

Ryby v rekultivovaných důlních jámách – udržení kvality vody a socioekonomický rozvoj

Povrchová velkoplošná těžba hnědého uhlí znamená významný zásah do přírodního prostředí. Těžební činností zasazené šrámy do tváře krajiny, které vznikly přesuny obrovských mas hornin s následnou faktickou devastací dotčených území, je třeba po ukončení těžby napravit a krajině vrátit její ekologickou, ale též ekonomickou a estetickou hodnotu. Zatímco na úložištích vytěžených hornin se náprava řeší formou technických nebo zemědělských rekultivací (a probíhá debata o možnostech ponechání některých ploch přírodní nebo usměrněné sukcesi), jako přírodě blízký a ekonomicky přijatelný způsob rekultivací zbytkových jam se využívá hydrická varianta. Při této variantě vznikají řízeným zatopením vytěžených jam rozsáhlé a hluboké vodní útvary – důlní jezera. V České republice je plánován vznik 8 důlních jezer, z nichž jsou tři již hotová (Milada, Most a Medard), s rozlohou stovek až více než tisíce hektarů, o objemech desítek milionů krychlových metrů vody. V blízké době tak v severních a severozápadních Čechách vzniknou jedinečná vodní tělesa, charakteristikou bližší přirozeným jezerům, která u nás skoro nemáme (např. ledovcová na Šumavě), spíše než v našich podmínkách poměrně hojným kaňonovitým údolním nádržím vybudovaným na řekách.

Vytvoření nového jezera v bývalém důlním prostoru představuje rozsáhlý ekologický experiment, v jehož průběhu může dojít k projevům řady specifických faktorů s negativními dopady na jednotlivé organismy, trofické úrovně a celé potravní řetězce, a nakonec i výslednou kvalitou vody. Právě kvalita vody je tím nejdůležitějším ukazatelem vypovídajícím o zdárném průběhu rekultivačních činností a předurčujícím jezero k jeho budoucímu bezproblémovému využití. K zásadním faktorům podílejícím se na formování jezera patří

jeho úživnost, daná rozlohou povodí a typem krajiny, a morfologie (rozloha a hloubka nádrže), primárně ovlivňující konečnou kvalitu vody (Hejzlar 2006).

Kompetiční vztahy a dynamická povaha potravních řetězců vedou obecně k samovolné organizaci společenstev organismů směrem k optimálnímu využívání živin a energie, přičemž ve vodních ekosystémech rozlišujeme stabilní stavy principiálně dvou krajních typů – s vodou čistou, nebo naopak zakalenou. V obou případech hraje velmi důležitou úlohu nejvyšší trofická

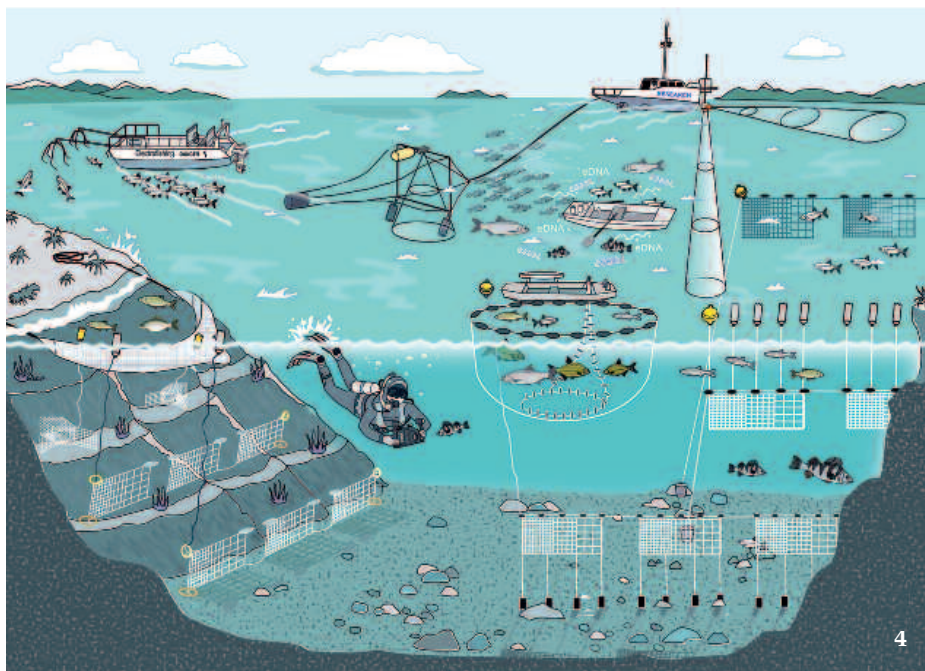
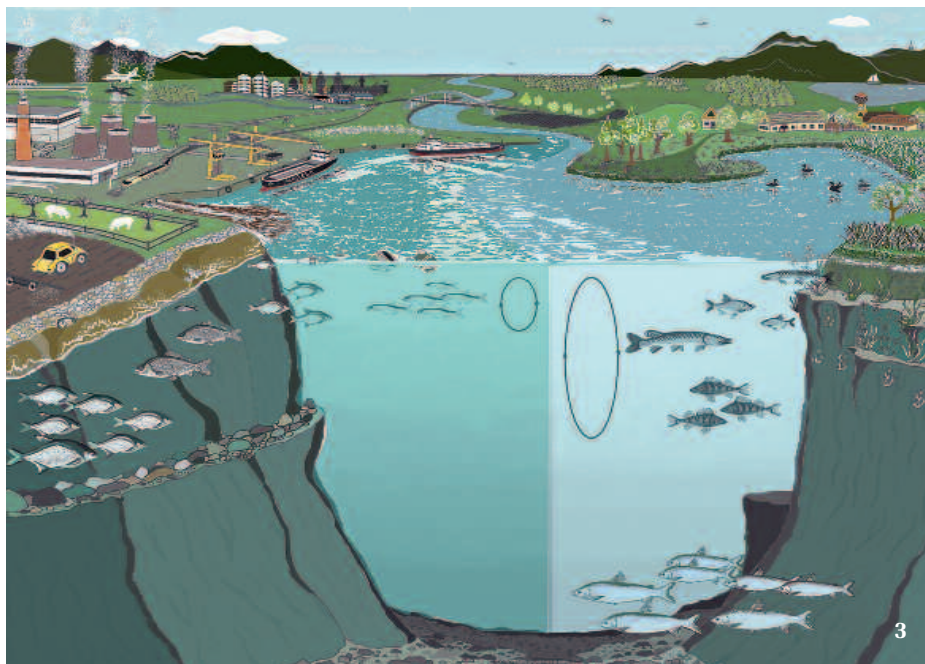
úroveň – rybí společenstvo. Predace rybami je primární strukturující silou ve vodních ekosystémech (tzv. kontrola shora) a změny v interakcích predátor–kořist mohou kaskádovým efektem ovlivnit jednotlivé úrovně potravního řetězce, což může vyústit i v posun ekosystému z jednoho stavu do druhého. Vliv rybí obsádky se mění především v závislosti na druhovém složení a početnosti rybího společenstva, které je zpětně opět určeno zejména úživností (nízkou, střední až vysokou – oligo-, mezo- až eutrofní) a morfologií jezera (mělké versus hluboké). Aby tedy z důlních jezer byly perly na náhrdelníku naší krajiny, je žádoucí vývoj rybích společenstev řídit požadovaným směrem, za maximálního využití přirozených přírodních procesů.

Pro vodní ekosystémy plánovaných rozměrů stovek hektarů a milionů krychlových metrů je rybí společenstvo naprosto nedílnou součástí a jeho vytvoření, ať již přirozenou cestou, nebo za přispění člověka, nelze zabránit. Z hlediska kvality vody ale ryby mohou mít různý, dokonce zcela protichůdný vliv – svým působením mohou zpomalovat, nebo naopak urychlovat přirozený proces eutrofizace (Hrbáček 1981, Mehner a kol. 2004). Negativní vliv spočívá v tlaku planktonofágních ryb na filtrující zooplankton (zejména perloočky rodu *Daphnia*), v jehož důsledku dochází k nárůstu početnosti fytoplanktonu (řas a sinic) a tento nárůst se projevuje silným vegetačním zákalem vody, a tedy výrazným poklesem průhlednosti. Pozitivní vliv rybí obsádky je na druhé straně dán tlakem piscivorních (rybožravých) ryb

1 Příbřežní zóna jezera Milada, vytvořeného v těžební jámě hnědouhelného dolu Chabařovice, je bohatě zarostlá emerzní makrovegetací (koření ve dně, ale nadzemní části vyrůstají nad hladinu).

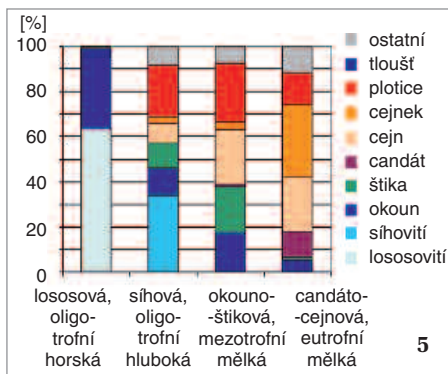
2 Charakteristická šroubovice jikerného pásu okouna říčního (*Perca fluviatilis*) zavěšená na zatopené vegetaci dokazuje úspěšné tření tohoto druhu v podmínkách jezera Most. Jezero vzniklo jako projekt rekultivace v místě bývalého hnědouhelného dolu Ležáky.





na společenstvo ryb planktonofágních (zmíněná kontrola shora), které pak nedeckují filtrující zooplankton. Ten může účinně omezovat společenstvo fytoplanktonu a průhlednost i estetická kvalita vody zůstávají vysoké. Znalost výše zmíněných skutečností ústící v manipulace rybími obsádkami (biomanipulace – zejména podpora piscivorních ryb vysazováním) tak dnes slouží jako běžný nástroj ke zlepšení kvality vod v nádržích a jezerech.

Z hlediska rybí obsádky je zcela zásadní včasná znalost jejího stavu a monitorování vývoje. Případné ovlivnění vývoje rybího společenstva je méně nákladné a snáze proveditelné právě v průběhu napouštění jezera. Zvrácení nepříznivého stavu po vytvoření stabilního systému znamená naproti tomu v tak velkých a objemných útvarech extrémně nákladný či téměř nerealizovatelný zásah. Druhá podmínka – získání reprezentativního odhadu druhového složení a početnosti rybího společenstva – bývá technicky i časově velmi náročná a nákladná záležitost. Aby



nedošlo ke zkreslení odhadu skutečnosti, musíme provést komplexní průzkum – získat reprezentativní vzorek ze všech podstatných stanovišť jezera různými lovnými prostředky (obr. 4) a odhadnout následně celkové složení rybí obsádky váženým způsobem s použitím objemových podílů jednotlivých stanovišť a početnosti nebo biomasy ryb v nich (blíže viz Kubečka a Prchalová 2006).

3 Znárodnění hlavních rozdílů mezi eutrofní přehradní nádrží (vlevo) a oligotrofním důlním jezerem (vpravo). Pro zjednodušení procesů jsou srovnávány rozlohou a hloubkou stejně velká vodní tělesa. Značná rozloha povodí s množstvím sídel a zemědělské činnosti má u přehradních nádrží za následek silné zatížení živinami. Omezená průhlednost vody daná rozvojem fytoplanktonu způsobuje prohřívání a následně rozmíchávání pouze úzké horní vrstvy vody (epilimnetická vrstva, její mocnost většinou maximálně do 5 m oproti i více než 10 m u důlních jezer – viz elipsy na obr.). Pod touto větrem rozmíchávanou vrstvou se stabilní a vysokou teplotou během vegetační sezony se nachází vrstva vysoká většinou 1–3 m (metalimnetická), ve které teplota rychle poklesne, a pod ní již začíná vrstva vody, kde směrem ke dnu klesá teplota sice pomalu, ale k nízkým hodnotám, stejně jako množství kyslíku, přičemž v letních měsících jsou typické stavy dokonce bez kyslíku (anoxické). To má samozřejmě zásadní dopad na rozmístění ryb. V živinami bohatých podmínkách přehradních nádrží převládají kaprovité ryby s preferencí vyšších teplot a následkem absence kyslíku v hlubších vrstvách se naprostá většina ryb vyskytuje pouze v horní epilimnetické vrstvě. Příbřežní partie jsou navíc v důsledku kolísání vodní hladiny většinou značně degradované a i kvůli nízké průhlednosti zpravidla zcela bez vodních makrofyt. Koloběh živin probíhá převážně v pelagickém potravním řetězci. Naproti tomu důlní jezera s relativně malým povodím, a tudíž omezeným přínosem vody s živinami, mají nízkou úživnost a charakteristicky vysokou průhlednost. Proto v nich dochází k bohatému rozvoji ponořené (submerzní) makrovegetace, která váže významné množství živin. Koloběh živin probíhá převážně v litorálním potravním řetězci. Pokud jsou realizovány systémy s chladnomilnými druhy ryb, tedy síhy, jde jejich výskyt typicky až do nejhlubších vrstev, neboť důlní jezera netrpí kyslíkovými deficity.

4 Hodnocení rybího společenstva metodou komplexního průzkumu spočívá v získání vzorků ze všech podstatných habitatů jezera různými lovnými prostředky – základem je vždy sonarový průzkum a odlovy tenatovými sítěmi, doplněné většinou i odlovy sítěmi záťahovými a vlečnými nebo o elektrolovy, a v odhadu složení rybí obsádky váženým způsobem s použitím relativní významnosti jednotlivých stanovišť a relativní početnosti nebo biomasy ryb v těchto stanovištích. Znárodnění široké palety metod (také odlovy košelkovými sítěmi, přímé vizuální pozorování nebo dálkově ovládanými kamerami, analýzy environmentální DNA) používaných skupinou FishEcU na oddělení ekologie ryb a zooplanktonu Hydrobiologického ústavu Biologického centra AV ČR. Orig. Z. Sajdllová (obr. 3 a 4)

5 Typologie středoevropských jezer podle složení biomasy ichtyocenózy. Upraveno s použitím výsledků pracovní skupiny Lake Fish Monitoring Group (Kubečka a Peterka 2009)



6 Jedinec sumce velkého (*Silurus glanis*) odpočívající v zatopeném keři v jezeře Most. Na jednotlivých větvích jsou patrné shluky mlže slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*), v České republice nepůvodního a velmi účinného filtrátora vody.

7 Značně strukturovaná příbřežní zóna jezera Most s bohatými porosty submerzní makrovegetace. V důlních jezerech s vysokou průhledností vody se s makrofyty setkáváme do hloubek i přes 10 m.

8 Průzkumné plavidlo Ota Oliva, pojmenované po jednom z předních evropských ichtyologů a zakladateli moderní české ichtologie (prof. RNDr. O. Oliva, CSc., 1926–1994; blíže o něm také v Živě 2013, 6: CXX–CXXI), používané k hydroakustickým průzkumům rybí obsádky velkých vodních útvarů. V přední části plavidla jsou vidět echolotové vysílače vytažené nad vodní hladinu.

V případě rekultivovaných důlních jam se předpokládá, že hlavní vliv na kvalitu vody bude dán zejména nízkým, resp. jednorázovým přísunem živin během napouštění jezera a dále jeho hloubkou a stratifikací (členěním zón v závislosti na teplotě a okysličenosti). Oligotrofní charakter, a tedy vysoká kvalita vody budou dále udržovány především velmi omezeným přísunem živin (limitace zdola), případně jejich vazbou do sedimentu. Přesto je třeba brát zřetel na vývoj, který v minulosti probíhal a v současnosti pokračuje na mnoha desítkách přehradních nádrží a stovkách zatopených šterkovisek, pískoven a v menších zbytkových jámách po těžbě uhlí. Tyto nádrže mívají bezprostředně po napuštění výbornou kvalitu vody, která se však během několika desítek let v důsledku eutrofizace pronikavě zhorší. V současnosti je závažný především rozvoj sinic – vodního květu, na kterém se vedle nadměrného přísunu živin z povodí pravidelně podílí i zcela nevhodné rybářské hospodaření (Příkrýl 2007).

Oligotrofní jezera a jejich charakteristické rybí obsádky patří v současné době vlivem eutrofizace povrchových vod k jedněm z nejohroženějších biotopů evropské krajiny. V podmínkách ČR aktuálně oligotrofní jezera s vyvinutou rybí obsádkou dokonce chybějí. Nicméně cílem by ne-

mělo být si obsádku takřikajíc vymyslet, ale je třeba řízeným vývojem směřovat k typologicky korektnímu stavu. Podle složení rybího společenstva lze ve střední Evropě (Německo, Rakousko a Polsko) vysledovat tři typy oligotrofních jezer – lososová horská, síhová hluboká a okouno-štiková mělká (obr. 5). V případě rekultivovaných důlních jam pak vzhledem k nízké nadmořské výšce přicházejí v úvahu typy 2 a 3 lišící se v závislosti na hloubce jezer. Rozdíl spočívá hlavně v tom, že v hlubokých jezerech (typ 2) se vyskytuje často taxonomicky blíže nezařaditelný zástupce rodu síh (*Coregonus* sp.), efektivně využívající omezenou nabídku zooplanktonu volné vody, případně bentosu. V mělkých jezerech pak síhové scházejí a společenstvu dominuje zejména okoun říční (*Perca fluviatilis*) a dravci v čele se štikou obecnou (*Esox lucius*; typ 3). Realizace typologicky korektních modelů je účelné se držet především ze čtyř důvodů:

- Jde o obsádky brzdící přirozený proces eutrofizace a umožňující tak dlouhodobé udržení vysoké kvality vody.

- Odpovídají typologii jezer a vyhovují hodnocení ekologického stavu volných



vod, vyžadovanému Rámcovou směrnici vodní politiky Evropské unie, k jejímuž plnění se Česká republika zavázala.

- Jde o rybí společenstva, která z jezer a nádrží nejenom našich, ale i středoevropských, vlivem postupující eutrofizace povrchových vod mizejí a jejich udržení má zcela nedocenitelný význam ekologický a ochranný.

- Z pohledu socioekonomického a z hlediska trvale udržitelného rozvoje regionu jsou velmi perspektivní, a pokud by v budoucnosti došlo k povolení rekreačního rybolovu, budou jistě rybářskou veřejností tyto obsádky kladně hodnocené, neboť typologicky zásadně obohacují naše převážně kaprové vody.

Cílem rekultivace zbytkových důlních jam je vysoká užitná hodnota vzniklého jezera. Předpokládané využití je plánováno víceúčelové s důrazem na sportovní-rekreační aktivity a souvisejícím předpokladem návaznosti socioekonomického růstu regionu.

Jak tedy ideálně postupovat?

Snad s výjimkou jezera Milada lze všechna stávající i teprve plánovaná důlní jezera (rozlehlá, hluboká, oligotrofní) typologicky zařadit mezi jezera síhového typu. Je tudíž účelné usměrňovat vývoj jejich rybích společenstev právě k vytvoření síhovo-dravcových, případně síhovo-pstruhových systémů. Tato koncepce již byla s úspěchem uplatněna při obhospodařování zatopených důlních jam v Německu, odkud lze čerpat zkušenosti (např. Rümmler 2001, 2004). Stěžejním druhem obou systémů by se měl stát u nás sice nepůvodní, ale geograficky blízký (vyskytuje se v Polsku a Německu) a po desetiletí habituovaný, tedy téměř zdomácnělý síh maréna (*Coregonus maraena*). Představuje dominantního zooplanktonofága, který by měl být v systému síhovo-dravcovém doplněn o štika obecnou a sumce velkého (*Silurus glanis*), případně candáta obecného (*Sander lucioperca*), ačkoli ten má v podmínkách hlubokých vodních útvarů většinou značně kolísavé populační výsledky, což lze očekávat i v důlních jezerech. Tito výhradní dravci budou zaujímat roli dominantních predátorů. U druhého typu společenstva, síhovo-pstruhového,



by měl být síh maréna doplněn jezerní formou pstruha obecného (*Salmo trutta*), který bude dominantním predátorem. Tento systém však lze realizovat pouze za situace, kdy bude možné zaručit, že alespoň po dobu několika let nebudou přítomni zástupci výhradních predátorů z prvního typu společenstva, jímž by pstruh jinak posloužil pouze za potravu.

Důležitým kritériem při výběru druhů ryb vhodných pro zarybnění důlních jezer by měla být jejich přirozená reprodukce v prostředí jezera a vytvoření populací schopných samostatného udržení a obnovy, bez nutnosti (či velmi sporadickou nutností) navazujících zásahů (např. dosazování). Zatímco výše jmenované druhy dravců si přirozeně najdou své oblíbené výtěrové substráty a síh maréna nalezne vhodné trdliště na pískových a štěrkových plázech, s nimiž se počítá v případě všech důlních jezer v souvislosti s jejich rekreačně-sportovním využitím, u pstruha bude situace komplikovanější. I to je kromě zaručení omezené migrace jiných druhů důvod, proč síhovo-pstruhové systémy budou náročnější na řízení. Pokud se má pstruh rozmnožovat, bude zapotřebí umožnit (nebo dokonce navýšením podzemních průtoků podpořit) jeho migraci do přítoku. Případně pro tyto účely i přítok přizpůsobit. Tam by pak bylo nejvhodnějším řešením odlovení generačních ryb, provedení umělého výtěru a opětovné zarybnění jezera. Populace pstruhů v jezeře by tak při vhodném managementu fungovala i jako zdroj násady, která je v ČR v současné době nedostatečná, a lze tudíž předpokládat, že právě možnost získání generačního materiálu pstruha obecného by mohla být jednou z hlavních motivací zájemců o rybářské obhospodařování jezera.

Pokud se prokáže dobré prospívání, dá se k síhovi maréně a pstruhovi obecnému v budoucnu vysazovat i pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*). Ten je sice zcela odkázán na umělé vysazování (u nás je nepůvodní, severoamerický), ale z hlediska rekreačního rybaření patří k atraktivním. Vysazování p. duhového a obhospodařování jeho obsádky by se mohlo praktikovat např. po vzoru anglické nádrže Rutland Water (Duras 2006). Tam je tato ryba intenzivně nasazována v množství 2–3 tisíce kusů týdně během vegetační sezony (ročně asi 100 tisíc kusů, ca 80 ks/ha), a to ve velikosti přesahující 40 cm. Na nádrži se praktikuje jezerní muškaření a obhospodařování je prováděno ve smyslu „nasad

a chyt“ (put and take). Návratnost násady je velmi vysoká, kolem 70 % odloví zpět rekreační rybáři, zbytek plní v jezeře svou biomaniplulační funkci (predace nežádoucích druhů ryb, jako jsou zejména tohoroční plotice, perlín, cejni a oukleje).

Významným druhem síhovo-pstruhového a síhovo-dravcového typu jezer bude i okoun říční. Dospělí okouni jsou převážně piscivorní, a jejich přítomnost je proto z ekologického i rybářského pohledu žádoucí. Jak ukazují výsledky z jezer Milada a Most, lze předpokládat, že okoun bude mít dokonce klíčovou úlohu a zásadní vliv na formování druhové skladby rybí obsádky (Peterka a kol. 2008, 2009, 2010). Plní totiž funkci nejdůležitějšího dravce ryb do stáří jednoho roku. Kanibalismem omezuje početnost vlastní populace a predacím tlakem na ostatní druhy, zejména kaprovité ryby, brzdí nástup nežádoucí kaprovité fáze. Oproti výše zmíněným druhům však okouna nebude třeba do společenstev důlních jezer vysazovat, neboť se v nich jako běžný druh našich vod vyskytne s největší pravděpodobností samovolně.

Na tomto místě je vedle druhů vhodných pro důlní jezera třeba zmínit i druh pro ně zcela nevhodný – kapra obecného (*Cyprinus carpio*). Ačkoli lze předpokládat, že by v jezeře nejspíš přežíval (nikoli prospíval), je jeho přítomnost zcela nežádoucí a případným snahám o vysazení do důlních jezer je nutné nekompromisně zabránit! Kapr přímo ohrožuje kvalitu vody v důsledku svého devastujícího vlivu na vodní makrofyta (která budou tvořit významnou komponentu příbřežní zóny důlních jezer a vážou živiny, které jsou jinak příčinou eutrofizace a zhoršení kvality vody), a také kvůli oblíbené rýti v sedimentech.

Závěrem můžeme shrnout, že v obou případech – síhovo-pstruhový nebo síhovo-dravcový systém – budou navržená rybí společenstva s vysokým podílem dravců fungovat v první řadě jako bezpečnostní pojistky zvratu vývoje ekosystému nežádoucím směrem, v druhé řadě budou zásadní z hlediska stabilizace ekosystému a udržení druhové rozmanitosti a v neposlední řadě přispějí k socioekonomickému rozvoji oblastí zasažených důlní činností a k pozitivnímu hodnocení rekultivací veřejností.

Srovnání podtypů jezer síhového typu

● Síhovo-pstruhový systém – realizace předpokládá vysazení síha marény a po jeho aklimatizaci v jezeře dosazení pstru-

9 Zpracování úlovku na jezeře Medard, dřívější lomu Medard-Libík.

Každá ryba je změřena, zvážena, určena do druhu a zjištěno její pohlaví.

U daného množství jedinců se odebírají vzorky potravy a šupin k určení stáří.

10 Kapitální úlovek štiky obecné (*Esox lucius*) chycený pomocí elektrolovné lodě. Jde o predátora s typicky denní aktivitou, vázaného na bohatě strukturovaná příbřežní stanoviště, kde v klidu číhá na svou kořist. Snímky J. Peterky

hem obecným a následně pstruhem duhovým. Vzhledem ke skutečnosti, že oba druhy pstruhů jsou predátory schopnými až do asi 40 cm délky těla potravně využívat nabídku zooplanktonu, bentosu a náletového hmyzu, není jejich vysazení striktně vázáno na přítomnost jiných ryb jako kořisti v jezeře. Výhodou tohoto typu společenstva je ekologicky a socioekonomicky vysoce atraktivní systém splňující typologické zařazení jezera a plně vyhovující hodnocení ve smyslu Rámcové směrnice vodní politiky EU. Značnou nevýhodou je bezpodmínečná nutnost zodpovědného rybářského managementu jezera.

● Síhovo-dravcový systém – stejně jako v předchozím případě realizace počítá s vysazením síha marény a po jeho aklimatizaci s dosazením štiky a sumce, přičemž dravce lze vysazovat až tehdy, pokud se vytvoří dostatečně silná populace potravních ryb. Výhodou je zejména výrazně menší náročnost na zodpovědný rybářský management při splnění typologických předpokladů jezera a vyhovění hodnocení ve smyslu Rámcové směrnice vodní politiky EU. Oproti síhovo-pstruhovému systému ale jde o společenství méně ekologicky a socioekonomicky atraktivní.

Práce byla podpořena Akademií věd ČR v rámci Strategie AV21, Záchrana a obnova krajiny.

Kolektiv spoluautorů: Martin Čech, Vladislav Drašík, Tomáš Jůza, Zuzana Sajdlová, Petr Blabolil, Lukáš Vejřík, Ivana Vejříková, Marek Šmejkal, Michaela Holubová, Luboš Kočvara, Daniel Bartoň, Tomáš Kolařík, Zdeněk Prachař, Milan Říha, Jaroslava Frouzová, Milan Muška, Kateřina Soukalová, Marie Prchalová, Mojmír Vašek, Michal Tušer a Jan Kubečka

Použitá literatura uvedena na webu Živý.