

Ichtyofauna v tocích historicky zasažených acidifikací pod Černým, Čertovým, Plešným a Prášílským jezerem

Ichthyofauna in the streams historically impacted by acidification below the Černé, Čertovo, Plešné and Prášílské lakes

Petr Blabolil^{1,2,*}, Vladislav Drašík^{1,2}, Michaela Holubová¹, Jan Hůda^{1,2}, Tomáš Jůza¹, Milan Muška¹ & Jaroslav Vrba^{1,2}

¹ *Biology Centre of the Czech Academy of Sciences, Institute of Hydrobiology, České Budějovice, Czech Republic*

² *University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Science, České Budějovice, Czech Republic*

*petr.blabolil@hbu.cas.cz

Abstract

In October 2022, an ichthyological survey was carried out in the streams below Černé, Čertovo, Plešné and Prášílské lakes. Four profiles were sampled at each stream and basic environmental and water characteristics were recorded. The presence of brown trout (*Salmo trutta*) was detected in all streams, with the closest occurrence at 0.2 km below Prášílské Lake and within 2 km distance below the other lakes. This year's trout cohort was detected in the areas of the Černé, Čertovo and Prášílské lakes, with the largest trout (>200 mm) below Plešné and Prášílské lakes. Bullhead (*Cottus gobio*) was found in the lowest profiles below Černé (only in the mouth to the Úhlava River), Čertovo and Prášílské lakes. The ratio between length and weight showed close relationships and thus balanced population conditions for both species. Fish have a natural tendency to migrate upstream, and even though they are located relatively close to glacial lakes in distance, they are prevented from entering the lakes by both natural and anthropogenic barriers.

Key words: Bohemian Forest, brown trout, bullhead, glacial lake, migration

ÚVOD

V pohoří Šumavy se nachází osm ledovcových jezer, pět v Česku a tři v Bavorsku. V minulosti byl přístup k českým jezerům ve srovnání s bavorskými obtížnější, což vedlo k jejich menšímu ovlivnění lidskou činností. Stálé osídlení oblasti je doloženo od 16. století (VESELÝ 1994). Místní aktivity zahrnovaly těžbu a zpracování rud, lesnictví a těžbu dřeva, sklárství, chov hospodářských zvířat a ryb (VESELÝ 1994). Pro zvýšení množství akumulované vody nutné pro plavení dřeva byly zvyšovány hráze jezer a budovány umělé rybníčky (klauzy) a kanály (BLAŽKOVÁ 2019). Tyto činnosti byly místně orientované a respektovaly specifické podmínky

krajiny a jejího využití. Hustota osídlení byla na Šumavě vždy nízká a po druhé světové válce po vysídlení původních obyvatel z českého pohraničí se ještě snížila. Již v roce 1963 byla vyhlášena Chráněná krajinná oblast (CHKO) Šumava, nicméně většina jejího území byla až do roku 1990 omezeně přístupná veřejnosti jako součást vojenských prostorů a hraničního pásma. To sice vedlo ke zvýšené ochraně přírodního bohatství, ale zároveň komplikovalo systematický výzkum celého území. Po socio-ekonomických změnách na přelomu 80. a 90. let 20. století bylo téměř celé pohoří zpřístupněno turistům a lesnímu hospodářství podle nových pravidel, které nadále omezují negativní činnosti spojené s využíváním přirozených zdrojů. Většina území dnes spadá do Národního parku (NP) Šumava a NP Bavorský les, vyhlášených v letech 1991 a 1970.

Hydrobiologický výzkum na Šumavě má více než 150letou tradici, kdy největší pozornost byla věnována ledovcovým jezerům (FRÍČ 1872, 1874). Tři z těchto jezer (Rachelsee, Plešné a Prášílské) byla přirozeně bez ryb (VRBA et al. 2000). Největší a nejhlubší jezera, Černé a Čertovo, byla systematicky zkoumána v letech 1892–1896 a opakovaně zde byli zjištěni pstruzi potoční (*Salmo trutta*) velikostí až 60 cm (FRÍČ & VÁVRA 1898). Další jezero Laka bylo využíváno k produkci ryb s ročním výlovem 400–500 pstruhů potočních, aniž by to způsobilo výrazný pokles jejich populace (ŠVAMBERA 1914). Místní toky se pstruhy obecnými byly vzorem definice „pstruhového pásma“ v rybářské mapě Království českého (FRÍČ 1888). Na této mapě jsou zobrazeny i líhně iniciované prof. Fričem k podpoře lososů obecných (*Salmo salar*) a pstruhů obecných, konkrétně v Sušici, Novém Městečku (dříve Neustadt), Lenoře, bývalé obci Radvanovice (Schillerberg), Stožci (Tuset), Volyni, Vimperku a Adolfově. Kromě pstruhů byli po roce 1890 do jezer vysazeni siveni američtí (*Salvelinus fontinalis*), jejichž populace se zde vyskytovaly po desetiletí (OLIVA 1952, VRBA et al. 2003). V roce 1893 byli do Černého jezera vysazeni síhové marény (*Coregonus maraena*), kteří však nevytvořili stabilní populaci (FRÍČ & VÁVRA 1898). Další původní druh, vranka obecná (*Cottus gobio*), nebyla nikdy v jezerech dokumentována a její výskyt je uváděn pouze z dolních úseků toků (ČIHAŘ & TAUBNER 1976, ČIHAŘ & ŠVÁTORA 1998). Rybí společenstvo bylo vitální až do 60. let 20. století, kdy se začala projevovat acidifikace vod způsobená „kyselými dešti“ bohatými na sloučeniny síry a dusíku (VRBA et al. 2000).

Pravidelné sledování ledovcových jezer bylo zahájeno v roce 1984, kdy vrcholila jejich acidifikace (FOTT et al. 1987). Horninové podloží Šumavy je tvořeno metamorfovanými a krystalickými horninami s přirozeně nízkou pufrací kapacitou půd. Ta byla proto rychle vyčerpána kyselými srážkami a způsobila okyselení (acidifikaci) půd a následně i vod celé oblasti. Acidifikace vod vedla k vymizení většiny planktonních korýšů a všech rybích populací v jezerech. V 60. letech 20. století vymizel pstruh potoční a v polovině 70. let i odolnější siven americký, změnila se společenstva bezobratlých a fytoplanktonu a v pelagickém planktonu začal převládat bakterioplankton (VRBA et al. 2003). Významné omezení kyselých depozic ve střední Evropě od konce 80. let 20. století vedlo k relativně rychlému zlepšování chemismu vody v jezerech (KOPÁČEK et al. 1998). První známky zotavení biologických složek jezerní vody se však projevíly se zpožděním (NEDBALOVÁ et al. 2006). Ještě práce ČIHAŘE & ŠVÁTORY (1998) uvádějí četná místa bez rybí obsádky. Jezero Laka bylo v nedávné době rekolonizováno pstruhy, kteří zde vytvořili stabilní populaci (PETRUŽELOVÁ et al. 2023) a v nižších partiích Jezerního potoka se vyskytují vranky (MATĚNA et al. 2017), které se do jezera nerozšířily. Vzhledem k tomu, že správa NP Šumava podporuje přirozený vývoj ekosystémů, máme v současné době příležitost studovat procesy jejich zotavování.

Správa NP Šumava od roku 1995 hospodaří na šesti rybářských revírech (Křemelná, Vydra, Vchynicko-Tetovský kanál, Teplá Vltava, Studená Vltava a Řasnice), které byly převedeny od Českého rybářského svazu, z.s. (ČRS) a Vojenských lesů a statků ČR s.p. Od převzetí revírů bylo nastaveno hospodaření zarybňováním k posílení populací původních, v ekosystému žádoucích, druhů ryb (SPRÁVA NP ŠUMAVA 2022a). Zarybňování revírů je dáno zarybňovacím plánem každého revíru, který lze změnit na základě zjištěné struktury populací ryb. Za účelem produkce násadového materiálu byla roku 1998 v Borových Ladech vybudována rybí líheň, která chová pstruhy potoční, lipany podhorní (*Thymallus thymallus*), mníky jednovousé (*Lota lota*), střevle potoční (*Phoxinus phoxinus*) a jako krmnou rybu siveny americké, doplňkově je v sádkách rak říční (*Astacus astacus*) a před rokem 2018 byl chován i pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*). Od roku 2009 je líheň zařazena do Národního programu jako vlastník genetického zdroje zvířat – chov původní „šumavské“ populace pstruha obecného. Na revíry bylo do roku 2020 vydáváno omezené množství povolenek k rybolovu, kdy bylo možné ponechání pouze nepůvodních pstruhů duhových a sivenů amerických. V současné době se povolenky k rybolovu nevydávají, snižuje se zarybňování pstruhem obecným a podpora cílí převážně na lipana podhorního a střevli potoční (SPRÁVA NP ŠUMAVA 2022a).

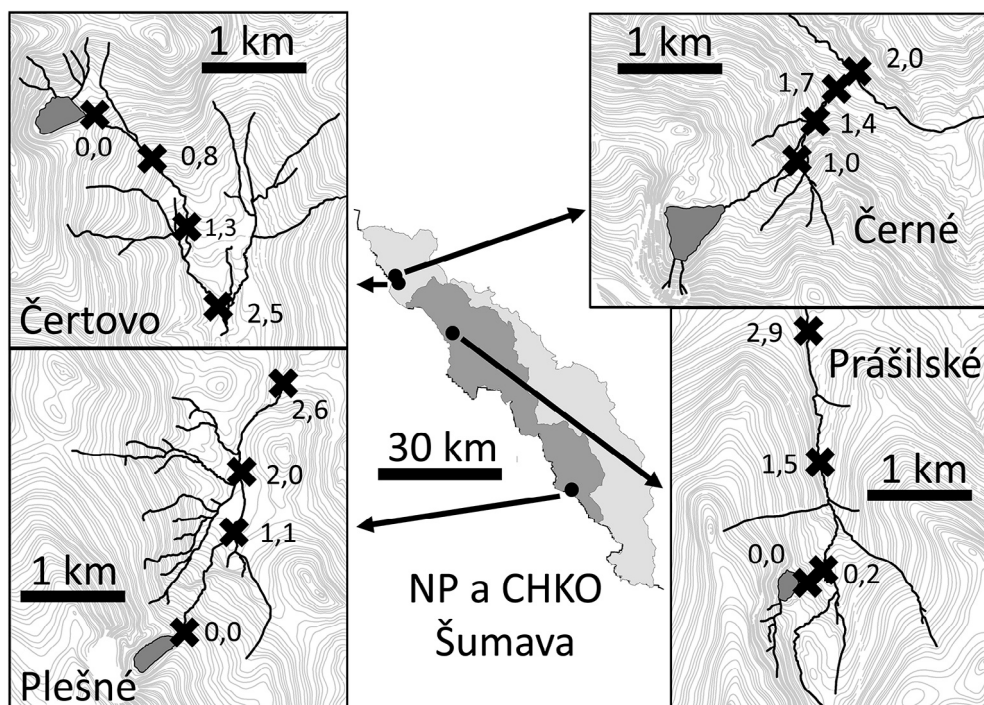
Cílem této studie bylo provést ichtyologický průzkum v tocích pod šumavskými ledovcovými jezery (s výjimkou Laky), které byly v 60. a 70. letech 20. století silně postiženy acidifikací neumožňující přežívání ryb. Průzkum byl proveden na různých profilech tak, aby byl zjištěn výskyt ryb nejbliže ke každému jezeru, a tedy postupné osidlování dříve odrybněných oblastí. Na profilech s výskytem ryb určit jejich populační charakteristiky – hustoty a biomasy, velikostní složení a kondici zobrazením délko-hmotnostního vztahu. Na základě zjištěných výsledků diskutovat stav a možnosti dalšího vývoje rybích populací.

MATERIÁL A METODIKA

Studované toky a odlovy ryb

Studované oblasti se nachází na území Evropsky významné lokality Šumava (CZ0314024), kde jsou z vodních živočichů předmětem ochrany mihule potoční (*Lampetra planeri*) a vranka obecná. Černé, Čertovo a Prášilské jezero se nachází v severní části Šumavy, Plešné jezero v části jižní (Obr. 1). Plešné a Prášilské jezero jsou v přírodní zóně NP, Národní přírodní rezervace Černé a Čertovo jezero se nachází v CHKO Šumava. Celá oblast je zalesněna s dominancí smrku ztepilého (*Picea abies*). Pouze omezená část spodního úseku povodí pod Čertovým jezerem zahrnuje zástavbu obce Železná Ruda. Na žádném studovaném toku není praktikováno rybářské hospodaření. Oblast Čertova jezera náleží do povodí Dunaje, zbylá pak do povodí Labe. Černý potok z Černého jezera se vlévá do pstruhového rybářského revíru Úhlava 10 (č. 433057) a Jezerní potok z Čertova jezera navazuje na pstruhový rybářský revír Řezenský potok 1 (č. 433041). Oba revíry jsou ve správě Západočeského územního svazu ČRS. Voda z Plešného jezera je částečně převedena do umělého Schwarzenberského kanálu a Jezerní potok se vlévá do Vltavy nad nádrží Lipno (mimopstruhový revír Vltava 33 (č. 421081), ve správě Jihočeského územního svazu ČRS). Jezerní potok z Prášilského jezera ústí do Prášilského potoka, který navazuje na rybářský revír Křemelná ve správě NP Šumava. Průzkumy byly provedeny 10. října v oblasti Plešného jezera, 11. října v oblasti Prášilského jezera a 12. října 2022 v oblasti Černého a Čertova jezera. K průzkumu byl použit elektrický agregát Hans-Grassl typ ELT60IIHI s parametry maximálního výkonu 1,3 kW, napětí

300/500 V a frekvenci 25–100 Hz. V každé oblasti byly vybrány čtyři profily (Obr. 1). Lov začal na nejvzdálenějším profilu od jezera a podle výskytu ryb bylo postupováno proti proudu na další lokalitu podle její dostupnosti a morfologii toku (přítomnost strmých částí či stupňů). Délky lovných úseků byly stanoveny na základě početnosti úlovku a možnostech efektivního lovu. Standardní délka úseku činila 100 m, v případě nízkých hustot ryb byla zvýšena, avšak na některých lokalitách musela být z bezpečnostních důvodů snížena (především v odtokových částech z jezer byla omezena čelem morény) (Tab. 1). Odlov elektrickým agregátem probíhal pomalým broděním, kdy byly do vody zanořovány elektrody. Lovce tlačítkem na rukojeti krátkodobě spouštěl pulsní stejnosměrný proud a v případě omráčení ryby jej vypnul, aby druhý člen (sběrač) odebral rybu podběrákem do nádoby a předal třetímu členu čtyři (nosiči) k umístění do nádrže se vzduchováním. Na všech profilech byl stejný úsek proloven dvakrát po sobě. Časový interval mezi odlovy činil přibližně 40 minut. Úlovek byl zpracováván průběžně během odlovu dalšími dvěma pracovníky a umísťován do druhé prostorné nádrže se vzduchováním. Všechny ryby byly rozneseny po loveném profilu po ukončení druhého lovu.



Obr. 1. Mapa Národního parku (NP, tmavě šedá) a chráněné krajinné oblasti Šumava (CHKO, světle šedá) uprostřed s body znázorňující polohu čtyř ledovcových jezer (detailní mapy po stranách). Na každé mapě je zobrazeno jezero, hlavní toky oblasti a profily ichthyologických průzkumů, kde čísla udávají vzdálenosti profilů od jezer v kilometrech.

Fig. 1. Map of the National Park (NP, dark grey) and the Protected Landscape Area Šumava (PLA, light grey) in the middle with points showing the location of the four glacial lakes (detailed maps on the sides). Each map shows the lake, the main streams of the area and the locations of ichthyological surveys, numbers indicate the profile distance from the lakes in kilometres.

Tabulka 1. Geografická poloha, morfologické charakteristiky profilů a měřené charakteristiky vody během ichthyologického průzkumu v říjnu 2022 na jednotlivých lokalitách. Číslo u názvu jezera označuje vzdálenost profilu od jezera v kilometrech, lokalizace profilů jsou uvedeny na Obr. 1.

Table 1. Geographical location, locality morphological characteristics and water characteristics during the ichthyological survey in October 2022 at each site. The number next to the lake name indicates the profile distance from the lake in kilometres, the profile locations are shown in Fig. 1.

Označení profilu / Locality	Zeměpisná šířka / Latitude (N)	Zeměpisná délka / Longitude (E)	Lovený úsek / Sampling stretch (m)	Šířka toku / Stream width (m)	Hloubka toku / Stream depth (m)	Nadm. výška / Altitude (m n.n.m. / m a.s.l.)	Teplota / Temperature (°C)	Rozpuštěný kyslík / Dissolved oxygen (mg.L ⁻¹)	Vodivost / Conductivity (μS.cm ⁻¹)	pH
Černé 1,0	49°11'15,177"	13°11'45,697"	80	1,5	0,45	850	8,0	11,22	11	6,3
Černé 1,4	49°11'27,163"	13°11'50,563"	100	1,5	0,50	780	8,2	10,91	12	6,4
Černé 1,7	49°11'33,137"	13°11'53,138"	120	1,9	0,50	750	8,2	10,68	13	6,4
Černé 2,0	49°11'40,267"	13°12'5,047"	100	1,1	0,35	715	8,6	10,90	13	6,7
Čertovo 0,0	49°9'55,437"	13°12'1,650"	20	0,9	0,40	1026	9,5	10,50	17	5,1
Čertovo 0,8	49°9'41,329"	13°12'40,288"	200	1,5	0,20	885	9,1	10,51	16	5,6
Čertovo 1,3	49°9'36,130"	13°12'50,202"	130	1,8	0,15	855	9,3	10,49	16	5,7
Čertovo 2,5	49°8'57,864"	13°13'21,397"	100	2	0,40	776	9,7	10,44	16	6,4
Plešné 0,0	48°46'40,699"	13°52'4,284"	20	0,6	0,20	1087	8,7	10,52	5	5,1
Plešné 1,1	48°47'11,692"	13°52'19,880"	100	0,8	0,15	915	8,5	10,47	6	5,2
Plešné 2,0	48°47'32,098"	13°52'21,856"	60	1	0,40	905	7,8	10,26	11	5,3
Plešné 2,6	48°47'55,192"	13°52'30,160"	100	3	0,45	888	6,8	10,98	13	7,1
Prášilské 0,0	49°43'2,314"	13°24'6,029"	20	0,5	0,20	1079	9,6	10,88	5	5,3
Prášilské 0,2	49°43'4,668"	13°24'12,694"	100	0,8	0,15	1052	9,1	10,26	6	5,4
Prášilské 1,5	49°5'11,171"	13°24'7,287"	80	3	0,40	955	8,5	10,56	8	5,7
Prášilské 2,9	49°5'56,824"	13°23'49,391"	100	1,8	0,45	895	8,3	10,87	10	6,1

Charakteristiky prostředí

Pro každý profil byly zaznamenány charakteristiky prostředí: průměrná šířka a hloubka toku a charakteristiky vody jako je teplota a koncentrace kyslíku. Použita byla kalibrovaná sonda YSI PRO. Vodivost byla měřena sondou Lutron WA 300 a pH bylo měřeno sondou Hanna Combo pH/EC HI 98129. Nadmožská výška byla určena z podkladových map v programu ArcMap (ESRI 2014). Na všech profilech byla průhlednost vody až na dno toku.

Zpracování dat

U odlovených ryb byla ihned po ukončení průzkumu určena druhová příslušnost, změřena jejich délka těla s přesností na jeden milimetr (SL, mm) a váha s přesností na setinu gramu (W, g). Ryby byly šetrně vypuštěny v místě odchyty. Dále byly stanoveny základní populační charakteristiky. Početnost byla spočtena podle vzorce $N = N_1^2 / (N_1 - N_2)$, kde N_1 je počet jedinců zjištěný při prvním odlovu a N_2 počet jedinců zjištěný při druhém odlovu (ZIPPIN 1956). Shodně byla vyjádřena i biomasa ryb. Velikosti ryb byly vyneseny jako délko-frekvenční složení populace (u pstruhů po 5 mm a u vranek po 3 mm) a vzájemné vztahy délky a váhy s proloženou funkcí podle rovnice $W = a \times SL^b$.

Rozdíly mezi hustotami a biomasami byly porovnány oproti průměrným hodnotám testem dobré shody (χ^2). Rozdíly mezi průměrnými velikostmi pstruhů mezi oblastmi Černého s Čertovým a Plešného s Prášílským jezerem byly testovány t-testem. Četnosti jednotlivých velikostí pstruhů byly transformovány na jednotný rozsah 0–100 a tyto párově porovnávány mezi populacemi ryb Wilcoxonovým testem. Statistické porovnání bylo provedeno v programu R (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2019).

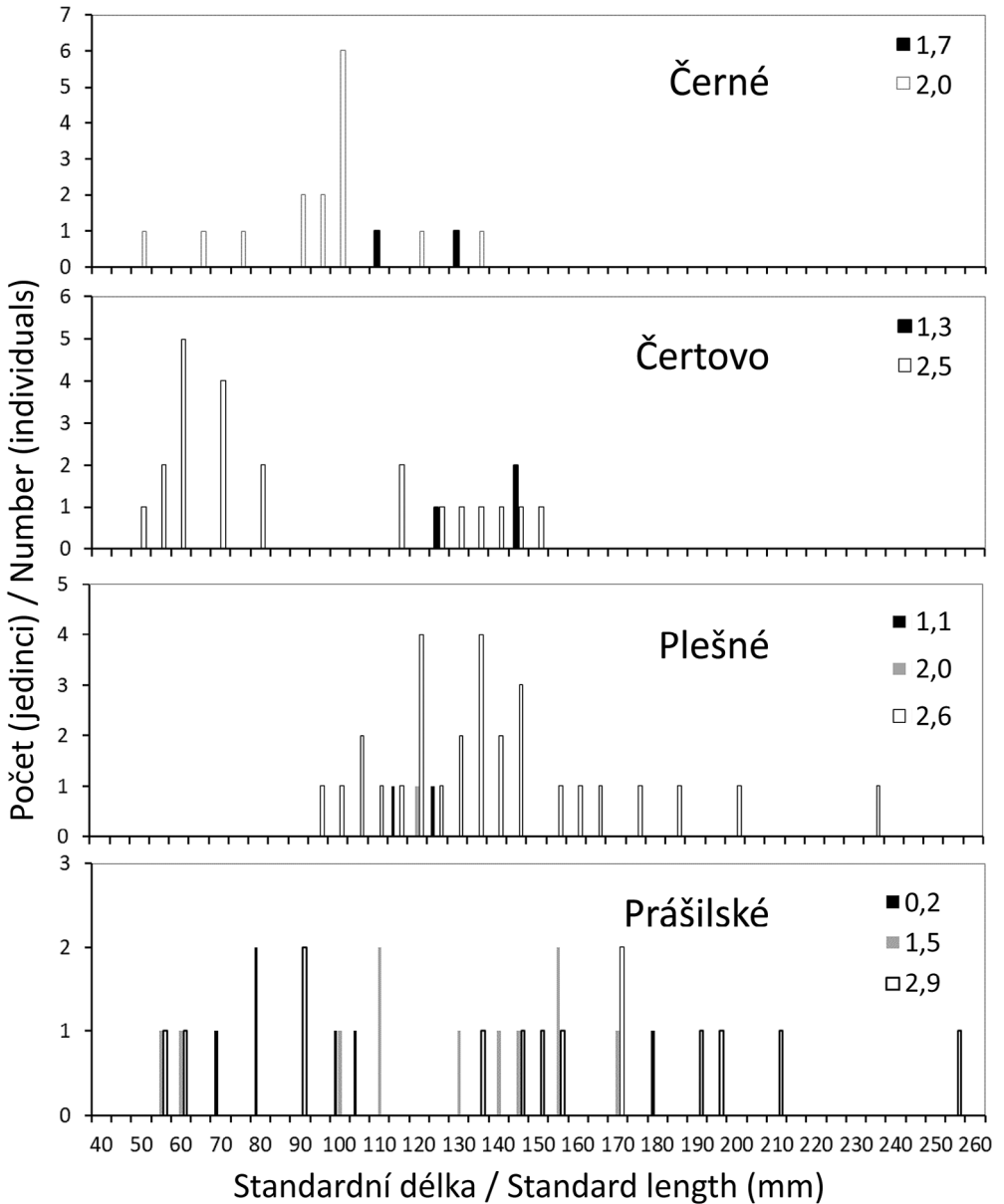
VÝSLEDKY A DISKUZE

Charakteristiky prostředí

Morfologie toků byla značně variabilní (Tab. 1). Průměrná šířka toku byla v rozsahu 0,5 až 3,0 m s mediánem 1,5 m a hloubka 0,15 až 0,50 m s mediánem 0,40 m. Teplota vody vytékající z jezera byla vždy vyšší než v nejbližším profilu pod jezerem. V případě Černého a Čertova jezera teplota po proudu mírně rostla, zatímco u Plešného a Prášílského klesala (Tab. 1). Koncentrace rozpuštěného kyslíku byla na jednotlivých profilech podobná, v rozsahu 10,3 až 11,2 s mediánem 10,5 mg.L⁻¹. Ve všech oblastech, s výjimkou Čertova jezera vodivosti po proudu vzrůstaly. Ve všech oblastech po proudu vzrůstaly i hodnoty pH, pouze na profilu 2,6 km pod Plešným jezerem hodnota pH dosáhla neutrality (7,1), zbylé byly v oblasti kyselé (Tab. 1).

Pstruh obecný

Během odlovů bylo uloveno 105 pstruhů obecných o celkové váze 3 043 g (Tab. 2). Pstruzi byli chyceni ve všech tocích pod ledovcovými jezery. Nejbližší výskyt k jezeru (0,2 km) byl zjištěn u Prášílského jezera, u ostatních byla vzdálenost vždy více než kilometr (1,1 km od Plešného jezera, 1,3 km od Čertova jezera a 1,7 km od Černého jezera). V rámci jednotlivých toků byly nejvyšší hustoty zjištěny vždy na nejnižše položených profilech (Tab. 2). Absolutně nejvyšší početnost byla zjištěna na profilu 2,0 km od Černého jezera, a to 1 818 pstruhů ha⁻¹. V případě Plešného a Prášílského jezera byly zjištěné početnosti ve středních profilech nižší než na nejnvýše položených. Hustoty v nejnvýše položených profilech jednotlivých oblastí se průkazně lišily ($\chi^2 = 987,5$, df = 3, p < 0,001) stejně jako v nejnižše položených profilech ($\chi^2 = 366,1$, df = 3, p < 0,001).



Obr. 2. Délko-frekvenční složení populace pstruhů obecných (*Salmo trutta*) chycených v oblastech čtyř ledovcových jezer. Čísla v popisku udávají vzdálenosti profilů od jezer v kilometrech, lokalizace jednotlivých profilů jsou uvedeny na Obr. 1.

Fig. 2. Size histograms of brown trout (*Salmo trutta*) caught in the four glacial lake areas. Numbers in legends indicate the profile distance from the lakes in kilometres, profile locations are in Fig. 1.

Tabulka 2. Počty (N) a biomasy (W) pstruhů obecných (*Salmo trutta*) a vranek obecných (*Cottus gobio*) chycených při prvním (N_1 , W_1) a druhém (N_2 , W_2) odlovu. Hustoty a biomasa byly standardizované podle $N = N_1^2 / (N_1 - N_2)$ a vyjádřeny na plochu podle hodnot v Tab. 1 lokalitách. Číslo u názvu jezera označuje vzdálenost profilu od jezera v kilometrech, lokalizace profilů jsou uvedeny na Obr. 1.

Table 2. Numbers (N) and biomass (W) of brown trout (*Salmo trutta*) and bullhead (*Cottus gobio*) caught in the first (N_1 , W_1) and second (N_2 , W_2) sampling. Abundance and biomass were standardized by formula $N = N_1^2 / (N_1 - N_2)$ and expressed as catch per area according to the values in Table 1. The number next to the lake name indicates the profile distance from the lake in kilometres, the profile locations are shown in Fig. 1.

Označení profilu / Locality	Pstruh obecný / Brown trout						Vranka obecná / Bullhead									
	N_1	N_2	N	Početnost / Abundance (ks.ha ⁻¹) / (ind ha ⁻¹)	W_1	W_2	W	Biomasa / Biomass (kg.ha ⁻¹) / (ind.ha ⁻¹)	N_1	N_2	N	Početnost / Abundance (ks.ha ⁻¹) / (ind.ha ⁻¹)	W_1	W_2	W	Biomasa / Biomass (kg.ha ⁻¹) / (ind.ha ⁻¹)
Černé 1,0	0	0								0	0					
Černé 1,4	0	0								0	0					
Černé 1,7	2	0	2	88	47,1	0	47,08	2,1	0	0	0					
Černé 2,0	10	5	20	1 818	117,9	60,7	243,14	22,1	1	0	1	91	2,6	0	2,6	0,2
Četovo 0,0	0	0								0	0					
Četovo 0,8	0	0								0	0					
Četovo 1,3	3	0	3	128	94,8		94,78	4,1	0	0	0					
Četovo 2,5	17	5	24	1 204	274,3	17,1	292,45	14,6	14	8	33	1 633	91,9	22,2	121,2	6,1
Plešné 0,0	0	0								0	0					
Plešné 1,1	2	0	2	250	41,3	0	41,25	5,2	0	0	0					
Plešné 2,0	1	0	1	167	20,0	0	20,01	3,3	0	0	0					
Plešné 2,6	22	7	32	1 076	967,2	194,2	1 210,07	40,3	0	0	0					
Prášilské 0,0	0	0								0	0					
Prášilské 0,2	5	1	6	781	99,5	12,8	114,19	14,3	0	0	0					
Prášilské 1,5	9	2	12	482	250,3	30,4	284,92	11,9	0	0	0					
Prášilské 2,9	10	4	17	926	475,3	340,5	1 676,21	93,1	38	12	56	3 085	155,5	68,2	277,1	15,4

V případě biomasy pstruhů byl trend nejvyšších hodnot na nejnižše položených profilech shodný s početností (Tab. 2). Nejvyšší hodnota (93,1 kg.ha⁻¹) byla zjištěna na profilu 2,9 km od Prášílského jezera. Biomasy v nejnižše položených profilech se průkazně lišily ($\chi^2 = 51,7$, df = 3, p<0,001) stejně jako v nejnižše položených profilech ($\chi^2 = 1743,2$, df = 3, p<0,001).

V případě toků pod Černým, Čertovým a Prášílským jezerem byli chyceni pstruzi od velikosti 50 mm SL (Obr. 2), pod Plešným jezerem nejmenší pstruh měřil 95 mm SL (Obr. 2). Průměrné velikosti pstruhů v oblasti jezer Černého (96 mm SL) a Čertova (93 mm SL) byly významně menší než v oblasti jezer Plešného (136 mm SL) a Prášílského (128 mm SL) (t = -8,78, df = 1,28, p = 0,043), neboť zde chyběli pstruzi >150 mm SL (Obr. 2). Velikostní distribuce mezi jednotlivými oblastmi se významně nelišily (rozsah Wilcoxonova testu: 84–167, N = 42, p>0,05).

Délko-hmotnostní vztahy byly bez zjevně odchýlených bodů (Obr. 3). Hodnoty koeficientů nabývaly rozsahu pro průsečík (a) -5,472 až -4,685 a koeficient sklonu (b) 2,895 až 3,269 (Tab. 3). Odchýlení od průměrných hodnot nastalo v případě oblasti Plešného jezera, kde byl největší chycený pstruh těžší než průměrné hodnoty (Obr. 3).

Vranka obecná

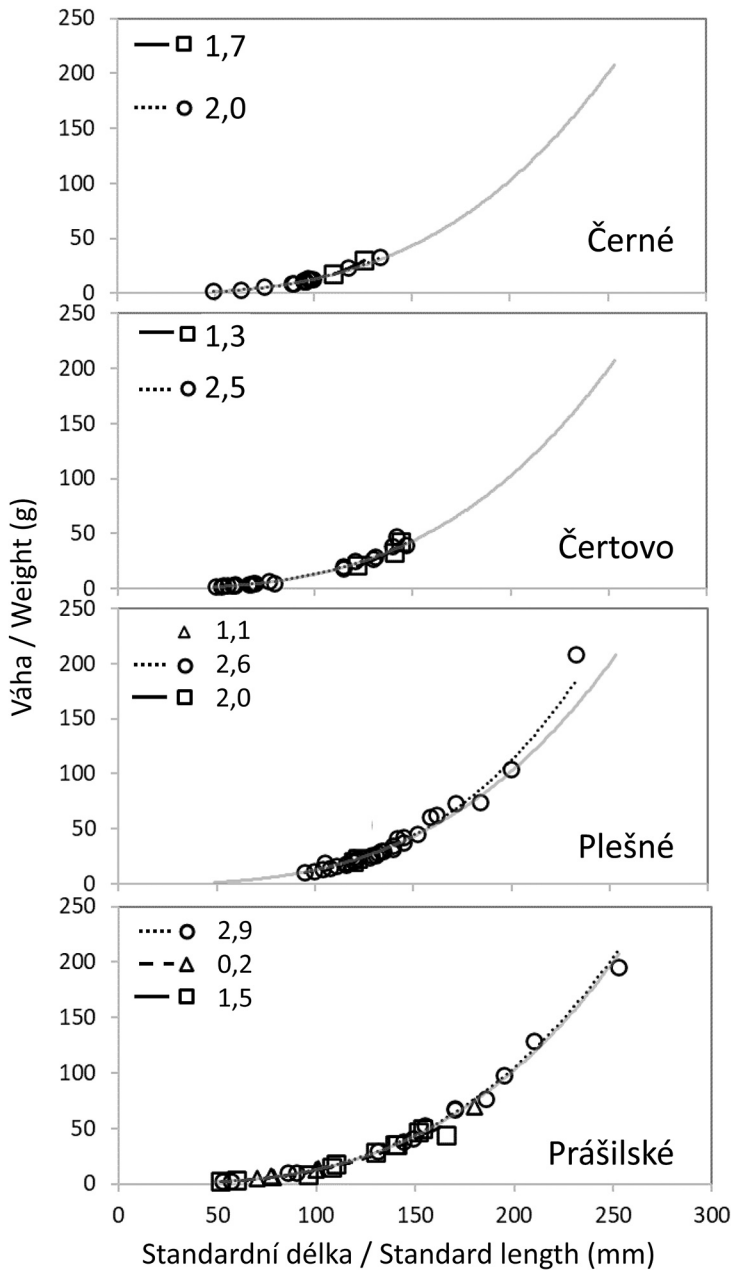
Vranky byly chyceny pouze na nejnižše položených profilech oblasti Černého, Čertova a Prášílského jezera. Celková početnost byla 73 jedinců o váze 340 g. V oblasti Černého jezera byla chycena jediná vranka obecná v ústí Černého potoka do Úhlavy. Hustoty a biomasy vranek v oblasti jezera Prášílského byly takřka dvojnásobné (3 058 jedinců a 277,1 g.ha⁻¹) oproti oblasti Čertova jezera (1 633 jedinců a 121,3 g.ha⁻¹) (Tab. 2).

V populacích vranek oblastí Čertova a Prášílského jezera byla přítomna kohorta jedinců v prvním roce života vranek (18–29 mm SL) a starších vranek (48–98 mm SL) (Obr. 4). Velikostní distribuce mezi oblastmi jezer Čertova a Prášílského se vzájemně nelišily (Wilcoxonův test: 134, N = 28, p = 0,820). Délko-hmotnostní vztah pro obě populace vranek byl těsný bez zjevných odchýlených jedinců (Obr. 5). Hodnoty koeficientů nabývaly rozsahu pro průsečík (a) -5,119 a -4,938 a koeficient sklonu (b) 3,063 a 3,165 (Tab. 3).

DISKUSE

Zkoumané toky lze označit za typické oligotrofní vody s výskytem pstruha obecného vyšších poloh a ve dvou případech i vranky obecné. Výskyt pstruhů v nadmořských výškách blízké se 1000 m n.m. představuje jedny z nejnižše dokladovaných míst v rámci našich vod (DYK 1957).

Pstruzi mají přirozený pud migrace proti proudu (KLEMETSEN et al. 2003). Během podzimní migrace dospělí jedinci migrují do menších toků ke tření. Migraci proti proudu mohou na tocích omezovat bariéry přirozeného i antropogenního původu, přičemž především u menších toků je významná i aktuální vodnatost. Při nižších průtocích je pro pstruhy překonání překážek náročnější, než v případě vyššího vodního stavu (ARNEKLEIV & KRAABØL 1996). Toky mohou být neprůchodné jen v určitých částech vlivem jednotlivých překážek (GOSSET et al. 2006) či celkově nepříznivé morfologie (TRIANO et al. 2022). Morfologií toků lze vysvětlit zjištěné horní hranice výskytu ryb. V případě oblasti Černého jezera je spodní část toku velmi prudká (Obr. 1) a jsou na něm vytvořeny umělé propustky pod silnicemi vytvářející umělé překážky i přirozené vodopády (např. Černá strž). Navíc je část vody odtékající z jezera odváděna do přečerpávací vodní elektrárny Černé jezero s hltností 800 L.s⁻¹ (ČEZ 2024).



Obr. 3. Délko-hmotnostní vztahy pstruhů obecných (*Salmo trutta*) chycených v oblastech čtyř ledovcových jezer. Šedá křivka zobrazuje průběh vztahu pro všechny hodnoty. Čísla v popisku udávají vzdálenosti profilů od jezera v kilometrech, lokalizace jednotlivých profilů jsou uvedeny na Obr. 1.

Fig. 3. Length-weight relationships of brown trout (*Salmo trutta*) captured in four glacial lake areas. The gray curve shows the progression of the relationship for all values. Numbers in legends indicate the profile distance from the lakes in kilometres, profile locations are in Fig. 1.

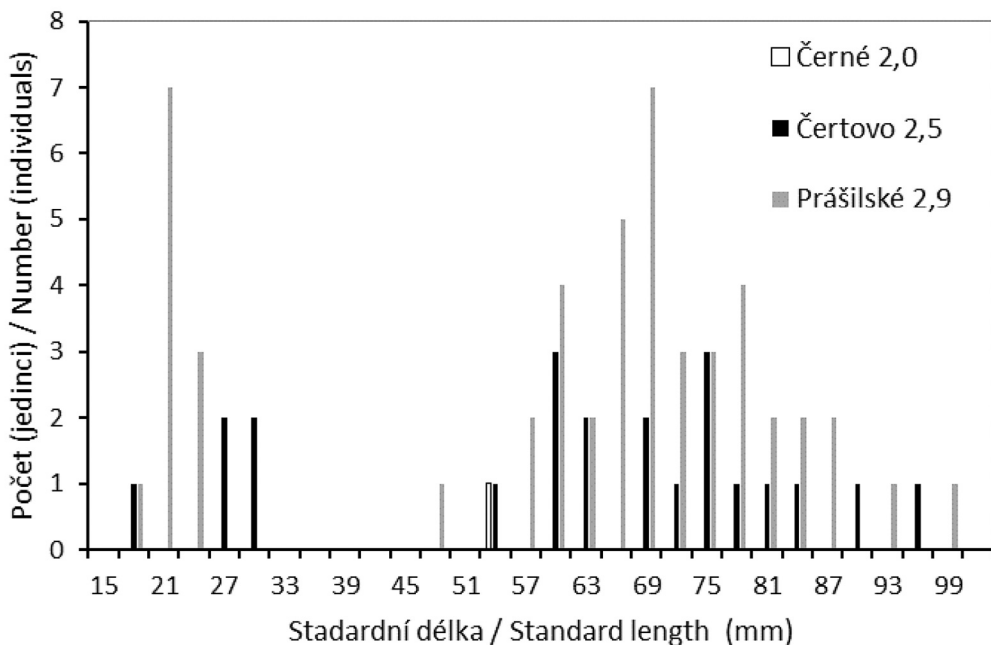
Tabulka 3. Koeficienty délko-hmotnostních vztahů podle rovnice $W = a \times SL^b$, kde W je váha (g) a SL standardní délka (mm) pro profily, kde bylo chyceno více než pět jedinců daného druhu a pro všechny údaje společně. N označuje počet jedinců a R^2 koeficient determinace vztahu. Číslo u názvu jezera označuje vzdálenost profilu od jezera v kilometrech, lokalizace profilů jsou uvedeny na Obr. 1.

Table 3. Coefficients of length-weight relationships according to the equation $W = a \times SL^b$, where W is weight (g) and SL is standard length (mm) for profiles where more than five individuals of a given species were caught and for all data combined. N marked the number of individuals and R^2 marked the coefficient of determination of the relationship. The number next to the lake name indicates the profile distance from the lake in kilometres, the profile locations are shown in Fig. 1.

Označení profilu / Locality	<i>a</i>	<i>b</i>	N	R ²
Pstruh obecný / Brown trout				
Černé 2,0	-5,062	3,088	15	0,991
Čertovo 2,5	-4,878	2,999	22	0,974
Plešné 2,6	-5,472	3,269	29	0,982
Prášílské 0,2	-4,685	2,895	6	0,999
Prášílské 1,5	-4,919	2,998	11	0,935
Prášílské 2,9	-4,876	2,997	14	0,992
vše / all	-4,904	3,005	105	0,974
Vranka obecná / Bullhead				
Čertovo 2,5	-5,119	3,165	22	0,988
Prášílské 2,9	-4,938	3,063	50	0,988
vše / all	-4,983	3,089	73	0,988

V případě oblasti Čertova jezera je migrace proti proudu ryb komplikována strmou morénou jezera, relativně malým povodím, tedy nízkou vodnatostí, a navíc nízkým pH vody vytékající z Čertova jezera (KOPÁČEK et al. 2023). Potok vytékající z Plešného jezera v oblasti morény protéká suťovým polem a na většině svahu je prakticky podzemní, což brání efektivní migraci pstruhů k jezeru. V oblasti Prášílského jezera se pstruzi rozšířili až na úpatí morény a je možné, že v blízké době dosáhnou až k hrázi jezera. Vlastní hráz je 2,5 m vysoká, vytvořena z opracovaných kamenů, usazených do kolmé stěny. Překonání takové bariéry by bylo reálné v případě vytvoření bočního přelivu či postupným zasypáním kolmé stěny, které by vytvořilo rybí přechod. Obě verze jsou v blízké době nepravděpodobné. Navíc hráz v současnosti významně prosakuje a pramínky vody jsou zjevné po bocích odvodňujícího koryta. V době omezených srážek povrchový přeliv zaniká a hladina jezera zaklesává vlivem průsaků hráze. Hráze byly vytvořeny u všech ledovcových jezer v české části Šumavy. Primárním důvodem byla akumulace vody především k plavení dřeva. I když tato funkce je dnes již zcela bezvýznamná, vytvořená díla jsou brána jako historické dědictví a „respektování navýšené hladiny“ je uvedeno v Zásadách péče o Národní park Šumava na období 2022–2040 (SPRÁVA NP ŠUMAVA 2022b).

Nejvyšší početnosti pstruhů byly zjištěny na nejnižše položených profilech, což může souviset s větší vodnatostí toku a tím přítomností různorodého prostředí. Ve větších tocích ryby nachází širší spektrum úkrytů i nabídku potravy, která je integrována z větší oblasti (MAKI-PETÄYS et al. 1997). Při ichtyologickém průzkumu v letech 2018 a 2019 v Krkonoších zjistili JURAIDA et al. (2020) nejvyšší hustotu pstruhů (2 174 ks.ha⁻¹) v Bílém Labi nad Špindlerovým mlýnem, což představovalo střední nadmořskou výšku a vodnatost, v nejnižše položených vodnatějších profilech (soutok Labe a Malého Labe a Úpa ve Svobodě nad Úpou) pstruzi chyceni nebyli a v profilech nad 800 m n. m. byly hustoty pstruhů nižší. V případě Černého potoka může být absolutně nejvyšší početnost ovlivněna polohou profilu těsně nad ústím do Úhlavy, odkud sem mohou pstruzi volně vyplouvat. Některé charakteristiky prostředí, jako je koncentrace rozpuštěného kyslíku, představovaly optimální podmínky ve všech zkoumaných profilech (DAVIS 1975). Po proudu navíc rostou hodnoty pH, které byly ve vyšších partiích výrazně kyselé. Právě nízké pH vody bylo hlavní příčinou vymření ryb v ledovcových jezerech Šumavy (VRBA et al. 2003). Pro pstruha obecného je uváděn spodní limit pH = 4 (CRISP 2000), přičemž malí jedinci jsou k nízkým hodnotám pH citlivější, než větší a starší pstruzi. Rovněž záleží na charakteristikách povodí (podloží a vegetaci), které mohou do jisté míry pufovat vodíkové ionty a ovlivňovat koncentrace hliníku, který

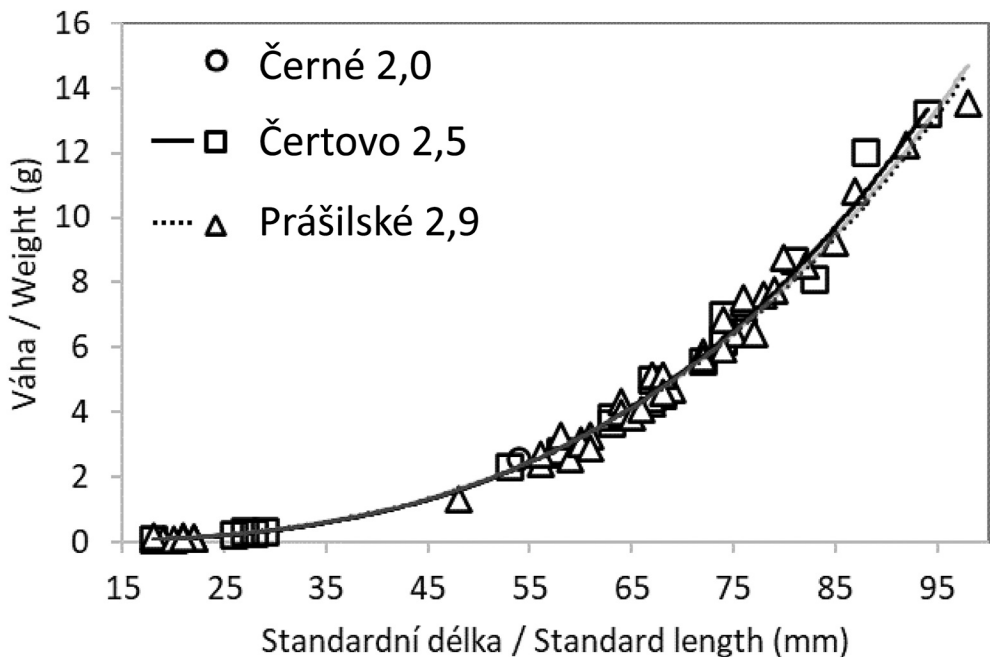


Obr. 4. Délko-frekvenční složení populace vranek obecných (*Cottus gobio*) chycených na nejnižše položených profilech pod ledovcovými jezery. Čísla v popisku udávají vzdálenosti profilů od jezera v kilometrech, lokalizace profilů jsou uvedeny na Obr. 1.

Fig. 4. Histograms of sizes of bullhead (*Cottus gobio*) caught on the lowest profiles below the glacial lakes. Numbers in legends indicate the profile distance from the lakes in kilometres, profile locations are in Fig. 1.

v kyselém prostředí vytváří toxické ionty (ALSTAD et al. 2005). Měření bylo provedeno současně s odlovy, přičemž kritické období s nejnižšími hodnotami pH nastává spíše během jarního tání sněhu (ANDRÉN & RYDIN 2012, MATĚNA et al. 2017).

Velikostní rozložení ukazuje na stabilní populace pstruhů. V oblasti Plešného a Prášílského jezera byli chyceni i pstruzi velikostí nad 200 mm SL. Tyto oblasti se nachází v nejvyšších nadmořských výškách, což může souviset s dřívější třetí migrací iniciovanou poklesem teploty vody (PIECUCH et al. 2007). Přítomnost větších ryb dokládá dobrou prostupnost toků pro migrace ryb i přes četné historické úpravy související zejména s plavbou dřeva. Další možné vysvětlení absence větších pstruhů v oblastech Černého a Čertova jezera je blízké napojení na rybářské revíry ČRS. Na revírech platí nejmenší lovná míra pstruhů 25 cm celkové délky, a i když si rybáři menší pstruhy (případně i větší jedince s odkazem na praktiky „chyt’ a pust’“) neponechají, část ryb hyne následkem poranění (TAYLOR & WHITE 1992). Rovněž nelze vyloučit příspěvek predace rybožravými ptáky a savci selektivně vybírajícími větší jedince, kteří jsou v podmínkách menších toků efektivnější, než ve větších vodních útvech (ČECH & ČECH 2017, KORTAN et al. 2010). Nejvíce pstruhů bylo vždy středních velikostí, což dokládá, že se v toku pravděpodobně vylíhli a přežili první rok života, který je pro ryby kritický včetně jarního období nejnižších hodnot pH.



Obr. 5. Délko-hmotnostní vztahy vranek obecných (*Cottus gobio*) chycených na nejniže položených profilech pod ledovcovými jezery. Šedá křivka zobrazuje průběh vztahu pro všechny hodnoty. Čísla v popisku udávají vzdálenosti profilů od jezera v kilometrech, lokalizace profilů jsou uvedeny na Obr. 1.

Fig. 5. Length-weight relationships of bullhead (*Cottus gobio*) caught on the lowest profiles below the glacial lakes. The gray curve shows the progression of the relationship for all values. Numbers in legends indicate the profile distance from the lakes in kilometres, profile locations are in Fig. 1.

Mladí pstruzi mohou v malých tocích vyrůstat a větší jedinci poté migrovat do níže položených míst s větší vodnatostí (JONSSON et al. 2001). Jedinci v prvním roce života nebyli zjištěni v oblasti Plešného jezera, ač se zdála morfologie toku i měřené charakteristiky vody jako vhodné pro výskyt stabilní populace pstruhů. Malí pstruzi mohli být během elektrolovu teoreticky přehlédnuti v úkrytech. Pro velmi malé ryby je elektrolov v podmínkách nízké vodivosti málo účinný (POTTIER et al. 2019). Zejména střední profil pod Plešným jezerem byl v relativně plochem údolí s podemletými břehy, kde mohli pstruzi snadno najít útočiště. Elektrolov probíhal vždy bez hrazení, v tocích s migračními překážkami se pstruzi často skrývají v úkrytech, odkud jsou větší jedinci účinkem elektrického proudu vytaženi (MACNAUGHTON et al. 2014). V rovinatém úseku mohli pstruzi snáze unikat na vzdálenost delší, než byl lovený úsek.

Délko-hmotnostní vztahy byly bez zjevně odchýlených bodů. Mírné odchýlení od průměrných hodnot nastalo v případě oblasti Plešného jezera, kde byl největší chycený pstruh těžší než průměrné hodnoty. Pravděpodobně se jednalo o samici před podzimním výtěrem, kdy jsou výraznější rozdíly mezi pohlavími (DAVIES & SLOANE 1987). Hodnotu koeficientu sklonu b v délko-hmotnostním vztahu lze použít jako indikátor stavu kondice, který se může lišit podle biotických a abiotických faktorů, jako je teplota vody, dostupnost potravy a typ stanoviště (NIKOLSKY 1963). Zjištěné hodnoty byly vzájemně blízké a odrážely především specifitu populací jednotlivých profilů (rozsahy velikostí a váhy). V porovnání s jinými populacemi pstruhů obecných jsou zjištěné koeficienty spíše vyšší než například 2,960 v Logan River v Utahu, USA (SIGLER 1952), 2,950 v potoku Asproptamus v Řecku (PAPAGEORGIU et al. 1983) či 2,586–3,142 v řekách Gowienica a Osowka v Polsku (CHEŁKOWSKI & CHEŁKOWSKA 1995).

Vranka je typickou rybou pro chladné čisté vody bohaté na kyslík se substrátem poskytujícím množství úkrytů (LEGALLE et al. 2005). V recentním červeném seznamu mihulí a ryb České republiky je vranka obecná klasifikována jako téměř ohrožený druh (LUSK et al. 2017) a rovněž je uvedena jako indikační druh přílohy II Evropské směrnice o stanovištích 92/43/EEC. Vranky dorůstají do malých velikostí a jsou relativně krátkověké. Proto je pro ně typická vysoká rozkolísanost početnosti populací v průběhu víceletých cyklů (HUMPL & LUSK 2006). Zásadní je přítomnost přirozeného doplňku a různých kohort, které lze určit z histogramu velikostí (CHAUMOT et al. 2006). V literatuře jsou dobře popsány vzájemné interakce se pstruhy obecnými. Vranky mohou příležitostně požírat jikry pstruhů, s malými pstruhy si konkurují o zoobentos a velcí pstruzi jsou predátory vranek, přičemž intenzita interakcí záleží na každé lokalitě a podmínkách prostředí (HOLMEN et al. 2003, HESTHAGEN et al. 2011, LORENZONI et al. 2018).

Vzhledem k absenci plynového měchýře mají vranky omezené schopnosti plavání a překonávání překážek, předpokládaný limit nepřekonatelného prahu má výšku 20 cm (UTZINGER et al. 1998). Morfologie toku je pro vranky významnějším faktorem ovlivňujícím jejich rozšíření než pH (MCCAHERN & PASCOE 1990), které bylo v případě Šumavy limitní pro pstruhy obecné. Stejně jako u pstruha byl délko-hmotnostní vztah pro vranku těsný a bez zjevných rozdílů mezi populacemi. Na rozdíl od pstruhů obecných, výtěr vranek obecných probíhá na jaře a rozdíl ve váze mezi pohlavími na podzim není patrný. Zjištěný koeficient sklonu b byl v porovnání s populacemi vranek obecných v italském toku Torrente 3,304 nižší, což může být dáno rozsahem použitých velikostí 3,4 až 12,0 mm celkové délky (BEVAGNA et al. 1990).

Na všech profilech byla zjištěna přítomnost nejvýše dvou druhů ryb a žádná mihule. Tento stav pramenných částí Šumavy lze označit za přirozený. Za určité vodítko možnosti výskytu dalších druhů ryb lze využít statistiky nejbližších rybářských revírů (Příloha 1). Černý potok se vlévá do revíru Úhlava 10, kam byly v období 2017–2022 vysazovány, vedle pstruha obecného, i pstruzi duhový a siveni američtí. Tyto druhy se následně objevily i ve statistikách úlovků rybářů spolu s příležitostnými úlovkou kapra obecného (*Cyprinus carpio*) a lipana podhorního. Do rybářského revíru Řezenský potok 1, bezprostředně navazujícího na Jezerní potok z Čertova jezera, byli vysazováni výhradně pstruzi obecní, kteří byli i nejčastějším druhem v úlovcích. Zároveň rybáři vykávali úlovkou pstruha duhového, lipana podhorního a sivena amerického. Jezerní potok z Plešného jezera ústí do mimopstruhového rybářského revíru Vltava 33, který těsně navazuje na údolní nádrž Lipno. Do tohoto revíru byli vysazeni kapr obecný, lín obecný (*Tinca tinca*), lipan podhorní a mník jednovousý. Ve statistikách úlovků rybářů je zaznamenána vysoká druhová diverzita odrážející ryby migrující z Lipna, konkrétně: kapr obecný, lín obecný, cejn velký (*Abramis brama*), jelec tloušť (*Squalius cephalus*), okoun říční (*Perca fluviatilis*), štika obecná (*Esox lucius*), candát obecný (*Sander lucioperca*), sumec velký (*Silurus glanis*), úhoř říční (*Anguilla anguilla*), pstruh obecný, pstruh duhový, lipan podhorní, bolen dravý (*Leuciscus aspius*), amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*), karas (*Carassius* sp.), mník jednovousý a „ostatní“ druhy (jež nejsou vyjmenovány ve vyhlášce č. 197/2004 Sb.). Do revíru Křemelná, navazujícího na Jezerní potok z Prášílského jezera, od roku 2022 přestaly být ryby vysazovány. Od převzetí revíru Správou NP Šumava zde byly podporovány druhy pstruh obecný, lipan podhorní, mník jednovousý a střevle potoční. Z uvedeného výčtu by se na sledované lokality mohly teoreticky dostat především lososovité ryby, a to včetně nepůvodních rizikových pstruhů duhových a sivenů amerických a mník jednovousý.

Rybí společenstva integrují stav vodního prostředí a je důležité jim věnovat patřičnou pozornost (BLABOLIL et al. 2013, JANÁČ et al. 2019). Lze doporučit provedení monitoringu v intervalech tří až pěti let, zda došlo k posunu populací v prostoru, z hlediska velikostního složení i kondice. Oblast výzkumu v bezzásahové části NP a CHKO umožňuje studium přirozených procesů i lidského přičinění. Užitečná by byla genetická analýza místních populací druhů, která by určila genetickou variabilitu a adaptabilitu na měnící se prostředí.

Poděkování. Děkujeme Správě NP Šumava za administrativní podporu, Jihočeskému a Západočeskému územnímu svazu ČRS za poskytnutí údajů o vysazování, úlovcích a podporu výzkumu. Tato studie byla částečně podpořena projekty Grantové agentury ČR č.: P503-22-05421S, Interreg Bayern – Česko č. BYCZ01-020 (Živé klenoty pod vodní hladinou Šumavy) a Akademií věd ČR v rámci programu Strategie AV 21, Záchrana a obnova krajiny.

LITERATURA

- ALSTAD N.E.W., KJELSBORG B.M., VØLLESTAD L.A., LYDERSEN E. & POLÉO A.B.S., 2005: The significance of water ionic strength on aluminium toxicity in brown trout (*Salmo trutta* L.). *Environmental Pollution*, 133: 333–342.
- ANDRÉN C.M. & RYDIN E., 2012: Toxicity of inorganic aluminium at spring snowmelt-in-stream bioassays with brown trout (*Salmo trutta* L.). *Science of The Total Environment*, 437: 422–432.
- ARNEKLEIV J.V. & KRAABØL M., 1996: Migratory behaviour of adult fast-growing brown trout (*Salmo trutta*, L.) in relation to water flow in a regulated Norwegian river. *Regulated Rivers: Research & Management*, 12: 39–49.

- BEVAGNA D., GIOVINAZZO G., LORENZONI M., MEARELLI M. & PETESSE M.L., 1990: Segnalazioni di *Cottus gobio* L. (Osteichthyes–Cottidae) in alcuni corsi d'acqua umbri [Reports of *Cottus gobio* L. (Osteichthyes–Cottidae) in some Umbrian watercourses]. *Rivista di Idrobiologia*, 29: 114–122 (in Italian).
- BLABOLIL P., ŘÍHA M., PETERKA J., PRCHALOVÁ M., VAŠEK M., JŮZA T., ČECH M., DRAŠTÍK V., KRATOCHVÍL M., MUŠKA M., TUŠER M., FROUZOVÁ J., RICARD D., MRKVIČKA T., SAJDLOVÁ Z., VEJŘÍK L., ŠMEJKAL M., BOROVEC J., MATĚNA J., BOUKAL D. & KUBEČKA J., 2013: Co říkají ryby o kvalitě vodních ekosystémů [What fish say about the quality of aquatic ecosystems]. In: *Vodní nádrže 2013, 25.–26. září 2013, Brno*, KOSOUR D. (ed.), Povodí Moravy s.p., p.: 51–56 (in Czech).
- BLÁŽKOVÁ T., 2019: *Zapomenuté stopy dřevařů na Šumavě [Forgotten traces of woodcutters in Šumava]*. Veduta, Univerzita Karlova, Fakulta humanitních studií, 288 pp. (in Czech).
- CRISP D.T., 2000: *Trout and salmon: ecology, conservation and rehabilitation*. Oxford: Fishing News Books, 224 pp.
- ČECH M. & ČECH P., 2017: Effect of brood size on food provisioning rate in common kingfishers *Alcedo atthis*. *Ardea*, 105: 5–17.
- ČEZ, 2024: Malá vodní elektrárna Černé jezero [Small hydropower plant Černé jezero]. Online: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje/obnovitelné-zdroje/voda/vodní-elektrárny/ceska-republika/cerne-jezero-58157> (accessed on 2 January 2024) (in Czech).
- ČIHAŘ J. & TAUBER V., 1976: K ichtyofauně a herpetofauně Šumavy [To ichthyofauna and herpetofauna of the Šumava Mts.]. *Časopis Národního Muzea, Oddělení Přírodovědné*, 145: 88–94 (in Czech).
- ČIHAŘ M. & ŠVÁTORA, M., 1998: Ichthyofauna vybraných částí toků v povodí Vydry, Křemelné a Otavy (Národní park a CHKO Šumava) [Ichthyofauna in selected parts of Vydra, Křemelné and Otava river basins (Šumava National Park and Protected Landscape Reserve)]. *Silva Gabreta*, 2: 267–276 (in Czech).
- CHAUMOT A., MILIONI N., ABDOLI A., PONT D. & CHARLES S., 2006: First step of a modeling approach to evaluate spatial heterogeneity in a fish (*Cottus gobio*) population dynamics. *Ecological Modelling*, 197: 263–273.
- DAVIS J.C., 1975: Minimal dissolved oxygen requirements of aquatic life with emphasis on Canadian species: a review. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 32: 2295–2332.
- DAVIES P.E. & SLOANE R.D., 1987: Characteristics of the spawning migrations of brown trout, *Salmo trutta* L., and rainbow trout, *S. gairdneri* Richardson, in Great Lake, Tasmania. *Journal of Fish Biology*, 31: 353–373.
- DYK V., 1957: Nejvyšší polohy výskytu pstruha obecného formy potoční v ČSR [Highest locations of occurrence of brook trout in the Czechoslovakia]. *Zoologické listy*, 6: 358–366 (in Czech).
- ESRI, 2014: ArcGIS 10.2.2 for Desktop
- FOTT J., STUHLÍK E. & STUHLÍKOVÁ Z., 1987: Acidification of the Lakes in Czechoslovakia. In: *Extended Abstracts of the International Workshop on Geochemistry and Monitoring in Representative Basins*, MOLDAN B. & PAČES T. (eds) ČGÚ, Praha, 77–79 pp.
- FRIČ A., 1872: Über die Fauna der Böhmerwaldseen [On the fauna of the Bohemian Forest lakes]. *Sitzungsberichte der königlichen böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften in Prag*, Jahrgang 1871, 1: 3–12 (in German).
- FRIČ A., 1874: Über weitere Untersuchungen der Böhmerwaldseen [On further investigations of the Bohemian Forest lakes]. *Sitzungsberichte der königlichen böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften in Prag*, Jahrgang 1873, 3: 103–109 (in German).
- FRIČ A., 1888: Rybářská mapa království českého [Fishing map of the Kingdom of Bohemia]. *Vesmír*, 17: 69–70 (in Czech).
- FRIČ A. & VÁVRA V., 1897: Untersuchungen über Fauna der Gewässer Böhmens III. Untersuchung zweier Böhmerwaldseen, des Schwarzen und Teufelssees [Studies on the fauna of Bohemian waters III. study of two Bohemian Forest lakes, the Černé and Čertovo]. *Archiv für naturwissenschaftliche Landesdurchforschung von Böhmen, Prag*, 10: 1–74 (in German).
- GOSSET, C., RIVES J. & LABONNE J., 2006: Effect of habitat fragmentation on spawning migration of brown trout (*Salmo trutta* L.). *Ecology of Freshwater Fish*, 15: 247–254.
- HESTHAGEN T., AUSTIGARD A. & HOLMEDAL K., 2011: Diurnal and seasonal resource partitioning in young brown trout (*Salmo trutta*), Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) and Alpine bullhead (*Cottus poecilopus*) in a subalpine lake in southeastern Norway. *Boreal Environment Research*, 16: 149–157.

- HOLMEN J., OLSEN E.M. & VØLLESTAD L.A., 2003: Interspecific competition between stream-dwelling brown trout and Alpine bullhead. *Journal of Fish Biology*, 62: 1312–1325.
- HUMPL M. & LUSK S., 2006: Změny početnosti vranky obecné (*Cottus gobio* L.) v řece Loučce u Skryjí v letech 1968–2004 [Changes in the abundance of common crow (*Cottus gobio* L.) in the Loučka River near Skryje in 1968–2004]. *Biodiverzita Ichtyofauny ČR*, 6: 65–70 (in Czech).
- CHELKOWSKI Z. & CHELKOWSKA B., 1995: Biological characteristics of sea trout smolts (*Salmo trutta m. trutta* L.) grown in the river Gowienica catchment area. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 25: 35–47.
- JANÁČ M., JURAIDA P., POLÁŠEK M. & NĚMEJCOVÁ D., 2019: *Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích (kategorie řeka) pomocí biologické složky ryby [Methodology for assessing the ecological status of flowing surface water bodies (river category) using the biological element fish]*. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha, 16 pp. (in Czech).
- JONSSON B., JONSSON N., BRODTKORB E. & INGEBRIGTSEN P.J., 2001: Life–history traits of brown trout vary with the size of small streams. *Functional Ecology*, 15: 310–317.
- JURAIDA P., BEDNAŘÍK A., BARTÁKOVÁ V., MENDEL J., JURAIDOVÁ Z. & MIKL L., 2020: Genetická struktura populací pstruha obecného (*Salmo trutta*) na vybraných lokalitách v Krkonošském národním parku [The genetic structure of brown trout (*Salmo trutta*) populations at selected localities in the Krkonoše Mts National Park]. *Opera Corcontica*, 57: 95–106 (in Czech).
- KLEMETSEN A., AMUNDSEN P.A., DEMPSON J.B., JONSSON B., JONSSON N., O'CONNELL M.F. & MORTENSEN E., 2003: Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic char *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. *Ecology of Freshwater Fish*, 12: 1–59.
- KOPÁČEK J., ČAPEK P., CHOMA M., CUDLÍN P., KAŇA J., KOPÁČEK M., PORCAL P., ŠANTRŮČKOVÁ H., TAHOVSKÁ K. & TUREK J., 2023: Long-term changes in soil composition in unmanaged central European mountain spruce forests after decreased acidic deposition and a bark beetle outbreak. *CATENA*, 222: 106839.
- KOPÁČEK J., HEJZLAR J., STUHLÍK E., FOTT J., & VESELÝ J., 1998: Reversibility of acidification of mountain lakes after reduction in nitrogen and sulphur emissions in Central Europe. *Limnology and Oceanography*, 43: 357–361.
- KORTAN D., ADÁMEK Z. & VRÁNA P., 2010: Otter, *Lutra lutra*, feeding pattern in the Kamenice River (Czech Republic) with newly established Atlantic salmon, *Salmo salar*, population. *Folia Zoologica*, 59: 223–230.
- LEGALLE M., SANTOUL F., FIGUEROLA J., MASTRORILLO S. & CÉRÉGHINO R., 2005: Factors influencing the spatial distribution patterns of the bullhead (*Cottus gobio* L., Teleostei Cottidae): a multi-scale study. *Biodiversity & Conservation*, 14: 1319–1334.
- LORENZONI M., CAROSI A., GIOVANNOTTI M., LA PORTA G., SPLENDIANI A. & BARUCCHI V.C., 2018: Population status of the native *Cottus gobio* after removal of the alien *Salmo trutta*: a case-study in two Mediterranean streams (Italy). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 419: 22.
- LUSK S., HANĚL L., LOJKÁSEK B., LUSKOVÁ V. & MUŠKA M., 2017: Červený seznam mihulí a ryb České republiky [Red list of lampreys and fish of the Czech Republic]. *Příroda, Praha*, 34: 51–82 (in Czech).
- MACNAUGHTON C.J., HARVEY-LAVOIE S., SENAY C., LANTHIER G., BOURQUE G., LEGENDRE P. & BOISCLAIR D., 2014: A Comparison of Electrofishing and Visual Surveying Methods for Estimating Fish Community Structure in Temperate Rivers. *River Research and Applications*, 31: 1040–1051.
- MATĚNA J., MATĚNOVÁ V., BLABOLIL P., KOPÁČEK J., PELTANOVÁ J., ŠORF M., ŽALOUĐÍK J. & VRBA J., 2017: Recovery of brown trout populations in streams exposed to atmospheric acidification in the Bohemian Forest. *Folia Zoologica*, 66: 1–10.
- MAKI-PETÄYS A., MUOTKA T., HUUSKO A., TIKKANEN P. & KREIVI P., 1997: Seasonal changes in habitat use and preference by juvenile brown trout, *Salmo trutta*, in a northern boreal river. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54: 520–530.
- MCCAHON C.P. & PASCOE D., 1990: Episodic pollution: causes, toxicological effects and ecological significance. *Functional Ecology*, 4: 375–383.
- NEDBALOVÁ L., VRBA J., FOTT J., KOHOUT L., KOPÁČEK J., MACEK M. & SOLDÁN T., 2006: Biological recovery of the Bohemian Forest lakes from acidification. *Biologia*, 61: S453–S465.
- NIKOLSKY G.W., 1963: *The ecology of fishes*. Academic Press, London and New York, 352 pp.

- OLIVA O., 1952: O druhové příslušnosti sivenů z Černého jezera na Šumavě [About species relevance of charrs from Černé Lake in Bohemian Forest]. *Věstník Československé zoologické společnosti, Praha*, 14: 143–149 (in Czech).
- PAPAGEORGIOU N., NEOPHITOU C.N. & VLACHOS C.G., 1983: The age, growth and reproduction of brown trout (*Salmo trutta fario*) in the Aspropotamos stream. *Acta Hydrobiologica*, 25/26: 451–467.
- PETRUŽELOVÁ J., BOJKOVÁ J., SYCHRA J., DE DONNOVÁ S., VRBA J., POLÁŠKOVÁ V., SEIFERT L., ŠORFOVÁ V. & KOPÁČEK J., 2023: Accelerated recovery of lake macroinvertebrates in the third decade since the reversal of acidification. *Science of the Total Environment*, 892: 164553.
- PIECUCH J., LOJKASEK B., LUSK S. & MAREK T., 2007: Spawning migration of brown trout, *Salmo trutta* in the Morávka reservoir. *Folia Zoologica*, 56: 201–212.
- POTTIER G., BEAUMONT W.R., MARCHAND F., LE BAIL P.–Y., AZAM D., RIVES J., VIGOUROUX R. & ROUSSEL J.–M., 2019: Electrofishing in streams of low water conductivity but high biodiversity value: Challenges, limits and perspectives. *Fisheries Management and Ecology*, 27: 52–63.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.
- SIGLER W.F., 1952. Age and growth of the brown trout, *Salmo trutta fario* Linnaeus, in Logan River, Utah. *Transactions of the American Fisheries Society*, 81: 171–178.
- SPRÁVA NP ŠUMAVA, 2022a: *Výroční zpráva 2022 [Annual Report 2022]*. Ms., document of the Šumava NP Administration, Vimperk, 141 pp. Online: <https://www.npsumava.cz/wp-content/uploads/2023/03/vyrocnizprava-2022.pdf> (accessed on 2 January 2024) (in Czech).
- SPRÁVA NP ŠUMAVA, 2022b: *Zásady péče o Národní park Šumava na období 2022–2040 [Principles of care for Šumava National Park for the period 2022–2040]*. Ms., document of the Šumava NP Administration, Vimperk, 134 pp. (in Czech).
- ŠVAMBERA V., 1914: Šumavská jezera IV. Laka [The Bohemian Forest lakes IV. Laka]. *Rozpravy české Akademie císaře Františka Josefa pro vědy, slovesnost a umění*, 23: 1–8 (in Czech).
- TAYLOR M.J. & WHITE K.R., 1992: A Meta-analysis of hooking mortality of nonanadromous trout. *North American Journal of Fisheries Management*, 12: 760–767.
- TRIANO B., KAPPENMAN K.M., MCMAHON T.E., BLANK M., HEIM K.C., PARKER A.E., ZALE A.V., PLATT N. & PLYMESSER K., 2022: Attraction, entrance, and passage efficiency of arctic grayling, trout, and suckers at Denil Fishways in the Big Hole River Basin, Montana. *Transactions of the American Fisheries Society*, 151: 453–473.
- UTZINGER J., PETER C. & PETER A., 1998: Effects of environmental parameters on the distribution of bullhead *Cottus gobio* with particular consideration of the effect of obstructions. *Journal of Applied Ecology*, 35: 882–892.
- VESELÝ J., 1994: Investigation of the nature of the Šumava lakes: a review. *Časopis Národního Muzea, Praha, Řada Přírodovědná*, 163: 103–120.
- VRBA J., KOPÁČEK J. & FOTT J., 2000: Long-term limnological research of the Bohemian Forest lakes and their recent status. *Silva Gabreta*, 4: 7–28.
- VRBA J., KOPÁČEK J., FOTT J., KOHOUT L., NEDBALOVÁ L., PRAŽÁKOVÁ M., SOLDÁN T. & SCHAMBURG J., 2003: Long-term studies (1871–2000) on acidification and recovery of lakes in the Bohemian Forest (central Europe). *Science of the Total Environment*, 310: 73–85.
- Vyhláška č. 197/2004 Sb. k provedení zákona č. 99/2004 Sb., o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské stráží, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů [Law announcement No. 197/2004. on the implementation of Act No 99/2004 Coll., on fisheries, the execution of fishing rights, fisheries guards, the protection of marine fishery resources and the amendment of certain acts]. Ministry of Agriculture of the Czech Republic, Collection of Laws of the Czech Republic. Online <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-197> (accessed on 2 January 2024) (in Czech).
- ZIPPIN C., 1956: An evaluation of the removal method of estimating animal populations. *Biometrics*, 12: 163–189.

Received: 23 January 2024
Accepted: 23 February 2024

Příloha 1. Přehled vysazování a úlovků jednotlivých druhů ryb (N – nasazeno, U – uloveno) v rybářských revírech nejbližších sledovaným potokům v období 2017–2022.

Appendix 1. Summary of stocked and caught fish specimens (S – stocked, C – caught) in the nearest angler districts to the studied streams in 2017–2022.

Rybářský revír (jezero) / Angler district (lake)		Rok / Year					
Druh / Species		2017	2018	2019	2020	2021	2022
Úhlava 10 (Černé jezero)							
Pstruh potoční / Brown trout (<i>Salmo trutta</i>)	N / S	500	500	500	500	600	1 000
	U / C	5	3	6	10	23	2
Pstruh duhový / Rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	N / S	280	24	50	0	0	125
	U / C	115	7	18	1	7	72
Siven americký / Brook trout (<i>Salvelinus fontinalis</i>)	N / S	0	0	150	60	0	0
	U / C	5	4	46	18	0	21
Lipan podhorní / Grayling (<i>Thymallus thymallus</i>)	U / C	0	0	0	0	0	1
Kapr obecný / Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>)	U / C	0	0	0	0	2	0
Řezenský potok 1 (Čertovo jezero)							
Pstruh potoční / Brown trout (<i>Salmo trutta</i>)	N / S	1 000	1 000	1 000	1 000	1 100	1 800
	U / C	25	24	17	18	19	12
Pstruh duhový / Rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	U / C	1	0	0	4	2	1
Siven americký / Brook trout (<i>Salvelinus fontinalis</i>)	U / C	3	0	0	0	1	1
Lipan podhorní / Grayling (<i>Thymallus thymallus</i>)	U / C	0	0	0	0	1	0
Křemelná (Prášílské jezero)							
Pstruh potoční / Brown trout (<i>Salmo trutta</i>)	N / S	20 000	15 000	15 000	10 000	10 000	0
	U / C	1 339	1 057	1 605	–	–	–
Lipan podhorní / Grayling (<i>Thymallus thymallus</i>)	N / S	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	0
	U / C	80	46	80	–	–	–
Mník jednovoušý / Burbot (<i>Lota lota</i>)	N / S	500	1 500	2 000	2 000	1 000	0
Sřevle potoční / Eurasian minnow (<i>Phoxinus phoxinus</i>)	N / S	300	300	300	300	300	0

Příloha 1. Pokračování / Appendix 1. Continued

Rybářský revír (jezero) / Angler district (lake)		Rok / Year					
		2017	2018	2019	2020	2021	2022
Druh / Species							
Vltava 33 (Plešné jezero)							
Pstruh potoční / Brown trout (<i>Salmo trutta</i>)	N / S	2 200	3 150	3 299	3 110	3 500	2 200
	U / C	1	1	2	2	0	4
Pstruh duhový / Rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	U / C	1	2	2	0	5	0
Lipán podhorní / Grayling (<i>Thymallus thymallus</i>)	N / S	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	4 000
	U / C	0	2	1	3	0	5
Mník jednovoušý / Burbot (<i>Lota lota</i>)	N / S	2 175	1 500	1 000	1 000	1 000	101 000
	U / C	0	1	0	0	0	0
Kapr obecný / Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>)	N / S	300	3 200	260	370	0	250
	U / C	386	333	333	510	299	262
Lín obecný / Tench (<i>Tinca tinca</i>)	N / S	700	0	0	0	0	2 200
	U / C	13	3	8	8	14	19
Cejn velký / Bream (<i>Abramis brama</i>)	U / C	66	26	48	80	46	45
Jelec tloušť / Chub (<i>Squalius cephalus</i>)	U / C	26	2	1	3	2	3
Bolen dravý / Asp (<i>Leuciscuss aspius</i>)	U / C	2	3	9	20	42	22
Amur bílý / Grass carp (<i>Ctenopharyngodon idella</i>)	U / C	0	0	0	3	6	4
Karas / Carp (<i>Carassius sp.</i>)	U / C	2	17	1	31	6	40
Štika obecná / Northern pike (<i>Esox lucius</i>)	U / C	225	338	226	122	101	99
Candát obecný / Pike-perch (<i>Sander lucioperca</i>)	U / C	39	140	152	115	92	36
Okoun říční / European perch (<i>Perca fluviatilis</i>)	U / C	50	177	211	187	95	107
Sumec velký / Wels catfish (<i>Silurus glanis</i>)	U / C	1	2	9	5	10	3
Úhoř říční / European eel (<i>Anguilla anguilla</i>)	U / C	2	1	10	5	3	7
Ostatní / Others	U / C	430	1 070	1 530	1 727	1 857	1 433