

* Oto Potluka, Katedra managementu VŠE v Praze, potluka@vse.cz; Jan Brůha, Katedra managementu VŠE v Praze, jan_bruha@yahoo.co.uk; Lenka Slavíková, Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku, Fakulta sociálně ekonomická Univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, slavikova@ieep.cz.

Plnění ambiciózních cílů po kapkách: evaluace dopadů environmentálních investic na kvalitu vod

The Implementation of Ambitious Targets Drop by Drop: Evaluation of Impact of Environmental Investments on Water Quality

Oto Potluka, Jan Brůha, Lenka Slavíková*

Abstrakt

Znečištění vod ovlivňuje nejen celkovou kvalitu vodních ekosystémů a náklady výroby pitné vody, ale i volnočasové aktivity. Česká republika se zavázala v následujícím desetiletí naplňovat evropské politiky v oblasti čištění odpadních vod ze sídel a zajišťovat určitou kvalitu (stav) všech vodních útvarů (viz Rámcová směrnice vodní politiky č. 2000/60/ES). Proto se Operační program Životní prostředí věnuje ve své první prioritní ose zlepšování vodohospodářské infrastruktury, zejména výstavbě a rekonstrukcím čistíren odpadních vod a kanalizací.

Zde prezentovaný výzkum se zaměřuje na otázku, zda došlo ke skutečnému zlepšení kvality vod díky investicím do výstavby čistíren odpadních vod. Analýza je provedena na datech z monitorovacího systému Operačního programu Životní prostředí 2007–2013 a na datech o znečištění celkovým fosforem a fosforečnany, měřeným Povodím Vltavy, s.p. za roky 2007–2014.

Statistické testování dopadů environmentálních investic potvrzuje, že investiční výdaje na výstavbu, renovaci a rozšiřování čistíren odpadních vod v povodí Vltavy mají pozitivní vliv na kvalitu vod.

Abstract

Water pollution not only affects leisure activities, but also the cost of production of drinking water quality and the overall quality of aquatic ecosystems. The Czech Republic has pledged to meet European policy on treatment of wastewater from settlements and ensure a certain quality of all water bodies in the next decade (see Water Framework Directive no. 2000/60 / EC). Therefore, the Operational Programme Environment devotes its first priority axis to improving water infrastructure, particularly the construction and reconstruction of wastewater treatment plants and sewerage systems.

The research presented here focuses on whether there has been real improvement in water quality due to investments in the construction of wastewater treatment plants. The analysis is performed on data from the monitoring system of the Operational Programme Environment 2007–2013 and data on phosphorus pollution and phosphorus phosphate measured by the Vltava River, Inc. for the years 2007–2014.

Statistical tests estimate the impact of environmental investments confirms that spending on construction, renovation and expansion of sewage treatment plants in the Vltava River basin have a positive effect on water quality.

Klíčová slova

Evaluace dopadu, voda, fosfor, znečištění, čistírna odpadních vod

Keywords

Impact evaluation, water, phosphorus, pollution, wastewater treatment plant

1. Úvod

Voda je nezbytným přírodním zdrojem pro přežití. Její čistotu a kvalitu však výrazně ovlivňuje lidská činnost. Významnými bodovými zdroji znečištění jsou odpadní vody z lidských sídel zatěžující vodní prostředí nadměrným přísunem živin (zejména fosforem a dusíkem). Kvalita životního prostředí se v České republice za posledních 25 let výrazně zlepšila a přes 97 % odpadních vod vypouštěných do kanalizace je čištěno (CENIA, 2013). Přesto vývoj hodnot koncentrací znečištění povrchových vod fosforem a jeho sloučeninami ukazuje, že mezi roky 2010 a 2012 došlo k jeho zvýšení a v případě koncentrací N-NO₃- ve vodních tocích ČR oscilují hodnoty znečištění kolem hodnoty roku 2003 a nedochází tedy k jejich výraznějšímu snižování (CENIA, 2013: 61). Zpráva (CENIA, 2013: 62) zároveň zdůrazňuje význam bodového znečištění a tedy i význam čistření odpadních vod (ČOV) jako nástroje, který může přispět k dalšímu snižování koncentrací této znečišťující látky.

Na evropské úrovni je naplňován dlouhodobý cíl v podobě vybudování kanalizační sítě a čistření odpadních vod. Nyní vyvstává otázka, zda došlo ke skutečnému zlepšení situace a snížení znečištění. Díky hodnocení ex-ante lze předpokládat, že výsledků bude dosaženo za rozumnou cenu, nicméně ex-post hodnocení v podobě hodnocení dopadů programů rigorózními metodami není obvyklé, aby tyto závěry potvrdilo či vyvrátilo. Evropská komise proto vyjádřila požadavek provádět dopadové evaluace v evropských politikách. Pro oblast podpor Evropských strukturálních a investičních fondů (ESIF), které jsou v centru našeho výzkumného zájmu, je v Nařízení č. 1303/2013 o společných ustanoveních zejména Článek 57, který po členských zemích vyžaduje realizaci takovýchto hodnocení.

Náš příspěvek se zaměřuje právě tímto směrem. Jeho cílem je statistickými metodami ověřit, zda investice do čistření odpadních vod vedou k významnému snížení znečištění povrchových vod. Konkrétně zkoumáme obsah fosforu a jeho sloučenin v povrchových vodách v závislosti na investicích Operačního programu Životní prostředí 2007-2013 (dále jen OP ŽP) v prioritní ose 1 (Zlepšování vodohospodářské infrastruktury a snižování rizika povodní) v povodí Vltavy.

Zkušenosti s evaluacemi jako takovými získává česká veřejná správa a evaluátoři postupně, zejména od dob realizace programu Phare. S nástupem Strukturálních fondů a rozšiřování mezinárodní rozvojové spolupráce se více a více rozšiřuje i obecné povědomí a praktické zkušenosti s evaluacemi. Relativně pomalé pronikání evalučních technik jako součást veřejných výdajových programů v České republice je patrné po celou dobu od představního období do dneška (Burns a Yoo, 2002, Radoš a Kaufmann, 2009, Potluka, Brůha a Vozár, 2013). Nicméně i v dalších evropských zemích nebylo obvyklé vyhodnocovat dopady programů na ochranu životního prostředí (Frondel a Schmidt, 2005). S rostoucími finančními problémy některých členských zemí EU zároveň i sílí tlak Evropské komise na realizaci politik, které jsou založeny na důkazech získaných z vědeckých prací. Tím je cíleno na efektivnější využívání veřejných prostředků.

Zde představený výzkum chce pomoci zacetit tuto mezeru a aplikací statistických metod otestovat, jaké byly dopady investic výše uvedeného programu na kvalitu povrchových vod. Cílem našeho výzkumu je zhodnocení efektivnosti výdajů do zvyšování kvality životního prostředí, výdajů prioritní osy 1 OP ŽP v oblasti snižování znečištění vod, konkrétně investic do ČOV.

Další text je členěn následujícím způsobem. První část představuje důvody pro evaluaci investic do ČOV a výzvy s tím spojené. Ve druhé části diskutujeme problematiku znečištění povrchových vod a důsledky, které znečištění může mít. Třetí kapitola popisuje použitá data a metody, včetně jejich zdrojů. Čtvrtá část textu prezentuje pozitivní dopady investic na kvalitu povrchových vod dané sníženými koncentracemi fosforu. Pátá část shrnuje hlavní zjištění.

2. Problematika znečištění povrchových vod

Nadměrný přísun živin (fosforu a dusíku) do povrchových vod způsobuje problém eutrofizace, tj. přemnožení sinic a následného odumírání jiných vodních organismů v důsledku nedostatku rozpuštěného kyslíku. Povrchová voda se stává obtížněji využitelnou jako zdroj pro výrobu pitné

vody a je nevhodná ke koupání. Dle řady studií (např. Schindler, 2006) a politických dokumentů je eutrofizace považována za jeden z hlavních problémů kvality povrchových vod. V některých zemích je tímto problémem zasaženo více než 90 % stojatých vod (OECD, 2013), přičemž se očekává, že klimatické změny tento problém v budoucnosti ještě zhorší (Hering et al., 2010).

Živiny se do vody dostávají ze zemědělských hnojiv a kanalizačních splašků, které jsou do vody splachovány z polí a lidských sídel. Podíl jednotlivých faktorů se mění v závislosti na typu území a sociálně-ekonomické charakteristice populace, ale velmi často představuje hlavní faktor špatný stav infrastruktury (čistírny odpadních vod). Například detailní mapování zdrojů fosforu na Vodní nádrži Orlík ukázalo, že 55 % zdroje fosforu tvořily kanalizační splašky, 22 % intenzivní chov kaprů v rybnících a 12 % jiné zemědělské aktivity (Vojáček et al., 2014, viz také Kopáček et al., 2013).

Stavby kanalizačních sítí nebo čistíren odpadních vod (či jejich modernizace) v obcích byla propagována jako důležitá opatření pro snížení znečištění vod v evropském měřítku. Od 90. let 20. století byla tato priorita vyjádřena ve Směrnici 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod. Sběr a čištění odpadních vod v aglomeracích do 2000 obyvatel je považováno za jediný proveditelný způsob efektivního snížení obsahu znečišťujících látek ve vodě, i když existují i jiná řešení, která mohou být realizována na úrovni jednotlivých domácností (septiky, individuální řešení).

2.1 Operační program Životní prostředí

Hodnocení provádíme na OP ŽP 2007–2013. Tento program je zaměřen na ochranu a zlepšování kvality životního prostředí v ČR (MŽP, 2012). První prioritní osa tohoto programu je zaměřena na zlepšování vodohospodářské infrastruktury a snižování rizika povodní. Cílem této prioritní osy je zlepšení stavu povrchových a podzemních vod, zabezpečení dodávek zdravotně nezávadné pitné vody pro obyvatelstvo a snižování rizika povodní (MŽP, 2012: 96). Program se v oblasti povrchových a podzemních vod zaměřuje na dva specifické cíle, konkrétně na snížení množství vypouštěného znečištění a na snížení eutrofizace povrchových vod.

Mezi podporované aktivity patří výstavba, rekonstrukce a intenzifikace městských ČOV a výstavba, rekonstrukce a dostavba stokových systémů. Jde o aktivity, které vedou ke snižování obsahu dusíku a fosforu v povrchových vodách, což jsou znečišťující látky, jejichž koncentrace zkoumáme v závislosti na tom, zda v příslušné obci proběhla investice do ČOV.

3. Data

Pro zde prezentovaný výzkum byla použita data jednak z monitorovacího systému OP ŽP, a také od Povodí Vltavy, s.p. Data z monitorovacího systému OP ŽP obsahují identifikaci místa realizace projektu, krátký popis aktivit projektu, identifikaci výpustě ČOV s jejími souřadnicemi a výši podpory v Kč.

Pro oblast snížení znečištění vod tak disponujeme informacemi o 1121 projektech za celou Českou republiku, z nichž jsme vybrali projekty realizované v povodí Vltavy (doba jejich realizace je uvedena v tabulce č. 1). Zároveň také disponujeme informacemi o všech obcích v ČR z databáze CEDR III a ČSÚ. Databáze CEDR III obsahuje informace o dotacích vyplácených skrze státní rozpočet České republiky a zahrnuje i informace o investicích do ČOV, které předcházely OP ŽP, či byly financovány souběžně s OP ŽP, ale z jiných zdrojů. Průměrná částka v oblasti zlepšování vodohospodářské infrastruktury a snižování rizika povodní – Oblast podpory 1.1 – Snížení znečištění vod činí na projekt 60 mil. Kč.

Povodí Vltavy, s.p. poskytlo data o kvalitě povrchových vod, ve kterých bylo identifikováno, kdy a na jakém odběrném profilu byla hodnota změřena. Čistota vody byla měřena pomocí koncentrací znečišťujících látek celkový fosfor (mg/l) a fosforečnan (mg/l). Data zahrnují měsíční měření na nejbližším odběrném profilu po proudu pod výpustí ČOV období od ledna 2007 do prosince 2014.

Tabulka 1: Přehled období realizace zkoumaných projektů v povodí Vltavy

Rok dokončení projektu	Počet zkoumaných projektů	%
2009	1	2,4
2010	4	9,8
2011	8	19,5
2012	13	31,7
2013	11	26,8
2014	4	9,8
Celkem	41	100,0

Zdroj: MŽP, vlastní zpracování

Relativně nízký vzorek projektů vybraných z celkového počtu byl způsoben požadavkem, aby mezi ukončením projektu (tedy uvedením ČOV do provozu) a dostupnými daty z monitoringu kvality vod byl minimální časový odstup 6 měsíců. Značné množství realizovaných projektů tedy nesplnilo podmínku ukončení do června 2014 (data monitoringu kvality byla dostupná pouze do prosince 2014).

4. Výsledky a diskuse

4.1 Popisná statistika

Do datového vzorku jsme použili pouze odběrné profily, které měly všechna sledovaná data k dispozici a zároveň vzdálenost ČOV od odběrného profilu nebyl vyšší než 20 km. To je sice poměrně velká vzdálenost, nicméně zde stojí evaluace před rozhodnutím, zda volit větší vzdálenost s tím, že zkoumaný vzorek bude větší, nebo vzdálenost zkrátit za cenu snížení rozsahu vzorku. Zde jsme se přiklonili k použití této vzdálenosti, byť jsme si vědomi toho, že data z měrného profilu u ČOV by byla nevhodnější. Taková data však nejsou k dispozici.

Popisnou statistiku za jednotlivé měřící ČOV uvádíme pro oba polutanty v tabulkách 2, 3 a 4.

Tabulka 2: Základní charakteristiky obcí a pozorování znečištění

	Vzdálenost ČOV od měrného profilu (v km)	Počet obyvatel v roce 2009
ČOV Kublov	7,7	600
ČOV Polná	3,5	5246
ČOV Žirovnice	1,0	3070
ČOV Jince	8,6	2233
ČOV Průhonice	3,4	2557
ČOV Lochovice	2,3	1148
ČOV Šlapanov	8,2	787
ČOV Velké Popovice	5,9	2457
ČOV Dobříš	17,1	8464
ČOV Říčany	8,7	13450
ČOV Pístitina	2,5	179
ČOV Žďár nad Sázavou	4,4	23259
ČOV Hořovice	1,3	6751
Nová ČOV Nová Včelnice (označ. ČOV II)	3,9	2376
ČOV Domažlice	14,0	10957
ČOV Zdice	1,4	3993
ČOV Nový Knín	9,8	1851
ČOV Loučovice	3,2	1824
ČOV Rožmitál pod Třemšínem	1,3	4359
ČOV Mladá Vožice	0,9	2727
ČOV Strakonice	1,9	23081
ČOV Hatín	16,4	209
ČOV Kašperské Hory	2,8	1563
ČOV Strašice	1,6	2436
ČOV Loděnice	3,1	1684

Počet měření je 96 pro každý odběrný profil

Zdroj: ČSÚ (počet obyvatel), MŽP, Povodí Vltavy, s.p.

Tabulka 3: Údaje o koncentracích znečištění (fosfor celkový)

	Celý vzorek – Průměr vůči zprovoznění (mg/l)			Jednoletý interval Průměr vůči zprovoznění (mg/l)		
	Před	Po	Procentní změna	Před	Po	Procentní změna
ČOV Kublov	0,275	0,161	-41,60	0,183	0,183	-0,18
ČOV Polná	0,216	0,169	-21,62	0,164	0,123	-24,92
ČOV Žirovnice	0,095	0,109	14,35	0,091	0,123	34,95
ČOV Velké Popovice	0,573	0,384	-33,09	0,348	0,556	59,57
ČOV Jince	0,221	0,172	-21,98	0,186	0,170	-8,61
ČOV Průhonice	0,302	0,379	25,37	0,255	0,326	27,78
ČOV Lochovice	0,223	0,181	-18,55	0,177	0,193	9,01
ČOV Šlapanov	0,120	0,150	24,69	0,130	0,137	5,26
ČOV Velké Popovice	0,583	0,384	-34,05	0,307	0,568	85,05
ČOV Dobříš	0,286	0,231	-19,40	0,251	0,248	-1,06
ČOV Říčany	0,144	0,192	33,17	0,138	0,188	36,80
ČOV Pístina	0,120	0,105	-11,90	0,124	0,096	-23,24
ČOV Žďár nad Sázavou	0,179	0,225	25,98	0,187	0,196	5,00
ČOV Hořovice	0,415	0,373	-10,21	0,307	0,527	71,88
Nová ČOV Nová Včelnice (označ. ČOV II)	0,174	0,191	9,88	0,159	0,180	13,32
ČOV Domažlice	0,237	0,186	-21,41	0,213	0,183	-14,45
ČOV Zdice	0,324	0,216	-33,42	0,242	0,183	-24,48
ČOV Nový Knín	0,268	0,205	-23,62	0,197	0,308	55,96
ČOV Loučovice	0,042	0,043	0,74	0,040	0,038	-5,15
ČOV Rožmitál pod Třemšínem	0,276	0,234	-15,18	0,259	0,236	-8,95
ČOV Mladá Vožice	0,221	0,139	-36,94	0,135	0,076	-44,07
ČOV Strakonice	0,089	0,087	-2,42	0,073	0,068	-6,29
ČOV Hatín	0,164	0,162	-1,36	0,161	0,172	6,87
ČOV Kašperské hory	0,067	0,042	-36,55	0,064	0,043	-32,94
ČOV Strašice	0,045	0,052	15,87	0,041	0,047	14,43
ČOV Loděnice	0,280	0,219	-21,87	0,197	0,216	9,38

Zdroj: ČSÚ, MŽP, Povodí Vltavy, s.p.

Tabulka 4: Údaje o koncentracích znečištění (fosforečnan)

	Celý vzorek – Průměr vůči zprovoznění (mg/l)			Jednoletý interval Průměr vůči zprovoznění (mg/l)		
	Před	Po	Procentní změna	Po	Před	Procentní změna
ČOV Kublov	0,251	0,125	-50,09	0,164	0,155	-5,79
ČOV Polná	0,107	0,060	-43,81	0,070	0,024	-65,87
ČOV Žirovnice	0,016	0,021	34,76	0,020	0,019	-5,00
ČOV Velké Popovice	0,351	0,235	-32,99	0,204	0,330	62,17
ČOV Jince	0,171	0,124	-27,45	0,144	0,122	-15,01
ČOV Průhonice	0,206	0,275	33,39	0,178	0,221	24,06
ČOV Lochovice	0,172	0,133	-22,70	0,142	0,149	5,12
ČOV Šlapanov	0,038	0,046	19,84	0,037	0,040	7,67
ČOV Velké Popovice	0,359	0,233	-34,93	0,190	0,321	68,71
ČOV Dobříš	0,182	0,131	-28,34	0,145	0,132	-8,87
ČOV Říčany	0,074	0,069	-6,94	0,074	0,052	-29,41
ČOV Pístina	0,033	0,030	-11,08	0,041	0,025	-38,24
ČOV Žďár nad Sázavou	0,100	0,121	20,87	0,097	0,122	25,61
ČOV Hořovice	0,332	0,252	-24,30	0,243	0,340	39,92
Nová ČOV Nová Včelnice (označ. ČOV II)	0,080	0,089	10,87	0,105	0,103	-2,07
ČOV Domažlice	0,122	0,080	-34,42	0,083	0,080	-3,60
ČOV Zdice	0,244	0,154	-36,62	0,186	0,080	-56,80
ČOV Nový Knín	0,163	0,129	-20,92	0,106	0,130	22,70
ČOV Loučovice	0,012	0,012	-4,24	0,016	0,010	-36,55
ČOV Rožmitál pod Třemšínem	0,164	0,128	-22,20	0,170	0,130	-23,35
ČOV Mladá Vožice	0,116	0,045	-61,20	0,058	0,023	-60,23
ČOV Strakonice	0,042	0,045	7,32	0,040	0,038	-5,81
ČOV Hatín	0,053	0,051	-3,85	0,079	0,069	-12,83
ČOV Kašperské hory	0,034	0,029	-14,94	0,047	0,027	-42,35
ČOV Strašice	0,015	0,017	13,53	0,012	0,017	39,60
ČOV Loděnice	0,211	0,145	-31,09	0,147	0,140	-4,49

Zdroj: ČSÚ, MŽP, Povodí Vltavy, s.p.

V tabulce uvádíme průměrné koncentrace před a po zprovoznění ČOV, jejich procentní změnu a pak totéž pro jednoroční časový interval (tj. byla-li stanice zprovozněna v červnu 2013, pak roční interval před zprovozněním je od května 2012 až do května 2013, kdežto interval po zprovoznění je od června 2013 až do června 2014).

Přesnost analýzy by bylo možné zvýšit zahrnutím průtoků do testovaných modelů. Touto informací však Povodí Vltavy, s.p. nedisponuje. Validnost analýzy tím však není ohrožena. Aby tomu tak bylo, muselo by být většina ČOV zprovozněna v období, kdy byly průtoky výrazně jiné, než před zprovozněním. Jinými slovy, muselo by zprovoznění ČOV korelovat se změnou průtoku. Vzhledem k tomu, že je zprovoznění rozprostřeno v delším časovém úseku, je toto nepravděpodobné. Při znalosti průtoků by metoda poskytla přesnější výsledky. Tuto situaci však nepovažujeme za systematické zkreslení. Abychom ověřili, zda jsou naše výsledky robustní, použili jsme dva statistické modely.

4.2 Regresní analýza

Nejprve jsme provedli prostou regresní analýzu, kdy jsme uvažovali následující vztah:

$$\ln(X_{i\text{post}} / X_{i\text{pre}}) = \alpha_i + \beta Z_i + e_i, \tag{1}$$

kde $X_{i\text{post}}$ je průměrná koncentrace pro i-tou měřící stanici v období po uvedení ČOV do provozu a $X_{i\text{pre}}$ je průměrná koncentrace v období před uvedením příslušné ČOV do provozu, Z_i jsou dodatečné proměnné (jakými jsou vzdálenost čidla od ČOV a počet obyvatel sídla, v němž se ČOV nachází) a e_i jsou náhodné chyby. Symbol \ln značí přirozený logaritmus, uvažujeme tedy regresi v logaritmickém tvaru. To má tu výhodu, že parametr β lze interpretovat jako procentní změnu; odhad této rovnice nám tak poskytne průměrnou procentní změnu koncentrací znečišťujících látek po uvedení ČOV do provozu.

Pro obě sledované látky není žádná z uvažovaných dodatečných proměnných signifikantní, proto je z rovnice vylučujeme. Výsledná regresní rovnice odhaduje tedy pouze parametr β , který udává, o kolik procent klesla koncentrace znečištění po zprovoznění ČOV. Výsledky jsou shrnuty v tabulce 5:

Tabulka 5: Výsledky regresní analýzy pro průměrné hodnoty

	Bodový odhad	Směrodatná odchylka	t-statistika	p-value
fosfor celkový	-0,08082	0,04207	-1,921	0,0649
fosforečnany	-0,11467	0,05908	-1,941	0,0624

Zdroj: ČSÚ, Povodí Vltavy, s.p., MŽP, vlastní výpočty

Koncentrace fosforu celkového tedy v průměru klesly o 8 %, kdežto koncentrace fosforečnanů klesly o 11,5 %. Výše uvedené hodnoty jsou statisticky signifikantní na 10% hladině. Pokud bychom použili standardně uvažovanou hladinu 5 %, pak bychom museli od tohoto závěru ustoupit. Pokud bychom uvažovali i dodatečné regresní proměnné zmíněné výše, pak se bodové odhady parametru β nezmění.

Uvažovali jsme také regresní rovnici, kde $X_{i\text{post}}$ a $X_{i\text{pre}}$ nebyly průměrné hodnoty před a po zprovoznění ČOV, ale hodnoty mediánové. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 6.

Tabulka 6: Výsledky regresní analýzy pro mediánové hodnoty

	Bodový odhad	Směrodatná odchylka	t-statistika	p-value
fosfor celkový	-0,07809	0,04488	-1,74	0,0928
fosforečnany	-0,09474	0,06323	-1,498	0,145

Zdroj: ČSÚ, Povodí Vltavy, s.p., MŽP, vlastní výpočty

4.3 Stavový model

Stavové modely mají široké použití v kvantitativním výzkumu a byly použity také na odhady dopadů opatření politik¹. Jako alternativní model jsme uvažovali následující stavový model. Vzhledem k heterogenitě obsahu látek, vzdálenosti odběrného profilu od ČOV a volatilitě řad, uvažujeme pro každou stanici měřený efekt zvlášť, jinými slovy pro každou ČOV odhadujeme její vlastní efekt.

Stavový model je formalizován následovně: logaritmus měřených koncentrací na i-té stanici v období t je značen X_{it} a je dán následujícím vztahem:

$$\ln(X_{it}) = T_{it} + C_{it} + U_{it}. \tag{2}$$

¹ Viz např. Harvey, 1986, který pomocí stavových modelů zkoumá vliv legislativního nařízení používání bezpečnostních pásů v autech na počet úmrtí v dopravních nehodách

T_{it} je trendová složka koncentrací, C_{it} jsou střednědobé fluktuace, které mohou odchylovat skutečné koncentrace od trendu T_{it} , a u_{it} jsou náhodné složky, např. chyby měření a jiné jednorázové faktory, které také způsobují odchylku měřených koncentrací od trendu. Na rozdíl od cyklických fluktuací C_{it} je však jejich vliv pouze jednorázový. Stavový model je doplněn předpoklady o dynamice jednotlivých složek. Dle Harveye a Jaegera (1993), předpokládáme, že:

$$T_{it} = T_{it-1} + Q_{it} + \gamma 1_{it} + u^{T_{it}} \quad (3)$$

To znamená, že trend je náhodný s driftem Q_{it} , $u^{T_{it}}$ jsou šoky v trendu, 1_{it} je dummy proměnná, která nabírá hodnoty jedna pro období, kdy byla i-tá čistírna spuštěna, γ je parametr, který nás zajímá a musí být odhadnut. Drift Q_{it} je jiná náhodná změna, a o cyklické složce C_{it} předpokládáme, že se jedná o autoregresní proces řádu dva. Pokud bychom měli model intuitivně vysvětlit, předpokládáme tedy, že uvedení ČOV do provozu permanentně ovlivňuje trendovou (tj. dlouhodobou) složku znečištění, a to o hodnotu γ , což je vzhledem k logaritmické transformaci opět procentní změna dlouhodobé (trendové) složky znečištění.

Je vhodné poznamenat, že tento model je flexibilní v tom smyslu, že nepředpokládá konstantní trend: trend se může měnit z řady důvodů (objevení nového zdroje znečištění mezi ČOV a čidlem, autonomní změna např. z důvodu změny využití půdy atd.). Nicméně pokud je vliv ČOV významný vzhledem k těmto jiným faktorům, měl by být identifikovatelný.

Odhad trendové a cyklické složky je možné provést na základě Kalmanova filtru (Harvey, 1990) a parametry modelu je možné odhadnout buď metodou maximální věrohodnosti, nebo na základě metody minimalizace predikční chyby (Ljung a Soderstrom, 1983). Zvolili jsme obě varianty, které pro většinu měřících stanic poskytly velmi podobné výsledky.

Tento model jsme odhadli pro každou ČOV v naší databázi zvlášť, ale jen tam, kde byl dostatečný počet pozorování a vzdálenost odměrného profilu od ČOV byla menší než 20 km. Můžeme tedy na rozdíl od přístupu výše, který přinesl jenom průměrné výsledky za všechny stanice, zkoumat efekt jednotlivých ČOV. Výsledky pro ČOV, kde máme dostatečně pozorování, jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7: Výsledky regresní analýzy pro stavový model

	Procentní změna		Průměrná změna (v mg/l)		p-values	
	F	FF	F	FF	F	FF
ČOV Kublov	-41,30	-56,22	-0,112	-0,107	0,05	0,01
ČOV Polná	-25,33	-43,46	-0,068	-0,083	0,01	0,04
ČOV Žirovnice	-1,11	-1,30	-0,003	-0,002	0,07	0,03
ČOV Velké Popovice	-19,58	-13,87	-0,053	-0,026	0,03	0,07
ČOV Jince	-22,17	-22,80	-0,060	-0,043	0,01	0,01
ČOV Průhonice	-1,12	-1,30	-0,003	-0,002	0,04	0,05
ČOV Lochovice	-21,11	-14,85	-0,057	-0,028	0,04	0,05
ČOV Šlapanov	-1,12	-3,98	-0,003	-0,008	0,02	0,05
ČOV Velké Popovice,	-19,34	-15,56	-0,052	-0,030	0,08	0,09
ČOV Dobříš	-21,73	-30,04	-0,059	-0,057	0,00	0,01
ČOV Říčany	-1,12	-1,30	-0,003	-0,002	0,08	0,08
ČOV Pístitina	-10,17	-3,15	-0,027	-0,006	0,05	0,08
ČOV Žďár nad Sázavou	-1,01	-1,01	-0,003	-0,002	0,10	0,08
ČOV Hořovice	-3,40	-9,30	-0,009	-0,018	0,05	0,00
Nová ČOV Nová Včelnice (označ. ČOV II)	-1,16	-1,12	-0,003	-0,002	0,04	0,03
ČOV Domažlice	-19,27	-23,90	-0,052	-0,045	0,08	0,09
ČOV Zdice	-31,44	-51,80	-0,085	-0,098	0,02	0,04
ČOV Plzeň	-1,12	-1,12	-0,003	-0,002	0,06	0,07
ČOV Nový Knín	-20,81	-1,12	-0,056	-0,002	0,00	0,08
ČOV Loučovice	-0,91	-0,89	-0,002	-0,002	0,11	0,05
ČOV Rožmitál pod Třemšínem	-5,39	-24,18	-0,015	-0,046	0,00	0,02
ČOV Mladá Vožice	-24,66	-48,09	-0,067	-0,091	0,00	0,08
ČOV Strakonice	-14,22	-1,02	-0,038	-0,002	0,06	0,03
ČOV Hatín	-14,84	-1,12	-0,040	-0,002	0,06	0,05
ČOV Kašperské hory	-20,53	-8,69	-0,055	-0,017	0,03	0,06
ČOV Kamenice Ládví	-1,16	-1,12	-0,003	-0,002	0,08	0,07
ČOV Strašice	-1,30	-1,30	-0,004	-0,002	0,01	0,05
ČOV Loděnice	-29,94	-34,68	-0,081	-0,066	0,08	0,04

Pozn.: F=fosfor celkový (bodový), FF= fosforečnany
 Zdroj: ČSÚ, Povodí Vltavy, s.p., MŽP, vlastní výpočty

Ukázalo se, že různé ČOV mají velice různý dopad na snížení koncentrace látek. U některých ČOV jsme zaznamenali pokles o cca 1 %, kdežto u jiných ČOV se jedná řádově o desítky procent. Zkoumali jsme, proč tomu tak je. Významným faktorem, který jsme identifikovali, je vzdálenost odměrného profilu od ČOV: Čím menší je tato vzdálenost, tím vyšší je obvykle měřený pokles látek, což je vcelku předpokladatelný výsledek. Výsledky analýzy ovlivňují další vlivy v ploše povodí, které je v podstatě nemožné podchytit, jako např. splachy hnojiv z polí nebo existující volné vypusti odpadních vod v sousedních obcích apod.

Přepočtené výsledky podle velikosti sídel také ukazují na úspory z rozsahu, kdy mezní náklady na dosažení stejného snížení znečištění vychází nižší pro větší sídla (vzhledem k rozsahu článku zde tyto přepočty neuvádíme, ale na vyžádání je poskytneme, případně si je může laskavý čtenář dopočítat sám pomocí odhadů dopadů a velikosti obcí).

5. Závěry

Zde představený evaluační výzkum je příspěvkem k vývoji, který probíhá ve veřejných politikách a zejména Politice soudržnosti EU. Dopadové evaluace se rozšiřují na další oblasti, kde dříve nebyly tak časté, včetně oblasti ochrany životního prostředí.

Výsledky naší analýzy potvrzují, že investice do čistíren odpadních vod mají pozitivní vliv na kvalitu vody. V představeném příspěvku bylo prokázáno snížení znečištění fosforem a fosforečnany v povodí Vltavy na příkladu čtyř desítek ČOV, pro které byly k dispozici informace o provedené investici a vývoji znečištění. Snížení znečištění bylo dosaženo ve všech zkoumaných případech.

Tím, že se výsledky pro jednotlivé ČOV lišily v řádu desítek procent a čidla byla umístěna od jednoho do sedmnácti kilometrů od ČOV, je vhodné při příští podobné evaluaci provést měsíční odběry vzorků vod v řádu několika set metrů nad vypustí i pod vypustí ČOV, a to před i po realizaci projektu a spuštění ČOV do provozu. Časové harmonogramy projektů toto umožňují, protože jen samotná příprava a realizace výběrového řízení na dodavatele stavby ČOV poskytuje dostatečnou časovou rezervu pro náběry vzorků.

Tento příspěvek vznikl díky podpoře projektu č. TD020224, financovaného Technologickou agenturou České republiky z programu Omega, realizovaného na Katedře managementu VŠE v Praze.

Seznam použité literatury

- [1] CENIA. Zpráva o životním prostředí České republiky. 2013 [cit 08/09/2015] dostupné z: http://www1.cenia.cz/www/sites/default/files/Zprava%20o%20zivotnim%20prostredi%20CR%202013_141112.pdf
- [2] BURNS, A., YOO, K. Improving the Efficiency and Sustainability of Public Expenditure in the Czech Republic. OECD Economics Department Working Papers. 2002. No. 328, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/085803311247>
- [3] FRONDEL, M., SCHMIDT, C. M. Evaluating environmental programs: The perspective of modern evaluation research. *Ecological Economics*. (2005, 55, s. 515–526)
- [4] HARVEY, A. C. The effects of seat belt legislation on British road casualties: A case study in structural modelling, *Journal of the Royal Statistical Society*, 1986, Series A 149 (1986), s. 187–227.
- [5] HARVEY, A. C. *Forecasting, Structural Time Series Models and the Kalman Filter*, Cambridge Books, 1990 Cambridge University Press.
- [6] HARVEY, A. C., JAEGER, A. Detrending, Stylized Facts and the Business Cycle, *Journal of Applied Econometrics*. 1993, 8(3), s. 231–247
- [7] HERING, D., HAIDEKKER, A., SCHMIDT-KLOIBER, A., BARKER, T., BUISSON, L., GRAF, W. et al. Monitoring the responses of freshwater ecosystems to climate change. *Climate Change Impacts on freshwater ecosystems* (eds M. Kernan, R. Battarbee & B. Moss), 2010, s. 84–118. Blackwell, Oxford.
- [8] KOPACEK, J., HEJZLAR, J., POSCH, M. Factors controlling the export of nitrogen from agricultural land in a large central European catchment during 1900–2010. *Environmental Science and Technology*. 2013, 47(12): s. 6400–6407. DOI: 10.1021/es400181m
- [9] LJUNG L., SODERSTROM T. *Theory and Practise of Recursive Identification*. MIT Press. 1983

- [10] MŽP. Operační program Životní prostředí: Programový dokument OP ŽP pro období 2007–2013. 2012, [cit 08/09/2015] dostupné z: <http://www.strukturalni-fondy.cz/getmedia/d72d3a37-b57f-4883-9ab5-e2f5dbe67d5d/Programovy-dokument-OP-Zivotni-prostredi-na-programove-obdobi-2007%E2%80%932013.pdf?ext=.pdf>
- [11] OECD. Water and Climate Change Adaptation. OECD Publishing, Paris. 2013
- [12] POTLUKA, O., BRŮHA, J., VOZÁR, O. Counterfactual Impact Evaluation: Novinka z Bruselu? Regionální studia, 2013, č. 2, s. 24–28
- [13] RADOŠ, J., KAUFMANN, M. Evaluation in Czech Republic: Brief overview of evaluation process of EU Cohesion Policy funds, IN: Bienias, S., Lewandowska, I. (eds.), Evaluation Systems in the Visegrad Member States, Ministry of Regional Development. 2009, ISBN 978-83-7610-146-0
- [14] SCHINDLER, D. W. Recent advances in the understanding and management of eutrophication. *Limnology and Oceanography*. 2006, 51, s. 356–363.
- [15] SKJAERSETH, J. B. Exploring the consequences of soft law and hard law: implementing international nutrient commitments in Norwegian agriculture. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*. 2010 10(1): s. 1-14.
- [16] VOJÁČEK, O., HEJZLAR, J., SLAVÍKOVÁ, L., MACHAČ, J., SMEJKAL, T., CUDLÍNOVÁ, E. Cost-effectiveness analysis report for the Vltava catchment, Czech Republic, including analysis of disproportionality. REFRESH project report. 2014 [cit 06/12/2014] dostupné z: http://www.ieep.cz/download/publikace/cea_orlik.pdf