



18



19

dobře posoudit jejich vztah k těžbě. Celkový počet je určitě mnohem vyšší než 1 000.

Po skončení těžby mohou být nádrže využívány k různým účelům. Velké vodní plochy jsou atraktivní pro vodní ptactvo, k rekreaci i rekreačnímu rybolovu. Některé pískovny mohou být i zdrojem pitné vody. Hluboké průzračné nádrže v bývalých kamenolomech mají v oblíbenosti potápěči. Výskyt ohrožených organismů je často důvodem pro vyhlášení maloplošných chráněných území. Více než dosud by nádrže mohly být využívány jako zdroj požární vody. I ty velmi drobné poskytují cenný biotop vodním a mokřadním organismům.

Nezanedbatelným přínosem jsou výsledky monitoringu tří řízeně zatopených jam po těžbě uhlí – jezer Milada, Most a Medard. S rostoucím objemem a průměrnou hloubkou se měnily jejich vlastnosti. Zejména u Medardu se vyvíjela zajímavým způsobem hustota vody v určitém období až se třemi chemoklinami. Chemoklina je výrazná změna hustoty vody ve vertikálním profilu zabraňující promíchání vrstev vody, které odděluje. Vzniká rychlým přítokem vody s nízkou hustotou do nádrže s hustší mineralizovanou důlní vodou. Jezera leží na trase tahu vodních ptáků a to nese potenciál výskytu nových nebo ojedí-

nělých druhů pro ČR, což se již prokázalo – jde např. o vířníka *Synchaeta verrucosa* a pravděpodobně i krátkodobě silně populace sinice *Planktothrix rubescens*, obojí zřejmě původem z alpských jezer.

Těžba je spojena s představou devastace krajiny. Dotýká se řádově jen 1 % území republiky. Do dnešní eutrofizované kulturní krajiny však vnáší novou dynamiku, přetrvávající dlouho po skončení těžby. Vytváří podmínky pro mnoho organismů, jež z krajiny mizí. Podíl biodiverzity vázaný na těžební území je nepoměrně větší než podíl těchto území. To platí i pro vodní plochy, které by bez těžby surovin nevznikly.

Jiří Peterka a kolektiv autorů

## Ryby důlních jezer – zďary, nezďary a budoucí hrozby

Před dvěma lety jsme se v Živě věnovali problematice hydrických rekultivací zbytkových důlních jam po těžbě hnědého uhlí z pohledu možností realizací rybích společenstev typologicky nejlépe odpovídajících těmto ekosystémům (2020, 5: 261–264). Nyní bychom se rádi zaměřili na to, jak se realizace daří a jaké jsou nejvýznamnější hrozby pro udržení vytvořených rybích obsádek. Jak už jsme zmínili v předchozím příspěvku, vytvoření nového jezera v důlním prostoru představuje ve své podstatě rozsáhlý ekologický experiment, který je nejen zajímavý z pohledu čistě odborného (odhalování vlivů abiotických a biotických faktorů na formování společenstev organismů), ale zároveň velmi důležitý z pohledu budoucího využití veřejností. Výsledná kvalita vody, na které se významně podílejí právě složení rybiho společenstva a celková početnost rybi obsádky, je totiž ukazatelem předurčujícím vzniklá jezera k bezproblémovému a plnohodnotnému využití veřejností.

V České republice byly zatím rekultivovány řízeným zaplavením tři velké důlní jámy a vznikla tak tři důlní jezera. Několik dalších je postupně připravováno a plánováno. Nejmenší rozlohu a hloubku má důlní jezero Milada (250 ha, maximální hloubka 25 m), nejhlubší je Most (309 ha,

hloubka až 75 m) a největší rozlohy dosahuje Medard (493 ha, hloubka až 55 m). V každém z nich byl realizován nebo učiněn pokus o vznik jiného typu rybiho společenstva, a je tak možné srovnávat výsledky jednotlivých postupů. Rekreační aktivity veřejností probíhají na jezerech



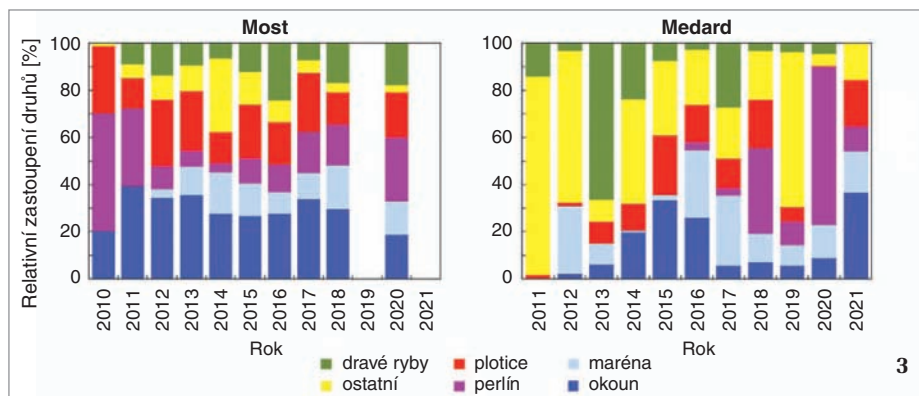
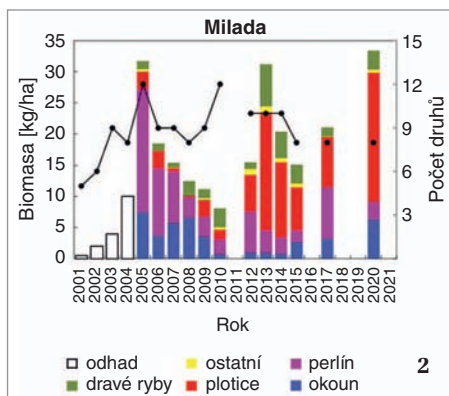
1

1 Sumec velký (*Silurus glanis*) odpočívající v zatopené suchozemské vegetaci silně porostlé slávičkou mnohotvárnou (*Dreissena polymorpha*)

aktuálně buď plně (Milada, Most), nebo částečně (Medard, viz dále v textu), a z pohledu rybích společenstev se již projevují i první negativní důsledky.

Zatápění jezera Milada, zbytkové jámy povrchového dolu Chabařovice ležícího mezi Ústím nad Labem a Teplicemi, probíhalo od r. 2001 a konečné rozlohy bylo dosaženo v r. 2010. Jde tedy o nejdéle fungující nově vzniklé důlní jezero a budeme mu věnovat největší pozornost. Obsádka byla navržena s ohledem na jeho typologické zařazení – mezo- až oligotrofní (se střední až nízkou úživností), relativně mělké, tedy štikovo-okounové – a jako u obou dalších důlních jezer byla





formována s cílem dosáhnout nízké biomasy ryb (do 30–50 kg/ha; Kubečka a kol. 2006). Vývoj rybiho společenstva probíhal v Miladě poměrně rychle, čemuž zjevně napomohlo napouštění vodou z rybníční soustavy nad jezerem. Zatímco v r. 2002, rok po začátku napouštění, byl v jezeře zjištěn výskyt pěti druhů ryb, v r. 2005 dosahoval počet již více než dvojnásobku a v r. 2010, po napouštění jezera na konečnou kótu hladiny, šlo o 11 rybních druhů a jednoho křížence – blíže neurčeného hybrida kaprovitých ryb (Peterka a kol. 2011). Celkově byl v historii sledování jezera zaznamenán standardizovanými odlovy tenatovými sítěmi výskyt 13 druhů ryb a jednoho křížence. V posledních letech se ale počet druhů ryb v jezeře ustálil na 8 (Peterka 2021; obr. 2).

Od počátku napouštění byl zdejší nejvýznamnější druhem okoun říční (*Perca fluviatilis*, obr. 7), tvořící v prvních letech až 70 % úlovků v příběžném pásu, a rybní společenstvo neslo jasné rysy okounové fáze vývoje. Tato fáze se vyznačuje neharmonickým věkovým složením společenstva, v němž dominuje jeden nebo několik málo ročníků okouna, které jsou rybožravé a prostřednictvím predace výrazně omezují rozvoj dalších ročníků nejen okouna, ale i ostatních druhů ryb. Když silné ročníky zestárnou, přestanou být schopné kontrolovat mladší ryby a obvykle nastoupí další silný ročník (či několik ročníků), který po následující přibližně půldekádu ovlivňuje dění v jezeře. Periodický vznik silných ročníků vystřídáný mnoha lety slabého populačního doplnku se označuje jako cyklování populace okouna (Kubečka 1993). Nástup nového cyklu však často představuje kritické období možného zvratu okounové obsádky v nežádoucí obsádku kaprovitých ryb.

Nebezpečí takového zvratu začalo být v jezeře Milada zřejmě již v r. 2003 a zcela se potvrdilo v r. 2005 (Kubečka a kol. 2006), kdy byl zaznamenán výrazný nárůst populací kaprovitých ryb, především perlina ostrobřichého (*Scardinius erythrophthalmus*) a plotice obecné (*Rutilus rutilus*). Zvláště pak plotice, jakožto poměrně oportunní (ve svých nárocích značně plastický) druh se sklony k populačním explozím a v juvenilních stadiích s nežádoucím tlakem na filtrující zooplankton, představovala hrozbu eutrofizace jezera (o vztazích dravých a planktonožravých ryb, fyto- a zooplanktonu a vlivu na úživnost a čistotu vody blíže v Živě 2022, 3: 129–132 a LXXVII–LXXX). Protože současně bylo potvrzeno, že hlavní rybní populace včetně okouna jsou přestálé (s velkým podílem

2 Vývoj počtu druhů (spojnicový graf) a biomasy (sloupcový graf) ryb starších než tohoročních v jezeře Milada za období let 2001–21. Orig. J. Peterka

3 Vývoj relativního zastoupení jednotlivých druhů ryb starších než tohoročních v jezerech Most (2010–21) a Medard (2011–21). Jezero Medard je z dosud realizovaných důlních jezer jediné, kde byl od r. 2018 umožněn rekreační rybolov. Orig. J. Peterka

4 Vysazování síha marény (*Coregonus maraena*) ve stadiu podzimní násady do jezera Most. Foto L. Vejřík

5 Zpracování úlovku na jezeře Medard. Každá ryba je změřena, zvážena a zařazena do druhu. U daného množství jedinců se zjišťuje pohlaví, analyzují se vzorky potravy a berou se šupiny na určení stáří.

6 Někteří jedinci sumce velkého vysazení do jezera Most byli albinotičtí a úlovky tohoročních albinů potvrzují, že se mutace předává i na další generace.



senescentních jedinců), hrozilo, že kolaps populace nastane v nejbližších letech. Při propadu dominantního ročníku okouna se často stane, že místo opětovného vzniku silného ročníku okouna nastoupí silné ročníky kaprovitých ryb, které zejména přes potravní kompetici zbrzdí či znemožní vznik dalšího silného ročníku okouna, a rybní obsádka poměrně rychle přejde do kaprovité fáze (Seďa a Kubečka 1997). Ta je charakterizována obecně mnohem větší početností, velkou stabilitou a je z hlediska dopadů na kvalitu vody podstatně méně žádoucí. Dochází v ní k realizaci toků živin převážně pelagickým potravním řetězcem s následným zhoršením průhlednosti vody vegetačním zákalem, a tudíž i zhoršením jejich estetických a hygienických vlastností.





7 Samice okouna říčního (*Perca fluviatilis*) zachycená během nočních hodin těsně před odložením jiker



8 Bohaté litorální porosty s početnými hejny okouna říčního

9 Lín obecný (*Tinca tinca*) proplouvající litorální vegetací jezera Milada. Ačkoli v jiných stojatých vodách jsou líni dnes již vzácností, v důlních jezerech se jim díky přítomnosti bohatých porostů makrovegetace dobře daří.

10 Štika obecná (*Esox lucius*) je predátor s typicky denní aktivitou, vázaný na bohatě strukturovaná příbřežní stanoviště, kde v klidu číhá na svou kořist.

Foto M. Holubová

Aby se zamezilo nastíněnému negativnímu vývoji rybní obsádky, bylo stěžejní urychleně zbrzdit populační expanzi kaprovitých ryb a nastolit v jezeře poměry, které umožní, že budou populace nežádoucích druhů omežovány přirozenými vnitřními mechanismy v rámci rybního společenstva. Toho lze dosáhnout predátním tlakem po posílení populace výhradně dravých druhů ryb – štiky obecné (*Esox lucius*, obr. 10), sumce velkého (*Silurus glanis*, obr. 1 a 6) a candáta obecného (*Sander lucioperca*). I když byli tyto predátoři v jezeře Milada vysazováni od počátku napouštění (Vlasák a kol. 2005), teprve v průběhu let 2005–07 byla násada natolik silná (množstvím i velikostním složením), že měla okamžitý dopad ve formě zpomalení rozvoje populací kaprovitých ryb (Kubečka a kol. 2006). Podpora výhradně dravých druhů ryb tedy na jezeře Milada vsadila zejména na tři druhy – štiky, sumce a candáta. Důraz kladený na candáta ale nebyl takový jako v případě štiky a sumce hlavně proto, že candát je typicky druhem eutrofních vod a jeho prosperitu v mezo-

trofních a postupem času až oligotrofních vodách jezera Milada bylo nutné nejprve ověřit. Výsledky potvrdily, že populační doplněk candáta je značně variabilní a celková prosperita jeho populace ze všech tří vysazovaných druhů ryb nejnižší.

Obecnou snahou této podpory bylo přesunout hlavní predátní úlohu z cyklující populace okouna na necyklující populace výhradně dravých druhů ryb a zajistit přirozený vnitřní mechanismus omezování rozvoje nežádoucích planktonožravých kaprovitých ryb. Skloubení komplexních průzkumů a vysazování doporučených dravých druhů mělo prakticky okamžitě pozitivní vliv na kvantitativní ukazatele rybního společenstva. Zatímco do r. 2005 úlohy na jednotku vynaloženého úsilí stoupaly, od r. 2006 začaly uspokojivě klesat, a to jak v bentickém, tak pelagickém prostředí, až se nakonec v r. 2010 celková biomasa ryb jezera snížila pod 10 kg/ha (Peterka a kol. 2011). Vysazování generačních ryb výhradně dravých druhů navíc zajistilo jejich rychlý vstup do reprodukce. Rozmnožování štiky a candáta bylo potvrzeno již v r. 2007 a následně v každém dalším roce. U sumce bylo kvůli pozdějšímu pohlavnímu dospívání a velmi skrytému způsobu života jeho plůdku s jistotou potvrzeno až v r. 2010. Od r. 2008 ale nebylo po úspěšné reprodukci již nutné tyto dravé druhy vysazovat.

Velmi zdařilé etablování populací dravců v jezeře Milada (společně s cyklem populace okouna) a postupný nárůst jejich podílu v biomase ryb až téměř ke 40 % v r. 2010 výrazně ovlivnily kvalitativní složení rybní obsádky. Podle předpokladu započal v průběhu r. 2007 kolaps přestárých populací všech tří nejpčetnějších druhů – perlína, plotice, a zejména okouna – a v průběhu následujících tří let se

ukázalo, že zatímco nástup nových ročníků kaprovitých ryb, zvláště plotice, byl poměrně harmonický, nástup nového dominantního ročníku okouna se podle očekávání zbrzdil. V té době se ale již naplno projevila důležitost silných populací výhradně dravých ryb, které dobrou reprodukci a predací především nultého a prvního ročníku kaprovitých brzdily prudký rozvoj jejich biomasy. Systém se tedy dařilo dobře kontrolovat „shora“ (Mehner a kol. 2004; Živa 2022, 3) a celková biomasa ryb v jezeře během 20 let jeho existence cykluje v žádaném rozmezí 10–35 kg/ha.

### Obsádky síhového typu

Zatopení zbylých dvou důlních jezer, zbytkové jámy povrchového dolu Ležáky-Most ležícího u Mostu a povrchového dolu Medard-Libík u Sokolova, probíhalo shodně od r. 2008, konečné rozlohy bylo u jezera Most dosaženo v r. 2014 a u jezera Medard v důsledku téměř dvojnásobného objemu až v r. 2016. V obou případech byla s ohledem na typologické zařazení jezer (oligotrofní a hluboká) a na předpoklad výskytu dobrých kyslíkových podmínek i v hlubokých vrstvách vody (na rozdíl od mělkého jezera Milada, kde přes vegetační sezonu panuje v nepromíchávané vrstvě u dna hypo- až anoxie) navržena obsádka síhového typu. Ta je typická pro polská, rakouská a německá jezera obdobné morfologie.

Jezero Most se vzhledem k absenci přirozeného přítoku (bylo napouštěno potrubičním přivaděčem čerpajícím vodu z řeky Ohře pod nádrží Nechranice s podmínkami znemožňujícími migraci ryb) jeví jako zcela ideální pro použití síhovo-pstruhové obsádky. Jde o jeden z podtypů síhového společenstva, u něhož je kombinace s výhradně dravými druhy nežádoucí. Násada síha marény (*Coregonus maraena*) společně



se pstruhy (*Salmo sp.*) však nebyla správcem jezera pro vyšší finanční náročnost vybrána a byl vysazen podtyp síhovo-dravcové obsádky. V letech 2011–13 tak byla do jezera vždy na podzim vypuštěna tohoroční násada síha marény a starší jedinci štiky a sumce. Výběr odrostlé násady marény (obr. 4) a starších jedinců dravců byl zvolen proto, že zde proběhl (paradoxně zcela proti předpokladu) extrémně rychlý vývoj rybích populací, který ale nebyl způsoben zavlečením ryb vodou napouštěnou potrubím. Důvodem byla enormní reprodukční úspěšnost ryb, které se do jezera dostaly po zaplavení satelitních již existujících zarybněných jezírek (s rybami neznámého původu) v zátopě důlní jámy, a vysoká míra přežívání plůdku i jeho velmi rychlý růst (Peterka a Kubečka 2012). Stoupání hladiny v červenci 2010 zapříčinilo spojení hlavního tělesa jezera s menšími satelitními, zarybněnými ploticí, perlínem a okounem. I když bylo jezero Most až do této doby a rozlohy přibližně 150 ha zcela bez ryb (opravdu unikátní stav pro tak velkou plochu), druhá polovina r. 2010 znamenala naprostou populační explozi. Podmínky rozlehlého jezera s bohatou potravní základnou v podobě litorálních druhů bezobratlých a pelagického zooplanktonu a minimální úrovní kompetice a predace byly ideální pro doslova exponenciální růst rybiho společenstva, které se tak ke konci r. 2012 vyšplhalo v celkové biomase na téměř 90 kg/ha. Intenzivní vysazování kompetičně zdatných stadií marény a reprodukčně připravených štik a sumců vedlo k rychlému ustálení populací těchto druhů s požadovanými dopady na zbrzdění nárůstu relativního zastoupení nežádoucích kaprovitých ryb (plotice a perlína) a snížení biomasy ryb v jezeře. Ta se v cyklech podobných jako v jezeře Milada následně pohybuje v příznivém rozmezí 10–60 kg/ha. Obdobně jako Milada prošlo i jezero Most zřetelnou okounovou fází, ale zde si okoun stále držel relativní zastoupení kolem 30 % biomasy a byl stabilně nejvýznamnějším druhem.

Vývoj rybiho společenstva jezera Medard se dosti lišil, a to v kvantitativních i kvalitativních parametrech (obr. 3). V r. 2011, čtyři roky po začátku napouštění, byla biomasa ryb stále jen necelých 6 kg/ha (Kubečka a kol. 2012). Maxima, mírně přes 35 kg/ha, dosáhlo množství ryb až v r. 2017, tedy rok po konečném napuštění jezera, a následně opět rychle kleslo k současným přibližně 5 kg/ha. Celková biomasa společenstva je tedy v jezeře Medard nejnižší ze všech tří důlních jezer. Jde zjevně o důsledek značně oligotrofních podmínek, ale pozvolný vývoj byl ovlivněn i specifickým způsobem napouštění. Probíhalo výhradně v zimě a následně došlo k rychlému spotřebování živin přiteklych s vodou na začátku vegetační sezony, takže byly v jejím dalším průběhu nedostupné. Počet zjištěných druhů ryb byl na druhé straně díky přímému napouštění z řeky Ohře již v r. 2011 prakticky stejný jako v jezeře Most během období s nejvyšší biomasou ryb (7 versus 8, Kubečka a kol. 2012), dále rostl až na celkových 14 druhů a jednoho křížence v r. 2016 (Hejzlar a kol. 2017), aby se v posledních letech ustálil na 10 druhů a jednom kříženci. Za historii sledování



11 Zranění spodní čelisti štiky obecné způsobené nešetrným ulovením na udici. Snímky J. Peterky, není-li uvedeno jinak

jezera Medard byl standardizovanými odlovy tenatovými sítěmi zaznamenán výskyt 17 druhů ryb a jednoho křížence (Peterka a kol. 2021), tedy naopak nejvyšší počet ze všech tří důlních jezer. Proniknutí širokého spektra druhů z Ohře mělo při nízké úživnosti za následek poměrně neharmonický meziroční vývoj relativního zastoupení druhů, byť se většina typicky říčních ryb uplatnila jen nárazově.

Zásadní skutečností pro volbu podtypu síhové obsádky pak bylo u jezera Medard zjištění, že bylo již v r. 2011, pravděpodobně kvůli nežádoucím vysazením, zarybněno štikou. Tím se zcela změnil plán na vytvoření síhovo-pstruhového systému, který byl u jezera Medard podporován správcem jezera. Tohoroční a jednoletí jedinci štiky živící se částečně kanibalsky, ale zejména dravě velkými larvami vodního hmyzu, představují kritický faktor znemožňující prosperitu populace pstruha, což bylo ověřeno jednorázovým vysazením násady pstruha obecného (*S. trutta*). Proto bylo od záměru realizace síhovo-pstruhového systému upuštěno a využil se síhovo-dravcový systém, pročež byly do jezera v letech 2011–14 vysazovány rozplavané larvy síha marény. Ustálení tohoto společenstva proběhlo úspěšně přes drobné obtíže, o kterých se pro jejich biologickou zajímavost detailněji rozebereme někdy příště.

#### Závěrem

Ačkoli se dá celkově říci, že se v hydricky reaktivovaných jámách po těžbě hnědého uhlí daří bez větších komplikací etablovat vybraná rybi společenstva, je též zřejmé, že vývoj proběhl v každém ze sledovaných jezer zcela specificky. Bez každoročního průzkumu stavu a odhadu směru vývoje by nebylo možné na tato specifika adekvátně reagovat a společenstva vést žádoucím směrem. Komplexní průzkumy stavu rybiho společenstev se tak v prvních letech vysazování vybraných obsádek jeví jako nejdůležitější podmínka vytvoření typologicky korektního osazení s pozitivními dopady na udržení vysoké kvality vody v systémech důlních jezer. Aktuální

sledování stavu pak jednoznačně ukazuje i nejvýznamnější hrozbu udržení vysokého podílu dravých druhů ryb.

Provedené simulace negativních dopadů rekreačního rybolovu včetně odhadu rychlosti změn početnosti populací dravých druhů na jezerech Milada a Most (Vejrík a kol. 2016a, b), vycházející z experimentů založených na šňůrových odlovcích sumce, ukázaly, že případná návštěvnost i jen relativně malého počtu rybářů (10–20) zaměřených na lov tohoto druhu dokáže během jediné sezony citelně zredukovat stav jeho populace. Obdobný dopad lze předpokládat i na ostatní populace dravců včetně okouna, který jakožto druh bez lovné míry a bez omezení počtu ponechaných jedinců (pokud by nebylo upraveno bližšími podmínkami rybářského práva) by byl postižen pravděpodobně nejdříve a nejcitelněji. Průzkum početnosti populace štiky provedený v letošním roce na jezeře Most, tedy pouhý rok a půl po zpřístupnění jezera veřejnosti, odhalil na mnoha jedincích šrámy na těle po podseknutí a poškození čelistí po záseku. Přitom na jezeře Most není rekreační rybolov zatím umožněn a jde tak o dopady pytláckého tlaku, které se ale v případě štiky silně vázané na litorál už nyní jeví významné. Jezero Medard je zatím jediné, kde správce umožnil rekreační rybolov (od r. 2018). Relativní zastoupení výhradně dravých druhů ryb se od té doby drží na nízké úrovni a v r. 2021 nebyla přítomnost štiky, sumce ani candáta komplexním průzkumem zaznamenána vůbec. To sice neznamená, že z jezera zmizeli, ale nepřímoto dobře dokládá negativní dopad rybářských aktivit na populace dravých druhů. Paradoxní je pak situace, kdy jsme sice správcem jezera najímání na průzkum rybiho společenstva a vytvoření doporučení pro rybářský management, ale úlovkové statistiky nám ani přes opakované žádosti nejsou zpřístupněny a dopady rekreačního rybolovu tak můžeme odhadovat pouze nepřímoto.

I přes obtíže, kterým budou obsádky s výrazným zastoupením dravých ryb nespíš v blízké budoucnosti čelit (tlak na jejich rybářské využití), věříme, že se udrží co nejdéle a budou fungovat jako pojistky udržení vysoké kvality vody v důlních jezerech.

**Kolektiv spoluautorů: Martin Čech, Vladislav Draštík, Tomáš Jůza, Zuzana Sajdllová, Petr Blabolil, Lukáš Vejrík, Ivana Vejríková, Michaela Holubová, Luboš Kočvara, Tomáš Kolařík, Zdeněk Prachař, Milan Říha, Jaroslava Frouzová, Milan Muška, Kateřina Soukalová, Marie Prchalová, Marek Šmejkal, Mojmír Vašek, Michal Tušer a Jan Kubečka**

*Výzkum byl podpořen Akademií věd České republiky v rámci programu Strategie AV21 (VP21 – Záchrana a obnova krajiny) a projektem Biomanipulace jako nástroj zlepšení kvality vody nádrží (CZ.02.1.01/0.0/0.0/16\_025/0007417), financovaným z EFRR/ESF prostřednictvím Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy.*

Použitá literatura a doplňující tabulka zjištěných druhů ryb jsou uvedeny na webové stránce Živý.