

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ

A ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ

**HODNOCENÍ VODNÍ STOPY V KONTEXTU
VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ V ČR**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VEDOUCÍ PRÁCE: MGR. MARTA MARTÍNKOVÁ, PH.D.

BAKALANT: MAGDALENA HAŠPLOVÁ

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Magdalena Hašplová

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Hodnocení vodní stopy v kontextu vodního hospodářství v ČR

Název anglicky

Water Foot Print in the context of Czech Water Resources Management

Cíle práce

Indikátor životního prostředí vodní stopa představuje relativně nový způsob vyjadřování ceny služeb a produktů v kontextu využívání vody. Vliv člověka a jeho spotřeba všech přírodních zdrojů globálně roste, nejinak je to i se zdroji vody. Proto je potřeba se na její využití zaměřit a minimalizovat lidský dopad. Právě vodní stopa je jedním z prostředků, kterými lze vyjádřit množství potřebné vody k výrobě služby nebo produktu. S následnými daty lze pak pracovat dále, ať už se jedná o zvýšení informovanosti jak odborné, tak laické veřejnosti, či při snaze aplikovat šetrnější řešení.

Cílem práce je zpracování dosud publikovaných poznatků o vodní stopě. Vzhledem k tomu, že vodní stopa je mladým pojmem, práce si klade otázky, zda došlo k vývoji indikátoru, v jakém směru se změnil od jeho představení, zda je jeho pojetí jednotné a jaký potenciál představuje do budoucna? Práce se rovněž soustředí na ucelení poznatků, které se týkají vodní stopy a jejího posuzování v České republice.

Zpracování rešerše postupuje od obecných poznatků ke konkrétním, věnuje se tedy jak obecnému pojetí indikátoru, tak také příkladům jeho využití v konkrétních případech.

Metodika

Metodou této bakalářské práce je literární rešerše dostupných, zejména cizojazyčných, zdrojů a následná syntéza zjištěných poznatků. Při zpracování je využíváno především odborných databází jako Web of Science, ScienceDirect, ResearchGate a další.

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčová slova

vodní stopa, indikátor životního prostředí, nedostatek vody, udržitelnost

Doporučené zdroje informací

- Ansorge L., Dlabal J., Prchalová H., Vyskoč P., Vološionvá D., Beránková T., 2017: Metodika sestavení vodní stopy v souladu s ISO 14046. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha. ISBN 978-80-87402-60-3
- Hoekstra, A. Y., Chapagain A. K., Aldaya M. M., Mekonnen M. M., 2011: The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard. Earthscan, Londýn, Washington, DC. ISBN 978-1-84971-279-8.
- Hoekstra A. Y., Chapagain A. K., 2007: Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resources Management* 21, p. 35–48
- Hoekstra A. Y., Mekonnen M. M., 2012: The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109-9, p. 3232-7
-

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

Mgr. Marta Martínková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 7. 2. 2022

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 12. 03. 2022

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Hodnocení vodní stopy v kontextu vodního hospodářství v ČR vypracovala samostatně a že jsem citovala všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 28. 3. 2022

.....

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou poděkovala paní Mgr. Martě Martínkové, Ph.D., za odborné vedení a za poskytnutí cenných rad a informací při zpracování bakalářské práce.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se věnuje problematice indikátoru vodní stopa, který představuje nástroj použitelný v kontextu vodního hospodářství a problémů spojených s nedostatkem a kvalitou vod.

Lidská společnost se neustále rozrůstá a její potřeby se vyvíjejí, s čímž je spojen zvyšující se tlak na všechny přírodní zdroje, vodu nevyjímaje. Otázka nedostatku a kvality vody je relativně novým tématem, a má-li být toto téma adresně řešeno, vyžaduje pozornost odborníků.

Tato práce reflektuje dosavadní poznání v oblasti indikátoru vodní stopa. Shrnuje základní principy toho, jak je k vyhodnocování vodní stopy přistupováno, a také prezentuje poznatky vybraných studií. Část práce se pak věnuje publikacím o vodní stopě v České republice.

Vzhledem ke skutečnosti, že o vodní stopě v českém jazyce dosud existují pouze jednotky publikací, představuje tato práce pro českého čtenáře hodnotný zdroj informací.

Klíčová slova:

- vodní stopa, indikátor životního prostředí, nedostatek vody, udržitelnost

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the theme of the environmental indicator the water footprint. Water footprint can be used in the context of water management and issues associated with water scarcity and the quality of water resources.

With the continuous growth, the needs of human society are constantly changing. This puts a pressure on all the natural resources, including water. The matter of water scarcity and water quality represents a relatively new topic requiring the attention of experts in this scientific discipline in order to be dealt with correspondingly.

This thesis summarizes current state of research of the water footprint indicator. It describes the basic principles of how the indicator can be applied. It also presents several findings of selected studies. One chapter also deals with Czech publications about the water footprint.

Given the fact that there are very few publications about the water footprint in Czech language, this thesis represents a valuable source of information for a Czech reader.

Keywords:

- water footprint, environmental indicator, water scarcity, sustainability

OBSAH

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce.....	3
3. Metodika.....	3
4. Co je to vodní stopa	4
5. Bilanční přístup hodnocení vodní stopy.....	6
5.1 Fáze bilančního přístupu.....	6
5.1.1 Stanovení cíle a rozsahu	6
5.1.2 Bilancování	7
5.1.3 Posuzování udržitelnosti.....	7
5.1.4 Formulace závěrů	7
5.2 Komponenty bilančního přístupu.....	7
5.2.1 Modrá voda	7
5.2.2 Zelená voda.....	8
5.2.3 Šedá voda.....	8
5.3 Nedostatky bilančního přístupu	9
5.4 Příklady použití bilančního přístupu v praxi	10
6. Dopadové hodnocení vodní stopy.....	13
6.1 Zásady dopadového přístupu	13
6.2 Fáze dopadového přístupu.....	15
6.2.1 Stanovení cíle a rozsahu	15
6.2.2 Inventarizační analýza	15
6.2.3 Posuzování dopadů vodní stopy.....	16
6.2.4 Interpretace výsledků.....	17
6.3 Nedostatky dopadového přístupu.....	17
6.4 Příklady použití dopadového přístupu v praxi.....	19
7. Vodní stopa v České republice	21

8. Výsledné zhodnocení	25
9. Diskuze.....	28
10. Závěr a přínos práce.....	30
Přehled literatury a použitých zdrojů.....	31
Odborné publikace.....	31
Legislativní zdroje	38
Internetové zdroje	38

1. ÚVOD

Současný svět je značně konzumně zaměřený a často si lidé v něm ani neuvědomují, že jejich aktivity mohou přispívat k negativním jevům, které ovlivňují životní prostředí. Oblastí, kde lze pocítovat takové následky, je rozhodně nakládání s vodou. Nedostatkem vody po dobu alespoň jednoho měsíce v roce podle posledních výzkumů trpí více než 3 miliardy obyvatel a předpokládá se, že se toto číslo bude nadále zvyšovat (Mekonnen et al., 2015; Burek et al., 2016).

Je proto žádoucí hledat způsoby, jakými lze nedostatku vody, případně degradaci její kvality, předcházet. Cest, které se momentálně nabízejí, je několik. Jako příklady lze uvést zefektivnění využívání vody, zvýšení zachytu a následné využití dešťových vod, snížení míry znečištění, a tedy zvýšení množství dostupné vody bez nákladných úprav, či zavedení cirkulačních politik.

Od 90. let 20. století došlo k celosvětovému zvýšení zájmu o životní prostředí. Mimo jiné se začalo rozvíjet hned několik indikátorů stavu životního prostředí. Začala se formovat celá tzv. „Footprint Family“ („rodina stop“). V současnosti nejznámějším indikátorem z této skupiny je pravděpodobně uhlíková stopa. Povědomí o uhlíkové stopě se značně rozšířilo i mezi laickou veřejností. Již i v České republice existují uživatelsky velmi přívětivé online kalkulatory, kde si může zájemce orientačně spočítat vlastní uhlíkovou stopu (Moje CO₂, ©2022; Uhlíková stopa, ©2022). Dále se lze setkat s ekologickou stopou a stopou vodní, o které pojednává tato práce.

Právě vodní stopu lze uplatnit a využít při výzkumu problematiky nedostatku vody. Pomocí vodní stopy lze vyjádřit hodnotu produktu či služby převedenou na množství vody, které je pro danou produkci potřeba. V jiném pojetí pak může být výsledkem index, který reflektuje míru dopadu daného produktu právě na stav životního prostředí.

Ať už se vodní stopa používá v jakémkoli pojetí, jedná se o indikátor, který může poskytnout hodnotná data a poznatky využitelné zejména v oblastech, které se potýkají s problémy dostupnosti čisté vody.

Tato práce se zabývá vodní stopou, protože problematika nakládání s vodou začíná být vzhledem k měnícím se podmínkám, jako jsou například období sucha (Řehoř et al., 2020), každým rokem více aktuální i v České republice. Vzhledem k tomu, že vodní stopa není natolik známá jako například již zmiňovaná uhlíková

stopa, dostupná literatura pojednávající o vodní stopě je především cizojazyčná. Práce předpokládá nízké zastoupení publikací od českých autorů a s tím spojené nedostatečné pokrytí problematiky v kontextu České republiky. I proto je vhodné se tomuto tématu věnovat v rámci bakalářské práce v českém jazyce.

Práce je členěna do kapitol, přičemž jedna kapitola, konkrétně čtvrtá, se věnuje vodní stopě obecně, následující kapitoly popisují přístupy, kterých lze pro stanovení vodní stopy využít. Samostatná kapitola je věnována problematice vodní stopy tak, jak je publikována v České republice.

2. CÍLE PRÁCE

Indikátor životního prostředí vodní stopa představuje relativně nový způsob vyjadřování ceny služeb a produktů v kontextu využívání vody. Vliv člověka a jeho spotřeba všech přírodních zdrojů globálně roste, nejinak je tomu i s vodními zdroji. Proto je potřeba se na její využití zaměřit a minimalizovat tak dopad lidských činností na životní prostředí, tedy i na vodní zdroje.

Právě vodní stopa je jedním z prostředků, kterými lze vyjádřit množství spotřebované vody k výrobě služby nebo produktu. S následnými daty lze pak pracovat dále, ať už se jedná o zvýšení informovanosti jak odborné, tak laické veřejnosti, nebo o snahu aplikovat šetrnější řešení.

Cílem práce je rešeršní zpracování dosud publikovaných poznatků o vodní stopě. Vzhledem k tomu, že vodní stopa je mladým pojmem, práce si klade řadu otázek: Došlo k vývoji indikátoru? V jakém směru se indikátor změnil od jeho představení? Je pojetí indikátoru jednotné? Jaký potenciál představuje indikátor do budoucna? Práce se dále věnuje dosavadní literatuře publikované v České republice.

Rešerše se soustředí na obecné pojetí indikátoru s příklady odborných studií v konkrétních odvětvích.

3. METODIKA

Vzhledem k rešeršnímu charakteru práce je metodika založena zejména na vyhledávání publikací pojednávajících o vodní stopě v odborných databázích.

Databáze, se kterými autorka pracuje, jsou zejména *Web of Science*, *Science Direct* a *Research Gate*. Dále byl využit také nástroj pro vyhledávání odborných publikací *Google Scholar*. V menším měřítku pak bylo použito také přímo archivů odborných časopisů ENTECHO, VTEI a Vodní hospodářství.

Mimo jiné je pak využito také zpřístupněných publikací a informací přímo na internetových stránkách *Water Footprint Network* a dalších organizací.

4. CO JE TO VODNÍ STOPA

Vodní stopa, v angl. *Water Footprint*, je relativně nový pojem představený poprvé v roce 2002 Arjenem Y. Hoekstrou a P. Q. Hungem (Hoekstra et Hung, 2002). Vodní stopa je založena na myšlence virtuální vody (Hoekstra et al., 2016), která pochází ze začátku 90. let 20. století. Tento koncept vytvořil americký geograf a fyzik John Anthony Allan, jenž chtěl svým dílem poukázat na problematiku nedostatku vody ve světě. Allan ve své práci také poukazuje na to, že oblasti s nedostatkem vody by mohly lépe hospodařit s vodou tak, že některé produkty, jejichž výroba je na vodu náročná, by dovážely z oblastí, které nedostatkem vody netrpí. Takto ušetřené vodní zdroje by pak bylo možné využít při jiných nezbytných procesech, které vodu vyžadují (Allan, 1993, 1994, 1997). Allanovy myšlenky vycházejí z poznatků izraelských vědců, kteří v 80. letech 20. století poukazovali na vývoz plodin náročných na vodu z Izraele, který se potýká s dlouhodobými problémy s nedostatkem sladké vody (Hák, 2014; Wimmerová et Bartoš, 2021).

Základním principem vodní stopy je kvantifikace vody využitá při výrobě konkrétního produktu, služby nebo definovatelné skupiny lidí či organizace. Nezaměřuje se tedy pouze na přímou spotřebu u výrobce nebo spotřebitele, ale započítává veškerou (i nepřímo) využitou vodu až ke koncovému článku řetězce (Hoekstra et al., 2011), jedná se tedy o kvantifikaci virtuální vody.

Zvyšovat povědomí o vodních zdrojích je žádoucí, jelikož tlak na spotřebu vody se neustále zvyšuje. V posledních letech se zvyšuje frekvence diskuzí o udržitelném rozvoji v různých odvětvích, nicméně udržitelnému rozvoji v oblasti nakládání s vodními zdroji je věnován velmi malý prostor (Morris, 2019). Čuček et al. (2012) považují právě vodní stopu za nástroj, díky kterému může být dosaženo šetrnějšího nastavení systémů vodního hospodářství.

Hoekstra et al. (2016) uvádí, že zájem o vodní stopu se v posledních letech zvyšuje natolik, že podle databáze *Web of Science* se stala vodní stopa v roce 2014 frekventovanějším tématem odborných studií než stopa ekologická.

Vzhledem k tomu, jak „mladým“ pojmem vodní stopa je, metodologie jejich výpočtů a pojetí se stále vyvíjí. Největší pozornosti je jí věnováno ve Spojených státech amerických, v Číně a v Nizozemsku. V Nizozemsku také sídlí *University of*

Twente, která z hlediska množství studií a článků zabývajících se vodní stopou zaujímá přední místo (Zhang et al., 2017).

Výčet a základní charakteristiku některých nástrojů z oblasti posuzování náročnosti antropogenních činností na vodní zdroje lze nalézt v publikaci mezinárodní organizace *World Business Council for Sustainable Development*, která sdružuje společnosti zaměřující se na udržitelnost (WBCSD, 2012). Existují však dva hlavní proudy, které k vodní stopě přistupují odlišně, a to tzv. přístup bilanční a přístup dopadový.

Prvním z těchto přístupů je původní pojetí vodní stopy podle Hoekstry, které se pro odlišení nazývá bilanční přístup hodnocení vodní stopy.

Druhý přístup, tzv. dopadový, se vyčlenil z původního konceptu a zaměřuje se na dopad hodnocených aktivit na dostupnost vodních zdrojů, zdraví člověka a kvalitu ekosystémů podle metodologie LCA (z angl. *Life Cycle Assessment*, v češtině Posuzování životního cyklu) (ČSN ISO 14046, 2016).

5. BILANČNÍ PŘÍSTUP HODNOCENÍ VODNÍ STOPY

Bilanční, též objemový (v angl. *volumetric*), přístup hodnocení vodní stopy je původním pojetím vodní stopy podle Hoekstry. Jedná se o kvantifikované vyjádření veškeré virtuální vody, která byla využita pro finální koncový výrobek, službu nebo aktivitu. Základním dokumentem pro sestavování bilančního hodnocení vodní stopy je manuál z roku 2011 (Hoekstra et al. 2011).

Výsledkem bilančního pojetí je množství, respektive objem, vody uváděný většinou v litrech, případně v jiné objemové jednotce podle potřeby studie. V porovnání s LCA pojetím vodní stopy se tak bilanční přístup výsledkově více blíží známější uhlíkové stopě vyjadřující množství skleníkových plynů v ekvivalentu CO₂, a to navzdory tomu, že uhlíková stopa a dopadová vodní stopa vycházejí ze stejného metodologického základu (Ansorge, 2017).

Chapagain et al. (2006) upozorňují, že vodní stopa nemá sloužit jako jediný ukazatel udržitelnosti hodnoceného produktu, nýbrž že má představovat podnět k diskusi o udržitelnosti daného produktu a být součástí širšího spektra dat, která takové posouzení umožňují.

5.1 FÁZE BILANČNÍHO PŘÍSTUPU

Sestavování bilančního hodnocení vodní stopy má 4 fáze, a to stanovení cílů a rozsahu, vlastní bilancování vodní stopy, posuzování udržitelnosti a formulace závěrů (Hoekstra et al. 2011; Ansorge, 2016).

5.1.1 STANOVENÍ CÍLE A ROZSAHU

Při stanovování cílů je důležité správně určit, proč se má studie hodnocení vodní stopy vytvářet. Objednavatele studie mohou zajímat například pouze jednotlivé kroky výrobního procesu nebo také celého výsledného produktu. Dále pak mohou být studie zaměřeny na jednotlivé spotřebitele nebo i jejich skupiny, ty pak mohou být různě definovány, například podle územní příslušnosti (území státu, menší územní celek, povodí). Studie lze také orientovat na celé národy (nejen spotřebitele v nich), firmy, průmyslová odvětví či na lidstvo jako celek.

Stejně tak je potřeba jasně definovat rozsah hodnocení vodní stopy. Je třeba stanovit hranice pro to, co má a nemá být do bilance zahrnuto. Základní otázkou pro stanovení rozsahu může být například to, zda studie zahrne všechny typy zdrojů

vody, v jaké fázi výrobního procesu se nachází posuzovaný krok, za jaké období je vodní stopa posuzována aj. (Hoekstra et al., 2011).

5.1.2 BILANCOVÁNÍ

Při fázi bilancování jsou kvantifikovány objemy vody potřebné pro hodnocený produkt podle jednotlivých komponentů, tj. modré, zelené a šedé vody (Hoekstra et al., 2011). Podrobněji viz kapitola 5.2.

5.1.3 POSUZOVÁNÍ UDRŽITELNOSTI

V rámci posuzování udržitelnosti se porovnává dostupná voda s výslednou vodní stopou pro konkrétní oblast, typicky pro povodí, u nichž jsou známy vodní bilance. Jedná se tedy o fázi, ve které se množství využití vody usazuje do geografického kontextu a hodnotí se dopady posuzovaného produktu na životní prostředí (Hoekstra et al. 2011; Ansorge, 2016).

5.1.4 FORMULACE ZÁVĚRŮ

Fáze formulace závěrů spočívá v návrhu snížení vodní stopy hodnoceného objektu. Návrhy pak reflektují to, co bylo objektem hodnocení, snaží se určit, v jaké úrovni by bylo možné vodní stopu snížit a kdo tak může učinit, tedy například vlády jednotlivých zemí, vedení výrobních společností, mezinárodní organizace a další (Hoekstra et al., 2011).

5.2 KOMPONENTY BILANČNÍHO PŘÍSTUPU

V rámci bilančního přístupu se vyčleňují 3 typy vod, které jsou rozlišovány na modrou, zelenou a šedou. Celková vodní stopa cílového produktu je vyjadřována jako součet těchto jednotlivých komponentů. V této oblasti došlo od prvního představení vodní stopy ke značnému vývoji, jelikož první studie komponenty nerozlišovaly. K oddělení komponentů se začalo ve studiích přistupovat až od roku 2008 (Hoekstra et Chapagain, 2008; Lovarelli et al., 2016). Nicméně absence rozdělení komponentů v některých studiích přetrvává dodnes.

5.2.1 MODRÁ VODA

Modrá voda představuje spotřebovanou vodu, kterou bylo nutno odebrat z povrchových nebo podpovrchových zdrojů a dodat ji do výrobního procesu lidskou

činností. Typicky se tedy jedná například v zemědělství o vodu závlahovou. Klíčové pro určení modré vody je také to, že se nevrací do zdrojů, ze kterých byla odebrána, tj. vypaří se, je vázána v produktu, nevrátí se do stejného povodí, nebo se vrátí v období jiných hydrologických poměrů, například je odebrána za sucha, nebo je navracena v období dostatku vody (Hoekstra et al., 2011). Modrá voda zpravidla představuje významně menší objem než celkové odběry, jelikož je běžné, že se větší část odebrané vody do systému po použití vrací (Hoekstra et Mekonnen, 2012; Paterson et al., 2015).

5.2.2 ZELENÁ VODA

Druhým komponentem je zelená voda, která se do celého procesu dostává přirozeně. Jedná se o objem srážkové vody, která je spotřebována během produkce. Je to tedy voda, která se během produkce ztratí procesem evapotranspirace, tj. ztráta výparem z povrchu nebo výdej vody listy rostlin, nebo zůstává vázána přímo v produktu. Zelená voda je klíčovým prvkem zejména v zemědělském a lesnickém sektoru a následně také v produktech, které využívají produkci zmíněných sektorů. Vyčíslení spotřeby zelené vody je založeno na odborném odhadu, na množství empirických vzorců, případně na modelech evapotranspirace jednotlivých plodin podle klimatických podmínek (Hoekstra et al., 2011).

V tradičních studiích bývá zelená voda často brána za samozřejmou a v kalkulacích je započítána pouze modrá voda, ačkoli právě zelená voda představuje většinový zdroj vody v zemědělství (Hogeboom, 2020).

Vyjadřování složky zelené vody má smysl především tam, kde je vody nedostatek. Lze tak vyčíslit množství vody, které je použito pro potřeby člověka, a tím je limitováno množství, které by jinak připadlo na přírodní procesy (Hák et al., 2013).

5.2.3 ŠEDÁ VODA

Posledním rozlišovaným typem v rámci bilančního přístupu je šedá voda. Tento typ byl vyčleněn až v roce 2008 (Hoekstra et Chapagain, 2008). Kvantifikovaná stopa šedé vody je v tomto případě množství vody, které je potřeba k naředění znečištěné vody až do bodu dosažení podlimitních koncentrací znečištění. Šedý komponent vodní stopy představuje podíl mezi množstvím polutantu a rozdílem maximální přípustné a přirozené koncentrace daného polutantu, tj. znečišťující látka,

v recipientu, tj vodní útvar, do kterého je zaústěn odtok znečištěné vody (Hoekstra et al., 2011). Hlavními producenty šedých vod je zemědělství a průmysl, respektive vyplavené živiny a hnojiva, případně průmyslové odpadní vody (Liu et al. 2012; Mekonnen et Hoekstra, 2015).

5.3 NEDOSTATKY BILANČNÍHO PŘÍSTUPU

Vzhledem k tomu, že bilanční přístup je založen na množstevním vyjádření vody potřebné ve výrobním cyklu produktu, je tomuto přístupu vytýkáno, že nereflexuje hodnotu zdroje používané vody. Faktická hodnota litru vody v suché oblasti je mnohonásobně vyšší než v oblasti, která nedostatkem vody netrpí. Ze stejného důvodu je také otázkou, jestli a případně jaký má význam srovnávání více nezávislých bilančních studií, které probíhaly na lokalitách se značně odlišnými přírodními podmínkami (Ansorge, 2016).

Podobně se o nedostatecích bilančního přístupu vyjádřili také Berger a Finkbeiner (2012), podle nichž může být bilanční vodní stopa značně zavádějící, pokud není dostatečně interpretována a nezahrnuje geografický kontext oblasti. Nízké bilanční vodní stopy totiž mohou mít mnohem větší dopad na životní prostředí právě z důvodu vzácnosti vodních zdrojů v dané lokalitě.

Proti lokálnímu významu dopadů užívání vody se zastánci bilančního přístupu hájí tím, že množství dostupné pitné vody je důležitější v celosvětovém měřítku, a ne v lokálním (Hoekstra et al., 2011). Naopak zdůrazňují, že metodologie dopadové vodní stopy je založena na modelech, které zohledňují dopady na životní prostředí velmi omezeně a jejichž výsledky nepředstavují žádnou fyzicky uchopitelnou hodnotu, a že dopadový přístup k hodnocení vodní stopy tak postrádá smysl (Hoekstra et al., 2009).

Výhrady existují také k náhledu na vypařenou vodu jako na vodu, která představuje ztrátu v povodí. Pro tento přístup podle Bergera a Finkbeinera (2012) neexistují dostatečně podložená vědecká data. Jako důvod k tomuto počinání se uvádí, že vypařená voda se z povodí ztratí, protože 70 % srážek spadne nad oceány (New et al., 2001). Nicméně jiné studie ukazují, že suchozemský výpar se vrací v podobě srážek nad pevninou průměrně asi z 57 %. Je tedy možné, že výpar z jednoho povodí se vrátí do stejného povodí tímto způsobem. Zároveň se globálně takový návrat výparu

velmi liší v závislosti na lokalitě a velikosti povodí (Van der Ent et al., 2010; Van der Ent et Savenije, 2011).

Předmětem kritiky je také slučování, a hlavně nerozlišování modré a zelené vody, které tak tvoří jeden číselný údaj. Takový údaj v podstatě ztrácí vypovídající hodnotu, protože nereflektuje rozdíly mezi zdroji vody a výsledná data mohou být zavádějící (Berger et Finkbeiner, 2012). Podobně také Ridoutt a Pfister (2010) konstatovali, že bilanční přístup k vodní stopě je neúplný a že výsledky takových studií jsou nejisté a zavádějící. Současná metodologie bilanční vodní stopy však apeluje na autory studií bilančních vodních stop, aby se drželi navržených postupů a jednotlivé komponenty vodní stopy rozlišovali (Hoekstra et al., 2011).

Bilančnímu přístupu je také vytykáno pojetí šedé vody, jelikož závisí na místních limitech, které nejsou globálně jednotné, a dochází tak k subjektivizaci výsledků. Zároveň dochází také k opomíjení polutantů, pro které limity stanoveny nejsou (Berger et Finkbeiner, 2012).

5.4 PŘÍKLADY POUŽITÍ BILANČNÍHO PŘÍSTUPU V PRAXI

Jedním z běžných využití bilanční vodní stopy je její aplikace na rozsáhlé definovatelné skupiny. Použití bilančního přístupu pro zjištění vodní stopy takových skupin umožňuje získat cenná data, která reflektují odlišné nároky dotčených skupin na vodní zdroje. Tento způsob se od klasických přístupů k vyjadřování náročnosti například států na vodní zdroje liší zejména tím, že reflektuje import a export produktů, respektive virtuální vody, napříč hranicemi jednotlivých skupin.

Z hlediska jednotlivých zemí je vodní stopa definována jako objem vody potřebný k výrobě produktů a služeb obyvatel v rámci jednoho státu. Vodní stopa se v tomto případě rozděluje na vnitřní (zdroje vody uvnitř hranic státu ze zemědělství, průmyslu a domácností), od které je nutno odečíst virtuální vodu produktů vyvážených do jiných zemí, a vnější (zdroje vody v jiném státu), respektive voda potřebná k produkci zboží z dovozu. Hlavními určujícími faktory jsou spotřeba vody, spotřebitelské chování (například míra konzumace masa), klima oblasti a způsoby hospodaření v zemědělství (Hoekstra et Chapagain, 2007).

Výsledky tohoto typu studií jsou do jisté míry orientační zejména z důvodu původu dat. Vzhledem k rozsahu posuzovaných skupin je ovšem určitá generalizace vstupních dat pochopitelná. Zároveň účelem takové studie je především přiřadit

jednotlivým zemím průměrné hodnoty, jelikož i variabilita uvnitř státu může dosahovat významnějších rozdílů a žádné výsledky z podobných studií nemohou být pokládány za univerzálně platné. To by ale mělo být zohledněno i v interpretaci výsledků.

Pro vyjádření převažujících trendů a nároků na vodu v rámci zemí je takový přístup dostačující. Data mohou posloužit například jako podklad pro zahájení diskuzí o míře závislosti na dovážené virtuální vodě, ale i k dalším účelům (Hoekstra et Chapagain, 2007).

Závislost na externích zdrojích zboží může mít významnou váhu při posuzování přístupu států k životnímu prostředí, jelikož výrobní procesy pro uspokojení potřeb daného státu probíhají mimo hranice a mohou mít negativní účinky v místě produkce. Závislost na importu může také v případě závislosti na produktech ze země potýkající se s nedostatkem a nestabilitou vodních zdrojů představovat nejistotu v zajištění poskytovaných produktů a služeb (Hoekstra et Mekonnen, 2012; Lenzen et al., 2013). Problém dovozu na vodu náročných produktů z oblastí trpících nedostatkem vody není pouze mezinárodního formátu, stejný problém byl popsán také v regionálním měřítku (Guan et Hubacek., 2007; Verma et al., 2009; Yu et al. 2010)

Tamea et al. (2014) přinášejí poznatek, že mezinárodní obchod s virtuální vodou je primárně řízen ekonomickými faktory, a ne zásobami vodních zdrojů. Primárně ekonomická rozhodnutí nemusí zohledňovat možnosti vodních zdrojů a mohou tak prohlubovat problémy spojené s nedostatkem a nespolehlivostí vodních zdrojů.

Hoekstra a Mekonnen (2012) například upozorňují, že zdaleka ne všechny státy, které vykazují vysokou míru závislosti na externích zdrojích vody, trpí nedostatkem vody. Zejména státy severní Evropy jsou relativně závislé na externích zdrojích, ačkoli samy mají možnost rozšířit vlastní produkci a svou závislost tak limitovat, to se týká například Nizozemska nebo Velké Británie.

Poměrně mnoho prací se také věnuje vodní stopě v oblasti zemědělství. Zemědělství má oproti průmyslu a domácnostem jednoznačně největší podíl na celosvětovém využívání vodních zdrojů (Hoekstra et Hung, 2002; Gleick, 2003; Ridoutt et Pfister, 2010).

Studie vodních stop v zemědělství zahrnují různé oblasti tohoto sektoru. Existují studie, které se zaměřují na živočišnou produkci (Mekonnen et Hoekstra, 2012; Bosire et al., 2014; Palhares et al. 2021), na rostlinnou produkci (Mekonnen et Hoekstra,

2011; Mekonnen et al, 2020, Mekonnen et Hoekstra, 2020), ale také na rozdílné způsoby hospodaření (Palhares et Pezzopane, 2015) nebo například na různé konzumní styly, tj. konzumace masa a rostlinných produktů (Davis et al., 2016).

Rozvoj studií vodních stop také podporuje zájem o jejich vyhodnocování ze strany samotných výrobních společností (Hogeboom, 2020). Mezi společnostmi, které spolupracovaly s WFN (Water Footprint Network) na sestavování jejich vodních stop, se řadí Nestlé, The Coca-Cola Company, C&A, Hewlett-Packard a další (WFN, ©2022).

WFN prezentuje své výsledky také v laicky přístupné grafické podobě, kdy jednotlivým produktům přiřazuje určitý počet kapek vody podle jejich náročnosti na vodní zdroje a porovnává produkty navzájem. Ačkoli takto prezentovaná data a jejich vizualizace mají jen minimální odbornou výpovědní hodnotu, jelikož postrádají patřičnou míru interpretace, jistě zaujmou laickou veřejnost. Tyto materiály mohou posloužit pro zvýšení povědomí o nárocích produktů a služeb na vodu, se kterými se každý člověk denně setkává (WFN, ©2017).

6. DOPADOVÉ HODNOCENÍ VODNÍ STOPY

Dopadové (v angl. *impact*) hodnocení vodní stopy se vydělilo z Hoekstrova na konci první dekády 21. století. Bilančnímu přístupu byla vytýkána zejména absence vyjádření a posouzení vzácnosti zdroje (Bayart et al., 2010; Berger et Finkbeiner, 2013; Gawel et Bernsen, 2013).

Proto bylo původní pojetí modifikováno do pojetí, které se primárně soustředí na vyjádření potenciálních dopadů využívání vody na životní prostředí, dopadová vodní stopa tedy vyjadřuje pouze tu část dopadů, která se týká vodního prostředí. Pro vyjádření celkového dopadu produktu nebo služby by se musela vodní stopa stát součástí komplexního hodnocení dopadů posuzovaného objektu. Dopadový přístup je založen na metodikách posuzování životních cyklů (LCA) (ČSN ISO 14046, 2016). Dopadovému přístupu je v České republice věnována větší pozornost, o čemž svědčí jak existence překladu normy ČSN ISO 14046, která obsahuje zásady, požadavky a směrnice pro dopadový přístup posuzování vodní stopy, tak také Metodika sestavení vodní stopy (Ansorge et al., 2017), která blíže rozvíjí normu ČSN ISO 14046.

Na základě zvyšování zájmu o vyhodnocování vodní stopy je potřeba zavést jednodušší přístup pro její aplikaci, aby závěrečné zprávy a vyhodnocení měly výpovědní hodnotu, kterou by bylo možné porovnat s jinými výsledky. Právě z toho důvodu byla vytvořena a zavedena mezinárodní norma o vodní stopě, tedy norma pojednávající o dopadovém přístupu hodnocení vodní stopy (ČSN ISO 14046, 2016).

Data, která vznikají hodnocením vodní stopy, se mohou stát podklady při posuzování potenciálního nebezpečí pro životní prostředí, pro nalezení oblastí ve výrobních procesech, kde lze snížit dopad na životní prostředí, při procesech strategického managementu rizik, pro usnadnění nakládání s vodou a optimalizaci vodního hospodářství na úrovni posuzovaného objektu zájmu, pro poskytnutí informací managementu společností a dalších organizací a pro samotné podávání zpráv o vyhodnocování vodních stop pro vědecké účely (ČSN ISO 14046, 2016).

6.1 ZÁSADY DOPADOVÉHO PŘÍSTUPU

Zásady aplikování dopadového přístupu posuzování vodní stopy vytvářejí rámec pro plánování, posuzování a podávání výsledných zpráv o celém procesu. Posuzování vodní stopy se může provádět samostatně, tj. posuzování dopadů spojených s vodou,

nebo jako součást komplexního posuzování životního cyklu produktu, tj. posuzování dopadů na všechny složky životního prostředí.

Zásady jsou podle ČSN ISO 14046 (2016) následující:

- perspektiva životního cyklu – Studie se mohou lišit rozsahem posuzování životních cyklů, jedná se především o komplexní studie, tzv. „od kolébky po hrob“, tedy od získávání surovin až po odstraňování produktu, pak o studie menšího rozsahu typu „od kolébky po bránu“ nebo „od brány po bránu“, brána v tomto kontextu představuje hranice podniku, procesy uvnitř podniku představují procesy přímo ovlivnitelné samotným podnikem (Ansorge et al., 2017).
- zaměření na životní prostředí – Posuzují se dopady na životní prostředí, studie vodní stopy většinou nezahrnují ekonomické nebo sociální dopady (Ansorge et al., 2017).
- relativní přístup a funkční jednotka – Proces posuzování je vztažen vůči funkční jednotce, výsledek je pak vypočten ve vztahu k této jednotce.
- iterativní přístup – Jedná se o iterativní metodu a výsledky jednotlivých fází vstupují do jiných fází. Aplikací tohoto přístupu se často zjišťuje potřeba upřesnění nebo upravení předchozích fází celého procesu (Ansorge et al., 2017).
- transparentnost – Informace jsou dostatečné a vhodné pro spolehlivé posouzení vodní stopy podle požadovaných cílů a rozsahu.
- relevantnost – Jsou zvolena taková data a metody, které jsou vhodné pro posuzování dané vodní stopy.
- úplnost – Fáze inventarizace obsahuje veškeré relevantní údaje.
- jednotnost – Předpoklady, metody a data se uplatňují stále stejným způsobem v celém procesu posuzování, aby byl závěr v souladu s cílem a rozsahem studie.
- přesnost – Zkreslení a nejistoty jsou redukovány v maximální možné míře.
- priorita vědeckého přístupu – Vždy je preferováno rozhodování na základě poznatků z přírodních věd, není-li to možné, přistupuje se k jiným vědám nebo úmluvám, případně k dalším hodnotám.
- geografická relevantnost – Měřítko odpovídá stanovenému cíli a rozsahu studie a bere se v úvahu kontext oblasti.

- komplexnost – Do posuzování vodní stopy jsou zahrnuty všechny relevantní hodnoty pro životní prostředí, lidské zdraví a vodní zdroje. Pokud studie komplexní není, musí se tato skutečnost zohlednit přívlastkem podle oblasti, kterou se studie skutečně zabývá (například stopa nedostatku vody) (Ansorge et al., 2017).

6.2 FÁZE DOPADOVÉHO PŘÍSTUPU

Principy dopadového hodnocení kopírují postupy při sestavování životních cyklů podle LCA. Sestavení vodní stopy sestává ze 4 fází, které vycházejí z LCA pojetí. Zmíněnými fázemi jsou: definice cíle a rozsahu, inventarizační analýza, posuzování dopadů na životní prostředí ve vztahu k vodě, interpretace výsledků. Pokud je prováděna pouze inventarizační studie, fáze posuzování dopadů na životní prostředí chybí, proces je tedy pouze třífázový (definice cíle a rozsahu, inventarizační analýza a interpretace výsledků) a výsledek nemůže být označován za vodní stopu (ČSN ISO 14046, 2016).

6.2.1 STANOVENÍ CÍLE A ROZSAHU

Podobně jako u bilančního přístupu je zde ve fázi stanovení cíle a rozsahu klíčové určit, proč se studie provádí, pro jaký produkt nebo službu se vodní stopa vyhodnocuje, kdo je adresátem, ale také o jaký typ studie se jedná, tedy zda se jedná o studii se samostatným posuzováním dopadů, nebo o součást komplexní studie posuzující životní cyklus produktu. Dále je nutné stanovit zejména hranice systému posuzovaného produktu, požadavky na kvalitu dat s preferencí primárních dat před sekundárními, funkční jednotku, alokační postupy, komplexnost studie, nejistoty a omezení provedení studie a další aspekty (ČSN ISO 14046, 2016).

6.2.2 INVENTARIZAČNÍ ANALÝZA

V rámci druhé fáze, tj. inventarizační analýzy, se na základě stanovených dat kvantifikuje vodní stopa. Postupy výpočtů jsou uvedeny v normě ČSN ISO 14044.

Zahrnuta musí být všechna data uvnitř hranic systému posuzovaného produktu, na základě analýzy citlivosti však mohou být některá data vyloučena, pokud je prokázán jejich nedostatečný význam, případně pokud taková data nemají pro výsledky studie význam.

Ke každému započítanému vstupu a výstupu se eviduje množství vody, zdroje, parametry kvality vody, formy užívání, informace o geografické poloze, čas pro manipulaci s vodou a vypouštěné emise, které ovlivňují kvalitu vody. Pokud je to v souladu s cílem a rozsahem studie, lze zahrnout i další sledované údaje.

V případě vzniku více produktů nebo služeb v jednom výrobním procesu anebo pokud není možné využít jiný přístup (například rozdělení sdíleného kroku výrobního procesu pro jednotlivé produkty), lze přistoupit k metodě alokování vstupů a výstupů, tedy jejich rozdělení mezi všechny vznikající koprodukty podle zvolených fyzikálních nebo ekonomických vlastností, tj. například hmotnost nebo finanční hodnota produktu (Ansorge et al., 2017). K alokacím je nutné přistoupit také v případě recyklace materiálu v rámci výrobního procesu (ČSN ISO 14046, 2016).

6.2.3 POSUZOVÁNÍ DOPADŮ VODNÍ STOPY

Posuzování dopadů vodní stopy je vyjádřeno přiřazením výsledků inventarizační fáze jednotlivým kategoriím dopadu, které reprezentují specifické problémy životního prostředí, a vyčíslením potenciálního dopadu posuzovaného objektu na vodní složku životního prostředí pomocí zvoleného charakterizačního modelu (Ansorge et al., 2017).

Podle povahy, rozsahu a účelu studie může být sledována pouze jedna kategorie nebo více kategorií dopadu. Pokud je předmětem studie pouze jedna kategorie dopadu, musí se konkretizovat přívlástkem a její výsledek nelze prezentovat čistě jako vodní stopu, tzn. musí být uvedena například jako stopa nedostatku vody, pokud je posuzovanou kategorií nedostatek vody.

O profilu vodní stopy se hovoří, zahrnuje-li výsledky více kategorií dopadu vodní stopy. Pokud profil vodní stopy není komplexní, je opět potřeba upřesnit přívlástkem, které oblasti zahrnuje. Výsledky kategorií se uvádějí v jednotkách zvoleného ekvivalentu, například pro nedostatek vody m^3 ekvivalentů H_2O , tj. vody, pro eutrofizaci, tj. obohacování vod o živiny, kg ekvivalentů PO_4 , tj. fosforečnany (ČSN ISO 14046, 2016).

V rámci LCA komunity jsou vyvíjeny charakterizační modely, které se pro posouzení dopadů na sledované kategorie používají. Ačkoli již mnoho modelů existuje, zatím není žádný jednotně uznávaný, který by mohl být aplikován na jakoukoli studii. V této oblasti tak stále dochází k rozvoji nových přístupů či

k modifikaci již existujících přístupů (Kounina et al., 2013; Ansorge et al., 2017; Ansorge et al., 2018). Vhodný charakterizační model by měl být zvolen tak, aby dokázal postihnout všechny významné dopady na životní prostředí a zároveň aby byl přijatelný pro stanovené prostorové a časové měřítko (Ansorge et al., 2017).

6.2.4 INTERPRETACE VÝSLEDKŮ

Závěrečnou fází je interpretace výsledků, která musí jasně a srozumitelně sdělovat výsledky studie. Nesmí chybět parametry a jiné použité hodnoty, které měly významnější váhu pro posuzování vodní stopy. Dále musí interpretace výsledků zahrnovat vlastní hodnocení ohledně úplnosti, citlivosti, konzistence, omezení a nejistoty výsledků studie. Součástí jsou také úvahy o geografických a časových aspektech a celkové závěry posuzování vodní stopy (ČSN ISO 14046, 2016). V závěrech posuzování vodní stopy by měly být identifikovány závažné problémy, vyhodnocena použitá metodologie, vytvořeny závěry studie v souladu se stanovenými cíli a rozsahem studie, zároveň by také měla být formulována doporučení pro adresáta studie (Ansorge et al., 2017).

6.3 NEDOSTATKY DOPADOVÉHO PŘÍSTUPU

Zajímavý poznatek ohledně nedostatků metodik spojených s jejich vývojem přináší Ansorge (2017): „*Významnou úlohu v dosaženém pokroku však hraje nepochybně i rivalita mezi zastánci množstevního přístupu k vodní stopě podle WFN (Water Footprint Network) a zastánci dopadového přístupu podle LCA. Tato rivalita vede k tomu, že probíhá prakticky nepřetržité připomínkování publikovaných metodických přístupů a vyvinutých modelů ze strany ‚opoziční‘ skupiny a následnému odstraňování vytýkaných nedostatků.*“

Jedním z hlavních problémů dopadového přístupu je častá absence srážkové vody, která je v bilančním přístupu vedena v samostatné kategorii zelené vody. Tato skutečnost závisí na typu charakterizačního modelu, kterého je pro výpočet využito. Zastánci dopadového přístupu však mohou argumentovat, že reflexe srážkové vody do dopadového přístupu je v podstatě bezpředmětná, jelikož užívání přirozeně se vyskytujících srážek by na životní prostředí nemělo mít žádný dopad. Jedná se o přírodní proces, který je součástí samotného životního prostředí (Ansorge, 2016). Srážková, respektive zelená voda, má však většinový podíl na zemědělské produkci

a ta je největším odběratelem vody obecně (Hoekstra et Hung, 2002; Mekonnen et Hoekstra, 2010; Ridoutt et Pfister, 2010; Lovarelli et al., 2016)

Dalším nedostatkovým faktorem je nejednotnost přístupu, která prakticky znemožňuje porovnání výsledků dosažených rozdílnými metodami (Ansorge, 2016). Neustálý přístup, respektive neustálý vývoj zejména charakterizačních modelů, prostřednictvím kterých jsou promítány dopady užívání vody do jednotlivých kategorií dopadu, je zároveň překážkou k adaptaci dopadového přístupu ve větším rozsahu, neboť znemožňuje porovnávání nezávislých studií, které využívají jiných postupů sestavování, ale je také impulzem k dalšímu výzkumu a zdokonalování metod používaných při vyhodnocování dopadové vodní stopy.

Dopadové hodnocení vodní stopy také naráží na problém, kdy jeho základem je poměr mezi objemem ročně použité vody a její dostupností, respektive mírou obnovy, v dané lokalitě. Studie založené na tomto poměru totiž nezohledňují, že použitá voda nemusí představovat vodu spotřebovanou a může se po použití do povodí vrátit. Obecně se jeví jako rozumnější zakládat hodnocení dopadové vodní stopy na poměru spotřebované vody a její dostupnosti (Berger et Finkbeiner, 2012).

Souvisejícím nedostatkem s volbou poměrů reflektujících nedostatky vody je také otázka spolehlivosti a kompletnosti dat v oblasti celkové dostupnosti vody. Poměrně dobře dostupná jsou data o obnově podzemních vod a povrchovém odtoku, nicméně velmi obtížně se získávají data, která pokrývají celkovou zásobu vody jak v podzemních, tak v povrchových zdrojích. Dopadový přístup je zároveň velmi náročný na vstupní data a je mnohdy velmi komplikované a finančně náročné data potřebná pro spolehlivou a vypovídající studii získat, jelikož současné databáze jsou v tomto ohledu značně nedostačující (Berger et Finkbeiner, 2012).

Společně s rozvojem samotného přístupu se však postupně začínají formovat i různé databáze, ze kterých lze určitá data získat (Kounina et al., 2013; Paterson et al., 2015). Paterson et al. (2015), ale vyjadřují obavy, že standardizované databáze modelů by mohly v budoucnu způsobit přílišnou objektivizaci udržitelnosti a ztrátu kontextu pro jednotlivé studie zejména v oblasti vodních stop vyhodnocovaných pro města.

Paterson et al. (2015) dále uvádějí, že aplikace dopadového přístupu založeného na LCA je limitován potřebou posuzovat jednotlivé produkty, není tedy vhodný pro vyhodnocování stop například pro města, kde musí být do výpočtů zahrnuty údaje z různých ekonomických sektorů a množství odlišných produktů.

Berger a Finkbeiner (2012) upozorňují na potřebu zvýšené pozornosti v oblasti dopadu znečištěných vod na výsledná data. Pokud je znečištění vodních zdrojů posuzováno ve více dopadových kategoriích, může dojít k nadhodnocení dopadu v dotčených kategoriích. Potenciální nadhodnocení by v takových studiích mělo být náležitě okomentováno ve fázi interpretace výsledků.

6.4 PŘÍKLADY POUŽITÍ DOPADOVÉHO PŘÍSTUPU V PRAXI

Sestavování vodní stopy podle LCA se soustředí zejména na vyjádření dopadu posuzovaného produktu nebo služby v průběhu celého životního cyklu, tj. od získání surovin k jeho výrobě až po jeho odstranění. Studie, které tento přístup adaptují, se detailně zabývají dopady produktů z různých odvětví.

Studie založené na dopadovém přístupu jsou v porovnání s bilančním přístupem s ohledem na nejednotnost metodologie spíše specifitějšího rázu. Lze však uvést příklady studií, které byly v souladu se standardem ISO 14046 vytvořeny.

Jak již bylo uvedeno výše, dopadový přístup nemá podobně, jako například uhlíková stopa, stanoven jednotný charakterizační model, a proto jsou studie vytvořené na základě jiných charakterizačních modelů neporovnatelné. V tomto ohledu zajímavou studii publikovali například Pfister et al. (2020), kteří sestavovali stopu nedostatku vody související s vodními nádržemi při vodních elektrárnách pomocí více metrik. Tento přístup doporučovala Jolliet et al. (2018). Závěry Pfistera et al. (2020) dokládají důležitost zvolené metodologie, jelikož výsledky se významně lišily u více než čtvrtiny analyzovaných nádrží.

Pfister et Bayer (2014) se v jiné studii zabývají měsíčním výpočtem spotřební vodní stopy světové rostlinné produkce. Vzhledem k principu LCA metod, které silně závisí na časovém a geografickém aspektu, bylo nutné navrhnout index vodního stresu na měsíční bázi pro tisíce povodí, aby měl index globální pokrytí a refletoval požadované měsíční změny. Posuzování vodní stopy v této frekvenci umožňuje sledovat vliv růstových fází sledovaných plodin na tlak na vodní zdroje. Díky tomu lze navrhnout pozměnění termínů setí nebo změnu plodin s jinou vegetační dobou tak, aby bylo docíleno nižšího tlaku na vodní zdroje, případně byl rozložen do většího časového úseku. Ačkoli kvůli zvolenému měřítku a dostupnosti dat jsou výsledky přibližné, podle autorů se jedná o přesnější vyjádření, než mohou nabídnout jiné metody.

V menším měřítku prováděli studii zaměřenou na zemědělství například Zhai et al. (2021). Předmětem jejich práce byla energetická a vodní stopa produkce obilnin v Číně. V rámci studie byly identifikovány obilniny, jež jsou nejnáročnější na energii a vodní zdroje v dané oblasti, a byla navržena možná řešení, která by dokázala pozitivně ovlivnit dopad jejich pěstování. Nicméně i zde autoři upozorňují na určitou nejistotu výsledků s ohledem na zdroje dat a také na použitý charakterizační model, který neumožňuje zohlednit srážkovou vodu.

7. VODNÍ STOPA V ČESKÉ REPUBLICE

Ačkoli problematika posuzování vodních stop v České republice není rozvinuta tolik jako v zahraničí a literární zázemí je dostupné pouze ve velmi omezeném měřítku, i v Česku existují zastánci obou hlavních proudů vyhodnocování vodní stopy. Již byly publikovány i některé příspěvky seznamující s oběma přístupy (Ansorge, 2016; Wimmerová et Bartoš, ©2021)

Jak bylo již uvedeno výše, v České republice existuje zvýšená pozornost věnovaná dopadovému přístupu, to lze usuzovat i na základě existence oficiálního překladu (ČSN ISO 14046, 2016) mezinárodní normy ISO 14046 (2014) a následně publikované rozsáhlé Metodiky sestavení vodní stopy v souladu s ISO 14046 (Ansorge et al., 2017), která vznikla v rámci činnosti Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka v Praze a která normu ČSN ISO 14046 doplňuje. Metodické postupy podobného rozsahu přibližující bilanční přístup sestavování vodní stopy v češtině chybí.

Navzdory absenci překladů metodologických pokynů bilančního přístupu existují příspěvky a práce, které bilanční vodní stopu prezentují, propagují či aplikují i v České republice.

Bilančnímu pojetí se věnoval Tomáš Hák z Univerzity Karlovy již v roce 2012, kdy započal sérii 3 příspěvků v časopise *Vodní hospodářství* (Hák, 2012). Hák et Vrba (2012) seznamují čtenáře časopisu se základním pojetím vodní stopy podle přístupu *Water Footprint Network* (WFN), tedy přístupu bilančního, a upozorňují na zvyšující se tlaky na spotřebu vody společně s celosvětově se zvyšujícím počtem obyvatel, případně se zvyšující se spotřebou obyvatel v rámci rozvinutých států. Ačkoli je voda chápána jako obnovitelný zdroj, představuje v určitém smyslu komoditu, se kterou je možno obchodovat, případně do které je možno investovat. Takové chápání vodních zdrojů představuje relativně nový pohled, jelikož v minulosti voda v globálním měřítku nepředstavovala pro lidstvo limitující faktor tak jako dnes.

Po dvou relativně obecných příspěvcích byl publikován třetí příspěvek (Hák et al., 2013), který přinesl představu o vodní stopě již v konkrétnějším formátu s ohledem na Českou republiku. Autoři v něm opět upozorňují, že ačkoli je voda obnovitelným zdrojem a celosvětově jsou její zásoby v podstatě neměnné, nejedná

se o zdroj nekonečný a nevyčerpatelný, proto na něj může být nahlíženo také jako na podmíněný obnovitelný zdroj.

Hák et al. (2013) rozebírají poměry přímých a nepřímých nároků obyvatel České republiky na vodní zdroje. Zatímco se uvádí, že průměrná denní spotřeba vody činí 134 l na obyvatele, podle přístupů WFN představuje přímá i nepřímá spotřeba 4 523 l na obyvatele. Dále je zde uvedena celková náročnost na vodní zdroje České republiky podle stejného přístupu, přičemž je vyčísleno, že dovoz virtuální vody představuje 37,2 % z celkového objemu vody potřebného pro uspokojení potřeb celého státu. Autoři vyjadřují obavy ze skutečnosti, že koncoví spotřebitelé produktů si neuvědomují, že jejich konání představuje určitý dopad na životní prostředí, protože sami nemusí žádný takový dopad pocítit.

Bilančnímu přístupu se pak v České republice věnuje několik závěrečných prací studentů z oborů orientovaných na životní prostředí. Tyto práce pokrývají vodní stopy vybraných plodin pěstovaných v České republice, srovnání různých přístupů produkce mléka a problematiku výrobního procesu biopaliv (Landová, 2011; Žlábková, 2013; Nováková, 2015; Hojčsková, 2016).

Ze soukromého sektoru lze jmenovat společnost Brazzale Moravia, která si již v roce 2012 nechala vypracovat studii vodní stopy podle přístupu WFN pro sýr Gran Moravia, který tvoří asi dvě třetiny její celkové produkce. Výsledek vodní stopy je méně než poloviční oproti průměrné hodnotě udávané WFN pro výrobu sýrů. Společnost si zakládá na udržitelném přístupu k podnikání (Gran Moravia, ©2015; Brazzale Moravia, ©2019a; Brazzale Moravia, ©2019b).

Významnější podíl a rozsah publikací reprezentuje dopadové pojetí vodní stopy. V České republice je nepřehlédnutelnou postavou v oblasti problematiky vodní stopy Libor Ansorge, jenž působí primárně ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka jako výzkumník i jako náměstek pro výzkumnou a odbornou činnost ústavu.

Právě Ansorge je autorem nebo přispívajícím autorem mnoha studií a publikací, které souvisejí s Českou republikou anebo s dopadovým přístupem. V období let 2014–2017 Ansorge zastával vedoucí funkce v projektu s názvem Postupy sestavení a ověření vodní stopy v souladu s mezinárodními standardy QJ1520322 (VÚV TGM, ©2017), který byl dotován z finančních zdrojů Ministerstva zemědělství. V rámci tohoto projektu vznikla také již zmiňovaná poměrně rozsáhlá Metodika sestavení

vodní stopy v souladu s ISO 14046 (Ansorge et al., 2017), řada pilotních studií a množství dalších materiálů a dat. Dále se v letech 2016–2017 pořádaly také dva celodenní workshopy, kde byly prezentovány poznatky o vodní stopě, jejích výpočtech, provedených pilotních studií nebo managementu užívání vody ve firmách (VÚV TGM, ©2017).

Jednou z provedených pilotních studií je komparativní analýza vodních stop jaderných elektráren Dukovany a Temelín. Vzhledem k posuzování obou vodních stop na základě totožných postupů lze vyvodit z porovnání výsledků závěry o vlivu geografické polohy na celkový výsledek. Podle bilančního přístupu by byl rozdíl ve vodních stopách elektráren pouze v nízkých jednotkách procent (Ansorge, 2017), což odpovídá předpokladům, jelikož obě elektrárny jsou velmi podobné konstrukce, nicméně při posouzení dopadovým přístupem činí rozdíl přibližně 38 %, respektive 11,751 (Dukovany) a 7,260 (Temelín) m³ H₂O_{ekv} na 1 MWh vyrobené energie. Tento rozdíl v dopadu na nedostatek vody v oblasti je důsledkem odlišných hydrologických podmínek v lokalitách elektráren, tj. menší plocha povodí a menší množství srážek v oblasti jaderné elektrárny Dukovany (Ansorge et Dlabal, 2017).

Ansorge et Dlabal (2017) považují práce v oblasti posuzování dopadů jaderných elektráren v České republice za zásadní vzhledem k postupnému odklonu od těžby uhlí a od tepelných elektráren a vzhledem ke zvyšující se závislosti na jaderné energetice, která se v budoucnosti může ještě razantně prohloubit.

Několik publikací (Ansorge et al., 2017; Ansorge et Beránková, 2017; Ansorge et Dlabal, 2018) se také věnuje charakterizačnímu modelu AWARE, zkratka vychází z angl. názvu metody *Available Water Remaining* (Boulay et al., 2018), který má být používán pro studie, které se zaměřují na dopady způsobené množstvím užívané vody. Model je založen na principu, že čím méně vody zůstává v určeném území k použití, tím je pravděpodobnější, že další uživatel bude omezen.

Další české publikace se věnují stanovování vodních stop pro vodní elektrárny. Ansorge (2020) se zabývá různými metodami stanovení vodní stopy pro výrobu energie na vodní elektrárně Orlik. Ansorge et al. (2020) pak provedli další komparativní studii na malých vodních elektrárnách Fláje a Přísečnice. Obě elektrárny mají srovnatelnou konstrukci a nacházejí se ve velmi podobných přírodních podmínkách. Vodní stopa nicméně vyšla přibližně 2krát vyšší pro vodní elektrárnu

Přísečnice. Autoři to zdůvodňují rozdílným tvarem vodních nádrží a jejich rozdílným výparem.

V oblasti zájmu je v České republice podle dostupné literatury také posuzování šedé vodní stopy pro čistírny odpadních vod. Ačkoli jsou tyto studie od stejných autorů, kteří se běžně zabývají dopadovým přístupem vodní stopy, jsou zde aplikovány principy šedé vodní stopy podle bilančního přístupu WFN. Všechny tyto publikace upozorňují na problematický aspekt metody, kdy je uvažováno, že hodnoty polutantů v recipientu jsou na přirozené hladině, což v žádném ze sledovaných recipientů neplatilo (Ansorge et al., 2019a; Ansorge et Stejskalová, 2019; Stejskalová et al., 2019; Ansorge et al., 2021).

8. VÝSLEDNÉ ZHODNOCENÍ

Na základě literární rešerše, která se soustředí především na dva hlavní proudy v oblasti zpracovávání indikátoru vodní stopa, lze konstatovat, že v jeho pojetí existuje značný nesoulad.

Původní objemově pojatá vodní stopa je ve světě značně rozšířena zejména zásluhou působení skupiny *Water Footprint Network*, která je mezinárodním sdružením více než 100 společností, organizací i akademických obcí (WFN, ©2022).

Ačkoli byly u bilanční vodní stopy zaznamenány určité změny, jako například vyčlenění nového komponentu šedé vody (Hoekstra et Chapagain, 2008), její metodologie je poměrně stabilní. Významný podíl na tom má jistě existence manuálu k jejímu zpracování z roku 2011 (Hoekstra et al., 2011), která se k vyhodnocování vodní stopy v pojetí WFN využívá dodnes.

Využití bilančního pojetí má své výhody i nevýhody. Výhodou může být poměrně jednoduchá aplikace s využitím již zmiňovaného manuálu (Hoekstra et al., 2011) a výsledek v podobě objemů vody, které si lze celkem snadno představit. Tento přístup tak může být jistě velmi instrumentální například pro zvýšení informovanosti o nárocích běžných produktů a služeb pro neodbornou veřejnost, případně politické subjekty. Vzhledem k možnosti uživatelsky atraktivního grafického zobrazení může jistě nalézt zajímavé využití v oblasti vzdělávání již na nižších stupních.

Bilanční vodní stopa je pouze nástrojem, který poskytuje data, která je nutno adekvátně interpretovat. Neplatí totiž vztah, že čím vyšší vodní stopa, tím horší dopad představuje pro životní prostředí. Po dostatečné interpretaci je následně možné výsledky zapojit do širšího kontextu udržitelného rozvoje. Je ovšem třeba mít na paměti, že u tohoto přístupu může velmi snadno dojít k chybné interpretaci výsledků, případně ke zkreslení z důvodů rozdílné míry dostupnosti dat nebo měřítka, proto je potřeba nespoléhat se na bilanční stopu jako na jediný zdroj podkladů pro dělání rozhodnutí a návrhů řešení problémů spjatých s využíváním vody.

Ačkoli dopadový přístup vodní stopy s bilanční stopou sdílí název a konceptuálně také fáze postupu, jedná se o indikátor zaměřený na velmi odlišné vyjádření.

Dopadová vodní stopa má za úkol reflektovat především dopady na jednotlivé kategorie životního prostředí. Výsledek dopadové vodní stopy představuje jeden nebo více údajů v závislosti na počtu sledovaných kategorií. Agregované výsledky do jednoho údaje jsou u tohoto přístupu sice možné, ale jejich následná vypovídací hodnota je velmi nízká, protože agregací se ztrácí žádoucí vyjádření dopadů v jednotlivých kategoriích. Proto jejich pochopení vyžaduje, v porovnání s výsledky stopy bilanční, vyšší míru orientace v oboru.

Dopadová vodní stopa je od svého vzniku v neustálém vývoji, základní principy vycházející z LCA jsou neměnné, nicméně existuje řada různých přístupů, zejména charakterizačních modelů, kterých se pro dosažení výsledných vodních stop užívá. Nejednotnost přístupu představuje jak překážku pro univerzálnější aplikace a možnosti vzájemného porovnávání nezávislých studií, tak motivaci pro další výzkum, který by pomohl odstranit nedostatky, kterými současná metodologie trpí.

Současná konkurence přístupů, která indikátor vodní stopy doprovází, je na jednu stranu vynikající příležitostí pro dialog mezi zastánci obou směrů, neboť kritika, která se pojí s rozdílnými přístupy, představuje cenné myšlenky, jež mohou být podnětem pro zpracování dalších postupů v rámci jednotlivých přístupů. Na druhou stranu může být skutečnost souběžné existence dvou rozdílných indikátorů se stejným názvem značně matoucí a zejména může být zdrojem nepřehlednosti v dané problematice. Výrazy jako bilanční a dopadová, respektive v angl. *volumetric* nebo *impact-oriented*, se často ve studiích vůbec neobjevují, proto nemusí být vždy jasné, který přístup daná studie reprezentuje.

Pro vyjasnění současného stavu věcí by bylo třeba jasně definovat terminologii, aby bylo vždy jednoznačné, o který přístup se v dané studii jedná.

K rozdílnému pojetí se vyjadřují také Bayart et al. (2010), kteří upozorňují na skutečnost, že oba přístupy mají různé cíle, a proto by se na ně mělo nahlížet jako na dva rozdílné přístupy, které se navzájem mohou doplňovat. Jednotlivé přístupy by rozhodně neměly být chápány jako prostředky k dosažení jednoho cíle.

Situace ohledně vodní stopy v České republice zrcadlí situaci ve světě. I zde existuje nesoulad v pojetí indikátoru. Zajímavé ovšem je, že bilančnímu přístupu je věnován na úrovni provádění odborných studií značně menší prostor než dopadovému přístupu založenému na LCA principech.

Důvodem takového nepoměru může být například to, že před uvedením konceptu vodní stopy v České republice zde již bylo několik odborníků, kteří se LCA věnovali. Proto bylo pro českou scénu přirozenější adaptovat se na přístup, jehož principy již byly v České republice aplikovány, a nepřistupovat ke směru, který zde nemá žádné zázemí.

Zajímavý vývoj však na české scéně představuje aplikace bilančního pojetí šedé vodní stopy v několika studiích autorů, kteří se dříve výhradně věnovali dopadovému přístupu podle LCA, případně sami bilanční přístup určitým způsobem kritizovali (Ansorge, 2016). Tento fakt by mohl nasvědčovat tomu, že v České republice není míra rivality tak vysoká jako u některých zahraničních autorů. V budoucnu by tak mohlo v České republice dojít k většímu rozvoji obou přístupů souběžně, což by mohlo jistě poskytnout nové pohledy na problematiku vodní stopy obecně a přispět tak k celosvětovému vývoji obou pojetí. Prostor a zázemí pro takový rozvoj indikátoru v České republice existuje.

Situaci ohledně dostupnosti vody v České republice již několik let minimálně sezónně pociťují i obyčejní občané, i z tohoto důvodu je žádoucí podpořit rozvoj nástrojů, které mohou pomoci situaci monitorovat a přinášet data, jež mohou pomoci zvolit adekvátní postupy, případně přispívat k osvětě a zvýšení povědomí o problematice vodních zdrojů i mezi neodbornou veřejností. Koncept vodní stopy podle WFN poskytuje již poměrně rozsáhlou databázi grafických materiálů (WFN, ©2017), které jsou poměrně atraktivní a mohly by pomoci zlepšit povědomí o lidské náročnosti na vodní zdroje již na úrovni základních škol.

9. DISKUZE

Vzhledem k rozdílům, které v pojetí vodní stopy panují, představuje vodní stopa prostor pro rešeršní a srovnávací práce. Dosud bylo publikováno několik příspěvků, které se alespoň okrajově věnují srovnání obou hlavních proudů (Ridoutt et Pfister, 2010; Berger et Finkbeiner, 2013), v porovnání s nimi je však tato práce rozsáhlejší a pravděpodobně i více objektivní, jelikož autorka nemá, na rozdíl od uvedených autorů, předchozí zkušenosti ať už s jedním nebo s druhým přístupem.

Jedinečnost této práce spočívá především v rozsahu a jazyku, jelikož dosud nebyla publikována žádná studie v českém jazyce, která by o rozdílných přístupech ve vyhodnocování vodní stopy pojednávala v takovém měřítku. Základní srovnání v češtině podává Ansorge (2017), který své poznatky demonstruje na vlastních výsledcích studie vodní stopy jaderných elektráren, cílem jeho práce však není jiné využití bilančního přístupu. Wimmerová et Bartoš (2021) rovněž publikovali krátký příspěvek, který shrnuje oba přístupy k vyhodnocování vodní stopy, ale pouze ve velmi obecné rovině. Naproti tomu tato práce pokrývá jak obecnou rovinu problematiky, tak konkrétní příklady, které čtenáři mohou pomoci k lepší představě o aplikaci vodní stopy v praxi.

V České republice dále existuje pouze jedna bibliometrická analýza, která kvantitativně srovnává počty studií o vodní stopě v České republice a ve světě (Ansorge et al., 2019b). Zaměření této práce pojednávající o dostupné literatuře je však kvalitativního charakteru, jelikož v rámci České republiky sleduje pojetí a rozsah poznání o dané problematice, nikoli absolutní počty publikovaných příspěvků.

Autorka si je vědoma, že kapitola věnovaná České republice je poněkud menšího rozsahu, nicméně rešeršní dosavadních zdrojů nezjistila žádné další aspekty, kterým by se mohla v rámci kapitoly věnovat.

Navzdory výroku v předchozím odstavci téma vodní stopy v České republice představuje prostor pro další výzkum. Tato práce již přinesla poznatek, že problematika je v rámci České republiky živým tématem, proto lze předpokládat, že budoucí práce na toto téma budou moci čerpat z nových zdrojů. Předmětem budoucích výzkumů by také mohlo být například kvalitativní šetření prostřednictvím rozhovorů nebo dotazníků v organizacích, které s vodní stopou již mají nebo by mohly mít zkušenost. Zajímavé by jistě bylo také dotazování například studentů univerzit

se zaměřením na ochranu životního prostředí, zda se již s vodní stopou setkali a jaký mají na tento indikátor názor. Aplikace takového přístupu by jistě přinesla velmi hodnotné informace, jelikož záleží především na samotných univerzitách, dalších organizacích a výzkumnících v nich, zda mají zájem se vodní stopě ve svých studiích věnovat.

Vzhledem k současnému trendu klimatických podmínek a konzumního chování společnosti zastává důležitou roli také osvěta, k čemuž může být vodní stopa využita. Pro vzdělávací účely laické veřejnosti je v současnosti přístupnější bilanční vodní stopa, protože pracuje na jednodušším principu a zároveň má již existující databázi graficky atraktivních a uživatelsky přístupných materiálů (WFN, ©2017). Pro možné začlenění dopadového přístupu do programů osvěty by musel být tento přístup značně zjednodušen, jelikož jeho současné pojetí vyžaduje poměrně mnoho odborných znalostí. Popularizace dopadového přístupu tedy představuje další oblast, které by v budoucnu měla být věnována pozornost. V případě, že by se přístup podařilo modifikovat do snadno pochopitelné podoby, bylo by jedině vhodné začlenit ho do vzdělávacího systému. Popularizace dopadového přístupu by vzhledem k jeho charakteru mohla být konkrétněji cílena, což by mohlo výrazněji pomoci šetrnějšímu chování k životnímu prostředí.

10. ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE

Přínosem práce je nezaujaté shrnutí dosavadního poznání v rámci tématu indikátoru životního prostředí vodní stopy. Práce přináší souhrn obecných principů a postupů při sestavování vodní stopy podle dvou hlavních přístupů a konkrétní příklady jejich aplikace. Postupem popisu problematiky od obecné roviny ke konkrétním příkladům v praxi je podpořeno snazší porozumění celému tématu.

Rešerší dostupné literatury byl zjištěn vývoj indikátoru od jeho představení a popsány oba hlavní přístupy, které v současnosti představují majoritní zastoupení v analyzované odborné literatuře. Zároveň byla rozpoznána určitá rivalita mezi oběma přístupy, tuto rivalitu dokumentují především kapitoly věnované nedostatkům jednotlivých přístupů. Hlavním poznatkem práce je skutečnost, že obě pojetí jsou značně rozdílná a vzájemně nesrovnatelná. Proto by se dalo říci, že rozepře mezi zastánci obou přístupů je na jednu stranu nesmyslná, na druhou stranu jsou argumentace zdrojem podnětů k neustálému vylepšování obou přístupů.

Dále se samostatná kapitola věnuje poznatkům a publikacím o vodní stopě v České republice. Práce poukazuje na nerovnováhu pozornosti věnované konkurenčním přístupům ve prospěch dopadové vodní stopy, ale zároveň přináší poznatek o otevřenosti zastánců dopadového přístupu aplikovat v určitých vhodných případech také postupy bilančního přístupu.

Ačkoli je podle očekávání množství publikací českých autorů poměrně omezené, lze i vzhledem ke klimatickým změnám v České republice předpokládat, že vodní stopě bude v budoucnu věnována větší pozornost. Sucho a nedostatek kvalitní pitné vody začíná být především v letních měsících vážným problémem. Vodní stopa představuje nástroj, který může pomoci tyto problémy popsat a identifikovat. Díky tomu pak mohou být navržena adekvátní opatření, která mohou v dané situaci zmírnit tlak člověka na vodní zdroje, případně omezit dopad jeho činností na životní prostředí.

PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

ODBORNÉ PUBLIKACE

1. Allan, J. A., 1993: Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible. In: Proceedings of the Conference on Priorities for water resources allocation and management. ODA, Londýn: 13–26.
2. Allan, J. A., 1994: Overall perspectives on countries and regions. In: Rogers, P., Lydon, P. Water in the Arab World: perspectives and prognoses. Harvard University Press, Cambridge (US): 65–100.
3. Allan, J. A., 1997: Virtual water: A long term solution for water short Middle Eastern economies? In: British Association Festival of Science 1997 Paper. University of Leeds, Leeds.
4. Ansorge, L., 2016: Vodní stopa – jeden pojem, dva přístupy. In: Dočkal, M., Bauer, M., Báčová, M., Devátý, J., Jeřábek, J., Laburda, T. (eds.): Voda a krajina 2016. Sborník příspěvků odborné konference. České vysoké učení technické v Praze, Praha: 5–15.
5. Ansorge, L., 2017: Vodní stopa podle ISO 14046 a příklady z praxe. Účetnictví a reporting udržitelného rozvoje 13: 36–42.
6. Ansorge, L., 2020: Srovnání různých metod stanovení vodní stopy výroby elektrické energie ve vodní elektrárně Orlická – případová studie. VTEI 62(4): 4–15.
7. Ansorge, L., Beránková, T., 2017: LCA Water Footprint AWARE characterization factor based on local specific conditions. European Journal of Sustainable Development 6(4): 13–20.
8. Ansorge, L., Beránková, T., Uhlířová, K., 2018: Specifika charakterizačního modelu vodní stopy AWARE. ENTECHO 1(1): 12–15.
9. Ansorge, L., Dlabal, J., 2017: Comparative water scarcity footprint study of two nuclear power plants. Engineering and Environmental Sciences 26(4): 489–497.

10. Ansorge, L., Dlabal, J., 2018: Srovnání vlivu volby prostorového měřítka charakterizačního faktoru AWARE na příkladu JE Dukovany a Temelín. ENTECHO 1(2): 1–6.
11. Ansorge, L., Dlabal, J., Prchalová, H., Vyskoč, P., Vološinová, D., Beránková, T., 2017: Metodika sestavení vodní stopy v souladu s ISO 14046. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha.
12. Ansorge, L., Stejskalová L., Dlabal, J., Kučera, J., 2019a: Šedá vodní stopa jako ukazatel udržitelného vypouštění odpadních vod – případová studie Povodí Ohře. ENTECHO 2(2): 12–18.
13. Ansorge, L., Stejskalová, L., 2019: Šedá vodní stopa jako nástroj hodnocení udržitelnosti emisí do vodního prostředí. In: Účetnictví a reporting udržitelného rozvoje, Brno. 24–30.
14. Ansorge, L., Stejskalová, L., Dlabal, J., 2021: Šedá vodní stopa znečištění vypouštěného z čistíren odpadních vod v ČR evidovaných ve vodní bilanci v období 2002–2008 – datová sada. VTEI 63(4): 38–43.
15. Ansorge, L., Stejskalová, L., Vološinová, D., 2019b: Srovnání výzkumu vodní stopy v ČR a ve světě – bibliometrická analýza. VTEI 61(6): 60–62.
16. Ansorge, L., Vojtko, P., Hamanová, V., Hrubý, J., Dočkal, M., 2020: Srovnání vodní stopy VE Fláje a VE Přísečnice s uvažováním alokace podle ekonomické hodnoty užitek vodní nádrže. ENTECHO 3(2): 7–11.
17. Bayart, J-B., Bulle, C., Deschênes, L., Margni, M., Pfister, S., Vince, F., Koehler, A., 2010: A framework for assessing off-stream freshwater use in LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 15: 439–453.
18. Berger, M., Finkbeiner, M., 2013: Methodological Challenges in Volumetric and Impact-Oriented Water Footprints. *Journal of Industrial Ecology* 17(1): 79–89.
19. Bosire, C. K., Ogutu, J. O., Said, M. Y., Krol, M. S., De Leeuw, J., Hoekstra, A. Y., 2014: Trends and spatial variation in water and land footprints of meat and milk production systems in Kenya, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 205: 36–47.
20. Boulay, A-M., Bare, J., Benini, L., Berger, M., Lathuillière, M. J., Manzardo, A., Margni, M., Motoshita, M., Núñez, M., Pastor, A. V., Ridoutt, B., Oki, T., Worbe,

- S., Pfister, S., 2018: The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). *The international Journal of Life Cycle Assessment* 23: 368–378.
21. Burek, P., Satoh, Y., Fisher, G., Kahil, M. T., Scherzer, A., Tramberend, S., Nava, L. F., Wada, Y., Eisner, S., Flörke, M., Hanasaki, N., Magnuszewski, P., Cosgrove, B., Wiberg, D., 2016: Water Futures and Solutions Initiative – Fast Track Initiative: Final Report. IIASA, Lucembursko, Rakousko.
 22. Čuček, L., Klemeš, J. J., Kravanja, Z., 2012: A Review of Footprint analysis tools for monitoring impacts on sustainability. *Journal of Cleaner Production* 34: 9–20.
 23. Davis, K. F., Gephart, J. A., Emery, K. A., Leach, A. M., Galloway, J. N., D’Odorico, P., 2016: Meeting future food demand with current agricultural resources. *Global Environmental Change* 39: 125–132.
 24. Gawel, E., Bernsen, K., 2013: What is Wrong with Virtual Water Trading? On the Limitations of the Virtual Water Concept. *Environment and Planning C: Government and Policy* 31(1): 168–181.
 25. Gleick, P. H., 2003: Water Use. *Annual Review of Environment and Resources* Volume 28: 275–314.
 26. Guan, D., Hubacek, K., 2007: Assessment of regional trade and virtual water flows in China. *Ecological Economics* 61(1): 159–170.
 27. Hák, T., 2012: Voda nejen tekoucí – virtuální voda. *Vodní hospodářství* 62(1): 1–2.
 28. Hák, T., Vrba, J., 2012: Zamyšlení nad vodní stopou – ukazatelem udržitelného hospodaření s vodou. *Vodní hospodářství* 62(6): 217–220.
 29. Hák, T., Vrba, J., Landová, L., 2013: Je vodní stopa užitečný ukazatel?. *Vodní hospodářství* 63(12): 399–402.
 30. Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., 2007: Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resources Management* 21: 35–38.

31. Hoekstra, A. Y., Gerbens-Leenes, W., Van der Meer, T. H., 2009: Reply to Pfister and Hellweg: Water footprint accounting, impact assessment, and life-cycle assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106(40): E114.
32. Hoekstra, A. Y., Hung, P. Q., 2002: Virtual water trade – A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. *Value of Water Research Report Series No. 12*. Delft, Nizozemsko.
33. Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., Mekonnen, M. M., 2011: *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. Earthscan, Londýn, Washington, DC.
34. Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Zhang, G., 2016: Water Footprints and Sustainable Water Allocation. *Sustainability* 8(1): 20.
35. Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., 2008: *Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources*. Blackwell Publishing, Oxford.
36. Hoekstra, A. Y., Mekonnen, M. M., 2012: The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109(9): 3232–3237.
37. Hogeboom, R. J., 2020: The Water Footprint Concept and Water's Grand Environmental Challenges. *One Earth* 2: 218–222.
38. Hojčsková, D., 2016: Vodní stopa kravského mléka pro dva typy hospodářství v Libereckém kraji. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha. 67. (diplomová práce). Digitální repozitář Univerzity Karlovy.
39. Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y., Savenije, H. H. G., Gautam, R., 2006: The water footprint of cotton consumption: an assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. *Ecological Economics* 60(1): 186–203.
40. Jolliet, O., Antón, A., Boulay, A-M., Cherubini, F., Fantke, P., Levasseur, A., McKone, T. E., Michelsen, O., Milà i Canals, L., Motoshita, M., Pfister, S., Verones, F., Vigon, B., Frischknecht, R., 2018: Global guidance on environmental life cycle impact assessment indicators: impacts of climate change,

fine particulate matter formation, water consumption and land use. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 23: 2189–2207.

41. Kounina, A., Margni, M., Bayart, J-B., Boulay, A-M., Berger, M., Bulle C., Frischknecht, R., Koehler, A., Milà i Canals, L., Motoshita, M., Núñez, M., Peters, G., Pfister, S., Ridoutt, B., Van Zelm, R., Verones, F., Humbert, S., 2013: Review of methods addressing freshwater use in life cycle inventory and impact assessment. *The international Journal of Life Cycle Assessment* 18: 707–721.
42. Landová, L., 2011: Vodní stopa. Výpočet vodní stopy pšenice, kukuřice, cukrové řepy a rajčat v České republice. Univerzita Karlova, Fakulta humanitních studií, Praha. 106. (diplomová práce). Digitální repozitář Univerzity Karlovy.
43. Lenzen, M., Moran, D., Bhaduri, A., Kanemoto, K., Bekchanov, M., Geschke, A., Foran, B., 2013: International trade of scarce water. *Ecological Economics* 94: 78–85.
44. Liu, C., Kroeze, C., Hoekstra, A. Y., Gerbens-Leenes, P. W., 2012: Past and future trends in grey water footprints of anthropogenic nitrogen and phosphorus inputs to major world rivers. *Ecological Indicators* 18: 42–49.
45. Lovarelli, D., Bacenetti, J., Fiala, M., 2016: Water Footprint of crop production: A review. *Science of the Total Environment* 548–549: 236–251.
46. Mekonnen, M. M., Gerbens-Leenes, P. W., Hoekstra, A. Y., 2015: The consumptive water footprint of electricity and heat: a global assessment. *Environmental Science: Water Research & Technology* 1(3): 285–297.
47. Mekonnen, M. M., Hoekstra, A. Y., 2020: Sustainability of the blue water footprint of crops. *Advances in Water Resources* 143: 103679.
48. Mekonnen, M. M., Hoekstra, A. Y., 2010: A global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint of wheat. *Hydrology and Earth System Sciences* 14(7): 1259–1276.
49. Mekonnen, M. M., Hoekstra, A. Y., 2011: The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences* 15(5): 1577–1600.

50. Mekonnen, M. M., Hoekstra, A. Y., 2012: A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems* 15(3): 401–415.
51. Mekonnen, M. M., Hoekstra, A. Y., 2015: Global grey water footprint and water pollution levels related to anthropogenic nitrogen loads to fresh water. *Environmental Science and Technology* 49: 12860–12868.
52. Mekonnen, M. M., Hoekstra, A. Y., Neale, C. M. U., Ray, C., Yang, H. S., 2020: Water productivity benchmarks: The case of maize and soybean in Nebraska. *Agricultural Water Management* 234: 106122.
53. Morris, J., 2019: Developing and exploring indicators of water sustainable development. *Heliyon* 5: e01778.
54. New, M., Todd, M., Hulme, M., Jones, P., 2001: Precipitation measurements and trends in the twentieth century. *International Journal of Climatology* 21: 1899–1922.
55. Nováková, P., 2015: Spotřeba vybraných zemědělských komodit v Česku a její dopady na vodní zdroje v zemích produkce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha. 92. (diplomová práce). Digitální repozitář Univerzity Karlovy.
56. Palhares, J. C. P., Morelli, M., Novelli, T. I., 2021: Water footprint of a tropical beef cattle production system: The impact of individual-animal and feed management. *Advances in Water Resources* 149: 103853.
57. Palhares, J. C. P., Pezzopane, J. R. M., 2015: Water footprint accounting and scarcity indicators of conventional and organic dairy production systems. *Journal of Cleaner Production* 93: 299–307.
58. Paterson, W., Rushforth, R., Ruddell, B. L., Konar, M., Ahams, I. C., Mijic, A., Mejia, A., 2015: Water Footprint of Cities: A Review and Suggestions for Future Research. *Sustainability* 7(7): 8461–8490.
59. Pfister, S., Bayer, P., 2014: Monthly water stress: spatially and temporally explicit consumptive water footprint of global crop production. *Journal of Cleaner Production* 73: 52–62.
60. Pfister, S., Scherer, L., Buxmann, K., 2020: Water scarcity footprint of hydropower based on a seasonal approach - Global assessment with sensitivities

of model assumptions tested on specific cases. *Science of The Total Environment* 724: 138188.

61. Ridoutt, B., Pfister, S., 2010: A revised approach to water footprinting to make transparent the impacts of consumption and production on global freshwater scarcity. *Global Environmental Change* 20 (1): 113–120.
62. Řehoř, J., Brázdil, R., Trnka, M., Řezníčková, L., Balek, J., Možný, M., 2020: Regional effects of synoptic situations on soil drought in the Czech Republic. *Theoretical and Applied Climatology* 141: 1383–1400.
63. Stejskalová, L., Ansorge, L., Kučera, J., Vološinová, D., 2019: Využití indikátoru šedé vodní stopy k posouzení role ČOV v malém povodí. In: Kabelková, I., Růžičková, I., Benáková, A., Bareš, V. (eds.): 13. bienální konference VODA 2019. Sborník přednášek a posterových sdělení. The Czech Water Association, Brno. 198–205.
64. Tamea, S., Carr, J. A., Laio, F., Ridolfi, L., 2014: Drivers of the virtual water trade. *Water Resources Research* 50(1): 17–28.
65. Van der Ent, R. J., Savenije, H. H. G., 2011: Length and time scales of atmospheric moisture recycling. *Atmospheric Chemistry and Physics* 11: 1853–1863.
66. Van der Ent, R. J., Savenije, H. H. G., Bettina, S., Steele-Dunne, S. C., 2010: Origin and fate of atmospheric moisture over continents. *Water Resources Research* 46.
67. Verma, S., Kampman, D. A., Van der Zaag, P., Hoekstra, A. Y., 2009: Going against the flow: A critical analysis of inter-state virtual water trade in the context of India's national river linking program. *Physics and Chemistry of the Earth* 34(4–5): 261–269.
68. WBCSF, 2012: Water for Business: Initiatives guiding sustainable water management in the private sector. World Business Council for Sustainable Development, Conches-Geneva.
69. Wimmerová, L., Bartoš, L., 2021: Vodní stopa není jen spotřeba vody. *Vodní hospodářství* 71(12): 32–34.

70. Yu, Y., Hubacek, K., Feng, K., Guan, D., 2010: Assessing regional and global water footprints for the UK. *Ecological Economics* 69(5): 1140–1147.
71. Zhai, Y., Zhang, T., Bai, Y., Ji, C., Ma, X., Shen, X., Hong, J., 2021: Energy and water footprints of cereal production in China. *Resources, Conservation and Recycling* 164: 105150.
72. Zhang, Y., Huang, K., Yu, Y., Yang, B., 2017: Mapping of water footprint research: A bibliometric analysis during 2006-2015. *Journal of Cleaner Production* 149: 70–79.
73. Žlábková, J., 2013: Hodnocení zátěže životního prostředí v ČR pomocí indikátoru Vodní stopa. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha. 93. (diplomová práce). Digitální repozitář Univerzity Karlovy.

LEGISLATIVNÍ ZDROJE

1. ČSN ISO 14046: Environmentální management – Vodní stopa – Zásady, požadavky a směrnice. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2016.
2. ISO 14046: Environmental Management – Water Footprint – Principles, requirements and guidelines. International Organization for Standardization, Geneva, 2014.

INTERNETOVÉ ZDROJE

1. Brazzale Moravia, ©2019a: O firmě (online) [cit.2022.03.08], dostupné z: <<https://www.brazzalemoravia.com/o-nas/historie/>>.
2. Brazzale Moravia, ©2019b: Certifikáty a ocenění (online) [cit.2022.03.08], dostupné z: <<https://www.brazzalemoravia.com/o-nas/certifikaty-a-oceneni/>>.
3. Gran Moravia, ©2015: Gran Moravia: The first cheese in the world to set its Water Footprint. A record result. (online) [cit.2022.03.08], dostupné z: <<https://www.granmoravia.com/en/water-footprint-gran-moravia-cheese/>>.
4. Hák, T., 2014: Voda virtuální, přesto skutečná (online) [cit.2022.02.13], dostupné z: <<https://vesmir.cz/cz/on-line-clanky/2014/07/voda-virtualni-presto-skutecna.html>>.

5. Moje CO2, ©2022: Spotřeba energie – Moje stopa (online) [cit.2022.03.16], dostupné z: <<https://www.mojeco2.cz/vypocet>>.
6. Uhlíková stopa, ©2022: Kalkulačka uhlíkové stopy (online) [cit.2022.03.16], dostupné z: <<https://www.uhlikovastopa.cz/cs/>>.
7. VÚV TGM, ©2017: Postupy sestavení a ověření vodní stopy v souladu s mezinárodními standardy (online) [cit.2022.02.14], dostupné z: <<https://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/vodnistopa/default.asp?tab=0>>.
8. Water Footprint Network (WFN), ©2017: Product Gallery (online) [cit.2022.02.14], dostupné z: <<https://waterfootprint.org/en/resources/interactive-tools/product-gallery/>>.
9. Water Footprint Network (WFN), ©2022: Water Footprint Assessment applications (online) [cit.2022.02.14], dostupné z: <<https://waterfootprint.org/en/resources/publications/corporate-water-footprint-publications/>>.