



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ

INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

**TECHNICKO-EKONOMICKÉ POSOUZENÍ PROJEKTŮ
ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD A JEJICH DOPADU NA
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ**

TECHNICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF PROJECTS OF WASTEWATER
TREATMENT PLANTS AND THEIR IMPACT ON THE ENVIRONMENT

ZKRÁCENÁ VERZE DISERTAČNÍ PRÁCE

SHORTENED VERSION OF DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. JIŘINA TURKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JANA KORYTÁROVÁ, Ph.D.

BRNO 2020

KLÍČOVÁ SLOVA

Analýza nákladů a přínosů, čistírna odpadních vod, ekonomická analýza, ekonomická čistá současná hodnota, metoda datových obalů, přírůstek k celospolečenskému přínosu, socio – ekonomické dopady, životní prostředí.

KEYWORDS

Cost Benefit Analysis, Wastewater Treatment Plant, Economic Analysis, Economic Net Present Value, Data Envelopment Analysis, Increment to Societal Benefit, Socio – Economic Impacts, Environment.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Ing. Jiřina Turková, *Technicko-ekonomické posouzení projektů čistíren odpadních vod a jejich dopadu na životní prostředí*. Brno, 2020. 174 s., 27 s. příl. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce doc. Ing. Jana Korytářová, Ph.D.

OBSAH

1	Úvod	5
2	Cíle disertační práce a výzkumné otázky	5
3	Teoretická východiska a současný stav problematiky	6
3.1	Life Cycle Assessment	7
3.2	Cost Benefit Analysis	7
3.2.1	<i>Finanční analýza CBA</i>	8
3.2.2	<i>Ekonomická analýza CBA</i>	9
3.2.3	<i>Kritériální ukazatele finanční/ekonomické efektivnosti</i>	9
3.2.4	<i>Silné a slabé stránky CBA</i>	10
3.3	Data Envelopment Analysis	11
3.3.1	<i>Základní modely DEA</i>	12
3.3.2	<i>Silné a slabé stránky DEA</i>	12
3.4	Shrnutí provedené literární rešerše	13
4	Výzkumná část – Aplikace hodnotících nástrojů a výsledky řešení	15
4.1	Finanční a ekonomická analýza projektů ČOV	15
4.1.1	<i>Simulace finanční analýzy</i>	15
4.1.2	<i>Simulace ekonomické analýzy</i>	15
4.1.3	<i>Návrh dalších socio-ekonomických dopadů</i>	16
4.1.4	<i>Přírůstek k celospolečenskému přínosu</i>	19
4.2	Aplikace metody DEA	20
4.2.1	<i>Simulace modelu CCR</i>	21
4.2.2	<i>Simulace modelu BCC</i>	24
5	Závěr	27
5.1	Vyhodnocení stanovených výzkumných otázek	27
5.2	Přínos práce pro praxi	29
5.3	Shrnutí	29
	Seznam použité literatury	30
	Curriculum Vitae	32
	Publikační činnost	34
	Abstract	35

1 ÚVOD

Disertační práce se zabývá problematikou kvantifikace dopadů investičních projektů z oblasti vodního hospodářství na životní prostředí. Konkrétně se jedná o čistírny odpadních vod (dále také jako „ČOV“), které přinášejí jak pozitivní, tak také negativní externality s celospolečenským dopadem. Ačkoliv jsou tyto dopady velmi obtížně ocnitelné (nemají zpravidla žádnou tržní hodnotu), jejich finanční vyjádření je pro posouzení ekonomické efektivity projektů ČOV nezbytné.

V úvodu práce je provedena rozsáhlá literární rešerše, která ukazuje přehled nejčastěji využívaných metod hodnocení environmentálních vlivů, které se liší jak svou náročností zpracování, tak také strukturou vstupních a výstupních informací. S ohledem na místní podmínky i legislativu ČR je jako nejvhodnější metoda pro výzkumné simulace zvolena Analýza nákladů a přínosů (Cost Benefit Analysis, dále také jako „CBA“), která je již tradičním nástrojem pro hodnocení ekonomické efektivity investičních projektů v různých oblastech. V ekonomické analýze, která je nedílnou součástí CBA, jsou standardně hodnocené celospolečenské dopady rozšířeny o další možné přínosy spojené s realizací projektu. Hlavním výstupem práce je pak vyčíslení přírůstku k celospolečenskému přínosu projektu jako rozdílu ekonomické čisté současné hodnoty investice se standardními a individuálně navrženými socio – ekonomickými dopady.

Jako alternativa k tradičnímu přístupu je simulována Metoda datových obalů (Data Envelopment Analysis, dále také jako „DEA“), která je využívána spíše v oblasti hodnocení efektivity funkčních jednotek z pohledu výkonnosti, nikoliv dopadu na životní prostředí. Ačkoliv není metoda v České republice pro projekty čistíren odpadních vod využívána, může sloužit jako velmi účinný nástroj při manažerském rozhodování.

2 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY

Cílem disertační práce je průkazným a exaktním způsobem popsat metody vícekriteriálního rozhodování, které by mohly být úspěšně uplatněny v rámci technicko-ekonomického hodnocení projektů čistíren odpadních vod. Jedná se zejména o rozšíření analýzy nákladů a přínosů o ocenění dalších celospolečenských užitků a následné vyčíslení přírůstku k celospolečenskému přínosu, a dále o hledání a aplikaci alternativních metod, např. metody datových obalů. Konečným výstupem je výběr nejvhodnější metody s ohledem na zdůraznění pozitivního dopadu projektů na životní prostředí. Výsledek práce lze využít při ověřování a posuzování veřejných investic nejenom čistíren odpadních vod, ale i ostatních projektů z oblasti vodního hospodářství.

Na základě uvedeného cíle a základních úkolů byly stanoveny následující vstupní výzkumné otázky pro směřování disertační práce:

- **VO1:** *Prostřednictvím rozšířené analýzy nákladů a přínosů (Cost Benefit Analysis, CBA) lze přesněji stanovit ekonomickou efektivnost projektů ČOV s ohledem na dopady na životní prostředí při zachování cílů udržitelného rozvoje.*
- **VO2:** *Pro hodnocení technicko-ekonomické efektivnosti ČOV lze využít také metodu datových obalů (Data Envelopment Analysis, DEA) založené na lineárním programování. Metoda měří výkonnost homogenních produkčních jednotek s konstantními i variabilními vstupy a výstupy, a může tak vhodně doplnit výsledky CBA zejména v provozní fázi projektu.*

3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA A SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

Ochrana životního prostředí představuje rozsáhlou problematiku zahrnující výzkum reprodukce přírodních zdrojů, vymezení a vyjadřování kritérií pro rozhodování o těchto zdrojích, zkoumání ekonomických aspektů ochrany životního prostředí apod. Spolu se vznikem globálních ekologických problémů a s prohlubováním neudržitelných trendů rozvoje společnosti byly představiteli většiny států světa přijaty cíle a opatření, která by měla dosáhnout udržitelného rozvoje společnosti (Rebitzer a kol., 2004; Mezříčský, 2005). K vyjasnění konceptu trvale udržitelného rozvoje existuje řada definic (Balkema a kol., 2002). Jedna z nejznámějších (Hanley a kol., 2001) byla v roce 1987 představena Světovou komisí pro životní prostředí a rozvoj, která uvádí, že „se jedná o takový rozvoj, který naplňuje potřeby současné generace, aniž by ohrozil schopnost budoucích generací naplňovat potřeby své“. Ochrana vody obecně představuje komplexní soubor činností zaměřujících se na vody povrchové i podzemní, a to v souladu s legislativními požadavky daného státu. Základním právním předpisem Evropského parlamentu a Rady ustavujícím rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky členských států vztahujícího se na celou oblast životního prostředí je směrnice 2000/60/ES z 23. října 2000. Tato směrnice, též označovaná jako Rámcová směrnice o vodách (RSV), cílí na zlepšení stavu vodních ekosystémů a vodního prostředí, podporuje také udržitelné užívání vody, zajišťuje snižování znečišťování podzemních vod a přispívá ke zmírnění účinku povodní a období sucha. Článek 5 této směrnice nařizuje všem členským státům pro každou oblast povodí a pro část mezinárodní oblasti povodí ležící na jeho území zpracovat analýzu jejích charakteristik, zhodnotit dopady lidské činnosti na stav povrchových vod a podzemních vod a provést ekonomickou analýzu užívání vod. V rámci provedené literární rešerše byly podrobně zkoumány vědecké články a odborné publikace především zahraničních autorů. Hlavním zdrojem dat byly abstraktové a citační databáze odborné recenzované literatury Scopus, Sciencedirect, Web of Science apod. Za použití anglických klíčových slov jako např. Environmental Impact of WWTP, Environmental assessment, Economic Evaluation of WWTP atd., bylo analyzováno celkem 63 odborných článků zaměřených na danou problematiku vydaných v letech 2000–2019.

Jedním z nejčastěji aplikovaných nástrojů pro hodnocení dopadů na životní prostředí u čistíren odpadních vod je metoda, kterou lze začlenit do souboru metod environmentálního managementu, a to Posuzování životního cyklu (Life Cycle Assessment, LCA). Metoda se objevila v analyzovaných publikacích (samostatně či v kombinaci s dalšími metodami) ve více než 53 % případů. Při hodnocení ekonomické efektivity projektů ČOV je dále často využívána Analýza nákladů a přínosů, která se objevuje zejména u evropských autorů. Tuto informaci lze přisoudit skutečnosti, že CBA je výslovně vyžadována u projektů spolufinancovaných v rámci operačních programů Evropského fondu pro regionální rozvoj a Fondu soudržnosti. Pouze u 7 publikací se pak autoři věnují využití metody lineárního programování, označované jako Metoda datových obalů, která není primárně určena pro hodnocení environmentálních dopadů, ale jak je z rešerše zřejmé, může být úspěšně aplikována také pro vodohospodářské projekty.

3.1 Life Cycle Assessment

Metoda posouzení životního cyklu představuje komplexní nástroj sloužící k identifikaci a hodnocení environmentálních aspektů projektu, a to ve všech stádiích životního cyklu (Finnveden a kol., 2009). Ačkoliv byla metoda vyvinuta již kolem roku 1960 (Corominas a kol., 2013), hojně využívána a standardizována byla až od roku 1990 (Hoogmartens a kol., 2014). Dle Zang a kol. (2015) se však metoda neustále vyvíjí a modifikuje. LCA zkoumá dopady na životní prostředí ve 3 dimenzích, a to environmentální, ekonomické a sociální, které generují všechny produkty/služby v průběhu svého životního cyklu. Zahrnuje již fázi získávání základních surovin, výrobu materiálu i výsledného produktu, jeho další využívání až po konečné odstranění včetně možností opětovné recyklace (Kočí, 2013). Přínosem metody je jistě její komplexnost, která pomocí vhodně zvolené sady nástrojů podává pravdivý obraz o skutečných environmentálních dopadech produktů (použitých procesech i technologiích) v průběhu jejich celého životního cyklu (Rebitzer a kol., 2004; Dong a kol., 2016, Sala-Garrido a kol., 2011). Zahrnutí všech vlivů na životní prostředí, které jsou s životním cyklem produktového systému spojené je však velmi náročné. Metoda klade vysoké nároky na kvalitu vstupních dat, a to z hlediska času, personálních kapacit i odborných znalostí. Získaná data mohou být dále obtížně kvantifikovatelná, neboť se jedná o rozličné posuzované oblasti, např. dopady na lidské zdraví, životní prostředí, místní poměry, geografické určení aj. (Finnveden a kol., 2009; Dixon a kol., 2003, Dong a kol., 2016, Hoogmartens a kol., 2014).

3.2 Cost Benefit Analysis

Druhou nejčastěji využívanou metodou zkoumaného vzorku publikací je Analýza nákladů a přínosů, která je známa jako nejčastěji používaný nástroj hodnocení ekonomické efektivity investičních projektů (Abelson, 1997; Barbier a kol., 1990; Hanley a Spash, 1993; Molinos- Senante a kol., 2011 a řada dalších).

Metoda představuje stěžejní metodický postup pro hodnocení ekonomické efektivity investičních projektů (Molinos-Senante, 2011). Náklady („cost“) představují veškeré negativní dopady na zkoumaný subjekt či více subjektů, přínosy („benefit“) jsou pak definovány jako dopady pozitivní (Sieber, 2004).

CBA podává komplexní obraz o plánovaném investičním projektu a slouží jako důkazní materiál, že projekt lze v dané podobě realizovat a že bude přínosem nejen pro investory, ale i pro společnost jako takovou (Ochrana, 2005). Z tohoto důvodu je velmi často využívána pro hodnocení ekonomické efektivity veřejných projektů, neboť je u nich zkoumán zejména klíčový dopad na společnost. Podstatou CBA je kvantifikace veškerých pozitivních i negativních efektů plynoucích z projektu a zdrojů vynaložených na jejich dosažení. Takto kvantifikované náklady a užitky jsou následně transformovány na peněžní toky. Nejnáročnější částí analýzy je závěrečné ocenění nefinančních nákladů a užitků (Campbell a Brown, 2003; Korytářová a Hromádka, 2007). Základním principem metody je porovnání současné hodnoty přínosů ku současné hodnotě nákladů, které jsou projektem generovány s cílem vybrat optimální varianty řešení (Sieber, 2004). Molinos-Senante (2011) ve své práci zdůrazňuje, že princip CBA je odlišný od standardně používaných finančních analýz, ve kterých jsou náklady a výnosy porovnávány pouze z interního hlediska, posuzují se přínos pouze pro samotný podnikatelský subjekt.

Dle Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projects (2014) se jedná o analytický nástroj využívaný pro hodnocení investičních rozhodnutí, jehož cílem je posouzení jejich přispění ke změně úrovně blahobytu spolu s dosažením cílů politiky soudržnosti EU. Povinnost zpracování Analýzy nákladů a přínosů u investičních záměrů spolufinancovaných z EU vychází z článku 100 nařízení č. 1303/2013. Tato podmínka se vztahuje na tzv. velké projekty, jejichž celkové náklady přesahují 50 mil. EUR, respektive 75 mil. EUR dle článku 9 odst. 7 nařízení č. 1303/2013. Z pohledu podmínek Operačních programů České republiky se však může limit investičních nákladů pro nutnost zpracování CBA lišit, např. souladu s Metodickým pokynem pro řízení výzev, hodnocení a výběr projektů v programovém období 2014-2020 (verze 5, platnost od listopadu 2017) vydané Ministerstvem pro místní rozvoj, Národním orgánem pro koordinaci je doložení finanční a ekonomické analýzy nezbytné pro projekty vytvářející příjmy podle článku 61 výše definovaného nařízení EU. Ministerstvo životního prostředí taktéž ve své Uživatelské příručce procesu zpracování CBA v IS KP14+ pro OPŽP 2014–2020 (verze: 5.0, 2018) vyžaduje zpracovat finanční část CBA u všech projektů vytvářejících příjmy dle článku 61 obecného nařízení (EU) č. 1303/2013. Současně však dodává, že finanční analýzu je nezbytné vypracovat také u projektů s celkovými způsobilými výdaji nad 5 mil. Kč. Ekonomická analýza je pak povinná u projektů s výdaji nad 100 mil. Kč.

3.2.1 Finanční analýza CBA

Účelem finanční analýzy je posouzení ziskovosti projektu pro investora (případně i další zúčastněné strany) a ověření jeho finanční udržitelnosti v průběhu celé životnosti projektu a jeho pravděpodobných dlouhodobých dopadů.

Vstupními proměnnými jsou pak především investiční náklady (nákup pozemků, budov, strojů, technologií apod.), provozní náklady (mzdové náklady na zaměstnance včetně zákonného pojištění, energie, služby apod.), ostatní náklady (úroky z úvěrů, daně, ostatní finanční náklady) na jedné straně a na straně druhé příjmy plynoucí z investice a zdroje financování (vlastní kapitál, úvěr, získané dotace či příspěvky z veřejných zdrojů), případně také zůstatková hodnota investice. Vzhledem k tomu, že náklady a výnosy projektu zpravidla nevznikají ve stejnou dobu, je tak při výpočtech nezbytné zohlednit časovou hodnotu peněz v průběhu celého životního cyklu projektu. Tato skutečnost se provádí matematickým výpočtem za použití diskontní sazby, prostřednictvím které jsou budoucí peněžní toky převedeny na současnou hodnotu.

Výstupem finanční části analýzy nákladů a přínosů jsou vypočtené kritériální ukazatele, pomocí kterých jsou následně jednotlivé investiční záměry hodnoceny z hlediska efektivnosti. V CBA jsou využívány tradiční ukazatele ekonomiky investic založené na diskontování, čímž je v matematickém výpočtu zohledněn právě faktor času (Korytářová, 2006).

3.2.2 Ekonomická analýza CBA

Zatímco cílem finanční analýzy CBA je prokázání dlouhodobé životnosti projektu a návratnosti vložených investic, ekonomická analýza hodnotí přínos projektu z celospolečenského hlediska. Je zpravidla využívána při hodnocení efektivnosti veřejných projektů, u kterých nejsou důležité přínosy pro samotného investora, ale přínos společnosti jako celku (Korytářová a Hromádka, 2007). Beneficienty takových projektů jsou většinou obyvatelé daného města (obce, kraje, státu apod.), domácnosti, podnikatelské subjekty aj.

Cílem ekonomické analýzy je kvantifikace všech socio-ekonomických přínosů a nákladů, které vstupují do procesu hodnocení, na jehož základě je rozhodnuto o realizaci daného projektu. Jedním z nejdůležitějších a současně nejobtížnějších kroků celé analýzy je proto vymezení a kvantifikace všech nákladů a užitků plynoucích z investice. Nejen správná kvantifikace nákladů a užitků projektu je důležitá pro správné stanovení ekonomické efektivnosti projektu, ale také jejich časové rozlišení (Sieber, 2004). Zpracovatel analýzy tak musí mít dostatek informací i zkušeností, aby správně identifikoval všechny dopady plynoucí z projektu a současně, aby nezahrnul některé náklady nebo přínosy, které s realizací nesouvisí, ale mohly by výrazně ovlivnit výsledek hodnocení.

3.2.3 Kritériální ukazatele finanční/ekonomické efektivnosti

Výstupem analýzy, ať už její finanční či ekonomické části, jsou kritériální ukazatele, pomocí kterých jsou následně jednotlivé investiční záměry hodnoceny z hlediska efektivnosti. V CBA jsou zohledněním časové hodnoty peněžních toků v jednotlivých letech výsledné hodnoty kritériálních ukazatelů výrazně ovlivněny. Budoucí peněžní toky jsou diskontovány k současnému okamžiku pomocí diskontního faktoru. Hodnocení je založeno na následujících kritériálních ukazatelích:

- Čistá současná hodnota (NPV – Net Present Value) představuje součet současné hodnoty budoucích hotovostních toků plynoucích z investice a hotovostního toku v nultém roce (investičních výdajů), (Sieber, 2004).
- Vnitřní výnosové procento (IRR – Internal Rate of Return) vyjadřuje rentabilitu investice, kterou projekt poskytuje během svého životního cyklu. V okamžiku, kdy je čistá současná hodnota nulová, rovná se vnitřní výnosové procento hodnotě diskontní sazby (Fotr a Souček, 2011).
- Index rentability (Benefit Cost Ratio, BCR) nebo také index ziskovosti je vypočítán jako podíl čisté současné hodnoty vůči investovaným prostředkům v nultém roce. Zjednodušeněji řečeno vyjadřuje, jaké diskontované příjmy vygeneruje investorům jedna investovaná koruna.
- Doba návratnosti (PB – Pay Back) je počet let, které jsou zapotřebí k tomu, aby se kumulované prognózované hotovostní toky vyrovnaly počáteční investici. Investiční projekt lze považovat za přijatelný, pokud je ukazatel nižší, než je doba životnosti projektu. Přičemž čím je jeho hodnota nižší, tím lepší je z tohoto hlediska daný investiční záměr. Při vzájemném porovnávání projektů by měl být volen ten projekt, jehož hodnota doby návratnosti je nižší. V praxi jsou využívány dva druhy doby návratnosti, a to prostá doba, u které není zohledněn faktor času a diskontovaná doba návratnosti počítající s vlivem času (Sieber, 2004).

3.2.4 Silné a slabé stránky CBA

Mezi silné stránky metody patří zejména:

- Hodnocení celospolečenských dopadů – cílem analýzy nákladů a užitků je zhodnotit dopady veřejného projektu na společnost jako takovou, jak uvádí autoři Molinos-Senante a kol. (2011) ekonomická analýza zohledňuje jak interní přínosy a náklady, tak také ty externí, pracuje s oportunitními náklady, negativními i pozitivními environmentálními externalitami atd.
- Transparentní posouzení – finanční i ekonomická analýza pracuje s peněžními toky a dalšími ekonomickými daty, které projekt generuje po dobu celého referenčního období, tyto vstupní údaje pak slouží k výpočtu hodnotících ukazatelů (jako je např. NPV, IRR, diskontovaná doba návratnosti). V tomto ohledu umožňují ukazatele hodnotit efektivnost daného projektového záměru zcela nezávisle a transparentně.
- Posouzení citlivosti změny vypočítaných kriteriálních ukazatelů na základě úpravy hodnot jednotlivých proměnných vstupujících právě do výpočtu těchto ukazatelů je předmětem analýzy citlivosti prováděné v závěrečném kroku CBA. V odborné literatuře (Dufek a kol., 2018) je tato součást rizikové analýzy označována za velmi jednoduchou, přesto se jedná o významnou součást hodnocení, neboť výkyvy předpovědi klíčových vstupních parametrů mohou zásadně ovlivnit finanční a zejména ekonomické hodnocení projektu.

Mezi slabé stránky metody patří zejména:

- Socio-ekonomické dopady, které jsou v ekonomické analýze vyjádřeny pouze slovně, nevstupují do výpočtu ekonomické návratnosti projektu.
- Náročná kvantifikace vstupních údajů a jejich následné ocenění – většina slabých stránek vyplývajících z aplikace CBA souvisejí se správným oceněním socio-ekonomických dopadů, tento krok lze považovat za nejnáročnější část analýzy. Chyby mohou vznikat zejména při těchto situacích:
 - Identifikace dopadů – opomenutí důležitého dopadu či zahrnutí dopadů nerelevantních.
 - Chybná prognóza – vzhledem k tomu, že CBA je stanovena na celé referenční období projektu, které může být dlouhé 30 let i více, je nezbytné uvažovat s dopady vznikajícími i v následujících letech, nejen po dobu realizace.
 - Problémy s oceněním dopadů – v řadě případů je velmi složité kvantifikovat a ocenit jednotlivé dopady, a to zejména v případě vlivu na životní prostředí, lidské životy apod.

3.3 Data Envelopment Analysis

Metoda datových obalů (Data Envelopment Analysis, DEA) představuje nástroj hodnocení efektivity, výkonnosti nebo produktivity homogenních produkčních jednotek, a to na základě velikosti vstupů a výstupů. V současné době se jedná o jednu z nejpoužívanějších metod pro měření efektivity variabilních vstupů a výstupů. DEA se řadí mezi neparametrické metody, neboť je výsledek odhadu efektivní hranice vypočítán pomocí matematického programování, nikoliv funkčním přepisem (Kneip a kol., 1998). V případě čistíren odpadních vod tak DEA umožňuje vyhodnotit účinnost zvoleného vzorku pomocí srovnávacích postupů (Molinos-Senante, 2011).

Homogenními produkčními jednotkami lze chápat soubory jednotek, které se zabývají produkcí identických nebo ekvivalentních efektů označovaných jako výstupy, ty jsou chápány jako žádoucí, neboť přispívají ke zvýšení efektivity dané jednotky. Na druhé straně pak lze identifikovat spotřebovávané vstupy s minimalizační povahou vedoucí ke snížení výkonnosti sledované jednotky. Snížení hodnoty vstupů pak logicky povede ke zvýšení efektivity jednotky a naopak (Jablonský a Dlouhý, 2004). Podmínkou pro výběr homogenních jednotek je jejich vzájemná srovnatelnost, měli by využívat obdobné vstupy k produkci stejných výstupů. Typickým příkladem mohou být pobočky bank, nemocnice, výzkumné organizace, oblasti veřejných služeb, prodejny, podnikové útvary apod. Vzorek pro porovnání metodou DEA musí být dostatečně velký, jinak by mohlo dojít k mylné identifikaci jednotky jako efektivní v porovnání s ostatními produkčními jednotkami (Fiala, 2008).

Cílem DEA, která se řadí mezi metody vícekritériálního rozhodování, je rozdělení zkoumaného vzorku produkčních jednotek podle velikosti vstupů a výstupů na efektivní a neefektivní (Jablonský a Dlouhý, 2004).

Metoda datových obalů však pracuje s tzv. relativní efektivitou cílové jednotky, která maximalizuje efektivitu dané jednotky za podmínky, že efektivita všech jednotek jsou menší nebo rovny 1. Na této hranici se tedy nacházejí všechny efektivní jednotky a efektivní hranice tak tvoří obal dat (Jablonský a Dlouhý, 2004). Zjednodušeně řečeno, nejefektivnější jednotka zkoumané skupiny je rovna 1, všechny ostatní jednotky jsou pak porovnávány vůči této nejefektivnější jednotce. Pokud je hodnota koeficientu technické efektivity menší než 1, je ve skupině jednotek alespoň jedna lepší jednotka (Brožová a kol., 2003). Relativní technická efektivita je stanovena jako poměr celkové vážené produkce a celkové vážené spotřeby vstupů a naopak. Míra technické efektivity je dána následujícím vztahem:

$$\Phi_k = \frac{\sum_{j=1}^n u_{jk} y_{jk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik}}, k = 1, \dots, p \quad (3.1)$$

Kde:

- u_{ik} = individuální váhy jednotlivých vstupů
- v_{jk} = individuální váhy jednotlivých výstupů

3.3.1 Základní modely DEA

Model CCR

Model maximalizující míru efektivnosti hodnocené jednotky, která je vyjádřena jako podíl vážených výstupů a vážených vstupů, při dodržení podmínek, že míry efektivnosti všech ostatních jednotek jsou menší nebo rovny jedné. Základní charakteristikou CCR modelu je optimalizační výpočet vah vstupů a výstupů tak, aby to bylo pro hodnocenou jednotku co nejpříznivější z hlediska její efektivnosti, a to za předpokladu dodržení podmínek maximální jednotkové efektivnosti všech ostatních jednotek. CCR model předpokládá konstantní výnosy z rozsahu a definuje tak kónický obal dat (Jablonský a Dlouhý, 2004).

Model BCC

Jedná se o modifikaci modelu CCR, který pracuje s konstantními výnosy z rozsahu. Tento nový model již uvažuje variabilní výnosy z rozsahu, tedy klesající, rostoucí nebo také konstantní. Od kónického obalu dat u modelu CCR došlo ke změně na tvar konvexní, díky kterému je jako efektivní označen vyšší počet zkoumaných jednotek. Také v tomto případě se rozlišuje vstupově a výstupově orientovaný BCC model (Dlouhý a Jablonský, 2004).

3.3.2 Silné a slabé stránky DEA

Mezi silné stránky metody patří zejména:

- Jednou z nejsilnějších stránek metody je práce s vícenásobnými vstupy a výstupy bez nutnosti jejich agregace (Jablonský a Dlouhý, 2004).
- Metoda nevyžaduje specifikaci vzájemných vazeb ani hypotézy produkčních vztahů (Banker a kol., 1984).

- Produkční jednotky nebo dílčí parametry jsou jednoduše navzájem porovnávány (Charnes a kol., 1996).
- Produkční jednotky mohou být vyjádřeny v různých jednotkách, není tedy nutné je složitě vyčíslit např. v Kč či jiných jednotkách jako je tomu u metody CBA.

Mezi slabé stránky metody patří zejména:

- Dle autorů Medal a Sala (2011) je jednou ze slabých stránek metody DEA skutečnost, že metoda je zaměřena zejména na technickou účinnost a cenovou položku považuje jen jako jeden z výstupů či vstupů.
- Při každé simulaci je nezbytné zařadit veškeré vstupy a výstupy, které jsou pro danou jednotku nejdůležitější, neboť jejich absence může výrazně ovlivnit výslednou efektivnost (Kneip a kol., 1998).
- Jak uvádí Banker (1984) metoda je citlivá na počet vstupů a výstupů vzhledem k množství zkoumaných jednotek. Obecně platí, že čím je počet vstupů a výstupů vyšší, tím by měl být větší i vzorek produkčních jednotek.
- Vzorek zkoumaných jednotek by měl být současně co nejvyšší, aby nedošlo k mylnému označení jednotky za efektivní vzhledem k principu metody srovnání všech jednotek vzhledem k té nejefektivnější (Medal a Sala, 2011).

3.4 Shrnutí provedené literární rešerše

Na základě provedené literární rešerše metod ekonomického hodnocení ČOV byla sestavena následující tabulka shrnující základní aspekty metod LCA, CBA a DEA. Výběr vhodného hodnotícího nástroje pro daný typ projektového záměru není vždy jednoduchý a závisí na řadě parametrů, jedním z nich je např. zaměření metody. Zatímco LCA je cílena na hodnocení environmentálních dopadů, CBA hledá maximální přínos řešení z pohledu socio-ekonomického a DEA se zaměřuje výhradně na ekonomickou efektivnost projektu.

Rozhodování o vhodné analýze je závislé také na vstupních datech, která nemusejí být vždy kompletní a jsou také zpravidla vyjádřena v rozdílných jednotkách. Pro simulaci CBA je klíčová výše počáteční investice, provozní náklady a výnosy, socio- ekonomické dopady vyjádřené v peněžních jednotkách aj., a to pouze po dobu realizace projektu a tzv. referenčního období. Naopak do výpočtu LCA vstupují materiálové a energetické toky po celou dobu životního cyklu projektu/produktu. Rozlišná vstupní a výstupní data bez ohledu na danou jednotku mohou být využita pro simulaci DEA, ta jsou opět vztažena ke konkrétnímu časovému úseku. Každá z uvedených analýz v závěru podává jiné výsledné informace, prostřednictvím DEA lze získat procentuální vyjádření efektivnosti jednotlivých funkčních jednotek, výstupem CBA je pak soubor ukazatelů pro hodnocení ekonomické efektivnosti a LCA představuje komplexní obraz spotřebovaného množství konkrétních látek během životního cyklu.

Tabulka 1 Porovnání klíčových aspektů vybraných metod hodnocení (vlastní zpracování)

	LCA	CBA	DEA
Cíl	Minimalizace dopadů na životní prostředí	Maximalizace přínosů pro společnost jako celek	Měření efektivity funkčních jednotek
Časový rozsah	Životní cyklus produktu/služby	Referenční období	Časová hodnota je nerelevantní
Územní použití	Celosvětové	Obvykle na úrovni státu	V závislosti na zvolené funkční jednotce
Zaměření	Environmentální dopady	Socio-ekonomické dopady	Ekonomická efektivity
Potřebná vstupní data	Materiálové a energetické toky během celého životního cyklu posuzovaného produktu nebo produktového systému (množství spotřebovaných surovin a vypuštěných emisí v příslušných jednotkách: kg, m ³ , kWh apod.)	Celková výše investice, provozní náklady, finanční náklady, provozní výnosy, socio-ekonomické dopady vyjádřené v peněžních jednotkách (zlepšení kvality podzemních vody, dopady na lidské zdraví, náklady na eliminaci polutantů v odpadních vodách aj.).	Metoda je založena na poměru vstupů a výstupů, vstupy mohou být průměrné provozní náklady funkční jednotky za rok, výstupem pak průměrné roční množství přečištěné vody v m ³ , průměrné roční množství odstraněného znečištění aj.
Princip	Posouzení environmentálních aspektů a možných dopadů po celou dobu životnosti výrobku od získávání surovin přes výrobu, použití a odstraňování vzniklého odpadu.	Porovnání současné hodnoty přínosů ku současné hodnotě nákladů, které jsou projektem generovány s cílem vybrat optimální varianty řešení.	Hodnocení technické efektivity produkčních jednotek na základě velikosti vstupů a výstupů. Rozdělení variant na efektivní a neefektivní dle velikosti spotřebovávaných zdrojů a množství vyráběné produkce.
Výsledek	Informace o množství konkrétních látek, které se dostávají během celého životního cyklu produktu do prostředí ve formě různých emisí a o množství přírodních surovin, která byla spotřebována.	Finanční a socio-ekonomická efektivity vyjádřené pomocí kritériálních ukazatelů (NPV, IRR aj.).	Efektivity jednotlivých funkčních jednotek vyjádřené v procentech.
Citlivostní analýza	Povinná	Doporučena	Neprovádí se

4 VÝZKUMNÁ ČÁST – APLIKACE HODNOTÍCÍCH NÁSTROJŮ A VÝSLEDKY ŘEŠENÍ

4.1 Finanční a ekonomická analýza projektů ČOV

Pro simulaci finanční a ekonomické analýzy byl vybrán vzorek 38 čistíren odpadních vod nacházejících se na území České republiky a provozovaných v Jihomoravském kraji. S ohledem na přání provozovatelů těchto ČOV nejsou zveřejněny konkrétní lokality ani názvy zařízení, jednotlivé čistírny jsou však pro lepší orientaci označeny jako ČOV_01, ČOV_02 atd. Základní informace vybraného vzorku jsou přehledně zobrazeny v disertační práci, jedná se o údaje o projektované kapacitě zařízení přečištěné vody v m³/den i o biochemické spotřebě kyslíku v kg/den, dále o limitním počtu ekvivalentních obyvatel, způsobu čištění, provozovateli ČOV, výši investičních nákladů v roce uvedení do provozu a případně je zde také uveden rok, kdy byla provedena rekonstrukce dané čistírny. Pro výpočet finanční i ekonomické analýzy byl použit modul CBA v systému MS2014+, který je součástí portálu IS KP14+, ten slouží mimo jiné pro zadávání žádostí o podporu projektů ze strukturálních fondů Evropského společenství a Národních zdrojů v programovém období 2014–2020.

4.1.1 Simulace finanční analýzy

Vstupními hodnotami finanční analýzy byly investiční náklady zahrnující nákup pozemků, stavební práce, instalaci potrubí, elektrická a mechanická zařízení, dále také přípravné a projekční práce, inženýring, technický dozor, zaškolení obsluhy, uvedení do provozu apod. Provozní náklady byly tvořeny náklady na energie, spotřebou materiálu, osobními náklady technických i administrativních pracovníků, náklady na údržbu a opravy atd. Finanční výnosy zahrnují zejména poplatky uživatelů za poskytované služby, tedy za zásobování pitnou vodou, čištění odpadních vod, kalové hospodářství, prodej vody pro zemědělské a průmyslové účely apod.

Na základě výsledků finanční analýzy v podobě ukazatelů čisté současné hodnoty (FNPV), vnitřního výnosového procenta (FIRR), indexu rentability (FIR) a diskontované doby návratnosti (DN) bylo zjištěno, že žádná z uvedených čistíren odpadních vod není finančně rentabilní, negeneruje tedy dostatečné množství přínosů, které by pokryly provozní náklady v jednotlivých letech i vstupní investici. U těchto typů záměrů, které slouží zejména veřejnému zájmu, jsou výsledky provedené finanční analýzy očekávané a jsou tak dalším důvodem k hledání jiných ekonomických přínosů pro určení jejich celospolečenské efektivity. Podrobné výsledky hodnocení jsou zobrazeny v disertační práci.

4.1.2 Simulace ekonomické analýzy

Ekonomická analýza byla provedena v několika krocích. V první simulaci byly použity standardní socio-ekonomické dopady, které jsou již přednastaveny v modulu MS2014+ při volbě následujících vhodných specifických cílů:

- Snížení množství vypouštěného znečištění do povrchových i podzemních vod z komunálních zdrojů a vnos znečišťujících látek do povrchových a podzemních vod.
- Zajištění dodávky pitné vody v odpovídající jakosti a množství.

Zvolené socio-ekonomické dopady byly následující:

- Počet obyvatel nově připojených na zlepšené zásobování vodou – hodnota dopadu je 100, jednotkou odpadu je počet osob. Celkový počet osob, který bude vstupní hodnotou simulace, vychází z maximální kapacity ekvivalentních obyvatel každé čistírny.
- Zvýšení množství čištěných splaškových odpadních vod – hodnota tohoto dopadu je 182 Kč/m³ ročně. Jedná se o takové množství odpadních vod, které nebudou vypouštěny do vodních toků.

Ekonomická analýza přinesla, dle předpokladu, příznivější výsledky ekonomického hodnocení z hlediska jednotlivých simulovaných ukazatelů. Hodnoty ekonomické čisté současné hodnoty jsou vyšší oproti výsledkům analýzy finanční, kladných hodnot však dosáhlo pouze pět čistíren ze zkoumaného vzorku, jejichž výsledky jsou zobrazeny v následující tabulce.

Tabulka 2 Výsledky ekonomické analýzy (vlastní zpracování)

ČOV	ENPV ₁ (Kč)	EIRR ₁ (%)	EIR ₁	DN ₁ (počet let)
ČOV_1	103 428 702,15	13,96	0,2258	4,43
ČOV_6	33 032 282,19	11,15	0,2514	10,25
ČOV_7	144 763 732,95	75,08	1,0806	1,61
ČOV_17	156 913 584,57	64,39	0,9334	1,66
ČOV_18	37 741 294,33	19,43	0,3418	1,97

4.1.3 Návrh dalších socio-ekonomických dopadů

V druhém kroku byly navrženy další vhodné socio-ekonomické dopady, které mohou být generovány těmito typy investičních záměrů.

Pořízení domácích čistíren odpadních vod

Jednou z možností při řešení čištění odpadních vod v případech, kdy v dané obci není možnost napojení objektů na veřejnou čistírnu, je pořízení domácí čistírny odpadních vod (DČOV). Pro výpočet socio-ekonomického dopadu byla zvolena metoda preventivních výdajů, která předpokládá, že je možné zaměnit kvalitu životního prostředí za tržní statky. Znečištění životního prostředí je tak substituováno výdaji na prevenci nebo na snížení negativního dopadu znečištění.

Výdaje jsou vynakládány domácnostmi, podniky nebo orgány státní správy (Tošovská, 1998). Hodnota dopadu je tvořena především náklady na pořízení samotné domácí čistírny (nádř čistírny, kompletní technologie a další potřebné příslušenství, náklady na dopravu a uvedení do provozu a případné správní poplatky), v každém roce provozu je pak nezbytné zohlednit náklady na provoz, spotřebu elektrické energie, opravy, údržbu, odběry vzorků, pozáruční servis aj., případně také náklady souvisejí se zpracováním kalu. Kalkulované náklady činily 1 437 Kč/rok na 1 EO.

Vznik nových pracovních míst v souvislosti s výstavbou nové ČOV

Vznik nových pracovních míst v souvislosti s realizací projektu ČOV přinese zvýšení zaměstnanosti daného regionu a tím snížení nákladů státu na politiku zaměstnanosti. Jedná se o nově vytvořená pracovní místa přímo související s provozem čistírny, nikoliv nepřímo vytvořené pozice u jiné společnosti (např. dodavatelů apod.). Pro kvantifikaci přínosů přímé zaměstnanosti lze využít stínové mzdy, které měří náklady obětované příležitosti v oblasti práce. Pro simulaci byly zvoleny tyto pozice: techničtí a odborní pracovníci, obsluha strojů a zařízení a pomocní a nekvalifikovaní pracovníci, jejichž počet byl závisel na velikosti ČOV.

Tabulka 3 Výsledky ekonomické analýzy se započítáním výdajů domácností na pořízení a provoz DČOV a se zohlednění úspor nákladů státu na politiku zaměstnanosti (vlastní zpracování)

ČOV	ENPV ₂ (Kč)	EIRR ₂ (%)	EIR ₂	DN ₂ (počet let)
ČOV_1	1 208 761 753,76	66,19	2,6383	1,77
ČOV_2	191 444 832,82	25,39	1,2999	4,41
ČOV_4	32 972 242,53	13,3	0,6603	9,82
ČOV_5	79 772 169,37	24,7	1,3181	4,66
ČOV_6	313 346 398,07	49,41	2,3846	1,93
ČOV_7	712 940 095,33	188,6	5,3218	1,39
ČOV_8	181 938 481,75	24,02	1,2293	4,73
ČOV_9	16 485 625,40	10,78	0,5074	12,6
ČOV_10	36 284 734,95	8,02	0,2437	17,37
ČOV_11	124 025 888,56	23,94	1,2908	4,86
ČOV_13	10 314 694,36	9,47	0,4284	14,67
ČOV_14	98 103 929,63	20,16	1,0583	5,96
ČOV_15	509 422,30	5,13	0,0113	29,11

ČOV	ENPV ₂ (Kč)	EIRR ₂ (%)	EIR ₂	DN ₂ (počet let)
ČOV_16	10 122 930,89	6,8	0,1523	20,96
ČOV_17	807 870 265,92	163,53	4,8054	1,43
ČOV_18	333 508 018,37	78,53	3,0204	1,7
ČOV_19	32 543 902,26	10,97	0,484	12,23
ČOV_20	17 244 315,54	14,42	0,8062	9,11
ČOV_21	71 705 094,69	18,26	0,9296	6,68
ČOV_24	9 461 521,78	9,71	0,4356	14,2
ČOV_25	6 461 252,99	8,33	0,3191	16,85
ČOV_26	34 311 158,97	32,56	1,8726	3,52
ČOV_27	103 562 077,99	17,85	0,9057	6,86
ČOV_28	7 973 450,95	8,99	0,3727	15,47
ČOV_31	16 179 344,06	13,02	0,6882	10,19
ČOV_32	34 389 079,51	14,27	0,725	9,05
ČOV_33	3 293 731,04	5,85	0,0752	24,96
ČOV_34	117 517 364,39	30,52	1,5915	3,52
ČOV_35	13 533 344	8,11	0,2619	17,2
ČOV_37	3 351 318,46	5,5	0,0414	26,79
ČOV_38	11 596 095,22	7,86	0,2542	17,91

Při zohlednění nově navržených dopadů jsou výsledky ekonomické analýzy pochopitelně příznivější, celkem 82 % čistíren z celého zkoumaného vzorku dosáhlo na kladné hodnoty kritériálních ukazatelů, tedy 31 ČOV. U zbývajících 7 jednotek byly investiční i provozní náklady tak vysoké, že je nepokryly ani přínosy generované po celé referenční období 30ti let.

4.1.4 Přírůstek k celospolečenskému přínosu

Jedním z cílů práce bylo vyčíslení přírůstku k celospolečenskému přínosu zkoumaných ČOV. V tomto případě lze vycházet ze vzorce pro stanovení celoživotních nákladů (Whole Life Costs, WLC), který zahrnuje všechny současné i budoucí náklady a užitky v průběhu celého životního cyklu (Korytářová a Hromádka, 2014) a poměřuje zejména nákladovou stránku projektů. Ukazatel zahrnuje součet peněžních toků, sociálních přínosů a pozitivních externalit v jednotlivých letech, od kterých jsou odečteny sociální náklady a negativní externality. Hodnoty, vyjádřené v peněžních jednotkách, jsou diskontovány na současnou hodnotu.

Přírůstek k celospolečenskému přínosu je možné chápat jako rozdíl hodnoty ukazatele ekonomické čisté současné hodnoty ($ENPV_1$) při standardní analýze a ukazatele ($ENPV_2$), ve kterém jsou již zohledněny další navržené socio-ekonomické dopady. Smyslem výpočtu je demonstrace vlivu výsledků ekonomické čisté současné hodnoty na výběru socio-ekonomických dopadů. Ačkoliv některé čistírny z vybraného vzorku nevykázaly kladné hodnoty ani při vyčíslení ukazatele $ENPV_2$, přesto jsou jejich přírůstky k celospolečenskému přínosu v řádech desítek milionů korun. Rozpětí hodnot v absolutních hodnotách se pohybuje od 22,276 mil. Kč až do 1 105,333 mil. Kč.

Tabulka 4 Vyčíslení přírůstku k celospolečenskému přínosu (vlastní zpracování)

ČOV	Přírůstek k celospolečenskému přínosu v Kč	ČOV	Přírůstek k celospolečenskému přínosu v Kč
ČOV_1	1 105 333 051,61	ČOV_20	30 603 007,38
ČOV_2	226 268 523,30	ČOV_21	105 058 067,40
ČOV_3	65 441 480,96	ČOV_22	39 996 870,09
ČOV_4	58 900 569,13	ČOV_23	97 195 056,37
ČOV_5	95 246 699,65	ČOV_24	25 407 389,52
ČOV_6	280 314 115,88	ČOV_25	22 276 101,98
ČOV_7	568 176 362,40	ČOV_26	38 651 576,17
ČOV_8	222 093 473,10	ČOV_27	148 014 693,90
ČOV_9	35 821 820,01	ČOV_28	24 154 874,49
ČOV_10	124 448 855,60	ČOV_29	52 498 825,62

ČOV	Přírůstek k celospolečenskému přínosu v Kč	ČOV	Přírůstek k celospolečenskému přínosu v Kč
ČOV_11	140 082 098,70	ČOV_30	33 734 294,97
ČOV_12	41 040 632,69	ČOV_31	31 530 796,31
ČOV_13	25 790 907,88	ČOV_32	58 761 400,80
ČOV_14	127 580 143,20	ČOV_33	35 195 562,54
ČOV_15	34 638 889,13	ČOV_34	124 773 581,70
ČOV_16	54 864 687,40	ČOV_35	48 303 775,58
ČOV_17	650 956 681,40	ČOV_36	23 319 864,49
ČOV_18	295 766 724	ČOV_37	61 428 793,90
ČOV_19	69 175 831,31	ČOV_38	39 996 870,12

4.2 Aplikace metody DEA

Vybraný vzorek ČOV byl analyzován čtyřmi základními modely DEA pro stanovení výsledné efektivity, konkrétně se jednalo o modely CCR a BCC vstupově i výstupově orientované. Vzhledem k tomu, že modely CCR pracují s konstantními výnosy z rozsahu, zatímco modely BCC s variabilními, bude počet efektivních jednotek v případě modelu CCR stejný nebo nižší než v případě BCC. Výsledná efektivnost produkčních jednotek je hodnocena na stupnici do jedné, pokud je tedy skóre rovno 1, pak lze danou jednotku označit za efektivní. Skóre nižší než 1 pak indikuje neefektivnost jednotky. Pro účely simulace metody byla zvolena volně dostupná verze DEA-Solver-LV 8.0, která nabízí až 28 různých modelů a pracuje s max. 50 produkčními jednotkami.

Vstupními hodnotami (v simulaci označované jako „I“ – Inputs) jsou roční provozní náklady v Kč, které zahrnují náklady na opravy a údržbu (jedná se o přímé dodavatelské služby, ale také o vnitropodnikové náklady včetně spotřeby materiálu), dále osobní náklady kmenové obsluhy ČOV, finanční náklady, odpisy majetku, spotřeba chemikálií na úpravu odpadních vod a ostatní náklady (např. vnitropodnikové náklady na provozování, náklady na likvidace kalů a jiných odpadů, dispečink, dodavatelské služby, laboratorní rozborů, výrobní a správní režie). Zvlášť jsou pak vyčísleny náklady na spotřebu energií, které byly u většiny ČOV nejvýznamnější nákladovou položkou. Stěžejními výstupními hodnotami (v simulaci označované jako „O“ – Outputs) je zejména množství přečištěné odpadní vody v m³/rok.

Dále také množství odstraněného znečištění v tunách za rok, vypočítané jako rozdíl průměrného množství na přítoku a odtoku čistírny. Průměr hodnot byl stanoven na základě odebíraných vzorků v pravidelných měsíčních intervalech.

Jedná se o průměrná množství těchto látek: BSK₅ (biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní), CHSK (chemická spotřeba kyslíku), N_{NH₄} (amoniakální dusík), RAS (rozpuštěné anorganické soli), N_{anog} (celkový anorganický dusík) a P_c (celkový fosfor).

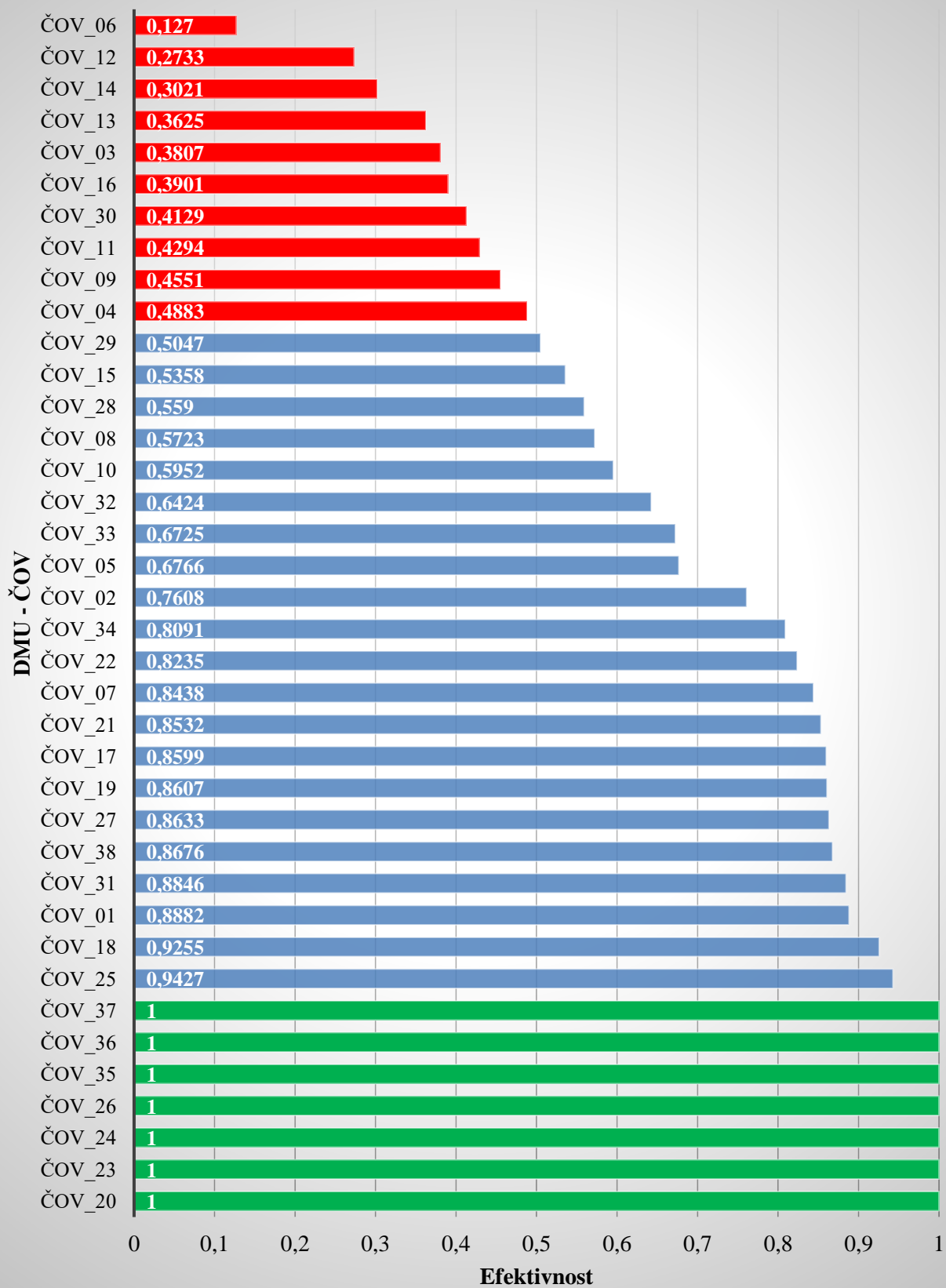
4.2.1 Simulace modelu CCR

Jako první byl simulován model CCR s konstantními výnosy z rozsahu pro stanovení technické efektivity vybraných čistíren odpadních vod s hodnotami vztaženými k roku 2019. Simulace vyhodnotila jako efektivních celkem 7 čistíren, těsně pod efektivní hranicí v rozmezí od 90 % - 99 % se nachází pouze dvě produkční jednotky. Pod 50 % hranicí efektivity se pohybuje 10 jednotek, jedna vykázala velmi nízkou efektivnost ve výši 12,70 %. Rozdělení jednotek na efektivní a neefektivní se zvýrazněním jednotek s účinností pod 50 % je ilustrováno v grafu pod tabulkou, jedná o upravený výstup ze softwaru DEA-Solver.

Tabulka 5 Výpočet efektivity DMU pomocí modelu CCR (vlastní zpracování)

DMU	Skóre	Pořadí	Efektivnost	DMU	Skóre	Pořadí	Efektivnost
ČOV 20	1	1	efektivní	ČOV 02	0.7608	20	neefektivní
ČOV 23	1	1	efektivní	ČOV 05	0.6766	21	neefektivní
ČOV 24	1	1	efektivní	ČOV 33	0.6725	22	neefektivní
ČOV 26	1	1	efektivní	ČOV 32	0.6424	23	neefektivní
ČOV 35	1	1	efektivní	ČOV 10	0.5952	24	neefektivní
ČOV 36	1	1	efektivní	ČOV 08	0.5723	25	neefektivní
ČOV 37	1	1	efektivní	ČOV 28	0.559	26	neefektivní
ČOV 25	0.9427	8	neefektivní	ČOV 15	0.5358	27	neefektivní
ČOV 18	0.9255	9	neefektivní	ČOV 29	0.5047	28	neefektivní
ČOV 01	0.8882	10	neefektivní	ČOV 04	0.4883	29	neefektivní
ČOV 31	0.8846	11	neefektivní	ČOV 09	0.4551	30	neefektivní
ČOV 38	0.8676	12	neefektivní	ČOV 11	0.4294	31	neefektivní
ČOV 27	0.8633	13	neefektivní	ČOV 30	0.4129	32	neefektivní
ČOV 19	0.8607	14	neefektivní	ČOV 16	0.3901	33	neefektivní
ČOV 17	0.8599	15	neefektivní	ČOV 03	0.3807	34	neefektivní
ČOV 21	0.8532	16	neefektivní	ČOV 13	0.3625	35	neefektivní
ČOV 07	0.8438	17	neefektivní	ČOV 14	0.3021	36	neefektivní
ČOV 22	0.8235	18	neefektivní	ČOV 12	0.2733	37	neefektivní
ČOV 34	0.8091	19	neefektivní	ČOV 06	0.127	38	neefektivní

Pozn. DMU – Decision-making Unit



Obrázek 1 Grafické znázornění efektivity DMU v modelu CCR (vlastní zpracování)

Návrh optimalizace vstupů modelu CCR

U produkčních jednotek, které byly identifikovány jako neefektivní, byl v dalším kroku proveden návrh optimalizace vstupů. Princip tohoto modelu tkví v hledání takového množství vstupů, aby se neefektivní jednotky staly efektivními. Jinými slovy je tedy nezbytné snížit vstupní hodnoty pro získání vyšší míry efektivnosti. Na základě simulace CCR modelu byly identifikovány efektivní jednotky (skóre = 1), pro ty ostatní byly pomocí vstupově orientovaného modelu CCR stanoveny hodnoty vstupů, které by dané jednotky posunuly na efektivní hranici. Pro názornost je v následující tabulce uveden návrh optimalizace pro 5 vybraných ČOV, které byly vyhodnoceny jako neefektivní. Reprezentace výsledků je následná – neefektivní produkční jednotka ČOV_25 by měla upravit své provozní náklady a náklady na energie tak, aby odpovídaly výši vstupů jednotky ČOV_20, a to z 4,50 %, dále jednotky ČOV_36 ze 45,90 % a jednotky ČOV_37 z 13,80 %.

Tabulka 6 Přehled referenčních peer jednotek pro neefektivní DMU v modelu CCR-I (vlastní zpracování)

Neefektivní DMU	Peer jednotka	Lambda	Peer jednotka	Lambda	Peer jednotka	Lambda
ČOV 25	20	0,045	36	0,459	37	0,138
ČOV 31	20	0,279	36	0,625	37	0,095
ČOV 27	23	0,554	26	1,769	37	0,517
ČOV 19	20	0,919	26	1,559	37	0,261
ČOV 17	23	3,57	37	3,145	-	-

Návrh optimalizace výstupů modelu CCR

Dalším aplikovaným modelem byl výstupově orientovaný CCR model, který opět počítá s konstantními výnosy z rozsahu. Analogicky však hledá takové množství výstupů, aby byla daná jednotka efektivní.

Tabulka 7 Přehled referenčních peer jednotek pro neefektivní DMU v modelu CCR-O (vlastní zpracování)

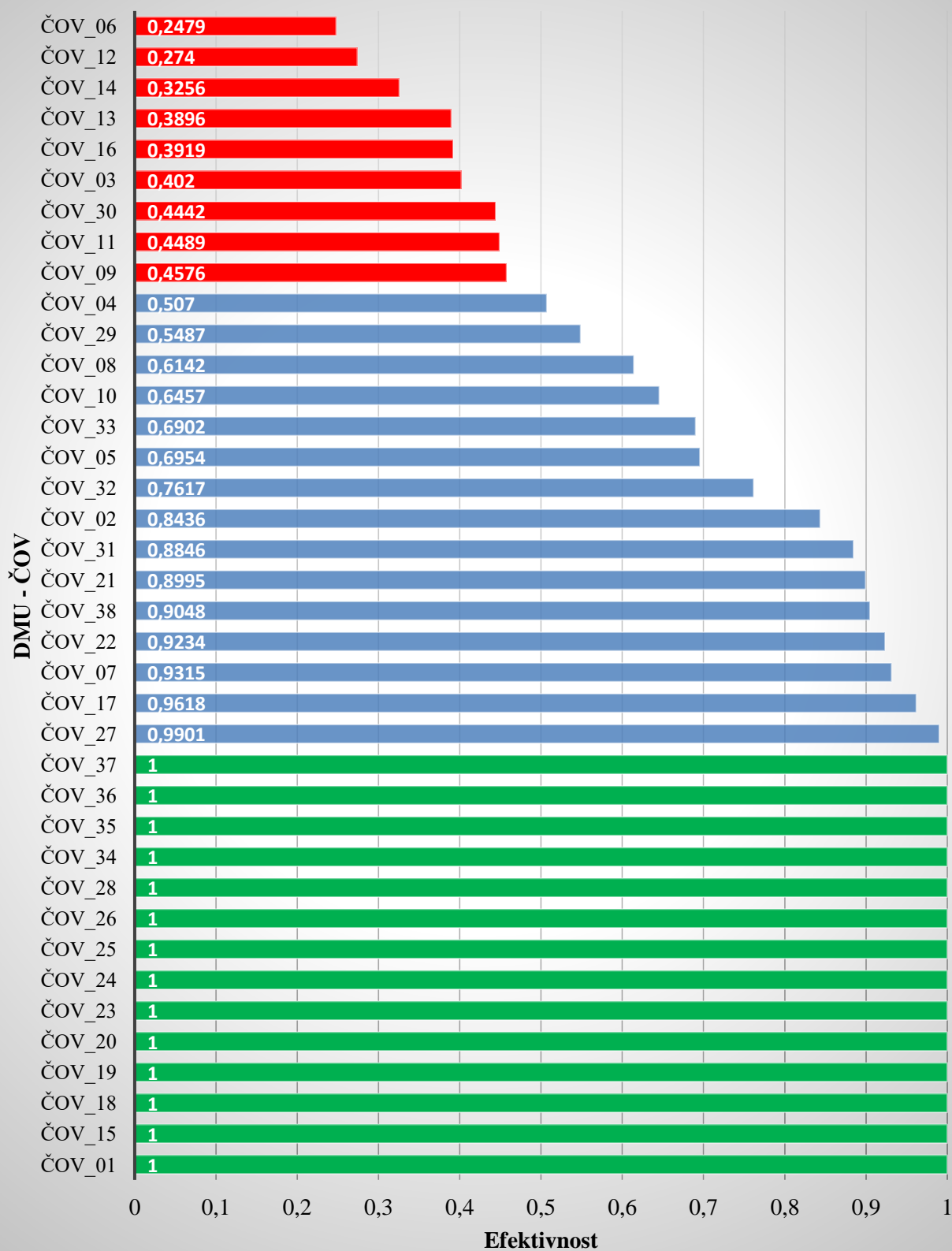
Neefektivní DMU	Peer jednotka	Lambda	Peer jednotka	Lambda	Peer jednotka	Lambda
ČOV 25	20	0,047	36	0,487	37	0,146
ČOV 31	20	0,315	36	0,706	37	0,107
ČOV 27	23	0,641	26	2,049	37	0,599
ČOV 19	20	1,068	26	1,811	37	0,304
ČOV 17	23	4,152	37	7,542	-	-

4.2.2 Simulace modelu BCC

Pro simulaci modelu BCC byly použity stejné vstupní hodnoty z roku 2019 jako v případě modelu CCR. Výnosy z rozsahu jsou však v tomto případě variabilní, tvar obalu dat se mění z kónického na konvexní a tím je jako efektivní označeno více jednotek než u předchozího modelu. Jak je patrné v následující tabulce, jako efektivní bylo označeno celkem 14 čistíren, což je dvakrát více než u modelu CCR. Současně bylo pod hranicí 50% efektivnosti identifikováno 9 produkčních jednotek. Efektivnost v rozmezí od 90–99 % vykazalo celkem 5 DMU.

Tabulka 8 Výpočet efektivnosti DMU pomocí modelu BCC (vlastní zpracování)

DMU	Skóre	Pořadí	Efektivnost	DMU	Skóre	Pořadí	Efektivnost
ČOV 1	1	1	efektivní	ČOV 21	0,8995	20	neefektivní
ČOV 15	1	1	efektivní	ČOV 31	0,8846	21	neefektivní
ČOV 18	1	1	efektivní	ČOV 02	0,8436	22	neefektivní
ČOV 19	1	1	efektivní	ČOV 32	0,7617	23	neefektivní
ČOV 20	1	1	efektivní	ČOV 05	0,6954	24	neefektivní
ČOV 23	1	1	efektivní	ČOV 33	0,6902	25	neefektivní
ČOV 24	1	1	efektivní	ČOV 10	0,6457	26	neefektivní
ČOV 25	1	1	efektivní	ČOV 08	0,6142	27	neefektivní
ČOV 26	1	1	efektivní	ČOV 29	0,5487	28	neefektivní
ČOV 28	1	1	efektivní	ČOV 04	0,507	29	neefektivní
ČOV 34	1	1	efektivní	ČOV 09	0,4576	30	neefektivní
ČOV 35	1	1	efektivní	ČOV 11	0,4489	31	neefektivní
ČOV 36	1	1	efektivní	ČOV 30	0,4442	32	neefektivní
ČOV 37	1	1	efektivní	ČOV 03	0,402	33	neefektivní
ČOV 27	0,9901	15	neefektivní	ČOV 16	0,3919	34	neefektivní
ČOV 17	0,9618	16	neefektivní	ČOV 13	0,3896	35	neefektivní
ČOV 07	0,9315	17	neefektivní	ČOV 14	0,3256	36	neefektivní
ČOV 22	0,9234	18	neefektivní	ČOV 12	0,274	37	neefektivní
ČOV 38	0,9048	19	neefektivní	ČOV 06	0,2479	38	neefektivní



Obrázek 2 Grafické znázornění efektivnosti DMU v modelu BCC (vlastní zpracování)

Návrh optimalizace vstupů modelu BCC

Stejně jako v případě vstupově orientovaného CCR modelu, tak i zde platí, že je model zaměřen na minimalizaci vstupů při zachování stávajícího objemu produkce výstupů. Platí, že efektivní je taková jednotka, která k produkci výstupů spotřebuje nejméně vstupů. Aby se DMU č. 27 stala efektivní, musela by změnit vstupní hodnoty tak, aby odpovídaly hodnotám čistíren č. 18, 19, 23 a 34, a to z 14,10 %, 55,30 %, 21,60 % a z 9,10 %.

Tabulka 9 Přehled referenčních peer jednotek pro neefektivní DMU v modelu BCC-I (vlastní zpracování)

Neefektivní DMU	Peer jednotka	Lambda	Peer jednotka	Lambda	Peer jednotka	Lambda
ČOV_27	18	0,141	19	0,553	23	0,216
ČOV_17	1	0,376	18	0,327	19	0,145
ČOV_07	1	0,081	18	0,724	19	0,195
ČOV_22	19	0,07	20	0,634	37	0,296
ČOV_38	37	1	-	-	-	-

Návrh optimalizace výstupů modelu BCC

Poslední provedená simulace byla zaměřena na optimalizaci výstupů modelu BCC. Jednotka č. 27 bude efektivní v případě, že maximalizuje své výstupní hodnoty na úroveň jednotky č. 18 ze 14,5 %, jednotky č. 19 z 56,6 %, jednotky č. 23 z 19,9 % a na úroveň jednotky č. 34 z 9 %.

Tabulka 10 Přehled referenčních peer jednotek pro neefektivní DMU v modelu BCC-O (vlastní zpracování)

Neefektivní DMU	Peer jednotka	Lambda	Peer jednotka	Lambda	Peer jednotka	Lambda
ČOV_27	18	0,141	19	0,553	23	0,216
ČOV_17	1	0,376	18	0,327	19	0,145
ČOV_07	1	0,081	18	0,724	19	0,195
ČOV_22	19	0,07	20	0,634	37	0,296
ČOV_38	37	1	-	-	-	-

5 ZÁVĚR

5.1 Vyhodnocení stanovených výzkumných otázek

Cílem předložené disertační práce byla identifikace a zhodnocení metod vhodných pro technicko-ekonomické posouzení projektů vodohospodářské infrastruktury, konkrétně čistíren odpadních vod, a to z hlediska jejich dopadu na životní prostředí. V prvním kroku tak byla provedena podrobná literární rešerše aktuálního stavu řešení dané problematiky. Analyzováno bylo celkem 63 odborných článků zaměřených na použití různých hodnotících nástrojů, přičemž se jednalo o autory z celého světa, jejichž příspěvky byly publikovány v abstraktových a citačních databázích odborné recenzované literatury. Více jak polovina autorů popisuje ve své práci aplikaci metody Posouzení životního cyklu, která je, i přes svou vysokou náročnost zpracování, velmi efektivním nástrojem hodnocení. V zemích čerpajících finanční podporu z Fondů Evropské unie je však častěji pro hodnocení dopadů na životní prostředí veřejně prospěšných projektů využívána Analýza nákladů a přínosů. To je také případ České republiky, která je stále považována za méně rozvinutý region a může tak žádat o finanční příspěvky např. na podporu výstavby silnic, rozvoje výzkumu a vývoje, ale také třeba na ochranu životního prostředí.

V návaznosti na výsledky provedené literární rešerše byl vzorek čistíren odpadních vod zkoumán z hlediska jeho finanční i ekonomické efektivnosti pomocí základní a rozšířené Analýzy nákladů a užitků s cílem prokázání významnosti tohoto hodnotícího nástroje při investičním rozhodování. Výzkumná aplikační část disertační práce byla dále doplněna o simulaci Metody datových obalů, ačkoliv není tento nástroj vícekriteriálního rozhodování v České republice pro projekty vodohospodářských staveb využíván, jeho výsledky mohou významně pomoci zejména v provozní fázi těchto projektů.

Na základě výše uvedených skutečností byly v úvodu disertační práce stanoveny následující výzkumné otázky:

VO1: Prostřednictvím rozšířené analýzy nákladů a přínosů (Cost Benefit Analysis, CBA) lze přesněji stanovit ekonomickou efektivnost projektů ČOV s ohledem na dopady na životní prostředí při zachování cílů udržitelného rozvoje.

U vybraného vzorku 38 čistíren odpadních vod byla nejprve provedena finanční analýza, jejímž výstupem byly záporné hodnoty kritériálních ukazatelů. U těchto typů záměrů, které slouží zejména veřejnému zájmu, byly výsledky provedené finanční analýzy očekávané a byly tak dalším důvodem k hledání jiných ekonomických přínosů pro stanovení jejich celospolečenské efektivity. V dalším kroku byla provedena ekonomická analýza se započítáním následujících standardních socio-ekonomických dopadů: počet obyvatel nově připojených na zlepšené zásobování vodou a zvýšení množství čištěných splaškových vod. Kladné kritériální ukazatele byly zaznamenány pouze u čtyř čistíren, tedy u přibližně 10 % z celého vzorku, přičemž se jednalo pouze o větší městské čistírny s kapacitou nad 2000 EO.

Stejně jako jiné investiční projekty, tak také vodohospodářské stavby mohou vykazovat řadu dalších pozitivních i negativních dopadů na životní prostředí, blahobyt obyvatel, ekonomickou úroveň dané lokality apod. Provedená ekonomická analýza tak byla rozšířena o další finančně oceněné dopady, a to konkrétně: vznik nových pracovních míst v souvislosti s výstavbou nové ČOV a pořízení a provoz domácích čistíren odpadních vod. Výstupem byl nárůst počtu vzorků s kladnými kriteriálními ukazateli o 71 % z původních 4 ČOV na 31 ČOV. Zbývajících 7 čistíren stále vykazovaly negativní hodnoty těchto ukazatelů. Nelze však říci, že by dané výsledky byly ovlivněny kapacitou čistíren, neboť uvedených 7 čistíren zahrnovalo jak vzorek s kapacitou 400 EO, tak také s kapacitou více jak 3900 EO. Závislost velikosti ČOV na výsledcích ekonomické analýzy tak prokázána nebyla.

Z praktického hlediska je nutné konstatovat, že provedené simulace celospolečenských dopadů jsou pouze ilustrační a vždy je nezbytné vycházet z reálných podmínek, které daný projekt vykazuje. Velmi významný vliv na výsledky Analýzy nákladů a užitků má také skutečnost, zda je projekt spolufinancován z Fondů EU či nikoliv. Jak bylo názorně ukázáno v kapitole č. 10.3, v případě záměrů spolufinancovaných z veřejných zdrojů vstupuje do finanční i ekonomické analýzy také částka dotace, jejíž míra může být až 85 % z celkových způsobilých výdajů. Ve většině případů jsou tak výsledné kriteriální ukazatele kladné a je tak rozhodnuto o podpoře projektů, které by mnohdy nevykázaly kladné hodnoty ani se započítáním všech relevantních ekonomických dopadů.

VO2: Pro hodnocení technicko-ekonomické efektivity ČOV lze využít také metodu datových obalů (Data Envelopment Analysis, DEA) založené na lineárním programování. Metoda měří výkonnost homogenních produkčních jednotek s konstantními i variabilními vstupy a výstupy, a může tak vhodně doplnit výsledky CBA zejména v provozní fázi projektu.

Druhá výzkumná otázka souvisela s aplikací Metody datových obalů, která se taktéž objevila v provedené literární rešerši jako jeden z alternativních nástrojů hodnocení projektů čistíren odpadních vod. Vzhledem k tomu, že se jedná o metodu porovnávající efektivnost homogenních produkčních jednotek na základě velikosti jejich vstupů a výstupů, byla aplikovatelnost metody pro tyto projekty potvrzena.

Simulace CCR modelu s konstantními výnosy z rozsahu označila jako efektivní celkem 7 produkčních jednotek, u modelu BCC s variabilními výnosy z rozsahu pak byl celkový počet efektivních jednotek navýšen na 14 ČOV. U obou modelů pak byl proveden návrh optimalizace vstupů a výstupů tak, aby se zvýšila efektivita neefektivních jednotek. Na základě získaných poznatků a výsledků DEA lze konstatovat, že se jedná o velmi efektivní nástroj, který by mohl být využíván zejména v provozní fázi investičních záměrů, a to především u takových provozovatelů ČOV, kteří spravují více čistíren. Jednotlivé provozy pak lze průběžně porovnávat mezi sebou na základě předem definovaných vstupů a výstupů a identifikovat tak, které čistírny jsou neefektivní a věnovat jim zvýšenou pozornost.

Nelze říci, že by metoda DEA v budoucnu mohla nahradit jeden ze standardních hodnotících nástrojů, jako je CBA nebo LCA, ale může je vhodně doplnit a rozšířit o nové výsledky důležité pro investiční rozhodování.

5.2 Přínos práce pro praxi

Vědecký přínos disertační práce v oboru Management stavebnictví lze spatřit v provedené literární rešerši, která mapuje metody hodnocení dopadů na životní prostředí u čistíren odpadních vod a může tak být užitečným podkladem pro další zkoumání. Aplikačním přínosem je rozšíření standardních celospolečenských dopadů ekonomické analýzy o další možné dopady, a dále také simulace výpočtu efektivnosti čistíren odpadních vod pomocí Metody datových obalů, která se v českém prostředí pro tyto typy projektů běžně nepoužívá.

5.3 Shrnutí

V České republice bylo v roce 2018 provozováno celkem 2 677 čistíren odpadních vod, jedná se tak o velmi rozsáhlé odvětví poskytující služby veřejnosti, které generuje významné celospolečenské dopady. Problematika řízení ČOV je velmi složitá a zahrnuje jak legislativní požadavky, tak také odběry vzorků, řízení technologií, odvoz a zpracování kalu, výběr poplatků od obyvatel napojených na kanalizační systém, placení provozních nákladů za spotřebu elektrické energie, mzdy zaměstnanců atd. Nehospodárny provoz může mít za následek nepřiměřeně vysoké náklady v poměru ke kvalitě vyčištěné vody.

V legislativě je tak zakotvena povinnost zhodnocení dopadů lidské činnosti na stav povrchových i podzemních vod a provedení ekonomické analýzy užívání vod pro investice ve vodním hospodářství. Technicko-ekonomické posouzení projektů čistíren odpadních vod tak zohledňuje nejen návrh vhodné technologie čištění, ale zkoumá také investiční a provozní náklady s nimi související. Jak již bylo uvedeno výše, každá stavba ČOV je svým způsobem specifická a v tomto smyslu je k ní nutné přistupovat.

Projekty vodohospodářské infrastruktury jsou zpravidla spolufinancovány z veřejných zdrojů, především pak z Fondů EU, což s sebou nese řadu povinností. Žadatelé z řad vlastníků jsou tak nuceni při podání žádosti o podporu zpracovat finanční a mnohdy také ekonomickou analýzu se zohledněním investičních nákladů i provozních nákladů a výnosů po celé referenční období. Hodnocení podaných žádostí je pak provedeno nejen na základě výsledků těchto analýz, ale zohledňuje také řadu dalších kritérií, jako např. nákladovost navrženého řešení ve vztahu k plánované kapacitě EO, vliv opatření na stav vodního útvaru nebo také technickou kvalitu návrhu.

Významnou podporu vodohospodářské infrastruktury lze očekávat i v následujícím rozpočtovém období pro roky 2021–2027, podporovány budou projekty výstavby, modernizace a intenzifikace čistíren odpadních vod, výstavba kanalizací, přivaděčů a rozvodných sítí pitné vody. Potřeba finančního, a především ekonomického hodnocení celospolečenských dopadů tak bude i nadále aktuální.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- ABELSON, P., *Cost benefit analysis and environmental problems*. England: Saxon House, 1997. ISBN 0-566-00267-1.
- BALKEMA, A. J., PREISIG, H. A., OTTERPOHL, R., LAMBERT, F. J. D., *Indicators for the sustainability assessment of wastewater treatment systems*. Urban Water, 2002, vol. 4, 153-161 s. ISSN 1462-0758.
- BANKER, R. D., CHARNES, A., COOPER, W. W., *Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis*. Management Science, 1984, vol. 30, 1078 – 1092 s. Doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078
- BARBIER, E. B., MARKANDYA, A., PEARCE, D. W., *Environmental sustainability and cost-benefit analysis*. Environment and Planning A, 1990, vol. 22, 1259-1266 s.
- BROŽOVÁ, H., HOUŠKA, M., ŠUBRT, T., *Modely pro vícekriteriální rozhodování*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2003. ISBN 80-213-1019-7.
- CAMPBELL, H., BROWN, R., *Benefit- Cost Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. ISBN 978-0-07695-4.
- CHARNES, A., ROUSSEAU, J. J., SEMPLE, J. H., *Sensitivity and stability of efficiency classifications in Data Envelopment Analysis*. Journal of Productivity Analysis, 1996, 5–18 s. Doi.org/10.1007/BF00158473.
- COROMINAS, L. I., FOLEY, J., GUEST, J. S., HOSPIDO, A., LARSEN, H. F., MORERA, S., SHAW, A., *Life cycle assessment applied to wastewater treatment: State of the art*. Water Research, 2013, 5480-5492 s. ISSN 0043-1354.
- DIXON, A., SIMON, M., BURKITT, T., *Assessing the environmental impact of two options for small-scale wastewater treatment: comparing a reedbed and an aerated biological filter using a life cycle approach*. Ecological Engineering, 2003, 297-308 s. ISSN 0925-8574.
- DONG, H., FUJITA, T., GENG, Y., DONG, L., OHNISHI, S., SUN, L., DOU, Y., FUJII, M., *A review on eco-city evaluation methods and highlights for integration*. Ecological Indicators, 2016, 1184-1191 s. ISSN 1470-160X.
- DUFEK, Z., KORYTÁROVÁ, J., APELTAUER, T., HROMÁDKA, V., FIALA, P., DROCHYTKA, R., BYDŽOVSKÝ, J., VANĚREK, J., AIGEL, P., VÝSKALA, M., NOVÝ, M., *Veřejné stavební investice*. Praha: Leges s.r.o., 2018. ISBN 978-80-7502-322-3.
- EUROPEAN COMMISSION, 2014. *Guide to Cost Benefit Analysis of Investment Projects, Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020*, December 2014.
- FIALA, P., *Modely a metody rozhodování*. Vysoká škola ekonomická v Praze. Oeconomica, Praha, 2008. ISBN 978-80-245-1345-4.
- FOTR, J., SOUČEK, I., *Investiční rozhodování a řízení projektů*. Praha: Grada Publishing, a. s., 2011. ISBN 978-80-247-3293-0.
- HANLEY, N., SHOGREN, J. F., WHITE, B., *Introduction to Environmental Economics*. New York: Oxford University Press Inc., 2001. ISBN 0-19-877595-4.
- HANLEY, N., SPASH, C., *Cost-benefit analysis and the environment*. Cheltenham: Edward Elgar, 1993. ISBN 1-85278-947-6.
- FINNVEDEN, G., HAUSCHILD, M. Z., EKVALL, T., GUINÉE, J., HEIJUNGS, R., HELLWEG, S., KOEHLER, A., PENNINGTON, D., SUH, S., *Recent developments in Life Cycle Assessment*. Journal of Environmental Management, 2009, 1-21 s. ISSN 0301-4797.
- HOOGMARTENS, R., PASSEL, S., V., ACKER, K., V., DUBOIS, M., *Bridging the gap between LCA, LCC and CBA as sustainability assessment tools*. Environmental Impact Assessment Review, 2014, 27-33 s. ISSN 0195-9255.

- JABLONSKÝ, J., DLOUHÝ, M., *Modely hodnocení efektivnosti produkčních jednotek*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2004. ISBN 80-86419-49-5.
- KNEIP, A., PARK, B., U., SIMAR, L., *A Note on the Convergence of Nonparametric DEA Estimators for Production Efficiency Scores*. Econometric Theory. B.m.: Cambridge University Press, 1998, vol. 14, 783–793 s.
- KOČÍ, V., *Environmentální dopady: Posuzování životního cyklu*. Praha: VŠCHT Praha, 2013. ISBN 978-80-7080-858-0.
- KORYTÁROVÁ, J., *Ekonomika investic*. Elektronická studijní opora, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2006.
- KORYTÁROVÁ, J., HROMÁDKA, V., *Veřejné stavební investice I*. Elektronická studijní opora, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno, 2007.
- KORYTÁROVÁ, J., HROMÁDKA, V., *The economic evaluation of megaprojects – social and economic impacts*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2014, 495-502 s. ISSN 1877-0428.
- MEDAL, A., SALA, R., *An efficiency ranking of Spanish seaports using FDH methodology*. International Journal of Transport Economics, 2011, vol. 38, 201–226 s. ISSN = 03035247.
- MEZŘICKÝ, V., *Environmentální politika a udržitelný rozvoj*. Praha: Portál, 2005. ISBN 80-7367-003-8.
- MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR, *Uživatelské příručka procesu zpracování CBA v IS KP14+*, Operační program životní prostředí 2014-2020, verze 5.0. 2018.
- MOLINOS-SENANTE, M., *Techno-economical efficiency, cost modelling and economic valuation of environmental benefits from wastewater treatment: methodology and applications*. Valencia: Institut Interuniversitari de Desenvolupament local, 2011. Disertační práce.
- OCHRANA, F., *Nákladově výstupové metody ve veřejném sektoru*. Praha: Ekopress, 2005. ISBN 80-86119-96-3.
- MOLINOS-SENANTE, M., HERNÁNDEZ-SANCHO, F., SALA-GARRIDO, R., *Cost-benefit analysis of water reuse projects for environmental purposes: A case study for Spanish wastewater treatment plants*. Journal of Environmental Management, 2011, 3091-3097 s. ISSN 0301-4797.
- REBITZER, G., EKVALL, T., FRISCHKNECHT, R., HUNKELER, D., NORRIS, G., RYDBERG, T., SCHMIDT, W. P., SUH, S., WEIDEMA, B. P., PENNINGTON, D. W., *Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications*. Environment International, 2004, vol. 30, 701-720 s. ISSN 0160-4120.
- SALA- GARRIDO, R., MOLINOS- SENANTE, M., HERNÁNDEZ- SANCHO, F., *Comparing the efficiency of wastewater treatment technologies through a DEA metafrontier model*. Chemical Engineering Journal, 2011. ISSN 1385-8947.
- SIEBER, P., *Analýza nákladů a užitků, metodická příručka*. Ministerstvo pro místní rozvoj, 2004. Dostupné z [on-line 20.6.2016]: http://dotaceu.cz/getmedia/19a93671-3cbe-45d0-8708-8817848204bf/1083947206cba_1-4_19a93671-3cbe-45d0-8708-8817848204bf.pdf?ext=.pdf.
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.
- TOŠOVSKÁ, E., *Přístup členských zemí EU k pojetí a rozsahu škod na životním prostředí a jejich kvantifikaci*. Praha: FAST-PRINT, 1998. 65 s. ISBN 80-7184-799-2.
- ZANG, Y., LI, Y., WANG, C., ZHANG, W., XIONG, W., *Towards more accurate life cycle assessment of biological wastewater treatment plants: a review*. Journal of Cleaner Production, 2015, 676-692 s. ISSN 0959-6526.

CURRICULUM VITAE

Ing. Jiřina Turková

Datum narození 22.2.1988
Místo narození České Budějovice
Národnost česká
Trvalé bydliště Riegrova 1795/23, 370 01 České Budějovice
E-mail turkova.j@fce.vutbr.cz, turkovajirina@gmail.com

Vzdělání

2013–dosud Ph.D. (doktorský studijní program)
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení
Studijní program: Stavební inženýrství, obor: Management stavebnictví
Disertační práce: Technicko-ekonomické posouzení projektů čistíren odpadních vod a jejich dopadu na životní prostředí

2011–2013 Ing. (navazující magisterský studijní program)
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Studijní program: Stavební inženýrství, obor: Management stavebnictví
Diplomová práce: Reálně opodstatněné snížení nákladů v nákladové ceně nabídky do veřejné obchodní soutěže

2007–2011 Bc. (bakalářský studijní program)
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Studijní program: Stavební inženýrství, obor: Management stavebnictví
Bakalářská práce: Smluvní cena stavebního díla

Pracovní zkušenosti

09/2020–dosud Jihoprojekt s.r.o., jednatelka společnosti
Zaměření: technické studie a příprava projektové dokumentace, realizace pozemních staveb, poradenská a konzultační činnosti, znalecké posudky, inženýrská činnost

2019–dosud OSVČ
Zaměření: grafické a kresličské práce, projektová příprava

2016–dosud EUFC CZ s.r.o., konzultant
Zaměření: příprava dotačních žádostí z evropských i národních fondů v oblasti výzkumu, vývoje a inovací, životního prostředí a energetiky

2014-2015 Ústav stavební ekonomiky a řízení, Vysoké učební technické v Brně, Fakulta stavební, asistent
Zaměření: výuka předmětů v oblasti veřejných stavebních investic a podnikové ekonomiky

2014 Výzkumné centrum AdMaS, Vysoké učení technické v Brně, asistent
Zaměření: kontrola podkladů veřejných zakázek

Kurzy a školení

2018–2019 Okresní hospodářská komora Jihlava, kurzy: MS Word, MS Excel, Komunikační a prezentační dovednosti, Time Management, Účetnictví

2014-2016 Kurzy CŽV na ICT VUT, např. angličtina pro techniky, rétorika, MATLAB

12/2013 Akademické centrum studentských aktivit, Projektové řízení (4denní kurz)

Práce na projektech

2014 Vnitřní projekt VUT (mezifakultní), Studium vlivu čistírenských technologií na eliminaci škodlivin vodního ekosystému, označení FAST/FCH-J-14-2422, spoluřešitel.

2014 Vnitřní projekt VUT, Modelování vhodné diskontní míry pro stanovení ekonomické efektivnosti investičních projektů, FAST-J-14-2517, hlavní řešitel.

Zahraniční pobyty

09–12/2015 University of the West of Scotland, Velká Británie, Program ERASMUS+, pracovní stáž

03/2014 University of Montenegro, Faculty of Civil Engineering, Černá Hora, program CEEPUS, studijní stáž

Jazykové znalosti

Angličtina Velmi pokročilý (B1)

Němčina Mírně pokročilý (A1)

PUBLIKAČNÍ ČINNOST

- TURKOVÁ, J., KORYTÁROVÁ, J., *Methods for Evaluation of WWTPs Environmental Impacts: A Review*. In International Scientific Conference "People, Buildings and Environment 2018 (PBE). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Velká Británie: IOP Conference Series, 2019. s. 1-12. ISSN: 1755-1307.
- TURKOVÁ, J.; KORYTÁROVÁ, J., *DEA as a useful tool for assessing the economic efficiency of wastewater treatment plants*. In Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems. International multidisciplinary geoconference SGEM. 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016. Sofia, Bulgaria: STEF92 Technology Ltd., 2016. s. 61-68. ISBN: 978-619-7105-81-0. ISSN: 1314-2704.
- TURKOVÁ J., KORYTÁROVÁ J., *Environmentální dopady investičního projektu v oblasti odpadového hospodářství*. Příspěvek na konferenci Juniorstav 2015, VUT v Brně, Fakulta stavební, Brno, 2015. ISBN 978-80-214-5091-2
- ÚTERSKÝ, M., HLAVÍNEK, P., PÍŠŤKOVÁ, V., VÁVROVÁ, M., TURKOVÁ, J., KORYTÁROVÁ, J., *Degradation of micropollutants at WWTP Mikulov*. Příspěvek na konferenci JUNIORSTAV 2015, VUT v Brně, Fakulta stavební, Brno, 2015. ISBN 978-80-214-5091-2.
- ÚTERSKÝ, M., PÍŠŤKOVÁ, V., TURKOVÁ, J., HLAVÍNEK, P., VÁVROVÁ, M., KORYTÁROVÁ, J., *Technologie ČOV Mikulov a možnosti odbourávání mikropolutantů*. Článek v tuzemském časopise Vodní hospodářství, 2015, roč. 65, č. 6, s. 4-8. ISSN: 1211-0760.
- TURKOVÁ, J., CHALOUPKOVÁ, P., ÚTERSKÝ, M., KORYTÁROVÁ, J., VÁVROVÁ, M., HLAVÍNEK, P., *Způsob ekonomického posouzení použité technologie u ČOV Mikulov*. Příspěvek na konferenci Oceňovanie a riadenie stavebných projektov, Euro Scientia vzw, Brusel, Belgie, 2014. ISBN 978-90-822990-1-4.
- PÍŠŤKOVÁ, V., ÚTERSKÝ, M., TURKOVÁ, J., HLAVÍNEK, P., VÁVROVÁ, M., KORYTÁROVÁ, J., *Studium vlivu čistírenských technologií na eliminaci škodlivin z vodního ekosystému*. Příspěvek na konferenci Odpadové vody 2014, NOI Bratislava, Bratislava, 2014. ISBN 978-80-970896-7-2.
- TURKOVÁ, J., KORYTÁROVÁ, J., *Determination of the Cost of Equity by means of the CAPM Method*. Příspěvek na konferenci PBE PhD Forum 2014, VUT v Brně, Fakulta stavební, EKŘ, Brno, 2014. ISBN 978-80-214-5050-9.
- TURKOVÁ, J., KORYTÁROVÁ, J., *Stanovení diskontní sazby na základě výpočtu vážených nákladů kapitálu*. Příspěvek na konferenci Juniorstav 2014, VUT v Brně, Fakulta stavební, Brno, 2014. ISBN 978-80-214-4851-3.
- TURKOVÁ, J., KORYTÁROVÁ, J., *Optimization of Tender Price using Sensitivity Analysis*. Článek v zahraničním časopise Nehnutelnosti a bývanie, Ústav manažmentu, Bratislava, roč. 2013, č. 02. ISSN 1336-944X.
- TURKOVÁ, J., KORYTÁROVÁ, J., *Český technologický park Brno*. Příspěvek na konferenci Management a ekonomika ve stavebnictví, ČVUT v Praze, Praha, 2013. ISBN 978-80-01-05357-7.

- TURKOVÁ, J., KORYTÁROVÁ, J., *Sensitivity Analysis*. Příspěvek na konferenci Innovative trends in construction and real estate sector, Slovenská technická univerzita, Bratislava, 2013. ISBN 978-80-227-3932-0.

ABSTRACT

The doctoral thesis deals with the issue of evaluating of technical-economic efficiency of wastewater treatment plant projects. Same as most public benefit projects, the main reason for implementation is the societal benefit of the company, not the impact on the investor. The literature review provides an overview of the most commonly used methods of environmental impact assessment, which differ in both the difficulty of processing and in the structure of input and output information. In accordance with the European legislation, the Cost Benefit Analysis (CBA) is applied to a selected sample of waste water treatment plants, in its economic part, the standardly assessed societal impacts are extended by other possible benefits associated with the implementation of the project implementation. The main output of the thesis is the quantification of the increment to the societal benefit of the project, which is set to the difference between the economic net present value of the investment and the standard and individually designed socio-economic impacts. As an alternative to the traditional approach, the thesis also simulates the Data Envelopment Analysis (DEA), method is based on multi-criteria evaluation shows the technical efficiency of the sewage treatment plant sample and thus serves as a very effective tool in managerial decision-making.