

Recept na vítěze. Důvody prudkého nárůstu diverzity v našich zachovalých tocích

Současná krize diverzity je hojně diskutované téma, jelikož mnohé studie dokumentující úbytek druhů vlivem lidmi vyvolaných změn přírodního prostředí se dostaly i do povědomí veřejnosti. Mimo vědeckou komunitu je méně obvyklé vnímat i opačný a možná až nečekaně častý trend, tedy naopak nárůst druhové bohatosti. Toto se děje především na malých (jednotlivé lokality) až regionálních prostorových škálách a důvody mohou být různé – např. zavlečení nových druhů nebo posouvání severní hranice rozšíření druhů vlivem oteplování klimatu. Prudký nárůst diverzity se za posledních 30 let téměř univerzálně odehrává i v řekách mírného pásu, nicméně i v rámci tohoto prostředí jsou důvody různé. A týká se to i českých řek.

Řeky, zejména ty nížinné, jsou dlouhodobě pod silným vlivem člověka, jelikož jejich okolí vždy poskytovalo příhodné podmínky pro život. Lidé se začali usazovat poblíž říčních toků již v mezolitu (před zhruba 12 tisíci let), ale první větší ovlivnění nížinných řek přineslo až odlesňování spojené s neolitickou kolonizací. Intenzivní osídlení dosud neobydlených horských a podhorských oblastí ve vrcholném středověku a s ním spojené odlesňování měly velký dopad na říční ekosystémy v podobě zanášení jejich záplavového území hlubokými sedimenty. Od středověku lidé také aktivně zasahovali do morfologie toků výstavbou mlýnů, jejich náhonů,

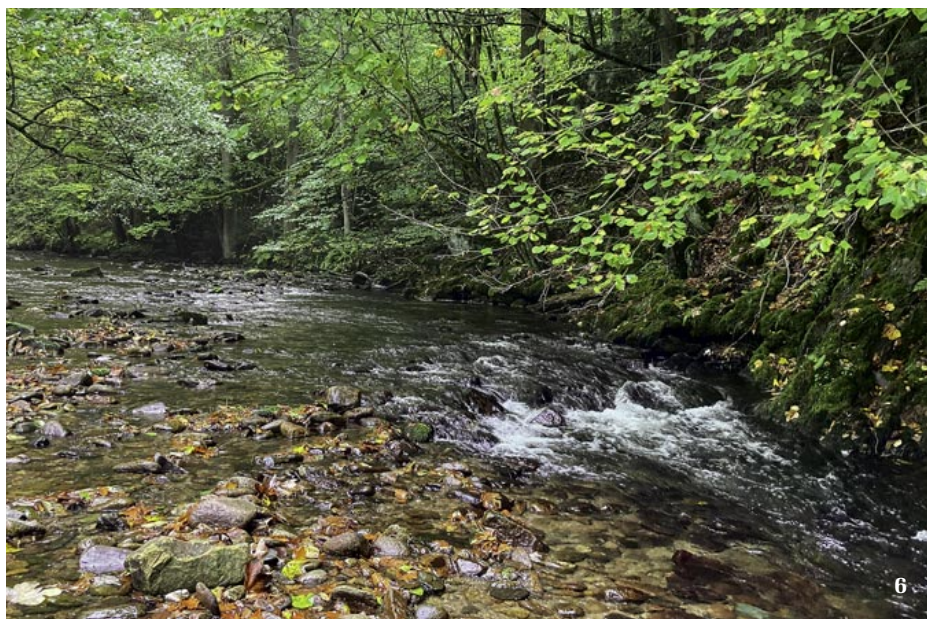
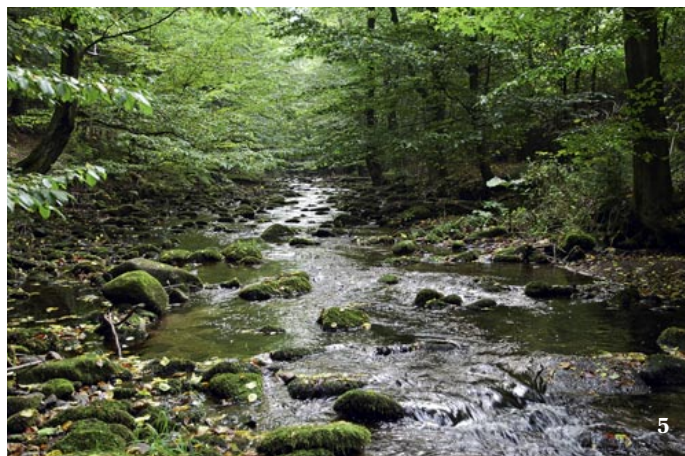
zavlažovacích, odvodňovacích nebo plavebních kanálů a stavbou jezů. Opravdu masivní změny však přišly s průmyslovou revolucí v 19. století a pokračovaly ve století dvacátém. V té době se na scéně objevily nové negativní dopady, hlavně znečištění vodních toků, které se výrazně zhoršilo ve druhé polovině 20. století. Nejvyšší úroveň znečištění byla dosažena v 70. a 80. letech, kdy byly české řeky silně kontaminovány průmyslovými odpady, splašky a zemědělskými hnojivy. Od 90. let pak došlo ke zpřísnění legislativních předpisů a výstavbě čistíren odpadních vod. Druhová rozmanitost se mohla znovu nadechnout a po propadu v 80. letech se začala

zotavovat. Zotavování bylo nejprve velmi rychlé, ale později se postup zpomalil, přičemž původní bohatosti nebylo dosaženo. Některé dříve běžné druhy lokálně vymřely, nebo se staly velmi vzácnými. Nyní na mnoha místech naopak pozorujeme opětovný pokles diverzity, zejména u velkých řek využívaných pro lodní dopravu, které jsou nenávratně hydromorfologicky poškozené. Šíření nepůvodních druhů, zvláště těch s dopadem na původní společenstva, blešivce ježatého (*Dikerogammarus villosus*) nebo korbikuly asijské (*Corbicula fluminea*; viz také Živa 2018, 5: 251–253), a vliv změn klimatu se na diverzitě těchto řek podepisují obzvláště negativně. Mimo jiné mohou způsobovat homogenizaci druhového složení, o které jsme psali již dříve (Živa 2022, 5: 270–272).

Náš příběh se týká řek, které měly větší štěstí a byly ovlivněny jen minimálně (viz obr. 1–6 a 13). Proto je jiný a odchyluje se od výše popsaného scénáře pokles–zotavení–stagnace, který bývá běžně považován za pravidlo. Potřeba hodnotit ekologický stav našich toků za pomoci biologického hodnocení, tedy na základě stavu společenstva vodních benthických bezobratlých, vedl u nás v 90. letech minulého století k vytvoření sítě referenčních úseků toků. Šlo o úseky, které se nacházely v dobrém ekologickém stavu, byly co nejméně ovlivněné, jak jen to stav krajiny dovozoval. Náš výzkum se zaměřuje na 65 referenčních úseků, které reprezentují ekologickou variabilitu podmínek a zároveň splňují kritéria pro minimálně ovlivněný tok (obr. 7). Předpokládáme, že takový tok je obýván typickým společenstvem vodních živočichů, které by se mělo v daných podmínkách přirozeně vyskytovat. Odchylna od daného společenstva dává možnost vyhodnotit míru degradace čili negativního ovlivnění

1 Jedním z příkladů našich zachovalých řek je Ploučnice u České Lípy, kde stále žije řada druhů, jež vymizely z většiny nížinných řek.





2 až 6 Dalšími zachovalými úseky řek na našem území jsou např. Mže u Milíkovy (obr. 2), Divoká Orlice v Zemské bráně v Orlických horách (3), Křinice v Černé bráně v Českém Švýcarsku (4), Olešenka v Pekle u Nového Města nad Metují (5) nebo Zdobnice u Pěčína v Orlických horách (6).

7 Lokalizace 65 referenčních lokalit, reprezentujících variabilitu zachovalých říčních podmínek v České republice – nížinné řeky, řeky středních poloh, podhorské řeky, potoky středních poloh, podhorské potoky. Orig. V. Horsáková

8 Variabilita počtu jedinců a druhů makrozoobentosu získaných stejnou metodou na stejných lokalitách opakovaně vzorkovaných v počáteční (1997–2000) a koncové etapě výzkumu (2015–16)

9 Variabilita změn početnosti (abundance) a frekvence (počet lokalit s výskytem druhu) pro jednotlivé nalezené taxony (všechny). Odděleně změny pro 43 „vítězných“ druhů (použitých v modelování změny jejich niky) a taxony zbývající. Orig. M. Janáč (obr. 8 a 9)

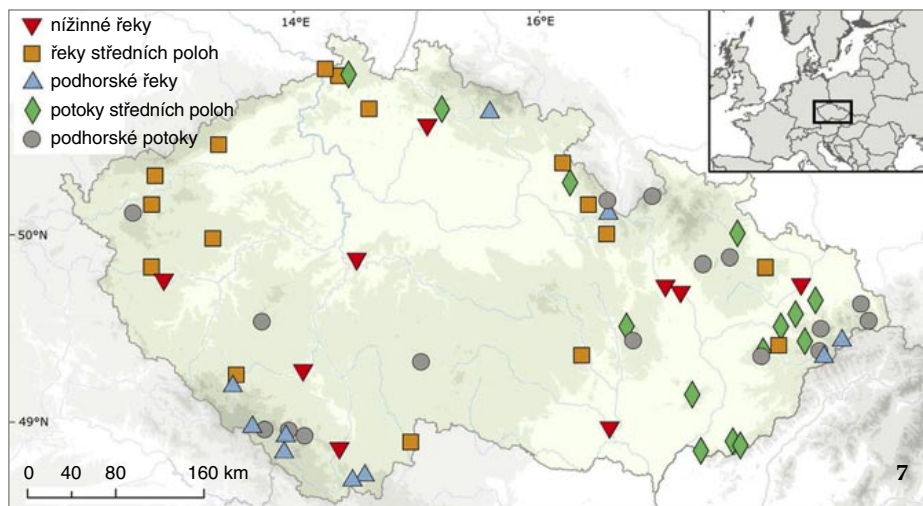
10 Četnost výskytu tří typů změn niky v čase pro 43 hodnocených nejúspěšnějších druhů (a) a vysvětlení těchto změn na modelování niky v počáteční a koncové etapě sledování pro jeden daný druh (b). Červená šipka – posun středu niky v počáteční etapě (kroužky lokality s výskytem druhu) do místa středu niky v koncové etapě (křížky). U tohoto druhu se niky hodně překrývají, ale došlo i k výraznému rozšíření (expansi) do podmínek dříve neobývaných. Ústup z podmínek původně obývaných (restrikce) nastal pouze v malé míře. Orig. M. Janáč a M. Horsák

nereferenčních, tedy více ovlivněných, toků.

Na těchto 65 úsecích proběhl odběr společenstva makrozoobentosu – bezobratlých, kteří obývají sedimenty dna a jsou větší než 0,5 mm. Odběry byly provedeny podle přesně stanovené metodiky a proběhly dvakrát ročně, na jaře a na podzim, mezi lety 1997–2000. Nezvykle silná taxonomická škola v České republice a síť specialistů, kteří jsou schopni určit do druhu veškerou diverzitu vodních bezobratlých od ploštěnek přes máloštětinatce až po nejrozdílnější skupiny hmyzu, umožnila určení do druhové úrovně všude tam, kde to je na základě nedospělých stadií vůbec reálné. Toto vzorkování bylo díky dalším

navazujícím projektům zopakováno podle stejné metodiky v letech 2006–08 a následně 2015–16. Máme tak k dispozici soubor 65 lokalit, sledovaných ve třech etapách, čítající přes 400 taxonů (většinou druhů) v celkovém počtu přes 800 tisíc jedinců. Vítaným doplňkem je sada měřených faktorů chemismu vody, dostupná opět pro všechny etapy. Můžeme tak sledovat, nakolik jsou případné změny způsobeny změnami podmínek parametrů kvality vody, nebo ve využívání okolní krajiny, či probíhající klimatickou změnou.

Výsledky sledování kvality vybraných toků potvrdily jejich stabilitu v čase. Jediné, co se událo, byly vlivy vyvolané globálními změnami klimatu, tedy nárůst teploty



a případně pokles hladin (vodnatosti) daný vyšším odparem z povodí a klesajícími srážkovými úhrny. Vzhledem k tomu, že jsou tyto toky v relativně málo ovlivněné krajině – jinak by se ani jejich parametry nemohly udržet v dobrém stavu, neboť řeka není odtržena od svého okolí – změny průtoků byly malé. Dominantní změnou byla stoupající teplota, která za sledované období 25 let vzrostla v průměru o více než 3 °C. Bavíme se o průměrné teplotě vzduchu, jelikož data o teplotě vody nebyla bohužel měřena (mění se v průběhu roku pomaleji než teplota vzduchu, nepodléhá krátkodobým výkyvům počasí). Ve zmíněném článku v Živě (2022, 5) jsme již psali o homogenizaci makrozoobentosu na základě analýzy dat z těchto odběrů a o nezvykle velkém nárůstu druhové diverzity. Ten doprovázel také markantní vzestup celkového počtu jedinců ve vzorcích, které ale byly získány stejným způsobem. Počet druhů se za sledovaných 25 let v průměru téměř zdvojnásobil, přičemž počet jedinců ve vzorku se

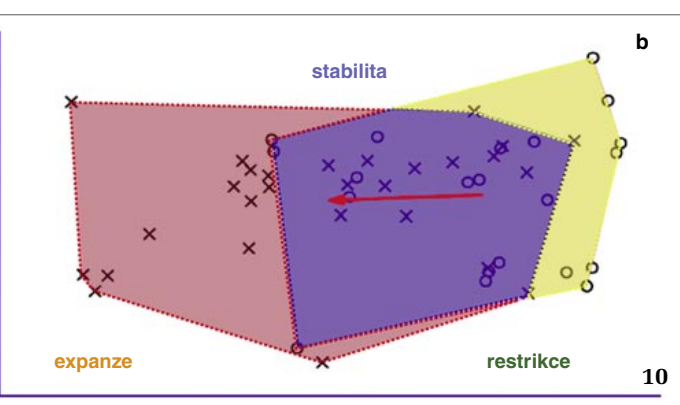
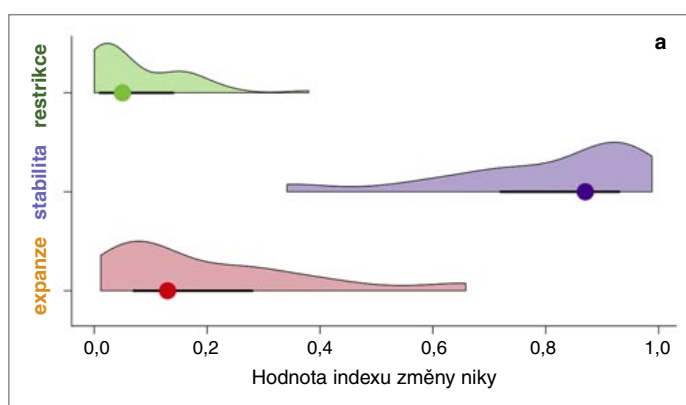
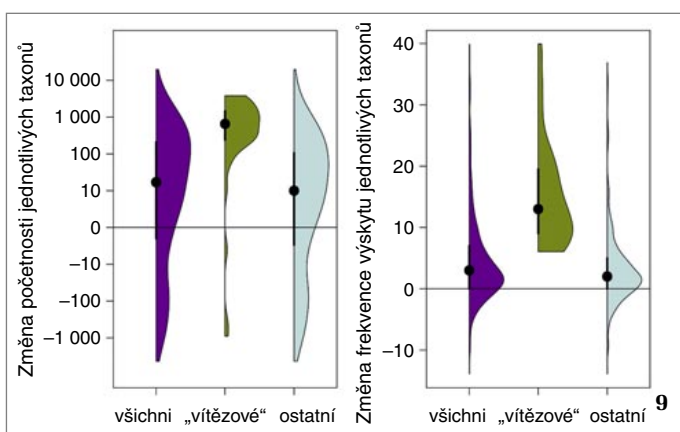
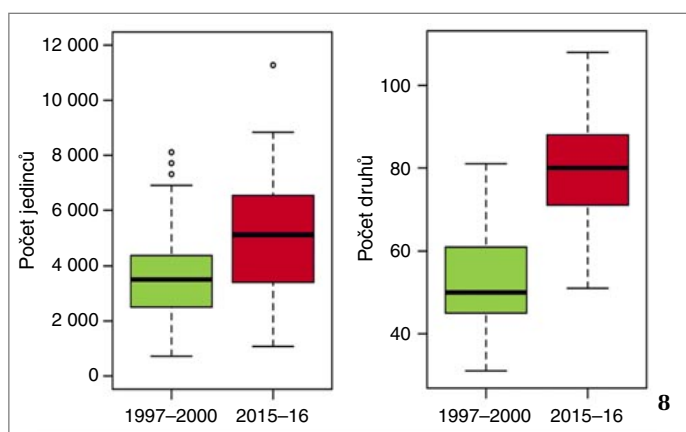
v průměru zvýšil z 3 500 na 5 100 (obr. 8). V době krize biodiversity a vymírání druhů jde téměř o kacířská zjištění. Provokativní je to i v kontextu všeobecně přijímaného zotavování diverzity po odeznění silného znečištění 80. let, protože na těchto lokalitách k žádnému zotavení nedošlo. Sledované toky byly a jsou v nadstandardní ekologické kvalitě, nejen na poměry České republiky. Co se tady stalo a proč? To byly hlavní otázky naší studie, jejíž výsledky si ve stručnosti popíšeme (podrobněji viz Horský a kol. 2025).

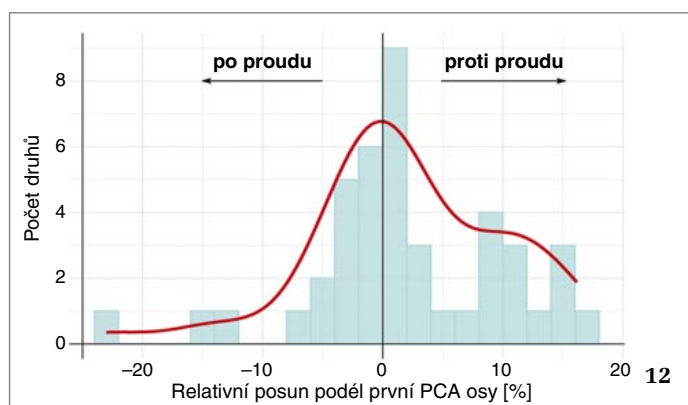
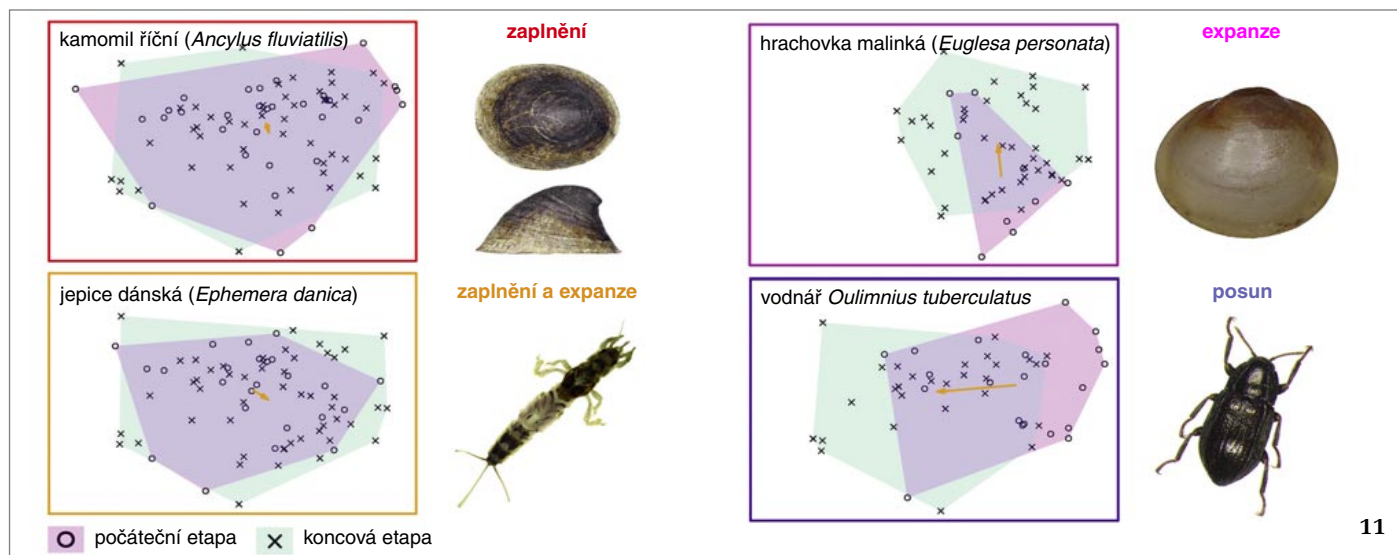
Všichni chtějí být všude

Zjistili jsme, že neobvyklý nárůst počtu druhů na lokalitách způsobují naše domácí a jinak běžné druhy. Většinou jde o druhy, které byly již v první etapě vzorkování hojné, ale do poslední etapy počet svých výskytů ještě zvýšily, někdy až na trojnásobek. Tyto druhy můžeme bez nadsázky nazvat vítězi v kompetici druhů o prostor, ekologickou niku (obr. 9). Druhů, které ubý-

vají, jsme na sledovaných úsecích identifikovali pouze 9. Nárůst počtu druhů by také mohl nastat vlivem příchodu nepůvodních druhů, jak to lze pozorovat v nížinných řekách. V našem souboru se však nepůvodní druhy vyskytly v jednotkách případů a měly na pozorovanou změnu zcela zanedbatelný vliv. Nejspíš se tak stalo díky tomu, že zachovalá společenstva dobře odolávají nepůvodním druhům kvůli obsazenosti ekologických nik. Opět potvrzujeme, že zachovalá a vysoká biodiverzita je silná. Úspěšné druhy kromě zaplnění všech vhodných lokalit také často svou ekologickou niku rozšířily (obr. 10a). To ukázalo sofistikované modelování environmentální niky, tedy ekologického prostoru definovaného měřeními podmínkami prostředí, a srovnání obývané niky daného druhu na začátku a na konci sledovaného období.

Sledovali a hodnotili jsme, nakolik se změna niky odehrála zaplňováním původní niky, nakolik se posunula do daným druhem dříve neobývaných podmínek a nakolik došlo k opuštění dříve obývaných podmínek (obr. 10b). Srovnání jsme prováděli pro každý druh zvlášť, ale museli jsme pracovat pouze s těmi, které lze bezpečně poznat a jejichž determinace byla věrohodná v obou etapách. Taxony na vyšší úrovni než druhové, sporné druhové komplexy a velmi složité určitelné taxony jsme museli vyloučit. Pokud bychom je zařadili do studie, časové změny by nebylo možné s určitostí připsat změnám podmínek prostředí, ale mohly by nastat vlivem chybovosti při determinaci. Také jsme museli vyloučit taxony, které sice výrazně zvýšily počet obývaných lokalit, ale byly v první etapě velmi vzácné (zvolili jsme hranici minimálně 6 lokalit, což je 10 % z celkového počtu). Na základě nízkého počtu lokalit nelze niku spolehlivě stanovit.





Z celkového počtu 382 taxonů jsme tak do modelování časové dynamiky nik druhů použili 43 nejpočetnějších druhů.

Ukázalo se, že dominantním mechanismem změny niky je zaplňování původní niky, případně její mírné rozšíření do dříve neobývaných podmínek (obr. 11). U několika druhů jsme také pozorovali převažující posun do nových podmínek a v několika málo případech i vymizení z prostředí, které v minulosti daný druh obýval. V souvislosti s klimatickou změnou a oteplováním lze jako převažující očekávat protiproudový posun do vyšších, chladnějších partií. Byť jsme několik takových posunů zaznamenali, v podobné míře se odehrály i posuny směrem po proudu dolů (obr. 12). Nezávisle na těchto změnách proběhly posuny do toků s vyšším zalesněním povodí a hrubším substrátem dna. Na rozdíl od posunů v podélném profilu toku, které lze vysvětlit teplotními nároky, posuny do toků s hrubší zrnitostí substrátu jsou méně intuitivní. Náповědou nám byly hrachovky, drobní mlži rodu *Euglesa* (dříve součást šířeji pojímaného rodu *Pisidium*), kteří filtrují jemné částice potravy, bakteriální nárůsty a jiný jemný organický detrit (obr. 11, viz *E. personata*, expanze niky v obr. směrem nahoru). Předpokládáme, že zvýšení teploty vedlo ke zvýšení bakteriální aktivity a celkové produkce v dříve oligotrofních potocích, kde hrubý anorganický sediment výskyt těchto druhů neumožňoval.

Tím jsme postoupili k tomu hlavnímu. Proč nám druhy přibývají i v zachovalých vodách? Proč zaplňují dříve neobsazené lokality, kde se ekologicky mohly v minulosti vyskytovat? Jak je možné, že se na

11 Ukázka hodnocených úspěšných, „vítězných“ druhů, které představují čtyři typy zjištěných změn environmentální niky. Většina z nich svou niku zaplňovala (12 druhů) nebo zaplňovala v kombinaci s její expanzí (13). Častý byl také převažující posun niky (13), pouze u mála druhů (5) jsme pozorovali převažující zvětšování (expanzi) niky do nových podmínek. Orig. M. Janáč, snímky druhů M. Horsáka

12 Posuny středu (centroidu) environmentální niky z počáteční do koncové etapy pro 43 hodnocených vítězných druhů. I když se zdá, že k většině posunů došlo směrem proti proudu, tedy do vyšších a chladnějších partií toků, bez statistického rozdílu došlo i k mnoha posunům směrem do nižších a teplejších částí toků. Doleva výrazně posunutý druh je vodnář *Oulimnius tuberculatus* (viz obr. 11). PCA osa představuje hlavní gradient studované environmentální niky, který se shoduje s pozicí toku podél říčního kontinua, tedy od pramene k ústí. Orig. M. Horsák

13 Zlatý potok v Blanském lese přirozeně meandruje v lužním lese s původním bylinným patrem. Snímky J. Bojkové, pokud není uvedeno jinak

téže lokalitě najednou užijí o 30 % víc jedinců a druhů? Dostáváme se tím k ekologickému konceptu nosné kapacity prostředí, která se během posledních 25 let prokazatelně zvýšila. Byť přesná měření nemáme a ani nebudeme z minulosti mít, nejpravděpodobnějším vysvětlením je zvýšení toku energie vlivem klimaticky pod-

míněného zrychlení metabolismu celého říčního ekosystému. Nedošlo k navýšení přísunu živin z vnějšího prostředí (to by mělo na druhy i negativní dopady a omezovalo by výskyt mnoha čistobytných druhů), ale ekosystémem teče energie rychleji. Zvedá se nosná kapacita prostředí, které umožňuje výskyt více jedinců. Kde je více jedinců, je pravděpodobně i více druhů tak, jak to pozorujeme.

Zbývá jen odpovědět na otázku, co dělá vítěze vítězem. V boxu je to postřeh a sva-ly, v šachu inteligence a paměť. Pokud je (nejen naše) hypotéza o zrychlení metabolismu vlivem teploty správná, úspěch by měly druhy, které na vyšší teplotu reagují pozitivně. Může jít o druhy, které při vyšší teplotě lépe prospívají, nebo naopak o ty, které jsou vůči zvýšení teploty tolerantní. To jim dává výhodu a mohou obsadit více nových lokalit než většina druhů ve společenstvu, jejichž četnost se nemění. Pro zodpovězení této otázky nyní zkoumáme rozmístění úspěšných a zbývajících druhů v maloplošném gradientu rozdílů teplot u dna konkrétních modelových toků. Dále pomocí laboratorních experimentů, kdy jsou vybraní jedinci vystaveni pro ně nepříjemně vysoké teplotě, sledujeme jejich chování a mortalitu. Doufáme, že nám výsledky těchto studií podhalí onu tajnou ingredienci receptu na vítěze.

Výzkum byl podpořen Grantovou agenturou ČR, projekt č. 23-05268S.

Použitou literaturu uvádíme na webovém stránce Živy.