

**VÝZKUMNÝ ÚSTAV
VODOHOSPODÁŘSKÝ
T.G. MASARYKA**

veřejná výzkumná instituce



**Projekt QJ1520322 Postupy sestavení a
ověření vodní stopy v souladu
s mezinárodními standardy**

Srovnávací studie dopadů JE Temelín a JE Dukovany na vodní zdroje

Verze pro veřejnost

Ing. Libor Ansorge

Ing. Jiří Dlabal

Praha, listopad 2016



Úkol č. 6497

Projekt QJ1520322 Postupy sestavení a ověření vodní stopy v souladu s mezinárodními standardy

Srovnávací studie dopadů JE Temelín a JE Dukovany na vodní zdroje

Verze pro veřejnost

Libor Ansorge
Jiří Dlabal

Název a sídlo organizace:

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.
Podbabská 30, 160 62 Praha 6

Ředitel:

Mgr. Mark Rieder

Zadavatel:**Zástupce zadavatele:****Zahájení a ukončení úkolu:**

1. 4. 2015 – 31. 12. 2017

Místo uložení zprávy:

Autor, knihovna VÚV TGM

Náměstek ředitele pro výzkumnou a odbornou činnost:

Ing. Petr Bouška, PhD.

Vedoucí odboru:

Mgr. Pavel Rosendorf

Hlavní řešitel:

Ing. Libor Ansorge

Řešitel:

Ing. Libor Ansorge (VÚV TGM)
Ing. Soňa Hykyšová (TÜV SÜD Czech)

Spoluřešitelé:

Ing. Jiří Dlabal (VÚV TGM)
Ing. Pavel Hrubý (TÜV SÜD Czech)



Toto dílo podléhá licenci Creative Commons Uveďte původ-Neužívejte dílo komerčně-Zachovejte licenci 4.0. Pro zobrazení licenčních podmínek navštivte <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Obsah

Úvod.....	1
Přehled.....	1
Metodika vodní stopy v kontextu LCA	1
Poděkování.....	1
Definice cíle a rozsahu.....	2
Cíle studie.....	2
Definice rozsahu.....	2
Funkce produktu.....	2
Funkční jednotka.....	2
Hranice systému	2
Volba kategorií dopadu	3
Alokační pravidla.....	3
Inventarizační analýza vodní stopy	4
Schéma produktového systému.....	4
Data použitá pro analýzu	5
Informace o výrobě elektřiny a tepla.....	5
Informace o užívání vod.....	5
Hydrologická data.....	5
Další zdroje informací	5
JE Temelín	5
Popis.....	5
Výroba elektrické energie a tepla	6
Nakládání s vodami.....	6
Hydrologické charakteristiky povodí.....	7
Spotřeba vody	8
JE Dukovany	8
Popis.....	8
Výroba elektrické energie a tepla	9
Nakládání s vodami.....	9
Hydrologické charakteristiky povodí.....	10
Spotřeba vody	11
Hodnocení dopadů ve vazbě na vodu	12
Charakterizační model.....	12
Vodní stopa JE Temelín	13
Výpočet charakterizačního faktoru	13
Výpočet vodní stopy.....	14

Citlivostní analýza.....	14
Vodní stopa JE Dukovany.....	15
Výpočet charakterizačního faktoru.....	15
Výpočet vodní stopy.....	15
Citlivostní analýza.....	15
Interpretace výsledků.....	17
Seznamy	18
Seznam tabulek.....	18
Seznam obrázků	18
Použitá literatura	19
Summary	20
Goal and scope definition	20
Water Footprint analysis.....	20
Water footprint impact assessment	20
Interpretation	21

Úvod

Přehled

Tato zpráva je dílčím výstupem z řešení projektu QJ1520322 v roce 2016 a obsahuje komparativní studii dopadů jaderných elektráren Dukovany a Temelín na vodní zdroje provedenou nástroji posuzování životního cyklu (Life Cycle Assesment – LCA). Cílem pilotní studie je stanovení vodní stopy v souladu s mezinárodní normou ISO 14046:2014 (ISO 2014).

Z důvodu ochrany obchodních zájmů společností a institucí poskytujících data nezbytná pro zpracování této studie nejsou v této veřejně dostupné verzi zprávy uváděna surová data použitá při řešení, ale pouze data agregovaná, zprůměrovaná či odvozená.

Metodika vodní stopy v kontextu LCA

Norma ISO 14046:2014 zasazuje metodologii posuzování vodní stopy (Water Footprint Assessment) do kontextu posuzování životního cyklu (LCA). Posuzování vodní stopy se zabývá potenciálními dopady na životní prostředí ve vazbě na vodu asociované k produktu, procesu nebo organizaci. Studie posuzování vodní stopy podle normy musí zahrnout čtyři fáze LCA:

- a) definice cíle a rozsahu,
- b) inventarizační analýza vodní stopy,
- c) hodnocení dopadů ve vazbě na vodu,
- d) interpretace výsledků.

Vzhledem k tomu, že studie nezahrnuje veškeré dopady na životní prostředí, ale soustředí se pouze na dílčím hodnocení vlivu na dostupnost vodních zdrojů, jedná se o studii Water Scarcity Footprint.

Poděkování

Studie vznikla v rámci projektu QJ1520322 „Postupy sestavení a ověření vodní stopy v souladu s mezinárodními standardy“ s finanční podporou Ministerstva zemědělství v rámci Programu zemědělského aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje Komplexní udržitelné systémy v zemědělství 2012-2018 „KUS“.

Autoři chtějí poděkovat také Energetickému regulačnímu úřadu za možnost využití dat o výrobě elektrické energie a tepla. Státnímu podniku Povodí Vltavy a společnosti ČEZ a.s. Vodní elektrárny za možno využití manipulačních řádů vodních děl tvořících vodní hospodářství obou posuzovaných elektráren.

Definice cíle a rozsahu

Cíle studie

Cílem studie je porovnání výroby elektrické a tepelné energie ve dvou jaderných elektrárnách provozovaných v České republice společností ČEZ a. s. z pohledu dopadu na vodní zdroje. Výsledky studie budou využity v rámci řešení projektu vědy a výzkumu QJ020352 *Postupy sestavení a ověření vodní stopy v souladu s mezinárodními standardy* pro vytvoření Metodiky sestavení vodní stopy v souladu s mezinárodní normou ISO14046:2014 (plánovaný výsledek V001) a pro vytvoření Metodiky ověření vodní stopy (plánovaný výsledek V002).

Definice rozsahu

S ohledem na cíle studie je rozsah studie definován jako „cradle-to-gate“. Data byla použita za období 2005-2015.

Funkce produktu

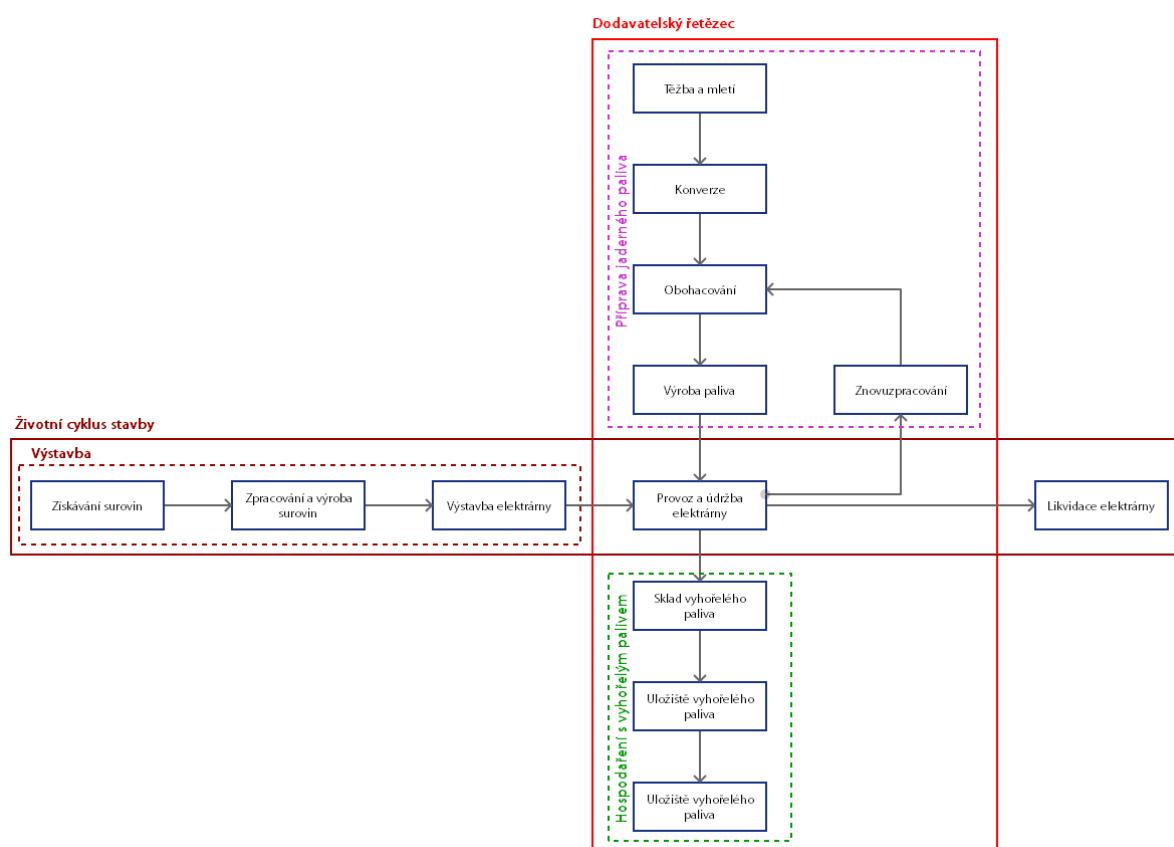
Hlavní funkcí posuzovaného produktu (jaderné elektrárny) je výroba elektrické energie. Jaderná elektrárna kromě elektrické energie produkuje také tepelnou energii.

Funkční jednotka

Za funkční jednotku pro studii byla vybrána 1 MWh vyrobené (elektrické a tepelné) energie.

Hranice systému

Výrobu elektrické energie v jaderné elektrárně je možno schematicky znázornit:



Obrázek 1 Obecné schéma životního cyklu jaderné elektrárny (převzato z HATCH 2014)

Protože obě elektrárny používají typ reaktoru VVER a jsou provozovány jednou společností, lze předpokládat, že dodavatelský řetězec pro obě elektrárny je shodný. V současné době používají obě elektrárny jaderné palivo od ruské společnosti TVEL¹. Rozdíly ve fázi přípravy jaderného paliva ve fázi hospodaření s jaderným palivem tak budou představovat zejména odlišné dopravní vzdálenosti (a k nim navázanou spotřebu vody). Vzhledem k dopravní vzdálenosti z Ruské federace do České republiky lze očekávat, že rozdíly ve vzdálenosti do Dukovan a od Temelína budou minimální. Z tohoto důvodu byly dopady těchto fází z analýzy vyloučeny. Pro kvantifikaci vodní stopy jaderného paliva (těžby, úpravy, obohacení atd.) by bylo možno využít publikovaných údajů (Meldrum et al. 2013), *Poznámka: JE Temelín může využívat i jaderné palivo společnosti Westinghouse, v tom případě by již mohly být rozdíly ve vodních stopách procesu přípravy jaderného paliva nezanedbatelné.*

Fáze výstavby elektrárny i likvidace elektrárny jsou jednorázovými akcemi, které se „rozplustí“ v době životnosti elektrárny. V literatuře je uváděna doba životnosti od 24 do 100 let (HATCH 2014) Protože nejsou známy konkrétní materiálové spotřeby při výstavbě obou elektráren, byla předpokládána stejná spotřeba surovin při výstavbě a likvidaci obou elektráren. Inhaber (2004) uvádí spotřebu základních materiálů přepočtenou na produkovanou elektrickou energii a k tomu vztaženou „nepřímou“ spotřebu vody, která se pro jadernou energetiku pohybuje na úrovni 0,0005 až 0,001 $\text{m}^3.\text{MWh}^{-1}$ oproti „přímé spotřebě“ ve výši $107 \text{ m}^3.\text{MWh}^{-1}$. Obdobně zanedbatelné hodnoty uvádí i Mekonnen et al. (2015). Proto byly dopady těchto fází z analýzy vyloučeny.

Volba kategorií dopadu

S ohledem na cíle studie byly hodnoceny pouze dopady na kategorii „užívání vodních zdrojů“ (Water Scarcity Footprint).

Alokační pravidla

Součástí vodního hospodářství obou jaderných elektráren jsou vodní díla, na nichž jsou provozovány vodní elektrárny využívající hydroenergetického potenciálu těchto vodních díl. Výroba elektrické energie ve vodních elektrárnách na těchto vodních dílech je ve srovnání s výrobou v příslušné jaderné elektrárně zanedbatelná (viz inventarizační analýzy užívání vod).

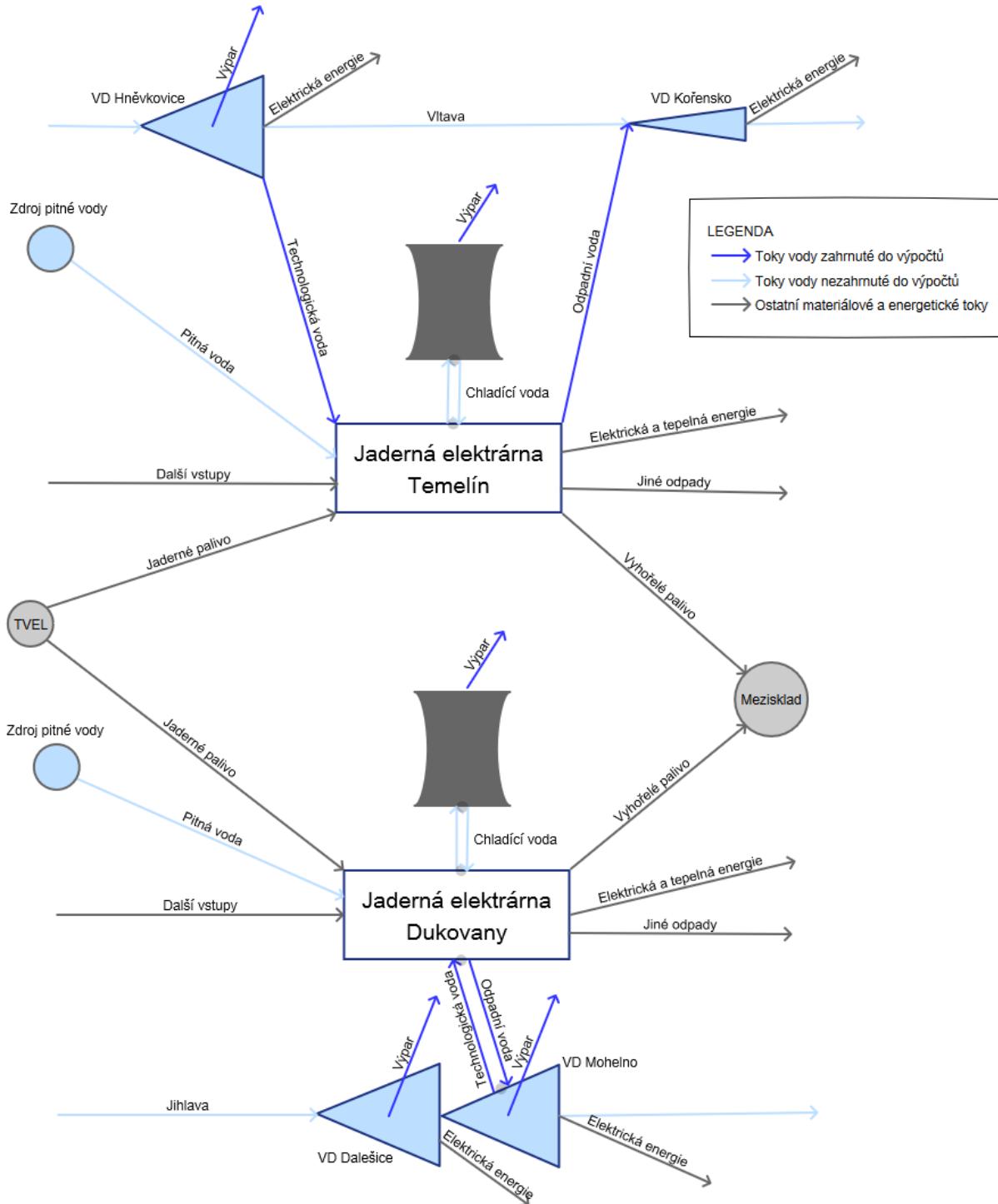
Výroba tepelné a elektrické energie je součástí jednoho procesu, proto byly „produkty“ vyjádřeny ve stejných jednotkách a jako funkční jednotka byla zvolena „1 MWh vyrobené energie“.

Alokační pravidla proto nejsou použita.

¹ Zdroj: ČEZ a.s.

Inventarizační analýza vodní stopy

Schéma produktového systému



Obrázek 2 Schéma JE Temelín a JE Dukovany

Data použitá pro analýzu

Informace o výrobě elektriny a tepla

Pro analýzu byla použita data poskytnutá Energetickým regulačním úřadem o výrobě elektřiny a tepla a dále data zveřejněná v Ročních zprávách o provozu ES ČR (ERÚ 2016) za roky 2014 a 2015.

Informace o užívání vod

Pro analýzu byla použita data evidovaná podle § 21 odst. 2 písm. c) bodu 4 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) (dále označovaná jako evidence odběrů a vypouštění). Správcem této evidence je Ministerstvo zemědělství. Údaje ukládané do této evidence upravuje vyhláška č. 431/2001 Sb., o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci. Data jsou předávána prostřednictvím informačního systému veřejné správy „Integrovaný systém plnění ohlašovacích povinností v oblasti životního prostředí“ a uložena v databázi příslušných správců povodí a centrálně v databázi VÚV TGM. Dále byla použita data charakterizující hydrologické charakteristiky pro profily vodních nádrží tvořících vodní hospodářství obou jaderných elektráren získaná z platných manipulačních řádů těchto elektráren.

Hydrologická data

Pro analýzu byla použita data z manipulačních řádů vodních nádrží tvořících vodní hospodářství obou elektráren (VD TBD 2015, 2009) a data uváděná ve zprávách vodní bilance.

Další zdroje informací

Dále byly využity informace dostupné v informačním systému EIA „Oznámení záměru nového jaderného zdroje v lokalitě Dukovany“ (ČEZ 2016); „Nový jaderný zdroj v lokalitě Temelín včetně vyvedení výkonu do rozvodny Kočín: Dokumentace vlivů záměru na životní prostředí“ (ČEZ 2010), „Vyjádření k žádosti o vydání integrovaného povolení společnosti ČEZ, a.s.“ (CENIA 2006) a dostupné na internetových stránkách společnosti ČEZ a. s. v době zpracování studie.

JE Temelín

Popis

Jaderná elektrárna Temelín leží přibližně 24 km od Českých Budějovic a 5 km od Týna nad Vltavou. Elektrinu vyrábí ve dvou výrobních blocích s tlakovodními reaktory VVER 1000 typu V 320. Odběr technologické vody je zajištěn z vodního díla Hněvkovice na Vltavě, jehož vybudování bylo součástí výstavby elektrárny. Požadovanou kvalitu vody zaručují čističky odpadních vod na horním toku Vltavy především ve Větřní, Českém Krumlově a Českých Budějovicích. Zkušební provoz prvního bloku byl zahájen 10. června 2002, na druhém bloku začal 18. dubna 2003. Do provozu byla elektrárna uvedena v letech 2002 až 2003. Od 23. září 2013 pracuje elektrárna na výkonu 2 x 1 055 MWe, tedy dosavadní výkon navýšila o 80 MWe. Díky tomu má elektrárna potenciál za rok vyrobit přibližně o 600 tisíc MWh elektřiny více. Od září 2014 pracuje první blok elektrárny na výkonu 1 078 MWe. V současnosti elektrárna pracuje na výkonu 1 x 1 078 MWe + 1 x 1 055 MWe.

Součástí vodního hospodářství elektrárny Temelín je soustava jezu Kořensko a vodní nádrže Hněvkovice. Vodní dílo Kořensko je vybudování na Vltavě v říčním kilometru 200,405 přibližně 2 km pod ústím Lužnice. Jedná se o pohyblivý jez o čtyřech polích. Hradící konstrukci tvoří ocelové hydraulicky ovládané klapky. U levého břehu je umístěna plavební komora pro lodě do nosnosti 300 t. Mezi plavební komorou a jezem byla vybudována vodní elektrárna. Účelem vodního díla je homogenizace odpadních vod z elektrárny Temelín s říční vodou v celém profilu říčního koryta a tím je omezena možnost jejich stratifikace v nádrži VD Orlík a zajištění stálé úrovně hladiny v oblasti Týna nad Vltavou.

Vodní dílo Hněvkovice se nachází 5 km jižně od Týna nad Vltavou a 29 km severně od Českých Budějovic. VD Hněvkovice bylo primárně vybudováno jako zdroj technologické vody pro elektrárnu Temelín. Přehravní těleso tvoří betonová třízná hráz s plavební komorou pro lodě do nosnosti 300 t u pravého břehu a vodní elektrárnou se dvěma Kaplanovými turbínami u levého břehu. Čerpací

stanice užitkové vody pro jadernou elektrárnu Temelín je umístěna na levém břehu nedaleko hráze, ale není součástí hráze. Vodní dílo umožňuje regulaci hladiny vody nutnou pro funkčnost a bezpečnost čerpací stanice.

Výroba elektrické energie a tepla

Jaderná elektrárna

Hodnota tepelné energie na výstupu ze zdroje byla z předaných hodnot v GJ přepočítána na MWh vydelením hodnotou 3,6. Výroba elektrické energie (brutto) v jednotlivých letech zkoumaného období se pohybovala mezi 10,98 a 15,30 mil. MWh. Výroba tepelné energie na výstupu ze zdroje pak na úrovni 488 až 578 tis. GJ. Agregované údaje za celé období 2005 až 2015 uvádí Tabulka 1.

Tabulka 1 Údaje o produkci tepelné a elektrické energie v JE Temelín (zdroj dat: ERU)

Rok	El. energie brutto	Tepelná en. na výstupu ze zdroje	celková energie brutto
	[MWh]	[GJ]	[MWh]
2005-2015	147 916 896	5 837 514	1 621 532
			149 538 428

Vodní elektrárny Hněvkovice a Kořensko

Pro řešení studie byly k dispozici údaje o výrobě elektrické energie ve vodních elektrárnách Hněvkovice, Kořensko I a Kořensko II za období 2005 až 2011².

Tabulka 2 Údaje o produkci elektrické energie ve VE Hněvkovice a Kořensko (zdroj dat: ERU)

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Podíl vůči výrobě v JE Temelín	[%]	0,38	0,39	0,31	0,30	0,31	0,33	0,21

Nakládání s vodami

Pitná voda

Pitná voda je přiváděna z pitného vodovodu elektrárny Temelín, nepoužívá se pro technologické účely, ale pouze na sociálním zařízení. Pitná voda je do areálu elektrárny přiváděna z rozvodu pitné vody z vodojemu Zdoba (ČEZ 2010). K měření množství pitné vody je na přípojce instalován vodoměr. Hlášené množství vypouštěných odpadních vod původem z veřejných vodovodů není (s největší pravděpodobností) přímo měřeno, ale je nejspíše shodné s údajem o odběrech z veřejných vodovodů případně z tohoto údaje odvozené na základě uvažování „ztrát“ spojených s provozem. Toto množství činí v jednotlivých letech 1,3 až 2,3 % celkových vypouštěných odpadních vod, s výjimkou roku 2005, kdy tento podíl představuje 12,4³. Agregované údaje za celé období 2005 až 2015 uvádí Tabulka 3.

Tabulka 3 Údaje o vypouštěných odpadních vodách z JE Temelín (zdroj dat: evidence odběrů a vypouštění)

Rok	Celkové vypouštěné množství odpadních vod	Množství vypouštěných odpadních vod původem z veřejného vodovodu	
	[tis. m ³]	[tis. m ³]	[%]
2005-2015	84 771	1 974	2,3

Technologická voda

Technologická voda je získávána odběrným objektem z vodní nádrže Hněvkovice na řece Vltavě, hydrologické pořadí 1-16-03-0760 (ICO 111036). Rozhodující podíl na technologických vodách představují vod užité v chladících okruzích, které představují v jednotlivých letech 86 až 98 %

² Byla využita data poskytnutá Energetickým regulačním úřadem v rámci jiných projektů VaVal.

³ Jedná se pravděpodobně o situaci, kdy byl veřejný vodovod využit jako záložní zdroj pro přípravu napájecí vody kotlů.

Na základě údajů o ploše hladiny v jednotlivých měsících byl vypočítán výpar v jednotlivých letech.

Spotřeba vody

Spotřeba vody je stanovena jako spotřeba vody v elektrárně a výpar z hladiny vodní nádrže Hněvkovice. Výpar z hladiny jezového vodního díla není uvažován, protože plocha vodního díla je nemá souvislost s provozem jaderné elektrárny, ale je součástí vzdutí vodní nádrže Orlík. Obecně také platí, že rozdíl mezi vodní plochou vzdutí jezového vodního díla je přibližně shodný s plochou řeky bez jezové stavby. Spotřeba vody v elektrárně je stanovena jako rozdíl mezi množstvím vody vstupující do elektrárny (odběry + pitná voda) a vypouštěním z elektrárny. Vzhledem k zanedbání vstupu pitné vody do elektrárny je to rozdíl mezi odběry povrchových vod a vypouštěními do povrchových vod.

Při maximální zatopené ploše zásobního prostoru VD Hněvkovice 276,67 ha činí ztráty výparem 1 823 255 m³.rok¹. V porovnání s odběry a vypouštěním pro jadernou elektrárnu činí ztráty výparem 6,0 až 8,0 % spotřeby vody v elektrárně. Ztráty výparem v jednotlivých letech byly stanoveny pomocí údajů o měsíčních výparech a zatopených plochách předávaných v rámci zpracování vodní bilance.

Tabulka 8 Hodnoty spotřeby vody v JE Temelín (zdroj dat: vlastní zpracování)

Rok	Spotřeba vody v elektrárně [%]	Výpar z VD Hněvkovice [%]	Celková spotřeba [tis. m ³]	Spotřeba na FJ [m ³ .MWh ⁻¹]
2015	94%	6%	27 705,62	1,93
2014	94%	6%	27 737,97	1,84
2013	94%	6%	27 552,70	1,81
2012	95%	5%	32 353,78	2,09
2011	94%	6%	30 792,88	2,19
2010	94%	6%	28 461,78	2,04
2009	94%	6%	28 612,77	2,14
2008	94%	6%	27 091,08	2,21
2007	94%	6%	27 259,04	2,20
2006	93%	7%	26 431,91	2,17
2005	94%	6%	24 405,36	2,19

JE Dukovany

Popis

Jaderná elektrárna Dukovany leží asi 30 kilometrů jihovýchodně od Třebíče. První reaktorový blok byl uveden do provozu v květnu 1985, poslední čtvrtý blok v červenci 1987. Maximálního projektového výkonu 1760 MW dosáhla elektrárna v červenci 1987. V květnu 2012 byly modernizovány všechny bloky, instalovaný výkon elektrárny tak činí 4x 510 MW⁴.

Pro potřeby elektrárny byla vybudována vodní dílo Dalešice, které je tvořeno soustavou vodních nádrží Dalešice a Mohelno. Vodní dílo Dalešice je přečerpávací vodní elektrárna, která leží na řece Jihlavě. Byla postavena v letech 1970 až 1978. Hlavním účelem je zdroj technologické vody pro jadernou elektrárnu Dukovany, jež se čerpá z dolní nádrže tj. VN Mohelno, krátkodobé nahrazení jednoho bloku jaderné elektrárny, výroba špičkové elektrické energie, dlouhodobé vyrovnávání průtoků v řece, snižování povodňové špičky v dolním toku, sedimentaci nečistot a rekreačnímu využití.

⁴ Zdroj: ČEZ, Wikipedie

Výroba elektrické energie a tepla

Jaderná elektrárna

Výroba elektrické energie představuje v jednotlivých letech 12,6 až 15,7 mil. MWh. Výroba tepelné energie pak 384 až 525 tis. GJ. Hodnota tepelné energie na výstupu ze zdroje byla z předaných hodnot v GJ přepočítána na MWh vydelením hodnotou 3,6. Souhrnné údaje za období 2005 až 2015 uvádí Tabulka 9.

Tabulka 9 Údaje o produkci elektrické a tepelné energie z JE Dukovany (zdroj dat: ERU)

Rok	El. energie brutto	Tepelná en. na výstupu ze zdroje	celková energie brutto	
	[MWh]	[GJ]	[MWh]	[MWh]
2005-2015	157 304 074,20	5 029 023,00	1 396 950,70	158 701 024,90

Vodní elektrárny Dalešice a Mohelno

Pro řešení byly k dispozici údaje o výrobě elektrické energie ve vodní elektrárně Dalešice a vodní elektrárně Mohelno za období 2005 až 2011.

Tabulka 10 Údaje o výrobě elektrické energie ve VE Dalešice a VE Mohelno (zdroj dat: ERU)

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Podíl vůči výrobě v JE Dukovany	[%]	2,07	2,19	1,45	1,22	1,42	1,59	1,95

Nakládání s vodami

Přes 98 % používaných vod je použito jako chladící vody. Chladící vody také představují přes 95 % vypouštěných odpadních vod.

Pitná voda

Pitná voda je získávána z dukovanské větve skupinového vodovodu Třebíčsko. JE Dukovany má vlastní vodojem. Stávající povolený odběr pitné vody pro JE Dukovany činí 350 000 m³.rok⁻¹, z tohoto množství je ovšem využíváno do cca 80 000 m³.rok⁻¹ (ČEZ 2016). Toto množství představuje méně jak 0,25 % odebíraných povrchových vod. Vzhledem k tomu, že nejsou veřejně dostupné údaje o odběrech pitných vod z veřejných vodovodů, lze toto množství orientačně nahradit informací o množství vypouštěných odpadních vod původem z veřejných vodovodů, které představuje 60 až 80 tis. m³.rok⁻¹ což činí cca 0,35 % vypouštěných odpadních vod. Hlášené množství vypouštěných odpadních vod původem z veřejných vodovodů není (s největší pravděpodobností) přímo měřeno, ale je nejspíše shodné s údajem o odběrech z veřejných vodovodů případně z tohoto údaje odvozené na základě uvažování „ztrát“ spojených s provozem.

Tabulka 11 Údaje o vypouštění odpadních vod z JE Dukovany (zdroj dat: evidence odběrů a vypouštění)

Rok	Celkové vypouštěné množství odpadních vod	Množství vypouštěných odpadních vod původem z veřejného vodovodu	
	[tis. m ³]	[tis. m ³]	[%]
2005-2015	208 485,95	733,27	0,35

Technologická voda

Technologická voda je získávána odběrným objektem z vodní nádrže Mohelno na řece Jihlavě, hydrologické pořadí 4-16-01-105 (ICO 512722). Odebraná voda je z 99 % ($\pm 0,25\%$) využívána jsko voda chladící.

Tabulka 12 Údaje o odběrech povrchových vod pro JE Dukovany (zdroj dat: evidence odběrů a vypouštění)

Rok	Celkový odběr	Chladící vody		Průmyslové technologie	
	[tis. m ³]	[tis. m ³]	[%]	[tis. m ³]	[%]
2005-2015	538 768,75	533 599,14	99,0	5 169,62	1,0

Ostatní vody

Od roku 2007 dochází k čerpání podzemních vod (ICOC 511014), z důvodů odvodňování prostoru jaderné elektrárny Dukovany. Množství takto čerpaných vod představuje 14,5-23,5 tis. m³.rok⁻¹, tj. méně jak 0,05% odběrů povrchových vod a okolo 0,1 % vypouštěných odpadních vod.

Tabulka 13 Údaje o užívání dalších vod v JE Dukovany (zdroj dat: evidence odběrů a vypouštění)

Rok	Čerpání podzemních vod [tis. m ³]	Celkové vypouštěné množství odpadních vod [tis. m ³]	Množství vypouštěných odpadních vod původem z podzemních vod	
			[tis. m ³]	[%]
2007-2015	160,64	175 327,15	124,15	0,07%

Vypouštění odpadních vod

Odpadní vody (komunální, technologické) jsou po vyčištění na ČOV vypouštěny spolu s dešťovými vodami do VD Mohelno na řece Jihlavě resp. do Skryjského potoka, který se do tohoto vodního díla vlévá (ICOC 512721).

Tabulka 14 Údaje o vypouštění odpadních vod z JE Dukovany (zdroj dat: evidence odběrů a vypouštění)

Rok	Celkové vypouštěné množství [tis. m ³]	Z toho:				
		chladící vody		průmyslové vody		ostatní vody
		[tis. m ³]	[%]	[tis. m ³]	[%]	[tis. m ³]
2005-2015	208 485,95	201 567,05	96,7%	3 875,41	1,9%	3 043,53 1,5%

Další povolené odběry z VD Dalešice-Mohelno

V evidenci odběrů a vypouštění není evidován žádný další odběr z VD Dalešice Mohelno. Jediné odběry tak představují odběr pro JE Dukovany a výroba elektrické energie v přečerpávací elektrárně Dalešice.

Hydrologické charakteristiky povodí

Minimální zůstatkový průtok v řece Jihlavě pod nádrží Mohelno je stanoven na 1,20 m³.s⁻¹ pro regulační stupně 1. až 5. A pro nouzové situace nedostatku vody na úrovni 0,78 m³.s⁻¹ (pro regulační stupeň 6.). Regulační křivky nádrže Dalešice vymezují jednotlivé regulační stupně. Regulační stupně určují změnu odtoků v závislosti na poklesu hladiny v nádrži. Regulační stupně jsou v jednotlivých měsících proměnlivé. Minimální zůstatkový průtok odpovídá hodnotou přibližně Q₃₅₅ ve smyslu Metodického pokynu ministerstva ŽP ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích (Věstník MŽP částka 5. 10. 1998). Pro řešení bude uvažováno s minimálním zůstatkovým průtokem na úrovni 1,20 m³.s⁻¹.

Tabulka 15 Hydrologické charakteristiky po lokalitu Dukovany (zdroj dat: Manipulační řád)

Popis		LG Ptáčov	Hráz VD Dalešice	LG Mohelno
Číslo hydrologického pořadí		4-16-01-0930	4-16-01-1030	4-16-01-1050
Plocha povodí	[km ²]	962,71	1 139,07	1 155,26
Dlouhodobá prům. výška srážek na povodí	[mm]	662	647	646
Dlouhodobý průměrný průtok	[m ³ .s ⁻¹]	5,401	6,19	5,351

Dílčí zpráva vyhodnocení povodně 2013 uvádí hydrologické charakteristiky pro profil Jihlava – Kramolín z řady 1978-2009:

Tabulka 16 Hydrologické charakteristiky profilu Jihlava - Kramolín (zdroj dat: ČHMÚ a TBD 2013)

Popis		Jihlava - Kramolín
Číslo hydrologického pořadí		4-16-01-1030
Plocha povodí	[km ²]	1 139,07
Dlouhodobá prům. výška srážek na povodí	[mm]	635
Dlouhodobý průměrný průtok	[m ³ .s ⁻¹]	6,239

Ztráty výparem jsou uváděny v manipulačním řádu hodnotou 725 mm.rok⁻¹. Ve zprávách vodní bilance jsou uváděny hodnoty výparu a zatopené plochy v jednotlivých měsících. Z těchto údajů byly vypočteny hodnoty výparu v jednotlivých letech.

Dle sdělení pracovníků Brněnské pobočky ČHMÚ je charakteristickým profilem pro VD Dalešice – Mohelno limnigraf v profilu Ptáčov. Pro tento limnigraf jsou na webu Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ 2016) k dispozici stejné údaje jako v manipulačním řádu.

Spotřeba vody

Spotřeba vody je stanovena jako spotřeba vody v elektrárně a výpar z hladiny vodní nádrže Dalešice a vodní nádrže Mohelno. Spotřeba vody v elektrárně je stanovena jako rozdíl mezi množstvím vody vstupující do elektrárny (odběry + pitná voda) a vypouštěním z elektrárny. Vzhledem k zanedbání vstupu pitné vody do elektrárny je to rozdíl mezi odběry povrchových vod a vypouštěními do povrchových vod.

Při uvažované maximální ploše zásobního prostoru VD Dalešice 463,7 ha a VD Mohelno 117,0 ha představují ztráty výparem objem 4 210 075 m³.rok⁻¹. V porovnání s odběry a vypouštěním pro jadernou elektrárnu činí ztráty výparem 12,7 až 15,6 % spotřeby vody v elektrárně resp. cca 11 % celkové spotřeby vody. Ztráty výparem v jednotlivých letech byly stanoveny pomocí údajů o měsíčních výparech a zatopených plochách předávaných v rámci zpracování vodní bilance.

Tabulka 17 Spotřeba vody v JE Dukovany (zdroj dat: vlastní zpracování)

Rok	Spotřeba vody v elektrárně [%]	Výpar z VD Dalešice - Mohelno [%]	Celková spotřeba [tis. m ³]	Spotřeba na FJ
				[m ³ .MWh ⁻¹]
2015	88%	12%	30 653,77	2,41
2014	90%	10%	36 750,97	2,37
2013	89%	11%	34 679,10	2,19
2012	90%	10%	35 114,12	2,32
2011	89%	11%	33 957,82	2,34
2010	89%	11%	33 087,68	2,31
2009	89%	11%	33 111,26	2,35
2008	89%	11%	33 599,38	2,31
2007	89%	11%	32 915,08	2,34
2006	89%	11%	34 204,04	2,42
2005	89%	11%	32 885,15	2,37

Hodnocení dopadů ve vazbě na vodu

Charakterizační model

Pro hodnocení dopadu byl vybrán model posuzující „obnovitelnost vodních zdrojů“ (Yano et al. 2015). Myšlenka modelu vychází z předpokladu, že dopad užití jednotkového množství vody je nepřímo úměrný schopnosti zdroje toto množství dodat/nahradit. V povodí s nedostatkem vody musí být k dispozici větší plocha nebo delší čas k vytvoření požadovaného množství vody. Jinými slovy potenciální dopad může být vyjádřen jako plocha povodí nebo doba potřebná k získání jednotkového množství vody v každém zdroji. Charakterizační faktor je definován rovnicí:

$$fwua_{x,l} = \frac{A_{x,l}}{A_{ref}} = \frac{T_{x,l}}{T_{ref}} \quad 1$$

- Kde: $fwua_{x,l}$ je charakterizační faktor „nedostupnosti vody“ pro zdroj x v místě l
 $A_{x,l}$ je plocha potřebná k získání jednotkového množství vody v definovaném čase ve zdroji x v místě l
 A_{ref} je plocha potřebná k získání jednotkového množství vody v definovaném čase za referenčních podmínek
 $T_{x,l}$ je čas potřebný k získání jednotkového množství vody z definované plochy ve zdroji x v místě l
 T_{ref} je čas potřebný k získání jednotkového množství vody z definované plochy za referenčních podmínek

Faktory $A_{x,l}$ a $T_{x,l}$ jsou definovány jako:

$$A_{x,l} = \frac{Q_{A,ref}}{P_{x,l}} \quad 2$$

$$T_{x,l} = \frac{Q_{T,ref}}{P_{x,l}} \quad 3$$

- Kde: $Q_{A,ref}$ je referenční množství vody na jednotku času [$\text{m}^3.\text{rok}^{-1}$]
 $Q_{T,ref}$ je referenční množství vody na jednotku plochy [$\text{m}^3.\text{m}^{-2}$]
 $P_{x,l}$ je roční schopnost vodního cyklu obnovit zdroj x v místě l [$\text{m}.\text{rok}^{-1}$]

Referenční množství vody může mít libovolnou hodnotu. Yano při stanovení referenční vychází z celosvětového průměru srážek na 1 m^2 plochy zemského povrchu, který činí přibližně 1000 mm . Jako referenční je ale možno použít jakoukoliv jinou hodnotu. Hodnotu $1000 \text{ mm} / 1 \text{ m}^2$ používá pro vyjádření charakterizačního faktoru jak pro srážky, tak pro zdroje povrchových a podzemních vod s vysvětlením, že veškeré zdroje sladké vody pocházejí ze srážek. Globální průměrnou hodnotu srážek tak považuje za vhodný ukazatel pro vážení obnovitelných zdrojů (za obnovitelné zdroje nejsou v tomto smyslu považovány podzemní vody bez možnosti doplňování ze srážek).

Základní odtok (subsurface runoff) lze považovat za odpovídající přirozené schopnosti obnovy podzemních vod ze srážek. Množství přímého i základního odtoku je vymezeno hydrologickým cyklem a je možno jej považovat za teoretické maximální množství využitelné společností (poznámka: tento předpoklad zanedbává požadavek na zachování ekologických průtoků, ať již budou definovány jakkoliv; zároveň však není principiálně v rozporu s myšlenkou šedé vodní stopy).

Při srážkách 1000 mm.rok^{-1} je třeba 1 m^2 a doby 1 rok k dosažení referenční hodnoty 1 m^3 . Faktor nedostupnosti vodních zdrojů $fwua = 1,0$. Jako příklad uvažujeme povodí o ploše 1 km^2 , srážkami 500 mm.rok^{-1} , odtokem povrchových vod o velikosti $100\ 000 \text{ m}^3.\text{rok}^{-1}$ a základním odtokem

50 000 m³.rok⁻¹. V tomto povodí se srážkami 500 mm.rok⁻¹ je potřeba k dosažení referenčního objemu 1 m³ buďto plocha 2 m² nebo doba 2 let. Charakterizační faktor srážek (precipitation – p) $fwua_p = 1000/500 = 2$. Pokud odtoková výška z povodí činí 100 mm.rok⁻¹ (např. z povodí o ploše 1 km² = 1 mil m² odteče za rok 100 000 m³), pak je charakterizační faktor odtoku povrchových vod (surface water – sw) $fwua_{sw} = 1000/100 = 10$. Obdobně charakterizační faktor podzemních vod (ground water – gw) $fwua_{gw} = 1000/50 = 20$. Potenciální dopad užívání vody v povodí pak může být vypočítán pro jednotlivé zdroje vynásobením součtu užívání každého zdroje jeho charakterizačním faktorem:

$$WSF = \sum fwua_{x,l} \times WI_{x,l} \quad 4$$

Kde: $fwua_{x,l}$ je charakterizační faktor „nedostupnosti vody“ pro zdroj x v místě l
 WSF je vodní stopa nedostatku vody (water scarcity footprint) založená na potenciálním dopadu
 $WI_{x,l}$ je výsledek inventarizační analýzy vycházející ze spotřeby vody ve zdroji x v místě l
 T_{ref} je čas potřebný kzískání jednotkového množství vody z definované plochy za referenčních podmínek

Hodnotu charakterizačního faktoru $fwua_{sw}$ lze získat z dat poskytovaných Českým hydrometeorologickým ústavem podle rovnice 5. Za referenční hodnoty pro stanovení charakterizačních faktorů byla použita hodnota srážek 1000 mm.rok⁻¹ na plochu 1 m².

$$fwua_{sw-CHMU} = \frac{Q_{A,ref}}{\frac{365,25 \times 86400 \times Q_a}{1000000 \times A}} \quad 5$$

Kde: $fwua_{sw-CHMU}$ je průměrný charakterizační faktor „nedostupnosti vody“ stanovený na základě údajů ČHMÚ
 Q_a průměrný průtok stanicí ČHMÚ v m³.s⁻¹
 A je plocha povodí v km²

Vodní stopa JE Temelín

Výpočet charakterizačního faktoru

Pro stanovení charakterizačního faktoru byla použita rovnice 5 a hydrologické charakteristiky profilu vodní nádrže Hněvkovice, ze které je odebírána voda pro potřeby jaderné elektrárny Temelín:

$$fwua_{sw-Hněvkovice} = \frac{1}{\frac{365,25 \times 86400 \times 30,6}{1000000 \times 3540,29}} = 3,666177 \quad 6$$

Pro profil Kořensko pak vychází charakterizační faktor:

$$fwua_{sw-Kořensko} = \frac{1}{\frac{365,25 \times 86400 \times 54,9}{1000000 \times 7828,85}} = 4,518785 \quad 7$$

Výpočet vodní stopy

Vodní stopa je vypočítána podle rovnice 4. Protože profily odběrů a vypouštění mají výrazně odlišné hodnoty charakterizačního faktoru $fwua_{sw}$ byla hodnota vodní stopy stanovena podle rovnice:

$$WSF = fwua_{sw-Hněvkovice} \times (odběr + výpar) - fwua_{sw-Kořensko} \times vypouštění \quad 8$$

Tabulka 18 Hodnota vodní stopy v jednotlivých letech JE Temelín (zdroj dat: vlastní zpracování)

Rok		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Spotřeba	[m ³ .MWh ⁻¹]	2,19	2,17	2,20	2,21	2,14	2,04	2,19	2,09	1,81	1,84	1,93
Vodní stopa	[m ³ .MWh ⁻¹]	7,45	7,41	7,52	7,69	7,44	7,03	7,60	7,17	6,12	6,27	6,57

Citlivostní analýza

V rámci citlivostní analýzy bylo provedeno několik testů citlivosti výsledků na změnu vstupních hodnot:

1. vliv zanedbání výroby tepelné energie
2. vliv zanedbání výparu z vodní hladiny vodních děl tvořících vodní hospodářství jaderných elektráren
3. vliv zanedbání dodávek pitné vody

Vliv zanedbání výroby tepelné energie

Pro vyjádření, jaký vliv by mělo zanedbání výroby tepelné energie na stanovenou vodní stopu, byly provedeny výpočty bez uvažování tohoto „produkту“. S ohledem na podíl vyrobené tepelné energie vůči vyrobené elektrické energii by zanedbání produkce tepelné energie nemělo významný vliv na výsledky studie.

Tabulka 19 Vliv zanedbání výroby tepelné energie na vodní stopu JE Temelín (zdroj dat: vlastní zpracování)

Temelín		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Vodní stopa	[m ³ .MWh ⁻¹]	7,55	7,50	7,60	7,78	7,52	7,11	7,68	7,24	6,18	6,33	6,63
změna	[%]	1,44	1,29	1,12	1,18	1,09	1,16	1,00	0,98	1,06	0,91	0,97

Vliv výparu z vodní hladiny vodních děl tvořících vodní hospodářství jaderných elektráren

Hodnota výparu je stanovována nepřímo a může být proto zatížena určitou chybou. Pro vyjádření vlivu výparu z vodní hladiny VD Hněvkovice byly provedeny výpočty bez uvažování ztrát výparem z VD.

Tabulka 20 Vliv zanedbání výparu z VD Hněvkovice na vodní stopu JE Temelín (zdroj dat: vlastní zpracování)

Temelín		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Vodní stopa	[m ³ .MWh ⁻¹]	6,94	6,88	7,03	7,16	6,97	6,60	7,15	6,76	5,71	5,85	6,15
změna	[%]	-6,87	-7,09	-6,57	-6,82	-6,35	-5,99	-5,97	-5,77	-6,68	-6,71	-6,41

Protože ztráty výparem na hodnotě vodní stopy se podílejí cca 6,5 %, byl následně proveden test v podobě změny hodnot výparu o +10 %. Změna hodnoty výparu o 10 % způsobí změnu hodnoty vodní stopy o cca 0,65 %

Tabulka 21 Vliv zvýšení hodnoty výparu o 10 % na vodní stupu JE Temelín (zdroj dat: vlastní zpracování)

Temelín		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Vodní stopa	[m ³ .MWh ⁻¹]	7,50	7,46	7,57	7,74	7,49	7,07	7,65	7,22	6,16	6,32	6,61
změna	[%]	0,69	0,71	0,66	0,68	0,64	0,60	0,60	0,58	0,67	0,67	0,64

Vliv zanedbání dodávek pitné vody

Protože nebyly ve výpočtech uvažovány dodávky pitné vody, byl proveden test, kdy byly uvažovány dodávky pitné vody na úrovni hodnot vypouštěných odpadních vod původem z veřejných vodovodů. Vliv zanedbání údajů o odběrech pitných vod nemá významný vliv na výsledky studie.

Tabulka 22 Vliv zanedbání dodávek pitné vody na vodní stopu JE Temelín (zdroj dat: vlastní zpracování)

Temelín		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Vodní stopa	[m ³ .MWh ⁻¹]	7,76	7,44	7,55	7,73	7,47	7,03	7,63	7,20	6,15	6,31	6,60
změna	[%]	4,17	0,39	0,40	0,54	0,38	0,00	0,37	0,38	0,51	0,49	0,43

Vodní stopa JE Dukovany

Výpočet charakterizačního faktoru

Pro stanovení charakterizačního faktoru byla použita rovnice 5 a hydrologické charakteristiky profilu vodní nádrže limnigrafické stanice Mohelno:

$$fwua_{sw-Mohelno} = \frac{1}{\frac{365,25 \times 86400 \times 5,351}{1000000 \times 1155,26}} = 6,841334 \quad 9$$

Výpočet vodní stopy

Vodní stopa je vypočítána podle rovnice 4:

$$WSF = fwua_{sw-Mohelno} \times (odběr - vypouštění + výpar) \quad 10$$

Tabulka 23 Vodní stopa JE Dukovany (zdroj dat: vlastní zpracování)

Rok		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Spotřeba	[m ³ .MWh ⁻¹]	2,37	2,42	2,34	2,31	2,35	2,31	2,34	2,32	2,19	2,37	2,41
Vodní stopa	[m ³ .MWh ⁻¹]	16,20	16,52	16,03	15,77	16,08	15,82	16,04	15,86	15,01	16,24	16,49

Citlivostní analýza

V rámci citlivostní analýzy bylo provedeno několik testů citlivosti výsledků na změnu vstupních hodnot:

1. test vlivu změny hydrologických charakteristik pro VD Dalešice – Mohelno na hodnotu charakterizačního faktoru
2. vliv zanedbání výroby tepelné energie
3. vliv výparu z vodní hladiny vodních děl tvořících vodní hospodářství jaderných elektráren
4. vliv zanedbání dodávek pitné vody

Vliv změny hydrologických charakteristik pro VD Dalešice – Mohelno na hodnotu charakterizačního faktoru

Pro testování vlivu změny hodnoty charakterizačního faktoru byl tento faktor spočítán pro údaje profilu LG Ptáčov, která je dle sdělení pracovníků ČHMÚ charakteristická pro vtok do VD Dalešice – Mohelno.

$$fwua_{sw-Ptáčov} = \frac{1}{\frac{365,25 \times 86400 \times 5,401}{1000000 \times 962,71}} = 5,706965 \quad 11$$

Vypočtený charakterizační faktor je o 16,58 % nižší než charakterizační faktor vypočítaný pro profil LG Mohelno (resp. charakterizační faktor pro profil LG Mohelno je o 19,88 % vyšší než charakterizační faktor profilu LG Ptáčov). To je způsobeno zejména tím, že dlouhodobý průměrný průtok Q_a v profilu

LG Mohelno je již „ovlivněn“ ztrátami v jaderné elektrárně a ztrátami výparem z hladiny VD Dalešice – Mohelno. Tato skutečnost se dá také interpretovat tak, že výpočet s údaji pro LG Ptáčov by představoval situace „před výstavbou“ elektrárny Dukovany a VD Dalešice – Mohelno, zatímco výpočet pro LG Mohelno vyjadřuje aktuální stav.

Vliv zanedbání výroby tepelné energie

Pro vyjádření, jaký vliv by mělo zanedbání výroby tepelné energie na stanovenou hodnotu vodní stopy, byly provedeny výpočty bez uvažování tohoto „produkту“. Vliv zanedbání údajů o odběrech pitných vod nemá významný vliv na výsledky studie.

Tabulka 24 Vliv zanedbání výroby tepelné energie na vodní stopu JE Dukovany (zdroj dat: vlastní zpracování)

Dukovany		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Vodní stopa	[m ³ .MWh ⁻¹]	16,37	16,68	16,19	15,91	16,23	15,97	16,17	15,99	15,13	16,36	16,63
změna	[%]	1,06	0,97	1,02	0,87	0,92	0,95	0,81	0,81	0,82	0,69	0,89

Vliv výparu z vodní hladiny vodních děl tvořících vodní hospodářství jaderných elektráren

Hodnota výparu je stanovována nepřímo a může být proto zatížena určitou chybou. Pro vyjádření vlivu výparu z vodní hladiny VD Dalešice – Mohelno byly provedeny výpočty bez uvažování ztrát výparem z VD.

Tabulka 25 Vliv zanedbání výparu z VD Dalešice - Mohelno na hodnotu vodní stopy JE Dukovany (zdroj dat: vlastní zpracování)

Dukovany		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Vodní stopa	[m ³ .MWh ⁻¹]	14,41	14,75	14,26	14,04	14,28	14,03	14,27	14,21	13,37	14,63	14,50
změna	[%]	-11,0	-10,8	-11,0	-11,0	-11,2	-11,3	-11,0	-10,4	-10,9	-9,9	-12,1

Protože ztráty výparem na hodnotě vodní stopy se podílejí cca 11 %, byl následně proveden test v podobě změny hodnot výparu o +10 %. Změna hodnoty výparu o 10 % způsobí změnu hodnoty vodní stopy o cca 1,1 %.

Tabulka 26 Vliv změny hodnoty výparu o + 10 % na hodnotu vodní stopy JE Dukovany (zdroj dat: vlastní zpracování)

Dukovany		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Vodní stopa	[m ³ .MWh ⁻¹]	16,38	16,70	16,21	15,95	16,26	16,00	16,22	16,03	15,17	16,41	16,69
změna	[%]	1,10	1,08	1,10	1,10	1,12	1,13	1,10	1,04	1,09	0,99	1,21

Vliv zanedbání dodávek pitné vody

Protože nebyly ve výpočtech uvažovány dodávky pitné vody, byl proveden test, kdy byly uvažovány dodávky pitné vody v hodnotě vypouštění odpadních vod původem z veřejných vodovodů. Vliv zanedbání údajů o odběrech pitných vod nemá významný vliv na výsledky studie.

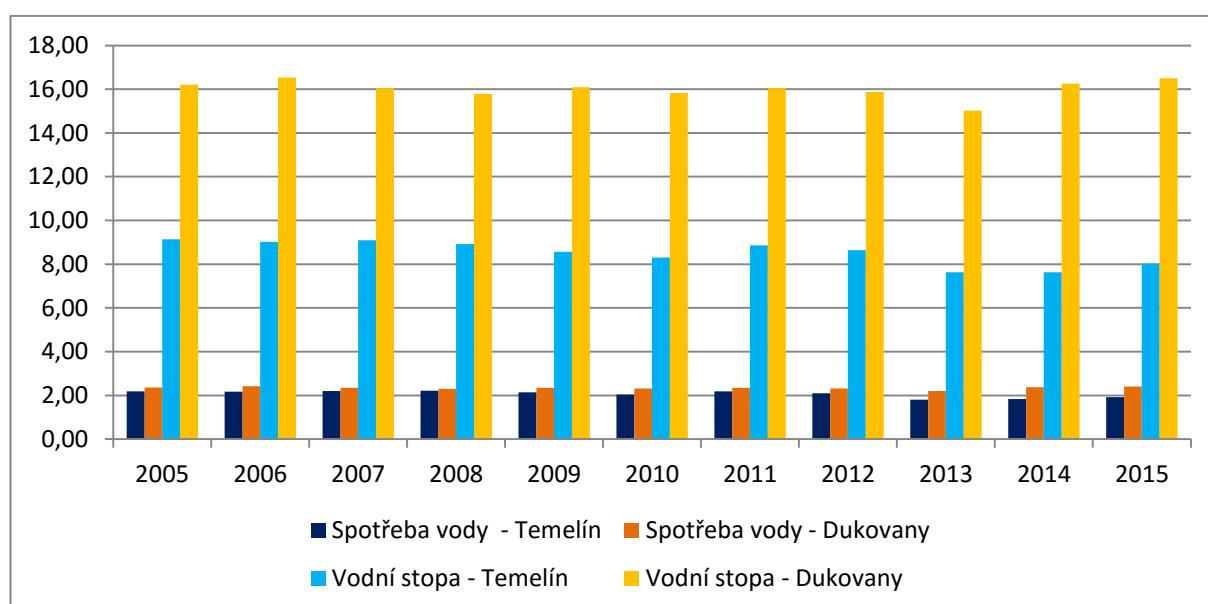
Tabulka 27 Vliv zanedbání dodávek pitné vody na vodní stopu JE Dukovany (zdroj dat: vlastní zpracování)

Temelín		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Vodní stopa	[m ³ .MWh ⁻¹]	16,24	16,56	16,06	15,81	16,10	15,85	16,08	15,89	15,04	16,27	16,53
změna	[%]	0,25	0,20	0,21	0,21	0,07	0,21	0,24	0,19	0,18	0,18	0,25

Interpretace výsledků

Komparativní analýza ukázala, že LCA vodní stopa užívání vodních zdrojů (water scarcity footprint) procesu výroby elektrické energie a tepla v JE Dukovany je v jednotlivých letech o přibližně 8 až 10 $\text{m}^3\text{MWh}^{-1}\text{H}_2\text{O}_{\text{ekv}}$ vyšší než vodní stopa užívání vodních zdrojů JE Temelín. Použité jednotky $\text{H}_2\text{O}_{\text{ekv}}$ představují na základě použitého charakterizačního modelu množství průměrných celosvětových srážek. Do výpočtu byly zahrnuty pouze „core“ procesy, protože „upstream“ a „downstream“ procesy jsou u obou elektráren velmi podobné či stejné. Zjištěný rozdíl v hodnotě vodní stopy vyplývá z rozdílných hydrologických charakteristik lokality Dukovany a lokality Temelín. Rozdíl v reálné spotřebě vody, kterou je možno považovat za blue water footprint dle metodiky Water Footprint Network (Hoekstra et al. 2011), činí pouze 0,1 až 0,5 $\text{m}^3\text{MWh}^{-1}$ ve prospěch JE Temelín.

Na hodnotě vodní stopy se nejvíce podílí spotřeba vody v chladících okruzích obou elektráren, V případě jaderné elektrárny Dukovany má významný podíl na hodnotě vodní stopy (cca 11 %) též výpar z VD Dalešice – Mohelno. U jaderné elektrárny Temelín se podílí výpar z VD Hněvkovice na vodní stopě hodnotou cca 6,5 %. Spotřeba pitné vody a čerpání podzemních vod se na vodní stopě podílí zcela zanedbatelně.



Obrázek 3 Porovnání hodnot vodní stopy a spotřeby vody „core“ procesů v letech 2005-2015

Seznamy

Seznam tabulek

Tabulka 1 Údaje o produkci tepelné a elektrické energie v JE Temelín (zdroj dat: ERU)	6
Tabulka 2 Údaje o produkci elektrické energie ve VE Hněvkovice a Kořensko (zdroj dat: ERU)	6
Tabulka 3 Údaje o vypouštěných odpadních vodách z JE Temelín (zdroj dat: evidence odběrů a vypouštění).....	6
Tabulka 4 Údaje o odběrech vody z VD Hněvkovice pro JE Temelín (zdroj dat: evidence odběrů a vypouštění).....	7
Tabulka 5 Údaje o vypouštěných odpadních vodách z JE Temelín (zdroj dat: evidence odběrů a vypouštění).....	7
Tabulka 6 Údaje o hydrologických charakteristikách v lokalitě Temelín (zdroj dat: Manipulační řád) ..	7
Tabulka 7 Charakteristiky výparu z VD Hněvkovice (zdroj dat: Manipulační řád)	7
Tabulka 8 Hodnoty spotřeby vody v JE Temelín (zdroj dat: vlastní zpracování)	8
Tabulka 9 Údaje o produkci elektrické a tepelné energie z JE Dukovany (zdroj dat: ERU).....	9
Tabulka 10 Údaje o výrobě elektrické energie ve VE Dalešice a VE Mohelno (zdroj dat: ERU).....	9
Tabulka 11 Údaje o vypouštění odpadních vod z JE Dukovany (zdroj dat: evidence odběrů a vypouštění).....	9
Tabulka 12 Údaje o odběrech povrchových vod pro JE Dukovany (zdroj dat: evidence odběrů a vypouštění).....	9
Tabulka 13 Údaje o užívání dalších vod v JE Dukovany (zdroj dat: evidence odběrů a vypouštění)....	10
Tabulka 14 Údaje o vypouštění odpadních vod z JE Dukovany (zdroj dat: evidence odběrů a vypouštění).....	10
Tabulka 15 Hydrologické charakteristiky po lokalitu Dukovany (zdroj dat: Manipulační řád).....	10
Tabulka 16 Hydrologické charakteristiky profilu Jihlava - Kramolín (zdroj dat: ČHMÚ a TBD 2013)....	11
Tabulka 17 Spotřeba vody v JE Dukovany (zdroj dat: vlastní zpracování).....	11
Tabulka 18 Hodnota vodní stopy v jednotlivých letech JE Temelín (zdroj dat: vlastní zpracování)	14
Tabulka 19 Vliv zanedbání výroby tepelné energie na vodní stopu JE Temelín (zdroj dat: vlastní zpracování)	14
Tabulka 20 Vliv zanedbání výparu z VD Hněvkovice na vodní stopu JE Temelín (zdroj dat: vlastní zpracování)	14
Tabulka 21 Vliv zvýšení hodnoty výparu o 10 % na vodní stupu JE Temelín (zdroj dat: vlastní zpracování)	14
Tabulka 22 Vliv zanedbání dodávek pitné vody na vodní stopu JE Temelín (zdroj dat: vlastní zpracování)	15
Tabulka 23 Vodní stopa JE Dukovany (zdroj dat: vlastní zpracování)	15
Tabulka 24 Vliv zanedbání výroby tepelné energie na vodní stopu JE Dukovany (zdroj dat: vlastní zpracování)	16
Tabulka 25 Vliv zanedbání výparu z VD Dalešice - Mohelno na hodnotu vodní stopy JE Dukovany (zdroj dat: vlastní zpracování).....	16
Tabulka 26 Vliv změny hodnoty výparu o + 10 % na hodnotu vodní stopy JE Dukovany (zdroj dat: vlastní zpracování)	16
Tabulka 27 Vliv zanedbání dodávek pitné vody na vodní stopu JE Dukovany (zdroj dat: vlastní zpracování)	16

Seznam obrázků

Obrázek 1 Obecné schéma životního cyklu jaderné elektrárny (převzato z HATCH 2014)	2
Obrázek 2 Schéma JE Temelín a JE Dukovany	4
Obrázek 3 Porovnání hodnot vodní stopy a spotřeby vody „core“ procesů v letech 2005-2015	17

Použitá literatura

- CENIA, 2006. *Vyjádření k žádosti o vydání integrovaného povolení společnosti ČEZ a. s.* Praha: CENIA, česká informační agentura životního prostředí.
- ČEZ, 2010. *Nový jaderný zdroj v lokalitě Temelín včetně vyvedení výkonu do rozvodny Kočín: Dokumentace vlivů záměru na životní prostředí.* B.m.: ČEZ a. s.
- ČEZ, 2016. *Nový jaderný zdroj v lokalitě Dukovany: Oznámení záměru* [online]. C1450-13-01. B.m.: ČEZ a. s. Dostupné z: http://portal.cenia.cz/eiasea/detail/EIA_MZP469
- ČHMÚ, 2016. *M-denní průtoky za období 1981-2010* [online]. Praha: Český hydrometeorologický ústav [vid. 2016-06-09]. Dostupné z: <http://voda.chmi.cz/opv/doc/qm.pdf>
- ČHMÚ a TBD, 2013. *Vyhodnocení povodní v červnu 2013: Vyhodnocení funkce a bezpečnosti vodních děl za povodní - Část I. významná vodní díla* [online]. Dílčí zpráva. Praha: Ministerstvo životního prostředí. Dostupné z: http://voda.chmi.cz/pov13/DilciZprava_DU_3_1_cast1-VyznamnaVD-final.pdf
- ERÚ, 2016. *ERÚ - Roční zprávy o provozu* [online] [vid. 2016-08-31]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/elektrina/statistika-a-sledovani-kvality/rocni-zpravy-o-provozu>
- HATCH, 2014. *Lifecycle Assessment Literature Review of Nuclear, Wind and Natural Gas Power Generation* [online]. H345621–236–02, E. Mississauga, Ontario, Canada: The Canadian Nuclear Association. Dostupné z: <https://cna.ca/wp-content/uploads/2014/05/Hatch-CNA-Report-RevE.pdf>
- HOEKSTRA, Arjen Y., Ashok Kumar CHAPAGAIN, Maite Martinez ALDAYA a Mesfin M. MEKONNEN, 2011. *The water footprint assessment manual: setting the global standard.* London ; Washington, DC: Earthscan. ISBN 978-1-84971-279-8.
- INHABER, Herbert, 2004. Water Use in Renewable and Conventional Electricity Production. *Energy Sources* [online]. 1. 2., roč. 26, č. 3, s. 309–322. ISSN 0090-8312. Dostupné z: doi:10.1080/00908310490266698
- ISO, 2014. *ISO 14046:2014 Water Footprint.* ICS:13.020.60;13.020.10. Geneva: International Organization for Standardization.
- MEKONNEN, Mesfin M., P. W. GERBENS-LEENES a Arjen Y. HOEKSTRA, 2015. The consumptive water footprint of electricity and heat: a global assessment [online]. 15. 5., roč. 1, č. 3, s. 285–297. ISSN 2053-1419. Dostupné z: doi:10.1039/C5EW00026B
- MELDRUM, J., S. NETTLES-ANDERSON, G. HEATH a J. MACKNICK, 2013. Life cycle water use for electricity generation: a review and harmonization of literature estimates. *Environmental Research Letters* [online]. roč. 8, č. 1, s. 015031. ISSN 1748-9326. Dostupné z: doi:10.1088/1748-9326/8/1/015031
- VD TBD, 2009. *Manipulační řád VD Hněvkovice a VD Kořensko.* březen 2009. B.m.: Vodní díla - TBD a. s.
- VD TBD, 2015. *Manipulační řád pro Vodní dílo Dalešice.* červenec 2015. B.m.: Vodní díla - TBD a. s.
- YANO, Shinjiro, Naota HANASAKI, Norihiro ITSUBO a Taikan OKI, 2015. Water Scarcity Footprints by Considering the Differences in Water Sources. *Sustainability* [online]. 23. 7., roč. 7, č. 8, s. 9753–9772 [vid. 2016-07-28]. Dostupné z: doi:10.3390/su7089753

Summary

This study describes LCA Water Scarcity Footprint comparison of nuclear power plants according to the ISO 14046:2014.

Due to protecting the interests of the institutions providing data for this study, the observed/measured data are not involved in this version of the study. Only average, summarised or aggregated data are published in this public version of the study.

Goal and scope definition

The goal of the study is comparing impacts of two nuclear power plants in the Czech Republic on the water availability (water scarcity footprint). The scope of analysis is defined as "cradle-to-gate". The functional unit represents 1 MWh of produced total energy (power energy and heat energy). Temporal coverage of analysis was 2005-2015.

From the study were excluded upstream and downstream processes, because the value of Water footprint of these processes will be the same or very similar for both power plants.

Allocation rules were not applied.

System boundary is described in Figure 1 (Obrázek 1)

Water Footprint analysis

Water management system for both nuclear power plants is showed in Figure 2 (Obrázek 2).

Data used for analysis:

1. measured production of energy and heat (data source: Energy regulatory office);
2. measured withdrawals and wastewater discharges data (data source: water balance evidence according to Water Act No. 254/2001 Coll.);
3. hydrological data (data source:
 - a. the approved rules of operation the reservoir, which create water supply systems of the nuclear power plants;
 - b. water balance evidence according to Water act No. 254/2001 Coll.;
 - c. data from Czech Hydrometeorological Institute;
4. other information available on the internet (data source IS EIA - www.cenia.cz/EIA; www.cez.cz)

The analyses for each power plant include:

1. Power and heat production in the nuclear power plant (Table 1 and Table 9)
2. Energy production in the hydropower plants, which create water supply systems of the nuclear power plants (Table 2 and Table 10)
3. Drinking water use (Table 3 and Table 11)
4. Technological water withdrawals (Table 4 and Table 12)
5. Using of other water (ground water and other water – Table 14)
6. Waste water discharges (Table 5 and Table 14)
7. Hydrological characteristics (Table 6, Table 7, Table 15, Table 16)),
8. Total water consumption in power plants and evaporation from the reservoirs (Table 8, Table 17)

Water footprint impact assessment

The characterization model of water un/availability was used for WF impact assessment. The results are described in Table 18 and 23. Sensitive analysis contends:

1. Test of heat energy excluding on the water footprint value (Table 19 and Table 24)
2. Test of hydrological data changing (only for Dukovany power plant)

3. Test of excluding of evaporation from reservoirs on the water footprint value (Table 20 and Table 25)
4. Test of changing evaporation value by +10 % (Table 21 and Table 26)
5. Test of drinking water use excluding from analysis (Table 22 and Table 27)

Evaporation from reservoirs play important role in the water scarcity footprint value, but the changing by + 10 % do not importantly change the total water scarcity footprint value. Other sensitivity test confirmed the small importance of changes in values.

Interpretation

The water scarcity footprint of the energy production process in the Dukovany nuclear power plant is about 8 to 10 $\text{m}^3(\text{H}_2\text{O}_{\text{eq}})\text{MWh}^{-1}$ higher as in the Temelín nuclear power plant (Figure 3 / Obrázek 3). This is due different hydrological conditions in each locality because real total water consumption is almost the same in the "core" processes for both nuclear power plants. The consumption of technological water creates the main part of water scarcity footprint value of the energy production process, but the evaporation losses from the reservoirs cannot be neglected.