vostradovská, 1974: K vývoji rybářských poměrů ve vodárenské údolní nádrži Švihov (Želivka) s posouzením lovného účinku tenat, zátahové sítě a elektrického agregátu. *Bulletin VÚRH Vodňany*. 10(2): 25-36.
- Wootton R., 1998: *Ecology of teleost fishes*. 2nd ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, 386 p. ISBN 04-126-4200-X.

8. Přílohy



Obr. 2. Značení břišní ploutve bolena dravého, ÚN Želivka 4. 4. 2009 zdroj:archiv autora.



Obr. 3. Rozdílný tvar ploutevních paprsků po značení, ÚN Želivka 4. 4. 2009 zdroj:archiv autora.



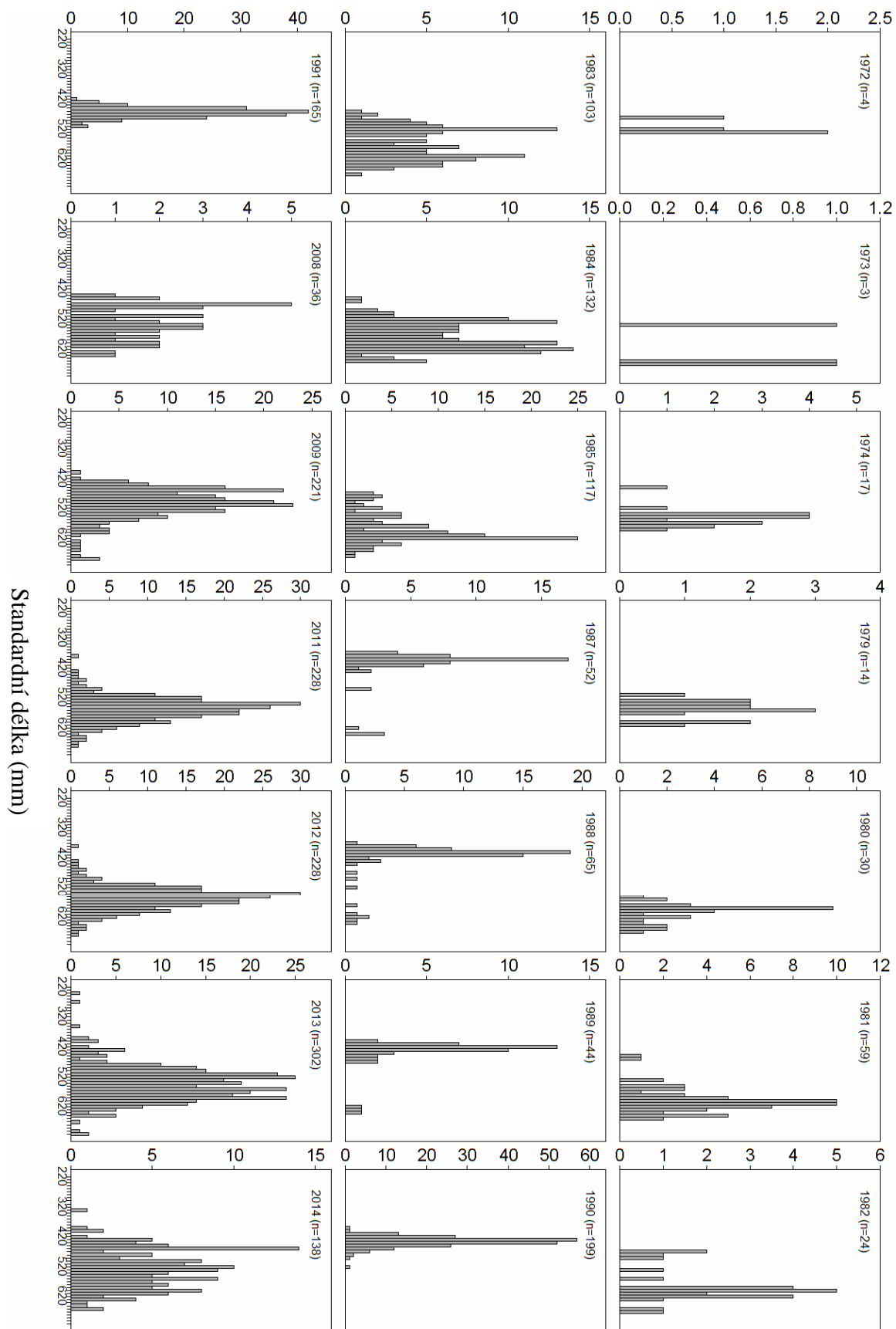
Obr. 4. Injekční aplikace elastomerů pod kůži ryb, ÚN Želivka 5. 4. 2011 zdroj:archiv autora.



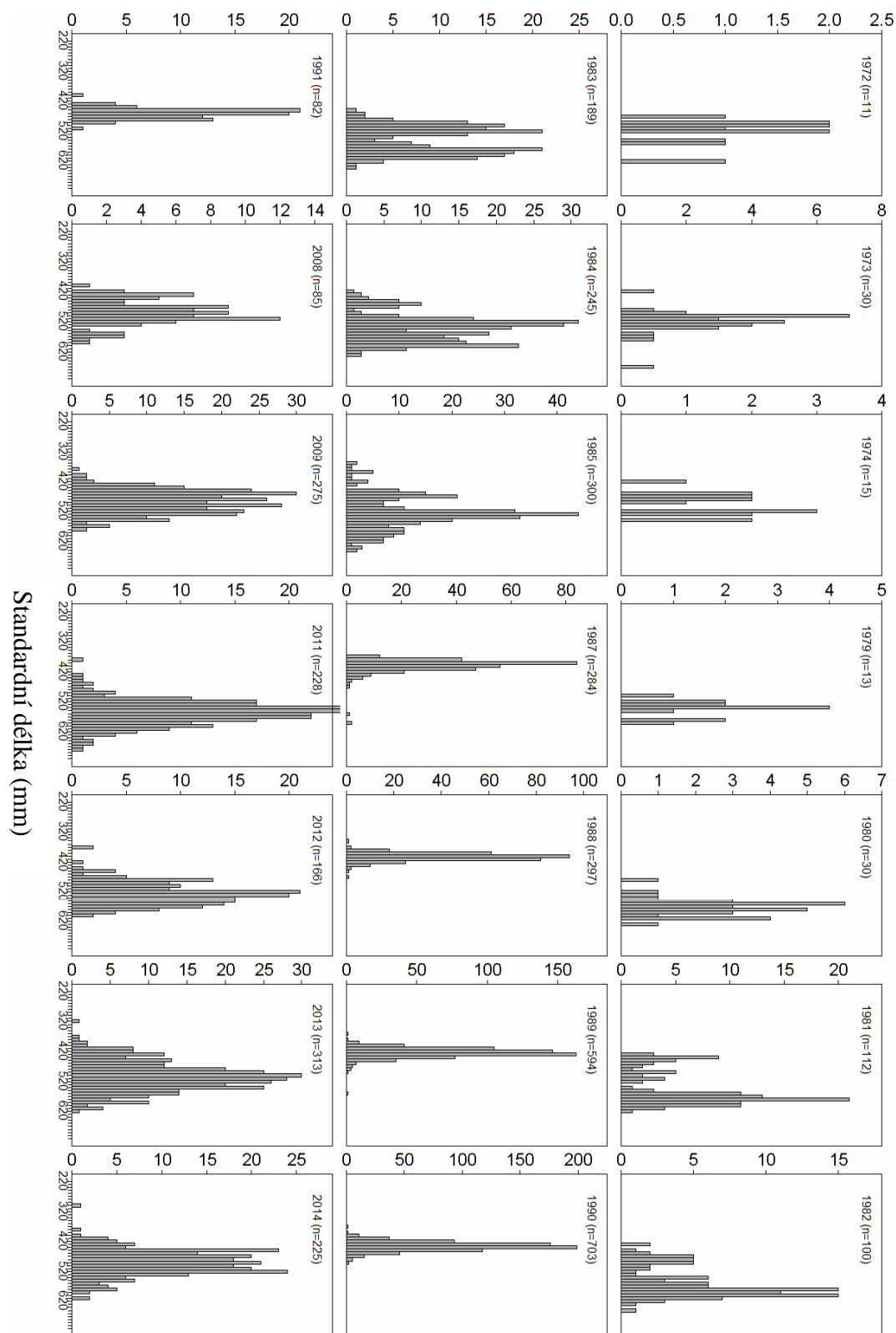
Obr. 5. Rozmístění třecí vyrážky na hlavě samce bolena dravého, ÚN Želivka 4. 4. 2009 zdroj:archiv autora.



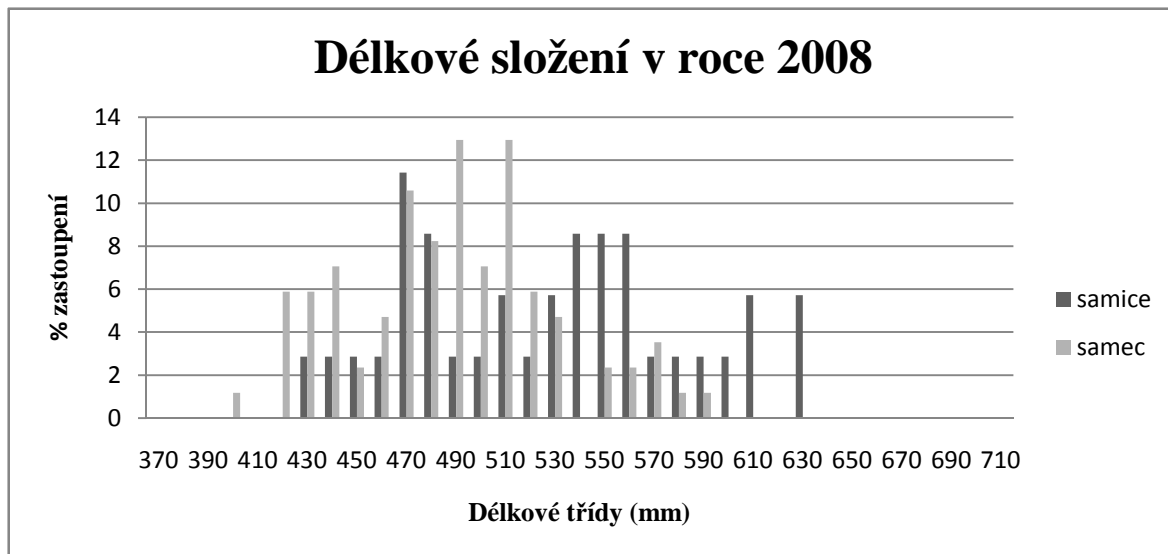
Obr. č. 6. Třecí vyrážka na hlavě samice bolena dravého, ÚN Želivka 4. 4. 2009 zdroj:archiv autora.



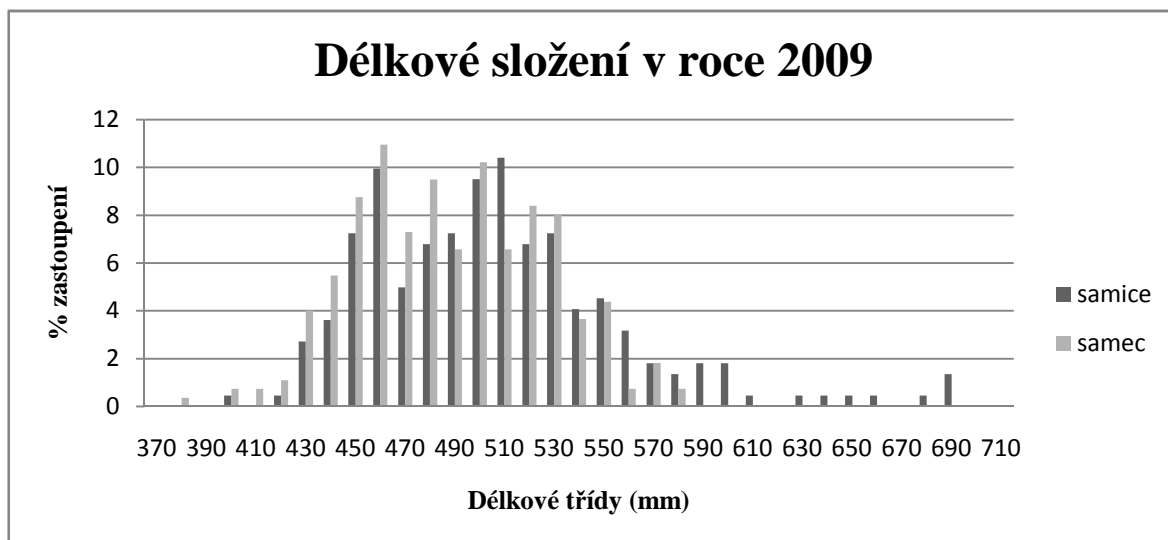
Obr. 7. Délková složení samic ve třecím hejnu bolena dravého v přítoku nádrže Želivka: historická a současná pozorování, osa Y= počty, osa X= délka těla (mm) n= velikost vzorku.



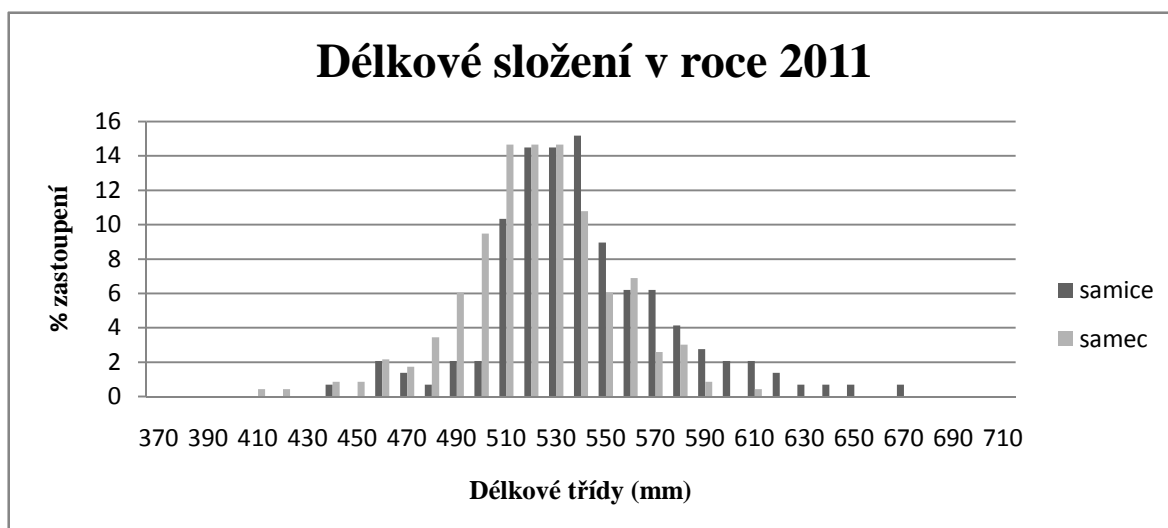
Obr. 8. Délková složení samců v třecím hejnu bolena dravého v přítoku nádrže Želivka: historická a současná pozorování, osa Y= počty, osa X= délka těla (mm) n= velikost vzorku.



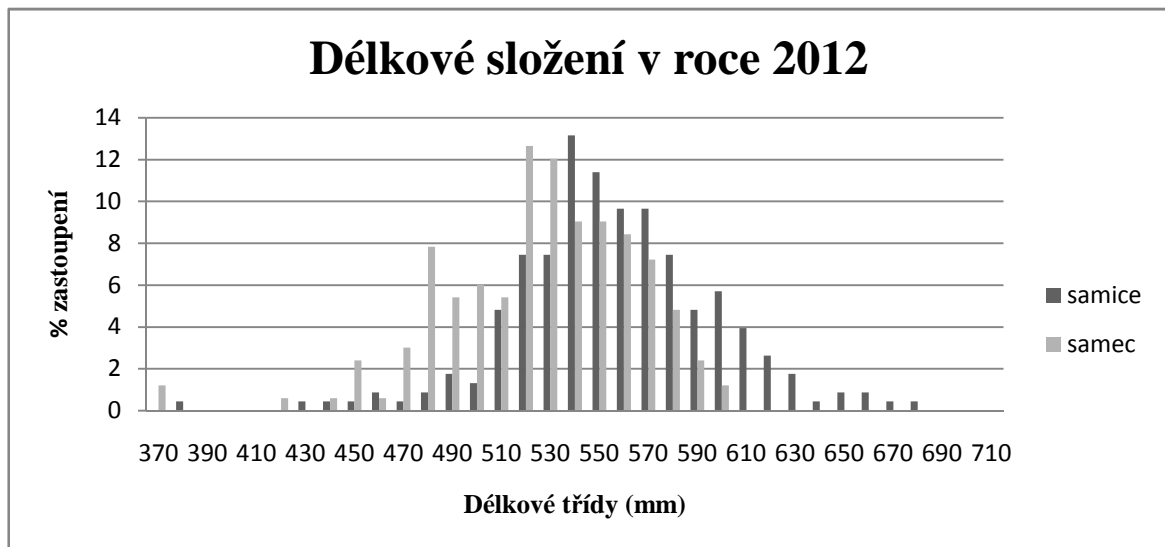
Obr. 17. Délkové složení třetího hejna bolena dravého na nádrži Želivka v roce 2008.



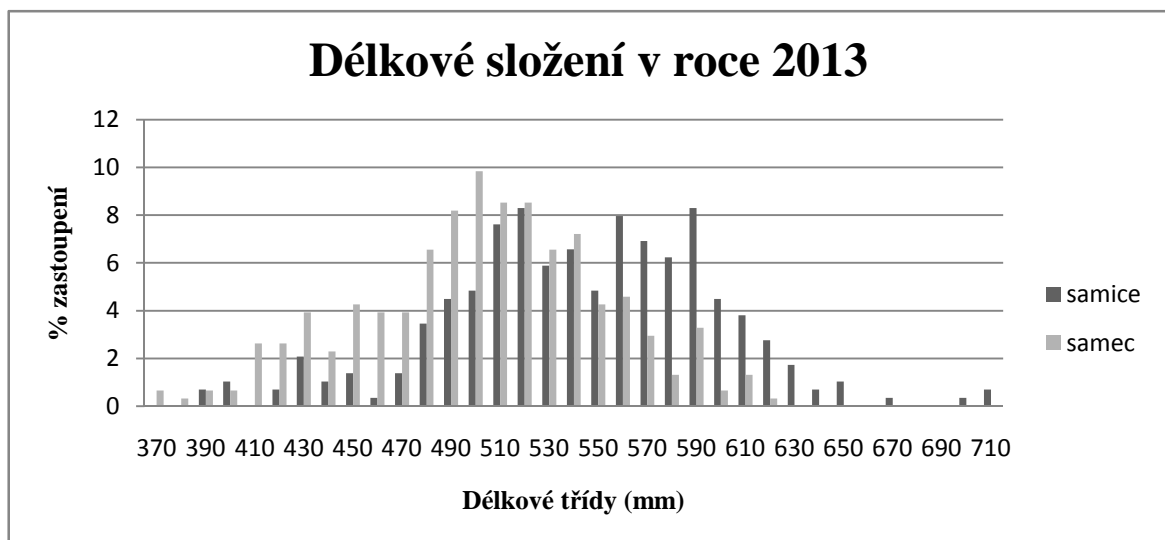
Obr. 18. Délkové složení třetího hejna bolena dravého na nádrži Želivka v roce 2009.



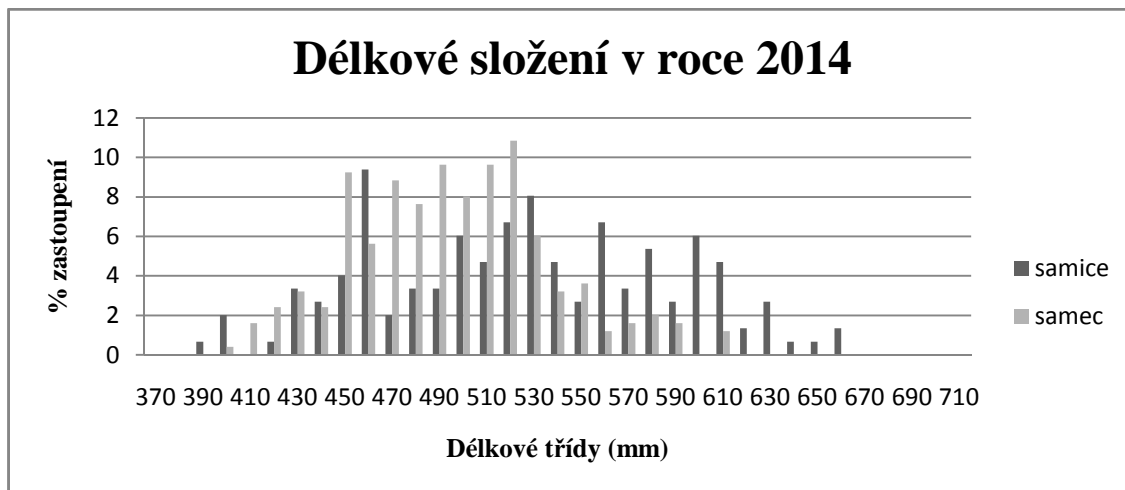
Obr. 19. Délkové složení třecího hejna bolena dravého na nádrži Želivka v roce 2011.



Obr. 20. Délkové složení třecího hejna bolena dravého na nádrži Želivka v roce 2012.



Obr. 21 Délkové složení třecího hejna bolena dravého na nádrži Želivka v roce 2013.



Obr. 22 Délkové složení třecího hejna bolena dravého na nádrži Želivka v roce 2014.

Tabulka 3. Srovnání růstové rychlosti, absolutního přírůstku a relativního růstového koeficientu samců a samic v ÚN Želivka v roce 2008.

Věkové třídy	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+
	samice						
PD ± SD	104 ± 10	243 ± 33	358 ± 37	444 ± 36	503 ± 39	567 ± 21	617,36
AP ± SD	74 ± 10	139 ± 30	114 ± 21	85 ± 20	54 ± 17	35 ± 10	31 ± 4,6
IGR	1,240	0,845	0,391	0,217	0,112	0,058	0,040
N	11	11	11	11	10	6	2
	samec						
PD ± SD	104 ± 11	234 ± 29	343 ± 39	417 ± 37	468 ± 29	525 ± 17	561 ± 8,3
AP ± SD	74 ± 11	129 ± 24	108 ± 26	75 ± 28	51 ± 17	33 ± 8,7	30 ± 8,5
IGR	1,246	0,803	0,382	0,202	0,108	0,070	0,050
N	35	35	35	34	27	4	2
	neznámé pohlaví						
PD ± SD	99 ± 16	223 ± 36	327 ± 38	421 ± 33	475 ± 22	515 ± 10	-
AP ± SD	70 ± 16	127 ± 28	103 ± 27	91 ± 30	54 ± 25	39 ± 19	-
IGR	1,192	0,821	0,380	0,248	0,113	0,055	-
N	22	22	22	22	16	3	-

PD – průměrná délka těla (mm), SD – směrodatná odchylka, AP – absolutní přírůstek (mm), IGR – okamžitý růstový koeficient, N – počet (ks).

Tabulka 4. Srovnání růstové rychlosti, absolutního přírůstku a relativního růstového koeficientu samců a samic v ÚN Želivka v roce 2009.

Věkové třídy	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+
samice										
PD ± SD	100 ± 17	222 ± 36	328 ± 39	404 ± 35	455 ± 32	537 ± 34	574 ± 37	574 ± 37	624 ± 40	643 ± 40
AP ± SD	70 ± 17	121 ± 25	105 ± 26	76 ± 23	52 ± 19	40 ± 16	36 ± 17	30 ± 9,6	28 ± 12	17 ± 5,1
IGR	1,197	0,793	0,395	0,214	0,118	0,074	0,060	0,046	0,050	0,031
N	94	94	94	94	76	45	20	14	6	3
samec										
PD ± SD	99 ± 13	223 ± 29	343 ± 33	413 ± 28	457 ± 26	497 ± 20	531 ± 20	536 ± 12	550	568
AP ± SD	69 ± 13	123 ± 24	119 ± 24	71 ± 22	43 ± 21	36 ± 9,5	30 ± 9,3	18 ± 2,4	31	31
IGR	1,194	0,804	0,434	0,190	0,093	0,065	0,056	0,034	0,043	0,031
N	92	92	92	88	46	20	14	3	1	1

PD – průměrná délka těla (mm), SD – směrodatná odchylka, AP – absolutní přírůstek (mm), IGR – okamžitý růstový koeficient, N – počet (ks).

Tabulka 5. Srovnání růstové rychlosti, absolutního přírůstku a relativního růstového koeficientu samců a samic v ÚN Želivka v roce 2011.

Věkové třídy	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+
samice									
PD ± SD	103 ± 11	215 ± 29	325 ± 36	401 ± 28	466 ± 21	512 ± 20	555 ± 15	591 ± 17	617 ± 24
AP ± SD	71 ± 11	111 ± 24	108 ± 24	79 ± 21	61 ± 19	47 ± 17	29 ± 11	29 ± 10	26 ± 2,8
IGR	1,212	0,739	0,415	0,224	0,1492	0,098	0,069	0,053	0,039
N	24	24	24	24	22	17	9	5	2
samec									
PD ± SD	100 ± 14	223 ± 26	333 ± 29	417 ± 23	470 ± 17	509 ± 16	541 ± 19	577 ± 15	-
AP ± SD	70 ± 14	123 ± 24	109 ± 20	85 ± 20	56 ± 16	42 ± 12	36 ± 13	22 ± 3,9	-
IGR	1,198	0,803	0,402	0,229	0,124	0,086	0,066	0,045	-
N	73	73	73	71	60	24	8	2	-

PD – průměrná délka těla (mm), SD – směrodatná odchylka, AP – absolutní přírůstek (mm), IGR – okamžitý růstový koeficient, N – počet (ks).

Tabulka 6. Srovnání růstové rychlosti, absolutního přírůstku a relativního růstového koeficientu samců a samic v ÚN Želivka v roce 2012.

Věkové třídy	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+
	samice												
PD ± SD	93 ± 13	210 ± 30	315 ± 35	395 ± 33	449 ± 28	486 ± 23	515 ± 21	543 ± 21	565 ± 20	579 ± 22	604 ± 17	632 ± 20	632
AP ± SD	63 ± 13	116 ± 24	105 ± 25	79 ± 24	54 ± 18	39 ± 13	34 ± 10	33 ± 10	32 ± 9,1	23 ± 6,6	28 ± 11	30 ± 15	27
IGR	1,125	0,811	0,411	0,228	0,130	0,085	0,069	0,064	0,059	0,042	0,048	0,050	0,045
N	185	185	185	185	179	164	128	86	39	16	13	3	1
	samec												
PD ± SD	101 ± 17	218 ± 31	328 ± 38	413 ± 34	464 ± 28	497 ± 24	530 ± 25	541 ± 19	555 ± 15	559	-	-	-
AP ± SD	71 ± 17	117 ± 26	109 ± 29	86 ± 24	54 ± 19	36 ± 10	31 ± 10	28 ± 9,4	26 ± 4,7	27	-	-	-
IGR	1,202	0,773	0,411	0,237	0,125	0,077	0,061	0,055	0,048	0,049	-	-	-
N	139	139	139	137	121	88	45	17	5	1	-	-	-

PD – průměrná délka těla (mm), SD – směrodatná odchylka, AP – absolutní přírůstek (mm), IGR – okamžitý růstový koeficient, N – počet (ks).

Tabulka 7. Srovnání růstové rychlosti, absolutního přírůstku a relativního růstového koeficientu samců a samic v ÚN Želivka v roce 2013.

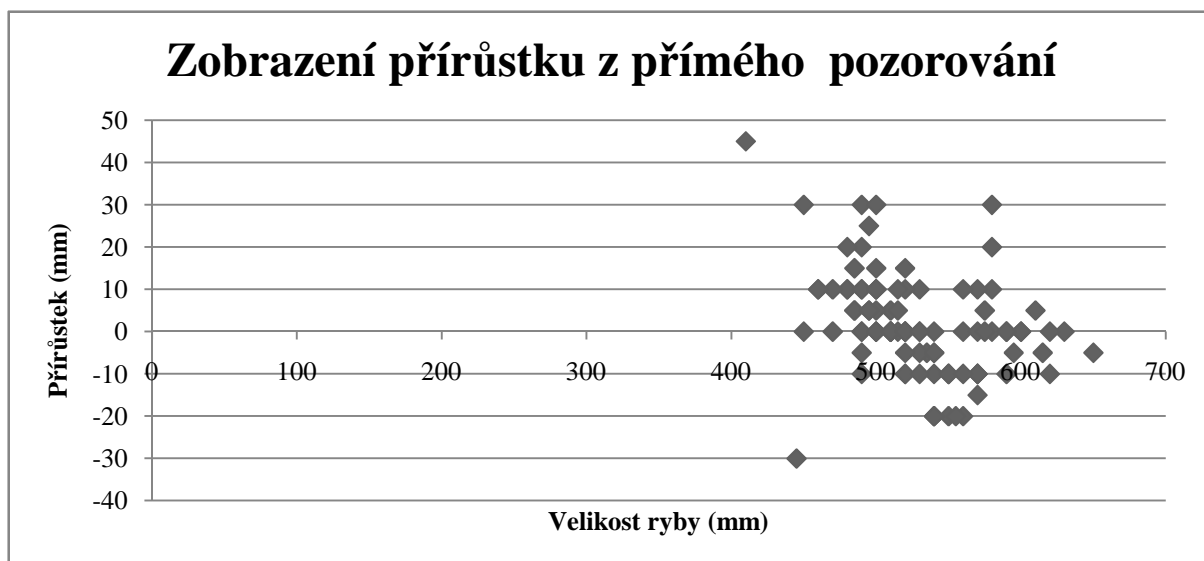
Věkové třídy	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+
	samice												
PD ± SD	92 ± 16	209 ± 35	316 ± 44	395 ± 53	447 ± 44	478 ± 38	506 ± 35	534 ± 38	554 ± 39	569 ± 48	576 ± 55	608 ± 36	631 ± 48
AP ± SD	67 ± 16	117 ± 30	106 ± 32	79 ± 35	57 ± 33	39 ± 18	36 ± 13	34 ± 12	30 ± 14	27 ± 9	19 ± 6	27 ± 13	17 ± 8
IGR	1,295	0,818	0,413	0,224	0,143	0,088	0,074	0,065	0,056	0,048	0,035	0,046	0,028
N	208	208	208	208	188	149	118	94	66	34	18	11	4
	samec												
PD ± SD	94 ± 17	211 ± 35	329 ± 50	414 ± 45	458 ± 34	486 ± 28	509 ± 25	530 ± 21	549 ± 17	567 ± 8	584 ± 3	607	-
AP ± SD	69 ± 17	117 ± 32	118 ± 33	87 ± 30	55 ± 26	36 ± 15	32 ± 8	28 ± 8	28 ± 9	23 ± 5	21 ± 3	22	-
IGR	1,311	0,810	0,446	0,241	0,130	0,078	0,065	0,054	0,053	0,041	0,0360	0,0376	-
N	213	213	213	199	142	95	56	34	15	5	4	1	-

PD – průměrná délka těla (mm), SD – směrodatná odchylka, AP – absolutní přírůstek (mm), IGR – okamžitý růstový koeficient, N – počet (ks).

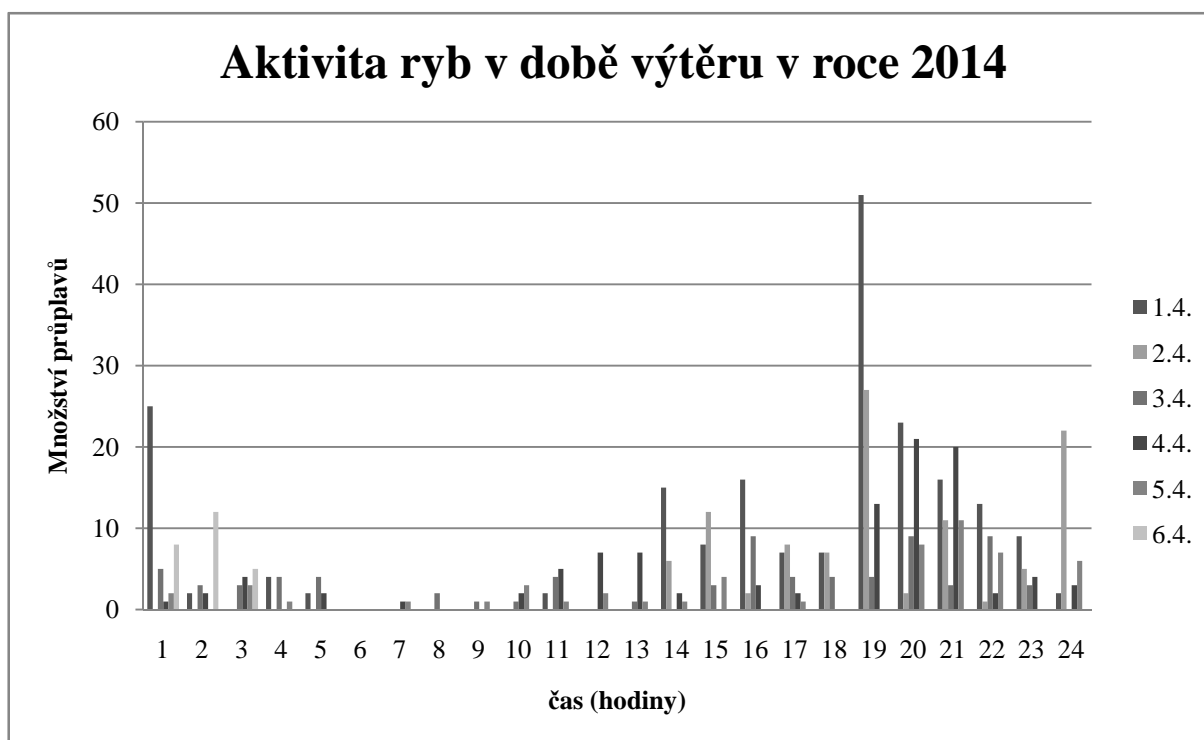
Tabulka 8. Srovnání růstové rychlosti, absolutního přírůstku a relativního růstového koeficientu samců a samic v ÚN Želivka v roce 2014.

	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+
	samice												
PD ± SD	89 ± 16	196 ± 37	283 ± 51	357 ± 49	414 ± 42	453 ± 36	484 ± 31	511 ± 33	540 ± 29	558 ± 27	581 ± 32	604 ± 18	648
AP ± SD	64 ± 16	106 ± 32	87 ± 35	74 ± 29	62 ± 31	42 ± 26	38 ± 20	28 ± 12	31 ± 9	22 ± 7	30 ± 10	25 ± 13	19
IGR	1,260	0,779	0,370	0,241	0,169	0,101	0,084	0,056	0,059	0,040	0,053	0,044	0,031
N	32	32	32	32	27	25	18	15	11	8	6	3	1
	samec												
PD ± SD	92 ± 19	213 ± 46	322 ± 52	399 ± 45	446 ± 41	466 ± 35	496 ± 28	522 ± 28	538 ± 25	562	-	-	-
AP ± SD	67 ± 19	120 ± 40	109 ± 36	79 ± 36	51 ± 27	32 ± 15	33 ± 13	33 ± 11	24 ± 8	23	-	-	-
IGR	1,286	0,830	0,426	0,227	0,125	0,071	0,070	0,066	0,046	0,042	-	-	-
N	48	48	48	46	35	21	11	7	3	1	-	-	-

PD – průměrná délka těla (mm), SD – směrodatná odchylka, AP – absolutní přírůstek (mm), IGR – okamžitý růstový koeficient, N – počet (ks)



Obr. 31. Zobrazení přírůstku bolena dravého na Želivce metodou přímého pozorování.



Obr. 34. Zobrazení aktivity bolena dravého na nádrži Želivka v období 1.4. až 6.4. 2014.