

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektroenergetiky a ekologie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Energetické využití řeky Vltavy

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Nikolas KALINA**
Osobní číslo: **E12B0185P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Energetické využití řeky Vltavy**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Uveďte typy vodních elektráren a vodních turbín.
2. Popište energetické využití Vltavy z historického hlediska.
3. Analyzujte současné energetické využití Vltavy.
4. Zhodnoťte Vltavskou kaskádu z hlediska energetického a ekologického.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:


Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2015**
Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2016**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2015

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na energetické využití řeky Vltavy. Snahou bude vytvořit určitý přehled, který může přiblížit využití a zpracování vodní energie. Práce je rozdělena do čtyř hlavních témat. První část je zaměřena na vodní elektrárny. Druhá část nás seznamuje s Vltavskou kaskádou. Třetí, nejdůležitější část se týká samotného využití řeky Vltavy. Poslední bod práce nahlíží do budoucího rozvoje vodních elektráren v České Republice. Dále práce zahrnuje přehled současného stavu vodohospodářství a vliv vodních děl na životní prostředí.

Klíčová slova

Vltavská kaskáda, řeka Vltava, vodní energie, vodní elektrárna, energetické využití, dopad na životní prostředí, emise

Abstract

The bachelor thesis is focused on the energy use of the Vltava river. The aim is to present a certain overview to give an idea of water energy processing. The thesis is divided into four main topics. The first part is focused on hydroelectric power plants. The second part introduces the Vltava cascade. The third and the most important part concentrates on the actual use of the Vltava river. The last section of the work looks into the future development of hydroelectric power plants in the Czech Republic. Furthermore, the thesis offers an overview of the current situation of the water management and the impact of the water structures on the environment.

Key words

Vltava river cascade, Vltava river, water energy, hydroelectric power plant, energy use, environmental impact, emissions.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou/bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské/diplomové práce, je legální.

.....
Podpis

V Plzni dne 29.5.2016

Nikolas Kalina

Poděkování

Tímto bych velice rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Škorpilovi, CSc. za cenné a užitečné rady, poznatky, připomínky a konzultace pro vypracování této bakalářské práce.

Obsah

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	1
ÚVOD.....	2
1 VYUŽITÍ POTENCIÁLU VODNÍ ENERGIE.....	3
1.1 TYPY VODNÍCH ELEKTRÁREN	3
1.2 VODNÍ TURBÍNY - ROZDĚLENÍ, PŘEHLED A POUŽITÍ	5
1.2.1 Kaplanova turbína	5
1.2.2 Francisova turbína	6
1.2.3 Bankiho turbína	7
1.2.4 Peltonova turbína	8
1.3 SROVNÁNÍ VODNÍCH KOL S TURBÍNAMI.....	9
2 VLTAVSKÁ KASKÁDA	10
2.1 HISTORIE.....	10
2.2 VODNÍ DÍLA.....	12
2.2.1 Vodní elektrárna Vrané	12
2.2.2 Vodní elektrárna Štěchovice	13
2.2.3 Vodní elektrárna Slapy	14
2.2.4 Vodní elektrárna Kamýk	15
2.2.5 Vodní elektrárna Orlík.....	16
2.2.6 Vodní elektrárna Kořensko.....	17
2.2.7 Vodní elektrárna Hněvkovice.....	18
2.2.8 Vodní elektrárna Lipno I.....	19
2.2.9 Vodní elektrárna Lipno II	20
3 VYUŽITÍ ŘEKY VLTAVY	21
3.1 ENERGETICKÉ VYUŽITÍ.....	21
3.2 DOPAD NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ VODNÍCH DĚL.....	23
3.2.1 Emise.....	24
3.3 ENERGETICKÉ VYUŽITÍ VODNÍCH DĚL V POROVNÁNÍ S OSTATNÍMI ELEKTRÁRNAMI	27
4 POHLED DO BUDOUCNOSTI.....	30
5 ZÁVĚR	32
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ.....	33

Seznam symbolů a zkratek

VD	Vodní dílo
MVE	Malá vodní elektrárna
SO ₂	Oxid siřičitý
NO _x	Oxid dusíku
CO	Oxid uhelnatý
CO ₂	Oxid uhličitý
MW	jednotka výkonu megawatt
GW	jednotka výkonu gigawatt
MWh	jednotka spotřeby megawatt za hodinu
GWh	jednotka spotřeby gigawatt za hodinu
Brutto	Celková výroba elektřiny na svorkách generátorů

Úvod

Vodní elektrárny mají stejně tak jako ostatní energetické zdroje své výhody i nevýhody. Jelikož patří mezi obnovitelné zdroje energie, jsou tendence maximálně využít jejich energetický potenciál. Z hlediska výroby elektrické energie nejsou vodní elektrárny schopny pokrýt všechnu spotřebu lidstva, a tak jsou využívány kombinace ostatních zdrojů, které nespádají pod obnovitelné zdroje energie.

Cílem této bakalářské práce bude zaměření na energetický potenciál řeky Vltavy a zhodnocení využitelného potenciálu. V práci jsou obsaženy rozdělení vodních elektráren a vodních turbín. Stručné porovnání vodních turbín s vodními koly. Historie Vltavské kaskády a vyjmenované vodní díla s přehledem výkonů, datem vybudování a osazení turbín, které se na Vltavské kaskádě nacházejí. Dále jsem se také věnoval dopadu vodních děl na životní prostředí a porovnával je s jinými zdroji energie, z pohledu vypouštění emisí do ovzduší. V neposlední řadě jsem také věnoval náhledu do budoucnosti o budování nových vodních děl a také přehledu výroby a spotřeby elektrické energie v České Republice.

Vzhledem k důležitosti vodní energie jsem si zvolil toto téma bakalářské práce, které se zabývá energetickým vyžitím řeky Vltavy.

1 Využití potenciálu vodní energie

1.1 Typy vodních elektráren

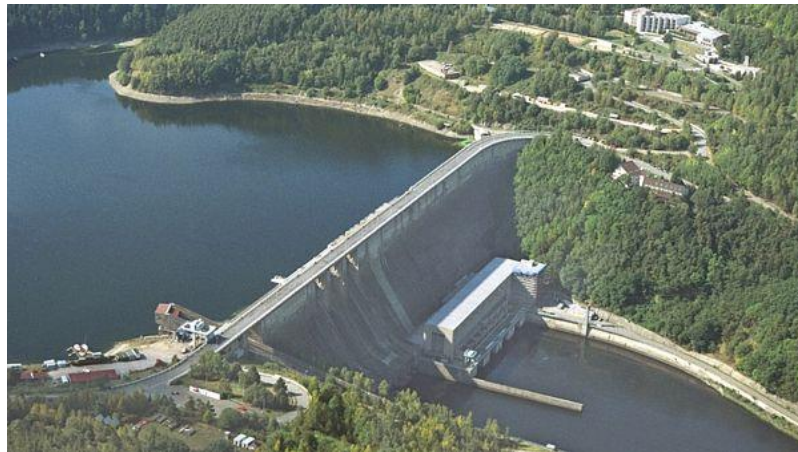
Vodní elektrárny můžeme členit dle několika kritérií. První kritérium je podle využití vodního toku a to na průtočné, akumulární a přečerpávací. Dále je můžeme členit z hlediska instalovaného výkonu. Pohybujeme se od malých vodních elektráren, kde instalovaný výkon dosahuje do 10 MW. Střední vodní elektrárny dosahují do 100 MW a nad 100 MW jsou to velké vodní elektrárny.

Průtočné vodní elektrárny využívají přirozeného průtoku řeky. Při překročení průtoku, na který je elektrárna dimenzována (závisí na hltnosti turbíny) je přebytečné množství vody odvedeno bez využití. Průtočné elektrárny se následně dělí na jezové a derivační. Jezové vodní elektrárny využívají jezu pro vzednutí hladiny a soustředění spádu. Spád se v tomto případě pohybuje mezi 10-20 m a jedná se tedy o nízkotlaké vodní elektrárny. Derivační elektrárny využívají derivačního přivaděče (potrubí, kanálu, štoly), který odvádí vodu z koryta řeky k turbíně vodní elektrárny. Následně je voda odpadním kanálem vrácena zpět do řečiště. Derivačního kanálu se využívá takovým způsobem, aby se část řeky zkrátila a tím se zvýšil využívaný spád. Průtočné elektrárny jsou z důvodu nemožnosti regulace průtoku vody, resp. její nevhodnosti, využívány pro pokrytí základního zatížení.



Obrázek č. 1: Průtočná vodní elektrárna Lipno II, převzato z [16]

U akumulčních vodních elektráren je spád zajištěn přehrazením řeky pomocí přehradních hrází. Umisťují se pod přehradou. Akumulační elektrárny využívají řízeného odběru vody z akumulční nádrže podle potřeb elektrizační soustavy. Pokrývají polo špičkové (elektrárny s denní akumulací), či špičkové zatížení (vysokotlaké akumulční elektrárny). Mimo akumulace elektrické energie stabilizují vodní toky a chrání tak před povodněmi. Nádrže jsou také v mnoha případech zdrojem pitné vody pro vodárny, či technologické vody pro průmysl a zemědělství.



Obrázek č. 2: Akumulační vodní elektrárna Orlík, převzato z [16]

Přečerpávací vodní elektrárny slouží jako akumulátor elektrické energie z jiných zdrojů a pokrývají špičkové zatížení. Využívají dvou různě výškově položených vodních nádrží a akumulují energii v podobě potenciální energie vody. Ta je čerpána do výše položené nádrže za využití přebytečné elektrické energie především při vysoké výrobě obnovitelných zdrojů. Při potřebě elektrické energie naopak voda proudí skrz turbínu a generátor, v tomto případě dodává energii do elektrizační soustavy. Akumulace může být řešena uměle, tzn. veškerá voda je čerpána z dolní nádrže, nebo smíšeně, kdy část vody proudí do horní nádrže přirozeným způsobem z říčních toků. [22]



Obrázek č. 3: Přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé stráně, převzato z [16]

1.2 Vodní turbíny - rozdělení, přehled a použití

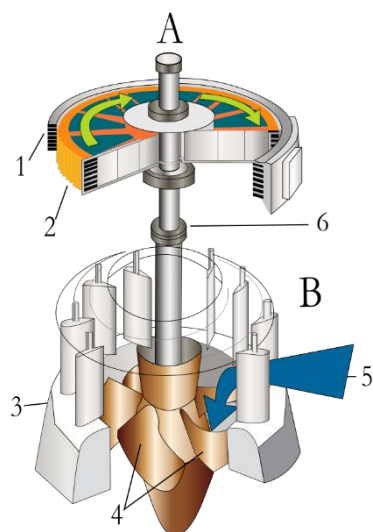
1.2.1 Kaplanova turbína

Kaplanova turbína vznikla v roce 1919. Jejím předchůdcem byla turbína Francisova. Jedná se o turbínu axiální, kterou můžeme velmi dobře regulovat. Její možnosti regulace se využívá hlavně tam, kde není možné zajistit stálý průtok, nebo spád. Natáčení lopatek je uloženo uvnitř mohutného náboje na konci hřídele.

Kaplanova turbína má v praxi i jiné varianty provedení, které však vycházejí z původního řešení. Propelerova turbína má regulační rozvaděč a pevné lopatky oběžného kola. Druhou variantou je Thomannova turbína, která má pevný rozvaděč a natáčivé lopatky oběžného kola. Poslední a nejjednodušší variantou je turbína, která má pevný rozvaděč a též i oběžné lopatky, nazýváme ji neregulovatelnou axiální turbínou. [1] [2] [3] [4]



Obrázek č. 4: Oběžné kolo Kaplanovy turbíny, převzato z [5]



- A: Generátor
- B: Turbína
- 1 : Stator
- 2 : Rotor
- 3 : Rozváděcí kolo
- 4 : Lopatky turbíny
- 5 : Tok vody
- 6 : Hřídel generátoru

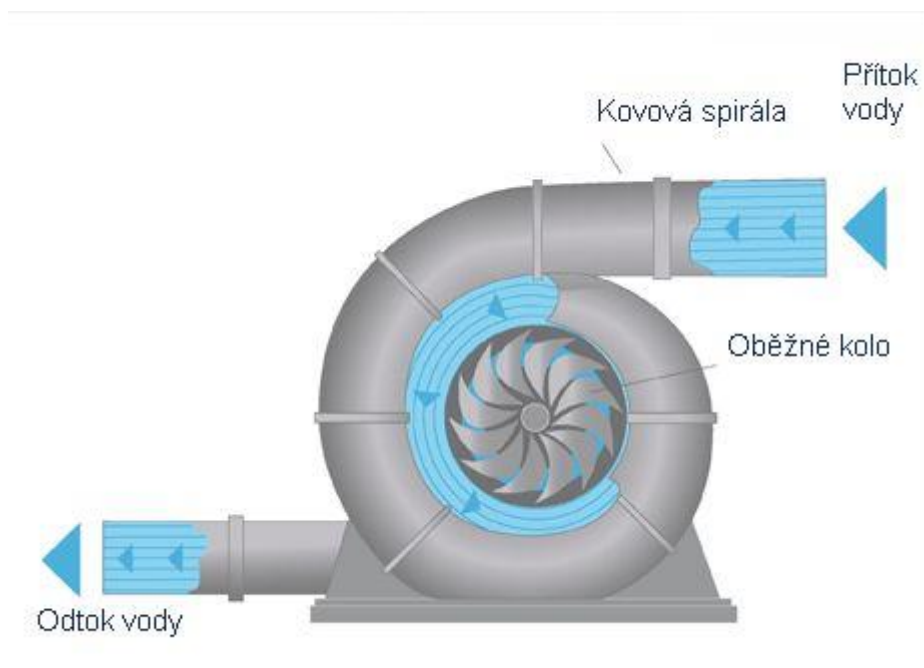
Obrázek č. 5: Schéma a princip Kaplanovy turbíny, převzato z [6]

1.2.2 Francisova turbína

V minulosti nejrozšířenějším typem u malých vodních elektráren byla Francisova přetlaková turbína. Oběžné kolo má pevně spojené lopatky s věncem a kotoučem kola. Součástí turbíny je regulační orgán, který obsahuje natáčivé rozváděcí lopatky. Prostřednictvím regulátoru můžeme regulovat přívod vody na oběžné kolo. Uspořádání je horizontální nebo vertikální. Francisovy turbíny lze také použít jako reverzní stroje, kde zastávají funkci čerpadlové turbíny. [1] [2] [3] [4]



Obrázek č. 6: Oběžné kolo Francisovy turbíny, převzato z [7]

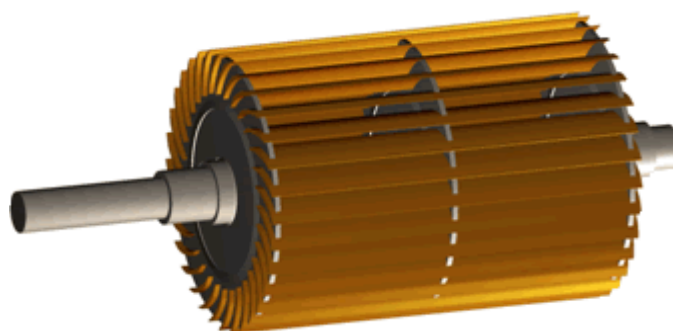


Obrázek č. 7: Schéma a princip Francisovy turbíny, převzato z [8]

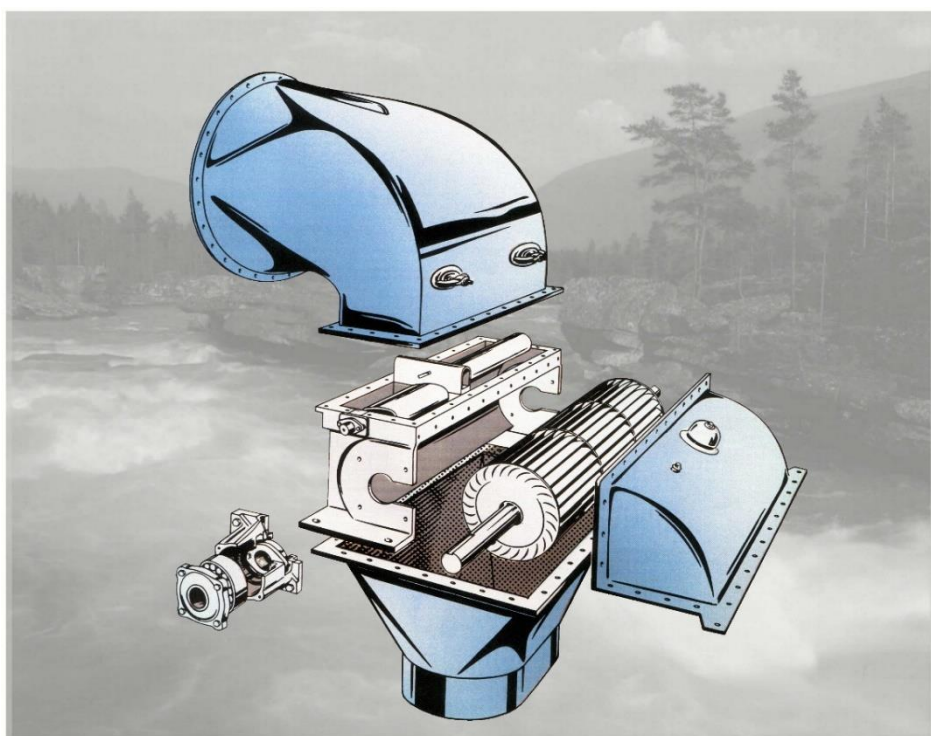
1.2.3 Bankiho turbína

Bankiho turbína je řazena mezi rovnotlaké typy, stejně tak jako turbína Peltonova. Od Peltonovy turbíny se liší v dvojnásobném průtoku. Pro svojí konstrukční nenáročnost se tento typ turbíny využívá v celé řadě malých vodních elektráren.

Princip spočívá v přívodu vody vstupním tělesem skrz mezikus k vnějšímu obvodu oběžného kola. Mezikus mění průřez potrubí, z kruhového tvaru na obdélníkový. Na konci vstupního dílu je umístěn regulační orgán v podobě klapky. Mezi zakřivenou stěnou a klapkou, v takzvané štěrbině, dochází k tomu, že se celý spád vody přetransformuje na kinetickou energii. Voda dále postupuje do oběžného kola, kde lopatky odkloní směr tekoucí vody ke středu hřídele. Díky této změně směru dojde k předání energie turbíně. [1] [2] [3] [4]



Obrázek č. 8: Oběžné kolo Bankiho turbíny, převzato z [9]



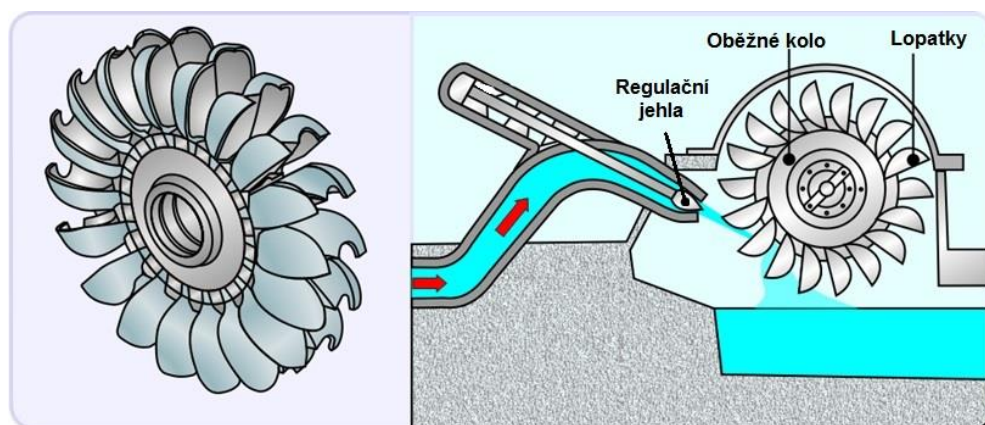
Obrázek č. 9: Schéma a princip Francisovy turbíny, převzato z [10]

1.2.4 Peltonova turbína

Peltonova turbína byla vynalezena v roce 1880 a je jednou z nejčastějších rovnotlakých turbín používaných v současnosti. Přesněji se jedná o tangenciální rovnotlakou turbínu.

Voda je přiváděna k turbíně potrubím kruhového průřezu. V dýze dojde k přetransformování celého spádu vody na kinetickou energii. Dochází k tomu pomocí regulační jehly. Proud vody dopadající na lopatky rotoru poté vlivem změny jeho hybnosti předává kinetickou energii při konstantním barometrickém tlaku.

Regulaci průtoku vody a tedy i výkon turbíny má za úkol regulační jehla. Regulace spočívá v zasouvání regulační jehly do dýzy. U malých turbín bývá jehla posouvána pomocí šroubků, které se ovládá ručně pomocí koleček. U větších se pak k posuvu jehly používá servomotor. Při zvyšování výkonu turbíny je jehla umístěna co nejvýše ve výstupní části přiváděče vody tak, aby průtok vody byl co nevyšší. Po snížení výkonu je tedy jehla umístěna co nejhlouběji, aby byl průtok vody omezen. [1] [2] [3] [4]



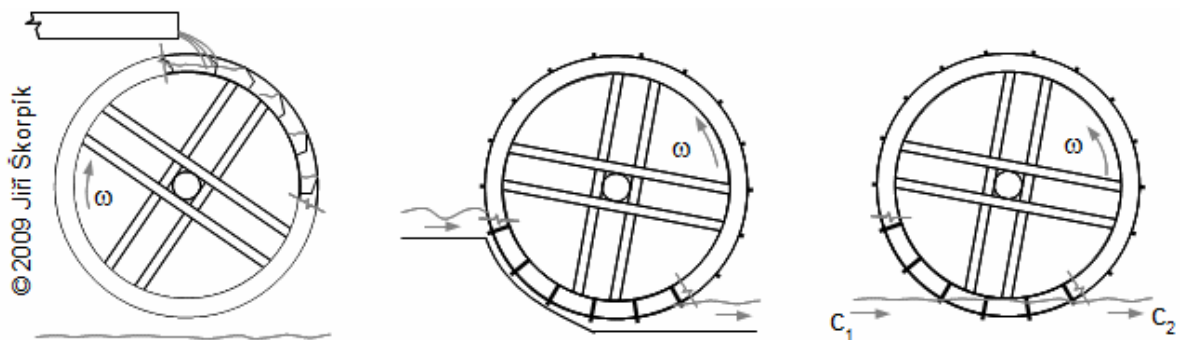
Obrázek č. 10: Schéma a princip Peltonovy turbíny, převzato z [11]



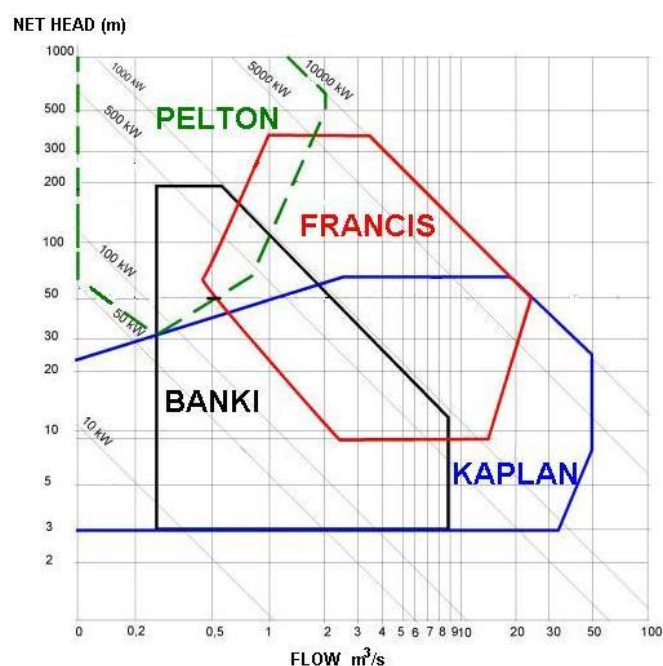
Obrázek č. 11: Oběžné kolo Peltonovy turbíny, převzato z [12]

1.3 Srovnání vodních kol s turbínami

Vodní kola již dneska považujeme za překonaný historický mezník. Nelze je však úplně zanedbat. Vodní kola nacházejí své opodstatnění z pohledu mikro zdrojů energie. U turbín při nižším průtoku turbínou klesá účinnost i výkon, za to vodní kola pracují při menším i větším plnění takřka při stejném výkonu. Stále se tedy mohou využívat v místech, kde jsou nejmenší spády do 1,5 m. V tomto jsou výhody vodních kol oproti turbínám. Z hlediska ekonomického a také z praktických důvodů se nevyplatí stavět turbíny pro malé spády. Vypracovat návrh a zhotovit vodní kolo je mnohem jednodušší a ekonomicky výhodnější než u konstrukce turbíny. Další velkou výhodou je provozování. Vodní kola můžeme provozovat za nepříjemných podmínek, aniž by to vodním kolům uškodilo. Nevadí jim drobné nečistoty, jako je například listí, ledová tříšť, tráva apod. Díky převodům, které udrží stále otáčky, a díky své setrvačnosti dokáží vodní kola pracovat i při kolísání zatížení. [1]



Obrázek č. 12: Vodní kolo na horní vodu, střední vodu a spodní vodu, převzato z [21]



Obrázek č. 13: Rozdělení turbín, převzato z [20]

2 Vltavská kaskáda

2.1 Historie

První zmínky o úpravě toku řeky za účelem splavení pocházejí už ze středověku. Jedny z prvních jezů byly stavěny už za Ferdinanda I. V letech 1640-1643 byla na žádost Ferdinanda III. odstraněno skalisko Horní slap, které zasahovalo do poloviny řečiště. Na zbytku skály byl vztyčen Ferdinandův sloup, také nazývaný jako Solný. V dalších letech k němu přibyla i socha Jana Nepomuckého. Po této soše získaly Svatojánské proudy jméno. Výstavba přehrad znamenala zničení historického místa, jako byly právě Svatojánské proudy. Naštěstí obě památky nedošly destrukce a byly přesunuty pod hráz Slapské nádrže poblíž budovy elektrárny.



Obrázek č. 14: Socha sv. Jana Nepomuckého umístěna na skále Sedlo, převzato z [18]

Ve 20. letech 20. století vznikala komise, která se zabývala plánem na vybudování přehradní nádrže u Štěchovic. Realizace však nedopadla dobře, hlavně kvůli obrovským finančním výdajům. Až v roce 1925 přišel jistý Ing. Josef Bartovský s myšlenkou vybudování několika přehrad namísto jedné. Přesněji se jednalo o 4 nádrže. První z nich byly Vrané nad Vltavou a Štěchovice, jejichž výstavba se opravdu uskutečnila a dnes je považujeme za jakési předchůdce dnešní Vltavské kaskády. Projekty, které se realizace nedočkaly, jsou nad hotelem Záhoří a u Zvírotic.

Hlavním účelem vybudování Vltavské kaskády byla výroba elektrické energie. Vedlejšími přínosy, které může nabídnout, je ochrana před určitými povodněmi, možnost splavnění některých částí Vltavy, stabilizace vodní hladiny, výroba pitné vody a v neposlední řadě vytvoření nových rekreačních míst. Co bohužel není schopna zadržet, jsou tak velké povodně jako například povodeň z roku 2002.

K dnešnímu dni je Vltavská kaskáda soustava vodních děl, které se nacházejí na řece Vltavě. Jedná se celkem o 9 přehrad. První dvě vodní díla kaskády byla vybudována ve 30. letech minulého století. Před vybudováním vodních děl kaskády Štěchovice a Vrané byla řeka využívána více hospodářsky než energeticky. Hospodářské využití bylo zaměřeno na voroplavbu a plavbu. Po řece byla dopravována zejména sůl, kámen a dřevo. Teprve kolem roku 1911 studie poukázaly na využití vodní energie. Výstavba přehrad znamenala ukončení voroplavby a zničení historických míst a mnoho vesnic. Vybudováním Vltavské kaskády se kvalita vody zlepšila natolik, že v úseku Vltavy od Vraného po soutok s Berouňkou jsou úspěšně chováni pstruzi a hlavatky. [24] [25] [26] [27] [28]



Obrázek č. 15: Vltavské údolí s Horním a Dolním Slapem, dnes Slapská přehrada, převzato z [18]

2.2 Vodní díla

Devět vodních děl na řece Vltavě tvoří soustavu Vltavské kaskády.

2.2.1 Vodní elektrárna Vrané

Vodní nádrž Vrané byla první část Vltavské kaskády. Původní důvody vybudování vodního díla Vrané byly plavební účely. Skládá se ze tří částí, kterými jsou jez, dvě plavební komory a elektrárna. Velká komora měla sloužit k nákladní dopravě a také k proplouvání vorů. Malá komora měla sloužit k proplouvání osobních parníků. Dnes je hlavním účelem regulace odtoku Vltavské kaskády a zajištění minimálního průtoku v korytě pod vodním dílem. Vodní dílo Vrané zvýšilo hladinu řeky Vltavy o 8 metrů, ale také pomohla ke zlepšení kvality vody. Elektrárna se nachází na pravém břehu řeky. Vodní elektrárna Vrané je řízena centrálním dispečinkem, stejně tak jako ostatní díla Vltavské kaskády. Centrální dispečink se nachází ve Štěchovicích. Vodní elektrárna Vrané vyrábí levnou a ekologicky čistou energii. Její nádrž posluhuje jako spodní nádrž pro přečerpávací vodní elektrárnu Štěchovice II. [16] [30] [15]

Tabulka č. 1: Souhrnné informace k vodnímu dílu Vrané, data převzata z [16]

Rok uvedení do provozu	1936
Celkový instalovaný výkon	13,88 MW
Počet turbín	2
Typ turbíny	Kaplan
Obsah nádrže	11,1 mil. m ³
Rozsah spádu	8 - 10,2 m



Obrázek č. 16: Vodní dílo Vrané, převzato z [15]

2.2.2 Vodní elektrárna Štěchovice

Vodní elektrárna Štěchovice byla původně vybudována jako druhý článek Vltavské kaskády. K vybudování musely být splněny dvě základní podmínky a to plavba pro vory a lodě a dále bezproblémový průtok velkých vod. Kvůli těmto podmínkám obsahuje celý komplex 3 části. Jedná se o těleso přehrady, plavební komoru a středotlakou elektrárnu. Během výstavby byla ještě přistavěna přečerpávací elektrárna Štěchovice II. Plavební zařízení se nachází u pravého břehu řeky, ve kterém jsou dvě plavební komory umístěny za sebou. Plavidla překonávají rozdíl hladin 20 m a díky této výšce představují unikát, co se týče vodního hospodářství v Evropě. Jejím hlavním účelem je regulace odtoku vody ve Vltavě. Spolu s nádrží ve Vraném vyrovnává odtok z Vltavské kaskády. Umožňuje špičkový provoz slapské elektrárny a výrobu polo špičkové elektrické energie. Řízen je přímo z centrálního dispečinku Vltavské kaskády. [16] [30] [15]

Tabulka č. 2: Souhrnné informace k vodnímu dílu Štěchovice, data převzata z [16]

Rok uvedení do provozu	1944
Celkový instalovaný výkon	22,5 MW
Počet turbín	2
Typ turbíny	Kaplan
Obsah nádrže	10,4 mil.
Rozsah spádu	14,5 - 20,1 m



Obrázek č. 17: Vodní dílo Štěchovice, převzato z [15]

2.2.3 Vodní elektrárna Slapy

První velkou stavbou po II. Světové válce byla vodní elektrárna Slapy. Vodní dílo Slapy je umístěno v místě bývalých „Svatojánských proudů“. Napuštění nádrže Slapské přehrady proběhlo neobvyklým způsobem. Při povodni v roce 1954 byla nádrž plná během několika dní. Hlavním účelem Slapské přehrady je využití průtoku a spádu řeky, který vodní elektrárně poslouží k výrobě špičkové elektrické energie. Plného výkonu je elektrárna schopna dosáhnout za 136 vteřin. Z centrálního dispečinku ve Štěchovicích se dle potřeby celostátní energetické soustavy dálkově reguluje výkon slapské elektrárny. Kolísání odtoku z elektrárny Slapy vyrovnává nádrž ve Štěchovicích spolu s nádrží ve Vraném. [16] [30] [15]

Tabulka č. 3: Souhrnné informace k vodnímu dílu Slapy, data převzata z [16]

Rok uvedení do provozu	1955
Celkový instalovaný výkon	144 MW
Počet turbín	3
Typ turbíny	Kaplan
Obsah nádrže	269,3 mil.
Rozsah spádu	27,4 - 56 m



Obrázek č. 18: Vodní dílo Slapy, převzato z [15]

2.2.4 Vodní elektrárna Kamýk

Vodní dílo Kamýk bylo budované současně s vodním dílem Orlík. Elektrárna se nachází na levém břehu řeky. Hlavním důvodem vybudování bylo především pro vyrovnání kolísavého odtoku ze špičkové elektrárny Orlík, ale současně je též využívána k výrobě elektrické energie. Vodní dílo Kamýk je vybaveno plavební komorou pro spojení lodní dopravy provozované na slapské a Kamýčké nádrži. Nachází se na pravém břehu řeky a je schopna přepravit plavidla do maximální hmotnosti 300 t. Vedle této plavební komory se nachází kolejová dráha, která umožňuje na speciálních vozících přepravovat malá sportovní plavidla. [16] [30] [15]

Tabulka č. 4: Souhrnné informace k vodnímu dílu Kamýk, data převzata z [16]

Rok uvedení do provozu	1961
Celkový instalovaný výkon	40 MW
Počet turbín	4
Typ turbíny	Kaplan
Obsah nádrže	12,98 mil.
Rozsah spádu	11,5 - 16 m



Obrázek č. 19: Vodní dílo Kamýk, převzato z [15]

2.2.5 Vodní elektrárna Orlík

Vodní elektrárna Orlík je hlavní doménou Vltavské kaskády. Elektrárna se nachází na levém břehu řeky. Plného zatížení je schopna dosáhnout za 128 vteřin. Vodní elektrárna Orlík se významně podílí na řízení celostátní energetické soustavy a na výrobě levné, ekologicky čisté a špičkové elektrické energie. Vodní dílo je úzce spjato s nádrží přehrady Kamýk, která slouží k vyrovnávání kolísavého odtoku špičkové elektrárny Orlík. Jde o nejobtímější akumulaci nádrží v České republice. Při pravém břehu řeky je umístěné zařízení pro malá sportovní plavidla. Přeprava je vyřešena plošinovým vozíkem. Hlavními účely přehrady jsou zejména akumulace vody a ochrana před povodněmi. V roce 2002 při povodni se vodní dílo Orlík velice osvědčilo a zvládlo si poradit i s vodou mnohem větší než na jakou bylo dimenzováno. [16] [30] [15]

Tabulka č. 5: Souhrnné informace k vodnímu dílu Orlík, data převzata z [16]

Rok uvedení do provozu	1961
Celkový instalovaný výkon	364 MW
Počet turbín	4
Typ turbíny	Kaplan
Obsah nádrže	720 mil.
Rozsah spádu	45 - 71,5 m



Obrázek č. 20: Vodní dílo Orlík, převzato z [15]

2.2.6 Vodní elektrárna Kořensko

Hlavní funkcí díla Kořensko je udržovat stálou hladinu a tím odstranit hygienické a estetické závady v městské aglomeraci Týna nad Vltavou, způsobené kolísáním hladiny zdrže Orlík. Samotná elektrárna se nachází na levém břehu mezi plavební komorou a jezem. Plavební komora na levém břehu je dimenzovaná pro lodě do nosnosti 300 t. Do savek elektrárny jsou zaústěny řízené odpady z Jaderné elektrárny Temelín, jejichž potenciální tlaková energie je využita v malé vodní elektrárně o výkonu 980 kW v objektu jaderné elektrárny na levém břehu. [16] [30] [15]

Tabulka č. 6: Souhrnné informace k vodnímu dílu Kořensko, data převzata z [16]

Rok uvedení do provozu	1992
Celkový instalovaný výkon	3,8 MW
Počet turbín	2
Typ turbíny	Kaplan
Obsah nádrže	2,8 mil.
Rozsah spádu	2 - 6,2 m



Obrázek č. 21: Vodní dílo Kořensko, převzato z [15]

2.2.7 Vodní elektrárna Hněvkovice

Vodní dílo Hněvkovice jsou spolu s vodním dílem Kořensko nejnovějšími stupni Vltavské kaskády. O vybudování bylo uvažováno již po 1. světové válce, ale až výstavba elektrárny Temelín definitivně rozhodla o zrealizování vodního díla Hněvkovice. Vodní elektrárna Hněvkovice byla tedy postavena v souvislosti s výstavbou Jaderné elektrárny Temelín. Nádrž slouží k využívání hydroenergetického potenciálu v polo špičkové vodní elektrárně. Dále se využívá jako rezervoár technologické vody pro areál temelínské elektrárny. Elektrárna se nachází na levém břehu řeky. U pravého břehu řeky se nachází plavební komora pro lodě do nosnosti 300 t. [16] [30] [15]

Tabulka č. 7: Souhrnné informace k vodnímu dílu Hněvkovice, data převzata z [16]

Rok uvedení do provozu	1992
Celkový instalovaný výkon	9,6 MW
Počet turbín	2
Typ turbíny	Kaplan
Obsah nádrže	21,1 mil.
Rozsah spádu	9,3 - 14,8 m



Obrázek č. 22: Vodní dílo Hněvkovice, převzato z [15]

2.2.8 Vodní elektrárna Lipno I

Nádrž vodní elektrárny Lipno I představuje svou plochou největší umělé jezero. Nádrž vody je využívána pro víceleté řízení odtoku. Důvodem vybudování byla ochrana území před povodněmi a výroba elektrické energie. Díky regulacím odtoku se zvětšují minimální průtoky, omezují povodňové špičky a zvyšuje se výroba v ostatních elektrárnách Vltavské kaskády. Vodní elektrárna Lipno I vyrábí levnou, ekologicky čistou špičkovou elektrickou energii. Dále slouží pro regulaci výkonu celostátní energetické soustavy. Je schopna na plný výkon najet za 150 vteřin. Kvůli kolísání odtoku byla vybudována malá průtočná vodní elektrárna Lipno II sídlící pod Lipnem I. [16] [30] [15]

Tabulka č. 8: Souhrnné informace k vodnímu dílu Lipno I, data převzata z [16]

Rok uvedení do provozu	1959
Celkový instalovaný výkon	120 MW
Počet turbín	2
Typ turbíny	Francis
Obsah nádrže	309,5 mil.
Rozsah spádu	149,4 - 161,7 m



Obrázek č. 23: Vodní dílo Lipno I, převzato z [15]

2.2.9 Vodní elektrárna Lipno II

Vodní elektrárna Lipno II je nedílnou součástí elektrárny Lipno I a slouží zejména k vyrovnávání odtoku z této špičkové vodní elektrárny. Tato malá polo špičková vodní elektrárna se nachází na levém břehu řeky. Vodní elektrárna Lipno II je plně automatizovaná, bezobslužná a dálkově ovládaná z dispečinku ve Štěchovicích a z elektrárny Lipno I. Kromě trvalé výroby z vyrovnaného průtoku umožňuje Lipno II špičkový provoz elektrárně Lipno I. [16] [30] [15]

Tabulka č. 9: Souhrnné informace k vodnímu dílu Lipno II, data převzata z [16]

Rok uvedení do provozu	1957
Celkový instalovaný výkon	1,5 MW
Počet turbín	1
Typ turbíny	Kaplan
Obsah nádrže	1,68 mil.
Rozsah spádu	4 - 10 m



Obrázek č. 24: Vodní dílo Lipno II, převzato z [15]

3 Využití řeky Vltavy

3.1 Energetické využití

O využití řeky Vltavy z energetického hlediska se začalo uvažovat někdy kolem začátku 20. století. Na řece Vltavě je k dnešnímu dni postaveno devět vodních elektráren. Tato vodní díla spadají pod tzv. Vltavskou kaskádu. O jednotlivých vodních dílech a o jejich nainstalovaných výkonech jsem se zmínil v předchozí kapitole. Celkový součet instalovaných výkonů na Vltavské kaskádě činí 719,28 MW. Na celé délce Vltavy se nachází ale mnohem více elektráren než jen samotná Vltavská kaskáda. Pracuje zde celkem 35 vodních elektráren. Celkový instalovaný výkon na řece Vltavě je 747,735 MW. Za rok všechny elektrárny na řece Vltavě vyrobí 1480 GWh elektrické energie. Této hodnoty dosáhne pomocí 72 turbín, z čehož je 53 Kaplanových, 17 Francisových a pouhé dvě Bánkiho. Celková výroba elektřiny vodními elektrárnami na celém území České republiky činí 2835 GWh. Samotná řeka Vltava dodává okolo 1,5% celkové elektrické energie, která se na území České republiky vyrobí za rok.



Obrázek č. 25: VD Vltavské kaskády na řece Vltavě, převzato z [15]

Tabulka č. 10: VD Vltavské kaskády s roční výrobou a jejich výkony, data převzata z [16]

Vodní dílo	Výkon [MW]	Průměrná roční výroba [GWh]
VD Vrané	13,88	53,5
VD Štěchovice	22,5	102,1
VD Slapy	144	393,9
VD Kamýk	40	92
VD Orlick	364	490,4
VD Hněvkovice	9,6	30,7
VD Kořensko	3,8	12,6
VD Lipno II	1,5	5,44
VD Lipno I	120	146,9
Celkový součet	719,28	933,64

Výroba elektrické energie vodními elektrárnami se každým rokem různí. Vodní elektrárny jsou odkázané na průtok vody, který určuje, kolik je možné vyrobit elektrické energie. Elektrárny jsou tedy odkázané na množství vody, kterým disponují. Při extrémním suchu je velmi omezen průtok vody a je možné, že vodní elektrárny nevyrobí tolik elektrické energie, kolik bychom si přáli. Kupříkladu za 2015 vyrobila vodní elektrárna Orlick nejméně elektrické energie za období své existence. [13] [30] [32]

3.2 Dopad na životní prostředí vodních děl

Zkoumání vlivu dopadu na životní prostředí je velice důležité. U každé výstavby nového vodního díla musíme hledět na mnoho faktorů. Jedním z nejdůležitějších faktorů je zhodnocení umístění v daných přírodních podmínkách a jeho prozkoumání. Poté je také důležité provést studii o vlivu nádrže na životní prostředí. Dalšími vlivy, které musíme zohlednit, jsou vlivy na ovzduší, klimatické změny, vlivy na obyvatelstvo, ekosystémy, podzemní a povrchové vody, ale také kupříkladu vlivy na kulturní památky.

Výběr místa pro výstavbu přehrady je obtížný, jelikož neexistují dvě stejná povodí. U každého musíme přihlídnout k místu, kde se nachází, k tzv. geologickým podmínkám. Výstavbu elektrárny musíme začlenit do okolního prostředí tak, aby nedošlo k narušení místního krajinného rázu. Pokud při výstavbě a posléze výrobě elektřiny dodržujeme všechny normy, nazýváme vodní elektrárny velmi čistým provozem.

Zajištění dopadu na živočichy žijící ve vodách musí být také podchyceno. Správně řešená vodní elektrárna je charakterizovaná velmi nízkou hlučností a také šetrností k vodním živočichům. Co se týče hlučnosti vodních elektráren, musí být co nejméně hlučné právě kvůli živočichům žijícím ve vodách, ale také kvůli lidem žijícím poblíž vodních elektráren. Pro živočichy žijící ve vodách jsou budovány tzv. rybí přechody, které pomáhají eliminovat vzniklou migrační bariéru.

Vodní elektrárny negativně ovlivňují vodní toky. Dochází ke změnám průtokových režimů v dané lokalitě, což vede ke změnám teplot a snižování potravní základny. To všechno vlivem rozkolísanosti průtoků a zhoršení kvality vod. V mnoha případech také dochází ke zvýšení kvantity organické hmoty v podjezí, což může vyvrcholit i ve zvýšený úhyn ryb.

U vodních elektráren je oproti tepelným a jaderným jedna z největších výhod ta, že nemáme odpad, který by ničil naši krajinu a znečišťoval ovzduší. Vodní elektrárny jsou tedy velice šetrné ke klimatu. K čemu nejsou šetrné, jsou plochy, které musíme obětovat k výstavbě těchto vodních elektráren. Mnohdy se nejedná pouze o zásah do krajiny, ale také do měst, kde žijí velké populace lidí. V naší domovině je asi nejvíce známá vodní nádrž Orlická, kde bylo zatopeno mnoho vesnic a osad. [33] [34] [35] [1] [3]

3.2.1 Emise

Ve srovnání s uhelnými elektrárnami jsou u vodních elektráren emise nulové. Uhlé elektrárny zatěžují životní prostředí převážně oxidy síry, oxidy dusíku, oxidem uhličitým a v neposlední řadě tuhými znečišťujícími látkami. [17]

Tabulka č. 11: Emisní koeficienty výroby energie hnědouhelnou elektrárnou, převzato z [17]

Při výrobě 1 MWh_e vzniknou následující emise:

Emise	Tuhé látky [kg/MWh _e]	SO ₂ [kg/MWh _e]	NO _x [kg/MWh _e]	CO [kg/MWh _e]	CO ₂ [kg/MWh _e]
Energetické uhlí	3,000	5,300	7,700	0,650	1213,0

Tabulka č. 12: Tepelné elektrárny na území České Republiky, data převzata z [36]

Elektrárna	Celkový instalovaný výkon [MW]	Roční výroba elektřiny (GWh)
Prunéřov II	1050	6 363
Počerady	1000	7 019
Chvaletice	800	3 171
Dětmarovice	800	2 697
Tušimice II	800	1 905
Mělník III	500	2 412
Prunéřov I	440	2 878
Vřesová	370	2 138
Opatovice	378	2 023
Mělník I	352	1 439
Kladno - Dubská	472	1 585
Ostrava-Kunčice	254	1 195
Komořany	239	558
Mělník II	220	1 350
Ledvice 2	220	1 439
Vřesová (teplárna)	220	1 620
Tisová I	184	785
Třebovice	174	910
Poříčí	165	593
Plzeň	149	656
Praha - Malešice	122	158
Štětí	113	602
Litvínov T700	112	814
Tisová II	112	756
Ledvice 3	110	651
Hodonín	105	430
Celkem v tabulce	13 355	74 430

Tabulka č. 13: Tepelné elektrárny na území České Republiky a jejich emise, data převzata z [36]

Elektrárna	Tuhé látky [kg/GWh _e]	SO ₂ [kg/GWh _e]	NO _x [kg/GWh _e]	CO [kg/GWh _e]	CO ₂ [kg/GWh _e]
Pruněrov II	19089,00	33723,90	48995,10	4135,95	7718319
Počerady	21057,00	37200,70	54046,30	4562,35	8514047
Chvaletice	9513,00	16806,30	24416,70	2061,15	3846423
Dětmarovice	8091,00	14294,10	20766,90	1753,05	3271461
Tušimice II	5715,00	10096,50	14668,50	1238,25	2310765
Mělník III	7236,00	12783,60	18572,40	1567,8	2925756
Pruněrov I	8634,00	15253,40	22160,60	1870,7	3491014
Vřesová	6414,00	11331,40	16462,60	1389,7	2593394
Opatovice	6069,00	10721,90	15577,10	1314,95	2453899
Mělník I	4317,00	7626,70	11080,30	935,35	1745507
Kladno - Dubská	4755,00	8400,50	12204,50	1030,25	1922605
Ostrava-Kunčice	3585,00	6333,50	9201,50	776,75	1449535
Komořany	1674,00	2957,40	4296,60	362,7	676854
Mělník II	4050,00	7155,00	10395,00	877,5	1637550
Ledvice 2	4317,00	7626,70	11080,30	935,35	1745507
Vřesová (teplárna)	4860,00	8586,00	12474,00	1053	1965060
Tisová I	2355,00	4160,50	6044,50	510,25	952205
Třebovice	2730,00	4823,00	7007,00	591,5	1103830
Poříčí	1779,00	3142,90	4566,10	385,45	719309
Plzeň	1968,00	3476,80	5051,20	426,4	795728
Praha - Malešice	474,00	837,40	1216,60	102,7	191654
Štětí	1806,00	3190,60	4635,40	391,3	730226
Litvínov T700	2442,00	4314,20	6267,80	529,1	987382
Tisová II	2268,00	4006,80	5821,20	491,4	917028
Ledvice 3	1953,00	3450,30	5012,70	423,15	789663
Hodonín	1290,00	2279,00	3311,00	279,5	521590
Celkem v tabulce	138441,00	244579,10	355331,90	29995,55	55976311

Největšími znečišťovateli ovzduší jsou u nás hnědouhelné elektrárny Počerady a Pruněrov. Všechny vodní elektrárny mají u každé složky nulu, protože se jedná o ekologicky čisté zdroje energie. [36]

Vodní elektrárny nevyprodukují naprosto žádné emise. Můžeme tedy vypočítat, kolik za rok nevyprodukujeme emisí díky vodním elektrárnám. O kolik kg/GWh_e ušetříme při výrobě elektrické energie vodními elektrárnami.

Tabulka č. 14: Emisní koeficienty výroby energie hnědouhelnou elektrárnou, převzato z [17]

Emise	Tuhé látky [kg/MWh _e]	SO ₂ [kg/MWh _e]	NO _x [kg/MWh _e]	CO [kg/MWh _e]	CO ₂ [kg/MWh _e]
Energetické uhlí	3,000	5,300	7,700	0,650	1213,0

Tabulka č. 15: Výpočty emisí ušetřené vodními elektrárnami, data převzata z [16]

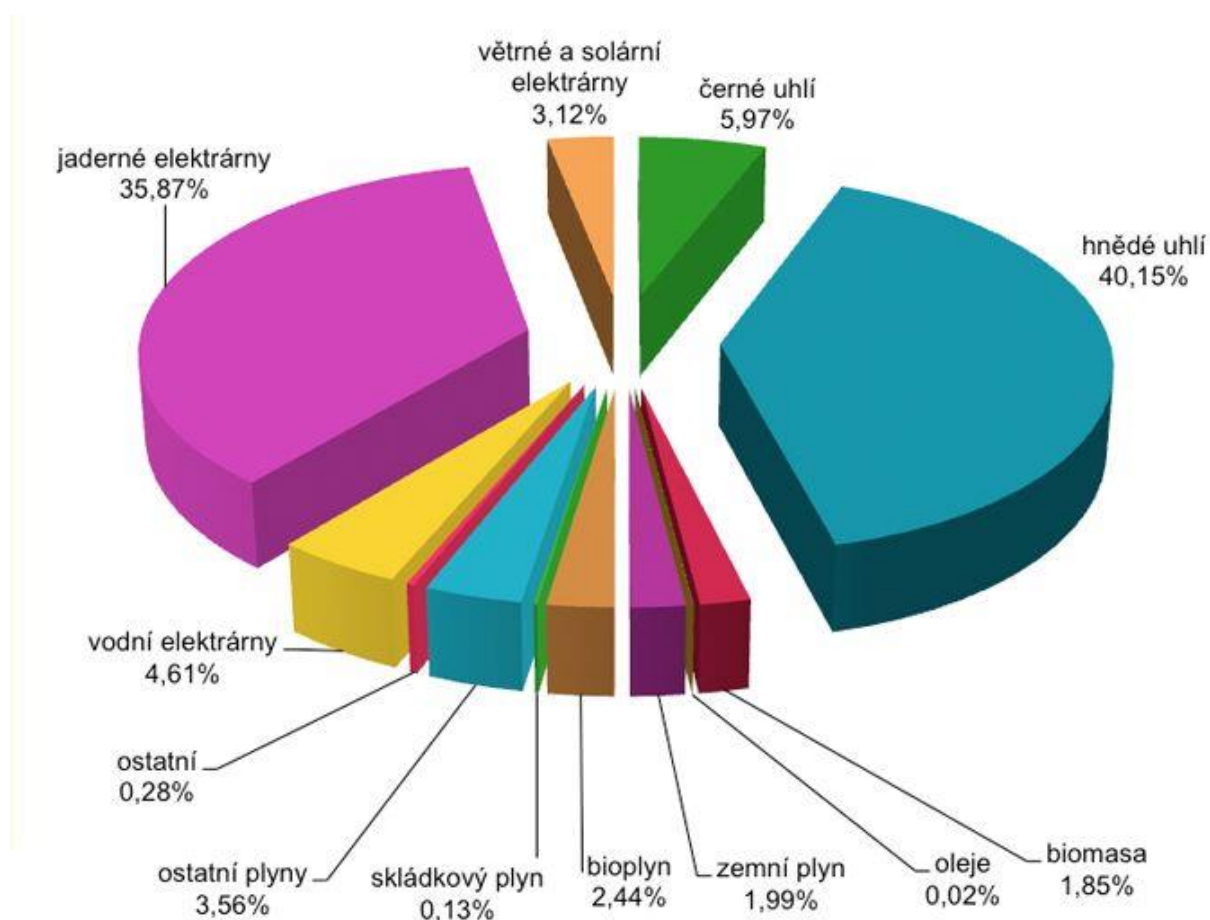
Vodní dílo	Průměrná roční výroba [GWh]	Tuhé látky [kg/GWh _e]	SO ₂ [kg/GWh _e]	NO _x [kg/GWh _e]	CO [kg/GWh _e]	CO ₂ [kg/GWh _e]
Vrané	53,5	160,5	283,55	411,95	34,775	64895,5
Štěchovice	102,1	306,3	541,13	786,17	66,365	123847,3
Slapy	393,9	1181,7	2087,67	3033,03	256,035	477800,7
Kamýk	92	276	487,6	708,4	59,8	111596
Orlík	490,4	1471,2	2599,12	3776,08	318,76	594855,2
Hnědkovice	30,7	92,1	162,71	236,39	19,955	37239,1
Kořensko	12,6	37,8	66,78	97,02	8,19	15283,8
Lipno II	5,44	16,32	28,832	41,888	3,536	6598,72
Lipno I	146,9	440,7	778,57	1131,13	95,485	178189,7
Celkový součet	1327,54	3982,62	7035,962	10222,058	862,901	1610306,02



Obrázek č. 26: Elektrárna Prunéřov, převzato z [15]

3.3 Energetické využití vodních děl v porovnání s ostatními elektrárnami

Vodní elektrárny tvoří jen male procento z celkové výroby elektřiny v České Republice. Nejproduktivnějšími elektrárnami jsou elektrárny uhelné s 46 %, dále se za nimi drží se 36 % jaderné elektrárny. Nejméně vyrobí vodní elektrárny s pouhými 5 %. V České Republice je snaha o dosažení co největšího využití obnovitelných zdrojů. Zatím však vedou uhelné elektrárny v celkovém součtu a to ještě pár let zůstane. [13] [32] [37]



Obrázek č. 27: Čistá výroba elektřiny podle paliva, převzato z [13]

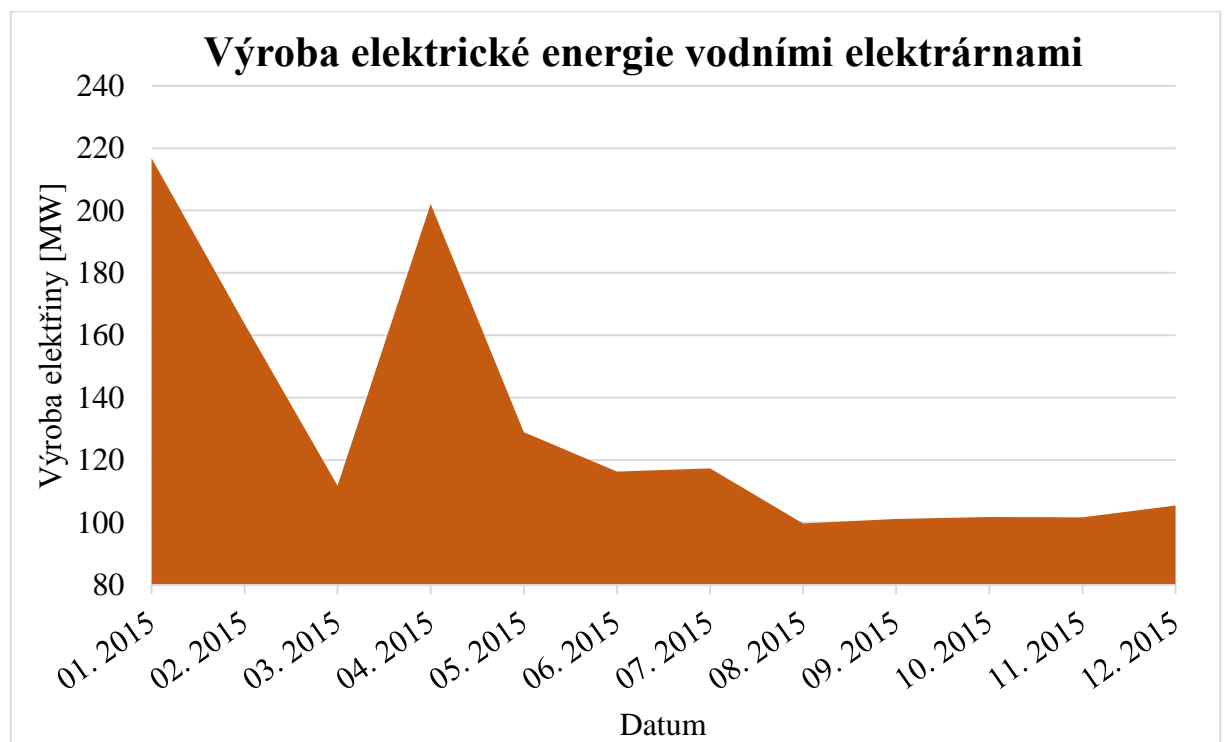
V současné době se drží výroba elektrické energie v České Republice okolo 87 TWh. Spotřeba elektrické energie se za posledních několik let pohybuje okolo 70 TWh. [14]

Tabulka č. 16: Výroba elektrické energie všemi elektrárnami na území České Republiky, převzato z [31]

	2011	2012	2013	2014
Výroba elektřiny brutto	87 560,6	87 573,7	87 064,9	86 003,4
Jaderné (JE)	28 282,6	30 324,2	30 745,3	30 324,9
Parní (PE)	49 973,0	47 261,0	44 737,0	44 419,3
Paroplynové (PPE)	2 344,4	2 200,4	2 092,8	2 204,7
Plynové a spalovací (PSE)	1 610,7	2 234,7	3 179,6	3 494,4
Vodní (VE)	2 134,1	2 231,5	2 856,4	1 909,2
Přečerpávací (PVE)	700,9	731,4	905,3	1 051,5
Větrné (VTE)	396,8	417,3	478,3	476,5
Fotovoltaické (FVE)	2 118,0	2 173,1	2 070,2	2 122,9

Tabulka č. 17: Celková potřeba elektrické energie na území České Republiky, převzato z [31]

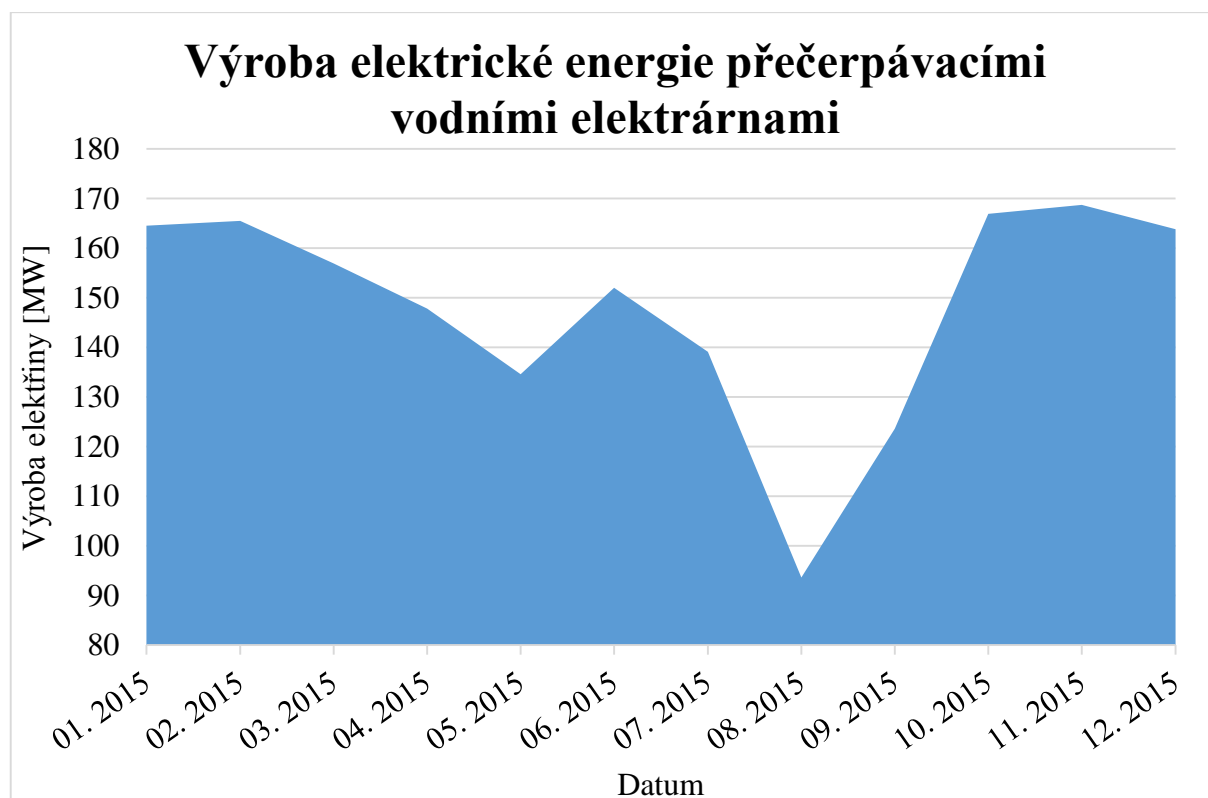
	2011	2012	2013	2014
Výroba elektřiny brutto	87 561	87 574	87 065	86 003
Výroba elektřiny netto	81 028	81 088	80 858	79 886
Technologická vlastní spotřeba elektřiny na výrobu elektřiny	6 533	6 485	6 207	6 117
Tuzemská brutto spotřeba	70 517	70 453	70 177	69 622
Tuzemská netto spotřeba	58 634	58 799	58 656	58 295
Technologická vlastní spotřeba elektřiny na výrobu elektřiny	6 533	6 485	6 207	6 117
Celkové ztráty	4 405	4 187	4 098	3 847
Spotřeba na přečerpání PVE	944	982	1 217	1 363



Graf č. 1: Výroba elektrické energie vodními elektrárnami za rok 2015, data převzata z [19]

Tabulka č. 18: Výroba elektrické energie vodními a přečerpávacími elektrárnami, data převzata z [19]

Datum	vodní elektrárny [MW]	přečerpávací vodní elektrárny [MW]
01. 2015	216,8	164,5
02. 2015	163,6	165,5
03. 2015	111,8	156,9
04. 2015	202,1	147,8
05. 2015	128,9	134,6
06. 2015	116,3	152
07. 2015	117,3	139,1
08. 2015	99,7	93,6
09. 2015	101,1	123,6
10. 2015	101,7	166,9
11. 2015	101,6	168,7
12. 2015	105,4	163,8
Celkem	1566,3	1777



Graf č. 2: Výroba elektrické energie přečerpávacími vodními elektrárnami za rok 2015, data převzata z [19]

4 Pohled do budoucnosti

V současné době společnost ČEZ pracuje na projektu o zvýšení účinnosti elektráren Vltavské kaskády. Realizace tohoto projektu je na elektrárně Vrané nad Vltavou, nejstarší elektrárně Vltavské kaskády. Projekt by měl být hotov do roku 2018. Hlavním cílem tohoto projektu je dosáhnout vyššího využití přírodního zdroje energie. Vltavská kaskáda by tak měla vzrůst o 4-5 %, což dělá o 33 GWh více.

V České Republice se v následujících letech uvažuje o vybudování nových vodních elektráren. Jedná se konkrétně o přečerpávací vodní elektrárny, které by se nacházely v horských lokalitách. Lukrativní oblast, která byla vytipovaná pro stavbu, je kupříkladu Slavíč u Frýdku-Místku, který byl nejvhodnějším kandidátem. O této lokalitě se uvažovalo už před 40 lety, ale namísto toho byla vybrána jiná lokalita, a to Dlouhé Stráně. V případě výstavby nové vodní elektrárny v lokalitě Slavíč, by svým plánovaným výkonem 1124 MW překonala současnou největší vodní elektrárnu v České Republice a to Dlouhé Stráně.

Některé plány o vybudování nových přečerpávacích vodních elektrárnách jsou více realistické. V lokalitě Šumný Důl v Krušných horách byli v roce 2009 podniknuty první kroky k přípravě projektu o výstavbě této elektrárny. Elektrárna má mít instalovaný výkon 880 MW a má být zprovozněná do roku 2020.

Další možností je vybudování přečerpávací vodní elektrárny Spálená na hoře Spálený vrch. V případě realizace by byla budována podobně jako Dlouhé Stráně, tzv. horní nádrž vyhloubena v hoře a spodní řešená jako přehrada. Předpokládaný výkon je 880 MW.

Návrh v lokalitě Černá jáma v Krušných horách by znamenal vybudování přečerpávací vodní elektrárny o výkonu 674 MW.

Elektrárna Šmédavský vrch v Jizerských horách by v případě realizace nejen vyráběla elektřinu, ale také v případě potřeby zadržovala vodu. Lokalita je v posledních letech vystavovaná povodním a podle odborníků by toto vodní dílo mohlo velice pomoci. Bude dosahovat výkonu 620 MW a předpokládaným datem zprovoznění je rok 2025.

Jednou z možných lokalit je také oblast Velká Morava v masivu Králického Sněžníku. Vystavění vodního díla o výkonu 536 MW se bohužel neseťká s pozitivními ohlasy.

Budování nových malých vodních elektráren je v dnešní době problém. Mezi hlavní překážky pro další výstavbu je přístup ministerstva zemědělství. A možná jedním z největších problémů je v postavení státních podniků povodí. Jde o ekonomický subjekt, nikoliv o správní orgán, ale bez jeho vyjádření žádný vodoprávní úřad nic neudělá. Tedy veškerá vodoprávní řízení stojí a padají s vyjádřením Povodí. Podle některých vyjádření je u nás minimálně 60 vhodných lokalit k vybudování MVE, avšak žádné nové elektrárny se nebudují. [38] [39] [40]



Obrázek č. 28: Největší a nejvýkonnější vodní elektrárna na světě, převzato z [29]

5 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zhodnotit a popsat využití řeky Vltavy z energetického, historického a ekologického pohledu. Práci jsem tedy rozčlenil do jednotlivých bodů.

Obsahem jsou typy vodních elektráren a vodních turbín. Další kapitola je samotná Vltavská kaskáda, popsal jsem zde její historii a vodní díla, která se na ní nacházejí, a u každého z nich jsem vytvořil tabulku se základním přehledem, jako třeba rok uvedení do provozu, počet a druh turbín, instalovaný výkon, nebo objem nádrže a rozsah spádu. V kapitole číslo tři jsem se věnoval energetickému využití vodní energie a to konkrétněji Vltavské kaskády, kde jsem vytvořil tabulku průměrné roční spotřeby a celkový přehled instalovaného výkonu. Zaměřil jsem se také na zásah a konečný dopad vodních děl na životní prostředí, kde jsem popsal, co všechno zahrnuje vybudování nového vodního díla a jak velký zásah do krajiny to je, na druhou stranu provoz vodní elektrárny je naprosto čistý a ekologicky šetrný. Vodní elektrárny nevyprodukují žádné průmyslové odpady a nevypouštějí žádné škodliviny do ovzduší. Na rozdíl od uhelných elektráren se jedná o naprosto čisté zdroje energie. V podkapitole kapitoly číslo tři, Dopad na životní prostředí děl jsem vytvořil tabulky s přehledem, kolik vyprodukují emise uhelné elektrárny za roční výrobu a kolik nevyprodukují emise vodní elektrárny za roční výrobu. Další podkapitolu jsem věnoval porovnání, kolik procent výroby elektrické energie tvoří jaká elektrárna. Vodní elektrárny jako obnovitelné zdroje energie tvoří bohužel jen pouhých 4,6 % z celkové produkce elektrické energie. Největší procento stále mají uhelné elektrárny se 46 %.

Vodní energie má v České republice největší podíl na výrobě elektrické energie z představitelů obnovitelných zdrojů energie. Nejlepší možné využití vodní energetiky je v oblastech prudkých toků s velkými spády. Je možné říci, že v tomto odvětví nemžeme očekávat velký rozvoj do budoucích let, jelikož potenciál pro nová vodní díla o vysokém výkonu je takřka vyčerpán. Jediné vodní elektrárny, které je možné na našem území budovat jsou buďto, malé vodní elektrárny nebo přečerpávací vodní elektrárny.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] J. ŠKORPIL, J.M. *Obnovitelné zdroje energie I: vodní elektrárny*. 2. vyd., přeprac. V Plzni: Západočeská univerzita, Elektrotechnická fakulta, 2000. ISBN 9788070826751.
- [2] BROŽ, Karel a Bořivoj ŠOUREK. *Alternativní zdroje energie*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003, 213 s. ISBN 80-01-02802-x.
- [3] KAMINSKÝ, Jaroslav a Mojmír VRTEK. *Obnovitelné zdroje energie*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Strojní fakulta, 1998, 96 s. ISBN 80-7078-445-8.
- [4] Vlastimil, Josef. *Vodní turbíny* [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.vodniturbiny.cz/index.php?linkid=08>
- [5] Copyright Simopt, s.r.o. [online]. 1999 [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/vykladovy-slovník-energetiky/hesla/kaplan_turb.html
- [6] en.wikipedia.org [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/43/Water_turbine.svg/643px-Water_turbine.svg.png
- [7] ČKD Blansko. *Dalešice* [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.ckdblansko.cz/o-nas/referencni-projekty-spolecnosti/francisovy-turbiny/francisova-rev-turbina/dalesice>
- [8] Turbinenarten. *Bayerische Landeskraftwerke* [online]. [2015] [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.landeskraftwerke.de/turbinenarten.htm>
- [9] *Design and calculations for the cross-flow turbine* [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.pumpfundamentals.com/micro-hydro-banki.htm>
- [10] en.wikipedia.org [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/54/Ossberger_turbine.jpg
- [11] nstvanja.files.wordpress.com. [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <https://nstvanja.files.wordpress.com/2014/03/d0bfd0b5d0bbd182d0bed0bdd0bed0b2d0b0-d182d183d180d0b1d0b8d0bdd0b0.jpg>
- [12] exatecno.net. [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.exatecno.net/ampliacion/energia/TurbinaPelton04.jpg>
- [13] elektrina.cz. *Výroba elektřiny v ČR* [online]. 2014. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.elektrina.cz/vyroba-elektriny-v-cr-nejvic-energie-stale-ziskavame-z-uhelnych-elektren>

- [14] SKUPINA ČEZ. *Energetika v ČR* [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/cisla-a-statistiky/energetika-v-cr.html>
- [15] SKUPINA ČEZ. *Vodní elektrárny ČEZ v České republice* [online]. 2015. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/voda/vodni-elektrarny-cez/ceska-republika.html>
- [16] Povodí Vltavy. *Vodní díla a nádrže* [online]. 2013. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.pvl.cz/vodohospodarske-informace/vodni-dila/vodni-dila-a-nadrze>
- [17] KAREL SRDEČNÝ, Jan Truxa. *Obnovitelné zdroje energie v jižních Čechách a Horním Rakousku*. Praha: EkoWATT, 2000. ISBN 9788023865844.
- [18] Pavelčík Vojtěch. *Stará Vltava* [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.stara-vltava.cz/gal/proudy.html>
- [19] ČEPS,a.s.. *Výroba* [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.ceps.cz/CZE/Data/Vsechna-data/Stranky/Vyroba.aspx>
- [20] DIERET. *Hydro power* [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.inforse.org/europe/dieret/Hydro/hydro.html>
- [21] Škorpík Jiří. *Lopatkový stroj* [online]. 2014. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.transformacni-technologie.cz/lopatkovy-stroj.html>
- [22] Škorpík Jiří. *Využití energie vodního spádu* [online]. 2013. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.transformacni-technologie.cz/vyuziti-energie-vodniho-spadu.html>
- [23] Povodí Vltavy. *Vltavská kaskáda* [online]. 2013. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.pvl.cz/vodohospodarske-informace/vodni-dila/vltavska-kaskada>
- [24] VisitVltava.cz. *Vodní díla na Vltavě* [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.visitvltava.cz/cz/vodni-dila-na-vltave/49/>
- [25] *Vltavská kaskáda* [online]. 2007. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.slapynadvltavou.cz/slapy/vltava-slapy-prehrada/228-vltavska-kaskada>
- [26] Majling Eduard. *Vodní elektrárny v ČR: Vltavská kaskáda – 1. část* [online]. 2015. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrarny-cr/vodni-elektrarny-v-cr-vltavska-kaskada-1-cast/>
- [27] Majling Eduard. *Vodní elektrárny v ČR: Vltavská kaskáda – 2. část* [online]. 2015. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrarny-cr/vodni-elektrarny-v-cr-vltavska-kaskada-2-cast/>
- [28] Wikiwand. *Vltavská kaskáda* [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: http://www.wikiwand.com/cs/Vltavsk%C3%A1_kask%C3%A1da

- [29] Majling Eduard. *Tři soutěsky – královna všech elektráren* [online]. 2015. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/wp-content/uploads/2015/05/three-gorges-dam-725x465.jpg>
- [30] TV-Adams. *Interaktivní mapa vodní elektráren v ČR* [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: http://www.tv-adams.wz.cz/vodni_elektrarny-pla.html
- [31] Energetický regulační úřad. *Roční zpráva provoz ES 2014* [online]. 2014. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2014.pdf/933fc41a-ad79-4282-8d0f-01eb25a63812.
- [32] Energetický regulační úřad. *Elektroenergetika ČR* [online]. 2012. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://energostat.cz/elektrina.html>
- [33] SKUPINA ČEZ. *Dopady na životní prostředí* [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/zvazovana-dostavba-elektrarny-temelin/dopady-na-zivotni-prostredi.html>
- [34] Svoboda Jaroslav. *Vliv energetiky na životní prostředí* [online]. 2010. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://vedaprovsechny.blog.cz/1006/vliv-energetiky-na-zivotni-prostredi>
- [35] Envic. *Vliv malých vodních elektráren na životní prostředí* [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.envic.cz/faq/energie/jaky-je-vliv-malych-vodnich-elektraren-na-zivotni-prostredi.htm>
- [36] *Seznam tepelných elektráren v Česku* [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam_tepeln%C3%BDch_elektr%C3%A1ren_v_%C4%8Cesku
- [37] Prošková Tereza. *Vodní elektrárny v České republice* [online]. 2010. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/vodni-energie/vodni-elektrarny-v-ceske-republice-kolik-vyrobi-elektriny.aspx>
- [38] Cech provozovatelů MVE. *K rozvoji Malých vodních elektráren* [online]. 2016. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.cehmve.cz/aktualni-situace-v-oboru/k-rozvoji-malych-vodnich-elektraren.html>
- [39] Tmavský Jiří. *Situace v oblasti MVE v České republice* [online]. 2016. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://energie21.cz/situace-v-oblasti-mve-v-ceske-republice/>
- [40] Ekobonus.cz. *Kde se vyrábí ekologická energie?* [online]. 2011. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.ekobonus.cz/kde-se-vyrabi-ekologicka-energie-ve-vodnich-elektrarnach->