

VIRTUÁLNÍ VODA A KONFLIKTNÍ POTENCIÁL PITNÉ VODY

DRINKING WATER POTENTIAL FOR CONFLICTS AND VIRTUAL WATER

Josef ŘÍHA
riha.joe@volny.cz

Abstract

Water has no substitute. This paper focuses on the drinking water potential for conflicts and „virtual water“. An overview of the publications shows some confusion of the question of the status of water, whether it is assumed to be a common good or an economic good, or even a human right. Much attention has recently been given to the potential for water wars. The early warning conflict indicators for water conflicts in Table 1 as well as the early warning models seems to be quite useful. Virtual water is an economic concept. One political impact of „virtual water“ is the claim that „virtual water“ has prevented the outbreak of violent water conflict. Nevertheless, very controversially „virtual water“ seems as „magic indicator“ without a practicable value for real people.

Key words

Early warning models, indicators, military geography, scarcity, valuing water, virtual water, water conflict, water footprint, water planning and management.

Voda je nenahraditelná. Článek se zabývá virtuální vodou a konfliktním potenciálem pitné vody. Přehled literatury naznačuje zmatek v otázce hodnocení vody, zda má být posuzována jako veřejný statek, zboží nebo dokonce jako lidské právo. V současné době je věnováno hodně pozornosti možnému vzniku války o vodu. Jako užitečný nástroj se jeví modely včasného varování a soubor indikátorů včasného varování v tabulce 1. Virtuální voda je ekonomický koncept. Její politický význam spočívá v tvrzení, že brání násilnému konfliktu o vodu. Nicméně virtuální voda se jeví jako kontroverzní kouzelný indikátor bez praktické hodnoty pro skutečného člověka.

Práce byla uskutečněna za finanční pomoci projektu MV ČR „Posuzování bezpečnosti prvků infrastruktury a alternativní možnosti zvýšení zabezpečení měst a obcí pitnou vodou při vzniku živelních pohrom a rozsáhlých provozních havárií“ – MV ČR reg. č. VF20102014009.

Úvod do problému

Článek dotváří představu o významu vody z hlediska celospolečenské funkce v oblasti hrozby mezinárodních vodohospodářských konfliktů. Jinými slovy jde o funkci vody jako mocensko-politického nástroje, což se týká především vody pro lidskou potřebu. Hrozba vzniku konfliktu o vodu sílí v souvislosti s růstem populace, ekonomickým rozvojem a důsledky globální klimatické změny. Pesimisté označují vodu za „zlato 21. století“, které vyvolá „války o vodu“ [13].

Vojensko strategická a politická funkce vody je dána pobřežními (litorálními) morfologickými formami. Vodní komponenta v území byla s výhodou využívána jako účinná přírodní překážka pro obranu jednotlivých hradů, zámků, feudálních sídel i celých lidských sídlišť (obr. 1). V průběhu celého středověku se využívalo zamezení přístupu k pitné vodě v bitvách jako strategie nátlaku při obklíčení nepřátelského města, což mělo pravidelně za následek rychlou kapitulaci obklíčených a výhru dobytých [30].

Konfliktní potenciál pitné vody

Konfliktní potenciál pitné vody má podle [10], [11], [12] čtyři základní důvody. První příčinu lze nalézt v situaci, kdy místní zdroje určitého státu nejsou schopny zcela pokrýt spotřebu obyvatel. Druhým důvodem je, že se o jeden zdroj dělí více států či regionů současně. Jako třetí důvod Gleick spatřuje nerovnoměrné rozložení sil aktérů dělících se o vodní zdroje a konečně za čtvrté přisuzuje vyšší pravděpodobnost riziku konfliktu v situaci, kdy státy nemají snadný přístup k alternativním zdrojům sladké vody.

V roce 2012 se tento problém stal předmětem bezpečnostní zprávy, kterou si od Národní bezpečnostní služby ODNI (superdohled nad činností FBI a CIA) vyžádal prezident USA. V bezpečnostní zprávě ODNI [27] je zdůrazněna silící hrozba vzniku konfliktu o vodu. Hovoří se o hrozbě vzniku „války o vodu“ v časovém horizontu 2030, tedy v nejbližší dekádě. Katalyzátorem mimořádných událostí může být aktuálně provedená predikce zvýšení současné potřeby vody o 40 % do roku 2040. Obdobnou varovnou analýzu poskytuje studie [8] z pohledu globální vojenské geografie (military geography), vč. obsáhlého souboru souvisejících pramenů. Nedostatek pitné vody v citlivých oblastech světa se může stát destabilizujícím faktorem v rámci celoplanetárního společenství. Téma je o to významnější, že voda je zdroj nenahraditelný a imanentně životně důležitý, čímž se podstatně liší od všech ostatních surovin a zdrojů.



Obr. 1

Vodní pevnost Naarden je dochovanou významnou renesanční památkou s důmyslným hvězdicovým obranným systémem kolem staršího městského jádra z roku 1350 [35]

Bezpečnostní zpráva [27] explicitně definuje dva faktory rizika, jednak nezajištěné vodní zdroje v požadovaných parametrech pro obyvatelstvo, jednak hrozbu teroristického útoku na klíčové vodní zdroje. V prvním případě jde o selhání státního systému a infrastruktury; konečným efektem může být zhroucení státu. Ve druhém případě jde o silnou zranitelnost vodohospodářské infrastruktury, kterou nelze účinně chránit v prostoru a čase. Liniový charakter vodárenských toků tuto možnost zcela vylučuje. Situace se stává problematictější, pokud se spor netýká pouze dvou států, ale je multilaterální, viz demo-příklad konfliktu o vodu ve Střední Asii na obr. 2. Hrozba potenciálního rizika vzniku mezinárodních konfliktů o vodu je nejčastěji dokládána situací v zemích subsaharské Afriky a oblasti Středního východu označovaných zkratkou MENA (Middle East and North Africa). Zpráva ODNI [27] varuje, že omezená dostupnost vody pro obyvatelstvo může být příčinou vnitřního politického napětí a

podporovat separatistické tendence v regionu. Jak voda, tak vodní zdroje by se pravděpodobně mohly stát důvodem vojenské akce a instrumenty války.

Rešerše problematiky konfliktů o vodu je skromná na prameny v teoretické oblasti; převládají politické a vojensko strategické úvahy. Domácí autoři se téměř výhradně opírají o deskriptivní analýzu a typologii Gleicka [10], [11], [12]. Studie [41] nabízí geografickou analýzu vytypovaných světových ohnisek potenciálního konfliktu o vodu a využívá verbálně numerickou 15-ti bodovou stupnici intenzity události („*BAR Event intensity scale*“). Agentura DANIDA dánského ministerstva zahraničí si vyžádala v roce 2003 zpracování obdobné studie od institutu DIIS [32]. Dokument [9] doplňuje geografický problém o typologii vodních toků, které jsou sdíleny sousedními státy. Z něho je generován diferencovaný soubor scénářů a multivariantní model mezistátních konfliktů o vodu. Významná je publikace UNESCO/IHP [36]. Zahrnuje obsáhlý katalog indikátorů včasného varování před potenciálním konfliktem o vodu v deseti různých kategoriích, viz tabulka 1. Analýza je výrazně multioborová a univerzálně platná v rámci globálního měřítka planetárního systému Země. Pro předmětnou analýzu jsou deklarovány tři klíčové otázky:

- zda je občanský konflikt způsoben přímým nedostatkem přírodních zdrojů,
- jaký je rozdíl mezi obnovitelností a neobnovitelností zdrojů, které ovlivňují konflikt,
- zda je dostupnost přírodních zdrojů prospěšná pro spolupráci a hospodářskou prosperitu.

OECD [28] v podstatě sděluje stejné myšlenky ve formátu „klíčového poselství“.

Jako bezpečnostní hrozby chápe Gleick [10], [11], [12] suroviny a environmentální problémy, které snižují kvalitu života a ústí v třenice na nadnárodní i národní úrovni. Toto paradigma přebírají domácí práce [24], [31], [40]. V mezním případě uvedené faktory mohou vést až k ozbrojenému konfliktu. Suroviny a environmentální záležitosti si vymezují čím dál tím větší místo v mezinárodní politice a také začínají hrát svou roli ve válce. Podle současných výzkumů propukají konflikty častěji na lokální a regionální úrovni a v rozvojových zemích, kde jsou suroviny potřebnější k přežití a kde existuje menší možnost, že budou nahrazeny či jinak doplněny.



Obr. 2

Komplexní mapa zainteresovaných vodních zdrojů v problematice konfliktu o vodu ve Střední Asii [33]

Tabulka 1

Katalog rizikových indikátorů včasného varování před potenciálním konfliktem o vodu podle UNESCO-IHP [36]

1	<p>Rizikové regionální indikátory</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Změna spojenectví ▪ Přesun vnitřního napětí z jednoho státu mimo jeho hranice ▪ Rozdělení vodních zdrojů mimo hranice státu ▪ Oživení etnických vztahů mezi hranicemi ▪ Strategie „půjčka za oplátku“ (podpora nezávislých povstalců) ▪ Změna „rovnováhy“ sil ▪ Vnější podpora opozičních skupin ▪ Historické nepřátelství ▪ Využívání nejednoty/napětí (mediální/politická propaganda) ▪ Neschopnost udržet kontrolu nad územím ▪ Zhoršení vztahů mezi státními a vnějšími aktéry ▪ Nepřátelství v kontrole regionálních zdrojů vody ▪ Demografické změny ▪ Nepředvídatelný postoj hlavních vnějších sil/kapitálových podílníků ke klíčovým otázkám
2	<p>Rizikové indikátory státní suverenity a politické moci</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Neschopnost státu udržet bezpečnost a stabilitu, popř. vnímání veřejnosti této neschopnosti ▪ Systémová nestabilita ▪ Nejednotná státní moc ▪ Územní spory ▪ Zvýšení počtu soukromých bezpečnostních firem ▪ Současné nebo pokračující násilné územní konflikty v rámci státu nebo regionu ▪ Pochybné rozdělení pravomocí mezi centrální vládou a "autonomními" regiony ▪ Slabý pocit významu občanství ▪ Nestátní činitelé, kteří přebírají tradiční úlohu státu ▪ Stát nebo region v procesu politické nebo ekonomické transformace ▪ Opakující se násilí v příhraničních oblastech ▪ Malá hraniční bezpečnost ▪ Absence schopnosti státu vymáhat právo ▪ Nelegitimní vláda a následné regionální nepokoje ▪ Nevyřešené přeshraniční otázky ▪ Neracionální chování vlády
3	<p>Rizikové strategické indikátory</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hrozby útoku ▪ Poskytnutí zbraní civilistům ▪ Přítomnost cizích vojsk nebo žoldáků ▪ Státní převrat ▪ Zvýšení počtu povstaleckých skupin ▪ Populární podpora povstaleckým skupinám ▪ Žádná strana není dosti silná pro dosažení rozhodujícího vítězství ▪ Vysoká míra kriminality

4	Rizikové indikátory fragmentace a chování hlavních aktérů <ul style="list-style-type: none">▪ Politické rozštěpení▪ Politická a osobní rivalita (spory mezi klíčovými osobnostmi)▪ Veřejné nařčení z komplotu▪ Vzájemná nedůvěra▪ Vnitřní neshody včetně správy▪ Vládnoucí elita nemá promyšlenou politiku pro klíčové problémy generující konflikty▪ Frakce uvnitř opozice
5	Rizikové indikátory ideologických faktorů <ul style="list-style-type: none">▪ Etnická nebo národní polarizace (na všech úrovních od rodiny až k politickým stranám)▪ Média jsou používána pro národní propagandu▪ Zavedení národních symbolů nebo mýtů odkazujících na dřívější kolektivní identitu▪ Střety mezi dvěma nebo několika komunitami▪ Konflikty ideologických systémů (norem a hodnot)
6	Rizikové indikátory politické opozice <ul style="list-style-type: none">▪ Nespokojenost s vedením státních záležitostí▪ Dysfunkční soudnictví nebo nedostatek respektu pro soudní systém (korupce, špatná administrativa, politizace atd.)▪ Zvýšení napětí mezi příznivci a odpůrci režimu▪ Nespokojenost s vedením státních záležitostí▪ Radikalizace tradičních institucí▪ Historická rivalita▪ Institucionalizované persekuce, nebo obavy (ekonomické, politické, atd.)▪ Nárůst velikosti a soudržnosti opozičních skupin▪ Radikalizace opozice▪ Nejisté období politické transformace
7	Indikátory sociálního a zeměpisného rozšíření konfliktu <ul style="list-style-type: none">▪ Pohyb obyvatelstva napříč hranicemi státu▪ Omezení pohybu obyvatelstva dovnitř a ven ze státu▪ Nevyřešené územní konflikty▪ Integrovaní nových aktérů (to znamená rozšíření konfliktu)▪ Využívání stávajících resistantních struktur vzbouřenci
8	Rizikové indikátory násilí <ul style="list-style-type: none">▪ Nárůst organizovaného zločinu▪ Úřady uznávají vyzbrojování obyvatelstva v příhraničí▪ Pomstychtivost▪ Strach z rostoucího násilí (nárůst potřeby sebeobrany)

9	<p>Rizikové indikátory vyloučení nebo odmítnutí</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Využívání nejednoty/napětí (mediální/politická propaganda) ▪ Nedostatečné politické zastoupení (menšinové skupiny, regiony) ▪ Rostoucí ekonomická nerovnost s ohledem na zdroje ▪ Současný stav nucené migrace/vyhoštění pro menšinu ▪ Absence jasné legislativy upravující rozdělení zdrojů ▪ Konflikt nebo spor o distribuci vody a dalších zdrojů ▪ Uměle vyvolaný pohyb obyvatelstva (požadavek k návratu přesídlených skupin) ▪ Demografické změny ▪ Obstrukční hraniční režim (přispívající k ekonomické recesi) ▪ Vyloučení důležitých aktérů z procesu vyjednávání ▪ Nerovnoměrné rozložení sil v rámci skupiny ovládající vodu ▪ Absence charismatických vůdců pro umírněnou většinu ▪ Nespokojenost nebo ukřivděnost obyvatelstva následkem nerovnoměrné distribuce vody
10	<p>Rizikové indikátory ekonomických faktorů</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Silící chudoba / ekonomická disparita ▪ Stagnace zemědělství nebo pokles ▪ Ekonomický kolaps ▪ Vysoká nebo rostoucí nezaměstnanost ▪ Ekonomická závislost na ústředí ▪ Ekonomická izolace ▪ Vysoký rozpočtový deficit ▪ Silná stínová ekonomika ▪ Obstrukční režim v příhraniční oblasti ▪ Problémy rozdělení a distribuce zdrojů ▪ Nejasné vlastnické právo ▪ Pokles zahraničních investic

Klíčovou otázkou je pojem spravedlivého užívání vodních zdrojů. Nespravedlivé rozdělení vody bylo již v minulosti zdrojem regionálních a mezinárodních sporů. Tyto konflikty budou pravděpodobně pokračovat a na některých místech narůstat na intenzitě spolu s růstem populace a jejích potřeb vody pro zemědělství, průmysl a ekonomický rozvoj. Voda může být použita jako vojenský a politický prostředek k dosažení cíle i jako možný cíl vojenské akce. Voda se může stát součástí politických a vojenských akcí za předpokladu, že má zásadní vliv na sílu národa (ovlivňuje jeho ekonomickou nebo politickou moc). Za těchto podmínek se stává součástí mezinárodních bezpečnostních analýz, kterým doposud kralovaly neobnovitelné suroviny (například velmi medializované spory o ropu). Je třeba věnovat pozornost rostoucím sporům mezi chudými a bohatými národy o vodu kvůli nespravedlivému rozdělení a užívání vody. Přerozdělovat vodu je velmi komplikované, na rozdíl od jiných surovin neexistuje za vodu náhrada.

Typologie Gleickovy teorie je poměrně rozsáhlá. Pro úlohu vody v potenciálním konfliktu je důležité:

- Nespravedlivé rozdělení vodních zdrojů a z toho vyplývající snaha o jejich přerozdělení kvůli nedostatku vody nebo špatnému přístupu k ní. Nespravedlivé rozdělení vodních

zdrojů bylo v minulosti příčinou sporů, které v současné době nabírají na intenzitě. Tyto spory mohou být mezistátní, vnitrostátní či nestátní. Roli zde také hrají klimatické změny.

- Voda může být zneužita jako vojenský prostředek. Užití vody jako možné zbraně se nabízí hlavně státům na horním toku. Zastavení dodávek vody by mělo fatální důsledky.
- Voda jako politický prostředek k dosažení politického cíle. Státy na horním toku, které ovládají vodu strategicky důležitou pro dolní státy, získávají významný vyjednávací, někdy dokonce až vyděračský potenciál.
- Vodní zdroje jako cíl nebo prostředek násilí. I voda se může stát cílem například teroristické akce, kupříkladu otrávení vody v nádrži, jež je využívána jako zdroj pitné vody, by mělo nedozírné následky.
- Voda může být vojenským cílem. Pokud se jeden stát cítí ohrožen druhým, například se obává ztráty přístupu k vodním zdrojům, může zasáhnout obsazením strategicky významné nádrže.
- Rozvojové spory nabývající sociálně-ekonomického charakteru. Spory mezi rozvojovými státy kvůli vodě jsou dány významem vody pro ekonomický rozvoj, proto je také spotřeba vody navyšována, což následně způsobuje pnutí mezi státy či regiony. K rozvojovým sporům se dají zařadit také konflikty kvůli znečištění vod.

Zůstává skutečností, že konfliktní potenciál pitné vody je objektivně dán nouzí o vodu. Dokument MŽP ČR [26] „*Voda nad zlato*“ parafrázuje dokumenty komise OSN [5], [6] pro udržitelný rozvoj z konce minulého století, čímž zaostává v datové oblasti; poněkud aktuálnější informace poskytuje WWC [42]. Třemi hlavními faktory způsobujícími zvyšování požadavků na vodu jsou populační růst, průmyslový rozvoj a rozmach zavlažování v zemědělství. Za poslední dvě desetiletí připadl v rozvojových ekonomikách největší odběr vody na zemědělství. Plánovací sféra vždy pragmaticky předpokládala, že vzrůstající potřebu se podaří uspokojit lepším ovládnutím hydrologického cyklu prostřednictvím budování další infrastruktury; tato úvaha je z pohledu VWT fatální fikcí.

Přelomový koncept takzvané virtuální vody

Chaotické a nekonzistentní hodnocení významu vody pro člověka v celosvětovém společenství vede k hledání nepřímých cest k možnému řešení vodní krize a související hrozby „váleku o vodu“. Uprostřed silícího tlaku na racionální posuzování vodních zdrojů se aktuálně začíná prosazovat koncept *vodní stopy* WF (Water Footprint) a *virtuální vody* VW (Virtual Water). Rozvíjí se nová teorie virtuální vody obsažené ve zboží tzv. „*water footprint theory*“, podrobněji Barlow¹ [3]. Nové myšlenky jsou iniciativně převáděny do praxe, jak dokládají příkladové studie např. z roku 2008 [23].

Pojem *vodní stopa* je celkové množství vody spotřebované na výrobu produktů a zajištění služeb obyvatel. Vodní stopa je založena na *virtuální vodě*, tedy na celkovém objemu použité vody, která nemusí aktuálně být v tekutém stavu, ale může být vložena do nejrůznějších produktů. Vodní stopu můžeme spočítat pro jednotlivce, pro domácnost, ale také pro celý stát.

Celkový objem vody použitý při výrobě a v zemědělství v jednom státě nevypovídá přesně o tom, kolik vody daná populace spotřebovává. Musí se počítat i výrobky, které se dováží a vyváží. S nimi se přičítá a odčítá podíl virtuální vody. Číslo, které vznikne součtem celkové domácí spotřeby a objemu přivezené vody se nazývá vodní stopa státu. S obchodováním se zbožím, především potravinami, je spojen tok vložené vody ze země, která vyváží do jiné. Dovážející země tak mohou ušetřit vlastní vodu, kterou by musely na pěstování a na výrobu vynaložit. Koncept virtuální vody je důležitý pro rozvojové i rozvinuté země. Regionální plánování a spolupráce, pokud by braly v úvahu virtuální vodu, by mohly vést

k rozšíření výměny zboží, diverzifikaci plodin, zvýšení povědomí o důsledcích nesprávného využívání zdrojů nebo k odstranění a výměně nevhodných odrůd v dané oblasti.

Pojem *virtuální voda* poprvé použil John Anthony Allan² [1] již v roce 1994, když jím nahradil dříve užívaný výraz pro tzv. vodu vloženou (embedded water, embodied water, hidden water). Význam tohoto pojmu představuje objem vody, vložený do produktu při jeho výrobě (tab. 2).

Tabulka 2

Přibližné hodnoty virtuální vody pro vybrané komodity; podle [19]

Komodita	VWC [l]
list papíru	10
rajče	13
mikročip	32
šálek čaje	35
pomeranč	50
šálek kávy	140
půllitr piva	150
kilogram pšenice	1 300
běžný hamburger	2 400
kilogram vajec	3 300
kilogram loupané rýže	3 400
bavlněné tričko	4 100
pár kožených bot	8 000
bavlněné prostěradlo	9 750
džínové kalhoty	10 850
kilogram hovězího masa	15 000

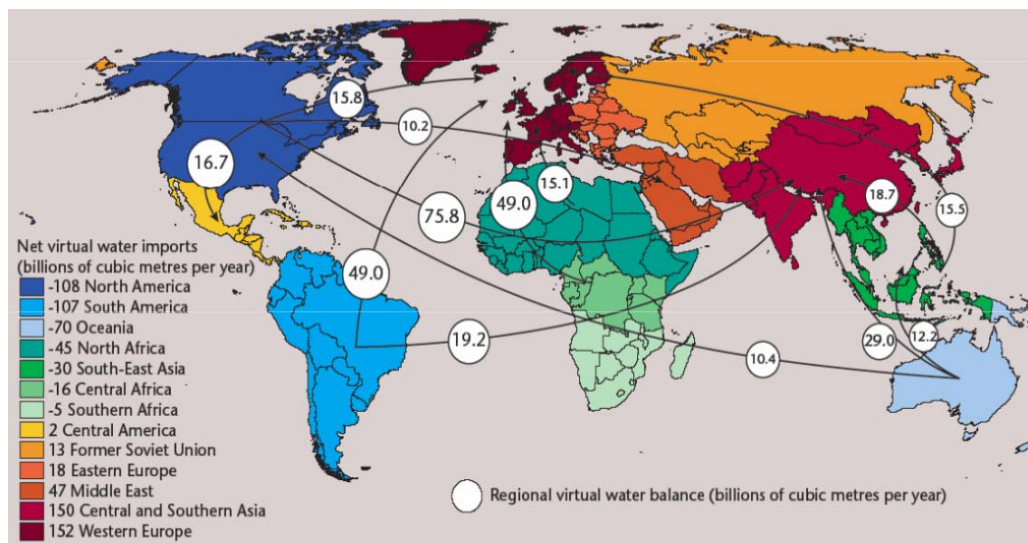
Myšlenku dále rozvinul a pro praxi precizoval Arjen Hoekstra³ [15] ve formátu *vodní stopy* a na pozadí mezinárodní výměny/obchodu objemu virtuální vody. Odhaduje se, že každý člověk ve vyspělých zemích spotřebuje až 3 000 litrů virtuální vody denně UNESCO [37]. V jejím případě však nastupuje ještě jeden další aspekt, a to její import a export. Pokud podle tohoto konceptu kupujeme výrobek či potraviny pocházející např. z Asie, zároveň virtuálně spotřebováváme část tavní vody nezbytné pro jejich výrobu. Např. země regionu MENA na přelomu milénia dovážely přes 50 milionů tun obilí ročně, což odpovídá 50 kubickým kilometrům sladké vody vložené do obilí [1]. Tento objem je adekvátní ke zhruba třetině objemu všech vodních zdrojů těchto zemí.

Z virtuální vody spojené s obchodem vody se stává celosvětové téma (obr. 3). Mnoho zemí, vč. Japonska, Mexika, většiny zemí v Evropě, Středního východu, severní Afriky, mají čistý import virtuální vody. Z tohoto důvodu mnoho států striktně závisí na externích zdrojích vody. Virtuální vodu lze rozdělit na několik druhů, aby se dala lépe rozlišit a specifikovat. Podle původu vody, která je obsažena v produktech, existuje virtuální voda modrá, zelená a šedá.

- a) Modrá virtuální voda je voda povrchová a podzemní.
- b) Zelená voda je označení pro půdní vláhu a vodu, která je vstřebávána a odpařována rostlinami.

c) Šedá virtuální voda je voda, která byla během výrobního procesu znečištěna nebo jinak znehodnocena. Tato voda může být různého původu.

Hlavní rozdíl mezi modrou a zelenou virtuální vodou je především v jejich skupenství. Modrá se vyskytuje ve formě tekuté vody, kdežto zelená je většinou ve skupenství plynném. Od toho se také odvíjí rozdílné možnosti využití této vody. Modrou, tedy kapalnou vodu, lze použít v zemědělství při umělém zavlažování, nebo pro potřeby průmyslu. Možnosti přímého využívání zelené vody, která je prakticky nedostupná, jsou velmi omezené. Nicméně zelená voda má velkou důležitost a to především jako nezbytný a nenahraditelný zdroj pro veškerou vegetaci, ať už divokou nebo kultivovanou. Tato vegetace vytváří biomasu a představuje počátek potravního řetězce. Zelené virtuální vody je v planetárním systému Země téměř dvakrát více než modré, ale je jí věnována pouze okrajová pozornost.



Obr. 3

Regionální bilance virtuální vody a čistý meziregionální tok virtuální vody [10^9 m^3 za rok] podle mezinárodního obchodu se zemědělskými produkty [16]

Teorie a metodologie virtuální vody

Expozice problematiky je vysvětlena na základě poznatků o vláhové potřebě rostlin. Metoda výpočtu je soustředěna na specifickou potřebu vody pro určitý typ plodiny, tj.

$$SWD_{n,c} = \frac{CWR_{n,c}}{CY_{n,c}}, \quad (1)$$

kde je: SWD – specifická potřeba vody [$\text{m}^3 \text{ t}^{-1}$],
 c – plodina,
 n – země,
 CWR – potřeba vody [$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$],
 CY – výnos plodiny [t ha^{-1}].

Výraz CWR se určí pomocí akumulované intenzity evapotranspirace rostliny ET_c [mm/den] za celé vegetační období podle vztahu

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad , \quad (2)$$

kde veličina ET_0 se určuje podle FAO a vzorce *Penman-Monteith* [2]. V kontextu této práce je uveden pouze jeho verbální popis s odkazem na [15]. Empirický vzorec *Penman-Monteith* vyjadřuje veličinu evapotranspirace rostliny ET_0 pomocí místních klimatických činitelů, viz následující přehled:

- R_n - radiační bilance na povrchu [$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$];
- G - tok tepla v půdě [$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$];
- T - průměrná teplota vzduchu měřená ve standardní výšce 2 m [$^{\circ}\text{C}$];
- U_2 - rychlost větru ve výšce 2 metry nad povrchem [m s^{-1}];
- e_a - tlak nasycené vodní páry [kPa];
- e_d - aktuální tlak vodní páry [kPa];
- Δ - sklon křivky napětí nasycené vodní páry [$\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$];
- γ - psychometrická konstanta [$\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$].

Hodnota hrubého importu virtuální vody do země n_i je suma pro celý import podle rovnice

$$GVWI_{n_i,t} = \sum_{n_e,c} VWT_{n_e,n_i,c,t} \quad (3)$$

a obdobně pro hodnotu hrubého exportu virtuální vody ze země n_e je suma pro celý export podle rovnice

$$GVWE_{n_e,t} = \sum_{n_i,c} VWT_{n_e,n_i,c,t} \quad (4)$$

V rovnicích (3) a (4) jednotlivé symboly znamenají

- VWT ... obchod s virtuální vodou ze země exportu n_e do země importu n_i v roce t jako výsledek obchodu s plodinou c [m^3/rok],
- $GVWI$... hrubý import virtuální vody [m^3/rok],
- $GVWE$... hrubý export virtuální vody [m^3/rok].

Hodnota čistého importu virtuální vody pro určitou zemi $NVWI$ je rovna rozdílu hodnot podle rovnice (3) a rovnice (4).

Informativně je uveden koncept pro výpočet hodnoty vodní stopy vyjadřující národní spotřebu WF_{cons} [m^3/rok], skládající se z veličiny vyjadřující přímou spotřebu a nepřímou spotřebu diferencovaně pro zemědělské a průmyslové komodity, tj.

$$WF_{cons} + WF_{cons,dir} + WF_{cons,indir}(zem.) + WF_{cons,indir}(prů.) \quad (5)$$

V rovnici (5) jednotlivé symboly znamenají

- $WF_{cons,dir}$... objem vody vyjadřující domácí přímou spotřebu vč. znečištění [m^3/rok],
- $WF_{cons,indir}(zem.)$... objem vody vyjadřující domácí nepřímou spotřebu v sektoru zemědělství [m^3/rok],
- $WF_{cons,indir}(prů.)$... objem vody vyjadřující domácí nepřímou spotřebu v sektoru průmyslu [m^3/rok].

Pro praktický výpočet národní vodní stopy je databáze dostupná na webové stránce FAO (www.fao.org). Podrobněji viz [25].

Závěr

Dosavadní pragmatické zkušenosti o způsobu řešení vodohospodářských problémů pomocí diplomacie, hospodářské spolupráce a technických prostředků jsou pravděpodobně vyčerpány. Současné varovné signály o potenciálním vzniku „války o vodu“ se opírají o predikci synergického efektu globalizace, růstu populace, ekonomického rozvoje, rostoucí nároky na zdroje a destruktivní důsledky globální klimatické změny. Obnovitelné zdroje sladké vody se v některých oblastech světa blíží k mezní dostupné hranici. Pravděpodobně převezmou úlohu hlavního indikátora regionální nestability.

Do přelomového konceptu takzvané virtuální vody se v současné době vkládají naděje řešit systémovým a politickým způsobem deficit vody v citlivých oblastech světa. Koncept virtuální vody a vodní stopy má své příznivce i odpůrce. Autoři deklarují, že vodní stopa může sloužit jako silný vojensko-politický a strategický nástroj, s jehož pomocí lze doložit vliv ekonomické aktivity na prostředí a zdroje.

Odborná veřejnost se shoduje v obavách, které jsou dány souvisejícími riziky. Na počátku aplikace konceptu virtuální vody do reálného světa je nutná rozvaha, do jaké míry se projeví dopady v širším slova smyslu. Jinými slovy jde o analýzu potenciálních změn v oblasti sociální, ekonomické, environmentální a kulturní. Svým způsobem jde o analogii procesu SEA v nadnárodním měřítku.

Předložený koncept VW a WF má své obhájce i odpůrce. Vyčerpávající přehled o vedené diskuzi především poskytují [4], [8], [18], [20], [21], [38], aj. Seriózně uspořádané výhrady nabízí studie [39] v 11 zásadních argumentech. Převážně jde o nesprávné a nepřesné formulace autorů publikací ve prospěch VW, které jsou z odborného hlediska zavádějící a matoucí. Vodní stopa nemá nic společného s uhlíkovou stopou nebo ekologickou stopou, jak je vesměs uváděno. Teorie selhává v problematice doplňkové závaly a v cenové politice obecně. Vytýká se příliš mnoho nejistot pro výpočet numerických hodnot [43].

Podstatné je, že paradigma VW a WF neřeší obecný problém dostupnosti vodních zdrojů podle uzance, že nároky na vodu N jsou dány požadavky na čtyři neoddelitelné parametry vodního zdroje pro dané místo či geografický prostor S v čase t co do množství Q i jakosti c , tj. podle obecného vztahu

$$N = f(S, t, Q, c), \quad (6)$$

jak autor objasnil v roce 1987. Zcela je zanedbán význam všeužitečných a nevýrobních vlastností vody pro člověka jako zdroje biosféry, viz Říha⁴ [34], [35]. Z tohoto důvodu je třeba vyjádřit silně rezervovaný postoj k deklarované vizi o celosvětovém uplatnění vodní stopy. Veličiny VW a WP lze vnímat pouze jako sofistikovaný indikátor globální vodní bilance [38]⁵.

Paradigma virtuální vody a vodní stopy nemůže přispět k celosvětové dohodě klíčových hráčů, protože je na stejné odborné úrovni jako je princip předběžné opatrnosti, který postrádá vědecký základ [39]⁶. Z tohoto důvodu úsilí *Světové vodní rady* (WWC) - mezinárodního think-tanku s významným vlivem na světovou politiku vodních zdrojů - bude málo užitečné. Lidé nejvíce postižení celosvětovou vodní krizí se zúčastňují na monstrózních akcích této instituce v okrajové míře; některými nevládními organizacemi je WWC přezdívána jako „Pán vody“ („the Lord of Water“) pro svoji velkou moc diktovat vládám globálního jihu podmínky rozvojové pomoci.

Odstranění potenciální hrozby vzniku „války o vodu“ pomocí teorie virtuální vody zůstává nedokončenou, otevřenou strategií.

Résumé

This study addresses a gap in the literature relating to the effects and implications of water scarcity and the potential for conflict within societies, as well as ineffective water governance and management. Water has no substitute. Limited water resources for the growing number of people in the world and uneven water distribution in addition to the impacts of climate change have created an uncertain situation. On the other hand, water has a naturally erratic behaviour. It may cross the political borders; so two or more countries would share one common water resource. Moreover the perception of water and the status of freshwater is still vague in global-scale. An overview of the publications from the events in the history of water governance UNESCO [37] shows some confusion of the question of the status of water, whether it is assumed to be a common good or an economic good, or even a human right.

Much attention has recently been given to the potential for water wars. Experts provide rather pessimistic forecasts about the situation with freshwater on the planet. Imbalances may distort environmental and socioeconomic policies, leading to social friction. Several observers point to the risk that local water conflicts will increase in numbers and intensity. According to [11] „Water already contributes to conflicts among nations, and future conflicts over water are increasingly likely“. In 1995 the World Bank Vice-President Dr. Ismail Serageldin [7] made his widely-cited prediction that “the wars of the (21st) century will be fought over water”. Similarly in 2012 the Office of the Director of National Intelligence US [27] predicted „...the prospect of “water wars” ... may start to become reality within a decade“, ... by 2040 water demand will outstrip current supply by 40 per cent ...“.

This calls for improved understanding of the nature, extent and social, economic and political implications of such local water conflicts, as well as better understanding of how to achieve effective water governance, i.e. a legislative, institutional and regulatory framework which promotes equitable access to and environmentally and economically sound management of water. For example the early warning models seems to be quite useful as well as indicators (see Table 1) for water conflicts according to UNESCO-IHP [36]. The methodology by [10] seven “sustainability criteria” are discussed, as part of an effort to reshape long-term water planning and management.

Virtual water is an economic concept. Invented in the 1990s, this idea [14] is a way of calculating the actual quantity of water used by a country, its "water footprint", which represents the total amount of water it consumes, increased by its imports and reduced by its exports of virtual water. One political impact of WF is the claim that WF has prevented the outbreak of violent water conflict [1]. The argument is that „virtual water“ reduces local water stress like a safety valve, reducing the competition for resources.. A sensitivity analysis, however, suggests high uncertainties in the virtual water accounting and the estimation of the scale of water saving [43]. While depictions of virtual water and water footprints appeal to many readers, there is no conceptual or empirical basis for using those notions to determine optimal strategies or beneficial policies. Many of the statements put forth by authors describing virtual water and water footprints are inaccurate and misleading [39].

POZNÁMKY:

¹ Maude Victoria Barlowová, kanadská spisovatelka a aktivistka, poradkyně předsedy Valného shromáždění pro otázky vodního hospodářství, je spoluzakladatelkou organizace *Blue Planet Project* prosazující lidské právo na vodu.

² John Anthony Allan, britský geograf, působí jako profesor na londýnské King's College. Obdržel ocenění Stockholm Water Prize za rok 2008. Jde o jakousi Nobelovu cenu v oboru ochrany vod, kterou

- každoročně uděluje The Stockholm International Water Institute (SIWI). Organizace vyzdvihla Britův přelomový koncept takzvané *virtuální vody*, který rozvíjí od roku 1993 a jímž dle komise pomohl „porozumět toku vod a jeho spojení se zemědělstvím, změnami klimatu, ekonomikou a politikou“.
- ³ Arjen Y. Hoekstra, vodohospodářský inženýr (TU Delft), v současnosti působí jako profesor na katedře vodního hospodářství technologické fakulty na universitě Twente, Enschede, Holandsko. Založil interdisciplinární obor *posuzování vodní stopy* WFA (Water Footprint Assessment).
- ⁴ Josef Říha, profesor pro obor hydrologie a vodní hospodářství na ČVUT v Praze, v knižní publikaci „Voda a společnost“ v roce 1987 podrobně analyzoval význam funkcí vody pro člověka v kategoriích funkce biologické, zdravotní, kulturní a estetické, politické a vojenskostrategické, suroviny ve výrobě, nositele mechanické, chemické a tepelné energie, chladicího média, funkce dopravní, pro hašení požárů aj.
- ⁵ Hodnotí koncept VW a omezuje jeho význam na „... užitečnou informaci pro pochopení globální vodní bilance...“ („...highly useful innovation for understanding the global water balance ...“). Zdůrazňuje, že skutečný obraz reálného světa se liší od pohledu státních elit. Vodu můžeme označit za „virtuální“, avšak dotčení lidé a politici jsou velmi „skuteční“ („...The water may well be characterised as „virtual“ but the affected people and politics are very „real““).
- ⁶ Citace: „...virtuální voda a vodní stopa...nemá konceptuální nebo empirický základ pro použití této teorie pro stanovení optimální strategie nebo prospěšné politiky“. („...virtual water and water footprints ...there is no conceptual or empirical basis for using those notions to determine optimal strategies or beneficial policies...“).

Zkratky

BWO	Basin Water Organization
CWR	crop water requirement
CY	crop yield
DANIDA	Danish International Development Agency
DIIS	Danish Institute for International Studies
EPSU	European Federation of Public Service Unions
ET	evapotranspiration
FAO UN	Food Agricultural Organisation of the United Nations
GVWE	gross virtual water export
GVWI	gross virtual water import
GWF	Global Water Forum
HESSD	Hydrology and Earth System Science Discuss
ICWC	Interstate Commission for Water Coordination of Central Asia
IHE	International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering
IHP	International Hydrological Programm
ILA	International Law Association
ILC	International Law Commission
IWA	International Water Association
IWRA	International Water Resources Association
MENA	Middle East and North Africa
MV ČR	Ministerstvo vnitra České republiky
NVWI	net virtual water import
ODNI	The Office of the Director of National Intelligence
PNAS	Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America
SEA	strategic environmental assessment
SWD	specific water demand
UN CSD	The United Nations Commission on Sustainable Development
VW	virtual water

VWC	virtual water content
VWT	virtual water trade
WF	water footprint
WFA	water footprint assessment
WWC	World Water Council

Literatura

- [1] ALLAN, J. A. Virtual Water – the Water, Food, and the Trade Nexus: Useful Concept or Misleading Metaphor? In: *IWRA, Water International*. 2003, roč. 28, č. 1. Dostupné z: <<http://www.soas.ac.uk/waterissues/papers/file38394.pdf>>
- [2] ALLEN, R.G., L.S. PEREIRA, D. RAES a M. SMITH. Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper*. 1998, č. 56, Roma, 301 s.
- [3] BARLOW, M. V. *Blue Covenant: The Global Water Crisis and the Fight for the Right to Water*. Toronto: McClelland & Stewart, 2007. ISBN 978-0-7710-1072-9.
- [4] BIRO, A. Water Wars by Other Means: Virtual Water and Global Economic Restructuring. In: *Global Environmental Politics*. 2012, Massachusetts Institute of Technology. Dostupné z: <http://web.mit.edu/mission/www/m2017/pdfs/Virtual.pdf>
- [5] CSD. Comprehensive Assessment of the Freshwater. Resources of the World. Report of the Secretary General. United Nations Economic and Social Council. 1997. Dostupné z: <http://www.un.org/documents/ecosoc/cn17/1997/ecn171997-9.htm> [Geo-2-117]
- [6] CSD. Overall Progress Achieved Since the United Nations Conference on Environment and Development. Report of the Secretary-General. Addendum - Protection of the Quality and Supply of Freshwater Resources: Application of Integrated Approaches to the Development, Management and Use of Water Resources. United Nations Economic and Social Council. 1997. Dostupné z: <http://www.un.org/documents/ecosoc/cn17/1997/ecn171997-2add17.htm> [Geo-2-118]
- [7] FRONTLINE. Of Water and Wars. Interview with Dr. Ismail Serageldin, Senior Vice-President, World Bank. In: *India's National Magazine from the publishers of THE HINDU*. 1999, roč. 16, č. 9. Dostupné z: <http://www.hindu.com/fline/fl1609/16090890.htm>
- [8] GALGANO, F.A. Water and Conflict: The Evolving Environmental Security Landscape. In: *Middle States Geographer*. 2012, 45:29-39. Dostupné z: <http://www.msaag.org/wp-content/uploads/2013/10/4-Galgano-MSG4529-392012.pdf>
- [9] GLEDITSCH, N.P. Water and conflict. Lecture 15 May 2007. Centre for the Study of Civil War (CSCW at International Peace Research Institute, Oslo (PRIO) & Department of Sociology and Political Science, Norwegian University of Science and Technology. 2007.
- [10] GLEICK, P. H. Water in Crisis: Paths to Sustainable Water Use. In: *Ecological Applications*. 1998, roč. 8, č. 3, s. 571-579. Dostupné z: <http://www.jstor.org/stable/2641249>
- [11] GLEICK, P. H. Water and Conflict. In: *International Security*. 1993, 18-1, s. 79-112. Dostupné z: http://www.pacinst.org/reports/international_security_gleick_1993.pdf
- [12] GLEICK, P. H. Water Conflict Chronology. Data from the Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security database on Water and Conflict, text on-line Oakland, California. 2009. Dostupné z: <http://worldwater.org/chronology.html>
- [13] GTZ. *The Water Security Nexus*. Eschborn, Germany: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 2010.

- [14] HOEKSTRA, A. Y., A. K. CHAPAGAIN, M. M. ALDAYA a M. M. MEKONNEN. *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. London, Earthscan. 2011. Dostupné z: <http://doc.utwente.nl/78458/1/TheWaterFootprintAssessmentManual.pdf>
- [15] HOEKSTRA, A. Y. a P. Q. HUNG. Virtual Water Trade: A Quantification of Virtual Water Flows Between Nations in Relation to International Crop Trade. In: HOEKSTRA, A. Y. ed. *Virtual water trade Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. Value of Water Research Report Series No. 12*. February 2003. IHE Delft. s. 25-47. Dostupné z: <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report12.pdf>
- [16] HOEKSTRA, A. Y. a A. K. CHAPAGAIN. *Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater resources*. Oxford, UK: Blackwell Publishing, 2008.
- [17] HOEKSTRA, A. Y. ed. Virtual Water Trade Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. *Value of Water Research Report Series No. 12*. February 2003. IHE Delft. 2003, 248 s. Dostupné z: <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report12.pdf>
- [18] HORLEMANN, L. a S. NEUBERT. Virtual Water Trade. A Realistic Concept for Resolving the Water Crisis? Deutsches Institut für Entwicklungspolitik gGmbH, Bonn. 2007. Dostupné z: <http://dspace.cigilibrary.org/jspui/bitstream/123456789/26004/1/Virtual%20water%20trade%20-%20a%20realistic%20concept%20for%20resolving%20the%20water%20crisis.pdf?1>
- [19] CHAPAGAIN, A. K. a A. Y. HOEKSTRA. Water footprints of nations. Volume 1: Main Report. Volume 2: Appendices. November 2004. Value of Water Research Report Series No. 16. UNESCO-IHE Delft. 2004. Dostupné z: <http://www.waterfootprint.org>
- [20] CHENOWETH, J. et al. A Critical Review of the Water Footprint concept. In: *HESSD*. 2013, 10, 9389-9433. Dostupné z: <http://www.hydrol-earth-syst-sci-discuss.net/10/9389/2013/hessd-10-9389-2013.pdf>
- [21] IYER, R. R. Virtual Water: Some Reservations, GWF Discussion Paper 1218, Global Water Forum, Canberra, Australia. 2012. Dostupné z: <http://www.globalwaterforum.org/2012/05/14/virtual-water-some-reservations/>
- [22] KRÁLÍK, K. *Virtuální voda*. Olomouc, 2010. Bakalářská práce. UPO, Přírodovědecká fakulta, Katedra rozvojových studií. Olomouc. 57 s.
- [23] LLAMAS, M. R. et al. Virtual Water and Water Footprint: A Case Study from Spain. In: *Proc. of the Stockholm Water Week 2008: Virtual Water and Water Footprint: From Theory to Practice*. 2008. Dostupné na: <http://www.rac.es/ficheros/doc/00590.pdf>
- [24] MACHÁČEK, Š. Úloha vodních zdrojů v mezinárodních konfliktech na blízkém východě. In: *Grantová studie projektu RM 02/26/05*. Praha: MZV ČR, 2006. 17 s. Dostupné z: www.mzv.cz/file/16732/Zkracena_verze.RM_02_26_05.doc
- [25] MEKONNEN, M. M. a A. Y. HOEKSTRA. National Water Footprint Accounts: The Green, Blue And Grey Water Footprint of Production and Consumption . Volume 1: Main Report; Volume 2: Appendices. May 2011, Value of Water Research Report Series, No. 50. UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, The Netherlands. 2011. Dostupné z: <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report50-NationalWaterFootprints-Vol1.pdf> (-Vol2.pdf)
- [26] MŽP ČR. Voda nad zlato. In: *PLANETA, odborný časopis pro životní prostředí*. 2003, roč. X, č. 6, 85 s. ISSN 1213-3393.
- [27] ODNI. Global „Water War“ Threat by 2030 - US Inteligence. In: *RT Ruptly GmbH*. Berlin, Germany, 22.03.2012. Dostupné z: <http://rt.com/news/water-conflict-terrorism-rivers-239/>
- [28] OECD. Water and Violent Conflict. 2005. Dostupné z: www.oecd.org/dac/conflict/issuesbriefs

- [29] PELLISSIER, H. Water Wars - Nine Thirsty Regions where H2O Conflict is Threatening. In: *Transhumanity*. January 10, 2013. Dostupné z: <http://transhumanity.net/articles/entry/water-wars-nine-thirsty-regions-where-h2o-conflict-is-threatening>
- [30] PLECHÁČ, V. *Voda problém současnosti a budoucnosti*. Praha: Nakl. Svoboda, 1989. 331 s. ISBN 80-205-0096-0.
- [31] PRÁŠILOVÁ, D. *Pitná voda jako mocensko-politický nástroj*. Brno, 2009. Diplomová práce. Fakulta sociálních studií MU, Katedra mezinárodních vztahů a evropských studií, Brno. 63 s.
- [32] RAVNBORG, H. M. *Water and Conflict – lessons learned and options available on conflict prevention and resolution in water governance*. København: Dansk institut for internationale studier, 2004. 10 s.
- [33] REKACEWICZ, P. Water management in Central Asia: State and Impact. Collection: Environment and Security: Central Asia - Ferghana/Osh/Khujand Area. UNEP/GRID-Arendal. 2006. Dostupné z: http://www.grida.no/graphicslib/detail/water-management-in-central-asia-state-and-impact_f897#
- [34] ŘÍHA, J. Contribution to the Analysis of the Hydrological Cycle and of the Water Consumption Cycle. *Studie ČSAV č. 12*. Praha: ACADEMIA, 1982, 112 s.
- [35] ŘÍHA, J. *Voda a společnost*. Praha: Nakl. technické literatury Praha, 1987. 340 s.
- [36] TAMAS, P. Water Resource Scarcity and Conflict: Review of Applicable Indicators and Systems of Reference. *Technical Documents in Hydrology No. 21*. Paris: UNESCO-IHP, 2003.
- [37] UNESCO. UN World Water Development Report 2012. Volume 1: Managing Water under Uncertainty and Risk; Volume 2: Knowledge Base; Volume 3: Facing the Challenges. 2012. Dostupné na: <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/wwdr4-2012/>
- [38] WARNER, J. F. a C. L. JOHNSON. „Virtual Water“ - Real People: Useful Concept or Prescriptive Tool? In: *Water International*. 2007, roč. 32, č. 1, s. 63-77. Dostupné z: <http://www.thirdworldcentre.org/warner.pdf>
- [39] WICHELNS, D. Do the Virtual Water and Water Footprint Perspectives Enhance Policy Discussions? In: *International Journal of Water Resources Development*. 2011, s. 633-645. Dostupné z: http://teroauvinen5.files.wordpress.com/2013/09/079006272_e20112e619894.pdf
- [40] WINTEROVÁ, B. Konflikt o vodu ve Střední Asii. 2009. Dostupné z: <http://www.defenceandstrategy.eu/cs/aktualni-cislo-1-2009/clanky/konflikt-o-vodu-ve-stredni-asii.html#.UrMbTeKu6l0>
- [41] WOLF, A. T. et al. International Waters: identifying Basins at Risk. In: *Water Policy*. 2003, č. 5, s. 29–60. Dostupné z: <http://www.environmental-expert.com/Files%5C5302%5Carticles%5C5877%5C2.pdf>
- [42] WWC World Water Vision Commission Report: A Water Secure World. Vision for Water, Life and Environment. World Water Council. 2000. Dostupné z: <http://www.worldwatercouncil.org/Vision/Documents/CommissionReport.pdf> [Geo-2-125]
- [43] YANG, H. et al. Virtual Water Trade: An Assessment of Water Use Efficiency in the International Food Trade. In: *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2006, 10, s. 443–454. Dostupné z: www.hydrol-earth-syst-sci.net/10/443/2006/

Informace o autorovi

Prof. Ing. Josef Říha, DrSc. (1934)

Pracuje jako emeritní profesor, nezávislý konzultant a soudní znalec pro obor EIA/SEA s celostátní působností.

Absolvent Českého vysokého učení technického v Praze, Fakulty stavební, kde po počáteční praxi začal pracovat. Docentem a profesorem byl jmenován pro obor hydrologie a vodní hospodářství. Absolvoval řadu speciálních kurzů a studijních pobytů v zahraničí.

Jako vysokoškolský pedagog v oblasti teorie životního prostředí je autorem učebnic pro nový obor EIA/SEA. Jeho rozhodující výzkumné aktivity byly zaměřeny na metodologii hodnocení vlivů činností na životní prostředí, multikriteriální analýzu, interakci ekonomiky a ekologie, paralelu územního a socioekonomického a rozvojového plánování, bezpečnostní riziko a udržitelný rozvoj. Je řešitelem řady grantových projektů a autorem asi 200 odborných publikací. Zasloužil se o založení a rozvoj teorie operačního výzkumu pro oblast procesů EIA/SEA, kde autorizoval původní metodologii pro multikriteriální rozhodovací analýzu pod názvem TUKP (Totální ukazatele kvality prostředí).

Je členem Národního komitétu Mezinárodní asociace pro posuzování vlivů na životní prostředí IAIA (The International Association for Impact Assessment) a byl členem vládní komise Posouzení vlivu JE Temelín na životní prostředí.