

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie



**Fakulta životního
prostředí**

**Výskyt a migrační aktivita raka signálního
(*Pacifastacus leniusculus*) v lokalitě Besének**

Bakalářská práce

Autor práce: Barbora Šrytrová

Vedoucí práce: Mgr. Michal Bílý, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Barbora Šrytrová

Aplikovaná ekologie

Název práce

Výskyt a migrační aktivita raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*) v lokalitě Besének

Název anglicky

Signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) occurrence and migration activity in Besének locality

Cíle práce

Zhodnocení aktuálního stavu výskytu raka signálního na dané lokalitě a posouzení efektivity vybudovaných příčných bariér na toku jako zábrany omezující migraci druhu.

Metodika

- 1) Vypracování rešerše na téma poznatků o výskytu a šíření raka signálního v ČR
- 2) Stanovení základních populačních charakteristik raka signálního na vybraném úseku potoka Besének (levostranný přítok Svratky)
- 3) Zhodnocení efektivity na toku vybudovaných bariér na migrační aktivitu a případné další šíření tohoto druhu v toku.

Cíle 2 a 3 budou realizovány na podkladě dat získaných spolupracujícími organizacemi (VUV T.G.M., v.v.i.) v letech 2022 a 2023, kdy byli raci na lokalitě pravidelně odchyťováni a značeni.

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčová slova

rak signální, *Pacifastacus leniusculus*, Besének, migrace

Doporučené zdroje informací

Bubb D.H., Thom T.J., Lucas M.C., 2004: Movement and dispersal of the invasive signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* in upland rivers. *Freshwater Biology* 49. 357–368.

Holdich D.M., 2002: Distribution of crayfish in Europe and some adjoining countries. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 367. 611–650.

Svobodová J., Kozubíková – Balcárová E., Fischer D., Vlach P., Štambergová M., Píček J., Semerádová S., Štruncová E., Beránková T., 2020: Metodika regulace a eradikace invazních druhů raků: Výběr vhodných metod v závislosti na charakteru vodního toku. VÚV TGM, Praha. 118 s.

Štambergová M., Svobodová J., Kozubíková E., 2009: Raci v České republice. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. 255 s.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FŽP

Vedoucí práce

Mgr. Michal Bílý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Elektronicky schváleno dne 4. 3. 2024

prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 18. 3. 2024

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 21. 03. 2024

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma „Výskyt a migrační aktivita raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*) v lokalitě Besének“ vypracovala samostatně a citovala všechny informační zdroje, které jsem použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V dne

.....
(podpis autora práce)

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala Mgr. Michalu Bílému, Ph.D. za jeho trpělivý přístup při vedení mé práce a všechnen čas, který mi tímto věnoval. Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Vojtěchu Macháčkovi za veškerou pomoc se zpracováním výsledků výzkumu. Děkuji také kolegům z VÚV TGM Praha za spolupráci. V neposlední řadě jsem vděčná své rodině a přátelům za podporu, bez které by moje studium nebylo možné. Projekt Aplikace inovativních postupů při eradikaci invazních raků v ČR, z jehož dat byly zpracovány výsledky této bakalářské práce, byl financován z Fondů EHP a Norska 2014–2021 – program CZ-ENVIRONMENT.

Výskyt a migrační aktivita raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*) v lokalitě Besének

Abstrakt

Tato práce se věnuje studii populace raků signálních v lokalitě Besének na Moravě a jejich migračním schopnostem. Rak signální (*Pacifastacus leniusculus* D.) je invazním druhem ze Severní Ameriky, který se dnes již hojně vyskytuje v evropských vodních tocích. Jeho přítomnost ohrožuje původní druhy raků v České republice, jelikož je konkurenceschopnější a dokáže se rychleji množit. Zároveň je potenciálním přenašečem račího moru, což je onemocnění, které je pro naše původní druhy vysoce letální a způsobuje hromadné úhyny raků.

Výskyt tohoto druhu byl zjištěn v potoce Besének na Moravě. Na této lokalitě proběhl výzkum, při kterém byl zjišťován charakter místní populace raků signálních a zároveň zkoumán vliv instalovaných migračních bariér na pohyb raků proti proudu toku. Experiment proběhl během let 2022 a 2023. Migrační překážky měly za cíl snížit, nebo zamezit šíření raků signálních do vyšších částí potoka, kde se stále vyskytovala populace původního druhu, raka říčního.

Výsledky potvrdily, že místní populace raků signálních je již poměrně hustá s asi 14 raky/m² toku (odhad zahrnuje jedince větší než 30 mm). Poměr pohlaví v populaci se jevil vyrovnaný. Mezi roky výzkumu byly do toku instalovány migrační překážky. Z grafů vyplývá, že schopnost raků migrovat proti proudu byla vyšší v roce 2022 než v roce 2023. Instalované bariéry tedy zcela nezabránilly jejich migraci, ale snížily počet raků šířících se proti proudu potoka.

Klíčová slova:

rak signální, *Pacifastacus leniusculus*, Besének, migrace

Signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) occurrence and migration activity in Besének locality

Abstract

This thesis focuses on the population study of signal crayfish in the Besének locality in Moravia and their migratory abilities. The signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus* D.) is an invasive species from North America, which is now abundant in European watercourses. Its presence threatens native crayfish species in the Czech Republic, as it is more competitive and can reproduce faster. It is also a potential carrier of crayfish plague, a disease that is highly lethal to our native species, causing mass mortalities of crayfish.

The species has been found in the Besének stream in Moravia. At this site, research was conducted to determine the nature of the local population of signal crayfish and also to investigate the effect of installed migration barriers on the upstream movement of crayfish. The experiment was conducted during the years 2022 and 2023. The migration barriers were designed to reduce or prevent the dispersal movement of signal crayfish to higher parts of the stream where the native population of *Astacus astacus* L. was still present.

The results confirmed that the local population of signal crayfish is already quite dense with about 14 crayfish/m² (estimate includes individuals greater than 30 mm). The sex ratio in the population appeared to be balanced. The migration barriers were installed to the stream between the years of research. The graphs show that the ability of crayfish to migrate upstream was higher in 2022 than in 2023. The installed barriers did not completely prevent migration, but reduced the number of crayfish spreading upstream.

Keywords:

signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus*, Besének, migration

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíle práce.....	3
3 Literární rešerše	4
3.1 Původ a rozšíření invazních raků v ČR	4
3.2 Rak signální (<i>Pacifastacus leniusculus</i> Dana, 1852).....	6
3.2.1 Systematika, morfologie a znaky	6
3.2.2 Rozšíření v Evropě a ČR.....	6
3.2.3 Ekologie	8
3.2.4 Migrace	9
3.2.5 Vytlačování původních druhů	11
3.3 Račí mor	12
4 Metodika.....	14
4.1 Popis lokality.....	14
4.2 Stav vody a její fyzikálně-chemické parametry	17
4.3 Metodika výzkumu.....	18
4.4 Metodika zpracování dat	24
5 Výsledky	26
5.1 Celková bilance odchycených raků	26
5.2 Efektivnost odchytů.....	26
5.3 Velikostní kategorie a poměry pohlaví odchycených jedinců	28
5.4 Variabilita počtu odchycených jedinců a poměru pohlaví v průběhu sledovaného období	30
5.5 Výsledky značení raků	32
5.6 Vliv migračních bariér	40
6 Diskuse.....	42
7 Závěr.....	46
8 Literatura	48
9 Seznam tabulek.....	52
10 Seznam obrázků	53
11 Seznam příloh	54
12 Samostatné přílohy.....	I

1 Úvod

Rak signální (*Pacifastacus leniusculus* D.) patří mezi invazní druhy sladkovodních živočichů vyskytující se dnes již hojně v tocích České republiky i celé Evropy (Štambergová & kol. 2009). Tento druh, původně ze Severní Ameriky, byl do našich vod introdukován ve druhé polovině 20. století (Holdich 2002). V prostředí evropských vod začaly populace raků signálních dobře prospívat a od té doby jsou významnou hrozbou pro původní české i evropské druhy raků (Štambergová & kol. 2009). Důvodem je skutečnost, že jsou konkurenceschopnější než většina ostatních druhů. Zároveň, stejně jako další invazní druhy raků z Ameriky, přenáší onemocnění zvané račí mor, které působí rozsáhlé úhyny našich původních, dnes již ohrožených druhů raků (Kozubíková & kol. 2008).

Aktuálně je rak signální v ČR hojně se vyskytujícím a studovaným druhem a problematika jeho šíření je důležitým tématem. Tito raci jsou schopni rychlejšího rozmnožování než naše původní druhy, zároveň také rychleji rostou a dosahují větších tělesných velikostí (Vorburger & Ribí 1999). V kombinaci se schopností přežít s nákazou račího moru a přenášet ji dál na původní evropské druhy mohou do budoucna působit stále větší problémy při snaze o zachování populací chráněných druhů raků (Štambergová & kol. 2009).

Na potoce Besének na Moravě, nedaleko od obce Tišnov, byl zjištěn výskyt populace raků signálních. Přitom výše proti proudu toku od této lokality byla zjištěna populace našeho původního druhu, raka říčního (*Astacus astacus* L.). Na základě těchto informací byl založen výzkum na zjištění schopnosti migrace raků signálních proti proudu toku a možností jeho zpomalení v lokalitě Besének.

Experiment proběhl během let 2022 a 2023. Na zkoumané lokalitě se nacházely tři jezy přehrazující potok, které mohly tvořit potenciální překážku v migraci raků proti proudu. V místě jezů byl stanoven výzkumný úsek potoka a pomyslně rozdělen na tři části. Raci byli poté chytáni na všech stanovených úsecích, značení pomocí barevných elastomerů a vypouštění zpět do potoka v místě pod oběma jezy. Tímto způsobem se v roce 2022 zjišťovala přirozená schopnost raků dostat se do vyšších stanovených úseků nad dvěma z jezů. Mezi oběma roky výzkumu se do toku i na břeh v úrovni těchto dvou jezů nainstalovaly migrační bariéry s cílem omezit pohyb raků proti proudu. V roce 2023 byli raci znovu chytáni na všech stanovených úsecích, značení, a poté vypouštění v nejnižším výzkumném úseku pod oběma jezy opatřenými

migračními bariérami. Účelem bylo zjistit, zda měly instalované překážky vliv na migraci raků proti proudu. Zároveň se sbírala data o ulovených jedincích, na základě kterých byla charakterizována místní populace raků signálních.

2 Cíle práce

Tato práce má za cíl zhodnotit aktuální stav výskytu raka signálního na dané lokalitě a zjistit charakter místní populace. Dalším cílem je posouzení efektivity vybudovaných bariér na toku jako zábran omezujících migraci druhu. Výzkumné otázky jsou následující: Mohou instalované bariéry stoprocentně zamezit migraci raků proti proudu? Snižují bariéry množství raků migrujících proti proudu? Mají překážky vůbec nějaký vliv na šíření raků signálních proti proudu?

3 Literární rešerše

3.1 Původ a rozšíření invazních raků v ČR

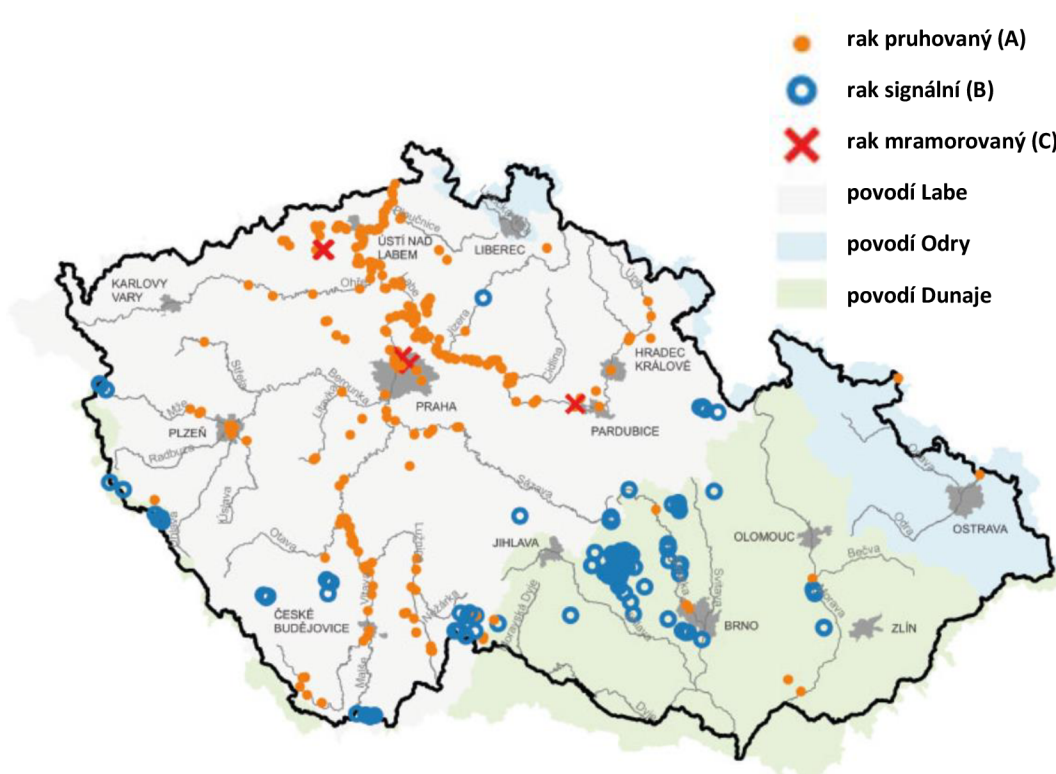
Raci patřili odedávna mezi hojně se vyskytující organismy ve vodách celé Evropy (Spitzky 1973). Tvořili významnou součást jídelníčku a často se s nimi obchodovalo. Odlov byl povolen až od určité velikosti jejich těla, což pomáhalo udržovat račí populace ve stále vysokých počtech (Spitzky 1973). Jakožto výrazní obyvatelé všech toků regulovali populace žab a zabraňovali makrofytům, aby zarůstaly řeky a potoky. Zároveň dobře fungovali jako indikátory čisté vody, jelikož původní evropské druhy jsou velmi citlivé na její kvalitu (Spitzky 1973). Mezi nejrozšířenější, a tedy i nejlovenější druh, patřil rak říční (*Astacus astacus* L.) (Spitzky 1973).

Až do začátku 19. století se račí populace držely ve stabilních vysokých počtech (Spitzky 1973). Poté ovšem přišel problém s narůstajícím znečištěním vod, kvůli hnojivům z polí, chemikáliím z továren, splaškovým vodám a dalším antropogenním látkám vedeným do toků (Spitzky 1973, Kossakowski 1973). K udržení račích populací nepřispívalo ani kácení lesů, meliorace na vodních tocích a další zásahy do krajiny, které způsobily úbytek biotopů a úkrytů vhodných pro raky (Štěpán 1932). Za těchto podmínek začaly počty raků velmi rychle klesat. Zásadní ránu pro jejich prosperitu představoval také račí mor (viz kapitola Račí mor), který se koncem téhož století začal šířit evropskými vodami (Kossakowski 1973). Tou dobou ještě nebyl známý fakt, že toto onemocnění přenášejí raci zavlečení z Ameriky a jakou jsou hrozbou pro původní druhy našich raků. Stejně tak se nebrala v potaz rizika zavlečení invazních druhů (Goldman 1973). Rak pruhovaný (*Orconectes limosus* R.) a rak signální (*Pacifastacus leniusculus* D.) tedy byli záměrně ve velkých počtech vysazováni na mnoha místech Evropy, aby nahradili vymírající populace jakožto jedinci rezistentní vůči račímu moru (Kossakowski 1973, Spitzky 1973).

I na území České republiky býval velmi rušný obchod s raky jakožto žádanou surovinou naší kuchyně. Jak uvádí Štěpán (1932), tento trh byl zákonem regulován. Pro legální odlov byly stanoveny míry velikostí těla raků, dále období povoleného lovu a zákaz chytání samic s vajíčky. Tato nařízení platila pro tři původní evropské druhy raků, kterými jsou rak říční (*Astacus astacus* L.), rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium* S.) a rak bahenní (*Astacus leptodactylus* E.) (Štěpán 1932). V dnešní době už je situace s raky na našem území velmi rozdílná. Dva původní české druhy, rak

kamenáč a rak říční, spolu s rakem bahenním, který je původní v Evropě, ale nikoliv v České republice (Svobodová & kol. 2023), jsou zákonem chráněni a označeni jako ohrožení (Štambergová & kol. 2009). Naproti tomu invazní druhy raků z Ameriky se úspěšně šíří naší krajinou a vytlačují konkurenčně slabší populace evropských raků (Štambergová & kol. 2009).

V České republice žijí tři invazní druhy raků (Svobodová & kol. 2023). Jsou jimi rak signální (*Pacifastacus leniusculus* D.), rak pruhovaný (*Orconectes limosus* R.) a rak mramorovaný (*Procambarus falax* H.) (Svobodová & kol. 2023). Podle Štambergové & kol. (2009) hrozí zavlečení dalšího invazního druhu do české přírody, a to raka červeného (*Procambarus clarkii* G.). Tento druh je u nás populární v akvarijských chovech, tudíž se může stát, že časem dojde k jeho vypuštění do přírody (Štambergová & kol. 2009). Rak červený je schopný se dobře uchytit na novém území a vyskytuje se již v několika evropských zemích (Štambergová & kol. 2009). Výskyt již zavlečených invazních druhů v České republice je znázorněn na obr. 1. Z něj vyplývá, že rak signální i rak pruhovaný jsou nyní hojně rozšířenými druhy v českých vodách.



Obr. 1: Mapa výskytu invazních druhů raků v ČR (Svobodová & kol. 2023)

3.2 Rak signální (*Pacifastacus leniusculus* Dana, 1852)

3.2.1 Systematika, morfologie a znaky

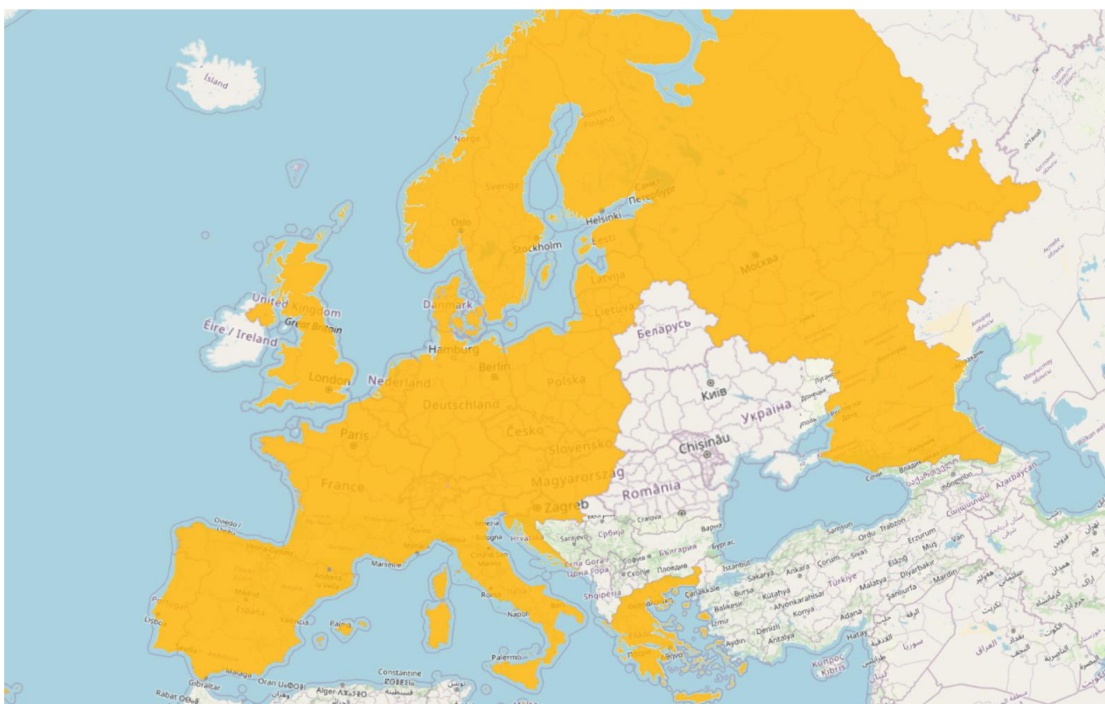
Taxonomicky řadíme raky mezi členovce (Arthropoda), podkmene korýši (Crustacea), řádu desetinožci (Decapoda) (Martin & Davis 2001). Druh *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) je zástupcem čeledi Astacidae, stejně jako rak říční, rak bahenní a rak kamenáč. Oproti tomu ostatní invazní druhy zavlečené do Evropy, mezi nimi rak pruhovaný, rak mramorovaný, či rak červený, patří do čeledi Cambaridae, která je dominantní skupinou amerického kontinentu a východní Asie. Na území Evropy (nikoliv však ČR) jsou známy i druhy čeledi Parastacidae. Tato čeleď je původní na australském kontinentu, okolních ostrovech a částečně v Jižní Americe (Štambergová & kol. 2009).

Raka signálního je podle vzhledu snadné zaměnit s rakem říčním či dalšími druhy raků, a to převážně v juvenilním stadiu (Souty-Grosset & kol. 2006). Od ostatních ho můžeme odlišit pomocí několika určovacích znaků. Charakteristická je pro něj hladká hlavohruď i klepeta bez jakýchkoliv trnů (Štambergová & kol. 2009). Za očima se nachází dva páry postorbitalních lišt (Souty-Grosset & kol. 2006). Klepeta jsou široká, mohutná a ze spodní strany výrazně červeně zbarvená. Na jejich svrchní straně je možné vidět světlou skvrnu, bílou až namodralou, která se nachází u spojení pevného a pohyblivého prstu klepeta. Přezdívá se jí „signální skvrna“, podle ní vznikl druhový název tohoto raka, ovšem ne u každého jedince je jasně viditelná (Štambergová & kol. 2009). Je možné, že tyto skvrny slouží jako obranné mimikry, jelikož při roztažení klepet dál od sebe mohou vypadat jako oči většího zvířete (Spitzky 1973).

3.2.2 Rozšíření v Evropě a ČR

Rak signální je původním druhem Severní Ameriky (Henttonen & Huner 1999). Ve svém přirozeném prostředí obývá spíše chladnější lokality na severozápadě USA a jihozápadě Kanady (Henttonen & Huner 1999), oblasti od Kalifornie až po Britskou Kolumbii (Souty-Grosset & kol. 2006). Vyskytuje se v menších potocích, ale i ve velkých řekách a jezerech. Tento druh umí přežívat rovněž v brakických vodách (Souty-Grosset & kol. 2006). Ze Severní Ameriky byli jedinci tohoto druhu dovezeni do Evropy a Japonska (Souty-Grosset & kol. 2006). V letech 1959 a 1960 došlo k introdukci raků signálních, původem z Kalifornie, do Švédska (Johnsen & kol.

2007). Na konci 60. let bylo vypuštěno tisíce jedinců kromě Švédska i ve Finsku, Francii a Rakousku (Souty-Grosset & kol. 2006). V 70. a 80. letech pokračovala introdukce do dalších evropských zemí. Na mapě (obr. 2) lze vidět, že se raci signální úspěšně rozšířili, ať už s pomocí člověka nebo samovolně, téměř po celé Evropě, včetně Velké Británie, Skandinávie a Řecka (Souty-Grosset & kol. 2006, EASIN ©2024). Žádné záznamy o výskytu raka signálního v rámci Evropy nyní nejsou známy pouze z její východní části, dále z Irska a Islandu (EASIN ©2024). V roce 2020 byl *P. leniusculus* rozpoznán již ve 29 evropských zemích, čímž se stal zatím nejrozšířenějším nepůvodním druhem raka v Evropě (Svobodová & kol. 2020).



Obr. 2: Mapa přítomnosti raků signálních v jednotlivých státech Evropy (EASIN ©2024)

V České republice je rak signální nejvíce zastoupen v povodí Dunaje v tocích severozápadně a jižně od Brna. Dále přežívá i v okolí Českých Budějovic, na Šumavě, v Českém lese a Orlických horách. Zástupci tohoto druhu byli nalezeni např. i na řece Moravě a Jizeře (obr. 1). Do ČR byli raci signální poprvé introdukováni v druhé polovině 20. století. Holdich (2002) uvádí, že se jejich dovoz uskutečnil v 70. letech, podle Štambergové & kol. (2009) došlo k introdukci v roce 1980. Ze Švédska bylo přivezeno 1000 jedinců v juvenilním stadiu (Holzer 1987, Policar & Kozák 2000). Konkrétní místo jejich vypuštění do přírody se dle autorů různí. Podle Holzera (1987) proběhlo v okolí Hradce Králové, Policar & Kozák (2000) uvádí, že raci byli vysazeni na čtyřech lokalitách: v rybníce Sputnik u Velkého Meziříčí, v rybníce Skříňka

u Velké Bíteše, v rybníce u Čáslavic a u Ivančic. Odtud byli záměrně vypouštěni na dalších místech v ČR, nebo se začali samovolně šířit zdejšími vodními toky (Svobodová & kol. 2000). Do pohraničních oblastí se rovněž dostávají raci signální ze sousedních států, zejména z Rakouska a Německa (Svobodová & kol. 2000).

3.2.3 Ekologie

Raci signální obývají ve svém domovském prostředí v Severní Americe různorodé typy biotopů, ať už to jsou malé potoky či velké řeky a jezera (Štambergová & kol. 2009). V evropských podmínkách obývají podobné lokality jako raci říční (Souty-Grosset & kol. 2006), kteří se nejčastěji vyskytují v pomaleji tekoucích říčkách a potocích s velkým množstvím vhodných úkrytů (Štambergová & kol. 2009). Raka signálního u nás ovšem můžeme najít kromě těchto stanovišť i v rybnících. Na rozdíl od Severní Ameriky, kde není známo, že by si tento druh hloubil nory, si v Evropě tito raci vyhrabávají úkryty pod kameny, nebo na březích potoků a rybníků (Souty-Grosset & kol. 2006). Ty mohou být tak hustě vyhloubené, že mohou způsobit kolaps břehu (Souty-Grosset & kol. 2006).

Raci signální jsou méně náchylní na nepříznivé podmínky prostředí než naše původní druhy (Svobodová & kol. 2020). Pöckl (2006) uvádí, že jsou tolerantnější k vyšším teplotám vody, ale nevyskytují se ve vodách s pH nižším než 6 (Souty-Grosset & kol. 2006). Jsou také schopni přežít delší dobu bez vody, pokud mohou zůstat ve vlhkých norách nebo schovaní v úkrytech. Mají ovšem poměrně vysoké nároky na množství kyslíku ve vodě, proto mohou trpět v letních obdobích ve vysoce eutrofizovaných rybnících (Goldman 1973, Souty-Grosset & kol. 2006). Preferují oligotrofní až mezotrofní vody a toky se středně velkými kameny (Goldman 1973). Jako potrava jim slouží široké spektrum zdrojů rostlinného i živočišného původu (Štambergová & kol. 2009). Živí se detritem, perifytonem, makrofyty, vodním hmyzem, někdy také drobnějšími rybami nebo jinými raky. V juvenilním stadiu konzumují z větší části vodní hmyz, s narůstající velikostí už tvoří většinu jejich jídelníčku rostlinná strava. Podle studií mají raci tohoto druhu žijící v Americe i v Evropě stejný vývoj preference potravy (Souty-Grosset & kol. 2006). Při výzkumu ve Velké Británii se ale u větších jedinců častěji projevoval kanibalismus (Souty-Grosset & kol. 2006). Experiment ve Švédsku prokázal, že raci signální konzumují ve srovnání s evropskými druhy velké množství potravy, především při vyšších

teplotách, čímž negativně ovlivňují místní rostlinná společenstva (Souty-Grosset & kol. 2006).

Páření a kladení vajíček probíhá většinou během října (Svobodová & kol. 2020). V této době samičky uvolňují pohlavní feromon, který stimuluje sexuální chování samců (Souty-Grosset & kol. 2006). Malí ráčci se líhnou další rok, a to v době od března do konce července, podle přírodních podmínek na dané lokalitě (Svobodová & kol. 2020). Štambergová & kol. (2009) uvádí, že velikost snůšky se pohybuje od 200 do 400 vajíček, jsou ale známy i případy, kdy měla samička více než 500 vajíček najednou. Inkubace vajíček trvá 166–280 dní (Souty-Grosset & kol. 2006). Po vykulení se ráčci drží u samiček po tři stadia, teprve poté se z nich stávají samostatní jedinci (Štambergová & kol. 2009). Svlékání probíhá nejčastěji v prvním roce života (až 11krát), do tří let se omezí na 2krát ročně a od čtyř let k tomuto jevu dochází přibližně jednou za rok. Odhaduje se, že věku dvou let se dožije 10–52 % populace v závislosti na biotických a abiotických faktorech prostředí. Maximální délka života bývá 20 let (Souty-Grosset & kol. 2006). Pohlavní dospělosti jedinci dosahují většinou ve věku 2–3 let při velikosti těla 6–9 cm (Lewis 2002, Štambergová & kol. 2009). Někteří autoři uvádí i případy, kdy samičky pohlavně dospěly již po prvním roce života (Abrahamsson 1971, Štambergová & kol. 2009, Chybowski 2013).

Růst těla raků signálních je ve srovnání s jinými druhy raků nadprůměrně rychlý a konečná tělesná velikost bývá větší než u našich původních druhů (Štambergová & kol. 2009). Již po prvním létě ve svém životě byla průměrná velikost těla raků signálních podle Abrahamssona (1971) změřena na 40 mm oproti rakům říčním, kteří měli ve stejném stáří asi 23 mm. Velikost těla byla stanovena jako vzdálenost od špičky rostra po vnější hranu telsonu. Roční samci raků signálních měřili průměrně 82 mm, samice 79 mm, kdežto u raků říčních se jednalo o 49 mm (samci) a 47 mm (samičky). Dvouletí samci raků signálních měli průměrnou velikost 102 mm, samice 97 mm, stejně staří raci říční měřili 72 mm (samci) a 70 mm (samice) (Abrahamsson 1971). Samice raků signálních zároveň mívají širší zadeček a menší průměr jednotlivých vajíček, což jim umožňuje nosit větší snůšky (Abrahamsson 1971). Konečná velikost těla samců bývá 16 cm, samic 12 cm (Štambergová & kol. 2009).

3.2.4 Migrace

Podle Souty-Grosset & kol. (2006) jsou raci signální velmi aktivní a často migrují po i proti proudu řek. Potíž jim nedělá ani pohyb po souši za účelem obcházení

překážek (Svobodová & kol. 2020). Souty-Grosset & kol. (2009) ovšem uvádí, že k rozptylu populací dochází poměrně pomalu. Rychlost kolonizace dle zmíněného autora bývá asi 1–2,4 km/rok. Studium migrace raků signálních se zabývalo i několik dalších autorů. Např. roce 2004 proběhla v Anglii studie migrace raků signálních po proudu toku (Bubb & kol. 2006). Během ní byli raci označeni pomocí štítků a po necelém měsíci se změřila vzdálenost, kterou stihli za tuto dobu urazit. Většina jedinců zůstala v okolí místa vypuštění do několika desítek metrů. Přesto se pár jedinců našlo i ve vzdálenosti 345 m po proudu od místa vypuštění. Mediánová vzdálenost činila 36,4 m. Na základě měření nebyl zjištěn signifikantní rozdíl v migraci podle pohlaví ani velikosti raka. Hustota populace na dané lokalitě činila 20 raků/m². Migrace jedinců v juvenilním stádiu nebyla zaznamenána, jelikož to nebylo možné z důvodu použité technologie (Bubb & kol. 2006).

Jiný výzkum v anglických horských řekách také prokázal, že se u raků signálních neprojevuje závislost migrace na pohlaví či velikosti těla (Bubb & kol. 2004). Během této studie se mimo jiné porovnávala tendence migrace u větší, hustě osídlené populace (20 raků/m²) a mladší, menší populace (asi 1–2 raci/m²). Ukázalo se, že tempo kolonizace u husté populace dosahovalo 2 km/rok, kdežto druhá, menší populace zatím dosahovala rychlosti osidlování nových území 0,5 km/rok (Bubb 2004). Raci migrovali po i proti proudu řeky, nejvyšší míra migrace byla zaznamenána ve vrcholném létě (Bubb & kol. 2004). Prokázala se signifikantně větší tendence migrace po proudu než proti němu. To podle autorů mohlo být způsobeno charakterem horských řek, které mají vyšší sklon a rychlejší proudění vody, což ztěžuje pohyb raků proti toku (Bubb & kol. 2004).

Další studie z Německa také zkoumala vliv pohlaví a velikosti raka na jejich migraci (Wutz & Geist 2013). Výzkum probíhal v období od března do září. Autoři uvádí, že je migrační chování silně ovlivněno v závislosti na pohlaví i velikosti těla. Tendenci migrovat mají podle nich spíše větší samci. Při experimentu zůstala většina všech raků (82,5 %) v oblasti do 100 m po 3 měsících od vypuštění, ale někteří samci se znovu objevili až ve vzdálenosti 300 m po 7 dnech od vypuštění. Hustota populace byla přepočítána na 0,4 raků/m². Nebyl zaznamenán rozdíl početnosti raků při migraci po a proti proudu. Poměr pohlaví byl vyrovnaný, což podle autorů naznačuje dokončenou invazi na lokalitě (Wutz & Geist 2013).

3.2.5 Vytlačování původních druhů

Rak signální je jedním z druhů raků, které byly lidmi záměrně, či neúmyslně rozšířeny mimo svá přirozená stanoviště po celém světě. Jak uvádí Vorburger & Ribí (1999), tento korýš se často na nových lokalitách stává dominantním druhem na úkor původních druhů raků. Důvodů pro jeho větší úspěšnost přežití může být několik. Jednou z jeho výhod je schopnost rychlejšího růstu a rozmnožování, než mají původní evropské druhy raků (Vorburger & Ribí 1999). Zároveň je přenašečem tzv. račího moru (*Aphanomyces astaci*) (viz další kapitola), vůči jehož nákaze je sám rezistentní, ovšem pro původní evropské druhy je toto onemocnění vysoce letální (Vorburger & Ribí 1999).

Přestože je račí mor velmi závažným důvodem vymírání evropských druhů raků, zdá se, že račí signální vytlačují ostatní druhy i bez přičinění tohoto onemocnění (Westman & kol. 2002). Důkazem je 30letá studie, která proběhla ve Finsku na jezeře Slickolampi (Westman & kol. 2002). Na této lokalitě se na počátku sběru dat hojně vyskytoval rak říční (*Astacus astacus* L.) a jen malá populace raka signálního, ovšem po letech tento původně dominantní druh téměř zcela vymizel. Nebyly nalezeny žádné stopy po onemocnění *Aphanomyces astaci*, tudíž se předpokládalo, že populace raků signálních jím nebyla infikována (Westman & kol. 2002). Během výzkumu se zjistilo, že poranění klepet bylo u raka říčního dvakrát častější, což dokazuje jeho nižší konkurenceschopnost (Westman & kol. 2002). V důsledku toho autoři předpokládají, že rak říční mohl být vytlačen z preferovaných stanovišť a úkrytů, jelikož se niky obou druhů překrývají. To mohlo vést také ke zvýšené predaci dravými rybami. Za zmenšení populace nejspíš mohla i konkurence o potravu, jelikož rak říční i rak signální mají v tomto ohledu shodné preference (Westman & kol. 2002).

Söderbäck (1994) i Westman & kol. (2002) uvádí, že mezi výše uvedenými druhy může docházet k reprodukční interferenci, což potvrzují i laboratorní výzkumy. Oba druhy mají podobnou dobu rozmnožování i chování během páření (Söderbäck 1994). Po mezidruhovém křížení ovšem dochází ke snášení sterilních vajíček a velikost račí populace tedy klesá. Jelikož jsou samci raků signálních dominantnější, agresivnější a větší než samci *A. astacus*, mají vyšší šanci k páření, čímž mohou výrazně oslabit populace raka říčního (Söderbäck 1994). Čím menší je další populace, tím pravděpodobněji může dojít k mezidruhovému křížení. Populace oslabeného druhu tedy může časem zcela zaniknout (Söderbäck 1994).

S dalším příkladem vytlačování původního evropského druhu přišla výše zmíněná studie z Velké Británie z roku 2004 (Bubb 2004). Na řece Wharfe došlo ke zmenšení velikosti populace původního anglického druhu raka bělonohého (*Austropotamobius pallipes* L.) na úkor expanze raků signálních. Bubb (2004) se domnívá, že mezi druhy dochází k přímé kompetici s tím, že invazní rak signální je kompetičně silnější. Jeho další výhodou je rychlejší rozptyl do okolí než u raka bělonohého (Bubb 2004).

V České republice byla zaznamenána koexistence raků signálních a raků říčních na několika málo lokalitách. Jednalo se např. o rybník Rybářství Litomyšl ve východních Čechách nebo rybník Nový u Třebíče (Štambergová & kol. 2009). Ve většině případů při kontaktu invazních raků s našimi původními ovšem dochází k zániku populace původních druhů raků (Štambergová & kol. 2009). Jedním důvodem je větší konkurenceschopnost invazních druhů, rozsáhlejší úhyny našich raků ale bývají způsobeny přenosem nákazy račího moru (viz další kapitola).

3.3 Račí mor

Patogen *Aphanomyces astaci* způsobuje onemocnění zvané račí mor, který ničí populace sladkovodních druhů raků po celé Evropě (Kozubíková & kol. 2008, Oidtmann & kol. 2004). Jedná se o plísňové onemocnění způsobené parazitem *Aphanomyces astaci*, který se dobře přizpůsobil k životu v račí kutikule (Kozubíková & kol. 2008). Jeho původ je v Severní Americe a druhy raků pocházející z této oblasti jsou schopné se této nemoci částečně bránit. Jejich imunitní systém je schopen na parazita účinně reagovat a omezit jeho prorůstání kutikulou (Kozubíková & kol. 2008). Patogen poté ve většině případů přežívá v těle žijícího raka a jeho zoospory se z hostitele uvolňují do vody. Nakažení američtí raci se tedy stávají přenašeči tohoto onemocnění (Oidtmann & kol. 2004). K šíření račího moru může dojít při přímém kontaktu s nemocnými raky, kontaktem s vodou, do které se uvolnily zoospory, nebo přenosem na kontaminovaných předmětech, na kterých se mohly spory zachytit (Štambergová & kol. 2009).

Jedná se o jednu z mnoha chorob, která může sladkovodní raky postihnout, ovšem právě tato nemoc devastuje račí populace velice zásadním způsobem (Kozubíková & kol. 2008, Oidtmann & kol. 2004, Štambergová & kol. 2009). Do Evropy se račí mor dostal již v polovině 19. století., což je doba, kdy byly na naše

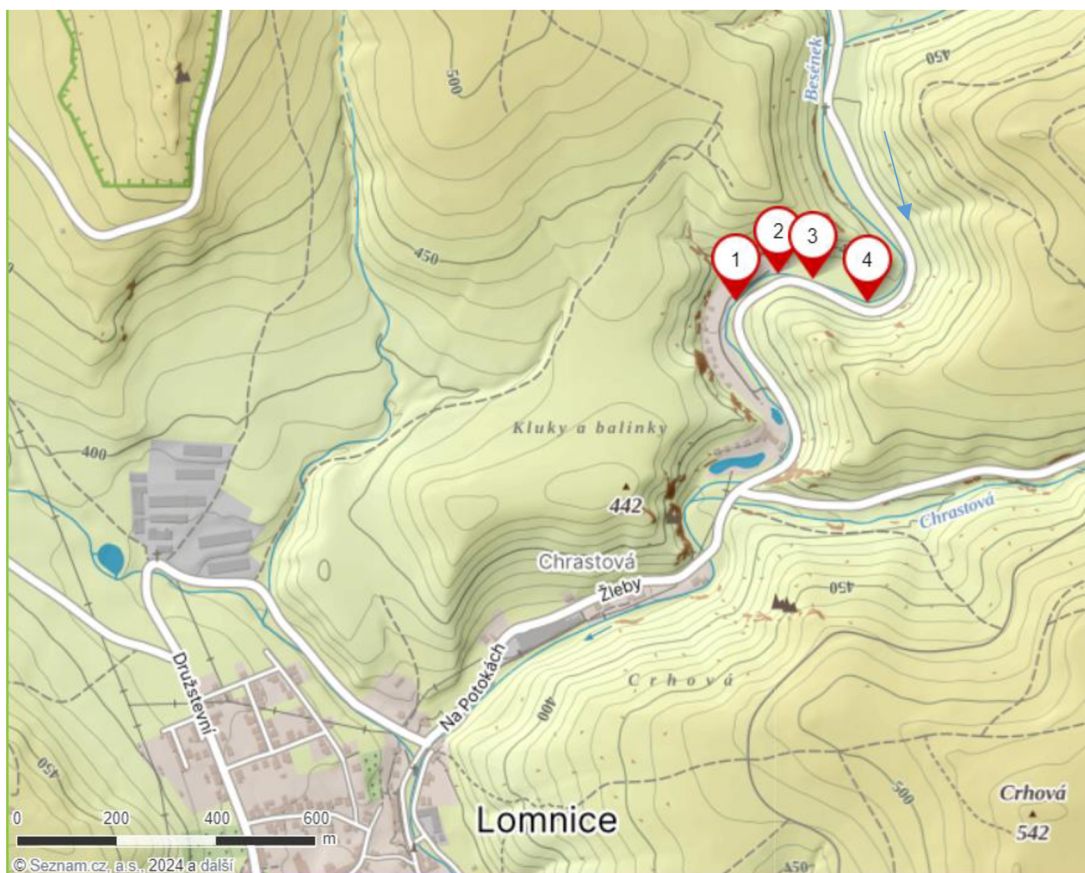
území zavlečeny americké druhy sladkovodních raků (Kossakowski 1973). První vlna nákazy byla zaznamenána roku 1859 ve Francii (Souty-Grosset & kol. 2006). Od jejího ohniska se dostala do sousedních krajů a po pár letech i do dalších zemí Evropy. Dnes již víme, že důvodem rychlého šíření této nemoci byla lidská činnost (Souty-Grosset & kol. 2006). S raky se hojně obchodovalo a sloužili jako zdroj obživy, docházelo tedy ke zprostředkovanému zavlečení amerických raků do evropských vod (Spitzky 1973). Roku 1890 byl poprvé identifikován jako přenašeč račího moru introdukovaný rak pruhovaný (Souty-Grosset & kol. 2006). Stejní autoři uvádí, že rak signální se také projevil jako přenašeč při další vlně nákazy, která započala roku 1969 a roznesla se po několika evropských zemích, např. Švédsku, Anglii a Řecku. Ve Španělsku se zjistilo, že *A. astaci* přenáší také rak červený, *Procambarus clarkii* (Souty-Grosset & kol. 2006).

V České republice byly během druhé poloviny 20. století nahlášeny dva případy hromadných vymírání raků s podezřením na nákazu račím morem (Kozubíková & kol. 2008). Mezi lety 2004–2007 se již prokázalo pět úhynů raků v důsledku přenosu tohoto onemocnění, s podezřením na rozšíření nákazy i na dalších lokalitách. Tato hromadná úmrtí proběhla např. na Křiveckém potoce u Třince (úhyn raků říčních, r. 2004), na Úpořském potoce v CHKO Křivoklátsko (úhyn raků kamenáčů, r. 2005) (Kozubíková & kol. 2008), v Žebrákovském potoce na Vysočině (úhyn raků říčních, r. 2008) (Štambergová & kol. 2009). V neposlední řadě došlo k úhynu raků říčních také v této práci studovaném Besénku na Moravě v roce 2009 (Štambergová & kol. 2009).

4 Metodika

4.1 Popis lokality

Výzkum migračních schopností raků signálních probíhal na vodním toku Besének na Moravě. Tento potok, dlouhý 17,7 km (EDPP ©2024), je levostranným přítokem řeky Svratky a dle vyhlášky č. 44/2021 Sb., kterou se mění vyhláška č. 49/2011 Sb., o vymezení útvarů povrchových vod, dle přílohy č. 2, spadá do povodí Dyje. Jeho pramen se nachází ve výšce 650 m n. m severně od obce Brumov na Brněnsku (Michalová 2012) na severním svahu vrchu Lískovec (EDPP ©2024). Do Svratky ústí v nadmořské výšce 260 m na okraji Tišnova (Michalová 2012). Do Besénku se vlévá několik bezejmenných potoků, dále pak potoky Bedřichovský, Kozákovský, Rašovský, potok Chrastová a další (Mapy.cz ©2024a). Spodní hranice experimentálního území (obr. 3, bod 1) se nacházela na souřadnicích 49°25' SŠ, 16°25' VD, tedy cca 600 m nad přítokem potoka Chrastová do Besénku. Toto místo se nachází na úseku 3. řádu toku podle Strahlera (obr. 3).



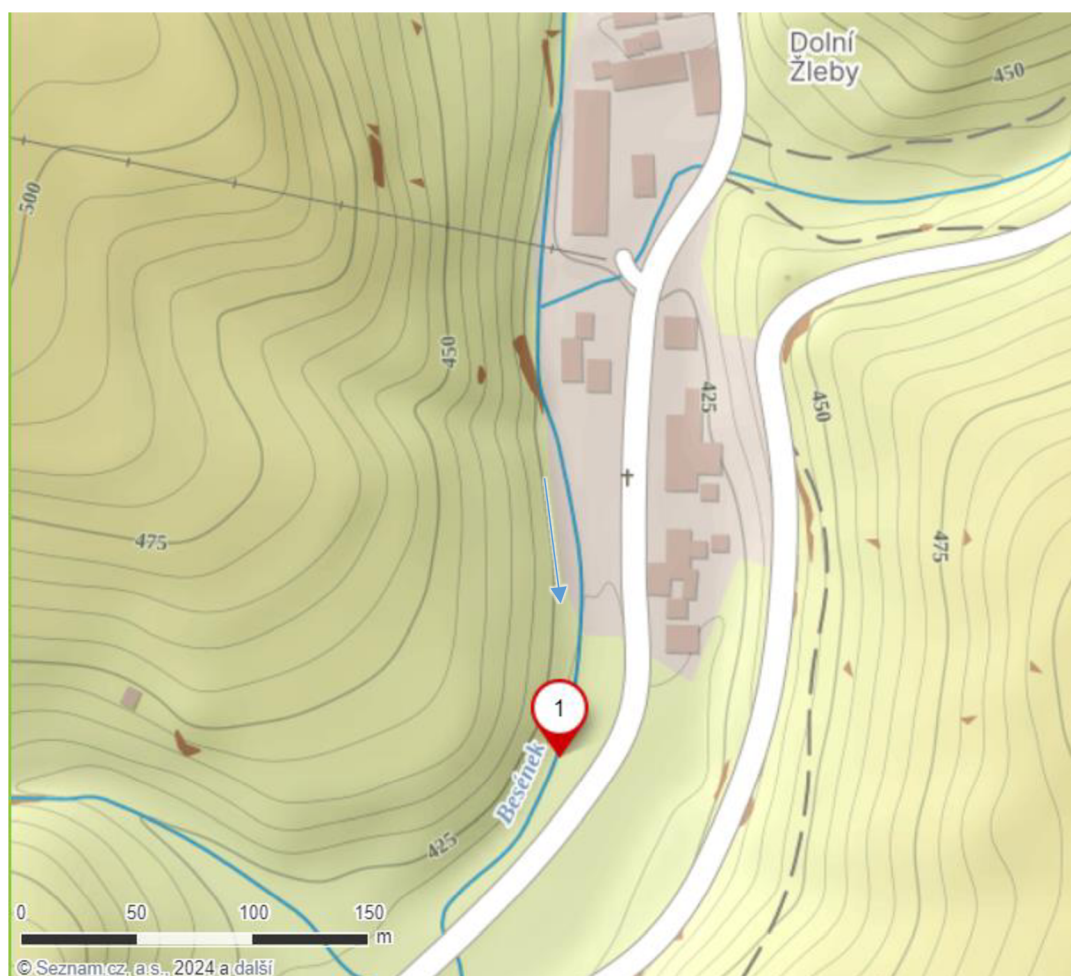
Obr. 3: Zeměpisná mapa experimentální lokality (Mapy.cz ©2024a), bod 1 a 2 = hranice úseku U1, bod 2 a 3 = hranice úseku U2, bod 3 a 4 = hranice úseku U3, viz kapitola metodika výzkumu

První kilometr od pramene protéká Besének lesem, poté vede skrz obec Brumov a níže ho pak z většiny své délky lemují několik silnic. Obcemi ležícími v přímém okolí Besénku jsou kromě Brumova také Žleby, Dolní Žleby, Chrastová, Lomnice, Nový Svět, Šerkovice a Lomnička. Úsek vymezený pro daný experiment se nacházel v lese mezi obcemi Chrastová a Dolní Žleby. Bezprostřední okolí studovaného úseku Besénku tvořil smíšený les. Přimo do toku zasahovaly kořeny olší a vrb, dále se zde vyskytovaly habry, duby, smrky a jedle. V tomto místě bylo rozvinuté rovněž bylinné patro. Na levém břehu ve směru proudění vody ve vzdálenosti cca 15 m od toku rozdělovala porost lesa silnice III/3773 (obr. 4). Cca 10 m od pravého břehu se nacházelo několik obytných chat (obr. 4). Koryto bylo nezpevněné, dno převážně kamenité a štěrkovité s většími balvany. Celá plocha toku byla broditelná s hloubkou vody 0–30 cm při jejím vyšším stavu. Šířka toku se na žádném úseku výrazně neměnila a dosahovala průměrně 4 m. Jedná se o potok s přirozeným hydromorfologickým charakterem (vyhláška č. 44/2021 Sb., kterou se mění vyhláška č. 49/2011 Sb., o vymezení útvarů povrchových vod, příloha č. 2). Průměrný denní průtok Besénku v roce 2022 činil $0.108 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (ISVS ©2024). Tento údaj byl změřen ve vodoměrné stanici Lomnička na Besénku, přibližně 7 km po proudu od spodní hranice našeho studovaného území. Nejvyšší denní průtok roku 2022 byl zaznamenán v červnu, a to v hodnotě $0.886 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (ISVS ©2024). Záznamový arch s údaji o lokalitě se nachází v příloze 1.



Obr. 4: Letecký snímek experimentální lokality (Mapy.cz ©2024b), bod 1 a 2 = hranice úseku U1, bod 2 a 3 = hranice úseku U2, bod 3 a 4 = hranice úseku U3, viz kapitola metodika výzkumu

Na studované lokalitě se vyskytují raci signální, kteří zde byli zaznamenáni teprve v posledních několika letech (HEIS VÚV ©2023). Původně se zde vyskytovala silná populace raka říčního, která byla ovšem zdecimována račím morem v roce 2008 (HEIS VÚV ©2023). Navzdory této události se tento druh opět objevil v horní části toku v roce 2019 (HEIS VÚV ©2023). Během výzkumu se zjistilo, že se raci signální šíří proti proudu potoka, ovšem v části Besénku stále žijí i raci říční. Jedinci tohoto druhu, stejně jako několik raků signálních, byli nalezeni v okolí jezu pod obcí Dolní Žleby (obr. 5). Znamená to tedy, že jsou zde oba druhy v kontaktu, což potvrdila i analýza vzorků eDNA (HEIS VÚV ©2023). Tato lokalita se nachází asi 1500 m nad horní hranicí daného experimentálního území.



Obr. 5: Zeměpisná mapa (Mapy.cz ©2024c), bod 1 – místo výskytu raků signálních i raků říčních

4.2 Stav vody a její fyzikálně-chemické parametry

Během výzkumu se zaznamenával stav vody (tab. 1) a její základní fyzikálně-chemické parametry (tab. 2). V tabulce 2 jsou barevně vyznačeny nejvyšší (žlutě) a nejnižší (modře) naměřené hodnoty.

Tab. 1: Stav vody

Datum měření	Stav vody
16.08.2022	voda mírně zkalená po bouřkách – horší průhlednost v hlubších úsecích, stav vody normální
31.08.2022	voda průhledná, stav normální
14.09.2022	zakalená, zvýšený stav
26.09.2022*	vyšší stav
19.10.2022*	vyšší stav
24.05.2023	bez dat
12.06.2023	bez dat
27.06.2023	bez dat
11.07.2023	kalná po dešti
18.09.2023	nízký stav
10.10.2023	nízký stav, v noci déšť
11.10.2023	vyšší stav

* Hodnoty odhadnuty podle archivu počasí a dat z ostatních sběrů

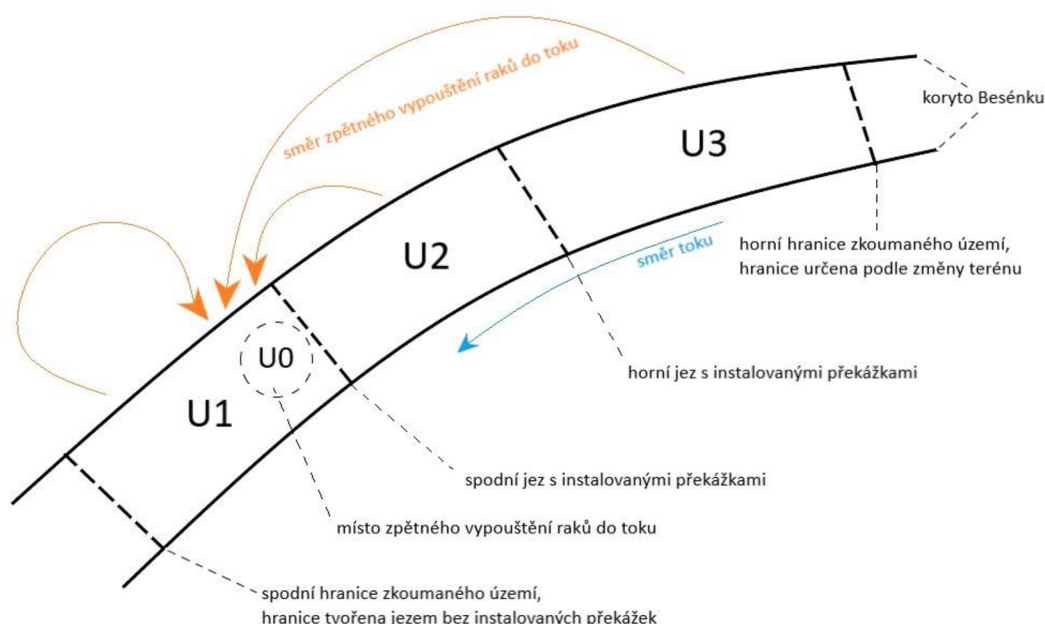
Tab. 2: Základní fyzikálně-chemické parametry vody

Datum měření	Konduktivita ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	teplota vody ($^{\circ}\text{C}$)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)
14.09.2022	334	7,98	14,3	9,23	95
26.09.2022*	360	8	12,5	8,76	96,5
19.10.2022*	384	8,09	11,6	9,62	96,3
24.05.2023	355	7,57	14,3	9,18	93,3
12.06.2023	375	7,9	15,8	9,41	99,6
27.06.2023	435	7,9	19,2	8,52	97,7
11.07.2023	436	7,77	16	9,18	98,3
18.09.2023	386	8	17,7	8,76	96,5
10.10.2023	384	8,09	13,4	9,62	96,3
11.10.2023	401	8,02	12,8	10,1	99

* Hodnoty odhadnuty podle archivu počasí a dat z ostatních sběrů

4.3 Metodika výzkumu

Výzkum probíhal na části toku Besének, který byl pomyslně rozdělen do tří na sebe navazujících úseků (obr. 3, 4, 6). Pro účely experimentu se tři stanovené úseky označily ve směru proti proudu toku „U1“, „U2“ a „U3“, jejich délka byla změřena následovně: $U1=106,5$ m, $U2=29$ m, $U3=152,5$ m, celkem tedy 288 m. Na spodní hranici úseku U1, mezi úseky U1/U2 a také na hranici U2/U3 se nacházely jezy. Mezi oběma roky výzkumu byly dva hraniční jezy (mezi U1/U2 a U2/U3) doplněny o umělé překážky, které měly ztížit migraci raků proti proudu toku, případně jí zcela zabránit (viz dále). Konec úseku U3 byl stanoven v místě zúžení koryta a zatočení toku.



Obr. 6: Schéma experimentálního území

Na všech sledovaných úsecích Besénku probíhal monitoring a odchyt raků signálních, jejichž přítomnost na lokalitě byla opakovaně potvrzena během každé kontroly. Při odchycích se zjišťovala aktuální osídlenost jednotlivých úseků a zároveň docházelo ke značení chycených raků (viz dále). Ti byli na závěr každého výzkumného dne opět vypuštěni do toku. Tento postup byl prováděn s cílem sledovat schopnost raků migrovat mezi danými úseky toku.

Výzkum se uskutečnil během let 2022 a 2023 (tab. 3). První fáze odchyťů trvala od srpna do října roku 2022. Dne 9. 11. 2022 se mezi úseky nainstalovaly překážky. V roce 2023 byli raci loveni v období od května do října. Z provozních důvodů nebylo možné provádět výzkum dva roky po sobě ve stejném ročním období. Práce na určené lokalitě probíhala přibližně dvakrát za měsíc, všechny kontroly proběhly dohromady v 18 dnech. Raci byli vyhledáváni a loveni ručně, případně se chytali do vrší. Vrše byly použity pouze v jedné části toku, a to na úseku U1 u jeho horní hranice s U2, tedy pod prvním jezem. Zbylé odchyty raků probíhaly ručně se stejným úsilím na všech stanovených úsecích.

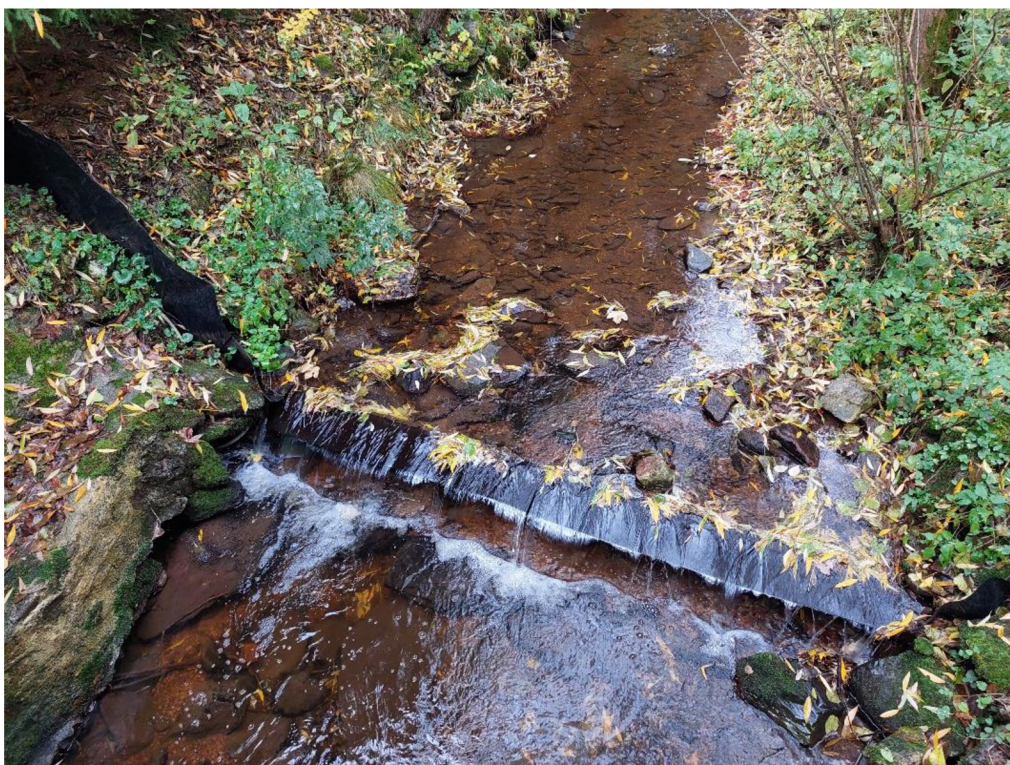
Tab. 3: Časový harmonogram odchyťů raků signálních

Datum odchyty	Značení odchyty	Počet chycených raků	Počet označených a zpětně vypuštěných raků	Doba ručních odchyťů v člověkohodinách
16.08.2022	I.	168	168	6
17.08.2022	I.	197	197	12
31.08.2022	II.	248	248	9
14.09.2022	III.	253	253	12
26.09.2022	IV.	219	219	15
19.10.2022	Odlov I.	109	0	13
9.11.2022 instalace překážek				
24.05.2023	V.	218	218	16
25.05.2023	V.	95	95	7
12.06.2023	VI.	219	219	16,25
13.06.2023	VI.	106	106	6,2
26.06.2023	VII.	139	139	9
27.06.2023	VII.	214	214	9
11.07.2023	Odlov II.	286	0	10,5
12.07.2023	Odlov II.	169	0	10
18.09.2023	Odlov III.	252	0	8,5
19.09.2023	Odlov III.	350	0	7,5
10.10.2023	Odlov IV.	243	0	7,7
11.10.2023	Odlov IV.	201	0	5,75

Množství odchycených raků, jejich míry a další údaje se zaznamenávaly do archu (příloha 2). Po skončení výlovu daného dne byli raci označeni zavedením barevných elastomerů do svalové tkáně na spodní straně zadečku každého raka (příloha 3). Značení probíhalo individuálně, s využitím kombinace barev a umístění elastomeru na stanoveném článku zadečku, pro každý termín odchyty (příloha 3). Díky tomu se při zpětném chycení dalo určit, zda byl rak již dříve označen, kdy a na jakém úseku.

Po zavedení elastomeru došlo k vypuštění všech jedinců zpět do potoka (obr. 6). Raci byli vráceni vždy na stejné místo v toku ze všech úseků, kde byli původně nalezeni, a to do horní části úseku U1, který se pracovním označil jako „U0“ (obr. 6). Tento postup se opakoval s cílem přesytit populaci v této části toku, aby se podpořila jejich migrace. Při dalších odchycích byl postup opakován, zároveň s tím se zaznamenávaly i údaje o počtu jedinců již označených z předešlých kontrol. Při posledním odchytu v roce 2022, dne 19. 10., již nedošlo k navrácení ulovených raků do toku, ale k jejich usmrcení mrazem, se záměrem oslabení jejich populace. Tento typ odchytu/kontroly, kdy po jeho dokončení nebyli raci označeni a vypuštění do toku, byl pracovním nazván jako „odlov“.

Dne 9. 11. 2022 byly na jezích mezi úseky U1/U2 a U2/U3 vybudovány překážky vytvořené z foliových plátů a desek z polyethylenu (HDPE), jejichž funkcí mělo být zabránění či ztížení migrace raků do horních částí toku (obr. 6). Plastové desky se nainstalovaly přímo do toku na vrchní hrany jezů tak, aby vytvořily převis (obr. 7). Foliové pláty byly vztyčeny na souši v úrovni horních hran jezů (obr. 8), a to na obou březích potoka, se snahou zabránit rakům v obcházení těchto jezů po zemi. Rozměry desek byly 2000×350×5 nebo 2000×300×5 mm. Foliové pláty měřily 2000×600×1 nebo 2000×400×1 mm a byly dále rozřezány či pospojovány podle potřeb při instalaci v terénu. Po instalaci překážek byl rozdíl hladin u spodního jezu 25 cm, u horního jezu 19 cm. Šířka přelivové plochy činila u obou jezů 20 cm. Míry bariér na horním jezu jsou vyznačeny na obr. 9. Rozměry bariér na spodním jezu zobrazují obr. 10–12, při jejich instalaci bylo částečně využito mostu jako součásti překážky. Další fotodokumentace z výzkumné lokality se nachází v příloze 4.



Obr. 7: Instalované překážky na horním jezu, pohled z mostu (Šrytrová 31.10.2023)



Obr. 8: Instalované překážky na horním jezu, pohled ze břehu (Šrytrová 31.10.2023)



Obr. 9: Rozměry bariér na horním jezu (Šrytrová 26.02.2024)



Obr. 10: Rozměry bariér na spodním jezu, pohled na pravý břeh (Šrytrová 26.02.2024)



Obr. 11: Rozměry bariér na spodním jezu, pohled na koryto (Šrytrová 26.02.2024)



Obr. 12: Rozměry bariér na spodním jezu, pohled na levý břeh (Šrytrová 26.02.2024)

Po instalaci překážek od května 2023 byli raci opět odchyťaváni na všech stanovených úsecích ručně i pomocí vrší (tab. 3), značili se barevnými elastomery a znovu se vypouštěli do toku Besénku v místě označeném U0 (obr. 6). Takto sbíraná data měla za cíl zjistit, jak nové zábrany v potoce ovlivní migraci raků. Od 11.07.2023 do 11.10.2023 byli raci stále loveni a data o nich se nadále zaznamenávala, ovšem v této době již nebyli vraceni do toku, ale usmrcováni mrazem (tab. 3).

4.4 Metodika zpracování dat

Pro výpočet velikosti populace na Besénku byla použita Petersenova metoda (Lepš 1989, Kadlecová 2008). Díky ní je možné odhadnout počet jedinců v populaci pomocí porovnání dvou po sobě následujících odchyťů. Při prvním z nich se všichni jedinci označí a znovu vypustí do toku, při dalším se zjistí, kolik z ulovených raků již mělo značku. Tato metoda předpokládá uzavřenou populaci a stejnou pravděpodobnost odchyty každého jedince. V případě tohoto výzkumu byla velikost populace odhadnuta při každé kontrole zvlášt' s tím, že se k jejímu výpočtu vždy použila data ze dvou po sobě jdoucích odchyťů.

Pro výpočet odhadu byl použit následující vztah:

$$N = \frac{(n_1 + 1) \cdot (n_2 + 1)}{(m_2 + 1)} - 1$$

n_1 ...celkový počet jedinců chycených při prvním odchyty, označených a znovu vypuštěných

n_2 ... celkový počet jedinců chycených při druhém odchyty

m_2 ...počet označených jedinců ve druhém odchyty

K výpočtu střední chyby byl použit následující vzorec (Lepš 1989):

$$s_N = \sqrt{\frac{(n_2 + 1)(n_1 + 1)(n_2 - m_2)(n_1 - m_2)}{(m_2 + 1)^2 \cdot (m_2 + 2)}}$$

Poměr přelézání migračních bariér byl vypočítán jako podíl znovu nalezených značených raků z podílu všech jedinců nalezených v daný termín na daném úseku a všech značených jedinců v toku. Výpočet byl proveden na základě následujícího vzorce (Vojtěch Macháček – VÚV TGM, 2024, in verb.):

$$x = (k/l)/m$$

k... počet znovu chycených raků na daném úseku

l... množství všech raků chycených v daný termín na daném úseku

m... množství všech již označených raků v toku

Pro tvorbu grafů a tabulek byl použit software Microsoft Excel.

5 Výsledky

Tato kapitola shrnuje výsledky provedeného výzkumu a je rozdělena do několika podkapitol, ve kterých se píše o celkové bilanci odchycených raků, efektivnosti jednotlivých odchytů, velikostech a pohlaví chycených raků, charakteru populace na Besénku a vlivu instalovaných bariér na migraci raků.

5.1 Celková bilance odchycených raků

Celkové množství raků signálních odchycených za celý výzkum činilo 4589 jedinců. Z tohoto počtu bylo 903 raků s tělesnou délkou menší než 30 mm (případně několik nalezených uhynulých raků), což je velikost, od které bylo možné určit pohlaví jedince a zavést mu do těla značku pro potřeby experimentu. Raci menší než 30 mm (nebo mrtví jedinci) proto nebyli při dalším zpracování dat bráni v potaz ani zahrnuti do výsledných grafů. Počet všech odchycených živých raků, včetně jedinců chycených vícekrát, kteří byli větší než 30 mm, bylo 3686. Data o těchto jedincích tvořila základ pro zpracování všech kapitol s výsledky experimentu. Souhrnná tabulka s veškerými údaji o chycených racích se nachází v příloze 5.

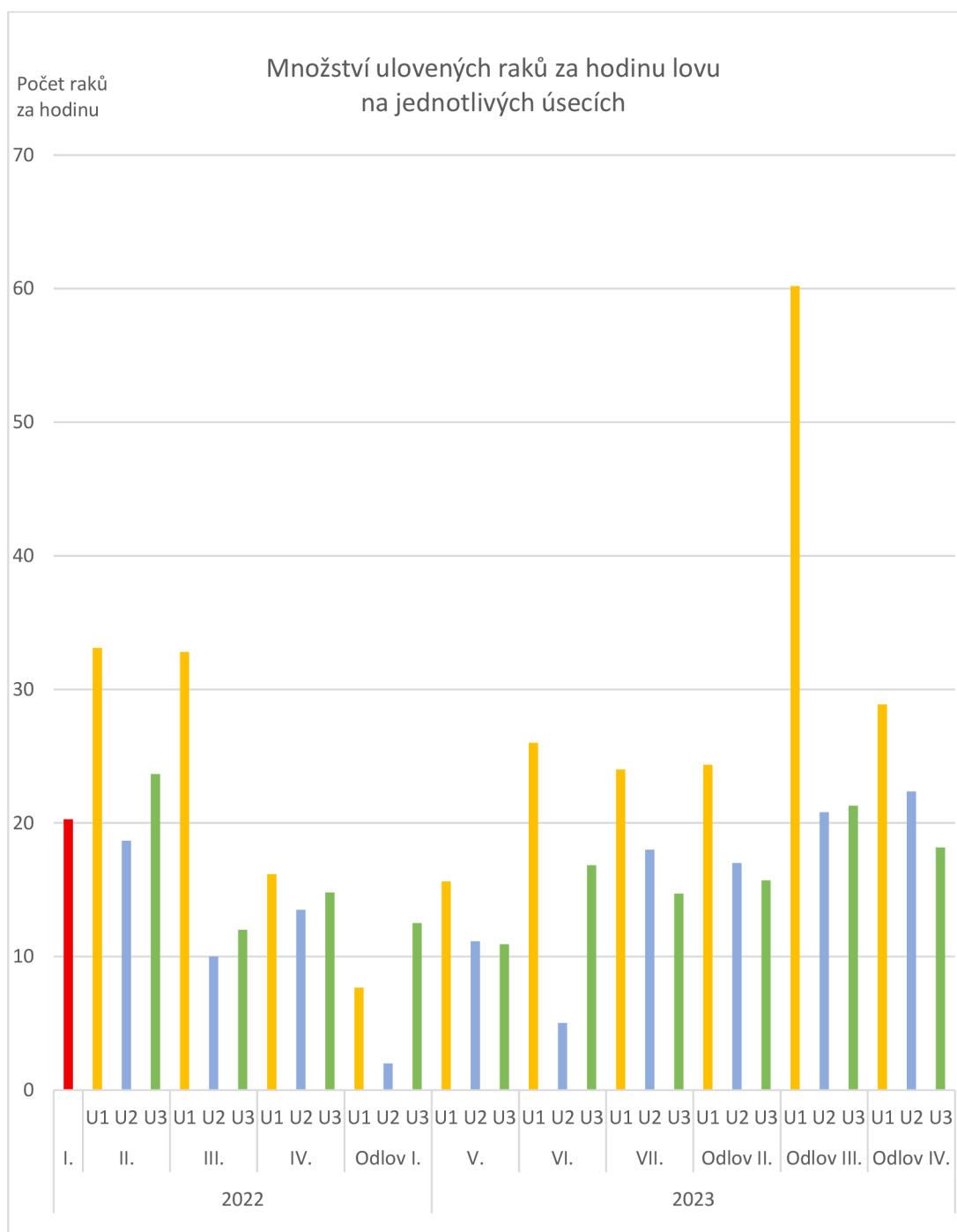
Z celkového množství 3686 jedinců bylo chyceno 1782 samců a 1904 samic. V rámci jednotlivých let výzkumu bylo chyceno 1194 raků v roce 2022 a 2492 raků v roce 2023. V ohledu na obě pohlaví se v roce 2022 podařilo chytit 587 samců a 607 samic. V roce 2023 tato čísla činila 1195 samců a 1297 samic. Za oba roky výzkumu se označilo a znovu vypustilo do toku 2076 raků. Z nich bylo 1085 jedinců označeno v roce 2022 a 991 jedinců v roce 2023. Za celý experiment se podařilo znovu odchytit 535 raků, kteří již měli zavedenou značku. Z tohoto množství jich bylo 110 chyceno v roce 2022 a 425 v roce 2023.

Tělesná velikost raků byla měřena od špičky rostra po konec telsonu. Největší jedinci, které se podařilo chytit, měřili 120 mm. Jednalo se o dvě samice a tři samce. Nejmenší velikost chycených raků nebyla zaznamenána, tyto údaje byly sbírány pouze u raků větších než 30 mm (příloha 6).

5.2 Efektivnost odchytů

Následující graf (obr. 13) zobrazuje počet raků chycených za člověkohodinu na jednotlivých úsecích (přepočítaný počet ulovených jedinců na jednu hodinu práce jednoho chytače). První odchyt (červený sloupec, I.) je vyznačen zvlášť a jsou v něm

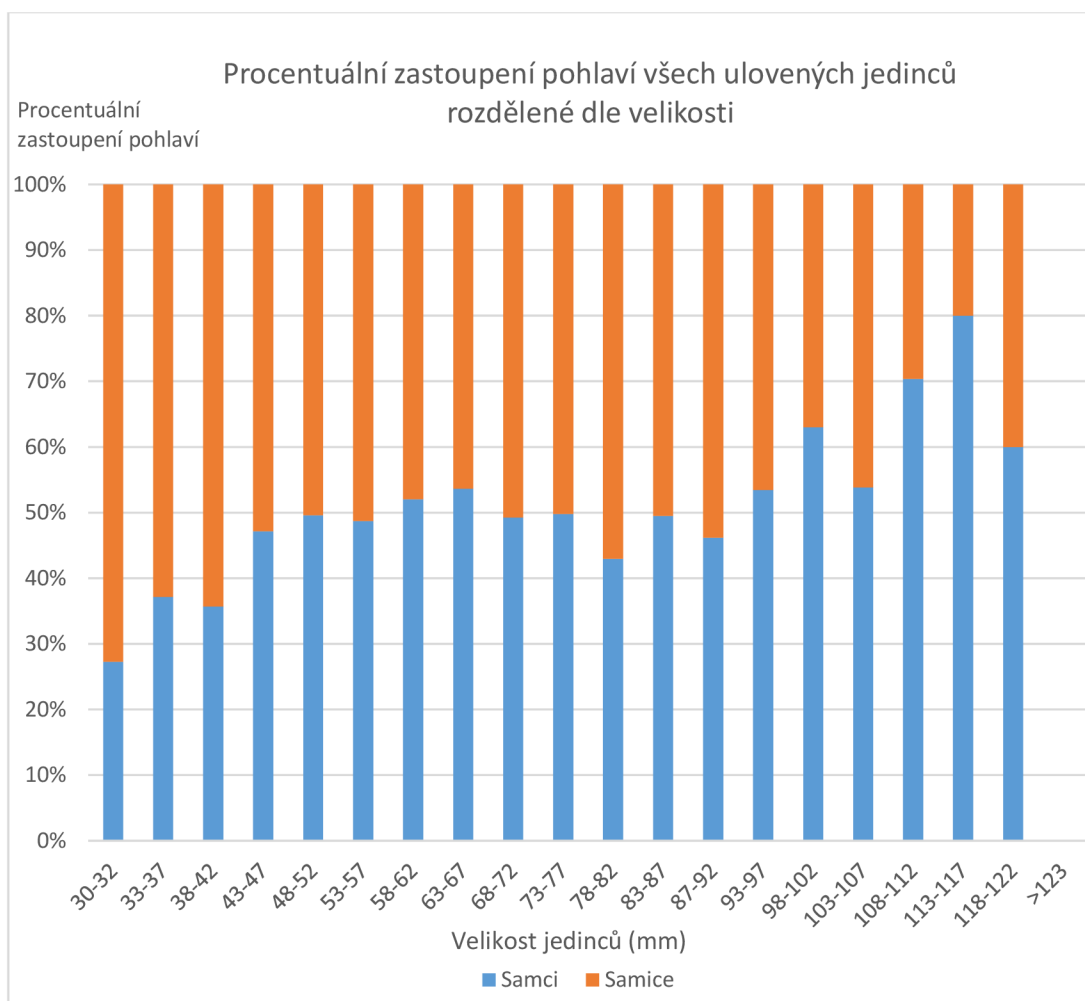
zahrnutí raci ze všech úseků chycení v tomto termínu, jelikož v této době ještě nebyly řádně vylišeny všechny úseky. Od druhého odchyty je již množství chycených raků rozlišeno podle místa, kde byli uloveni. Hodnoty pro množství raků chycených za hodinu byly nejvyšší na úseku U1 při každém odchyty. Rychlost lovu raků na úsecích U2 a U3 byla poměrně vyrovnaná. Průměrně se dařilo chytat asi 19 raků za hodinu na celém experimentálním úseku.



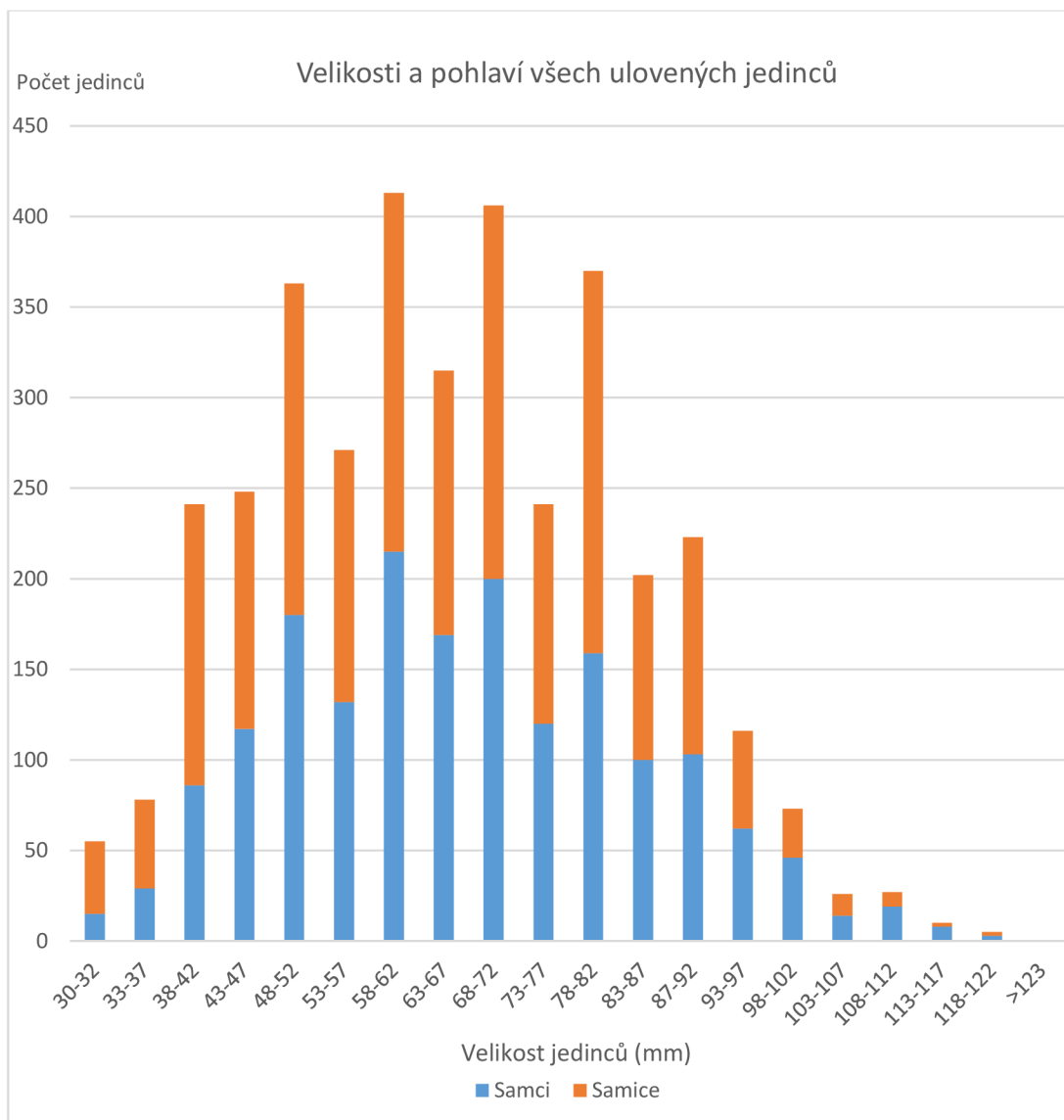
Obr. 13: Počet raků za člověkohodinu na jednotlivých úsecích ($n=3686$, včetně opakovaných odchyty), raci chycení na úseku U1 vyznačeni žlutě, na U2 modře, na U3 zeleně, červený sloupec značí množství raků chycených na všech úsecích dohromady při prvním odchyty

5.3 Velikostní kategorie a poměry pohlaví odchytených jedinců

Na obr. 14 je znázorněn procentuální poměr pohlaví všech odchytených jedinců za celou dobu výzkumu, tedy za rok 2022 i 2023 dohromady, rozdělený podle velikostních kategorií. Samci jsou v grafu zobrazeni modře, samice oranžově. Tělesné rozměry byly zaokrouhleny na milimetry a rozděleny do velikostních kategorií. Z grafu je patrné, že ve většině případů byl poměr pohlaví vyrovnaný (zastoupení obou pohlaví v rozmezí 40–60 % z celku). U raků s většími tělesnými proporcemi převažovalo zastoupení samců, s menšími rozměry bylo naopak chyceno více samic. Obr. 15 obsahuje stejná data znázorněná v absolutních číslech. Podle tohoto grafu je zřejmé, že jedinců do velikosti cca 38 mm bylo chyceno mnohem méně než větších raků. Zastoupení středních velikostí bylo početně relativně vyrovnané. U největších tělesných rozměrů počet chycených raků postupně klesal.

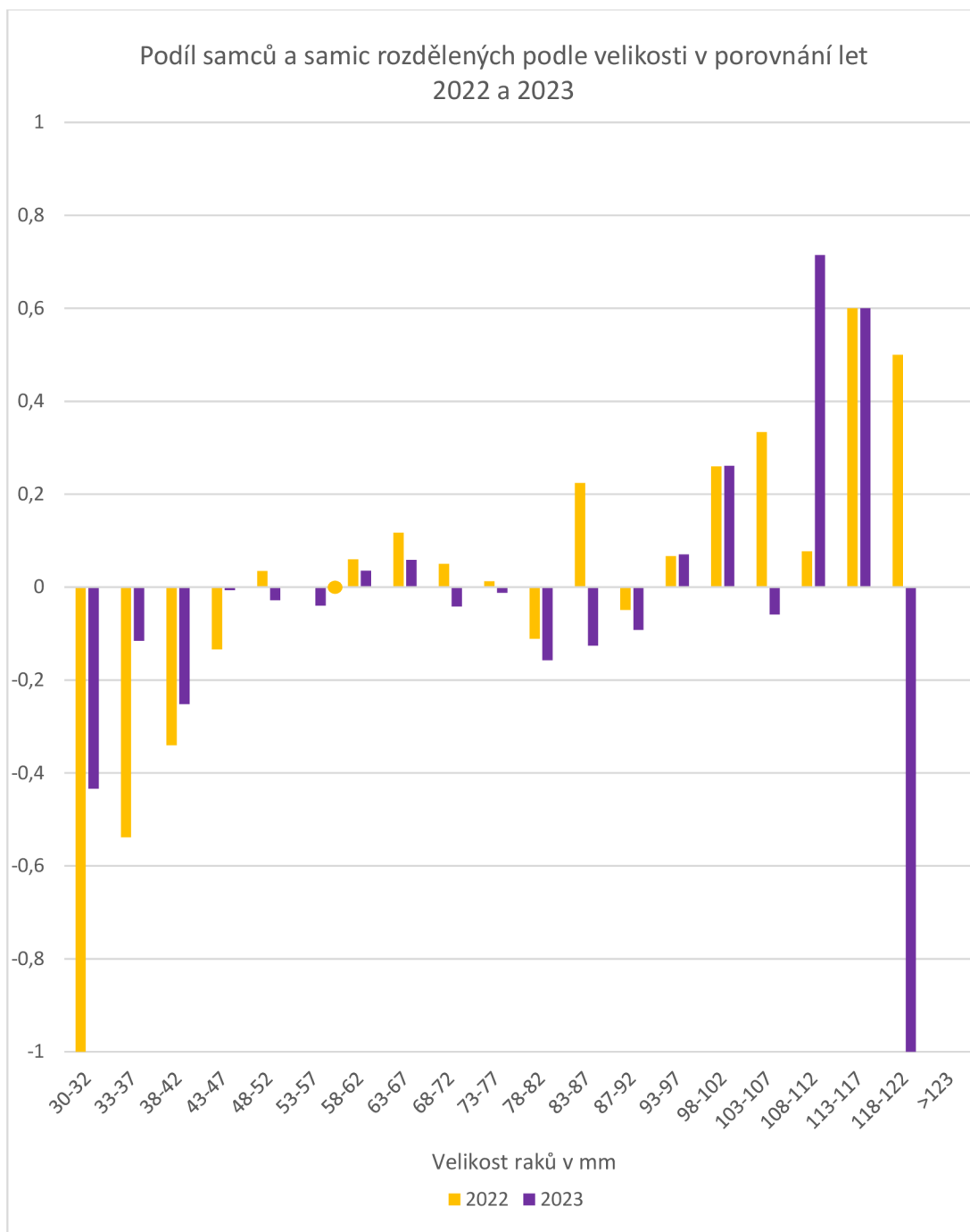


Obr. 14: Procentuální zastoupení pohlaví všech ulovených jedinců za celý pokus, rozdělené podle tělesné velikosti ($n=3686$, včetně opakovaných odchytů), samci vyznačení modrou barvou, samice oranžovou



Obr. 15: Tělesná velikost a pohlaví všech ulovených jedinců za celý pokus v absolutních číslech ($n=3686$, včetně opakovaných odchytů), samci vyznačeni modrou barvou, samice oranžovou

Meziroční poměry výše uvedených charakteristik ukazuje následující graf (obr. 16). Jeho hodnoty byly vypočítány jako počet samců minus počet samic dělený celkovým počtem chycených raků dané velikosti. Poměr pohlaví s převyšujícím počtem samců, v rámci dané tělesné velikosti, je znázorněn sloupci s kladnými hodnotami. Naopak převažující množství samic nad samci zobrazují sloupce záporných hodnot. V obou letech se projevuje stejný trend, a to že u menších tělesných rozměrů bylo chyceno výrazně více samic, u nadprůměrných velikostí zase výrazně více samců. Výjimkou je převaha samic u největší tělesné velikosti v roce 2023, jelikož byla s tímto rozměrem chycena pouze jedna samice. U zástupců středních velikostí byl poměr pohlaví chycených raků relativně vyrovnaný.

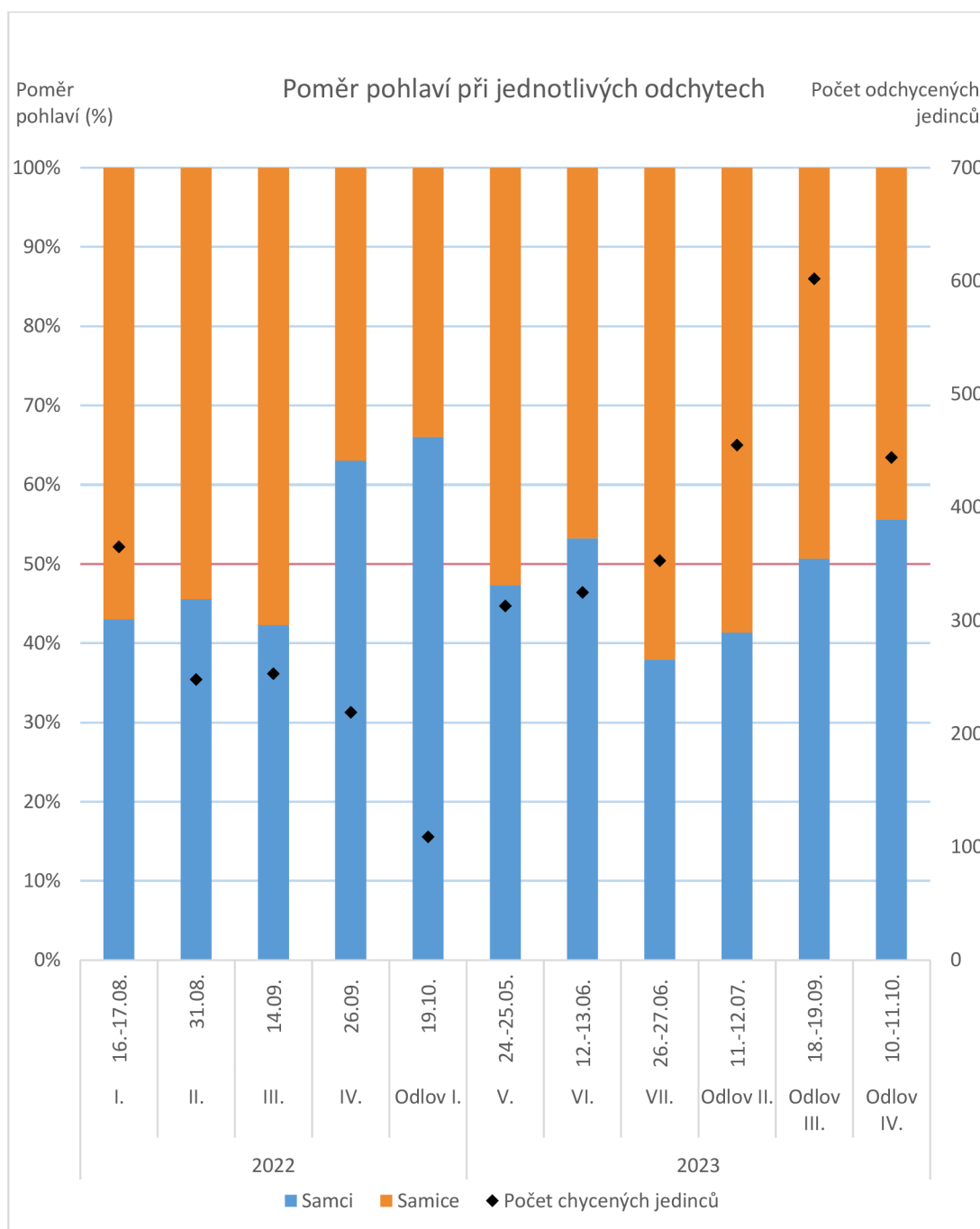


Obr. 16: Podíl samců a samic rozdělených podle velikosti v porovnání let 2022 a 2023 ($n=3686$, včetně opakovaných odchytů), rok 2022 vyznačen žlutou barvou, rok 2023 fialovou, kladné hodnoty znázorňují převažující množství samců, záporné hodnoty převažující množství samic, osa y znázorňuje hodnoty pro počet samců minus počet samic dělený celkovým počtem chycených raků dané velikosti

5.4 Variabilita počtu odchycených jedinců a poměru pohlaví v průběhu sledovaného období

Na obr. 17 je vyobrazen graf procentuálního zastoupení pohlaví raků při jednotlivých odchycích, tedy v rámci jednoho dne, případně dvou dnů. Zahrnuti jsou oba roky výzkumu. Z grafu je patrné, že zastoupení obou pohlaví se ve většině

případů pohybovalo mezi 40–60 %, ani jedno pohlaví tedy výrazně nepřevyšovalo druhé. Výjimkou byly odchyty 26.09.2022 a 19.10.2022, kdy množství samců tvořilo více než 60 % celkového počtu jedinců. Opačný případ nastal 26.–27.06.2023, kdy takto převyšovalo celkové množství samic nad samci.

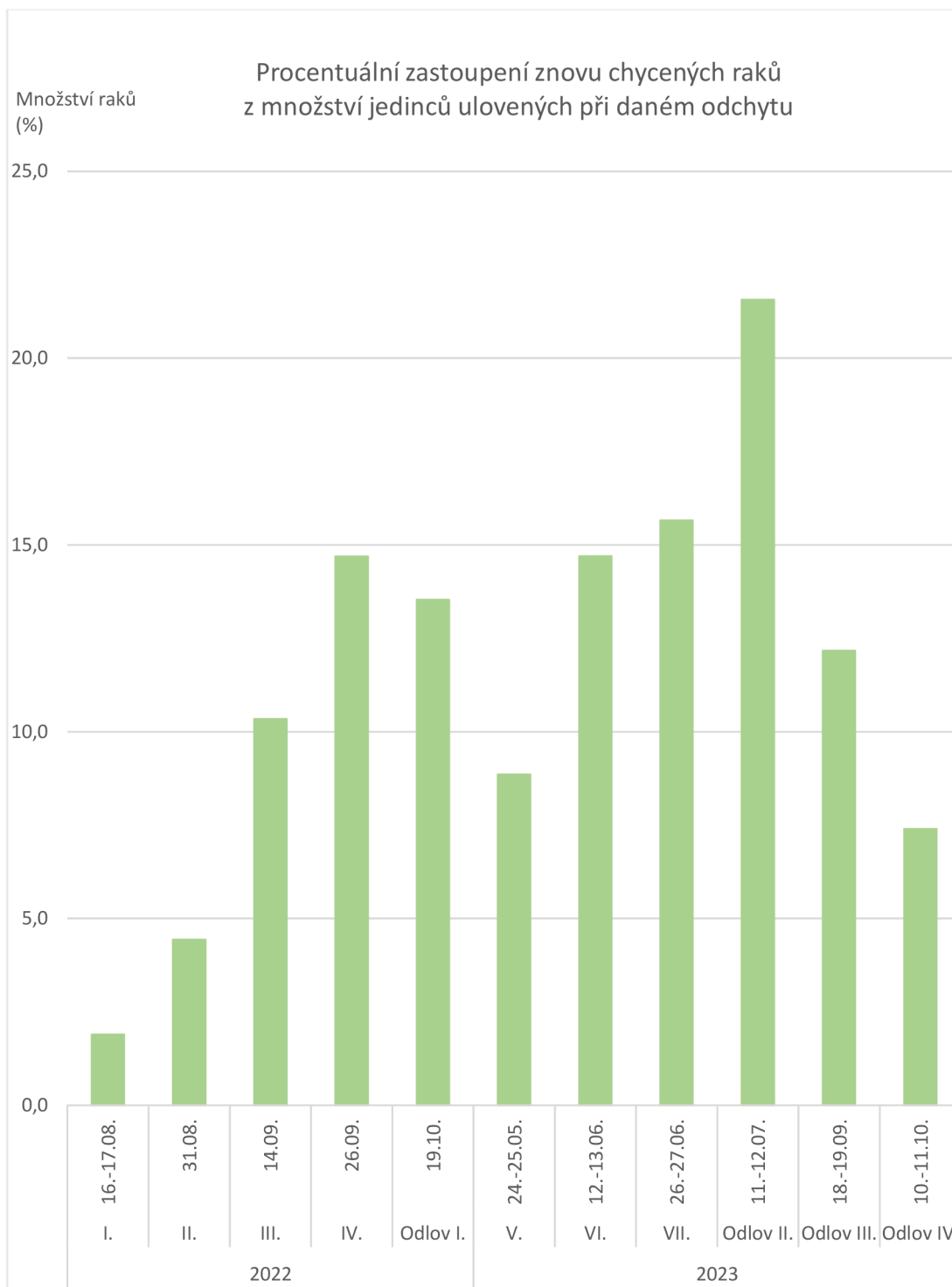


Obr. 17: Poměr pohlaví při jednotlivých odchycích (n=3686, včetně opakovaných odchytů), samci vyznačení modrou barvou, samice oranžovou barvou, černé body určují celkové množství chycených raků v daný termín odchytu

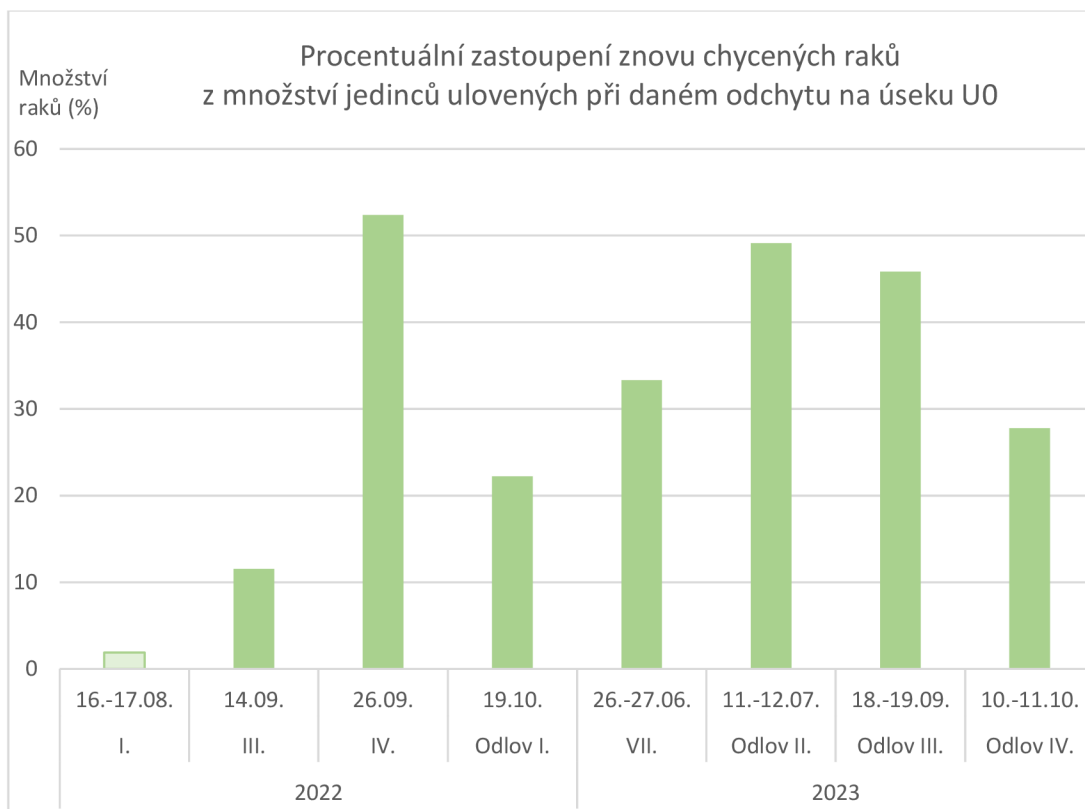
5.5 Výsledky značení raků

Na obr. 18 je znázorněno procento znovu chycených raků, tedy těch, kteří při odchytu již měli nějakou značku, z množství jedinců chycených při jednotlivých kontrolách. První odchyt je zaznamenán díky tomu, že probíhal ve dvou dnech, tudíž byli už druhý den nacházeni označení raci. Na grafu vidíme, že od I. do IV. odchytu měl tento poměr narůstající trend, jelikož označených raků v potoce přibývalo a dařilo se tedy odchytit čím dál více jedinců se značkou. Při V. odchytu bylo toto číslo nižší, jelikož se na konci roku 2022 při Odlovu I. raci nevraceli do toku. Od té doby poměr označených raků ku všem chyceným jedincům znovu narůstal až do Odlovu II., Odlovu III. a Odlovu IV., kdy se raci již nezačali a nevypouštěli se zpět do Besénku.

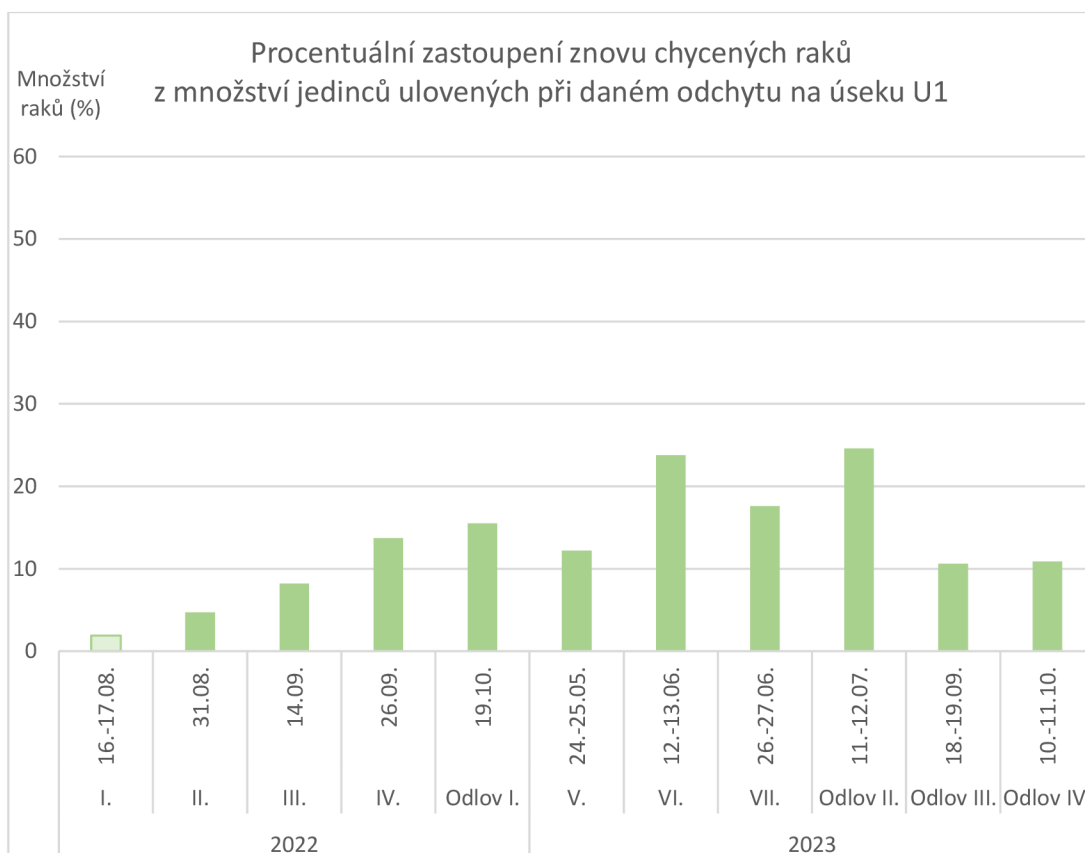
Grafy na obr. 19–22 znázorňují stejná data, rozlišená podle úlovků na jednotlivých úsecích. Pro každý úsek zvlášť je zde vykresleno procento znovu chycených raků, vztažené k množství raků ulovených při jednotlivých odchycích. První odchyt je zobrazen světlejší barvou, protože při něm ještě nebyly řádně rozlišeny všechny úseky (data se při prvním odchytu nezaznamenávala zvlášť pro každý úsek, uvedené počty v grafu jsou tedy odhadnuté z celkového počtu a pouze orientační). Úsek U0 se nerozlišoval při odchytu č. II., V. a VI. Na obr. 19 vidíme, že největší poměr označených raků mezi všemi chycenými byl na úseku U0, jelikož se zároveň jednalo o místo, kde se označení raci zpětně vypouštěli do toku.



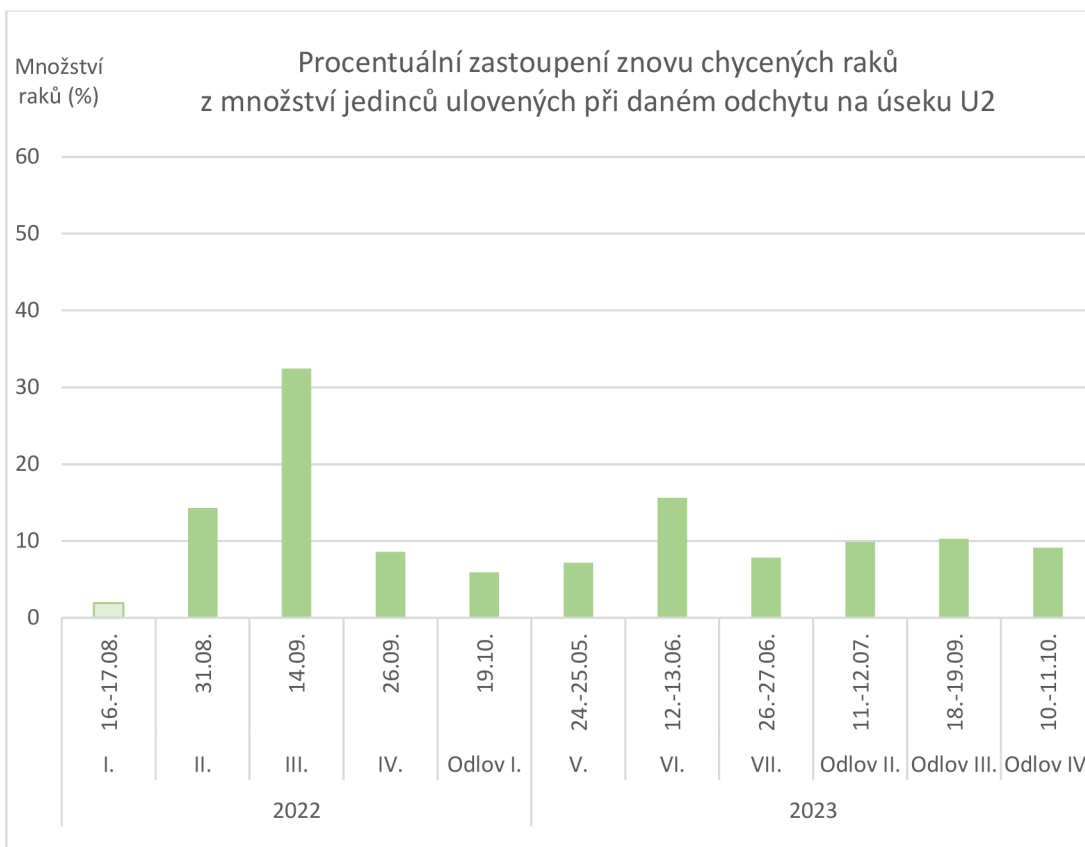
Obr. 18: Procentuální zastoupení znovu chycených raků z celkového počtu jedinců chycených při daném odchytu ($n=3686$, včetně opakovaných odchytů)



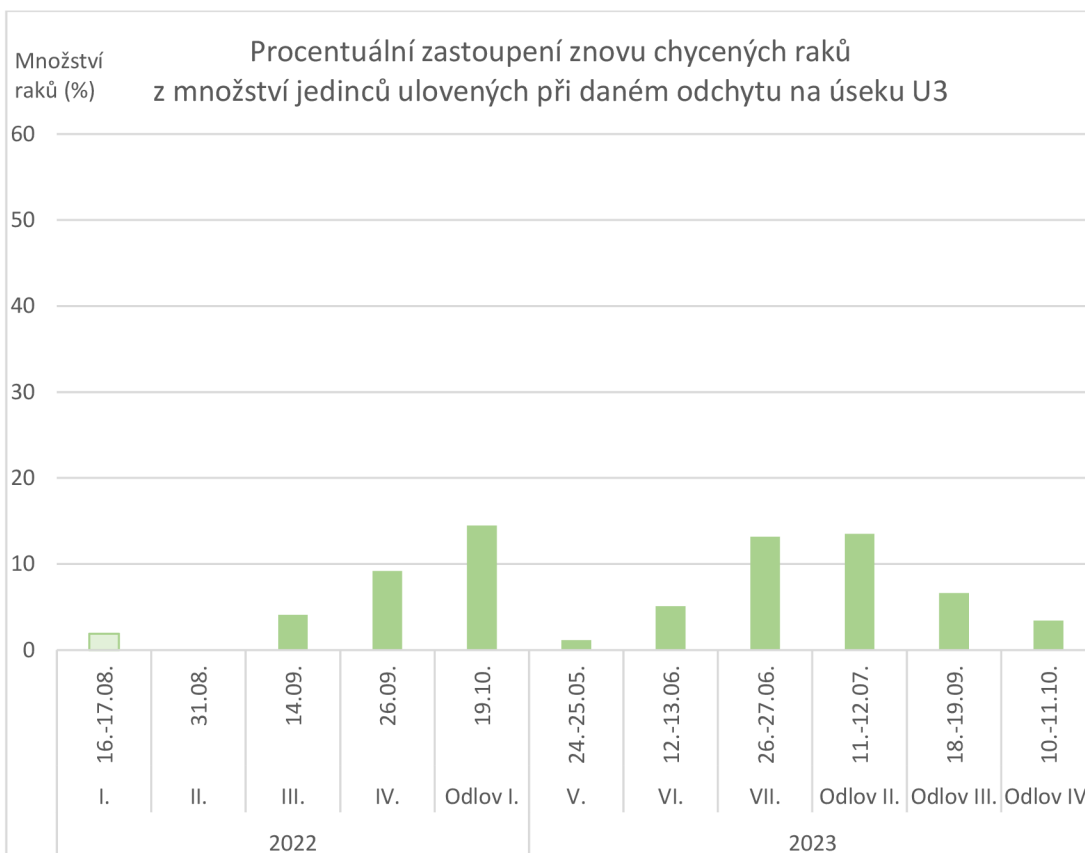
Obr. 19: Procento znovu chycených raků z množství jedinců chycených při daném odchytu na úseku U0, úsek U0 se nerozlišoval při odchytu č. II., V. a VI., (n=240, včetně opakovaných odchytů)



Obr. 20: Procento znovu chycených raků z množství jedinců chycených při daném odchytu na úseku U1, (n=1680, včetně opakovaných odchytů)



Obr. 21: Procento znovu chycených raků z množství jedinců chycených při daném odchytu na úseku U2, (n=322, včetně opakovaných odchytů)

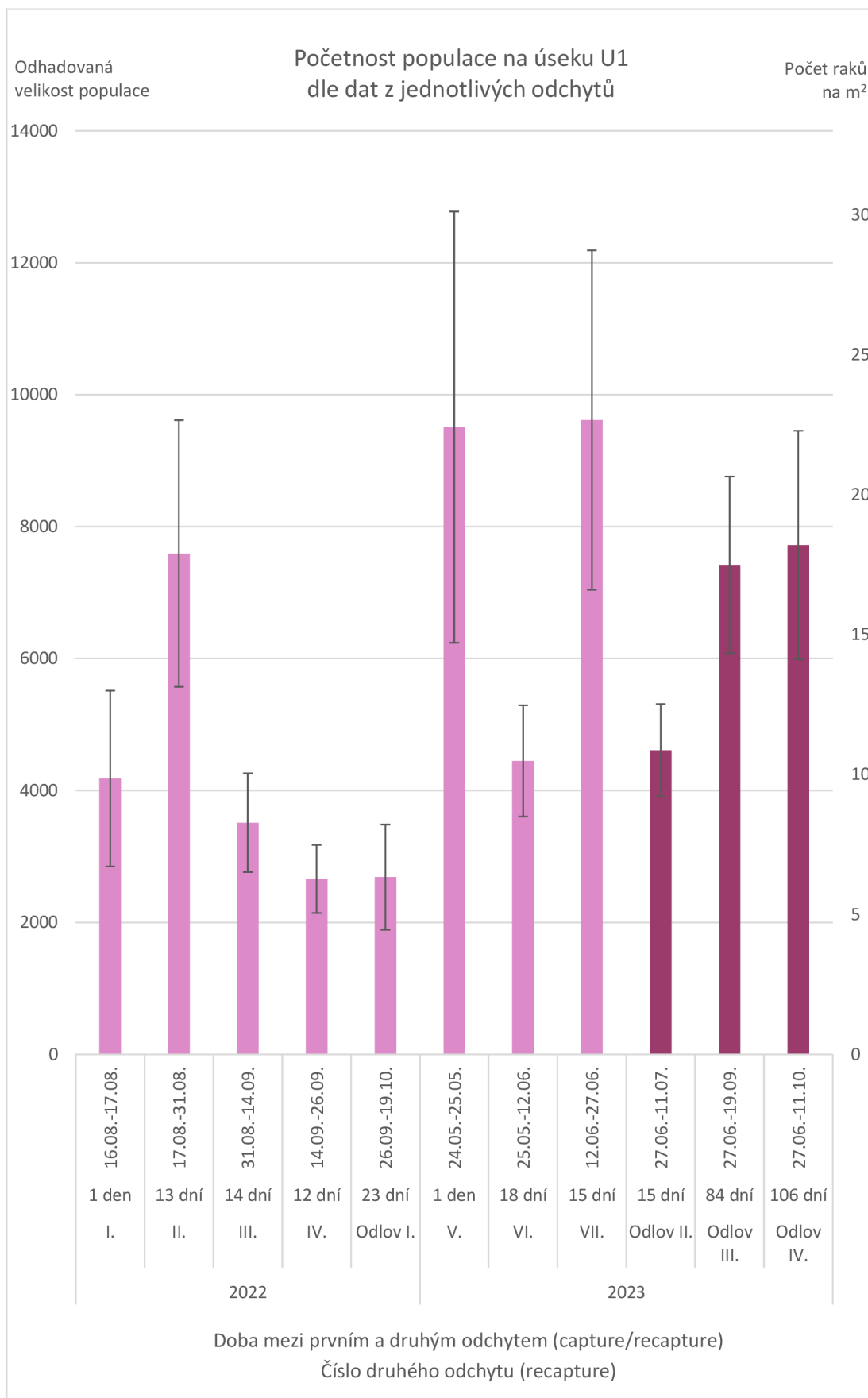


Obr. 22: Procento znovu chycených raků z množství jedinců chycených při daném odchytu na úseku U3, (n=1002, včetně opakovaných odchytů)

Obr. 23 znázorňuje odhadovanou velikost populace na úseku U1. Na hlavní ose y je zobrazen odhadovaný počet jedinců, na vedlejší ose y je toto množství přepočteno na m^2 toku. K výpočtu byla použita Petersenova metoda (viz metodika zpracování dat), určení velikosti střední chyby dle Lepš (1989). První chycení raka je bráno jako „capture“, druhé chycení pak jako „recapture“. Na ose x jsou zobrazena data prvního a druhého odchyty a počet dní, které mezi nimi uplynuly. Světle fialovou barvou jsou tímto způsobem vykresleny odhadnuté velikosti populace vždy na základě dvou na sebe navazujících odchytů. Poslední tři sloupce (tmavě fialová) byly všechny počítány s daty z odchyty (capture) 27.06.2023, jelikož při nich již nedocházelo ke značení raků ani jejich zpětnému vypuštění do toku.

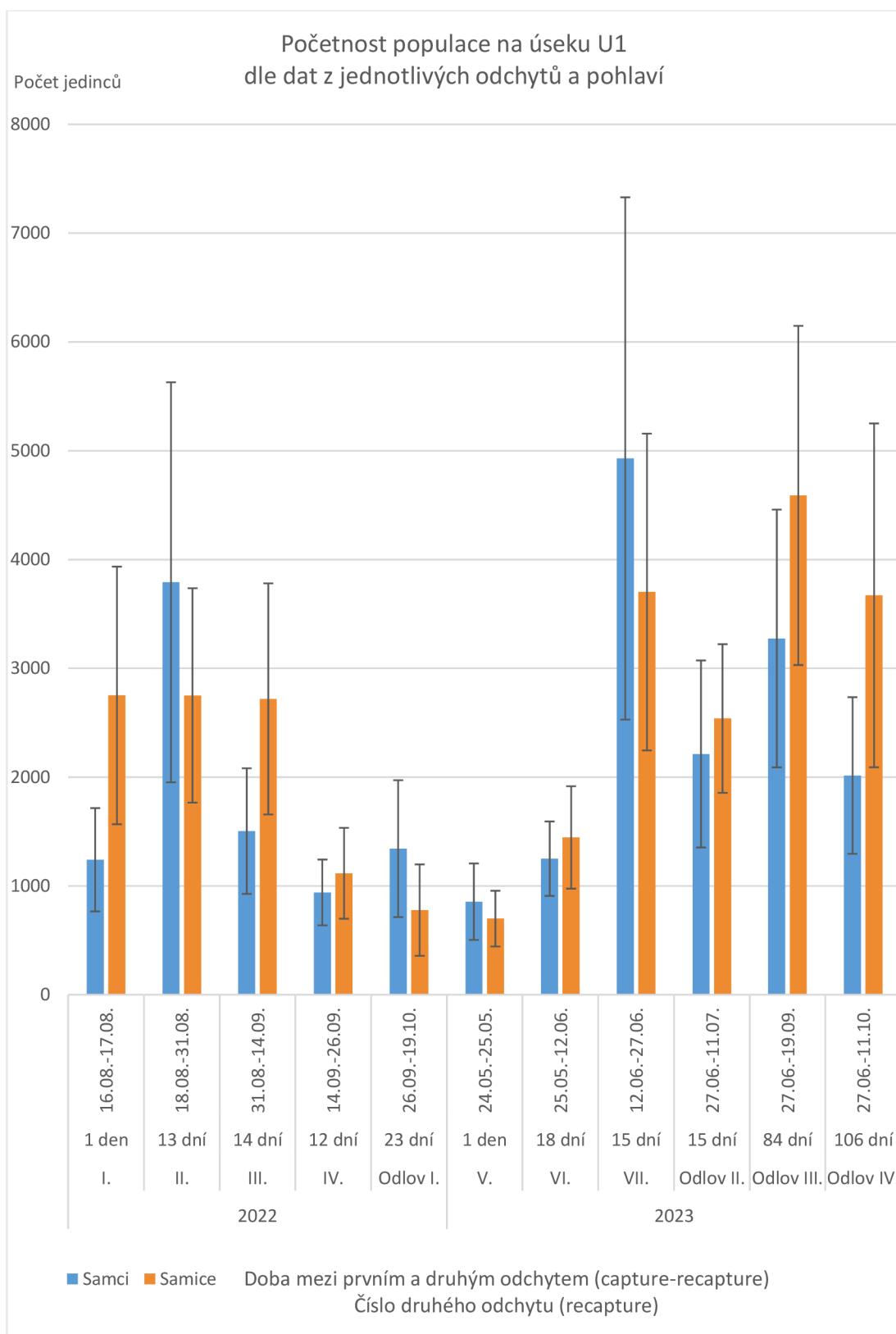
Na základě tohoto grafu se domníváme, že došlo k meziročnímu nárůstu populace, jelikož hodnoty v roce 2023 vycházely vyšší. Odhad se v obou letech pohyboval v řádech nižších tisíců jedinců, ovšem s velkými směrodatnými odchylkami. Velikost populace na úseku U1 tedy mohla činit asi 5 800 jedinců podle průměrné hodnoty (započtení jsou pouze raci větší než 30 mm).

Jelikož byl úsek U1 dlouhý 106,5 m a široký 4 m, činila plocha dna v tomto úseku $426 m^2$. Celý experimentální úsek toku byl změřen na 288 m délky a 4 m šířky, což znamená celkovou plochu dna $1 152 m^2$. Vydělením odhadovaného počtu jedinců v populaci na úseku U1 plochou tohoto úseku vznikl přepočet na množství raků na m^2 . Průměrná hodnota hustoty populace na úseku U1 vyšla na $14 \text{ raků}/m^2$. Pokud považujeme tento průměrný odhad hustoty populace a vynásobíme jej celkovou plochou experimentálního území ($1 152 m^2$), vychází odhadovaná velikost populace na celém výzkumném úseku na asi 16 000 jedinců ve velikosti 30 mm a více.



Obr. 23: Odhadovaná početnost populace na úseku U1 dle dat z jednotlivých odchyťů dle Petersenovy metody, střední chyba dle Lepš (1989), (n=3686, včetně opakovaných odchyťů)

Na obr. 24 je zobrazen graf odhadu populace na úseku U1 dle Petersenovy metody, se střední chybou dle Lepš (1989), vypočtený zvlášť pro obě pohlaví. Tento odhad byl stejně jako v předchozím případě vypočten pouze pro jedince větší než 30 mm. Na grafu je opět znát meziroční nárůst odhadu populace. Průměrná hodnota pro předpokládané množství počtu jedinců podle pohlaví na úseku U1 vychází na cca 2 100 samců a 2 400 samic. Poměr pohlaví je tedy v rámci odhadu řádově relativně vyrovnaný. Při součtu těchto hodnot vychází odhad celé populace na asi 4 400 jedinců, tedy o něco nižší, než při odhadu na obr. 23. Tento rozdíl se dá zdůvodnit vysokými směrodatnými odchylkami vycházejícími z našich výpočtů.



Obr. 24: Početnost samců a samic na úseku U1 dle dat z jednotlivých odchyťů dle Petersenovy metody, střední chyba dle Lepš (1989), (n=3686, včetně opakovaných odchyťů), samci vyznačení modrou barvou, samice oranžovou

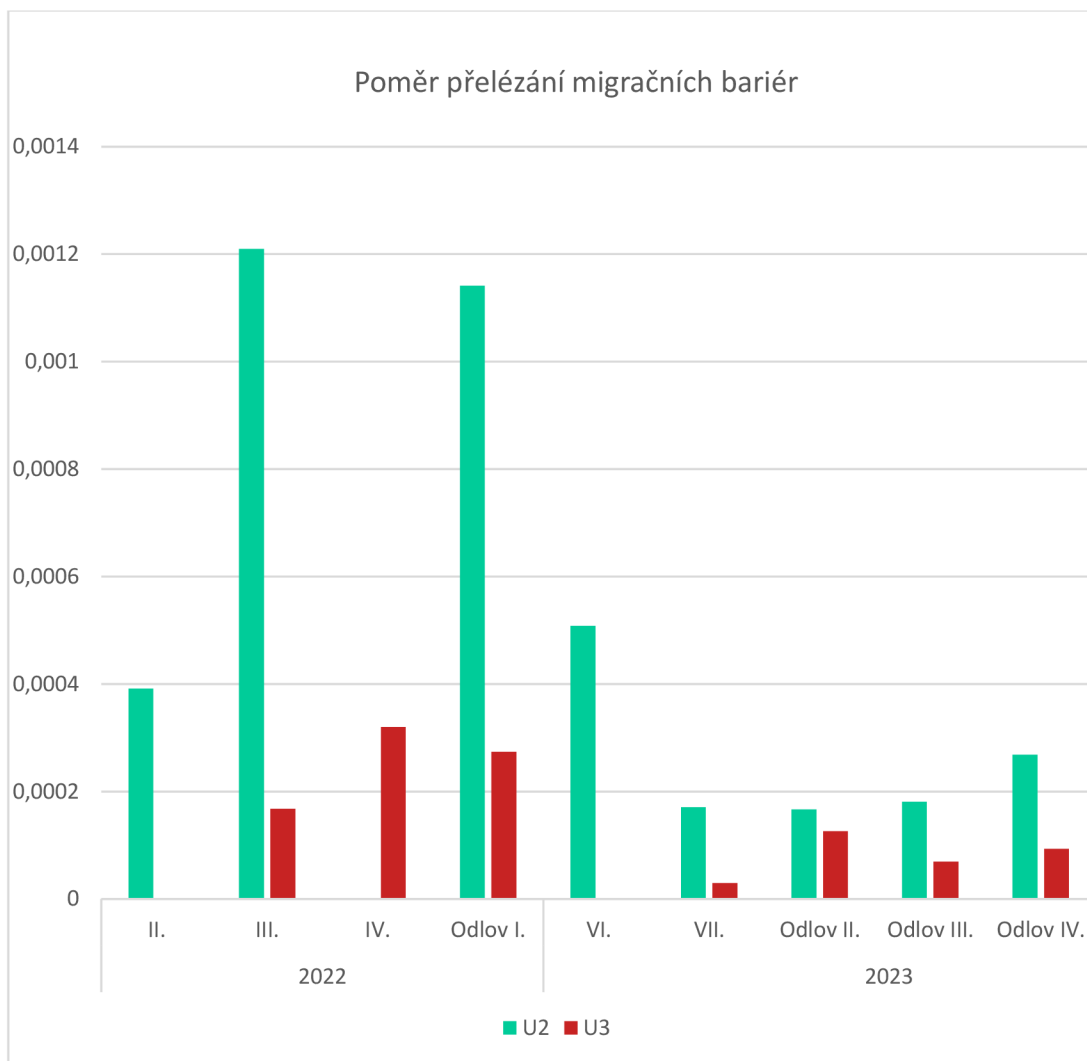
5.6 Vliv migračních bariér

Na následujícím grafu (obr. 25) je pro každý odchyt na úseku U2 resp. U3 znázorněn podíl znovu nalezených značených raků z podílu všech jedinců nalezených v daný termín na daném úseku a všech značených jedinců v toku (výpočet viz metodika zpracování dat). Tabulka s potřebnými daty se nachází v příloze 7.

Díky tomuto grafu je možné sledovat vliv instalace migračních bariér mezi roky 2022 a 2023 na migraci raků. K tomuto zákroku došlo 9.11.2022 (viz tab. 3). Během roku 2022 bylo k migraci proti proudu toku pro raky nutné překonat pouze jezy, po nainstalování překážek se museli dostat přes ztížený terén. Již označení raci nalezení na úseku U2 v roce 2023 překonali jednu námi vytvořenou bariéru, jedinci nalezení na úseku U3 překonali obě migrační bariéry. Do grafu nebyla zahrnuta data z odchytu č. V, jelikož k instalaci bariér došlo mezi IV. a V. odchytom a nebylo by tedy zřejmé, jestli nalezení raci překonali jezy před zmíněnou úpravou či až po ní. V následujícím grafu vidíme, že při IV. kontrole nebyl uloven žádný značený rak na úseku U2, při II. a VI. kontrole se nechytil ani jeden značený rak na úseku U3. Na úseku U2 se celkem chytilo 28 raků se značkou, na úseku U3 pak 34 označených raků.

Z grafu je zřejmé, že po zabudování překážek počet znovu nalezených raků na obou vyšších stupních toku výrazně klesl. Někteří raci byli stále schopni bariéry překonat, ovšem již v nižších počtech než v předchozím roce.

Co se týče rychlosti migrace raků, nejvyšší námi zaznamenaná rychlost byla na Besénku pozorována u jedné samice, která během 106 dní (26.6. až 10.10.2023) urazila 718 m proti proudu. To odpovídá rychlosti 6,8 m/den, kdy zároveň překonala obě instalované bariéry, jelikož byla vypuštěna na úseku U1 a znovu nalezena na úseku U3.



Obr. 25: Poměr přelézání migračních bariér vypočítaný jako podíl znovu nalezených značených raků z podílu všech jedinců nalezených v daný termín na daném úseku a všech značených jedinců v toku, raci chycení na úseku U2 jsou vyznačeni zeleně, na úseku U3 červeně (n=3686, včetně opakovaných odchytů)

6 Diskuse

Data získaná během obou let výzkumu ukázala, že poměr pohlaví raků byl vzhledem k velikosti jejich těla ve většině případů vyrovnaný. Domníváme se, že ráčků menších než 30 mm bylo v populaci řádově mnohem více, než se nám podařilo chytit, jelikož z důvodu použité techniky nebylo možné ulovit vypovídající množství těchto jedinců. Abrahamsson & Goldman (1970) uvádí, že nejmenších jedinců kolem prvního roku života bývá v populaci nejvíce. To bylo jedním z důvodů, proč jsme jejich počty nezahrnuli do žádných grafů ve výsledcích výzkumu.

Nejvyšší rychlost odchytu raků byla zaznamenána na úseku U1 (obr. 13). Populace se zde tedy zdála být nejhustší, což mohlo být zapříčiněno tím, že byli raci rychleji vraceni na úsek U1, než byli schopni migrovat do jiných částí toku. Nejefektivnější dobou pro odchyt raků byl konec srpna 2022 a září 2023. Na základě toho se domníváme, že pozdní léto a začátek podzimu jsou měsíce, kdy jsou raci v této lokalitě nejaktivnější. V případě snahy o snižování velikosti populace by měl být sběr raků prováděn v těchto měsících.

K nevyváženosti poměru pohlaví došlo u podprůměrných, anebo naopak nadprůměrných velikostí raků (u menších rozměrů převažovaly samice, u větších naopak samci). Z grafu (obr. 15) je patrné, že raků s tělesnou velikostí 30–40 mm byl chycen nejmenší počet, což může znamenat, že zjištěné množství raků této velikosti je neprůkazné, stejně tak jako převyšující množství samic nad samci v rámci zmíněných tělesných rozměrů. Takovýchto raků (o velikosti 30–40 mm) bylo chyceno asi 150, tedy zhruba 4 % z celkového počtu (3686) chycených raků. V tomto množství považujeme jejich vliv na další zobrazené grafy minimální a ponechali jsme je zahrnuté ve výsledcích výzkumu.

Od tělesné velikosti asi 70 mm mělo celkové množství chycených raků klesající trend. Kolísání velikosti sousedních sloupců na obr. 15 přičítáme nepřesnostem v měření. U největších tělesných rozměrů převažovaly počty samců nad samicemi, což naznačuje, že samci dorůstají průměrně větších velikostí a rostou rychleji, pokud považujeme stejnou průměrnou délku života obou pohlaví. Toto tvrzení odpovídá i výzkumům jiných autorů (Abrahamsson 1971, Guan & Wiles 1999, Štambergová & kol. 2009).

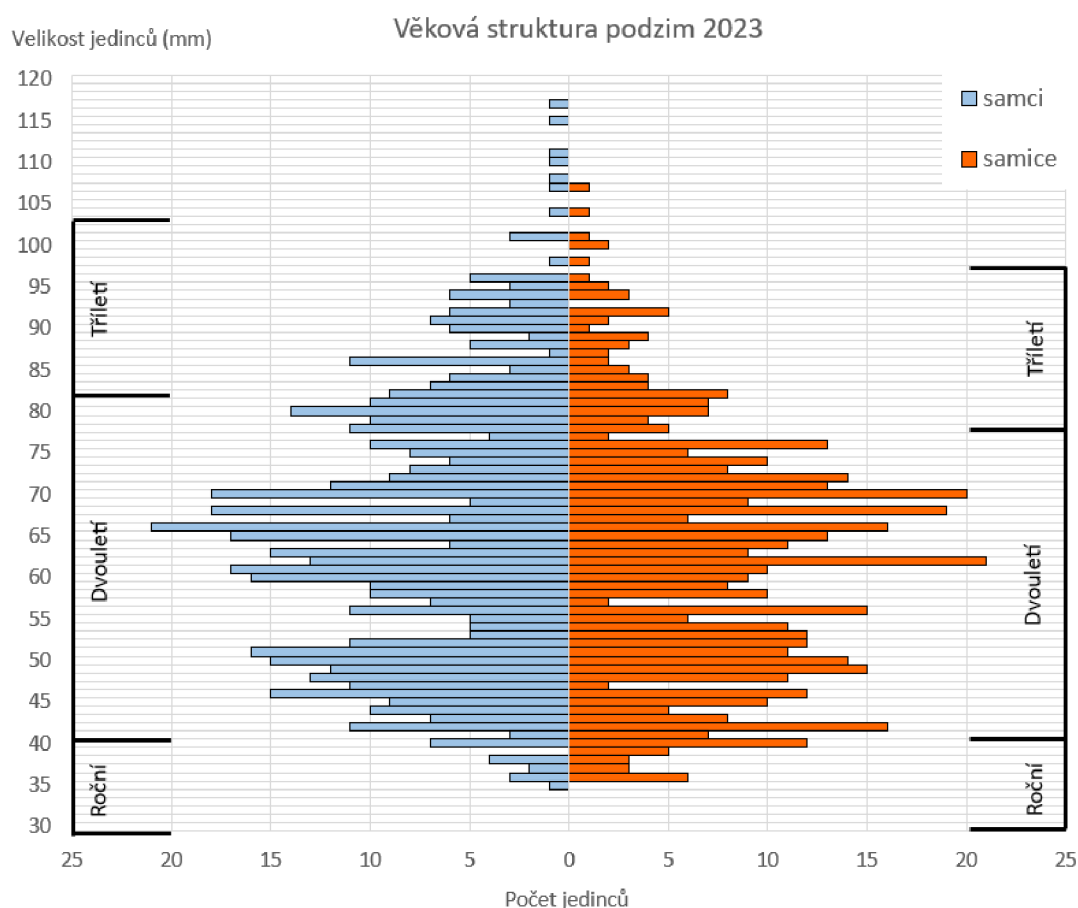
Na grafu s poměrem pohlaví v rámci jednotlivých odchytů (obr. 17) můžeme pozorovat, že se zastoupení samců a samic mírně měnilo podle měsíce odchytu.

Výrazně větší množství samců v době 26.9. a 11.10.2022 může být neprůkazné, jelikož se zároveň jedná o data, kdy bylo odchyceno nejmenší množství jedinců. Jelikož kladení vajíček probíhá většinou během října (Svobodová & kol. 2020), domníváme se, že menší množství chycených samic v tomto měsíci v obou letech výzkumu značí jejich ukryvání se z důvodu ochrany vajíček. Naopak převahu v počtu samic nad samci můžeme pozorovat od konce června do začátku září. Autoři Guan & Wiles (1999) uvádí, že doba svlékání samců a samic se může lišit podle měsíců v roce. Na základě toho se domníváme, že měsíce, kdy se na Besénku chytilo více samic než samců, byly obdobím, kdy se více samců svlékalo a zůstalo tedy schovaným v úkrytech.

Odhad velikosti populace raků signálních na Besénku (obr. 23) může být mírně podhodnocený. Důvodem je fakt, že se podařilo chytil malé množství jedinců mezi 30 a 40 mm tělesné velikosti. Zároveň nám ve výsledcích vyšla poměrně velká směrodatná odchylka. Hustota raci populace na Besénku (v rámci jedinců větších než 30 mm) byla odhadnuta na 14 raků/m². Bubb & kol. (2004) označili při studii v anglických řekách populaci s 20 raky/m² za velmi hustou a ustálenou. Jelikož tito autoři počítali populační hustotu pro všechny věkové kategorie raků dohromady, dá se předpokládat, že v porovnání s ní je populace na Besénku podobně hustá a ustálená. Ve srovnání s mladší a menší populací s hustotou 1–2 raci/m² (Bubb & kol. 2004) je populace na Besénku mnohem lépe zavedená a místní prostředí jí očividně prospívá. Dle našich získaných dat předpokládáme, že místní populace není limitovaná kvalitou vody.

Na základě získaných dat o tělesné velikosti raků jsme se pokusili odhadnout věkovou strukturu populace. Pro přepočítání velikosti na věk raka byly použity hodnoty získané při studii populace raků signálních ve Švédsku (Abrahamsson 1971). Tento přepočítání se dá považovat spíše za orientační, jelikož zmíněný výzkum probíhal v jiných přírodních podmínkách – zkoumaná populace se nacházela na jezeře, kdežto naše studie probíhala na potoce. Zároveň byli raci loveni potápěči a chytáni do pastí, kdežto na Besénku byly použity pouze vrše a ruční sběr. Věk raků ve švédské studii se určoval u jedinců chycených v říjnu a listopadu, při našem výzkumu se s odchycením končilo již v říjnu, tudíž se dá předpokládat, že raci na Besénku byli v té době o něco menší. Pro zobrazení věkové pyramidy byl zvolen vzorek raků chycených při Odlovu III. a Odlovu IV., jelikož je tato doba nejbližší vzorové studii (tyto odlovy byly provedeny v září a říjnu 2023). Zobrazena je tedy odhadovaná věková struktura populace na Besénku na podzim v roce 2023 (obr. 26), jelikož tento rok se podařilo

získat více vzorků a měření tělesné velikosti bylo v této době přesnější než v předchozím roce. Graf opět zobrazuje pouze raky větší než 30 mm. Odhad množství jednoletých raků je tedy silně podhodnocený, jelikož předpokládáme, že těchto jedinců musí být v populaci nejvíce (Abrahamsson & Goldman 1970). Množství dvouletých a tříletých jedinců v populaci by ovšem mohlo být průkazné.



Obr. 26: Věková struktura populace na Besénku na podzim 2023 ($n=1046$, včetně opakovaných odchytů)

Nejvyšší zaznamenaná rychlost migrace proti proudu při experimentu odpovídala rychlosti 6,8 m/den, a to v rámci celkové vzdálenosti 718 m a překonání dvou migračních bariér. V minulosti již byla populace raků signálních na Besénku sledována, v té době se zaznamenala nejvyšší rychlost migrace jednoho raka 16 m/den, kdy tento jedinec ušel za 30 dnů 500 m proti proudu toku (Svobodová & kol. 2020). Z jiné studie z Chorvatska vyplynulo, že se tamní raci signální pohybovali průměrnou rychlostí 28 m/den, tato populace se zároveň vyznačovala nízkou hustotou osídlení ($0,8-1,2$ raka/m²) (Hudina & kol. 2011). V porovnání těchto dvou studií by se dalo předpokládat, že rychlost migrace bude vyšší u hustší populace, jelikož by tito raci

měli mít tendenci hledat nová území. Podle našich výsledků je to ovšem právě naopak. Možným důvodem pomalejšího pohybu raků proti proudu Besénku mohly být migrační bariéry, ať už původní neupravené jezy, nebo poté námi instalované překážky. Dále by se dalo uvažovat nad tím, že lokalita Besének je pro raky signální tak úživnou lokalitou, že neměli potřebu rychlé migrace ani při takovéto hustotě populace.

Na základě dat o přelézání migračních bariér (obr. 25) se lze domnívat, že instalace překážek částečně splnila svůj účel. Některým rakům se podařilo obě nové bariéry překonat, ovšem v nižším množství než v době, kdy na Besénku existovaly pouze jezy bez úmyslných úprav zabraňující migraci raků. Vytvoření bariéry, která by stoprocentně zamezovala rakům v pohybu proti proudu, se zdá být velmi obtížné. Jak uvádí Svobodová & kol. (2020), rakům nedělá problém v případě nutnosti překážky na toku obejít po souši, proto je možné, že někteří jedinci zvolili tuto strategii, nebo našli jiný způsob, jak naše zábrany překonat. Do budoucna se tedy dá předpokládat, že místní populace bude nadále expandovat migrací proti proudu, pokud se tomu nepodaří zamezit pomocí dalších bariér. Na Besénku se ovšem nachází další potenciálně vhodný jez, který by se dal upravit migračními překážkami, a to o několik stovek metrů níže po proudu toku pod naším experimentálním územím. Tento jez je vyšší a robustnější, proto by se dalo uvažovat o jeho úpravě, pokud by hrozilo rozšíření račího moru z nižších částí toku. Jak je vidět na obr. 1, raci signální jsou v povodí Dyje již poměrně rozšíření. Do Besénku se pravděpodobně dostali migrací ze Svratky. Populace raka říčního výše proti proudu nad studovanou lokalitou by tímto druhem mohla být do budoucna ohrožena, ať už zavlečením račího moru, nebo přímou konkurencí raků signálních.

7 Závěr

Cílem práce bylo zhodnotit aktuální stav výskytu raků signálních na studované lokalitě a posoudit efektivitu vybudovaných bariér na toku, jakožto zábran omezujících migraci.

1. Základ pro grafy v kapitole s výsledky výzkumu tvořilo 3686 chycených živých raků ve velikosti 30 mm a více, o kterých byla sbírána data během celého výzkumu. Ze získaných dat vyplývá, že raků menších tělesných rozměrů (30–40 mm), se chytilo méně, než by se dalo očekávat vzhledem k věkové struktuře populace. V závislosti tělesné velikosti na pohlaví raků se prokázalo, že samci dorůstají větších rozměrů.
2. Vzhledem k průměrným velikostem raků se dá říci, že byl poměr pohlaví v populaci relativně vyrovnaný. Převaha počtu samců nebo samic nad opačným pohlavím se mírně projevovала v rámci jednotlivých měsíců odchyty, kdy se během června až září v obou letech chytalo více samic, naopak v září a říjnu více samců.
3. Z výsledků o efektivnosti odchyťů na jednotlivých úsecích vyplývá, že nejvíce raků se za hodinu lovu chytilo na úseku U1. Úspěšnost odchyťů na úsecích U2 a U3 byla srovnatelná. Nejrychleji byli raci sbíráni v srpnu 2022 a září 2023. Grafy o procentuálním zastoupení znovu chycených raků (se značkou) mezi všemi odchycenými raky ukazují, že největší úspěšnost odchyty již značených raků byla na úseku U0, o něco nižší pak na úseku U1.
4. Pomocí Petersenovy metody byl vypočítán odhad populace v rámci jednotlivých odlovů na úseku U1. Zprůměrováním těchto hodnot vyšla předpokládaná velikost populace na tomto úseku (v rámci jedinců větších než 30 mm) asi 5800 jedinců. Plocha dna úseku U1 byla změřena na 426 m². Pomocí tohoto údaje bylo převedeno množství raků na hustotu populace, která vyšla přibližně 14 raků/m². V přepočtu této hodnoty na celkovou plochu zkoumaného území byla velikost populace odhadnuta na asi 16 000 raků (větších než 30 mm) na celém studovaném úseku Besénku. U všech odhadů ovšem vyšla poměrně velká směrodatná odchylka. Zároveň byl pomocí téže metody vypočítán odhad množství samic a samců v populaci v rámci jednotlivých odchyťů. Zprůměrováním těchto hodnot bylo dospěno k počtu

asi 2 100 samců a 2 400 samic (o rozměrech větších než 30 mm) v části populace na úseku U1.

5. Při tomto pokusu bylo zkoumáno, zda měly instalované bariéry vliv na schopnost raků migrovat proti proudu toku. Výzkum prokázal, že bariéry neměly stoprocentní účinnost, jelikož se je některým rakům podařilo překonat. Ze získaných dat ovšem vyplývá, že tyto překážky výrazně snížily počet raků, kteří migrovali proti proudu toku. Pokles množství odchycených raků se zavedenou značkou byl pozorován na obou úsecích nad bariérami. Na úseku U2, tedy nad první instalovanou překážkou, bylo v roce 2023 celkem nalezeno 28 již označených raků. Na úseku U3, nad druhou instalovanou překážkou, toto číslo činilo 34 raků, což byli jedinci, kterým se podařilo překonat obě bariéry. Nejvyšší zaznamenaná rychlost migrace byla na Besénku pozorována u jedné samice. Ta během 106 dní urazila 718 m proti proudu toku v roce 2023, tedy již v době, kdy zde byly nainstalované migrační bariéry. To odpovídá rychlosti migrace 6,8 m/den.

8 Literatura

Abrahamsson S.A.A., 1971: Density, growth and reproduction in populations of *Astacus astacus* and *Pacifastacus leniusculus* in an isolated pond. *Oikos* 22. 373–380.

Abrahamsson S.A.A. & Goldman Ch.R., 1970: Distribution, Density and Production of the Crayfish *Pacifastacus leniusculus* Dana in Lake Tahoe, California – Nevada. *Oikos* 21. 83–91.

Bubb D.H., 2004: Spatial ecology of white-clawed crayfish *Austropotamobius pallipes* and signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* in upland rivers, Northern England. Durham theses, Durham University. 217 s. (disertační práce). „nepublikováno“.

Bubb D.H., Thom T.J., Lucas M.C., 2004: Movement and dispersal of the invasive signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* in upland rivers. *Freshwater Biology* 49. 357–368.

Bubb D.H., Thom T.J., Lucas M.C., 2006: Movement patterns of the invasive signal crayfish determined by PIT telemetry. *Canadian Journal of Zoology* 84: 1202–1209.

Goldman C.R., 1973: Ecology and physiology of the California crayfish *Pacifastacus leniusculus* (Dana) in relation to its suitability for introduction into European waters. *Freshwater Crayfish* 1. 106–120.

Guan R.Z. & Wiles P.R., 1999: Growth and reproduction of the introduced crayfish *Pacifastacus leniusculus* in a British lowland river. *Fisheries Research* 42. 245–259.

Henttonen P. & Huner J. V., 1999: The introduction of alien species of crayfish in Europe: A historical introduction. In: Gherardi F. & Holdich D.M. (ed.). *Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation?* *Crustacean Issues*. Rotterdam. 13–22.

Holdich D.M., 2002: Distribution of crayfish in Europe and some adjoining countries. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 367. 611–650.

Holzer M., 1987: Akce rak po roce. *Naší přírodou* 4. 74–75.

Hudina S., Lucić A., Žganec K., Janković S., 2011: Characteristics and movement patterns of a recently established invasive *Pacifastacus leniusculus* population in the river Mura, Croatia. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 403. 1–14.

Chybowski Ł., 2013: Absolute fecundity of two populations of signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana). Archives of Polish Fisheries 21. 357–362.

Johnsen S.I., Taugbøl T., Andersen O., Museth J., Vralstad T., 2007: The first record of the non-indigenous signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* in Norway. Biological Invasions 9. 939–941.

Kadlecová K., 2008: Faktory ovlivňující výskyt raků, distribuce a migrační aktivita račí populace v povodí Stroupinského potoka v CHKO Křivoklátsko. Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Praha. 79 s. (diplomová práce). „nepublikováno“.

Kossakowski J., 1973: The Freshwater Crayfish in Poland: A Short Review of Economic and Research Activities. In: Abrahamsson S. (ed.): Freshwater crayfish. Association of Astacology, Electronic Version. 17–26.

Kozubíková E., Petrušek A., Ďuriš Z., Martin P., Diéguez-Uribeondo J., Oidtmann B., 2008: The old menace is back: Recent crayfish plague outbreaks in the Czech Republic. Aquaculture 274. 208–2017.

Lepš J., 1989: Metody studia populací. In: Dykyjová D. (ed.): Metody studia ekosystémů. 230–301.

Lewis S.D., 2002: *Pacifastacus*. In: Holdich D.M. (ed.): Biology of Freshwater Crayfish, Blackwell Science Ltd. 511–540.

Martin J. W. & Davis G. E., 2001: An Updated Classification of the Recent Crustacea. Science Series, Natural History Museum of Los Angeles County, Los Angeles. 124 s.

Michalová M., 2012: Názvy vodních toků povodí Moravy. Masarykova univerzita, Filosofická fakulta, Brno. 138 s. (diplomová práce). „nepublikováno“.

Oidtmann B., Schaefers N., Cerenius L., Söderhäll K., Hoffmann R.W., 2004: Detection of genomic DNA of the crayfish plague fungus *Aphanomyces astaci* (Oomycete) in clinical samples by PCR. Veterinary Microbiology 100. 269–282.

Pöckl M., 2006: Identifying Native and Alien Crayfish Species in Europe. Craynet. 47 s.

Polícar T. & Kozák P., 2000: Výskyt raků v ČR. Bulletin VÚRH Vodňany 36. 18–22.

- Söderbäck B., 1994: Reproductive interference between two co-occurring crayfish species, *Astacus astacus* L. and *Pacifastacus leniusculus* Dana. Nord. J. Freshw. Res 69. 137–143.
- Souty-Grosset C., Holdich D. M., Noel P. Y., Reynolds J. D. & Haffner P. (eds), 2006: Atlas of Crayfish in Europe. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. 187 s.
- Spitz R., 1973: Crayfish in Austria: History and actual situation. In: Abrahamsson S. (ed.): Freshwater crayfish. Association of Astacology, Electronic Version. 10–14.
- Svobodová J., Kozubíková – Balcarová E., Fischer D., Vlach P., Štambergová M., Pícek J., Semerádová S., Štruncová E., Beránková T., 2020: Metodika regulace a eradikace invazních druhů raků: Výběr vhodných metod v závislosti na charakteru vodního toku. VÚV TGM, Praha. 118 s.
- Svobodová J., Macháček V., Kožený P., Pícek J., 2023: Naši vs. invazní raci v České republice. VTEI 4. 58–60.
- Štambergová M., Svobodová J., Kozubíková E., 2009: Raci v České republice. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. 255 s.
- Štěpán V. J., 1932: Soudobý stav rakařství v Čechách. Československý rybář, 12. 20 s.
- Vorburger Ch. a Ribí G., 1999: Aggression and competition for shelter between a native and an introduced crayfish in Europe. Freshwater Biology 42. 111–119.
- Westman K., Savolainen R., Julkunen M., 2002: Replacement of the native crayfish *Astacus astacus* by the introduced species *Pacifastacus leniusculus* in a small, enclosed Finnish lake: a 30year study. Ecography 25. 53–73.
- Wutz S., Geist J., 2013: Sex- and size-specific migration patterns and habitat preferences of invasive signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus* Dana). Limnologica 43. 59–66.

Legislativní zdroje

Vyhláška č. 44/2021 Sb., kterou se mění vyhláška č. 49/2011 Sb., o vymezení útvarů povrchových vod, v platném znění.

Internetové zdroje

EASIN – European Alien Species Information Network, ©2024: Species Mapper (online) [cit.2024.02.01], dostupné z <<https://easin.jrc.ec.europa.eu/spexplorer/map/>>.

EDPP – Elektronický digitální povodňový portál, ©2024: Základní údaje o vodních tocích na území městyse Lomnice (online) [cit.2024.01.14], dostupné z <https://www.edpp.cz/lce_hydrologicke-udaje/>.

HEIS VÚV – Hydroekologický informační systém Výzkumného ústavu vodohospodářského, ©2023: Besének (online) [cit.2024.01.14], dostupné z <<https://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/ngcrayfish2022/default.asp?t=aktuality>>.

ISVS – Informační systém veřejné správy, ©2024: Časová řada - průměrné denní průtoky (online) [cit.2024.02.01], dostupné z <https://isvs.chmi.cz/ords/f?p=11002:3:8989340411382:::RP,3:P3_PAR,P3_CON_ID:754,QD>.

Mapy.cz, ©2024a: [cit.2024.01.21], dostupné z <<https://1url.cz/8uIqe>>.

Mapy.cz, ©2024b: [cit.2024.01.21], dostupné z <<https://1url.cz/juIq2>>.

Mapy.cz, ©2024c: [cit.2024.01.23], dostupné z <<https://1url.cz/WuIvU>>.

9 Seznam tabulek

Tab. 1: Stav vody	17
Tab. 2: Základní fyzikálně-chemické parametry vody	17
Tab. 3: Časový harmonogram odchyť raků signálních.....	19

10 Seznam obrázků

Obr. 1: Mapa výskytu invazních druhů raků v ČR	5
Obr. 2: Mapa přítomnosti raků signálních v jednotlivých státech Evropy	7
Obr. 3: Zeměpisná mapa experimentální lokality	14
Obr. 4: Letecký snímek experimentální lokality	15
Obr. 5: Zeměpisná mapa	16
Obr. 6: Schéma experimentálního území	18
Obr. 7: Instalované překážky na horním jezu, pohled z mostu	21
Obr. 8: Instalované překážky na horním jezu, pohled ze břehu	21
Obr. 9: Rozměry bariér na horním jezu	22
Obr. 10: Rozměry bariér na spodním jezu, pohled na pravý břeh	22
Obr. 11: Rozměry bariér na spodním jezu, pohled na koryto	23
Obr. 12: Rozměry bariér na spodním jezu, pohled na levý břeh.....	23
Obr. 13: Počet raků za člověkohodinu na jednotlivých úsecích	27
Obr. 14: Procentuální zastoupení pohlaví všech ulovených jedinců.....	28
Obr. 15: Tělesná velikost a pohlaví všech ulovených jedinců.....	29
Obr. 16: Podíl samců a samic rozdělených podle velikosti v porovnání let	30
Obr. 17: Poměr pohlaví při jednotlivých odchycích	31
Obr. 18: Procentuální zastoupení znovu chycených raků	33
Obr. 19: Procento znovu chycených raků z množství jedinců chycených při daném odchytu na úseku U0	34
Obr. 20: Procento znovu chycených raků z množství jedinců chycených při daném odchytu na úseku U1	34
Obr. 21: Procento znovu chycených raků z množství jedinců chycených při daném odchytu na úseku U2	35
Obr. 22: Procento znovu chycených raků z množství jedinců chycených při daném odchytu na úseku U3	35
Obr. 23: Odhadovaná početnost populace na úseku U1	37
Obr. 24: Početnost samců a samic na úseku U1	39
Obr. 25: Poměr přelézání migračních bariér	41
Obr. 26: Věková struktura populace na Besénku na podzim 2023	44

11 Seznam příloh

Příloha 1	Záznamový arch z lokality (Štambergová & kol. 2009).....	I
Příloha 2	Záznamový arch z odchytů	II
Příloha 3	Značení raků barevnými elastomery	III
Příloha 4	Fotodokumentace výzkumu (Šrytrová, Macháček, HEIS VÚV 2022–2024)	IV
Příloha 5	Tabulky s údaji ze všech odchytů	V
Příloha 6	Počty chycených raků podle tělesné velikosti a pohlaví.....	VIII
Příloha 7	Tabulka k obr. 25, přelézání migračních bariér	IX

12 Samostatné přílohy

Příloha 1 Záznamový arch z lokality (Štambergová & kol. 2009)

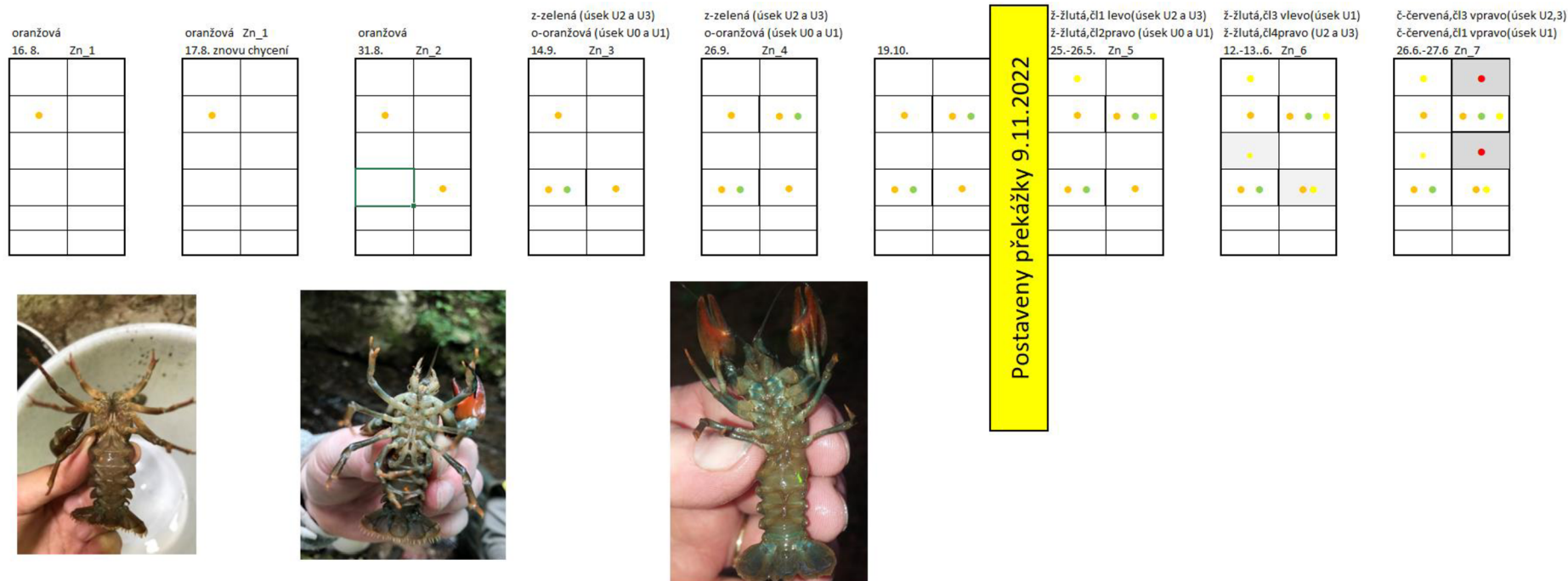
Rak signální - monitoring



jméno monitorovatele	<input type="text" value="Barbora Srytrová"/>																																																				
Název toku	<input type="text" value="Besének"/>																																																				
Číslo profilu	<input type="text"/>																																																				
Datum monitoringu	<input type="text" value="26.02.2024"/>																																																				
Název fotograf. snímku lokality	<input type="text"/>																																																				
Teplota vody (°C)	<input type="text"/>																																																				
Základní data - poznámky	<input type="text"/>																																																				
vyšší stav vody, v okolí a v toku polámané stromy po povodních	<input type="text"/>																																																				
Charakter koryta	<table><tr><td><input type="checkbox"/></td><td>*3</td><td></td></tr><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>/</td><td>přírodní</td></tr><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>/</td><td>zahluobené</td></tr><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>/</td><td>napřimené</td></tr><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>/</td><td>zpevněné</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td>/</td><td>jinak upravené</td></tr></table>	<input type="checkbox"/>	*3		<input checked="" type="checkbox"/>	/	přírodní	<input checked="" type="checkbox"/>	/	zahluobené	<input checked="" type="checkbox"/>	/	napřimené	<input checked="" type="checkbox"/>	/	zpevněné	<input type="checkbox"/>	/	jinak upravené																																		
<input type="checkbox"/>	*3																																																				
<input checked="" type="checkbox"/>	/	přírodní																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	/	zahluobené																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	/	napřimené																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	/	zpevněné																																																			
<input type="checkbox"/>	/	jinak upravené																																																			
Zastoupení přírodních částí toku (%)	<input type="text" value="100"/>																																																				
Průměrná šířka toku (m)	<input type="text" value="4"/>																																																				
Aktuální šířka mezi břeh. liniemi (m)	<input type="text" value="4"/>																																																				
Hloubka průměrná (cm)	<input type="text" value="15"/>																																																				
Hloubka největší (cm)	<input type="text" value="30"/>																																																				
Přítomnost tůní (ANO / NE)	<input type="text" value="ANO"/>																																																				
Pokryvnost tůní v úseku (%)	<input type="text" value="1000"/>																																																				
Maximální hloubka tůní (cm)	<input type="text" value="30"/>																																																				
Charakter substrátu	<table><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>*3</td><td>5%</td><td>bahnitý</td></tr><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td><td>10%</td><td>písečný</td></tr><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td><td>1%</td><td>jiný jemnozrný sediment</td></tr><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td><td>1%</td><td>jílovitý</td></tr><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td><td>40%</td><td>štěrkovitý</td></tr><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td><td>40%</td><td>kamenitý</td></tr><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td><td>3%</td><td>nezetlelý organický materiál</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td>jiný</td></tr></table>	<input checked="" type="checkbox"/>	*3	5%	bahnitý	<input checked="" type="checkbox"/>		10%	písečný	<input checked="" type="checkbox"/>		1%	jiný jemnozrný sediment	<input checked="" type="checkbox"/>		1%	jílovitý	<input checked="" type="checkbox"/>		40%	štěrkovitý	<input checked="" type="checkbox"/>		40%	kamenitý	<input checked="" type="checkbox"/>		3%	nezetlelý organický materiál	<input type="checkbox"/>			jiný																				
<input checked="" type="checkbox"/>	*3	5%	bahnitý																																																		
<input checked="" type="checkbox"/>		10%	písečný																																																		
<input checked="" type="checkbox"/>		1%	jiný jemnozrný sediment																																																		
<input checked="" type="checkbox"/>		1%	jílovitý																																																		
<input checked="" type="checkbox"/>		40%	štěrkovitý																																																		
<input checked="" type="checkbox"/>		40%	kamenitý																																																		
<input checked="" type="checkbox"/>		3%	nezetlelý organický materiál																																																		
<input type="checkbox"/>			jiný																																																		
Maximální mocnost sedimentu (cm)	<input type="text"/>																																																				
Průhlednost vody	<table><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>*2</td><td>/</td><td>dno dobře viditelné i v hlubších partiích</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td>dno není viditelné ani ve středně hlubokých partiích (cca 30 cm)</td></tr></table>	<input checked="" type="checkbox"/>	*2	/	dno dobře viditelné i v hlubších partiích	<input type="checkbox"/>			dno není viditelné ani ve středně hlubokých partiích (cca 30 cm)																																												
<input checked="" type="checkbox"/>	*2	/	dno dobře viditelné i v hlubších partiích																																																		
<input type="checkbox"/>			dno není viditelné ani ve středně hlubokých partiích (cca 30 cm)																																																		
Potenciální úkryty	<table><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>*3</td><td>/</td><td>kameny</td></tr><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td><td>/</td><td>napadané větve stromů</td></tr><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td><td>/</td><td>vývraty</td></tr><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td><td>/</td><td>kořen. systém živých stromů</td></tr><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td><td>/</td><td>jemný naplavený sediment</td></tr><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td><td>/</td><td>spadané listí</td></tr><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td><td>/</td><td>vyhrabané úkryty ve dně</td></tr><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td><td>/</td><td>vyhrabané úkryty v břehu</td></tr><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td><td>/</td><td>volně v korytě</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td>v regulaci</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td>mimo koryto</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td>kameny v blízk.vysych. koryta</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td>jiné</td></tr></table>	<input checked="" type="checkbox"/>	*3	/	kameny	<input checked="" type="checkbox"/>		/	napadané větve stromů	<input checked="" type="checkbox"/>		/	vývraty	<input checked="" type="checkbox"/>		/	kořen. systém živých stromů	<input checked="" type="checkbox"/>		/	jemný naplavený sediment	<input checked="" type="checkbox"/>		/	spadané listí	<input checked="" type="checkbox"/>		/	vyhrabané úkryty ve dně	<input checked="" type="checkbox"/>		/	vyhrabané úkryty v břehu	<input checked="" type="checkbox"/>		/	volně v korytě	<input type="checkbox"/>			v regulaci	<input type="checkbox"/>			mimo koryto	<input type="checkbox"/>			kameny v blízk.vysych. koryta	<input type="checkbox"/>			jiné
<input checked="" type="checkbox"/>	*3	/	kameny																																																		
<input checked="" type="checkbox"/>		/	napadané větve stromů																																																		
<input checked="" type="checkbox"/>		/	vývraty																																																		
<input checked="" type="checkbox"/>		/	kořen. systém živých stromů																																																		
<input checked="" type="checkbox"/>		/	jemný naplavený sediment																																																		
<input checked="" type="checkbox"/>		/	spadané listí																																																		
<input checked="" type="checkbox"/>		/	vyhrabané úkryty ve dně																																																		
<input checked="" type="checkbox"/>		/	vyhrabané úkryty v břehu																																																		
<input checked="" type="checkbox"/>		/	volně v korytě																																																		
<input type="checkbox"/>			v regulaci																																																		
<input type="checkbox"/>			mimo koryto																																																		
<input type="checkbox"/>			kameny v blízk.vysych. koryta																																																		
<input type="checkbox"/>			jiné																																																		
Pokryvnost dna kameny - na sledované ploše (%)	<input type="text" value="40"/>																																																				
Bezprostřední okolí lokality	<table><tr><td><input type="checkbox"/></td><td>*3</td><td></td><td>pole</td></tr><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>/</td><td></td><td>louka</td></tr><tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>/</td><td></td><td>les</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td>/</td><td></td><td>zastavěné území</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td>/</td><td></td><td>jiné</td></tr></table>	<input type="checkbox"/>	*3		pole	<input checked="" type="checkbox"/>	/		louka	<input checked="" type="checkbox"/>	/		les	<input type="checkbox"/>	/		zastavěné území	<input type="checkbox"/>	/		jiné																																
<input type="checkbox"/>	*3		pole																																																		
<input checked="" type="checkbox"/>	/		louka																																																		
<input checked="" type="checkbox"/>	/		les																																																		
<input type="checkbox"/>	/		zastavěné území																																																		
<input type="checkbox"/>	/		jiné																																																		
Stanoviště - poznámky	<input type="text" value="Kořeny vrby a olšy zasahují do toku, dále v okolí duby, smrčky, jedle"/>																																																				

*1 doplňte údaje do pole
*2 hodící se zaškrtněte
*3 hodící se zaškrtněte, možno i více údajů (případně slovně popište do "poznámek")

Příloha 3 Značení raků barevnými elastomery



Příloha 4 Fotodokumentace výzkumu (Šrytrová, Macháček, HEIS VÚV 2022–2024)



Příloha 5 Tabulky s údaji ze všech odchytů

	< 30 cm mrtví+malí neurč.	< 30 mm		30 - 59 cm		60- 89 cm		≥90 cm		celkem označeno	celkem chycených	Čas odlovu (člověkohodiny)	zpětně odchyceno označených	zpětně odchyceni, směr pohybu								Počet raků za člověkohodinu			
		M	F	M	F	M	F	M	F					M	F	směr pohybu									
																dolů U1	bez U0	nahoru U2	nahoru U3						
2022	157	0	0	187	244	300	279	100	84	587	607	1085	1351	67	2022	110	23	22	14	2	14	7	12	9	20
2023	746	3	12	424	492	630	690	138	103	1195	1297	991	3238	123,15	2023	425	114	113	48	31	24	20	32	43	26
Celkem	903	3	12	611	736	930	969	238	187	1782	1904	2076	4589	190,15	Celkem	535	137	135	62	33	38	27	44	52	24

I.	Datum	<30 mm mrtví+malí		<30 mm		30- 59 mm		60- 89 mm		≥90 mm		Celkem		celkem označeno	celkem chycených	Čas odlovu (člověkohodiny)	Datum	Součet	zpětně odchyceni, směr pohybu				z celkem provedených zražen	z celkem jednotlivě zražen	Počet raků za člověkohodinu				
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F						M	F	M	F				M	F	M	F
	16.08.2022			15	38	44	37	9	25	68	100	168	168	6	15.08.2022	7	2	5							28				
	17.08.2022	4		47	40	33	54	9	14	89	108	197	201	12	17.08.2022	4	3							17					
	16-17.8.celkem	4		62	78	77	91	18	39	157	208	365	369	18	16-17.8.Celkem	7	4	3						168	168	21			

II.	Datum	<30 mm mrtví+malí		<30 mm		30- 59 mm		60- 89 mm		≥90 mm		Celkem		celkem označeno	celkem chycených	Čas odlovu (člověkohodiny)	Datum	Součet	zpětně odchyceni, směr pohybu				z celkem provedených zražen	z celkem jednotlivě zražen	Počet raků za člověkohodinu				
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F						M	F	M	F				M	F	M	F
	31.8.2022 U 1			23	25	43	38	5	15	71	78	149	149	4,5	31.8.2022 U 1	7	2	5						33					
	31.8.2022 U 2			5	5	9	7	1	1	15	13	28	28	1,5	31.8.2022 U 2	4				2	2			19					
	31.8.2022 U 3			4	17	16	17	7	10	27	44	71	71	3	31.8.2022 U 3	0				0	0			24					
	31.8.celkem	0		32	47	68	62	13	26	113	135	248	248	9	31.8.celkem	11	2	5	0	0	2	2	0	0	365	358	28		

III.	Datum	<30 mm mrtví+malí		<30 mm		30- 59 mm		60- 89 mm		≥90 mm		Celkem		celkem označeno	celkem chycených	Čas odlovu (člověkohodiny)	Datum	Součet	zpětně odchyceni, směr pohybu				z celkem provedených zražen	z celkem jednotlivě zražen	Počet raků za člověkohodinu				
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F						M	F	M	F				M	F	M	F
	14.9.2022 U 0	5		0	1	6	7	5	2	11	10	21	26	1	14.9.2022 U 0	3				2	1			26					
	14.9.2022 U 1	19		26	61	32	35	7	3	65	99	164	183	5	14.9.2022 U 1	15								37					
	14.9.2022 U 2	17		1	3	8	6	2	0	11	9	20	37	2	14.9.2022 U 2	12				7	5			19					
	14.9.2022 U 3	25		2	4	14	18	4	6	20	28	48	73	4	14.9.2022 U 3	3				0	3			18					
	14.9.celkem	66		29	69	60	66	18	11	107	146	253	319	12	14.9.celkem	33	6	9	2	1	7	5	0	3	613	595	27		

IV.	Datum	<30 mm mrtví+malí		<30 mm		30- 59 mm		60- 89 mm		≥90 mm		Celkem		celkem označeno	celkem chycených	Čas odlovu (člověkohodiny)	Datum	Součet	zpětně odchyceni, směr pohybu				z celkem provedených zražen	z celkem jednotlivě zražen	Počet raků za člověkohodinu				
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F						M	F	M	F				M	F	M	F
	26.9.2022 U 0			1	1	8	2	9	0	18	3	21	21	2	26.9.2022 U 0	11				10	1			11					
	26.9.2022 U 1	5		18	15	28	18	14	4	60	37	97	102	6	26.9.2022 U 1	14								17					
	26.9.2022 U 2	8		4	6	11	3	3	0	18	9	27	35	2	26.9.2022 U 2	3				3	0			18					
	26.9.2022 U 3	13		11	10	22	21	9	1	42	32	74	87	5	26.9.2022 U 3	8						7	1	17					
	26.9.celkem	26		34	32	69	44	35	5	138	81	219	245	15	26.9.celkem	36	8	6	10	1	3	0	7	1	866	815	16		

Odlov I.	Datum	<30 mm mrtví+malí		<30 mm		30- 59 mm		60- 89 mm		≥90 mm		Celkem		celkem označeno	celkem chycených	Čas odlovu (člověkohodiny)	Datum	Součet	zpětně odchyceni, směr pohybu				z celkem provedených zražen	z celkem jednotlivě zražen	Počet raků za člověkohodinu				
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F						M	F	M	F				M	F	M	F
	19.10.2022 U 0							3	6	6	3	9	9	1	19.10.2022 U 0	2									9				
	19.10.2022 U 1	12		15	10	7	5	6	3	28	18	46	58	6	19.10.2022 U 1	9				2					10				
	19.10.2022 U 2	30		2	0	1	1	0	0	3	1	4	34	2	19.10.2022 U 2	2				2				17					
	19.10.2022 U 3	19		13	8	18	7	4	0	35	15	50	69	4	19.10.2022 U 3	10						5	5	17					
	19.10.celkem	61		30	18	26	16	16	3	72	37	109	170	13	19.10.celkem	23	5	4	2	0	2	0	5	5	1085	998	13		

instalace překážek 9.11.2022

V.	Datum	<30 mm		<30 mm		30 - 59 mm		60- 89 mm		≥90 mm		Celkem		celkem označeno	celkem chycených	Čas odlovu (lověkohodiny)	Počet raků za živěkohodinu											
		mrtví+mali		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F				M	F	dolů U1	bez U0	nahoru U2	nahoru U3						
	24.5.2023 U 1	3	0	8	25	38	38	27	1	5	64	78	142	145	9	24.5.2023 U 1	12	5	7							16		
	24.5.2023 U 2	1	1	0	7	5	4	2	3	0	15	7	22	23	2	24.5.2023 U 2	2					2	0			12		
	24.5.2023 U 3	15	0	2	13	13	12	11	2	1	27	27	54	69	5	24.5.2023 U 3	1							0	1	14		
	25.5.2023 U 1	15	0	0	20	22	11	7	0	1	31	30	61	76	4	25.5.2023 U 1	15	8	7							19		
	25.5.2023 U 2	2	0	0	4	9	2	2	0	0	6	11	17	19	1,5	25.5.2023 U 2	1					1	0			13		
	25.5.2023 U 3	1	0	0	2	2	2	6	1	4	5	12	17	18	1,5	25.5.2023 U 3	0							0	0	12		
	24.-25.5. celkem	37	1	10	71	89	69	55	7	11	148	165	313	350	23	24.-25.5. celkem	31	13	14			3	0	0	1	1085	975	15

VI.	Datum	<30 mm		<30 mm		30 - 59 mm		60- 89 mm		≥90 mm		Celkem		celkem označeno	celkem chycených	Čas odlovu (lověkohodiny)	Počet raků za živěkohodinu											
		mrtví+mali		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F				M	F	dolů U1	bez U0	nahoru U2	nahoru U3						
	12.6.2023 U 1	17	0	0	21	17	51	37	11	6	83	60	143	160	5,5	12.6.2023 U 1	38	25	13							29		
	12.6.2023 U 2	17	0	0	3	11	12	5	1	0	16	16	32	49	7,75	12.6.2023 U 2	10					5	5			6		
	12.6.2023 U 3	8	0	0	13	6	12	9	3	1	28	16	44	52	3	12.6.2023 U 3	4							2	2	17		
	13.6.2023 U 2	3	0	0	2	5	1	3	1	0	4	8	12	15	1	13.6.2023 U 2	0					0	0			15		
	13.6.2023 U 3	11	2	1	17	26	16	24	7	1	42	52	94	105	5,2	13.6.2023 U 3	4							2	2	20		
	12-13.6. celkem	56	2	1	56	65	92	78	23	8	173	152	325	381	22,45	12-13.6. celkem	56	25	13			5	5	4	4	1398	1257	17

VII.	Datum	<30 mm		<30 mm		30 - 59 mm		60- 89 mm		≥90 mm		Celkem		celkem označeno	celkem chycených	Čas odlovu (lověkohodiny)	Počet raků za živěkohodinu											
		mrtví+mali		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F				M	F	dolů U1	bez U0	nahoru U2	nahoru U3						
	27.6.2023 U 0	11	0	0	3	3	2	1	1	0	6	4	10	21	0,5	27.6.2023 U 0	7					5	2				42	
	27.6.2023 U 1	29	0	0	26	26	39	70	19	24	84	120	204	233	8,5	27.6.2023 U 1	41	18	23							27		
	26.6.2023 U 2	28	0	0	2	7	7	17	1	2	10	26	36	64	2	26.6.2023 U 2	5							2	3	32		
	26.6.2023 U 3	26	0	0	10	16	21	42	3	11	34	69	103	129	7	26.6.2023 U 3	17							8	9	18		
	26-27.6. celkem	94	0	0	41	52	69	130	24	37	134	219	353	447	18	26-27.6. celkem	70	18	23	5	2	2	3	8	9	1723	1526	25

VI.	Přelazilo jen spodní překážku	Přelazilo obě překážky
	6	0

VII.	Přelazilo jen spodní překážku	Přelazilo obě překážky
	3	7
Celkem přelazilo spodní překážku		Celkem přelazilo obě překážky
9		7

Odlov II.	Datum	<30 mm		<30 mm		30-59 mm		60-89 mm		≥90 mm		Celkem		celkem označeno	celkem chycených	Čas odlovu (šouřkohodinu)	Počet raků za šouřkohodinu											
		mrtví+malí		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F				Datum											
	11.7.2023 U1	1	0	1	20	28	27	37	3	6	50	72	122	123	2,5	11.7.2023 U1	23	9	14							49		
	11.7.2023 U2	37	0	0	3	7	5	16	1	2	9	25	34	71	2	11.7.2023 U2	7					4	3			36		
	11.7.2023 U3	17	0	0	20	22	31	43	4	10	55	75	130	147	6	11.7.2023 U3	23							10	13	25		
	12.7.2023 U0	0	0	0	0	0	13	16	21	7	34	23	57	57	vrše 30h	12.7.2023 U0	28			19	9					vrše		
	12.7.2023 U1	40			9	13	19	37	3	4	31	54	85	125	6	12.7.2023 U1	38	18	20							21		
	12.7.2023 U3	11	0	0	1	3	8	12	0	3	9	18	27	38	4	12.7.2023 U3	2							0	2	10		
	11.-12.7. celkem	106	0	1	53	73	103	161	32	32	188	267	neznačeno	561	20,5	11.-12.7. celkem	121	27	34	19	9	4	3	10	15	2076	1809	27

Odlov III.	Datum	<30 mm		<30 mm		30-59 mm		60-89 mm		≥90 mm		Celkem		celkem označeno	celkem chycených	Čas odlovu (šouřkohodinu)	Počet raků za šouřkohodinu											
		mrtví+malí		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F				Datum											
	18.9.2023 U0	0	0	0	0	0	16	17	10	5	26	22	48	48	vrše	18.9.2023 U0	22			10	12						vrše	
	18.9.2023 U2	65	0	0	13	13	11	13	1	1	25	27	52	117	2,5	18.9.2023 U2	12					7	5				47	
	18.9.2023 U3	48	0	0	31	35	40	44	2	0	73	79	152	200	6	18.9.2023 U3	16							6	10	33		
	19.9.2023 U0	0	0	0	1	1	9	6	2	1	12	8	20	20	vrše	19.9.2023 U0	7			6	1					vrše		
	19.9.2023 U1	29	0	0	55	65	85	82	9	5	149	152	301	330	5	19.9.2023 U1	35	15	20							66		
	19.9.2023 U3	12	0	0	7	2	8	5	2	2	20	9	29	41	2,5	19.9.2023 U3	0							0	0	16		
	18-19.9. celkem	154	0	0	107	116	169	167	29	14	305	297	neznačeno	756	16	12-13.6. celkem	92	15	20	16	13	7	5	6	10	2076	1688	47

Odlov IV.	Datum	<30 mm		<30 mm		30-59 mm		60-89 mm		≥90 mm		Celkem		celkem označeno	celkem chycených	Čas odlovu (šouřkohodinu)	Počet raků za šouřkohodinu											
		mrtví+malí		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F				Datum											
	10.10.2023 U0	0	0	0	2	1	12	12	6	0	20	13	33	33	3	10.10.2023 U0	9			6	3						11	
	10.10.2023 U2	39	0	0	8	10	8	11	1	0	17	21	38	77	1,7	10.10.2023 U2	7					3	4				45	
	10.10.2023 U3	95	0	0	37	35	23	14	0	0	60	49	109	204	6	10.10.2023 U3	7							4	3	34		
	10.10.2023 nad U3	76	0	0	6	17	16	12	11	1	33	30	63	139	2,75	10.10.2023 nad U3	1									51		
	11.10.2023 U0	0	0	0	1	0	9	10	1	0	11	10	21	21	1	11.10.2023 U0	6			2	4					21		
	11.10.2023 U1	64	0	0	36	31	55	40	4	0	95	71	166	230	5,75	11.10.2023 U1	25	16	9							40		
	11.10.2023 nad U3	25	0	0	6	3	5	0	0	0	11	3	14	39	3	11.10.2023 nad U3	0							0	0	13		
	10-11.10. celkem	299	0	0	96	97	128	99	23	1	247	197	neznámo se	743	23,2	12-13.6. celkem	55	16	9	8	7	3	4	4	4	2076	1596	32

Odlov II.	Průraz jen spodní prvek	Průraz u obě prvků
	3	15
	Celkem průrazů spodní prvek	Celkem průrazů obě prvky
12	22	

Odlov III.	Průraz jen spodní prvek	Průraz u obě prvků
	7	9
	Celkem průrazů spodní prvek	Celkem průrazů obě prvky
19	31	

Odlov IV.	Průraz jen spodní prvek	Průraz u obě prvků
	7	5
	Celkem průrazů spodní prvek	Celkem průrazů obě prvky
26	36	

Příloha 6 Počty chycených raků podle tělesné velikosti a pohlaví

Velikost jedinců (mm)	30-32	33-37	38-42	43-47	48-52	53-57	58-62	63-67	68-72	73-77	78-82	83-87	87-92	93-97	98-102	103-107	108-112	113-117	118-122	>123
Samci	15	29	86	117	180	132	215	169	200	120	159	100	103	62	46	14	19	8	3	0
Samice	40	49	155	131	183	139	198	146	206	121	211	102	120	54	27	12	8	2	2	0
Počet jedinců	55	78	241	248	363	271	413	315	406	241	370	202	223	116	73	26	27	10	5	0

Příloha 7 Tabulka k obr. 25, přelézání migračních bariér

	celkové množství označených raků v toku	množství ulovených raků na úseku U2 při daném odchytu	množství ulovených raků na úseku U3 při daném odchytu	počet znovu chycených raků na úseku U2	počet znovu chycených raků na úseku U3	poměr přelézání pro úsek U2	poměr přelézání pro úsek U3
II.	365	28	365	4	0	0,00039139	0,00000000
III.	248	20	248	6	2	0,00120968	0,00016801
IV.	253	27	253	0	6	0,00000000	0,00032048
Odlov I.	219	4	219	1	3	0,00114155	0,00027397
V.	211	39	211	0	8	0,00000000	0,00053401
VI.	313	44	313	7	0	0,00050828	0,00000000
VII.	325	36	325	2	1	0,00017094	0,00002987
Odlov II.	353	34	353	2	7	0,00016664	0,00012631
Odlov III.	319	52	319	3	4	0,00018085	0,00006928
Odlov IV.	294	38	294	3	3	0,00026853	0,00009362

