

# Specifika charakterizačního modelu vodní stopy AWARE

## Specifics of the AWARE characterization model for water footprint assessment

Libor Ansorge<sup>1</sup> | Tereza Beránková<sup>1</sup> | Kateřina Uhlířová<sup>1</sup>

### INFORMACE O ČLÁNKU

#### DOI

10.3260/ENTECHO.2017.11.003

#### HISTORIE

Datum doručení: 19. 10. 2017

Datum revize: 14. 11. 2017

Datum akceptace: 15. 11. 2017

#### AFILACE

<sup>1</sup> Výzkumný ústav vodohospodářský

T. G. Masaryka, v. v. i.

Podbabská 2582/30

CZ-160 00 Praha 6

#### KLÍČOVÁ SLOVA

Vodní stopa; posuzování životního cyklu; charakterizační model AWARE

#### KEYWORDS

Water footprint; life cycle assessment; AWARE characterization model

### ABSTRAKT

Charakterizační model Available Water Remaining (AWARE) je doporučen pracovní skupinou WULCA (Water Use in LCA) jako výsledek konsenzu odborníků a zainteresovaných stran k charakterizaci dopadů spojených s množstvím užívané vody. V článku kriticky přezkoumáme princip metody, výchozí předpoklady a hodnoty charakterizačních faktorů připravených pro snadnou aplikaci metody v praxi. Poukážeme na problémy spojené s nerozlišováním rozdílných zdrojů vody a na nevhodný způsob výpočtu hodnot charakterizačního faktoru pro úroveň jednotlivých zemí. V závěru pak otevřeme otázku volby referenčních hodnot pro normalizaci charakterizačního faktoru.

### ABSTRACT

The Available Water Remaining (AWARE) characterization model is recommended by the WULCA (Water Use in LCA) working group as a result of a consensus among experts and stakeholders in the matter of characterization of impacts associated with the amount of water used. In the article we reviewed the principles of the method, the initial assumption and values of the characterization factors developed for easy application of the method in practice. We pointed out the problems associated with not distinguishing among various water resources and the inappropriate way of calculation the values of the characterization factor at the country level. In conclusion we opened the question of choosing reference values for the normalization of the characterization factor.

## 1 Úvod

Vodní stopa na principech posuzování životního cyklu (LCA - Life Cycle Assessment) je analytickým nástrojem sloužícím k hodnocení dopadů v průběhu celého životního cyklu produktu, služby či organizace na životní prostředí ve vztahu k vodě (ČSN ISO 14046, 2016). Pracovní skupinou Water Use in LCA (WULCA) pod záštitou Life Cycle Initiative Programu OSN pro životní prostředí (UNEP) a Společnosti pro environmentální toxikologii a chemii (SETAC) byla na základě hledání konsensu širokého spektra dotčených stran vybrána k charakterizaci dopadů spojených s množstvím užívané vody metoda Available Water Remaining (AWARE) (Boulay et al., 2018). Tato metoda je nejen výsledkem několikaletého hledání konsensu zúčastněných stran, ale také snahou LCA komunity odstranit výtky, které jsou k charakterizačním metodám spojeným s množstvím užívané vody publikovány zejména ze strany představitelů Water Footprint Network (např. Hoekstra, 2016).

## 2 Princip metody

Metoda AWARE vychází z předpokladu, že čím méně vody zbývá v daném území k využití, tím je větší pravděpodobnost, že další uživatel bude omezen. V prvním kroku je spočítána hodnota  $AMD_i$  (Available-Minus-Demand), tj. dostupná voda po odečtení potřeb pro společnost (Human water consumption - HWC) a ekosystémy (Environmental Water Requirements - EWR) na plochu. Dostupná voda (Availability) představuje skutečný celkový odtok z daného území. Převrácená hodnota

$AMD_i$  může být interpretována jako ekvivalentní množství času na plochu (Surface-Time equivalent -  $ST_e$ ), které je nutné ke generování  $1 \text{ m}^3$  nevyužité vody. Hodnota  $AMD_i$  je následně „normalizována“ referenční hodnotou  $AMD_{world\ avg}$  stanovenou jako spotřebou vážený průměr hodnot  $AMD_i$  na celém světě. Ve třetím kroku je stanovena hodnota charakterizačního faktoru  $CF_{AWARE}$  prostou inverzí, přičemž hodnota charakterizačního faktoru je omezena na uzavřený interval  $[0,1; 100]$ .

$$AMD_i = \frac{(Availability - HWC - EWR)}{Area} \quad (1)$$

$$CF_{AWARE} = \frac{ST_{ei}}{ST_{e\ world\ avg}} = \frac{AMD_{world\ avg}}{AMD_i} \quad (2)$$

Ve své podstatě se jedná o obdobný přístup, který je použit v charakterizačním modelu (ne)dostupnosti vody (Yano et al., 2015) s tím, že metoda AWARE již zohledňuje nemožnost využití veškerou teoreticky dostupnou vodu v daném území z důvodu zajištění současných právních nároků na vodu, např. povolené odběry (HWC) a dále z důvodů zajištění ekologických funkcí toku a zachování vodních a na vodu vázaných ekosystémů (EWR).

## 3 Slabá místa metody AWARE a dostupných charakterizačních faktorů

Vývoj metody AWARE byl založen na několika předpokladech, které byly veřejnosti představeny v roce 2015 (Boulay et al., 2015). Přestože

jsou tyto předpoklady výsledkem diskusí široké škály expertů a lze je považovat za pragmatický přístup s ohledem na dostupnost dat a podkladových informací, nelze přehlížet skutečnost, že tyto předpoklady v některých případech omezují využitelnost metody, resp. přípravných charakterizačních faktorů, v reálné aplikaci, a mohou být dokonce v rozporu s normou ČSN ISO 14046 (2016).

### 3.1 Rozlišování vodních zdrojů

Metoda AWARE vůbec neuvažuje dešťové srážky, tj. zelenou vodu dle přístupu Water Footprint Network (Hoekstra et al., 2011). Hlavním důvodem pro vyloučení srážek z metody AWARE má být problematické vyjádření řetězce příčin a následků (environmentální mechanismus) mezi užíváním dešťových srážek a potřebami ekosystémů (Boulay et al., 2015, kap. 3.2). Naopak Hoekstra (2016, kap. 3.3) argumentuje tím, že v případě nedostatku srážek pro rostliny, je musí nahradit závlaha z povrchových a podzemních vod (tzv. modrá voda). Vzhledem k tomu, že zdroje povrchových i podzemních vod jsou závislé na srážkách, tak při „vyčerpání“ zdrojů zelené vody může docházet k ekonomickým škodám v případě zemědělství nebo škodám na terestrických ekosystémech závislých na vodě, a nelze proto oddělit užívání modré a zelené vody. Vynecháním zelené vody z konceptu LCA vodní stopy může vést k podcenění významných dopadů na životní prostředí. V této souvislosti je třeba uvést dvě významné skutečnosti. Na jedné straně norma ČSN ISO 14046 (2016, kap. 4.13) požaduje zahrnout veškeré environmentálně relevantní atributy nebo aspekty přírodního prostředí, lidského zdraví a zdrojů spojených s vodou, na druhé straně ovšem nejsou dešťové srážky definovány v normě jako zdroj vody (ČSN ISO 14046, 2016, kap. 3.1).

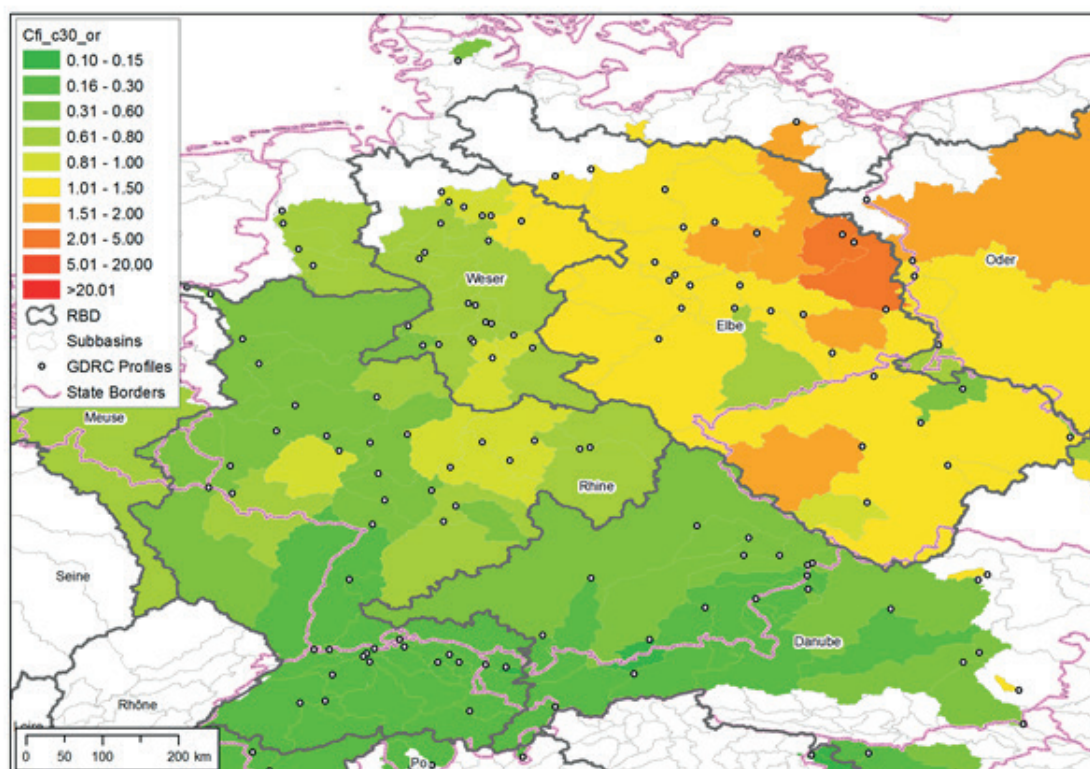
Obdobně nejsou v metodě AWARE rozlišovány povrchové a podzemní vody, což už lze považovat za velmi problematické z hlediska normy, neboť norma přímo definuje tyto typy zdrojů vody (ČSN ISO 14046, 2016, kap. 3.1), a zároveň požaduje, aby záležitosti týkající se jednotlivých typů zdrojů vody byly v co nejvyšší míře rozlišeny (ČSN ISO 14046, 2016, kap. 5.4.4.1). Ostatně již z hlediska definice samotné metody AWARE a s ohledem na obvykle rozdílnou reakci povrchových a podzemních vod na srážky je jasné, že dostupnost vody bude v daném

místě a čase jiná pro povrchové a podzemní vody. Důvodem pro nerozlišování povrchových a podzemních vod je jednak již zmíněný nejasný environmentální mechanismus závislosti terestrických ekosystémů na podzemních vodách. Dalším důvodem je podle pracovní skupiny WULCA ztráta konzistence pro posuzovatele z důvodu nedostatečné dostupnosti a spolehlivosti inventarizačních údajů a jednak obtížné rozlišování významnosti mezi oběma zdroji vody, kdy oba zdroje vody jsou vlastně substituty jeden k druhému (Boulay et al., 2015, kap. 3.4).

### 3.2 Prostorové měřítko dostupných charakterizačních faktorů

V rámci vývoje metody AWARE byly připraveny hodnoty charakterizačních faktorů pro více jak 11 000 povodí na světě a pro jednotlivé státy. Pro odvození hodnot charakterizačního faktoru AWARE byl použit model WaterGAP, který poskytl jak údaje o dostupnosti vody (Müller Schmied et al., 2014), tak údaje o užívání vody (Flörke et al., 2013). Pro stanovení požadavků ekosystémů byl použit model Pastorové (2014). Model WaterGAP počítá v gridu  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$  (s výjimkou Antarktidy). Z tohoto rozlišení jsou pak následně agregovány údaje pro jednotlivá povodí. Pracovní skupina WULCA vzala agregované údaje pro jednotlivá povodí a spočítala z nich hodnoty charakterizačního faktoru AWARE. Následně pak z hodnot charakterizačního faktoru AWARE pro povodí spočítala hodnoty charakterizačního faktoru AWARE pro jednotlivé státy na základě poměrného zastoupení jednotlivých povodí na ploše příslušného státu. Hodnota charakterizačního faktoru AWARE pro Maďarsko je tak shodná s hodnotou charakterizačního faktoru AWARE pro povodí Dunaje.

Protože dopady spojené s užíváním vody, dostupnost vody i užívání vod mají výrazně lokální či regionální charakter (Wichelns, 2017), tak hodnoty charakterizačního faktoru se mohou v celé ploše povodí lišit. Jak ukázal Ansorge a Beránková (2017) mohou se v rámci jednoho povodí lišit hodnoty charakterizačního faktoru AWARE až několiknásobně. Na Obr. 1 jsou pro ukázkou uvedeny hodnoty charakterizačního faktoru pro povodí stanovené postupem podle Ansorgeho a Beránkové (2017). Je vidět, že v povodí Rýna se hodnoty charakterizačního faktoru AWARE pohybují od 0,16 do 1,00; v povodí Vezery od 0,31 do 1,50 a v povodí Labe od 0,31 do 5,00. Z toho plyne, že použití jedné hodnoty pro celé povodí může být poměrně zavádějící.



Obr. 1: Hodnoty charakterizačního faktoru k profilům Global Runoff Data Centre stanovené podle Ansorgeho a Beránkové (2017)

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 3,00 | 2,85 | 2,71 | 2,57 | 2,44 | 2,32 | 2,21 | 2,10 | 1,99 | 1,89 |
| 2,85 | 2,71 | 2,57 | 2,44 | 2,32 | 2,21 | 2,10 | 1,99 | 1,89 | 1,80 |
| 2,71 | 2,57 | 2,44 | 2,32 | 2,21 | 2,10 | 1,99 | 1,89 | 1,80 | 1,71 |
| 2,57 | 2,44 | 2,32 | 2,21 | 2,10 | 1,99 | 1,89 | 1,80 | 1,71 | 1,62 |
| 2,44 | 2,32 | 2,21 | 2,10 | 1,99 | 1,89 | 1,80 | 1,71 | 1,62 | 1,54 |
| 2,32 | 2,21 | 2,10 | 1,99 | 1,89 | 1,80 | 1,71 | 1,62 | 1,54 | 1,46 |
| 2,21 | 2,10 | 1,99 | 1,89 | 1,80 | 1,71 | 1,62 | 1,54 | 1,46 | 1,39 |
| 2,10 | 1,99 | 1,89 | 1,80 | 1,71 | 1,62 | 1,54 | 1,46 | 1,39 | 1,32 |
| 1,99 | 1,89 | 1,80 | 1,71 | 1,62 | 1,54 | 1,46 | 1,39 | 1,32 | 1,25 |
| 1,89 | 1,80 | 1,71 | 1,62 | 1,54 | 1,46 | 1,39 | 1,32 | 1,25 | 1,19 |

**Obr. 2:** Hypotetický ostrov s hodnotami charakterizačního faktoru AWARE pro jednotlivé dílčí části ostrova; barevně jsou vyznačeny rozdílné varianty hranic mezi dvěma státy na ostrově

Ještě horší je pak situace na úrovni zemí, kdy např. v Německu se pohybují hodnoty od 0,01 do 5,00. Navíc postup použitý pro odvození hodnot na úrovni jednotlivých zemí je principiálně chybný. Představme si hypotetické povodí, které je rozděleno na stejně velké dílčí povodí v matici 10 × 10 s hodnotami charakterizačního faktoru AWARE od 1,19 do 3,00 jako na Obr. 2. Pokud by toto povodí bylo na ostrově, které tvoří jeden stát, tak hodnota charakterizačního faktoru AWARE tohoto státu bude shodná jako hodnota pro celý ostrov, tj. 1,933. Pokud by na našem hypotetickém ostrově byly však státy dva, pak při postupu, který použila pracovní skupina WULCA, by oba státy měly stejnou hodnotu charakterizačního faktoru AWARE, který odpovídá hodnotě povodí (což je případ dříve zmíněného Maďarska). Skutečná hodnota charakterizačního faktoru však bude záviset na poloze hranice mezi oběma státy. Pokud by hranice odpovídala zelené čáře na Obr. 2, pak by hodnota charakterizačního faktoru AWARE pro stát „vlevo nahoře“ byla 3,00 a pro stát „vpravo dole“ 1,922. Naopak, pokud by hranice odpovídala hnědé čáře, pak by hodnota charakterizačního faktoru AWARE pro stát „vlevo nahoře“ byla 1,94 a pro stát „vpravo dole“ pak 1,19. V případě, že by hranice odpovídala fialové čáře, pak by hodnota charakterizačního faktoru AWARE pro stát „vlevo nahoře“ byla 2,224 a pro stát „vpravo dole“ pak 1,577.

#### 4 Diskuse a závěr

Ačkoliv by se mohlo zdát, že metoda AWARE není v praxi použitelná, tak opak je pravdou. Principiálně se jedná asi o nejlepší charakterizační metodu současnosti. Myšlenkově blízká je japonská metoda (Yano et al., 2015), která však neřeší otázku nemožnosti vyčerpat veškerou vodu ze zdroje, např. z důvodu nutnosti zachování minimálního ekologického průtoku či minimální hladiny podzemních vod z důvodů zajištění ekosystémových služeb.

Jak jsme ale ukázali v našem článku, tak při použití metody AWARE je třeba respektovat současná omezení dostupných hodnot charakterizačního faktoru AWARE. První omezení spočívá v nerozlišování mezi jednotlivými zdroji, ačkoliv je zřejmé, že dostupnost každého zdroje i jeho využití (a tedy i hodnota charakterizačního faktoru AWARE) bude odlišná pro každý zdroj. S ohledem na konstrukci charakterizačního faktoru AWARE nebude problémem počítat hodnoty charakterizačního faktoru pro jednotlivé zdroje, jak ukázal přístup Ansorge a Beránkové (2017). Minimálně v České republice lze pro podzemní vody využít stejného přístupu s využitím informací o tzv. využitelném množství zdroje podzemní vody, resp. jednotlivých hydrogeologických rajónů. V této oblasti bude třeba ještě dalšího vývoje a dosažení vědeckého konsensu, zejména v oblasti kvantifikace environmentálních potřeb pro jednotlivé zdroje.

Druhým limitujícím faktorem jsou hodnoty charakterizačního faktoru AWARE pro jednotlivé státy. Postup, kterým byly tyto hodnoty stanoveny, nelze označit za vhodný, neboť může vést k poměrně významným odchylkám hodnot. Vhodnější by bylo dovození hodnot pro jednotlivé státy z hodnot charakterizačního faktoru AWARE pro jednotlivé body výpočetní sítě modelu WaterGAP. Tyto hodnoty však pracovní skupina WULCA nejspíše neměla k dispozici, neboť i na stránkách projektu <http://wulca-waterlca.org> jsou ke stažení data WaterGAP pouze pro jednotlivá povodí.

Na úplný závěr chceme ještě diskutovat referenční hodnotu  $AMD_{word\ avg}$  použitou pro normalizaci. Yano et al. (2015) uvádí, že pro normalizaci lze využít vlastně libovolnou referenční hodnotu, a sám jako referenční hodnotu pro svůj charakterizační faktor používá průměrnou hodnotu srážek na světě, která činí cca 1000 mm na m<sup>2</sup>. Výhodou této referenční hodnoty je fakt, že výslednou hodnotu vodní stopy lze interpretovat jako objem průměrných celosvětových srážek. Vzhledem k principiální podobnosti obou metod, se nám jeví volba referenční hodnoty na úrovni průměrných celosvětových srážek jako vhodnější než použití modelové hodnoty 1,36 pro  $AMD_{word\ avg}$ .

#### 5 Poděkování

Tento článek vznikl v rámci projektu QJ1520322 *Postupy sestavení a ověření vodní stopy v souladu s mezinárodními standardy* řešeného s finanční podporou Ministerstva zemědělství v rámci Programu zemědělského aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje Komplexní udržitelné systémy v zemědělství 2012–2018 „KUS“.

#### 6 Literatura

Ansorge, L.; Beránková, T., 2017. *LCA Water Footprint AWARE characterization factor based on local specific conditions*. EJSD 6(4), 13–20. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2017.v6n4p13>

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)*. Int J Life Cycle Assess 23(2), 368–378. <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1333-8>

Boulay, A.-M.; Bare, J.; De Camillis, C.; Döll, P.; Gassert, F.; Gerten, D.; Humbert, S.; Inaba, A.; Itsuno, N.; Lemoine, Y.; Margni, M.; Motoshita, M.; Núñez, M.; Pastor, A. V.; Ridoutt, B.; Schencker, U.; Shirakawa, N.;

- Vionnet, S.; Worbe, S.; Yoshikawa, S.; Pfister, S., 2015. *Consensus building on the development of a stress-based indicator for LCA-based impact assessment of water consumption: outcome of the expert workshops*. The International Journal of Life Cycle Assessment 20(5), 577–583. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0869-8>
- ČSN ISO 14046, 2016. *Environmentální management – Vodní stopa – Zásady, požadavky a směrnice*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.
- Flörke, M.; Kynast, E.; Bärlund, I.; Eisner, S.; Wimmer, F.; Alcamo, J., 2013. *Domestic and industrial water uses of the past 60 years as a mirror of socio-economic development: A global simulation study*. Global Environmental Change 23(1), 144–156. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.10.018>
- Hoekstra, A. Y., 2016. A critique on the water-scarcity weighted water footprint in LCA. Ecological Indicators 66, 564–573. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.02.026>
- Hoekstra, A. Y.; Chapagain, A. K.; Aldaya, M. M.; Mekonnen, M. M., 2011. *The water footprint assessment manual: setting the global standard*. Earthscan, London; Washington, DC.
- Müller Schmied, H.; Eisner, S.; Franz, D.; Wattenbach, M.; Portmann, F. T.; Flörke, M.; Döll, P., 2014. *Sensitivity of simulated global-scale freshwater fluxes and storages to input data, hydrological model structure, human water use and calibration*. Hydrol. Earth Syst. Sci. 18(9), 3511–3538. <https://doi.org/10.5194/hess-18-3511-2014>
- Pastor, A. V.; Ludwig, F.; Biemans, H.; Hoff, H.; Kabat, P., 2014. *Accounting for environmental flow requirements in global water assessments*. Hydrol. Earth Syst. Sci. 18(12), 5041–5059. <https://doi.org/10.5194/hess-18-5041-2014>
- Wichelns, D., 2017. Volumetric water footprints, applied in a global context, do not provide insight regarding water scarcity or water quality degradation. Ecological Indicators 74, 420–426. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.12.008>
- Yano, S.; Hanasaki, N.; Itsuno, N.; Oki, T., 2015. *Water Scarcity Footprints by Considering the Differences in Water Sources*. Sustainability 7(8), 9753–9772. <https://doi.org/10.3390/su7089753>