

Eutrofizace v povodí Orlické přehrady: Ekonomicky efektivní stav nebo problém vhodný k řešení?

Ondřej Vojáček, Jan Macháč

Úvod

Narůstající poptávka po čisté vodě se v posledních letech promítá do řady legislativních změn jak na národní, tak i nadnárodní (evropské) úrovni. Nejvýznamnější roli v regulaci v oblasti ekonomiky vod hraje v současné době Rámcová směrnice EU pro vodní politiku (směrnice 2000/60 ES), jejíž podmínky mají velký vliv na hospodářskou politiku. Jak uvádí např. Chave (2001), velká důležitost je dána nejen délkou přípravy této směrnice, která vznikala déle než 10 let, ale také jejím komplexním pohledem na vodní hospodářství, zahrnutím veškerého vodstva (vnitrozemské povrchové vody, podzemní vody, brakické a pobřežní vody), integrovaným přístupem k životnímu prostředí a podporou udržitelného využívání vod.

Jedním z požadavků vyplývajících z rámcové směrnice o vodách je dosažení dobrého stavu všech vod. Pro splnění tohoto cíle jsou stanoveny tři termíny. Prvořadým cílem je dosažení tohoto stavu do roku 2015, nejzazší termín je rok 2027. V České republice se nachází řada vodních ploch, které úrovně dobrého stavu zatím nedosahují. Jednou z nich je i povodí vodní nádrže Orlík, které zaujímá rozlohu 12 117 km². Orlík, podobně jako řada jiných vodních nádrží, čelí každoročně v létě výkvětu sinic, který je důsledkem nadměrné eutrofizace vody. Kromě toho, že Česká republika neplní požadavky směrnice, dochází zde také ke ztrátě množství benefitů v podobě rekreačního využití a výnosů z turismu a stávající situace má řadu zdravotních a sociálních dopadů.

Snížení koncentrace fosforu ve vodní nádrži Orlík je možné dosáhnout prostřednictvím snížení obsahu fosforu ve vodě, která do nádrže přitéká. Za tímto účelem je v povodí Orlíku nutné uskutečnit řadu různých opatření, a to především v oblasti čištění odpadních vod, rybářství a zemědělství. Formulací doporučení pro snížení eutrofizace vodní nádrže Orlík, včetně ekonomické analýzy a definování ekonomicky optimálního způsobu snížení obsahu fosforu, se zabýval mezinárodní projekt REFRESH probíhající v le-

tech 2010–2014.¹ Následující kapitola prezentuje zejména českému čtenáři výsledky analýzy provedené v rámci řešení tohoto projektu.

Struktura kapitoly je následující. Nejprve jsou představeny použité metody, především pak metoda analýzy nákladové efektivity (CEA, z angl. cost-effectiveness analysis), analýzy nákladů a přínosů (CBA, z angl. cost-benefit analysis) a benefit transfer. Následuje část věnovaná povodí vodní nádrže Orlík popisující přírodní podmínky, eutrofizaci vody a zdroje fosforu v povodí. Pro identifikované zdroje fosforu jsou představena navržená opatření. Pro cílovou hodnotu redukce fosforu je vytvořen nákladově efektivní scénář za použití metody nákladové efektivity a stanoveny náklady spojené s redukcí fosforu. Na straně přínosů jsou popsány jednotlivé kategorie a na základě metody benefit transferu jsou kvantifikovány přínosy z rekreace. Následně jsou pomocí analýzy nákladů a přínosů srovnány identifikované náklady a přínosy při použití několika různých scénářů.

V závěru a závěrečném zamyšlení je provedena širší diskuse výsledků a využitelnosti použitých metod pro obdobné typy analýz v oblasti vodních útvarů. Je zde zvažována i přiměřenost nákladů a diskuse podmínek, za kterých by vysoké náklady na realizaci opatření mohly být ekonomicky ospravedlnitelné.

Použité metody

K optimalizaci opatření redukcí znečišťující látky lze přistupovat různými způsoby. Jak uvádí Balana, Vinten a Slee (2011), nejčastěji se můžeme setkat s různou formou modifikace analýzy nákladové efektivity, která je také zmiňována v Článku č. 11 a příloze III Rámcové směrnice o vodách (Evropský parlament, 2000). Při aplikaci metody nákladové efektivity je nutné jednotlivá opatření snižující obsah fosforu ve vodách seřadit dle jejich efektivity. Z tohoto důvodu je první část kapitoly věnována analýze nákladové efektivity a její aplikaci na Orlické přehradě včetně samotné analýzy zdrojů fosforu a návrhu opatření. Analýza nákladové efektivity je důležitá nejen pro hledání vhodné cesty ke snížení zatížení Orlické přehrady fosforem ve smyslu Rámcové směrnice EU pro vodní politiku, ale také například k posouzení přiměřenosti realizace potřebných opatření vedoucích k redukcí vnosu této látky do vod.

Přestože je analýza nákladové efektivity považována za jeden ze základních nástrojů, její uplatnění v oblasti vod na redukcí fosforu je spojeno s řadou metodologických komplikací. Kapitola se proto zabývá i souvisejícími metodologickými otázkami a možnými způsoby jejich řešení na příkladu eutrofizace Orlické přehrady. V jednotlivých podkapitolách jsou uvedeny a diskutovány základní aspekty metody CEA a diskutovány výsledky z pří-

¹ Více o mezinárodním projektu viz <http://www.refresh.ucl.ac.uk/>.

padu vodní nádrže Orlické přehradě při odstraňování vnosu fosforu do povodí vodní nádrže. Výchozím podkladem pro sestavení CEA je bilanční studie zdrojů fosforu a dusíku v povodí nádrže Orlické (Hejzlar *et al.*, 2010) a analýza možných opatření redukcí vnosů fosforu do povodí.

V oblasti hodnocení ekonomické efektivity opatření na Orlické přehradě vychází kapitola metodologicky z neoklasické ekonomie a tedy z ekonomie blahobytu (welfare economics), které jsou operacionalizovány v metodě analýzy nákladů a přínosů. Je vhodné připomenout, že ekonomie životního prostředí nahlíží na svět a na přírodu antropocentricky – jako na zdroje užitku pro člověka. Hodnotíme-li tedy např. ekosystémové funkce, jejich hodnota se odvíjí od jejich důležitosti pro člověka (ke kritice tohoto pojetí např. Slavík, 2007; Slavíková *et al.*, 2011). Tento pohled nesdílí např. ekologická ekonomie nebo institucionální ekologická ekonomie, které se na svět dívají do určité míry ekocentricky.

V návaznosti na uvedené vychází analýza nákladů a přínosů opatření vedoucích k redukci fosforu v nádrži v nákladové části z výsledků analýzy nákladové efektivity a v části přínosů z kvalitativní analýzy přínosů a následné snahy o jejich kvantifikaci. Pro tento účel byla využita metoda benefit transfer (single unit value transfer) hodnoty ze socioekonomického průzkumu ekonomických dopadů eutrofizace vody na Máchově jezeře (Vojáček *et al.*, 2010), ostatní benefity jsou pak počítány jako procentní navýšení rekreačních benefitů (10–55% navýšení rekreačních benefitů – viz dále).

Eutrofizace, důvody pro její vznik v povodí vodní nádrže Orlické a možná opatření na redukci fosforu

Kvalita vody se v České republice od roku 1989 neustále zlepšuje. Podle CENIA (2008) se v posledních letech většina významných vodních toků přesunula z kategorie silně znečištěných do kategorií středně až mírně znečištěných vod (hodnoceno dle normy ČSN 757221). Tato skutečnost platí pro základní ukazatele zatížení vodních toků. Problematické stále zůstává zatížení nadměrnými emisemi fosfátů a anorganického dusíku, které pocházejí ze zemědělství a z domácností a způsobují nadměrnou eutrofizaci vody.

Nadměrná (antropogenní) eutrofizace vody je problémem zejména druhé poloviny 20. století. Hlavním následkem zvýšené eutrofizace vod je nadměrný rozvoj fytoplanktonu (zelených řas a sinic). Velké množství těchto organismů ve vodě má negativní vliv na jakost vody jednak během svého života svými životními pochody a jednak po úhynu, kdy dochází k jejich rozkladu. Zvláště negativně se projevuje ve vodárenských nádržích, kde se fosfor hromadí v sedimentech (v bahně) na dně nádrží. Fosfor stojí v centru pozornosti všech snah o tlumení eutrofizace vod, jeho koncentrace ve vodě je

obvykle limitující pro vývoj celé rostlinné populace. Objeví-li se někde z různých důvodů jeho nadbytek, vede to obvykle k nadprodukci fytoplanktonu.

Celosvětově je postiženo nadměrnou eutrofizací vody téměř 90% veškeré sladkovodní stojaté vody. Česká republika není výjimkou. Nachází se zde řada vodních ploch, které čelí nadměrné eutrofizaci vody a v důsledku toho i nadměrnému výskytu sinic (tzv. vodního květu). Jednou z mediálně nejznámějších oblastí je vodní nádrž Orlík. Se schválením Rámcové směrnice EU pro vodní politiku vznikla povinnost dosažení dobrého stavu u všech vodních útvarů. Samotná směrnice v sobě obsahuje požadavek na nalezení nákladově nejefektivnějšího způsobu dosažení cílového stavu a vyčíslení k tomu nutných nákladů na opatření. Eutrofizaci vodní nádrže Orlík je vždy nutné posuzovat z hlediska celého povodí.

V případě vodní nádrže Orlík vzniká eutrofizace velkým vtokem fosforu do vodní nádrže. Ročně do nádrže přiteče cca 288 t fosforu.

Charakteristika vodní nádrže Orlík

Vodní nádrž Orlík se nachází v jižních Čechách. Společně s přítoky tvoří povodí o rozloze 12 117 km². Zabírá tak téměř 1/7 rozlohy České republiky. Jak je zobrazeno na Obrázku 1, okrajově zasahuje i do sousedních zemí, 7,1% povodí leží na území Rakouska a 0,7% se nachází v Německu. V Německu a Rakousku se jedná o pramenné oblasti, které nemají na celkové znečištění významný vliv. Největší část povodí se nachází v Jihočeském kraji, okrajově zasahuje do Plzeňského a Středočeského kraje a na Vysočinu.

Obr. 1 Mapa povodí vodní nádrže Orlík



Zdroj: Hejzlar *et al.* (2014, s. 6).

Plocha území je z 52 % využívána k zemědělství, 42 % tvoří lesy, 3 % zaujímají vodní plochy a 3 % obytná a městská území. Celé povodí se skládá z několika subpovodí. Velká územní rozloha je spojena s rozmanitostí podmínek. Každé ze subpovodí čelí odlišným podmínkám. Z geografického pohledu se jedná o různé klima, geologické podmínky, půdní typy a hydrologické podmínky. Pro některé oblasti jsou typická říční údolí, jinde se lze setkat s rovinami. Tyto podmínky mají významný vliv na využití půd. Jednotlivá subpovodí se liší v podílu urbanizace, zemědělství a zalesnění, které je typické především pro neobydlené příhraniční oblasti.

Jak uvádí Hejzlar *et al.* (2014), hustota vodní sítě je 1,2 km na km². Tato vysoká hodnota je dána nejen horskými oblastmi, ale především velkým počtem vodních ploch – rybníků. V povodí se nachází okolo 16 000 rybníků, které pokrývají 312 km². Velká část z nich se nachází na Třeboňsku a Blatensku, vznikla již ve středověku či na začátku novověku a jsou využívány pro chov ryb. Vedle rybníků se v povodí vyskytuje i řada dalších vodních nádrží (např. Lipno, Římov, Hněvkovice), které slouží jako ochrana před povodněmi, zdroj vody a k výrobě energie. Většina z nich vznikla ve druhé polovině 20. století.

V rámci přírodních podmínek je třeba zmínit Národní park Šumava a další chráněná území, která svou existencí přispívají k dosahování výborné kvality vody v pramenných oblastech. Jihočeský kraj je dlouhodobě vnímán jako zemědělská oblast s rozvinutým chovem ryb a lesnictvím. V zemědělské produkci převažují obiloviny (pšenice, žito), olejniny (řepka, slunečnice, mák) a krmné plodiny. Živočišná výroba je zaměřena na chov skotu, prasat a drůbeže. Chov ryb má dlouhou tradici, v současné době se vyznačuje jejich masivní produkcí.

V Jihočeském kraji (10 056 km²) žije, jak uvádí Český statistický úřad (2015), přes 636 tisíc obyvatel, v průměru tedy na 1 km² připadá 63 obyvatel. Pokud tento údaj zahrneme na celé povodí, jedná se o velmi nízkou hustotu obyvatelstva v porovnání s průměrem ČR, jenž činí 133 obyvatel na km². Největším městem v regionu jsou České Budějovice, dále se zde nachází 623 obcí (Český statistický úřad, 2015).

Vodní plochy se člení v rámci Jihočeského kraje na 161 vodních útvarů. Z tohoto počtu jich 140 spadá do povodí vodní nádrže Orlický náhon. Na všech vodních útvarech proběhlo posouzení plnění rámcové směrnice. Z hodnocení uvedeného v Povodí Vltavy (2009a) vyplývá, že ze 140 vodních útvarů se řadí 17 mezi vyhovující (12 %), 4 potenciálně nevyhovující (3 %) a 119 nevyhovující (85 %).

Zdroje znečištění

Jak již bylo výše uvedeno, povodí Orlické přehrady čelí nadměrnému znečištění fosforem, tedy eutrofizací. Rámcová směrnice se nezabývá pouze eutrofizací. Posuzování dobrého stavu vod je vedle fosforu hodnoceno také podle

dalších ukazatelů a faktorů (chemické, biologické atp.). Pro dosažení tzv. dobrého stavu je třeba splnit požadavky u všech ukazatelů. Z plánů povodí (Povodí Vltavy, 2009b, 2009c) vyplývá, že fosfor je hlavní znečišťující látkou, jejíž vysoká koncentrace brání v dosažení cílů rámcové směrnice v povodí řeky Vltavy. Klíčovým problémem je vysoký vnos fosforu prostřednictvím přítoků do vodní nádrže. Vysoký vstup fosforu do nádrže, jak uvádí např. Ambrožová (2003), Smith (2003) a Yang, Sheng a Voroney (2007), má za následek nadměrné obohacování vody fosforem a eutrofizaci. Nadměrná trofie (úživnost vody) způsobuje zejména značný pokles biodiverzity vodního ekosystému, nadměrný výskyt fytoplanktonu, který s sebou nese řadu následků (toxické látky ve vodě jako výsledky metabolismu sinic, zhoršení sensorických a pachových charakteristik vody), jež snižují možnosti využívání nádrže pro nejruznější účely (rekreační a estetické funkce, čerpání užitkové vody atp.).

Zdroje znečišťování byly identifikovány v rámci studie Hydrobiologického ústavu v Českých Budějovicích. Na základě měření koncentrací fosforu ve vodní nádrži v období 2007–2009 byl sestaven bilanční model zahrnující bodové i plošné zdroje fosforu. Dle výsledků této studie (Hejzlar *et al.*, 2010) byly určeny hlavní zdroje znečištění: komunální odpadní vody vypouštěné do toků, intenzivní chov ryb v rybnících a zemědělské obhospodařování v povodí. Souhrnné údaje včetně podílů jednotlivých zdrojů jsou zachyceny v Tabulce 1 a v Grafu 1. V průměru do vodní nádrže Orlík přiteklo 288 tun fosforu ročně.

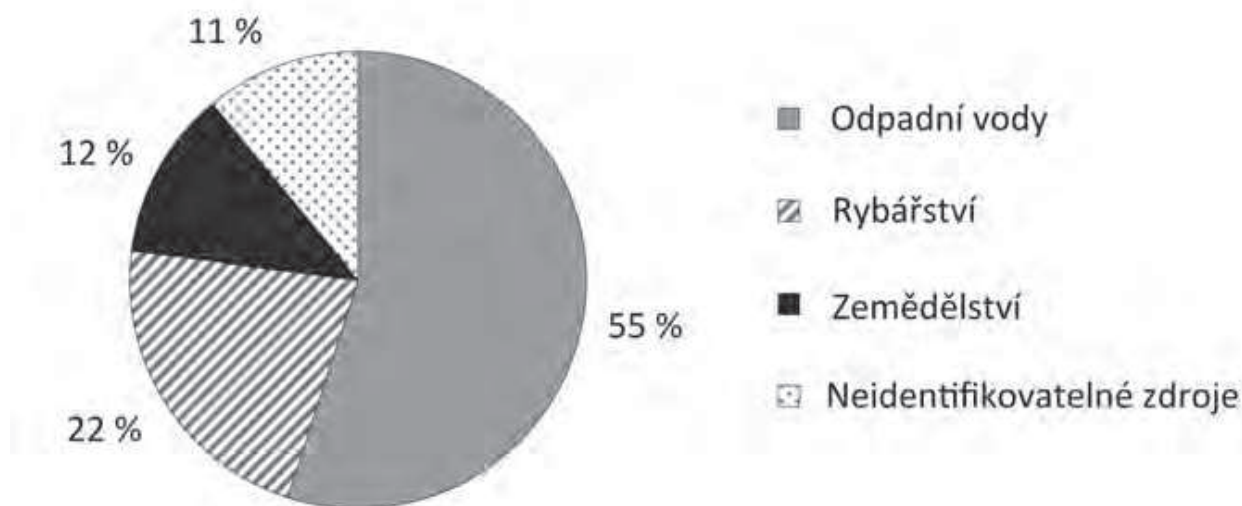
Tab. 1 Zdroje a odnos fosforu v povodí nádrže Orlík (průměrné roční hodnoty pro období 2007–2009)

Zdroj / proces	Povodí vodní nádrže Orlík	
	T/rok	Procento zdrojů znečištění
Odpadní vody	143,0	55
Rybářství	58,3	22
Zemědělství	31,4	12
Neidentifikované zdroje	26,0	10
Sídla	0,6	0,2
Atmosférická depozice na vodní plochy	1,1	0,4
Přírodní pozadí	94,7	–
Znečištění v povodí celkem	260,4	–
Zdroje v povodí celkem	355,1	–
Retence fosforu v říční síti	66,9	–
Vstup fosforu do n. Orlík	288,2	–

Zdroj: Vlastní zpracování dle Hejzlar *et al.* (2010).

Jak vyplývá z Tabulky 1 a Grafu 1, odpadní vody jsou zdrojem přibližně jedné poloviny celkového znečištění v povodí. Dalším významným zdrojem znečištění je rybářství, jehož příspěvek je v průměru za celý rok asi pětinový, v letních obdobích (kdy jsou problémy s bilancí fosforu nejcitelnější) ale jeho význam značně roste a v některých letech dosahuje rovnocenných hodnot vnosu, jako je příspěvek odpadních vod. Zemědělství přispívá ke znečišťování povrchových vod fosforem méně významně, a to cca jednou desetinou.

Graf 1 Podíl jednotlivých zdrojů na znečištění vodní nádrže Orlík



Zdroj: Vlastní zpracování dle Hejzlar *et al.* (2010).

Podíly jednotlivých zdrojů znečištění se v dílčích subpovodích liší, je proto třeba zohledňovat specifika jednotlivých subpovodí. Z této skutečnosti vyplývá nevhodnost použití agregace zdrojů na úroveň celého povodí a nutnost provedení analýzy na úrovni subpovodí nebo jednotlivých zdrojů. Jednotlivé oblasti se liší především v počtu a velikosti obcí (ovlivňují především význam znečišťování odpadními vodami), podílem rybníků a rozsahem využívání zemědělské půdy.

Odpadní vody mají nadpoloviční podíl na zdrojích fosforu. Jedná se o města a obce, ve kterých se podmínky zacházení s odpadními vodami výrazně liší. Základní rozdíl je patrný na první pohled. Jen část obcí je vybavena čistírnou odpadních vod a vhodnou kanalizací. V řadě především menších obcí stále funguje žumpo-septikový systém. Kvalita vypouštěné vody z bodových zdrojů do vodních toků se liší také v závislosti na technologii čištění odpadních vod. Velkou úlohu hraje i existence oddílné kanalizace pro odpadní a dešťovou vodu.

Velký vliv na aktuální způsob čištění odpadních vod má především velikost obce. Po vstupu ČR do Evropské unie, jak uvádí např. CENIA (2008), vznikla povinnost splnění požadavku evropské směrnice č. 91/271/EHS

čistit odpadní vody a zlepšit technologie čištění ve všech obcích a aglomeracích ČR o velikosti nad 2000 ekvivalentních obyvatel² do konce roku 2010. Významnou roli přitom hraje finanční stránka. Menší obce mají větší problémy s financováním výstavby čistíren. Zatímco většina velkých měst již má čistírny odpadních vod, v malých obcích stále často funguje pouze žumpo-septikový systém. CENIA (2008) uvádí, že v současné době není v ČR připojeno 20% obyvatel na kanalizaci. Pro oblast povodí vodní nádrže Orlík lze očekávat vlivem velkého počtu malých obcí a absence většího počtu velkých měst tento poměr ještě o něco větší. Mezi významné znečišťovatele patří tedy rovněž malé obce.

Bilančním modelováním (Hejzlar *et al.*, 2010) bylo zjištěno, že rybníky jsou významným zdrojem fosforu, v průměru v období 2007–2009 přispívaly do povodí 58 t/rok. Pokud tuto úroveň převedeme na rybníční plochu, vychází 3,8 kg fosforu na hektar rybníční plochy za rok. Příčinou je, jak uvádí např. Boynd a Tucker (1998) a Tacon (1995), tzv. intenzivní chov ryb, ve kterém se přirozená produktivita rybníků zvyšuje dodáváním krmiv a hnojiv.

Podle výsledků bilanční studie (Hejzlar *et al.*, 2010) je zemědělství relativně malým zdrojem znečištění. V rámci srovnání lokálních podmínek lze najít velké rozdíly. V některých dílčích subpovodích (např. v povodí Stropnice, Otavy a u některých bočních přítoků do vzdutí nádrže) byla v rámci monitoringu prováděného Hydrobiologickým ústavem zjištěna významná lokální znečištění přesahující svým významem v rámci jednotlivých vodních útvarů jak komunální odpadní vody, tak rybářství. V těchto lokalitách jsou opatření v oblasti zemědělství pro dostatečné snížení vnosu fosforu do nádrže nezbytná.

V oblasti povodí vodní nádrže Orlík je znečištění fosforem ze zemědělství, jak vyplývá z Hejzlar *et al.* (2010), spojováno především se dvěma hlavními faktory:

- i. vodní erozí – odnosem půdních částic z orné půdy prostřednictvím vody, která tyto částice dopravuje do vodních toků;
- ii. nevhodným zacházením s organickými hnojivy, které se během hydrologických událostí mohou se vznikem povrchového odtoku (intenzivní přívalové srážky a silné bouřky, tání sněhu, lokální povodně apod.) ze zemědělských ploch splavovat anebo vyluhovat do vodních toků.

² Ekvivalentním obyvatelem se rozumí jednotka vyjadřující produkci určitého množství znečištění za den, tzn. průměrného znečištění, které vyprodukuje jeden obywatel za den. V rámci této jednotky jsou zahrnuty nejen komunální zdroje, ale i znečištění z jiných zdrojů přepočítané tak, jako by ho vyprodukovali lidé. V praxi jsou zde často zahrnuty i průmyslové odpadní vody z menších závodů.

Environmentální cíl redukce fosforu

Z rámcové směrnice vychází požadavek na dosahování určité úrovně koncentrace fosforu ve vodní nádrži. Z hydrobiologického pohledu tedy nehraje klíčovou roli množství fosforu vyjádřené v absolutní hodnotě (kilogramech vypouštěných do nádrže), ale výsledná koncentrace, které bude dosaženo. Ukazatel množství fosforu vyjádřený ve hmotnostní jednotce je pouze zástupný, pro účely analýzy nákladové efektivity ale zcela nezbytný. V rámci bilanční studie byla posuzována jak koncentrace, tak i množství vnosů. Tabulka 2 obsahuje koncentrace plynoucích z bilanční studie (Hejzlar *et al.*, 2010) a cílové stavy. Z údajů v tabulce vyplývá, že současná koncentrace je téměř dvojnásobná oproti cílové.

Tab. 2 Aktuální a cílové koncentrace fosforu ve vodní nádrži Orlick

Lokalita	Koncentrace fosforu v mg/l	
	2007–2009	Cílový stav
V přítoku	0,12	0,05
U hráze	0,035	0,025
V přítokových částech nádrže	0,06	0,035

Zdroj: Hejzlar *et al.* (2010).

Z bilančního modelu vyplývá, že v období 2007–2009 do nádrže přitékalo ročně v průměru 288 t fosforu. Pro znatelné zlepšení situace je nutné množství fosforu z identifikovaných zdrojů v povodí snížit o 136 tun ročně (téměř na polovinu) v porovnání s průměrem mezi lety 2007–2009. Jak vyplývá z Reynolds (1992) a Hejzlar *et al.* (2010), menší snížení vnosu fosforu nebude mít pro zlepšení situace dostatečný vliv, přínosy by v tomto případě byly zanedbatelné. Z ekonomického hlediska má smysl buď cílit rozsah opatření k postupné redukci vnosu fosforu o 136 tun, nebo do snížení vnosu fosforu neinvestovat a akceptovat stávající stav.

Cílem environmentálních opatření je tedy snížení vnosu fosforu do nádrže pod úroveň kritického zatížení nádrže, tedy o 136 tun ročně. Jak vyplývá z Povodí Vltavy (2013), od vytvoření bilanční studie došlo k realizaci některých opatření v rámci plánů povodí, další opatření jsou do konce roku 2015 plánována. Na základě dostupných dat z plánů povodí lze odhadovat, že plánovaná opatření sníží vnos fosforu do nádrže o cca 22 t ročně. Aby bylo dosaženo cíle snížení fosforu o 136 tun ročně, je nutné nad rámec uvedených opatření navrhnout taková opatření, která povedou k dodatečnému snížení vnosu fosforu do nádrže o dalších 114 tun. Budeme přitom hledat takovou kombinaci opatření, pomocí které dosáhneme tohoto cíle s co nejnižšími náklady (v rámci metodologie CEA).

Identifikace opatření

Klíčovým krokem ke snížení vnosu fosforu do vodní nádrže je nalezení vhodných opatření, kterými je možné dosáhnout cíle. Výběr odpovídajících nástrojů vychází z analýzy zdrojů a v návaznosti na ně lze opatření rozdělit do tří kategorií. První skupinu představují čistírny odpadních vod a retenční nádrže, druhou skupinu tvoří opatření pro snížení vnosu fosforu z rybářství, poslední jsou zemědělská opatření. Nástroje v rámci jednotlivých kategorií byly navrhovány s ohledem na významnost zdrojů a lokální specifika povodí. V rámci identifikace a stanovení vhodných opatření bylo uskutečněno setkání se stakeholdery, které přispělo k výsledné volbě opatření a zpřesnilo jednotlivé odhady. Původní bilanční model byl následně rozšířen o opatření, která byla identifikována jako vhodná pro účely snižování vnosu fosforu do vodní nádrže:

- Problematika odpadních vod (znečištění pocházející z obcí a sídel) bude řešena buď výstavbou a modernizací čistíren odpadních vod a kanalizací, nebo výstavbou tzv. retenčních mokřadů.
- Snižování zátěže z chovu ryb bude docíleno prostřednictvím snižování rybí populace v rybnících (spojené s omezením přihnojování rybníků).
- V oblasti zemědělství bylo navrženo několik možných technických opatření (ochranné valy, změny osevních postupů atp.) a byla specifikována jejich technická kritéria.

Opatření redukující fosfor z odpadních vod

Vzhledem k zásadnímu podílu odpadních vod na vnosu fosforu do povrchových vod v povodí Orlické přehrady (55 %) byla této kategorii věnována značná pozornost. Orientačním cílem opatření je dosáhnout stavu, kdy sídla v povodí budou odstraňovat v průměru 90 % fosforu ze svých odpadních vod. V současné době dosahují obce v průměru 60% účinnosti. Hranice 90 % byla zvolena na základě rešerše zahraničních přístupů. Jako efektivní ji uvádí např. Paul, Laval a Sperandio (2001). Požadavek 90% účinnosti čištění byl zapracován do bilančního modelu, který pomohl odhalit města a obce plnění limit čištění.

Sídla v povodí byla dle stávajícího způsobu likvidace odpadních vod rozřazena do několika skupin, následně jim byla přiřazena možná opatření na dosažení 90% účinnosti čištění odpadních vod. Výsledkem je, že u části obcí nejsou navržena žádná opatření. Důvodem je to, že již v současné době 90% odstranění fosforu dosahují (především se jedná o větší města jako České Budějovice, Český Krumlov a další) nebo se daná sídla nachází mimo vodoteče, a tak je jejich podíl na vnosu fosforu minimální. U ostatních obcí je navržena výstavba či dostavba čistíren odpadních vod (ČOV) a kanalizací, případně doplnění technologií o dávkování chemikálií pro simultánní

srážení fosforu solemi železa, které se bude trvale provozovat, což zaručí průměrnou účinnost odstranění 90%. U malých obcí do 100 obyvatel dále přichází v úvahu vybudování retenčního mokřadu při zachování stávajícího systému žumpo-septikového řešení likvidace domovních splaškových vod. Retenční mokřad slouží k zachycování fosforu dostávajícího se do vodoteče z žump a septiků. Jedná se o vodní nádrž napůl hloubenou a napůl hrázovou, s mělkou a hlubokou částí, s výlučně horním odtokem a s dobou zdržení vody minimálně 20 dní. V zahraničí jsou retenční mokřady, jak uvádí např. Reinhardt *et al.* (2005), užívány i k retenci a odstraňování fosforu ze zemědělství. Technická proveditelnost této varianty je odhadovaná, jak uvádí Hejzlar (2012), jen u sídel s počtem obyvatel nižším než 100. Tato skutečnost je dána především požadovanou plochou mokřadu (cca 1 ha na 100 obyvatel).

Opatření redukující fosfor z rybnářství

Jak uvádí Hejzlar (2012), sníženého odnosu z rybníků není možné dosáhnout bez změny obhospodařování, což znamená zejména snížení produkce (rybích osádek) a nastavení krmení a hnojení maximálně na dávky odpovídající fosforu spotřebovanému v produkci ryb, tedy nulovému bilančnímu saldu. Zmíněným podmínkám odpovídají alternativní způsoby k současnému intenzivnímu způsobu chovu ryb. Jedná se o bilančně vyrovnané chovy a extenzivní chovy ryb. Tyto dva chovy se výrazně liší v množství produkovaných ryb:

- U bilančně vyrovnaného chovu je produkce ryb nastavena na 300 kg/ha/rok. Tato hodnota odpovídá rybí osádce, která nemobilizuje více fosforu, než kolik mají rybníky schopnost přirozeně zadržovat. Ve výsledku to znamená, že rybí osádka je bilančně neutrální. Její přítomností dojde k anulování přirozené retenční schopnosti rybníka, žádné další znečištění ale neprodukuje.
- U extenzivního chovu je vyloučeno používání krmiv a hnojiva. Velikost násady je zvolena tak, aby ryby dokázaly využít přirozenou produktivitu rybníčního ekosystému (v průměru odpovídá 150 kg/ha/rok). Při této variantě je možné dosáhnout snížení exportu fosforu do vod.

Dodejme ještě, že v současné době rybníky v diskutované oblasti dosahují výnosu 600 kg/ha.

Opatření redukující fosfor ze zemědělství

V oblasti zemědělství je známa celá řada opatření redukujících vnos fosforu. Řada z nich spadá do kategorie zabraňující erozi půdy. Jak uvádí např. Konečná *et al.* (2014), eroze vede k ztrátě půdních živin v podobě fosforu a dusíku, které způsobují eutrofizaci. V rámci povodí vodní nádrže Orlík bylo v první fázi zahrnuto 13 typů zemědělských opatření, jež byla podrobena

přezkoumání prostřednictvím dílčí analýzy subpovodí Lomnice a Skalice. Jak vyplývá z práce Švejdarové (2012), některá opatření byla vyřazena pro neadekvátnost k cílové oblasti, některá nejsou proveditelná. U některých došlo k vyřazení z důvodu chybějících dat v modelu. Celkem byl počet zúžen na 7 opatření, v rámci setkání se stakeholdery se jejich počet ustálil na 4. Některá opatření z předem vytipovaných byla již součástí obecných požadavků na zemědělskou praxi v ČR v rámci standardů Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC, z angl. Good Agricultural and Environmental Conditions), pro účely CEA byla proto vybrána jen taková, která jdou nad rámec uvedených zásad:

- Zatrávnění 20 metrů širokých oboustranných pásů podél vodotečí a nádrží, které jsou ve styku s ornou půdou. Na pozemcích bude trvale udržován travní porost bez hnojení.
- Zatrávnění všech svažitých ploch se sklonem orné půdy větším než 7°.
- Zavedení bezorebných technologií na orné půdě se sklonem větším než 3°.
- Nehnojení svažitých pozemků s travními porosty se sklonem větším než 3° s použitím organických hnojiv.

Celkový počet opatření

V rámci celého povodí vodní nádrže Orlicko bylo identifikováno a dále analyzováno 3097 možných aplikací výše uvedených opatření z oblastí opatření na bodových zdrojích, rybnících a zemědělských zdrojích. Pro další analýzu bylo nezbytné u každé jedné aplikace opatření určit její účinnost a náklad na realizaci a případně následný provoz.

Stanovení nákladů na dosažení cílového stavu

V praxi se pro ekonomickou analýzu opatření v oblasti životního prostředí používá řada analytických metod. Nejčastěji se k vyhodnocení, jak uvádí Soukopová (2009), využívá jedna z kritériálních ekonomických metod. Jedná se především o analýzu minimalizace nákladů (CMA, z angl. cost-minimization analysis), analýzu nákladové efektivity (CEA) a analýzu nákladů a přínosů (CBA). Každá z těchto analýz má různé uplatnění, použití a přináší odlišné výstupy. Metoda nákladové efektivity poměřuje náklady na jednotku výstupu. Na jejím základě je pak možné seřadit jednotlivá opatření od nejvíce efektivního až po nejméně efektivní. Poslední alternativu představuje analýza nákladů a přínosů, jejíž základ tvoří identifikace veškerých očekávaných nákladů a přínosů a jejich vyjádření v peněžní hodnotě. Úplná kvantifikace na straně přínosů je velmi často proble-

matická a zatížená velkou mírou nejistoty, proto není použití metody CBA vždy možné, resp. vhodné.

Pro účel stanovení nejefektivnějšího způsobu redukce fosforu a s tím spojených nákladů byla zvolena metoda analýzy nákladové efektivity. Prvním krokem při aplikaci této metody bývá stanovení cíle, který je popsán výše v části Environmentální cíl redukce fosforu. V dalším kroku jsou v návaznosti na zdroje fosforu navržena vhodná opatření včetně stanovení jejich účinnosti a nákladů na realizaci. Poslední krok tvoří seřazení opatření dle nákladové efektivity.

Základem pro stanovení efektivity opatření je znalost účinnosti jednotlivých opatření, tedy to, jaké množství fosforu je možné pomocí aplikace daného opatření v konkrétním případě odstranit (např. kolik fosforu jsme schopni ročně odstranit modernizací ČOV v konkrétní obci). V případě analýzy na Orlické přehradě bylo stanovení účinnosti provedeno na základě rešerše mezinárodní literatury, modelů a studií zabývajících se účinností opatření v oblasti odpadních vod, rybářství a zemědělství.

Získané údaje byly následně diskutovány s odborníky a doplněny o přirozenou retenci v povodí, tedy schopnost povodí zadržovat fosfor v říční síti při transportu ze zdrojů do vodní nádrže Orlík. V praxi se pro tento účel používá tzv. součinitel exportu, který udává, jaký podíl znečištění vypuštěného ze zdroje se dostane až do vodní nádrže. Každé subpovodí má přitom odlišné schopnosti v zadržování fosforu, proto se hodnota tohoto součinitele dle Hejzlar (2012) pohybovala od 0,69 do 0,99 (0,69 znamená, že 69% fosforu projde do vodní nádrže; 31% zachytí subpovodí). Přirozená retence má zásadní vliv na nákladovou efektivnost opatření. Nižší součinitel exportu snižuje účinnost zkoumané aplikace opatření, neboť i když fosfor na zdroji neodstraníme, stejně jeho část nedoteče do nádrže, protože je zachycen přirozenou retencí během své cesty do nádrže.

U řady opatření byla zjištěna redukce fosforu na vnosu do nádrže menší než 1 kg ročně. Vlivem malého přínosu těchto opatření a v rámci úspor z rozsahu u opatření redukcí větší množství fosforu byly aplikace opatření redukcí fosforu o menší množství než 1 kg ročně z analýzy vyřazeny. Z původních 3 097 tak v analýze zůstalo cca 2 300 možných aplikací opatření, u kterých bylo pro účely provedení analýzy nákladové efektivity nutné dále spočítat náklady na jejich realizaci.

Postup při určování nákladů jednotlivé aplikace opatření odstraňující fosfor byl obdobný jako při určování účinnosti. Základním podkladem se staly různé katalogy, studie a metodiky. Kombinace jednorázových opatření (např. výstavba čistírny odpadních vod) s nástroji každoročními (např. užívání bezorebné technologie) vyžaduje vypořádání se s časovým nesouladem. Náklady na jednotlivá opatření byly diskontovány, délka investice byla sjednocena s životností jednotlivých řešení. K vyjádření současné hodnoty byla

dle doporučení Evropské unie využita úroková míra 4%. U kategorie opatření redukujících fosfor z rybníků se vycházelo při stanovování nákladů z ušlého zisku rybářů při zmenšení produkce ryb.

Posledním krokem před seřazením aplikace jednotlivých opatření pro účely CEA je určení nákladové efektivity prostřednictvím stanovení poměru nákladů a účinku jednotlivých opatření. Tento ukazatel je zachycen v Rovnici 1.

Rovnice 1 Poměr nákladů a efektu

$$\text{Poměrový ukazatel nákladové efektivity} = \frac{\text{celkové náklady na aplikaci opatření}}{\text{kg zachyceného fosforu}}$$

Zdroj: Upraveno pro případ analýzy Orlické přehrady dle Cellini a Kee (2010).

Celkové náklady na aplikaci zkoumaného opatření jsou v tomto ukazateli děleny počtem kg zachyceného fosforu včetně přirozené retence – tedy kg fosforu, který nepřiteče díky aplikaci opatření do vodní nádrže. Ukazatel nákladové efektivity byl dle výše uvedených pravidel stanoven pro veškeré možné aplikace opatření redukující fosfor na vnosu do přehrady o více než 1 kg ročně. Jeho hodnota se pohybovala od 49 Kč/kg fosforu až po částku 10 839 963 Kč/kg. Ukazatel se liší jak v porovnání jednotlivých kategorií, tak i u samotných opatření v rámci dílčích kategorií a podkategorií. Rozdíly jsou dány rozmanitostí zdrojů fosforu, rozdílnou situací v různých subpovodích, stávajícím stavem, množstvím předchozích investic atp.

Seřazení opatření dle nákladové efektivity a celkové náklady

Jak bylo výše uvedeno, jednotlivé aplikace opatření byly seřazeny v rámci analýzy nákladové efektivity dle nákladové efektivity vyjádřené v Kč na odstranění 1 kg fosforu, který nepřiteče do vodní nádrže Orlík. Jelikož se jedná o ekonomicky čistý scénář bez prioritizace určité kategorie opatření, jsou opatření řazena od nejvíce nákladově efektivního po nejméně efektivní. Postupně je kumulativně načítáno nejen množství odstraněného fosforu, ale i celkové náklady na realizaci opatření.

Výsledná skupina kombinace nejefektivnějších opatření je tvořena všemi opatřeními vyskytujícími se v řadě před dosažením kumulativní úrovně 114 t odstraněného fosforu z vodní nádrže (což bylo v úvodní části kapitoly vymezeno jako cíl snížení vnosu fosforu do vodní nádrže Orlík). Na základě tohoto postupu bylo identifikováno 1610 nejefektivnějších opatření, která společně povedou k požadované redukci. Realizace těchto opatření si ročně vyžádá 602 mil. Kč. Podrobnosti k nákladově efektivnímu scénáři dosažení cíle snížení fosforu jsou zachyceny v Tabulce č. 3.

Tab. 3 Struktura nejefektivnějších opatření k redukci 114 t fosforu

Kategorie	Druh opatření	Počet opatření	Odstraněný fosfor (v t)	Roční náklady na opatření (v mil. Kč)
Opatření na odpadních vodách		1278	33,9	266
Zemědělská opatření	Zatravnění 20 m oboustranných pásů	122	5,4	10
	Zatravnění všech svažitých ploch	0	0	0
	Zavedení bezorebných technologií na orné půdě se sklonem > 3°	51	2,0	10
	Nehnojení svažitých (> 3°) pozemků s travními porosty organickými hnojivy	60	3,6	7
Celkem zemědělských opatření		233	11,0	27
Rybářská opatření	Bilančně vyrovnaný chov	19	21,2	47
	Extenzivní chov	80	47,9	263
Celkem rybářských opatření		99	69,1	310
CELKEM		1610	114,0	602

Zdroj: Vlastní analýza na základě dat z Vojáček *et al.* (2014).

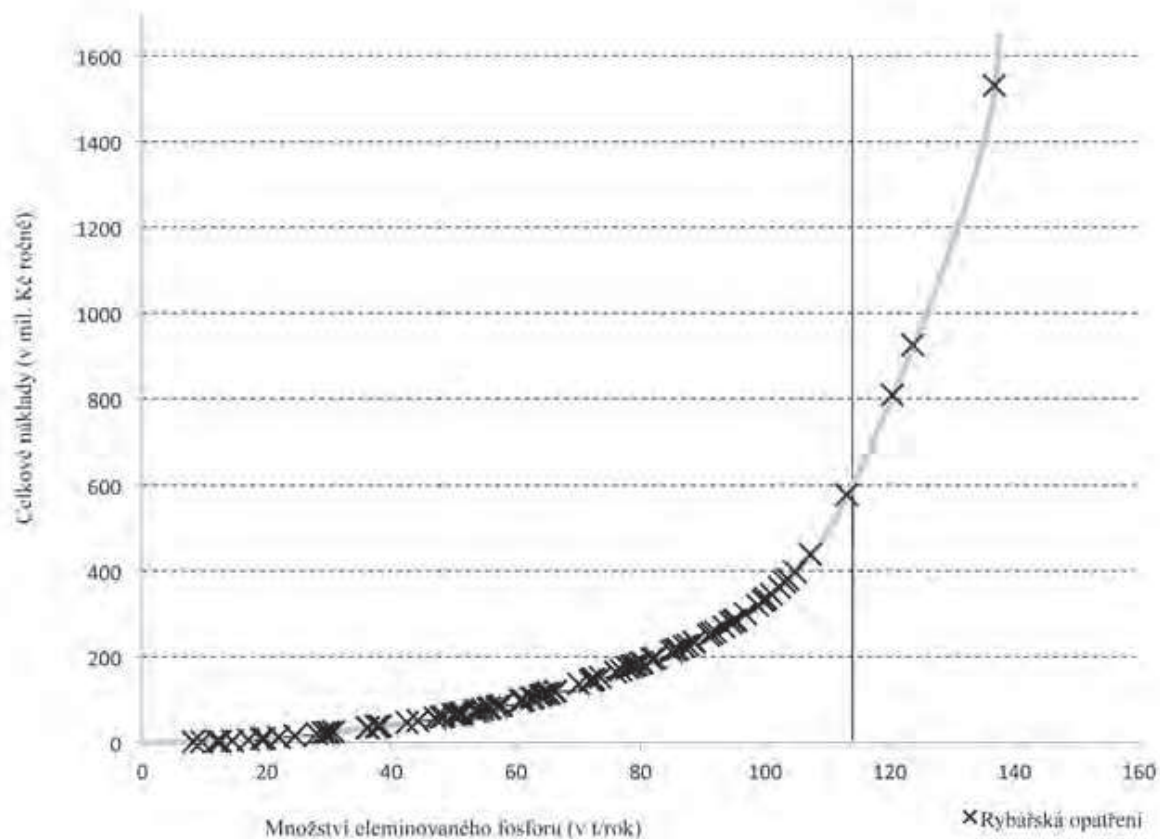
K dosažení cíle je tedy třeba realizovat téměř 2/3 identifikovaných aplikací opatření se schopností odstranit více než 1 kg fosforu. Početně jsou nejvíce zastoupena opatření ve skupině odpadních vod (1278). Jak dále vyplývá z Tabulky 3, na redukci fosforu se bude podílet 233 aplikací zemědělských opatření. Ve výsledném scénáři se nekvalifikovaly žádné aplikace zatravnění svažitých ploch orné půdy o sklonu větším než 7°. Důvodem je zejména to,

že většina aplikací tohoto opatření byla z analýzy vyřazena z důvodu nižší redukce než 1 kg odstraněného fosforu ročně. Ostatní opatření v této kategorii jsou využita rovnoměrně.

Největší význam hrají v nákladově efektivním scénáři rybářská opatření, která se na plnění cíle podílí z 60%. Realizace by si vyžádala v 19 případech redukcí chovu ryb na úroveň bilančně vyrovnanou, v dalších 80 případech pak dokonce přechod na extenzivní chov.

Graf 2 znázorňuje rostoucí náklady na snižování každé další jednotky fosforu na vstupu do vodní nádrže. Křivka zobrazuje kumulativní redukcí fosforu na přítoku do Orlické přehrady při postupném přidávání opatření dle jejich efektivity (poměru ceny/snížení fosforu). Křivka má ve výsledku exponenciální tvar. V Grafu č. 2 jsou pro přehlednost zaneseny pouze veškeré možné aplikace rybářských opatření s redukcí fosforu větší než 1 kg, v Grafu č. 3 jsou obdobně zaneseny aplikace opatření na odpadních vodách a v Grafu č. 4 opatření v oblasti zemědělství. Šedivá křivka znázorňuje vždy náklady všech opatření bez ohledu na kategorii, křížky jsou zachycena konkrétní individuální opatření dané kategorie. Prahové hodnoty 114 tun je dosaženo při již dříve zmíněných nákladech ve výši 602 mil. Kč.

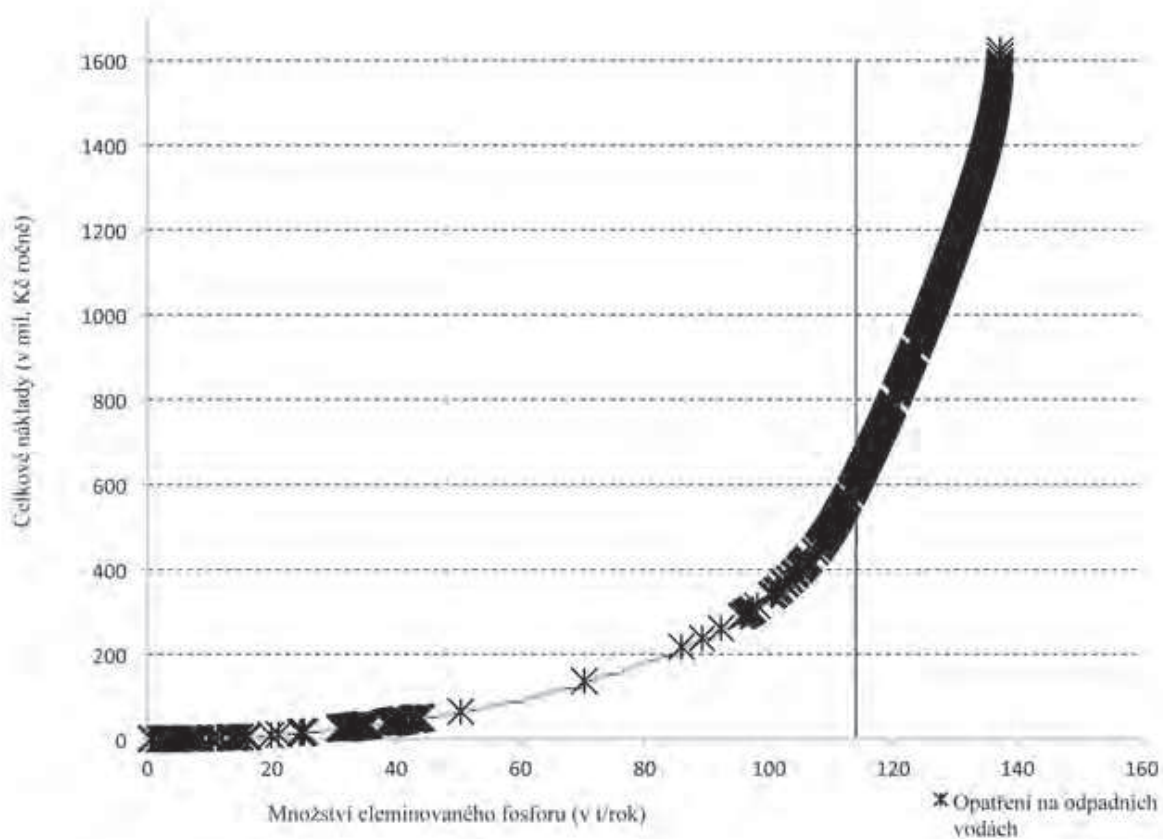
Graf 2 Náklady opatření snižujících vnos fosforu do vodní nádrže: rybářství



Zdroj: Vlastní analýza na základě dat z Vojáček *et al.* (2014).

Z Grafu 2 je patrné, že v rámci nákladově nejefektivnějšího způsobu redukce fosforu je zařazena většina rybářských opatření (jen několik málo rybářských opatření leží za hranicí 114 tun).

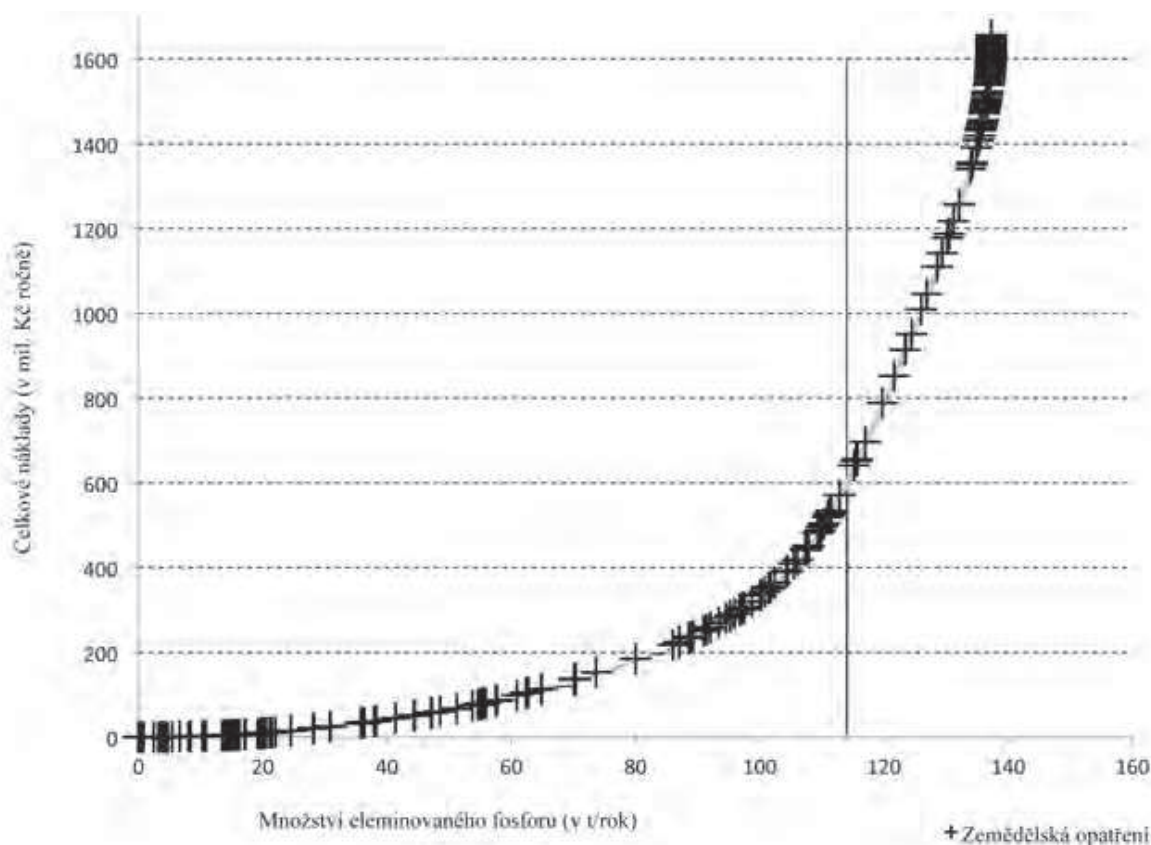
Graf 3 Náklady opatření snižujících vnos fosforu do vodní nádrže: odpadní vody



Zdroj: Vlastní analýza na základě dat z Vojáček *et al.* (2014).

U opatření v oblasti odpadních vod (Graf 3) vidíme, že opatření jsou buď v dolní oblasti křivky – jsou velmi nákladově efektivní, nebo jsou až ve druhé polovině křivky – jsou relativně málo nákladově efektivní. Důvodem je to, že principiálně jde buď o retenční mokřady, které celkově patří k nákladově efektivním variantám odstraňování fosforu, nebo pak o čistírny odpadních vod a rekonstrukce, případně výstavby nových kanalizačních sítí, které jsou velmi nákladné, a proto i jejich nákladová efektivnost je nízká – to jsou většinou ta opatření, která jsou ve druhé části křivky.

Graf 4 Náklady opatření snižujících vnos fosforu do vodní nádrže: zemědělská opatření



Zdroj: Vlastní analýza na základě dat z Vojáček *et al.* (2014).

V oblasti zemědělských opatření (Graf 4) vidíme relativně rovnoměrné rozložení opatření dle nákladové efektivity v průběhu celé křivky nákladů na zamezení.

Shrňme, že ke snížení vnosu fosforu o 114 tun v nákladově efektivním scénáři je nutné realizovat současně veškerá možná rybářská opatření (konkrétně uskutečnit 96 % možných opatření z této skupiny), u odpadních vod je třeba snížit znečištění aplikací 71 % všech zkoumaných možností aplikace opatření odpadních vod a v oblasti zemědělství realizovat 66 % možných opatření.

Přínosy plynoucí ze snížení vnosu fosforu a analýza nákladů a přínosů

Při hodnocení ekonomického optima znečištění nebo posuzování přiměřenosti nákladů dle Rámcové směrnice o vodě (článek 4) je vedle nákladů na daná opatření třeba brát v úvahu i přínosy, které by díky realizaci opatření vznikly nebo vzniknou. Jak vyplývá z Vojáček *et al.* (2014), nízká kvalita vody má za příčinu ztrátu či snížení určitých společenských přínosů vodní nádrže. Při snížení znečištění a odstranění jeho následků vzniknou přínosy v absolutní hodnotě rovné této ztrátě. Hovoříme tedy o potenciálních přínosech ze

snížení zátěže vodní nádrže fosforem ve výši 114 tun ročně. Možné přínosy jsou pro účely této kapitoly členěny následovně:

- 1) Ztráta rekreačních užitků;
 - a) omezení možností koupání;
 - b) vliv na sportovní rybaření;
 - c) jachting;
 - d) kempování (lidé nepřijedou nebo mají nižší užitek z rekreace);
 - e) nižší užitek pro lidi, kteří vlastní rekreační objekt v blízkosti vody.
- 2) Nižší cena rekreačních objektů v blízkosti vody.
- 3) Pokles návštěvnosti a s tím spojených výdajů jednotlivců, pokles příjmů lokálních podnikatelů nabízejících ubytování, stravování a jiné turistické služby.
- 4) Pokles příjmů obcí z rekreačních poplatků.
- 5) Snížení negativních dopadů znečištěné vody na lidské zdraví.

Analýza přínosů

Hlavní důraz byl v případě vodní nádrže Orlík kladen na rekreační užitky. Jak se ukázalo např. u Vojáček a Pecáková (2010) na příkladu eutrofizace vody v Máchově jezeře, ztráta rekreačních užitků je dominantním faktorem v případě eutrofizace vody. Ostatní přínosy jsou při kalkulaci celkových přínosů zahrnuty jako procenta rekreačních benefitů.

V rámci České republiky proběhl rozsáhlý primární sběr dat a ocenění rekreačních užitků na Máchově jezeře (Vojáček & Pecáková, 2010). Špatná kvalita vody zde byla způsobena vysokou koncentrací fosforu (eutrofizací vody). Potenciální rekreační přínosy ze zlepšení kvality vody byly vyčísleny za použití metody výběrového experimentu, který proběhl v letních měsících v roce 2007. Ve fázi předvýzkumu zde byly rekreační užitky identifikovány jako hlavní typy užitků ovlivněných špatnou kvalitou vody, proto se následný výzkum zaměřil na rekreační užitky návštěvníků pláží Máchova jezera během letních období. Výsledkem studie relevantním pro studii benefitů na Orlické přehradě je odhad ochoty rekreantů platit za lepší kvalitu vody v Máchově jezeře – tedy odhad změn rekreačních benefitů při změně kvality vody.

Výsledky ze studie Máchova jezera byly pomocí metody benefit transferu použity pro stanovení přínosů v povodí Orlické přehrady, klíčovým atributem ze studie Máchova jezera je kvalita vody, která byla hodnocena ve třech úrovních:

- 1) čistá voda (bez řas a sinic, vhodná ke koupání);
- 2) mírně znečištěná voda (viditelné množství řas, bez sinic, stále ještě vhodná ke koupání);
- 3) znečištěná voda (velký výskyt řas a sinic, nevhodná ke koupání).

Původní hodnoty byly expertně upraveny na podmínky Orlické přehrady a aktuální ekonomické podmínky ČR. Úroveň ochoty platit byla pro Orlickou

přehradu expertně snížena na 2/3 hodnoty úrovně z Máchova jezera. Rozdíl je dán především vnímáním a výjimečným postavením Máchova jezera v ČR. Z historického pohledu je již z doby komunismu vnímáno jako „české moře“. Máchovo jezero je dále velmi populární, v létě se tu koná mnoho akcí navštěvovaných zejména mladými lidmi. Během dne využívají jezero k rekreaci, večer pak žijí nočním životem. Z tohoto pohledu je Máchovo jezero v ekonomickém smyslu unikátní a adekvátní náhradu lze v České republice jen stěží nalézt. Z těchto důvodů byla ochota platit za zlepšení kvality vody na Orlické přehradě snížena na 2/3 hodnot zjištěné na Máchově jezeře. Hodnoty použité při analýze benefitů jsou zachyceny v Tabulce č. 4. Tabulka ukazuje mezní ochotu platit³ za jednotlivá zlepšení kvality vody. Úroveň 3 označuje znečištěnou vodu, úroveň 1 označuje čistou vodu.

Tab. 4 Hodnoty ochoty platit přenesené na Orlickou přehradu

Zlepšení	Originální studie Máchovo jezero (v Kč 2007)	Originální studie Máchovo jezero (v Kč 2013)	Benefit transfer na Orlickou přehradu 2/3 původní hodnoty (v Kč 2013)
Úroveň 3 --> úroveň 2	200	236	157
Úroveň 2 --> úroveň 1	63	74	49
Úroveň 3 --> úroveň 1	263	310	206

Zdroj: Vojáček *et al.* (2014).

Současný stav kvality vody se v jednotlivých částech přehrady výrazně liší, proto byla celá oblast rozčleněna do tří oblastí, ve kterých proběhla analýza návštěvnosti za účelem zjištění počtu potenciálních příjemců benefitů. Na základě cílového stavu kvality vody byla vytvořena projekce nárůstu návštěvnosti. V rámci oceňování potenciálních přínosů pro rekreaci byly vzaty v úvahu veškeré obce v okruhu 5 km od vodní nádrže a města ve vzdálenosti do 15 km. Pro peněžní ocenění bylo třeba ocenit návštěvnost dané oblasti. Základem byl počet dnů strávených návštěvníky v ubytovacích zařízeních a kempech v letních měsících. Dále byl z údaje o počtu chat a chalup určen počet dní strávených na chalupě jejich majiteli. Z průzkumu vyplynulo, že v oblasti Orlické přehrady tráví chataři v letních měsících v průměru 10 víkendů ve dvou dospělých osobách. Poslední část z celkové návštěvnosti tvořili místní obyvatelé, kde bylo počítáno s každým desátým obyvatelem, kterému plynou z čisté vody 2 dny v létě přínosy. Ze součtu dnů rekreatantů,

³ Ochota platit (WTP, z angl. willingness to pay) je nejvyšší peněžní částka, kterou je jedinec ochoten zaplatit za určitý statek (resp. za vyhnutí se jeho zhoršení). V našem případě se jedná o hypotetickou platbu za zlepšení kvality vody.

chatařů a místních pak vyšel celkový počet dnů strávený u vody. Jak vyplývá z detailní analýzy Vojáček *et al.* (2014), u Orlické přehrady ročně lidé stráví 364700 človeko-dnů.

Pro stanovení přínosů z rekreace je nutné celkový počet dnů strávený u vody vynásobit ochotou platit. S ohledem na zlepšení kvality vody je možné počítat s nárůstem návštěvnosti, proto je třeba za účelem získání odpovídajících údajů vytvořit projekci návštěvnosti do budoucna.

Analýza nákladů a přínosů

Analýza nákladů a přínosů je vhodným nástrojem k posouzení společenského přínosu opatření. Její aplikace na vodní nádrž Orlík tak přináší informace o tom, zda je realizace navržených opatření vycházejících z analýzy CEA společensky optimální. V souvislosti s Rámcovou směrnicí lze mluvit o otázce přiměřenosti nákladů vyvolaných směrnicí. Úvahy o přiměřenosti nákladů vedou ke vzájemnému srovnávání nákladů a z nich plynoucích přínosů. Jedná se o velmi podstatný prvek regulace, neboť s ohledem na vysoké požadavky směrnice kladené na kvalitu vod lze očekávat vysoké náklady na dosažení těchto požadavků a tím i snahu členských států o zmírnění požadavků směrnice prostřednictvím aplikací výjimky (ve smyslu snížení požadavků na dosažovanou kvalitu vod). Jednotliví autoři, kteří aplikují CBA, se shodují na tom, že vyčíslení přínosů je velmi obtížné a zatížené vysokou úrovní nejistoty (např. Jensen *et al.*, 2013; Laurans 2006). Posouzení přiměřenosti pak znamená srovnání nákladů a přínosů a následné zhodnocení, zda je poměr mezi náklady a přínosy takový, že je možné regulaci označit za nepřiměřenou. Mezi autory neexistuje shoda, nakolik mohou převažovat náklady nad přínosy, aby bylo možné považovat opatření za nepřiměřená. S ohledem na vysokou náročnost a nejistotu odhadu benefitů se pokoušejí autoři metodik a studií proces nastavit tak, aby před nutností aplikovat CBA bylo možné vyloučit případy, kdy je dosažení dobrého stavu zjevně (ne)přiměřené. Vylučovací testy před aplikací CBA používají např. Postle *et al.* (2004), Aresti (2008) a Klauer *et al.* (2007).

V případě vodní nádrže Orlík nebyly uplatněny žádné vylučovací testy. Za účelem snížení nejistoty byla vytvořena řada scénářů s odlišnými parametry (návštěvností, ochotou platit, zahrnutými benefity⁴ a diskontní mírou). Tabulka 5 pak obsahuje tři základní scénáře pro časový horizont 2016–2035.

⁴ Procentem zahrnutých benefitů se rozumí podíl kvantifikovaných benefitů z rekreace na celkových benefitech vyjádřených v monetární hodnotě. Např. optimistický scénář počítá s tím, že rekreační benefity tvoří pouze 50% veškerých benefitů. Celkové benefity jsou v tomto případě dvojnásobné.

Tab. 5 Analýza nákladů a přínosů opatření na zlepšení kvality vody v povodí vodní nádrže Orlík pro období 2016–2035

Scénář	Míra návštěvnosti	Násobek hodnoty ochoty platit	Procento zahrnutých benefitů	Diskontní míra	Celkové benefity (v mil. Kč)	Celkové náklady (v mil. Kč)	Benefity – náklady
Optimistický	2,7	1,5	50	7	3974	13 659	-9685
Realistický	1,8	1,0	65	5,5	2002	15 247	-13 245
Pesimistický	1,4	0,7	90	4	1071	17 158	-16 087
Vyrovnaný	4,7	3,8	45	8	12 750	12 750	0

Zdroj: Vojáček *et al.* (2014).

Jak je patrné z výše uvedených výsledků, ve všech třech případech celkové náklady převyšují v daném časovém horizontu přínosy. Z tohoto důvodu byl vytvořen tzv. „vyrovnaný“ scénář, zachycený též v Tabulce 5. Je namodelován tak, aby došlo alespoň k vyrovnání přínosů a nákladů. Výsledky však ukazují, že hodnoty jednotlivých proměnných jsou u tohoto scénáře velmi ne-realistické. Z ekonomického hlediska to znamená, že zlepšení kvality vody by vedlo k poklesu blahobytu společnosti, protože náklady na toto zlepšení jsou vyšší než přínosy. Dle názoru autorů však uvedené výsledky nelze takto jednoznačně interpretovat, analýza obsahuje řadu diskutabilních momentů (viz dále). K těm hlavním patří následující:

- Regionální hodnocení přínosů: V rámci posuzování přínosů byla pozornost soustředěna na Orlickou přehradu, níže po toku se nachází mimo jiné Slapská přehrada, kde by také došlo vlivem realizace opatření v povodí vodní nádrže Orlík ke snížení eutrofizace a nárůstu užitků. Jaký vliv by mělo započítání těchto užitků? Jaké jsou tedy další námi nehodnocené přínosy v celé oblasti, kde by byla zlepšena kvalita vody? Je možné jednoznačně určit, do jaké vzdálenosti budou mít opatření vliv, tedy kam až budou mít reálný dopad realizovaná opatření?
- Ocenění typů přínosů: V rámci přínosů jsou hodnoceny především rekreační užitky, jedná se tedy o posuzování přínosů z antropocentrického pohledu. Jakou úlohu hrají ale dopady na samotnou přírodu? Velikost ostatních přínosů (např. tzv. ekosystémových služeb) byla pouze odhadnuta jako podíl z rekreačních užitků. Tento odhad může být podhodnocený.
- Metodologie ocenění přínosů: V rámci hodnocení přínosů bylo využito metody benefit transfer, jejíž výsledky mohou být zkreslené. Primární sběr dat přímo v lokalitě Orlické přehrady by přispěl k větší přesnosti ocenění přínosů.

- Hledání levnějších cest ke snižování znečištění: V rámci tvorby scénáře snižování emisí fosforu jsme počítali efektivnost a náklady obvyklých opatření ke snižování emisí. Existují však i další možnosti, jak levněji snížit vnos fosforu do nádrže, jako je např. spolupráce měst a obcí s rybníkáři ve využití přirozené retenční schopnosti rybníků aj.

Shrnutí výsledků

V kapitole byla představena analýza znečištění povodí Orlické přehrady fosforem, identifikovány hlavní zdroje znečištění a navržen nákladově efektivní scénář snížení této zátěže na přijatelnou úroveň. Dále byly zkoumány potenciální benefity při dosažení redukce fosforu a představeny hlavní závěry analýzy nákladů a přínosů.

V rámci analýzy nákladové efektivnosti byla hledána nákladově neefektivnější cesta ke splnění požadavků Rámcové směrnice o vodě v povodí vodní nádrže Orlík. Na základě analýzy zdrojů fosforu v povodí byla navržena možná opatření k redukci fosforu z odpadních vod, ze zemědělství a z rybníkářství. Následně byly vypočteny náklady a účinnost jednotlivých aplikací těchto opatření. Z analýzy vyplývá, že k dosažení významného zvýšení kvality vody je nutné snížit přítok fosforu do nádrže o 114 t ročně. V rámci zpracování analýzy nákladové efektivnosti se ukázalo, že nejlevněji lze tohoto cíle dosáhnout při aplikaci 1610 opatření s celkovými ročními náklady 602 mil. Kč. Největší podíl na snížení vnosu fosforu mají rybářská opatření a opatření v oblasti čištění odpadních vod.

Největší podíl na nákladech mají opatření v oblasti rybníkářství. Odstranění 69 t v oblasti rybníkářství bude stát ročně 310 mil. Kč. Náklady jsou vyvolány přechodem ze současného intenzivního chovu k chovu méně zatěžujícímu životní prostředí (tzv. extenzivnímu/balančnímu), který bude znamenat snížení výnosů. Počítané náklady jsou tedy ušlým výdělkem rybníkářů. Redukce fosforu o 34 t v důsledku vyššího čištění odpadních vod bude stát ročně 266 mil. Kč. Náklady na realizaci zemědělských opatření jsou v porovnání s výše uvedenými opatřeními méně významné.

Jako hlavní přínos z redukce fosforu, a tím i eutrofizace jako takové, byl identifikován nárůst rekreačního užitku. Za účelem jeho kvantifikace bylo využito přenosu hodnot (pomocí metody single unit value transfer) ze studie na Máchově jezeře realizované v roce 2007.

Analýza nákladů a přínosů provedená na základě odhadnutých hodnot ukázala, že realizace uvedených opatření ke snížení eutrofizace Orlické přehrady by přinesla čistou společenskou ztrátu, tedy náklady ve sledovaném období převyšují přínosy v tomto období. V rámci citlivostní analýzy byly modelovány nejprve 3 scénáře, které se bohužel v závěrech shodují. Jako experiment byl dále namodelován a v kapitole představen tzv. vyrovaný

scénář nastavený tak, aby se náklady rovnaly přínosům. Scénář ukazuje, že musí být nastaveny velmi nepravděpodobné hodnoty všech parametrů citlivostní analýzy (návštěvnosti, ochoty platit, procenta zahrnutých výsledků a úrokové míry), aby byly náklady a přínosy vyrovnané.

Analýza provedená v povodí Orlické přehrady, její závěry a zjištění, která analýzu provázela a nebyla výše představena, nás vedou k následujícím širším závěrům, které do značné míry přesahují rámec představené případové studie.

Závěrečné zamyšlení

V návaznosti na představené výsledky a na požadavky Rámcové směrnice o vodách vyvstává otázka, jak argumentovat při odmítnutí realizace cílů definovaných Rámcovou směrnicí, když by jejich realizace přinesla společenskou ztrátu. Evropská komise v takových situacích sice nabízí možnost využití argumentu nepřiměřených nákladů, které vedou k výjimce z dosažení dobrého ekologického stavu, nicméně nabádá přitom k tomu, aby i tam, kde bude aplikována výjimka pro nepřiměřené náklady, byla aplikována všechna možná opatření, která nejsou nepřiměřená.

Proto se nabízí rozdělení otázky na 2 části: (i) zda je analýza nákladů a přínosů vhodným analytickým nástrojem k socio-ekonomickému vyhodnocení změn v kvalitě vod a (ii) jakou váhu je rozumné přikládat závěrům CBA ve vztahu k možným výjimkám a hodnocení cílů Rámcové směrnice.

Vzhledem k tomu, že je možné cílů kvality vod dosahovat variantním způsobem, je nutnou součástí analýzy nákladů a přínosů tzv. analýza nákladové efektivnosti. Tu je účelné realizovat vždy, neboť jejím prostřednictvím je možné dosáhnout významné redukce nákladů na dosahování definovaných cílů, i když tyto cíle mohou být změkčeny na základě pozdějšího zhodnocení benefitů.

Analýza benefitů, resp. zejm. CBA, pak poskytuje dodatečnou informaci o tom, zda cíle, které vyplývají z předmětné regulace, jsou nastaveny přiměřeně, tedy že poměr mezi přínosy pro společnost z dosahování cílů v kvalitě vod není ve významném nepoměru k nákladům na jejich dosahování. Jak uvádí Evropská komise (2009, s. 13), z „logiky Rámcové směrnice je zřejmé, že posuzování přiměřenosti dává smysl pouze v případech, kdy je identifikována nákladově efektivní kombinace opatření na dosažení cíle“.

V politické rovině je analýza nákladů a přínosů jednotlivých opatření nutná k tomu, aby umožnila vyhodnocení, které je nezbytné k rozhodnutí o výjimce. I tak ovšem nelze učinit jednoznačný závěr, že regulace je nepřiměřená. Za nepřiměřené by neměly být jednoduše vyhodnoceny ty případy, kdy kvantifikované náklady převýší kvantifikované přínosy. Z výkladu pojmu „proportionality“ vyplývá, že získané přínosy by neměly být ve významném nepoměru k nákladům na jejich dosahování.

CBA je tedy vhodná jako podpora rozhodování, avšak při nastavování cílů regulace by měly být zváženy i její širší aspekty a kvalitativní vyhodnocení benefitů, které lze pouze velmi obtížně kvantifikovat. Cíle Rámcové směrnice a možnosti aplikace výjimky pak slouží k zohlednění této širší perspektivy a k možnostem zahrnout do rozhodování např. princip předběžné opatrnosti nebo možný vývoj kvality vod s ohledem na projekce klimatických změn.

Vodní ekosystémy jsou komplexní. Otázkou je, zda výpočet benefitů přes zjišťování ochoty platit může postihnout věrohodný odhad benefitů, jako jsou snížení míry rizika v obdobích sucha atp. V tomto směru je vhodné s výsledky ochoty platit pracovat opatrně. Jako liberálně smýšlející ekonomové se autoři kapitoly nemohou ztotožnit s ideou osvětleného vševědoucího regulátora, na druhé straně se nám zdá zjevné, že vodní ekosystémy jsou natolik komplexními systémy, s tak heterogenními přínosy s nimi spojenými, že využití CBA vyvinuté primárně jako metoda hodnocení uzavřených a jasně ohraničených projektů, je v tomto kontextu přinejmenším diskutabilní.

Proto lze dle našeho názoru konstatovat, že analýza benefitů by měla být prováděna, ale její závěry by neměly být přeceňovány a následné rozhodování o politice životního prostředí by nemělo probíhat ryze na jejím základě.

Provedená analýza také ukázala na extrémní nutnost provádění podobných typů analýz v povodích a před samotnou realizací opatření ke snížení znečištění vod. Na důkaz tohoto tvrzení uvedme stávající realizovaná opatření v povodí Orlické přehrady, kdy na základě dostupných dat dojde ke snížení vnosu fosforu do nádrže o přibližně 22 tun/rok při vynaložení 465 mil. Kč ročně. Pokud porovnáme toto číslo s redukcí o 114 tun/rok při nákladech 602 mil. Kč z analýzy v nákladově efektivním scénáři představeném výše, je zjevné, že provádění ekonomických analýz může vést k výrazné úspoře finančních prostředků při snižování znečištění vod v ČR.

Poděkování

Výzkum byl podpořen Evropskou unií v rámci projektu REFRESH ze 7. Rámcového programu EU. Děkujeme doc. Ing. Josefu Hejzlarovi, CSc. z Hydrobiologického ústavu Biologického centra Akademie věd ČR, v. o. s. za spolupráci.

Literatura

Ambrožová, J. (2003). *Aplikovaná a technická hydrobiologie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.

- Aresti, M. L. (2008). *An Investigation of Regulatory Efficiency with Reference to the EU Water Framework Directive: An Application to Scottish Agriculture* (Dizertační práce). The University of Edinburgh.
- Balana, B. B., Vinten, A., & Slee, B. (2011). A Review on Cost-effectiveness Analysis of Agri-environmental Measures Related to the EU WFD: Key Issues, Methods, and Applications. *Ecological Economics*, 70, 1021–1031.
- Boynd, C. E., & Tucker, C. S. (1998). *Pond Aquaculture Water Quality Management*. Norwell: Kluwer Academic Publishers.
- Cellini, S. R., & Kee, J. E. (2010). Cost-Effectiveness and Cost-Benefit Analysis. In J. S. Wholey, H. P. Hatry & K. E. Newcomer (Eds.), *Handbook of Practical Program Evaluation* (s. 493–530). Jossey-Bass.
- CENIA. (2008). *Hospodářství a životní prostředí v České republice po roce 1989*. Praha: CENIA.
- Český statistický úřad. (2015). *Charakteristika Jihočeského kraje*. Dostupné z https://www.czso.cz/csu/xc/charakteristika_kraje
- Evropská komise. (2009). *CIS Guidance Document No. 20: Guidance on Exemptions to the Environmental Objectives*.
- Evropský parlament. (2000). *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky*. Dostupné z <http://eur-lex.europa.eu>
- Hejzlar, J., et al. (2010). *Bilance zdrojů fosforu a dusíku v povodí nádrže Orlick*. Studie pro Povodí Vltavy, státní podnik, Praha. České Budějovice: Biologické centrum AV ČR, Hydrobiologický ústav.
- Hejzlar, J. (2012). *Metodika CEA opatření v povodí nádrže Orlick pro snížení znečištění přítoků do nádrže fosforem na takovou úroveň, aby v nádrži přestalo docházet k eutrofizaci a masovému výskytu vodního květu sinic*. Pracovní materiál k projektu REFRESH, WP6. České Budějovice: Biologické centrum AV ČR, Hydrobiologický ústav.
- Hejzlar, J. et al. (2014). *Deliverable 7.17: Synthesis of Work at River Vltava Catchment*. Výstup z projektu REFRESH. Dostupné z http://www.refresh.ucl.ac.uk/webfm_send/2374
- Chave, P. (2001). *The EU Water Framework Directive: An Introduction*. IWA Publishing.
- Jensen, C. L., et al. (2013). A Practical CBA-based Screening Procedure for Identification of River Basins where the Costs of Fulfilling the WFD Requirements May be Disproportionate – Applied to the case of Denmark. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 2(2), 164–200.
- Klauer, B., et al. (2007). *Verhältnismäßigkeit der Maßnahmenkosten im Sinne der EG-Wasserrahmenrichtlinie – komplementäre Kriterien zur Kosten-Nutzen-Analyse*. Leipzig: Helmholtz – Zentrum für Umweltforschung.
- Konečná, J., et al. (2014). *Hodnocení ekonomických aspektů protierozní ochrany zemědělské půdy*. Certifikovaná metodika. Brno: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy.

- Laurans, Y. (2006, duben). Implementing Cost-effectiveness Analysis: Perspectives Based on Recent French Pilot Studies. Příspěvek na konferenci *Messe Wasser Berlin*.
- Paul, E., Laval, M. L., & Sperandio, M. (2001). Excess Sludge Production and Costs Due to Phosphorus Removal. *Environmental Technology*, 22(11), 1363–1371.
- Postle, M., et al. (2004). *CEA and Developing a Methodology for Assessing Disproportionate Costs*. Final Report for DEFRA. London: Risk & Policy Analysts Limited.
- Povodí Vltavy. (2009a). *Základní informace o plánech oblastí povodí a programech opatření pro správný obvod Jihočeského kraje*. Povodí Vltavy. Dostupné z <http://www.pvl.cz/files/download/planovani-v-oblasti-vod/aktuality/jihocesky-kraj.pdf>.
- Povodí Vltavy. (2009b). *Plán oblasti povodí Horní Vltavy*. Povodí Vltavy. Dostupné z <http://www.pvl.cz/planovani-v-oblasti-vod/schvalene-plany-oblasti-povodi-hv-be-dv/plan-oblasti-povodi-horni-vltavy>
- Povodí Vltavy. (2009c). *Plán oblasti povodí Dolní Vltavy*. Povodí Vltavy. Dostupné z <http://www.pvl.cz/planovani-v-oblasti-vod/schvalene-plany-oblasti-povodi-hv-be-dv/plan-oblasti-povodi-dolni-vltavy>
- Povodí Vltavy. (2013). *Přehledy plnění programů opatření v oblastech povodí Horní Vltavy za roky 2010 až 2012* (veřejně nedostupná data). Povodí Vltavy.
- Reinhardt, M., et al. (2005). Phosphorus Retention in Small Constructed Wetlands Treating Agricultural Drainage Water. *Journal of Environmental Quality*, 34(4), 1251–1259.
- Reynolds, C. S. (1992). Eutrophication and the Management of Planktonic Algae: What Vollenweider Couldn't Tell Us. In D. W. Sutcliffe & J. J. Gwynfryn (Ed.), *Eutrophication: Research and Application to Water Supply* (s. 4–29). Ambleside: Freshwater Biological Association.
- Smith, V. H. (2003). Eutrophication of Freshwater and Coastal Marine Ecosystems. A Global Problem. *Environmental Science and Pollution Research*, 10(2), 126–139.
- Slavík, J. (2007). Neoklasická ekonomie a ochrana životního prostředí. *Politická ekonomie*, 55(4), 526–537.
- Slavíková, L., Šimová, T., & Slavík, J. (2011). Kvalitativně orientované metody socioekonomického výzkumu a jejich využití v ekonomii životního prostředí. *Ekonomický časopis*, 59(8), 823–840.
- Soukopová, J. (2009). Kvantitativní metody a jejich využití při hodnocení efektivnosti výdajů místních rozpočtů. In M. Žák (Ed.), *Účetnictví a reporting udržitelného rozvoje na mikroekonomické a makroekonomické úrovni*. Praha: Linde nakladatelství, s. r. o.
- Švejdarová, H. (2012). *Prezentace o stavu prací CEA pro povodí n. Orlík*. Výstup pro schůzi WP6 projektu REFRESH. Patras, 8.–9. 10. 2012.
- Tacon, A. G. J. (1995). Application of Nutrient Requirement Data Under Practical Conditions: Special Problems of Intensive and Semi-intensive Fish Farming Systems. *Journal of Applied Ichthyology*, 11(3–4), 205–214.
- Vojáček, O., & Pecáková, I. (2010). Comparison of Discrete Choice Models for Environmental Research. *Prague Economic Papers*, 19(1), 35–53.

- Vojáček, O., et al. (2014). *Deliverable 6.19: Cost-effectiveness Analysis Report for the Vltava Catchment, Czech Republic, Including Analysis of Disproportionality*. Výstup z projektu REFRESH. Dostupné z http://www.ieep.cz/download/publikace/cea_orlik.pdf
- Yang, W., Sheng, C., & Voroney, P. (2005). Spatial Targeting of Conservation Tillage to Improve Water Quality and Carbon Retention Benefits. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 53(4), 477–500.