

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2015

Petra KOLÁŘOVÁ

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A
ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ



FIKTIVNÍ BLOK VLTAVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.
Bakalant: Petra Kolářová

2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. Mgr. Marka Vacha, Ph.D. a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Příbrami 1. 3. 2015

.....

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Mgr. Markovi Vachovi, Ph.D. za ochotu, cenné rady a připomínky, kterými přispěl k vypracování této bakalářské práce. Dále pak své rodině za její trpělivost a psychickou podporu.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se věnuje především výrobě elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie v ČR. Největší část práce je věnována výrobě vodní energie s důrazem na hydroelektrárny na Vltavské kaskádě.

V práci jsou popsána a charakterizována jednotlivá díla Vltavské kaskády a přilehlých hydroelektráren. Dále je práce zaměřena na charakteristiku a popis výroby elektrické energie z jednotlivých obnovitelných zdrojů energie. V cílech práce jsou popsány výhody a nevýhody jednotlivých obnovitelných zdrojů a hodnoty a číselná data, která vyjadřují množství vyrobené elektrické energie.

Práce je směřována k tomu vyzdvihnout vodní energii jako takovou, se zaměřením na výrobu elektrické energie ve vodních elektrárnách Vltavské kaskády.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Vltavská kaskáda, vodní dílo, přehrada, vodní elektrárna, výroba elektrické energie, obnovitelné zdroje.

ABSTRACT:

This thesis focuses primarily on production of electricity from renewable energy sources in Czech Republic. The largest part is devoted to the production of hydropower with emphasis on the Vltava cascade hydropower station.

In this work are described and characterized individual work Vltava cascade and adjacent hydropower stations. Also is this work focused on characteristics and description of the production of electricity from various renewable energy sources. The objectives of this theses describes the advantages and disadvantages of renewable energy sources and values and numerical data, which represent the amount of electricity produced.

The work is directed to highlight hydropower as such with focus on production of electricity in hydroelectric power plants Vltava cascade.

KEYWORDS:

Vltava Cascade, water works, barrier, hydroelectric power station, production of electricity, renewable energy sources.

OBSAH

ABSTRAKT

KLÍČOVÁ SLOVA

ABSTRACT

KEYWORDS

PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK, VELIČIN A JEJICH JEDNOTEK

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce	2
3. Metodika práce.....	2
4. Literární rešerše	3
4.1 Historie řeky Vltavy	3
4.2 Charakter Vltavy	3
4.3 Využití vody.....	4
4.4 Vodní nádrže	5
4.5 Kaskáda nádrží	6
4.5.1 Hydroenergetický potenciál vodních toků u kaskády nádrží.....	7
4.6 Vltavská kaskáda.....	8
4.6.1 VD Vrané.....	8
4.6.2 VD Štěchovice	9
4.6.3 VD Slapy	11
4.6.4 VD Kamýk.....	12
4.6.5 VD Orlík	13
4.6.6 VD Kořensko	15
4.6.7 VD Hněvkovice	16
4.6.8 VD Lipno II	17
4.6.9 VD Lipno I.....	17
4.7 Obnovitelné zdroje energie	19
4.7.1 Výroba vodní energie	19
4.7.2 Výroba sluneční energie	26
4.7.3 Výroba větrné energie.....	29
4.7.4 Výroba energie z biomasy	30
4.7.5 Výroba energie z bioplynu a skládkového plynu.....	32
4.7.6 Geotermální energie.....	33

5. Výsledky	35
5.1 Porovnání jednotlivých obnovitelných zdrojů	35
5.1.1. Výhody OZE.....	35
5.1.2. Nevýhody OZE	37
5.2 Vyzdvižení vodní energie a výroby elektrické energie na vodních elektrárnách Vltavské kaskády	38
6. Diskuse	42
7. Závěr.....	43
PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	44
SEZNAM OBRÁZKŮ	50
SEZNAM TABULEK.....	51
SEZNAM PŘÍLOH.....	52
PŘÍLOHY	53

PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK, VELIČIN A JEJICH JEDNOTEK

VN – vodní nádrž

VD – vodní dílo

VE – vodní elektrárna

MVE – malá vodní elektrárna

PVE – přečerpávací vodní elektrárna

OZE – obnovitelné zdroje energie

VTE – větrná elektrárna

FVE – fotovoltaická elektrárna

P – výkon

W

Q – průtok

$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

ρ – měrná hmotnost vody

$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$

g – gravitační zrychlení

$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

i – označení úseku vodního toku

z – začátek úseku vodního toku

k – konec úseku vodního toku

H – výšková kóta úseku vodního toku

m

1. Úvod

Ve výrobě energie mají kromě fosilních paliv své nezastupitelné místo i obnovitelné zdroje. Z hlediska výroby elektrické energie nehrají sice rozhodující roli, ale jejich význam je značný. Ten především spočívá v šetrném přístupu k životnímu prostředí a také v možnostech budoucího využití ve větším rozsahu. V České republice se mezi základní obnovitelné zdroje energie řadí především energie vody, větru, slunečního záření, biomasy a bioplynu a v neposlední řadě také geotermální energie. Využití energie z OZE je stále aktuálnější, především z důvodu zvyšování cen fosilních paliv a jejich dřívějšímu nebo pozdějšímu vyčerpání. Na druhou stranu, budování zařízení na výrobu elektrické energie z OZE vyžadují sice vysoké počáteční investice ale jejich životnost a výroba poměrně levné elektřiny tento nedostatek předčí.

Zpravidla největší energetický význam v našich podmínkách zauímají vodní elektrárny. Nejzásadnější je jejich schopnost využívat hydroenergetický potenciál toků s vysokou účinností při minimálním dopadu na životní prostředí. V České republice se vodní elektrárny využívají především k zabezpečení dostatku elektrické energie ve špičce a k pokrytí krátkodobých výpadků výkonů. Jsou také zpravidla součástí vodních děl, které plní kromě energetických požadavků i jiné funkce.

Co se týče vodní energie, je u nás bezesporu nejznámější blok hydroelektráren na řece Vltavě. Tento blok je nazýván Vltavská kaskáda, kterou tvoří devět vodních děl, jejichž součástí jsou vodní elektrárny různého typu. Tyto hydroelektrárny produkují určité množství elektrické energie, která tvoří značný podíl ve výrobě elektřiny z obnovitelných zdrojů a tím významně přispívají do naší elektrizační soustavy.

2. Cíle práce

- Z dostupných zdrojů shromáždit informace o tématu týkající se Vltavské kaskády a výroby energie z obnovitelných zdrojů.
- Porovnání jednotlivých obnovitelných zdrojů.
- Vyzdvižení vodní energie a výroby elektrické energie na vodních elektrárnách Vltavské kaskády.

3. Metodika práce

- Konzultace se zaměstnanci ČEZ, a. s. o zvoleném tématu.
- Shromáždění potřebných materiálů z literárních a internetových zdrojů
- Studium získaných materiálů
- Hodnoty a číselná data v cílech práce byly zpracovány pomocí programu Microsoft Excel, ty byly čerpány z interních zdrojů společnosti ČEZ, a. s., internetových stránek Energetického regulačního úřadu a Ministerstva průmyslu a obchodu
- Zpracování veškerého materiálu do ucelené podoby bakalářské práce

4. Literární rešerše

4.1 Historie řeky Vltavy

Voda vždy pro člověka a celou naši planetu znamenala, znamená a bude znamenat život. Řeka Vltava, byla odedávna jako stádo divokých, vzpurných koní. Řeka, která dusala dno řeky, vydupávala si v údolí závodní dráhu, jež se hlouběji a hlouběji zarývala mezi stráně a vytvářela kaňony a strže. Nezkrotně pádila přes balvany a tryskem se pouštěla dolů po kamenných stěnách a s obrovskou energií podemílala skály. Splašená řeka vybíhala z koryta, rozdušávala chalupy a brala úrodu z polí. Lidé začali s řekou zápasit. Zachtělo se jim zkrotit její energii, a protože Vltava byla záludná, museli i lidé zvolit správnou taktiku. Generace za generací se snažila vyzrát nad řekou, útočila na nejcitlivějších místech, ale voda jako by se vysmívala lidskému snažení. Jednou, ale bude a musí sloužit člověku. „Vltavská kaskáda“, to byl název pro plán, kterým měla být krok za krokem řeka zkrocena. (HAŠKOVÁ, 1961).

4.2 Charakter Vltavy

Vltava vyniká několika zvláštnostmi. Ústí do ní například jen silné přítoky. Vltava vévodí českým řekám, i když se u Mělníka poslušně spojuje s Labem. Pramen Vltavy vysílá Šumava, u Českých Budějovic se k Vltavě připojuje Malše jako pravá větev stromu, jež tvoří povodí Vltavy. Pravou větev ještě doplňuje Lužnice, jejíž přítok potom vyrovnává z levé strany Otava, potok Mastník a Kocába. Poté k Vltavě přirůstají dvě silnější větve, zprava Sázava a zleva Berounka. Za Prahou k severu se k Vltavě přidává z pravé strany Labe, z levé pak Ohře. (HAŠKOVÁ, 1961).

Povodí Vltavy zaujímá plochu 28 088 km². Vltava začíná pod Černou horou na Šumavě a probíhá do svého ústí do Labe trať dlouhou 429,9 km. Pod Černou horou se prodírá svými ještě slabými prameny ve výši 1172 m. n. m., běží dolů a při soutoku Studené a Teplé Vltavy je ve výšce 729 m. n. m. Prudce se rozbíhá, vytváří peřeje, za 74 km, které urazí od soutoku k Rožmberku, sestoupí níže o 202 m. Sestoupí tedy téměř o 3 m za každý kilometr. Než uběhne dalších 66 km k Českým Budějovicím, opět klesne a to o 145 m a o dalších 77 m sníží svou nadmořskou výšku během dalších 72 km, na cestě ke Zvíkovu. Na této trati má tedy spád v průměru více jak jedem metr na jeden kilometr a podobně je tomu i na cestě od Zvíkova do Kamýku. Od Kamýku

do Štěchovic je spád ještě větší, a to 68 m na 52 km, ale dále je již řeka mírnější. Ze Štěchovic ku Praze za cestu 30 km dlouhou ztrácí jen 20 m spádu a z Prahy do Mělníka klesne za 50 km o 30 m. Soutok Labe a Vltavy je ve výšce asi 155 m. n. m. Tohoto prudkého spádu bylo třeba využít. (HAŠKOVÁ, 1961).

Tab. č. 1 - výčet vodních děl tvořících Vltavskou kaskádu

Vodní dílo	Říční km
Lipno I	329,540
Lipno II	319,120
Hněvkovice	210,390
Kořensko	200,405
Orlík	144,700
Kamýk	134,730
Slapy	91,694
Štěchovice	84,440
Vrané	71,325

Zdroj: (POVODÍ VLTAVY, 2013)¹.

4.3 Využití vody

Lidé začali uvažovat nad tím, jak využít energie řeky k jiným účelům než k plavení dřeva a roztáčení mlýnských kol dosti pozdě. První elektrárnu začali na Vltavě stavět v roce 1898 u Vyššího Brodu pod Čertovou stěnou. Tenkrát poprvé v dějinách bylo využito velkého spádu řeky. Vltava se začala dostávat do centra zájmu. Jedny návrhy dávaly podnět na vznik návrhů dalších. Nakonec se přistoupilo na návrh dostat z Vltavy vše, co nám může nabídnout. Nenechat v ní projít bez užitku ani kapku vody. Přehrady slibovaly mnohé. Jednak práci pro mnoho lidí, ekonomické vyzdvižení oblasti, následné příjmy z turistiky a rekreace a v neposlední řadě hlavně elektrickou energii. (CACÁK, KOUBA, 2008).

První projekty směřovaly pouze k tomu Vltavu splavnit, regulovat ji a využít pro zavlažování. Až teprve v 19. století vznikl nápad o využití vodní energie prostřednictvím vodních elektráren. Tak například projekt na vznik elektrárny ve Vyšším Brodě pochází z roku 1903 a následoval projekt z roku 1911, přehradu s plavebním zařízením a hydrocentrálou nad Štěchovicemi. Využití vodní energie začíná být prvořadé a s tím se začínají rýsovat první projekty na výstavbu „Vltavské kaskády“. I když zpočátku docházelo k rozporům mezi několika projekty kaskády, začala v roce 1930 výstavba přehradu Vrané, třebaže státní fond na výstavbu Vltavské kaskády byl založen až o rok později. Rokem 1938 započala výstavba vodního díla

Štěchovice. Původní plány byly později přehodnoceny a byla prosazena koncepce takzvaných vysokých stupňů. A právě výstavbou vodního díla Slapy, která začala v roce 1949, proběhla realizace tohoto záměru. V letech 1954 až 1955 už elektrárna Slapy představovala špičkový zdroj energie. Lipenská elektrárna začala dodávat energii v roce 1960. Zároveň byla v těchto letech zahájena práce na výstavbě Orlíka, naší největší přehrady a elektrárny. Vltavská kaskáda byla dále tvořena výstavbou přehrady Kamýk, která byla ukončena v roce 1962 a skončila výstavbou vodních děl Hněvkovice a Kořensko v roce 1991. Projekt kaskády zahrnoval i výstavbu dalších vodních děl v oblasti Českého Krumlova, Rájova a Dívčího Kamene, ale k jejich realizaci však nedošlo. (MEZERA M., MEZERA V., 2006).

4.4 Vodní nádrže

Vodní nádrž je charakterizována jako omezený prostor k hromadění vody pro další pozdější využití. Využití je různé, od zachycení povodňových průtoků pro ochranu údolí pod nádrží, přes vytvoření vodního prostředí až po úpravu vlastností vody. V době sucha lze v nádrži vytvořit zásobu vody, která se pro tyto účely nazývá zásobní neboli akumulací nádrž. Slouží pro oblasti, kde potřeba vody přesahuje potřebu vodních zdrojů. Ochrana území pod nádrží se provádí zvětšením průtočnosti, nebo vytvořením prostoru k zachycování nežádoucího přebytku vody v nádrži. Pro tento účel jsou zřizovány ochranné neboli retenční nádrže. Vodní nádrž je možné vytvořit údolní přehradou, nebo ohrazením části území a lze využít přírodní či umělé prohlubně na zemském povrchu. Mezi hlavní parametry VN patří objem, zatopená plocha a rozmezí kolísání hladiny při její funkci. (VOTRUBA, BROŽA, 1980).

Vytvořená VN může sloužit k rekreačním účelům, vodním sportům, chovu ryb, vodního ptactva a rybolovu. Dále pak k pěstování vodních rostlin a k zlepšení přírodního prostředí. Provozování VN může mít i negativní vlivy na životní prostředí. Jedná se především o abrazi a sesuvy půdy, změnu režimu podzemních vod, důsledky kolísání hladiny, zanášení nádrží a jiné. Existují však i opatření proti těmto negativním vlivům. Na vodních nádržích je nutné hospodaření s vodou, což je docíleno změnou průtokových poměrů. Proto jez není považován za nádrž a jeho účelem je pouze vzdout vodu. Takový prostor je nazýván jezovou zdrží. Za nádrž se považuje prostor, jež je vytvořený sice jezovou konstrukcí, ale v němž se s vodou hospodaří. (VOTRUBA, BROŽA, 1980).

Funkci vodní nádrže splňuje v podstatě každý omezený prostor, v němž se mění náplň vody. Řadíme mezi ně jezera, údolní nádrže, rybníky, účelové nádrže a vodojemy. Nádrže lze rozdělit do základních kategorií:

A. Podle vzniku a místa

1. Protékané
2. Nепrotékané
3. Přírodní – jezera a krasová jezírka
4. Umělá – vyhloubené, boční, údolní, postranní a vrcholové

B. Podle účelu

1. Jednoúčelové
2. Víceúčelové
3. Ochranné (retenční)
4. Zásobní (akumulační) – obyvatelstvo, průmysl, zemědělství
5. Vytvářející prostředí – rekreační účely, chov ryb
6. Upravující vlastnosti vody – usazovací, chladící, předhřívací
7. Zachycující hrubé splaveniny a odpady – záchytné, odkaliště (VOTRUBA, BROŽA, 1980).

4.5 Kaskáda nádrží

Kaskáda údolních nádrží je řada nádrží na stejném toku, které jsou na sobě funkčně závislé. Souvislá kaskáda nádrží nabývá smyslu zejména při energetickém využití vodního toku kaskádou vodních elektráren při přehradách. Dělení toku na stupně, stanovení vzduť a míry zpracování jednotlivých nádrží není jen otázkou objemů vody a odběrných množství, ale hlavně otázkou spádu. Pro soustavu kaskádových nádrží je důležitá vzájemná spolupráce, koordinovaný provoz, a to zejména jedná-li se o energetické nádrže, které dodávají elektrický proud do jednotné energetické sítě. To, jak kaskádu nádrží a její provoz vyřešit, patří mezi složité otázky vodního hospodářství a hydroenergetiky. (VOTRUBA, BROŽA, 1980).

Vodohospodářské řešení nádrží v kaskádě se zásadně odlišuje od řešení samostatně fungující nádrže. U kaskády je nutné respektovat vodohospodářskou

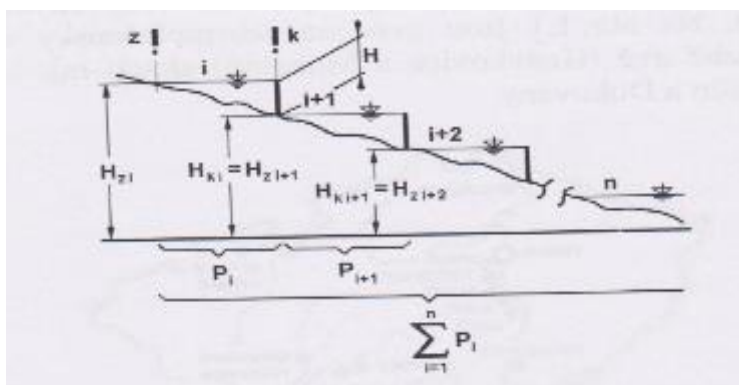
funkci ostatních nádrží. Časté je, že se práce jednotlivých nádrží podřizuje celku, s cílem dosáhnout co nejvyššího vodohospodářského efektu celé kaskády. V praxi to funguje tak, že každá nádrž kaskády je využívána jen částečně, jak už z vodohospodářského tak i energetického hlediska a přednost je dána spolupráci všech nádrží a spojení v jeden celek. (VOTRUBA, BROŽA, 1980).

Pokud se jedná o kaskádu nádrží především s využitím vodní energie, je nutné uvážit, jakou úlohu hydroelektrárna zastává v elektrizační soustavě a také vzájemný vztah mezi vodohospodářskými a energetickými požadavky. V ČR je hlavním úkolem vodních elektráren především zabezpečit dostatek elektrické energie ve špičce a pokrytí krátkodobého havarijního výpadku výkonu. Je kladen důraz na co nejvyšší pohotové výkony špičkových vodních elektráren. Základním požadavkem hydroenergetiky je optimalizace návrhu a provozu kaskády z hlediska výkonu, kde jsou kladeny zvýšené nároky v zimních měsících. Hydroelektrárny jsou zpravidla součástí vodních děl, které plní kromě energetických požadavků i jiné funkce. (VOTRUBA, BROŽA, 1980).

4.5.1 Hydroenergetický potenciál vodních toků u kaskády nádrží

Za účelem určení hydroenergetického potenciálu vodního toku u kaskády nádrží je nutné rozdělit vodní tok na n úseků (soustavu přehrad). Výškové rozdíly mezi začátkem a koncem úseku ve směru toku jsou voleny tak, aby podél toku vznikla souvislá kaskáda s vodorovnými hladinami v jednotlivých úsecích. (MELICHAR, 2013).

Obr. č. 1 - rozdělení vodního toku přehradami na souvislou kaskádu



Zdroj: (MELICHAR, 2013).

Na obrázku č. 1 vidíme, že je-li začátek i – tého úseku označen písmenem z a konec tohoto úseku označen písmenem k , je výška $H_{k i} = H_{z i+1}$; $H_{k i+1} = H_{z i+2}$; atd. Na i – tém úseku toku mezi dvěma zvolenými profily koryta vodního toku označenými z a k , lze na příslušném daném úseku toku stanovit výkon P následovně:

$$P_I = (Q_z + Q_k / 2) \cdot \rho \cdot g \cdot (H_{z i} - H_{k i}) \quad [\text{W}]$$

kde:

Q_z – průtok na začátku daného úseku vodního toku $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$

Q_k – průtok na konci daného úseku vodního toku $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$

ρ – měrná hmotnost vody $[\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$

g – gravitační zrychlení $[\text{m} \cdot \text{s}^{-2}]$

$H_{z i}$ – výšková kóta začátku daného úseku vodního toku $[\text{m}]$

$H_{k i}$ – výšková kóta konce daného úseku vodního toku $[\text{m}]$ (MELICHAR, 2013).

4.6 Vltavská kaskáda

Budeme-li dnes hovořit o Vltavě před výstavbou Vltavské kaskády a nyní, setkáme se s dvojím názorem. Jedni tvrdí, že Vltavská kaskáda je nejen hospodářsky užitečná, ale že i navíc obohatila naši zem o to, čím ji příroda zapomněla obdarovat, totiž o rozsáhlé jezerní krajiny. Druhý názor zní, že to co provedla Vltavská kaskáda s Vltavou, jednou z nejkrásnějších řek Evropy, je neodpustitelný hřích. Vltavskou kaskádu tvoří devět přehrad s hydroelektrárnami různého typu. (ČÁKA, 1996).

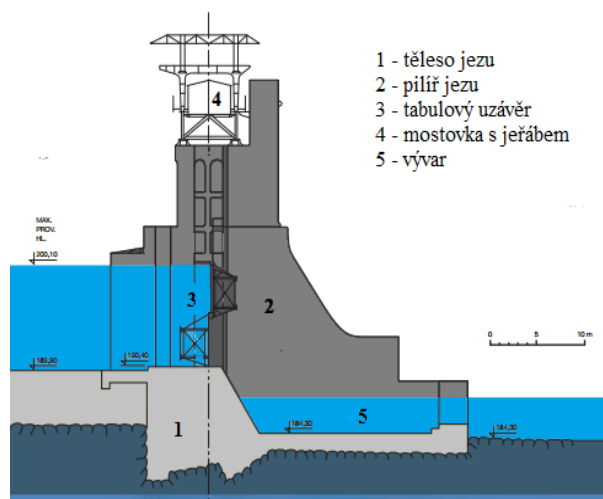
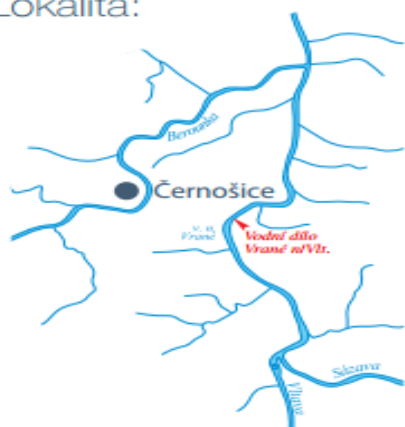
4.6.1 VD Vrané

Vrané je první a zároveň nejstarší vodní dílo od Prahy proti proudu. Jedná se o jez, jehož stavba probíhala v letech 1930 až 1935. Jeho původním účelem bylo zlepšení plavebních podmínek. Hráz je tížná betonová v koruně dlouhá 93 m a vysoká 17 m. Skládá se celkem ze čtyř polí, každé pole měří 20 m a jejich základem je betonový práh. Vodní plocha zaujímá 263 ha a nejvyšší hloubka dosahuje 10,5 m. Vzedmutá hladina je dlouhá 12 km a celkový objem zdrže činí 11 mil. m^3 vody. Jezová zdrž je dlouhá 31,4 km a sahá až pod VD Štěchovice. Při pravém břehu je vybudována VE, která byla uvedena do provozu roku 1936 a je vybavena dvěma Kaplanovými turbínami o společném výkonu 13,88 MW. (VĚTVIČKA, 2007).

Průtoková kapacita byla u Vranského jezu určena na 2 800 m³/s, ale bezpečně obstál i při povodních v srpnu roku 2002, kdy tudy protékalo 3 500 m³/s vody. Dlouhodobý průměrný roční průtok činí 111 m³/s. Hodnota stoleté vody Q₁₀₀ je 2 970 m³/s, kdy došlo k vyrovnávání spodní a horní hladiny. Součástí vodního díla je plavební zařízení nacházející se u levého břehu Vltavy, které se skládá z malé a velké plavební komory. V současnosti komorami proplouvají hlavně výletní lodě na trase Praha – Slapy. Nyní je účelem VD Vrané zejména vyrovnávání špičkových odtoků z VD Slapy a Štěchovice a jejich využití v akumulační elektrárně. Stejně jako zajištění minimálního průtoku v korytě pod vodním dílem a nalepšování průtoků pro plavbu a odběr vody pro vodárnu v Praze – Podolí. (POVODÍ VLTAVY, 2013)².

Obr. č. 2 (vlevo) - lokalita VD Vrané na Vltavě
 Obr. č. 3 (vpravo) - příčný řez VD Vrané

Lokalita:



Zdroj: (POVODÍ VLTAVY)¹⁰.

4.6.2 VD Štěchovice

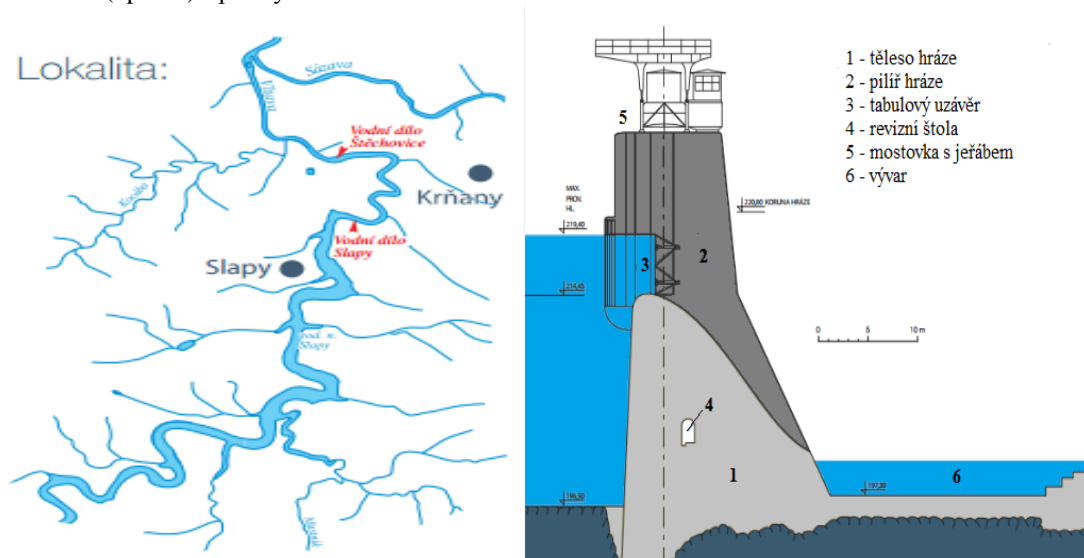
O stavbě Štěchovické přehrady se uvažovalo hodně dlouho, nakonec práce na výstavbě tohoto vodního díla započaly v roce 1938 a byla uvedena do provozu roku 1945. Pro stavbu byla zvolena tížná betonová hráz. Jak z provozních důvodů na ochranu betonu, tak z estetických důvodů je většina částí hráze obložena žulovými kvádry. VD je tak lépe včleněno do okolní krajiny, a proto bývá tato přehrada považována ze jednu z nejhezčích u nás. Hráz se skládá z pěti přelivových polí, které jsou hrazeny stavidly. Vysoká je 22,5 m a 120 m dlouhá. Délka vzdutí je 7,4 km, vodní plocha činí 115 ha a celkový objem nádrže je 10,5 mil. m³ vody. Maximální hloubka činí 20,6 m. Na pravém břehu je 114 m dlouhá plavební komora, která umožňuje přeplavovat lodí o nosnosti až tisíc tun. Vysoká vzpěrná vrata jsou

evropským unikátem. Spád komory je 19,7 m a proplavení lodě trvá 12 minut. Na Štěchovické přehradě je velmi důmyslně řešeno napouštění, neboli plnění či prázdnění plavební komory řadou výtoků. Tato přehrada je jedna z mála přehrad, kterou lze zcela vypustit. K tomu slouží hrazený otvor o průměru 7 x 7 m u paty hráze. (BROŽA et al., 2005).

U přehrady se nachází dvě vodní elektrárny. Jedna je středotlaká, postavená pod a šikmo mimo hrázní těleso, která byla uvedena do provozu v letech 1943 až 1944. Pracuje jako špičková a je vybavena dvěma Kaplanovými turbínami o společném výkonu 22,5 MW. Druhá Štěchovická elektrárna je vysokotlaká přečerpávací, která byla uvedena do provozu roku 1996. Stavitelé plně využili příhodný terén (převýšení kopce Homole je kolem 200 m) a přečerpávací elektrárnu, která v sedle využívá volnou kapacitu a vytlačí vodu do akumulární nádrže na temeni kopce Homole a ve špičce může využít volného spádu a tlaku k výrobě elektrické energie. Původně byla tato elektrárna vybavena dvěma Francisovými turbínami o společném výkonu 2 x 21 MW. V letech 1992 až 1995 prošla soustava rekonstrukcí a původní turbíny byly nahrazeny jedním soustrojím s reverzní Francisovou turbínou. Dále také došlo ke stavebním úpravám, které vedly k navýšení spádu, a dnes výkon elektrárny dosahuje 45 MW. (VĚTVIČKA, 2007).

Hráz byla původně vypočítána na maximální průtok 2 400 m³/s, ale z bezpečnostních důvodů byl průtok ještě navýšen. Při povodních v srpnu 2002 vteřinový průtok přesahoval 3 100 m³ vody a i s tím si Štěchovická přehrada hravě poradila. Průměrný dlouhodobý roční průtok přes VD činí 85,6 m³/s a hodnota stoleté vody Q₁₀₀ je 2 250 m³/s. Hlavník účelem přehrady je vyrovnávání špičkových odtoků z hydrocentrál Slapy a Orlik a jejich následné využití v průběžné elektrárně. (POVODÍ VLTAVY, 2013)³.

Obr. č. 4 (vlevo) - lokalita VD Štěchovice na Vltavě
 Obr. č. 5 (vpravo) - příčný řez VD Štěchovice



Zdroj: (POVODÍ VLTAVY)¹¹.

4.6.3 VD Slapy

Slapská přehrada je dalším stupněm Vltavské kaskády. Ta bezprostředně navazuje na konec vzduť přehrady ve Štěchovicích. Výstavba VD Slapy probíhala v letech 1949 až 1955. I tato přehrada ve své době ohromovala svou jedinečností a stala se historickým dílem moderního stavitelství. Zvláštností Slapské přehrady je její originální konstrukční řešení. Elektrárna, včetně rozvodu, všechny pomocné provozy a výpusti jsou umístěny přímo v tělese hráze, po jejíž koruně vede komunikace. Vodní elektrárna je využívána jako špičková. Byla uvedena do provozu v letech 1954 až 1955, je vybavena třemi soustrojími s Kaplanovými turbínami o společném výkonu 144 MW. (POVODÍ VLTAVY, 2013)⁴.

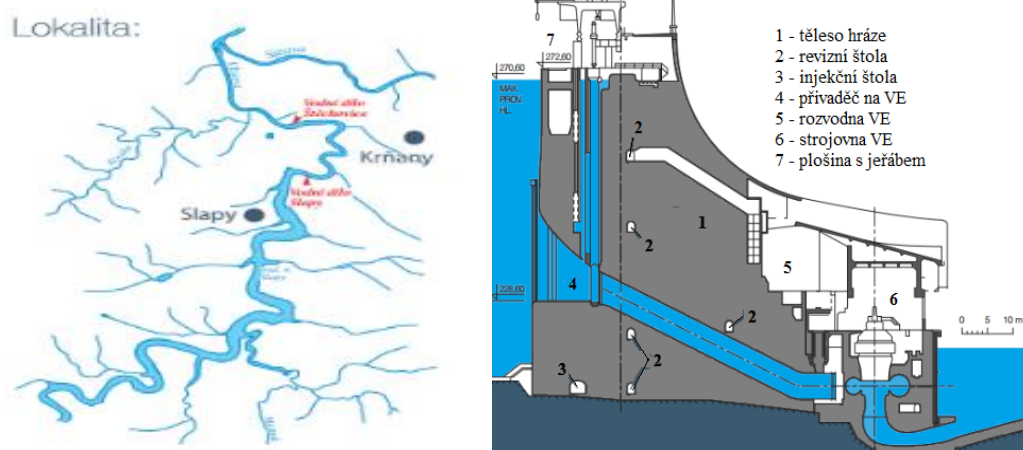
Hráz přehrady je tížná betonová, vysoká 70 m a v koruně dlouhá 260 m. Celkový objem jezera je 270 mil. m³, plocha činí 1392 ha a délka 44 km. Vzduť Vltavy sahá 42 km od hráze. Největší hloubka činí 53 m, průměrná pak 20,7 m. Stálý objem nádrže je 68 mil. m³ vody. (VĚTVIČKA, 2007).

Průměrný dlouhodobý roční průtok je 84,7 m³/s, hodnota stoleté vody Q₁₀₀ činí 2 503 m³/s. Vodní dílo bylo vystaveno maximálnímu průtoku v srpnu roku 2002, kdy přehradou protékalo 3 100 m³/s vody. Slapská přehrada svou největší zatěžkávací zkoušku splnila. Plavební zařízení není na VD Slapy dořešeno. Lodě do hmotnosti 4 t jsou přepravovány na speciálních podvozcích tažených traktorem. Vodní dílo Slapy slouží zejména k nalepšování průtoků, odběru vody pro energetické účely, ochraně

území pod přehradou a především Prahy před velkými vodami. Dále pak zajišťuje průtoky pro vodárnu Podolí a odběry užitkové vody. Jezero je také ve velké míře využíváno pro sport a rekreaci. (POVODÍ VLTAVY, 2013)⁴.

Obr. č. 6 (vlevo) - lokalita VD Slapy na Vltavě

Obr. č. 7 (vpravo) - příčný řez VD Slapy



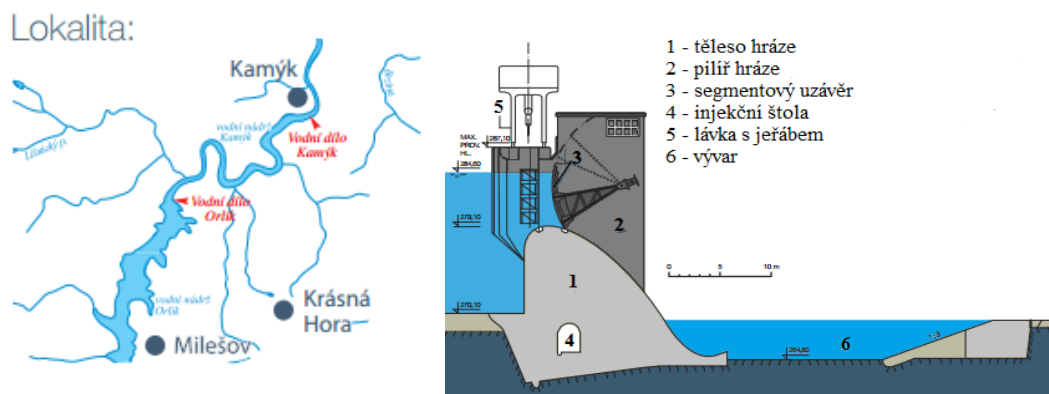
Zdroj: (POVODÍ VLTAVY, 2013)¹².

4.6.4 VD Kamýk

Současně s Orlickou přehradou byla zahájena výstavba přehrady v Kamýku nad Vltavou. Stavba přehrady Kamýk byla dokončena v roce 1962 a její provoz je dálkově řízen z centrálního dispečinku ve Štěchovicích. Hráz je betonová, tížná, vysoká 24,5 m a dlouhá 158 m. Plavební komora je umístěna na pravém břehu a slouží pro lodě o nosnosti až 300 t. Stejně tak je na pravém břehu umístěna kolejová dráha s vozíky, která slouží k přepravě malých plavidel. Na plavební komoru navazují čtyři přelivy. Kamýcká nádrž má objem 12,5 mil. m³ vody, délku 10 km a zaujímá plochu 195 ha. Elektrárna o rozměrech 15 x 85 m a výšce 12 m je vybavena čtyřmi soustrojími s Kaplanovými turbínami o společném výkonu 40 MW a potřebným elektrotechnickým zařízením. Hydroelektrárna byla uvedena do provozu v roce 1961. (KUTHAN, 2006).

Dlouhodobý roční průtok činí 83,7 m³/s, hodnota stoleté vody Q₁₀₀ je 2 065 m³/s. Hlavním účelem vodního díla je částečné vyrovnávání špičkových odtoků z hydrocentrály Orlík a jejich energetické využití, nalepšování průtoků pro odběry pitné vody a plavbu na dolním toku Vltavy a Labe. (POVODÍ VLTAVY, 2013)⁵.

Obr. č. 8 (vlevo) - lokalita VD Kamýk na Vltavě
Obr. č. 9 (vpravo) - příčný řez VD Kamýk



Zdroj: (POVODÍ VLTAVY, 2013)¹³.

4.6.5 VD Orlick

Pokud hovoříme o Orlické přehradě, mluvíme především o našem největším a nejvyšším vodním díle. Výstavbou tohoto vodního díla a elektrárny byly opět posunuty hranice lidských možností. Výstavba přehrady Orlick byla oficiálně zahájena 1. října roku 1954. Geologicko – průzkumné práce však zde byly uskutečňovány již za okupace v letech 1942 – 1944 a poté v letech 1945 – 1949. (MEZERA, 2013).

Práce započaly průzkumem břehů a prvními sondami, jejichž účelem bylo vytipovat nejvhodnější místo pro hráz. Dále byl zahájen důkladný geologický průzkum celé oblasti, kde se hledal použitelný kámen, štěrk a písek pro vlastní stavbu. Projekty Orlické přehrady představovaly 8000 listů se statisíci propočty stavbařů a strojařů. Při její výstavbě bylo zpracováno na 25 000 tun železa, 20 000 m³ dřeva, 1 800 000 m³ štěrkopísku a 230 000 tun cementu. Výsledkem je mohutná hráz složená z 33 betonových bloků. Spáry mezi nimi jsou utěsněny pružnou gumou. Těleso přehrady je vybaveno třemi přelivy o rozměrech 15 x 8 m s kapacitou 2 184 m³/s (stoletá voda) a dvěma spodními výpustmi typu Johnson o průměru 4 m. (KUTHAN, 2006).

Vlastní výstavba Orlické přehrady probíhala v letech 1954 až 1963. Při pohledu shora, vypadá Orlická přehrada jako tyčka položená přes vodu, ale ve skutečnosti je to betonová tížná hráz. Technickou zvláštností jsou obrovské rozměry přehrady. Od nejnižšího základu je vysoká 91,5 m, základ má tloušťku 66 m a koruna hráze je dlouhá více než 500 m. Vzdouvá hladinu řeky proti proudu v délce 68 km až po Týn nad Vltavou a zároveň zvedá hladinu Otavy v délce 23 km a Lužnice v délce 7 km. Celkový objem nádrže činí 720 mil. m³ vody. Jezero se rozlévá na ploše 2 732 ha. (MEZERA M., MEZERA V., 2006).

V hydroelektrárně, na levém břehu Vltavy, jsou umístěna čtyři soustrojí s Kaplanovými turbínami, každé o výkonu 91 MW. Voda je přiváděna na soustrojí čtyřmi ocelovými potrubími o průměru 6 250 mm, která jsou zabudovaná v hrázi. Vtok je vybaven rychlouzávěry a nouzovými hradidly. Kaplanovy turbíny jsou běžně užívány pro spád do 50 m. Na Orlické přehradě je však maximální spád 71,5 m a pro tento spád byla vyrobena Kaplanova turbína jediná svého druhu na světě. Orlická elektrárna začala zkušebně vyrábět elektrický proud v prosinci roku 1960 a o rok později spustila výrobu elektrické energie v plném rozsahu. (KUTHAN, 2006).

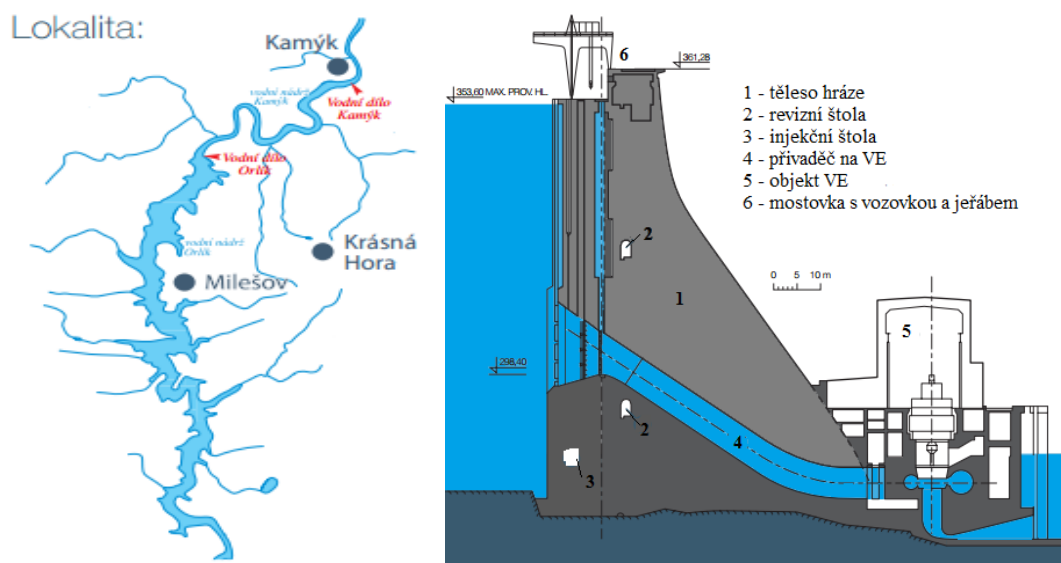
Vodní elektrárna Orlík se významně podílí na řízení celostátní energetické soustavy. Elektrárna pracuje se spádem v rozmezí 44,0 – 71,5 metrů o celkovém výkonu generátorů 364 MW a s velmi rychlým a operativním najetím na plné zatížení za 2,1 minuty. Elektrárna je plně automatizovaná z centrálního dispečinku ve Štěchovicích. V současné době patří vodní elektrárna Orlík k jedněm z největších špičkových regulačních elektráren. (POVODÍ VLTAVY, 2013)⁶.

Na pravém břehu přehrady je umístěno plavební zařízení pro přepravu sportovních lodí. Na plošinovém vozíku taženém elektrickým navijákem po kolové dráze jsou přepravovány lodě do výtlaku 3,5 t a maximální šířce 2,6 m. (KUTHAN, 2006).

Dlouhodobý roční průtok činí 83,5 m³/s, hodnota stoleté vody Q₁₀₀ je 2 050 m³/s. Při povodních v srpnu 2002 si Orlická přehrada a její elektrárna, od doby své výstavby, prošla svou největší zatěžkávací zkouškou. Přehrada dokázala čelit přítoku 3 900 m³/s do nádrže a zároveň ho dokázala přeměnit na odtok 3 100 m³/s z nádrže. (MEZERA M., MEZERA V., 2006).

Dílo v současnosti slouží hlavně k nalepšování průtoků, odběru vody pro energetické využití, ochraně oblasti pod přehradou před velkými vodami, zajištění průtoků pro vodárnu Podolí a odběry užitkové vody. Nádrž slouží ke sportovním a rekreačním účelům a pro lodní dopravu. (POVODÍ VLTAVY, 2013)⁶.

Obr. č. 10 (vlevo) - lokalita VD Orlík na Vltavě
 Obr. č. 11 (vpravo) - příčný řez VD Orlík



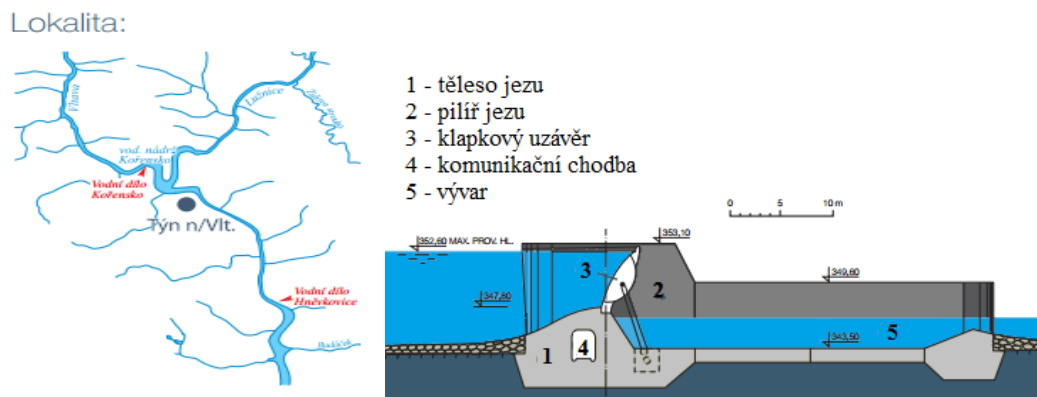
Zdroj: (POVODÍ VLTAVY, 2013)¹⁴.

4.6.6 VD Kořensko

Vodní dílo Kořensko patří spolu s VD Hněvkovice k posledním a nejnovějším stupňům Vltavské kaskády. Jedná se o pohyblivý jez o čtyřech polích. Hradící konstrukci tvoří ocelové klapky, které jsou ovládané hydraulicky. Vodu vzdouvá do výšky téměř 5 m. Kořensko bylo vybudováno v letech 1986 až 1990. Plavební komora u levého břehu slouží pro lodě do nosnosti 300 t. Mezi plavební komorou a jezem je vybudována vodní elektrárna, která byla uvedena do provozu v roce 1992. Jedná se poměrně o malou hydroelektrárnu, která využívá vodní síly pomocí dvou Kaplanových turbín o společném výkonu 3,8 MW. (VĚTVIČKA, 2007).

Objem jezové zdrže činí 2,8 mil. m³ vody. Dlouhodobý roční průtok činí 54,9 m³/s, hodnota stoleté vody Q₁₀₀ je 1 387 m³/s. U VD Kořensko se nachází tlumicí objekt, ve kterém je energeticky využíván spád vypuštěných odpadních vod z jaderné elektrárny Temelín. Odpadní vody jsou z tlumicího objektu odváděny přes mezipilíře jezu a savky hydroelektrárny do koryta řeky. Toto zařízení umožňuje maximální homogenizaci tekutých odpadů s řekou v celé délce koryta a tím je omezeno rozvrstvení v nádrži VD Orlík. Vodní dílo slouží jako stálá zásobárna vody pro nedalekou jadernou elektrárnu Temelín a jeho dalším účelem je stabilizace vodní hladiny v Týně nad Vltavou a výroba elektrické energie. (POVODÍ VLTAVY, 2013)⁷.

Obr. č. 12 (vlevo) - lokalita VD Kořensko na Vltavě
 Obr. č. 13 (vpravo) - příčný řez VD Kořensko



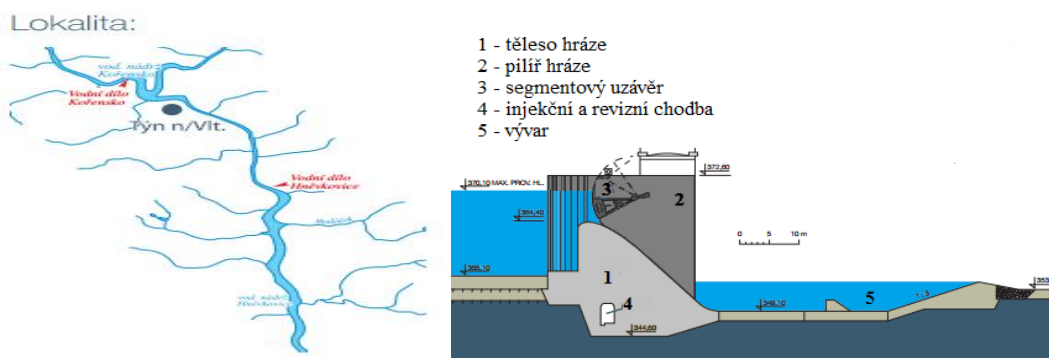
Zdroj: (POVODÍ VLTAVY, 2013)⁷.

4.6.7 VD Hněvkovice

Betonová, tížná hráz Hněvkovické přehrady byla vybudována v letech 1986 až 1991. Přehrada je tvořena třemi korunovými hrazenými přelivy. Hladina nádrže zaujímá plochu 312 ha, zadržuje více jak 20 mil. m³ vody a je dlouhá bezmála 19 km. Hráz přehrady je dlouhá 191 m a celková výška je 27 m. Přes korunu hráze vede veřejná komunikace. (BROŽA et al., 2005).

Dlouhodobý roční průtok činí 30,6 m³/s, hodnota stoleté vody Q₁₀₀ je 1 054 m³/s. Plavební komora je umístěna u pravého břehu, kde proplouvají lodě do nosnosti 300 t. U levého břehu je vybudována hydroelektrárna, která byla uvedena do provozu roku 1992 a je vybavena dvěma Kaplanovými turbínami o společném výkonu 9,6 MW. Přehrada především zajišťuje spolu s vodním dílem Kořensko a Lipno v suchých letech požadované odběry pro nedalekou jadernou elektrárnu Temelín a zároveň slouží k výrobě elektrické energie. (POVODÍ VLTAVY, 2013)⁸.

Obr. č. 14 (vlevo) - lokalita VD Hněvkovice na Vltavě
 Obr. č. 15 (vpravo) - příčný řez VD Hněvkovice

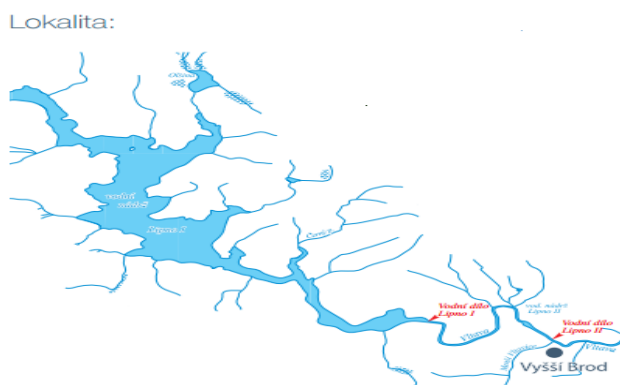


Zdroj: (POVODÍ VLTAVY, 2013)⁸.

4.6.8 VD Lipno II

Vodní dílo Lipno II má z části sypanou zemní a z části betonovou hráz, která je 18 m vysoká, dlouhá 224 m a v koruně široká 4 m. Stavba probíhala společně s výstavbou VD Lipno I a provoz byl spuštěn v roce 1960. Výměra vodní plochy činí 45 ha, objem nádrže je 1,8 mil. m³ a nejvyšší hloubka je něco málo přes 10 m. Délka nádrže je 2,5 km a délka vzduť měří 2,2 km. K převádění velkých průtoků slouží dvě přelivná pole. Každé z nich je o šířce 10 m a jejich průtok činí dohromady až 210 m³ vody za sekundu. U hráze je vystavěna průtočná VE, která je vybavena jen jedinou Kaplanovou turbínou o výkonu 1,5 MW a která byla zprovozněna již v roce 1957. Hlavním úkolem tohoto vodního díla je vyrovnávání špičkových průtoků z vodní elektrárny Lipno I. (VĚTVIČKA, 2007).

Obr. č. 16 - lokalita VD Lipno I a II na Vltavě



Zdroj: (POVODÍ VLTAVY, 2013)⁹.

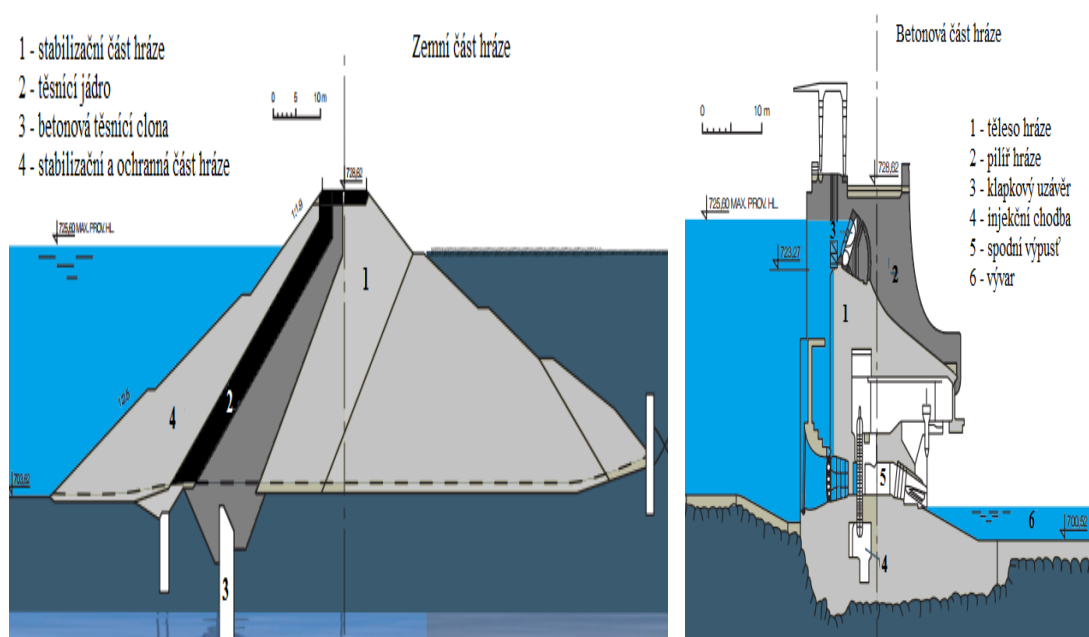
4.6.9 VD Lipno I

Lipno je naše největší vodní plocha a zároveň největší horské jezero v naší republice. Velká část lipenské nádrže se dnes rozprostírá v CHKO a NP Šumava. Výstavba přehrady na Lipně probíhala od roku 1950 do roku 1959. Lipenská přehrada byla postavena tak, aby byl využit spád Vltavy pro celý blok vltavských přehrad. Dvě soustrojí s Francisovými turbínami o společném výkonu 120 MW patří i v dnešní době k nejvýkonnějším v celém našem energetickém systému. Hydroelektrárna byla uvedena do provozu roku 1959. Zvláštností Lipenské přehrady je, že VE, je zde podzemní a je jediná, která využívá vodopádu řeky. Velký spád zaručuje špičkově elektrárně stálý výkon. Lipenská přehrada je zásobárnou vody, která reguluje průtok vody po celé Vltavě. Zajištěním zásoby vody, je zaručen dostatek vody pro další hydroelektrárny. Lipenská elektrárna se skládá ze dvou šachet, z nichž každá vede

k jedné Francisově turbíně. Turbíny mají zaručen stálý přítok vody, který nekolísá a tím jsou připraveny kdykoliv vyrobit proud a posílit tak elektrickou síť. V elektrárně se ještě nacházejí dva tunely. Jeden, dlouhý 220 m, je používán jako vchod do elektrárny a má dvě patra. Druhý, odpadní tunel, dlouhý přes 3,5 km, který je zároveň používán jako podzemní cesta Vltavy a ústí do vyrovnávací nádrže Lipno II. (HAŠKOVÁ, 1961).

Hráz přehrady je z jedné třetiny gravitační betonová, zbytek tvoří sypaná zemní hráz s návodním těsněním. Celková délka hráze je 296 m a výška nad terénem činí 25 m. Přes korunu hráze vede frekventovaná komunikace. V betonové části jsou umístěny dvě výpusti, nad nimiž se nachází dvě přelivná pole. Vodní nádrž se rozprostírá na ploše 4 870 ha. Délka vzdutí dosahuje 42 km, největší šířka 5 km a délka břehů 150 km. Objem nádrže je 310 mil. m³ vody. Průměrná hloubka nádrže je 6,5 m a největší hloubka činí 25 m a nachází se u hráze. (POVODÍ VLTAVY, 2013)⁹.

Obr. č. 17 (vlevo) - příčný řez VD Lipno I
 Obr. č. 18 (vpravo) - příčný řez VD Lipno I



Zdroj: (POVODÍ VLTAVY, 2013)⁹.

4.7 Obnovitelné zdroje energie

Definice OZE podle §2 zákona č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, zní: „*Obnovitelnými zdroji se pro účely tohoto zákona rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu z čistíren odpadních vod a energie bioplynu.*“

Quaschning (2010) definuje obnovitelné zdroje energie jako zdroje, které se samy „obnovují“. Obnovitelná energie se také označuje jako energie regenerativní nebo alternativní. OZE jsou z dlouhodobého hlediska jedinou alternativou spolehlivého získávání energie.

Smith a Taylor (2008) uvádějí, že obnovitelné zdroje energie mají obrovský potenciál, ale mezi hlavní problém v jejich využití je vztah mezi energií a hospodářstvím. Z toho vyplývá, že energie je nezbytná pro hospodářský rozvoj a růst. U většiny obnovitelných zdrojů je účinnost přeměn z prvotních zdrojů ze Slunce, na energii využitelnou k přímé spotřebě velmi nízká. Potenciál OZE snižují vysoké krátkodobé investice, což umožňuje využívat jen technologie ekonomicky dostupné. Proto se investice vyplatí až v dlouhodobém horizontu.

4.7.1 Výroba vodní energie

Vodní energie patří k jedněm z nejstarších energetických zdrojů, ale vývoj techniky jejího využití měl dlouhou dobu stejnoměrný průběh. Rozvoj techniky v této oblasti se zastavil na různých typech vodních kol, i když v průběhu staletí se jejich velikost a efektivnost postupně zvyšovala. (PAŽOUT, 1990).

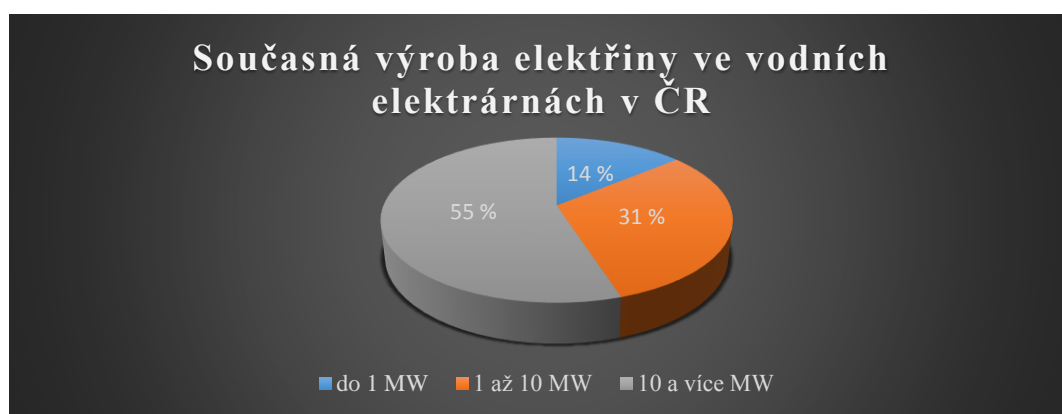
Vodní energie je zdrojem energie, která je jedním ze základních faktorů majících vliv na rozvoj národního hospodářství ve všech jeho sférách. V přírodě se vodní energie vyskytuje v mechanické, tepelné a chemické formě. Pojem mechanická energie vod v přírodě vyjadřuje mechanickou energii vodních srážek, ledovců, moří a vodních toků. Pro technické využití je nejvýznamnější mechanická energie vodních toků. Vodní toky jsou doplňkovým, avšak velice cenným a za běžných podmínek dostupným, nevyčerpatelným a trvalým zdrojem mechanické energie, která je využitelná pro výrobu elektrické energie. Stejně jako ostatní zdroje energie je i vodní energie ve světě nerovnoměrně rozdělena. Mezi země s největší zásobou vodní energie ve světě patří USA, Kanada, Rusko a Čína. I v ČR se neustále zvyšuje potenciál využití

vodní energie. V našich podmínkách se na vodní energii musí pohlížet jako na velmi cenný a doplňkový zdroj pro výrobu elektrické energie. (BEDNÁŘ, 1989).

Melichar (2013) uvádí, že v současnosti jsou vodní elektrárny ze všech typů používaných elektráren ty nejméně nebezpečné a z hlediska působení na životní prostředí jsou velice šetrné. V ČR jsou vodní toky velmi cenným zdrojem energie. Nejvíce energeticky využívanou řekou na našem území je řeka Vltava. Nemalé je také využití nízkopotenciální vodní energie v malých vodních elektrárnách.

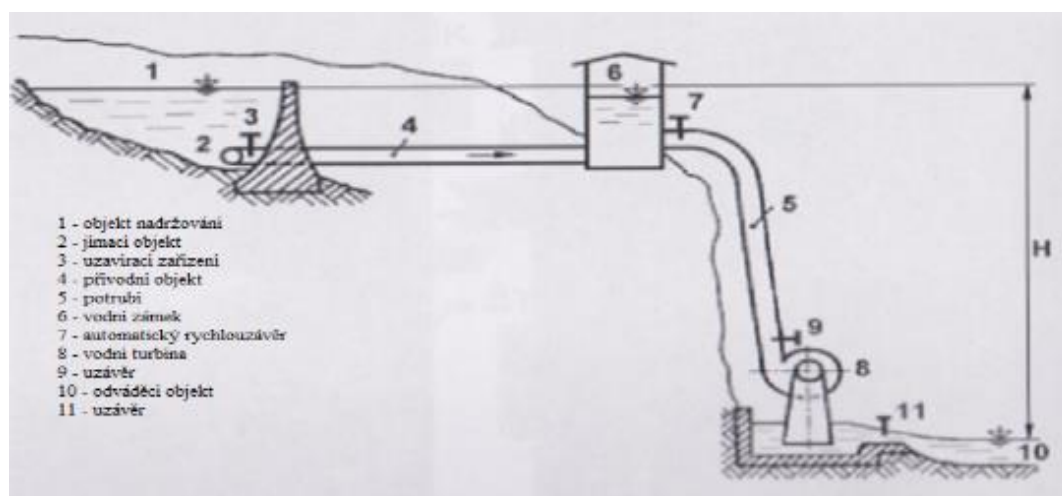
Naproti tomu, ale Mastný et al. (2011) tvrdí, že v našich podmínkách nejsou ideální přírodní podmínky pro budování VE. Naše toky se nevyznačují tolik potřebným spádem ani dostatečným množstvím vody. Oproti jaderným elektrárnám je podíl výroby elektrické energie v hydroelektrárnách u nás poměrně nízký.

Obr. č. 19 - procentuální podíl na výrobě elektřiny ve VE s různým instalovaným výkonem



Zdroj (MELICHAR, 2013).

Obr. č. 20 - obecné schéma vodní elektrárny



Zdroj: (MELICHAR, 2013).

Obecně se VE skládá z několika částí, viz obrázek č. 21. Objekt nadržování, nebo také horní nádrž vodního díla, což je vzduť horní tok nebo umělé či přirozené jezero, které může sloužit k regulaci povodňových vod nebo pro zásobování pitnou vodou. K tomu, aby voda proudící k turbínám byla zbavena nečistot a došlo k odstranění větších naplavenin je zapotřebí jímacího objektu. Součástí hydroelektrárny je přívodní objekt, který se skládá ze štoly a strmě vedeného potrubí. Na vstupu do štoly přivádějící vodu k turbínám je často používané uzavírací zařízení. Při náhlém uzavření turbíny vznikají v přívodním objektu silné tlakové pulsace, neboli rázy, které tlumí vodní zámek. Z vodního zámku vyústuje tlakové potrubí, které má na začátku automatický rychlouzávěr, který se uvede do provozu při nepřipustném zvýšení rychlosti vody v potrubí. Další součástí hydroelektrárny je vodní turbína, která je od přívodního potrubí oddělena uzávěrem. Odváděcí objekt, který se používá jako kanál spodní vody, je většinou vybaven uzávěrem a slouží k odvádění vody proteklé turbínou. Obecné schéma se od konkrétního provedení VE může lišit a to podle terénních spádových a průtokových poměrů, použitého typu turbíny, velikosti a významu vodního díla. Pro návrh optimálního řešení VE nelze určit jednoznačnou universální směrnici, protože každé vodní dílo je v podstatě unikátem. (MELICHAR, 2013).

Princip VE je velmi jednoduchý. Voda je z odběrných zařízení hráze odváděna k turbíně, která předá část své energie a uvede ji tak do pohybu. Točící se turbína pohání elektrický generátor. Vyrobená elektřina se transformuje a vysokonapěťovými rozvody odvádí do míst spotřeby. Energeticky využitá voda pak odtéká do vývěřiště hráze nebo svodným zařízením přímo do vyrovnávací nádrže. Pro každé vodní dílo, které využívá vodní energii, musí být v dané lokalitě k dispozici spád, respektive měrná energie vody při dostatečném průtoku. Výkon vodního díla závisí na součinu spádu a průtoku. (JENÍČEK, FOLTÝN, 2010; MELICHAR, 2013).

Vodní elektrárny jsou stavebně řešeny tak, že jsou zcela podřízeny vhodnému hydraulickému řešení. Dalšími neopomenutelnými faktory jsou situační podmínky v lokalitě, kam se VE navrhuje a na základě vyhodnocení těchto podmínek se navrhuje stavební řešení vodní elektrárny. Stavební řešení VE výrazně ovlivňuje výsledné parametry vodní elektrárny a celkovou ekonomickou výhodnost stavby. (BROŽA et al., 1998).

Bednář (1989) tvrdí, že z ekonomického hlediska využití vodní energie je rozhodující podmínkou jednak místní koncentrace měrné energie a také průtok,

popřípadě obě veličiny. Tato koncentrace může mít charakter jak umělý tak přirozený. Z důvodu, že přirozených míst s koncentrovanou měrnou energií při dostatečném průtoku je v přírodě málo, je nutné často využívat prostředků umělé koncentrace.

Obecně se VE dělí:

A. Podle velikosti instalovaného výkonu

1. velké – VVE s instalovaným výkonem nad 200 MW
2. střední – SVE s instalovaným výkonem od 10 MW do 200 MW
3. malé – MVE s instalovaným výkonem do 10 MW (BROŽA et al., 1998).

MVE se dále dělí na:

1. průmyslové s výkonem nad 60 kW
2. drobné s výkonem pod 60 kW (BEDNÁŘ, 1989).

Malé vodní elektrárny jsou energetickou jednotkou, která je schopna vyrábět elektrickou energii s výkonem do 10 MW včetně. Z hlediska hospodaření s vodou se MVE třídí na průtočné a akumulární. Průtočné hydroelektrárny jsou vodní energetické zdroje, které jsou bez akumulace vody a využívají přirozený průtok až do maximální hltnosti turbín. Vodní elektrárny akumulární jsou vodní energetické zdroje s přirozenou nebo umělou akumulací a se schopností odběrů vody dle potřeby výroby elektrické energie jen v určitém časovém intervalu. (PAŽOUT, 1990).

B. Podle způsobu soustředění vodní energie a přívodu vody k turbíně

1. přehradové – spád vytvořen přehradou
2. zdržové neboli jezové – spád vytvořen jezem
3. derivační – využito umělé vedení vody mimo vodní tok pomocí kanálu, štoly či potrubí
4. bez vzdouvací stavby

C. Podle velikosti využívaného spádu

1. nízkotlaké – využívají spád do 20 m
2. středotlaké – využívají spád od 20 m do 100 m
3. vysokotlaké – využívají spád nad 100 m

D. Podle způsobu zadržetí vodou

1. akumuláční
2. průtočné
3. přečerpávací (BROŽA et al., 1998).

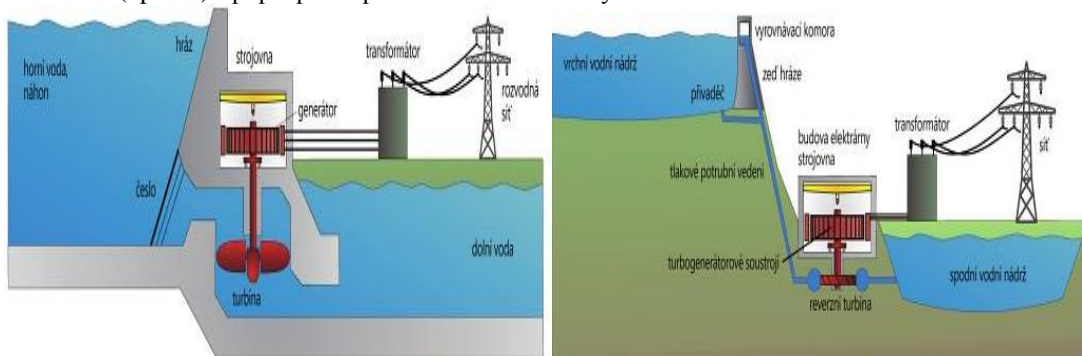
Akumuláční elektrárny patří k nejznámějším vodním elektrárnám u nás. I na Vltavské kaskádě jsou nejpoužívanějším typem hydroelektráren. Jsou charakterizovány hrází a jezem s velkou zásobou vody. Tato VD mají jednak funkci akumulace vody pro výrobu energie, ale také stabilizují průtoky vod říčním korytem. Splňují významnou ochranu proti povodním a podporují plavební možnosti toku. Často slouží jako oblast, která je využívána pro rekreační účely. Nádrže jsou využívány jako zdroj pitné vody pro vodárny, průmysl a zemědělství. Na druhé straně, dochází přehrazením řeky k zatopení velkého území a časté je i přesídlení obyvatelstva. S realizací jsou spojeny i značné počáteční investiční náklady.

Průtočné elektrárny jsou dalším typem elektráren. Pracují bez akumulace a využívají průtoky až do maximální hltnosti instalované turbíny, na které je elektrárna dimenzovaná. Zbytek průtoku nad využitelnou mez přepadá přes vzdouvací zařízení a jsou nevyužité. Tyto průtoky jsou označovány jako jalové. (JENÍČEK, FOLTÝN, 2010).

Přečerpávací vodní elektrárny slouží k uchování elektrické energie ve větším množství a na delší dobu. Jsou tvořeny dvěma vodními nádržemi, které jsou umístěny každá v jiné výšce nad sebou. Jsou propojeny tlakovým potrubím, na jehož konci je umístěna turbína s generátorem. Během dne, kdy je největší spotřeba elektrické energie, se voda z horní nádrže čerpá přes turbínu, která pohání generátor do spodní nádrže. A naopak v noci, kdy je nejmenší spotřeba elektrické energie, se voda čerpá zpět ze spodní nádrže do horní. (WAGNER, MATHUR, 2011).

V ČR se požadavky na celkový výkon elektrizační soustavy mění během dne, týdne i v průběhu celého roku. K tomu je nutné započítat i pohotové rezervy pro případ, kdyby se na některé elektrárně vyskytla porucha. Pro tyto případy nám slouží velice oceňované elektrárny, které jsou v případě potřeby rychle a beze ztrát uvedeny do provozu. Tyto vlastnosti mají špičkové hydroelektrárny, které se vyskytují především na Vltavské kaskádě. Špičkové VE se v soustavě nahrazují přečerpávacími elektrárnami. Ty jsou sice ztrátové (cca 25 – 30 % elektřiny vyrobené jinde v době malých odběrů), ale výhodou je jejich veliký výkon. (BROŽA et al., 2005).

Obr. č. 21 (vlevo) - popis průtočné vodní elektrárny
Obr. č. 22 (vpravo) - popis přečerpávací vodní elektrárny



Zdroj: (QUASCHNING, 2010).

Nedílnou součástí každého VD je vodní motor neboli vodní turbína, což je elektrický stroj, ve kterém dochází k přeměně energie vodního toku na energii mechanickou. Vodní turbína využívá polohovou (potenciální) a pohybovou (kinetickou) energii vody. Hydroenergetika vyžaduje použití vodních turbín různého typu, výkonu, rozměrů a konstrukčního řešení. Volba typu a provedení vodní turbíny je dána především konkrétními hydrologickými podmínkami a konfigurací terénu v místě instalace vodní turbíny. Existuje velké množství turbín, které jsou používány v různých variantách konstrukčního řešení a projekčního uspořádání. Obecně se vodní turbíny dělí:

A. Podle měrné energie turbíny

1. nízkotlaké
2. středotlaké
3. vysokotlaké

B. Podle výkonu

1. velké
2. střední
3. malé
4. drobné

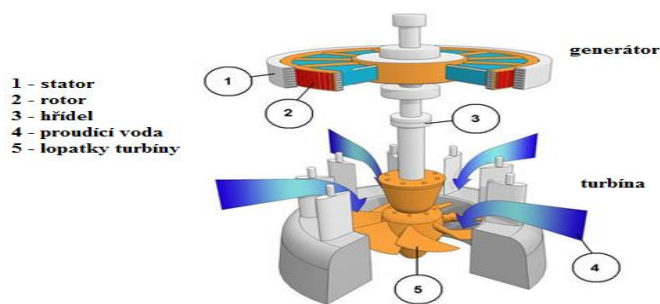
C. Podle projekčního a konstrukčního řešení

1. horizontální
2. vertikální

D. Podle způsobu přenosu energie na oběžné kolo

1. Rovnotlaká – Peltonova turbína
2. Přetlaková – Francisova, Kaplanova turbína (MELICHAR, 2013).

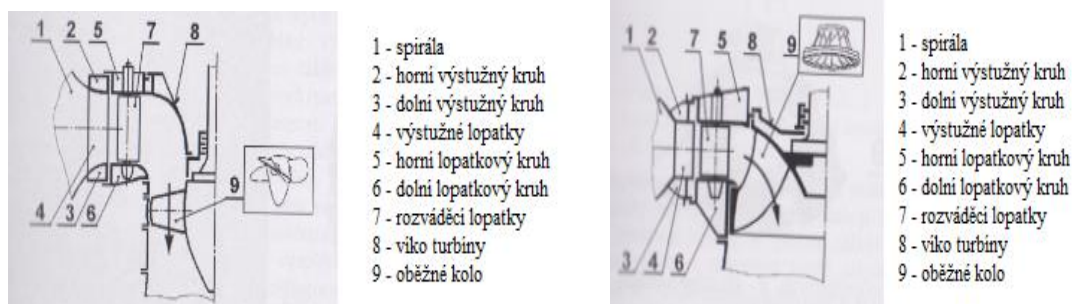
Obr. č. 23 - obecný popis vodní turbíny



Zdroj: (ENERGETICKÝ PORADCE PRE, 2014)⁴.

První přetlaková turbína byla sestrojena v roce 1827, Francisova turbína roku 1849, Peltonova turbína v roce 1880 a Kaplanova turbína roku 1913. Na Vltavské kaskádě je nejpoužívanější Kaplanova vodní turbína, kde oběžné kolo bez vnějšího věnce má oběžné lopatky upevněny natáčivě v náboji kola. Lopatky jsou ovládané regulačním mechanismem, osazeným uvnitř náboje kola a standardně se jejich plynulé natáčení provádí za provozu stroje. Rozvaděč má rovněž natáčivé lopatky, které jsou ovládané vlastním regulačním mechanismem. U oběžných i rozváděcích lopatek je změna polohy prováděna současně, vázaně. Obvyklé provedení turbíny je vertikální a to u turbín s větším výkonem, nebo horizontální se spirálou. Francisova turbína je použita na vodní elektrárně Lipno I a přečerpávací elektrárně Štěchovice. Dostředivé protékané uzavřené oběžné kolo turbíny je opatřeno oběžnými lopatkami pevně spojenými s věncem a nábojem kola. Regulačním orgánem je rozvaděč s natáčivými rozváděcími lopatkami, jež jsou ovládané regulačním mechanismem. Obvyklé řešení turbíny je vertikální, nebo horizontální se spirálou a sací troubou, které je vhodné pro turbínu s menším výkonem. (BROŽA et al., 1998; MELICHAR, 2013).

Obr. č. 24 (vlevo) - Kaplanova turbína
Obr. č. 25 (vpravo) - Francisova turbína



Zdroj: (MELICHAR, 2013).

Zdokonalení vodních turbín vedlo ke zrychlení tempa využití vodní energie a to nejvíce v druhé polovině 19. století. Opožděný nástup hydroenergetiky byl také způsoben problémy s přenosem elektrické energie na větší vzdálenosti, který omezoval přístup vodní síly k místům potřeby. Tento nedostatek byl odstraněn až v posledním desetiletí 19. století. K prvnímu přenosu elektrické energie došlo v roce 1891. Zásadní význam pro rozvoj vodní energetiky má rozvinutá elektrizační soustava. K propojení izolovaně pracujících elektrizačních soustav došlo u nás na území tehdejšího Československa v 50. letech 20. století. Teprve v této době byly vyvinuty moderní turbíny, bylo plně využito vodních energetických zdrojů a díky plně rozvinuté elektrizační soustavě byl možný přenos elektrické energie z kteréhokoli zdroje až ke konečným spotřebitelům. (PAŽOUT, 1990).

4.7.2 Výroba sluneční energie

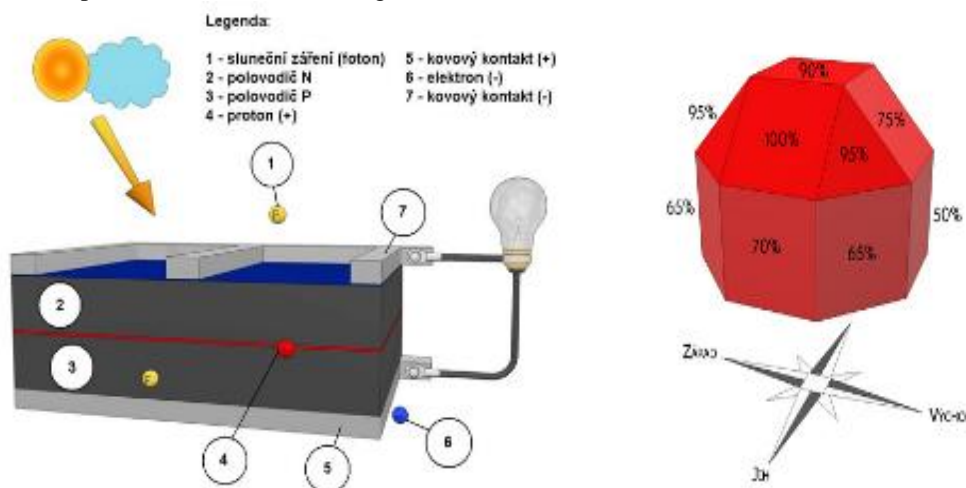
Sluneční, nebo také solární energie, se řadí mezi nevyčerpatelné zdroje energie a její využití, nemá téměř žádné negativní účinky na životní prostředí. Množství využitelné energie je závislé na klimatických podmínkách jednotlivých částí zemského povrchu. Lze ji dobře využít nejenom v oblastech s dlouhým slunečním svitem, ale i s vyšší nadmořskou výškou. (MASTNÝ et al., 2011).

Pomocí aktivních nebo pasivních solárních systémů lze sluneční energii využít na výrobu tepelné nebo elektrické energie. Tepelné solární systémy se používají zejména k přeměně sluneční energie na teplo. Základním článkem a zároveň nedílnou součástí kompletního systému jsou kolektory a tento systém je nazýván jako aktivní. Naproti tomu sluneční záření, které je absorbované celou konstrukcí budovy a zejména pomocí oken je tento systém nazýván jako pasivní. (TWIDEL, WEIR, 2006).

Fotovoltaické solární systémy spočívají v přímé proměně energie slunečního záření v elektrickou energii, což je možné na základě fotovoltaického jevu. Při tomto jevu částice světla fotony, přímo dopadají na solární článek a svou energií z něj takzvaně vyrážejí elektrony. Polovodičová struktura článku pak uspořádává pohyb elektronů na využitelný stejnosměrný elektrický proud. Tento proud je nutné změnit na proud střídavý, aby bylo možné připojit fotovoltaickou elektrárnu do elektrické sítě. K tomu slouží takzvané invertory, které umožňují tuto přeměnu. Používané invertory jsou schopny poskytnout informace o vlastní výrobě elektrické energie. (MASTNÝ et al., 2011).

Obr. č. 26 (vlevo) - popis fotovoltaiiky

Obr. č. 27 (vpravo) - závislost účinnosti panelu na náklonu a orientaci vzhledem ke světelnému zdroji



Zdroj: (ENERGETICKÝ PORADCE PRE, 2014)².

Fotovoltaické elektrárny produkují energii, která má široké pole působnosti. V posledních letech se stalo trendem vybudování obrovských fotovoltaiických polí. Ty mají za cíl poskytnout spotřebitelům dostatek elektrické energie, nebo slouží jako záložní zdroj v případě vysokého odběru elektrické energie. (SOLAR ENERGY INTERNATIONAL, 2004).

U nás jsou poměrně dobré podmínky pro využití energie slunečního záření a to i přes to, že množství sluneční energie během roku kolísá a nejvíce ho dopadá v období, kdy je to nejméně potřeba. Na každý m² dopadne za jeden rok v našich podmínkách přibližně 1000 kWh sluneční energie. V letním období dosahuje světelné záření denního maxima přes 1 kW. I přes skutečnost, že je ČR poměrně rozlohou malá země, tak i zde existují určité rozdíly v klimatických podmínkách. Ty jsou způsobeny zejména rozdílnou nadmořskou výškou, charakterem proudění vzduchu a rozdílem ve

slunečním svitu. Podíl fotovoltaiky na celkové produkci elektrické energie ve světě není příliš veliký a pohybuje se okolo 0,01 %. Česká republika se ale pohybuje na prvních místech mezi největšími provozovateli slunečních elektráren na světě. Nejpriznivější podmínky u nás pro využití sluneční energie jsou na Moravě, a proto se většina projektů staví právě v těchto místech republiky. (ENERGETICKÝ PORADCE PRE, 2014²; MASTNÝ et al., 2011).

Fotovoltaické systémy se rozdělují na:

- a) kapesní aplikace – přímé připojení
- b) GRID-ON – dodávka do distribuční sítě
- c) GRID-OFF – bez distribuční sítě (MASTNÝ et al., 2011).

Obr. č. 28 (vlevo) - fotovoltaický systém GRID-ON

Obr. č. 29 (vpravo) - fotovoltaický systém GRID-OFF



Zdroj: (ENERGETICKÝ PORADCE PRE, 2014)².

Výhodou systému GRID-ON je, že je veškerá vyrobená elektrická energie zpracována. Tyto systémy se instalují na obytné domy, ale také na střechy velkých bytových nebo nebytových prostorů a na volná prostranství, která jsou pro investory výhodnější. Naproti tomu systémy GRID-OFF se využívají zejména v místech, kde není dostupná elektrorozvodná síť. Mají uplatnění třeba jako zdroj elektrické energie pro chaty, napájení dopravní signalizace, telekomunikačních zařízení nebo monitorovacích přístrojů či u zahradního osvětlení a světelné reklamy. Dále se používají hybridní fotovoltaické systémy, což je v podstatě kombinace systému GRID-ON a GRID-OFF. Zde je výhodou maximální využití vyrobené energie v místě výroby, ať už ve formě elektrické energie nebo pro přitápění, ohřev vody, klimatizace a zavlažování či provoz bazénů, aniž by bylo zbytečně dodáno příliš mnoho energie do distribuční sítě. Další výhodou je funkce pro využití přebytečné energie ve výkonových špičkách, kdy inteligentní hybridní měnič dokáže přeměrovat

přebytečnou energii v reálném čase či s řízeným zpožděním do určeného energeticky náročného spotřebiče. (MASTNÝ et al., 2011).

4.7.3 Výroba větrné energie

Stejně jako v zemích střední Evropy, tak i v ČR nejsou příznivé podmínky pro výrobu této energie a používají se jen zřídka. Příznivé větrné podmínky jsou u nás převážně jen v horských oblastech a na vrchovinách. V našich podmínkách, by bylo možné podle provedeného posouzení větrné situace vyrobit ve VTE jen asi 1 až 3 milióny MWh, což je jen několik málo procent vyráběné elektrické energie. V našich geografických podmínkách je problém s intenzitou větru a výběrem správné lokality pro umístění VTE. Minimální hranice energetického využití větru je ta, kde by se průměrná roční rychlost větru měla pohybovat nad hranicí $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Oproti tomu horní hranice, by se měla pohybovat do hodnoty $25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, přičemž při rychlosti větru nad horní hranicí jsou VTE z bezpečnostních důvodů odstavovány. (MASTNÝ et al., 2011).

Moderní větrná turbína je sice natolik kvalitní, že pro její spuštění a připojení do sítě stačí obvykle jen rychlost větru okolo 3 – 4 m/s, ale její výkon je v takovém případě velmi malý. (MUSIL, 2009).

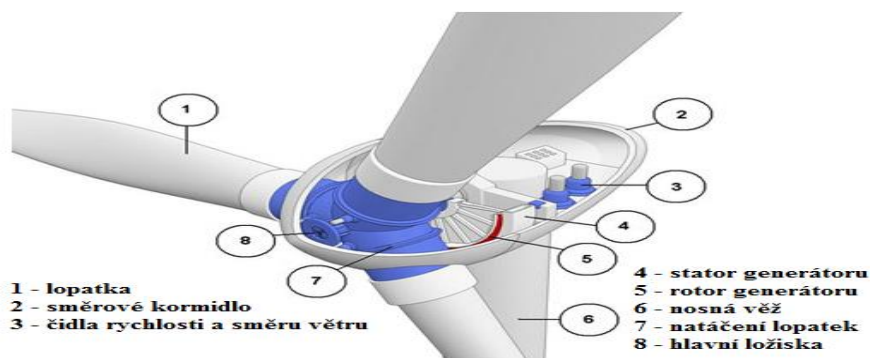
VTE se rozdělují na elektrárny s malým výkonem do 10 kW, středním od 10 do 300 kW a velkým výkonem od 300 do 3000 kW. Velké VTE se používají v oblastech s velkým větrným potenciálem a slouží výhradně pro komerční výrobu elektřiny a k dodávce do veřejné rozvodné sítě. (ENERGETICKÝ PORADCE PRE, 2014)¹.

Pro výrobu elektrické energie ve VTE je podstatný vítr, který vzniká v atmosféře na základě rozdílu atmosférických tlaků jako důsledek nerovnoměrného ohřívání zemského povrchu slunečním zářením. Vzduch se ohřívá, stoupá vzhůru a na jeho místo se tlačí vzduch studený. Celý tento děj je ovlivněn rotací Země, střídáním dne a noci a to má za následek vznik tlakových rozdílů v zemské atmosféře. Vyrovnaváním tlakových rozdílů vzniká vítr, který vane vždy od tlakové výše k tlakové níži. (MASTNÝ et al., 2011).

Součástí větrných elektráren jsou větrné motory, což je zařízení, které se používá k přeměně kinetické energie větru na mechanickou energii. Ve VTE se nejdříve kinetická energie větru promění v mechanickou energii a ta je pak transformována v elektrickou energii. Větrné motory se rozdělují dle několika

hledisek. Jednak dle aerodynamického principu funkce větrného motoru na odporové a vztlakové motory. Další rozdělení je podle uložení osy rotace na vertikální a horizontální a podle instalovaného výkonu a rychlostního součinitele se větrné motory rozdělují na pomaloběžné a rychloběžné. (MASTNÝ et al., 2011).

Obr. č. 30 - popis větrné elektrárny



Zdroj: (ENERGETICKÝ PORADCE, 2014)¹.

Pro výstavbu větrných elektráren ve světě, je nejprve důležitý pečlivý výběr lokality. A to především z důvodu, že jak větrné elektrárny on-shore i off-shore (u pobřeží i mimo pobřeží na moři) mohou při svém provozu mít negativní důsledky na životní prostředí. K těm nejzávažnějším patří střety ptáků s elektrárnou nebo vliv ultrazvuku a chvění na velryby. Projektanti se v daném území při výstavbě větrných elektráren snaží přihlížet ke krajinným charakteristikám, protože mohou mít negativní vliv na krajinný ráz. Obavy z hluku a ultrazvuku jsou u větrných elektráren na místě, ale v posledních letech došlo díky novým technologiím k velkým pokrokům a tedy i k snížení hluku a ultrazvuku. (EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION, 2009).

4.7.4 Výroba energie z biomasy

Pod pojmem biomasa označujeme veškerou hmotu biologického původu a to jak rostlinného tak živočišného. Lze říci, že v případě dobrého hospodaření, bude biomasa neustále k dispozici. Pro získávání energie se používají dva typy biomasy:

1. biomasa záměrně pěstovaná pro energetické účely (cukrová řepa, obilí, brambory, cukrová třtina, olejniny, energetické dřeviny)
2. odpadní biomasa (rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny, odpady z živočišné výroby, lesní odpady, komunální organické odpady z venkovních sídel, organické odpady z potravinářské a průmyslové výroby).

Biomasu, která je energeticky využitelná je možné rozdělit do těchto skupin:

1. fytomasa s vysokým obsahem lygnocelulózy
2. fytomasa olejnatých plodin
3. fytomasa s vysoký podílem škrobu a cukru
4. organické odpady a vedlejší produkty živočišného původu
5. směsi různých organických odpadů (MASTNÝ et al., 2011).

Ke zpracování biomasy se používá celá řada chemických procesů, které ji mění na jiný druh paliva, nebo ji přímo mění na tepelnou energii. Procesy zpracování biomasy jsou:

A. Termochemická proměna biomasy

- suché procesy (spalování, zplyňování a pyrolýza)

B. Biochemická proměna biomasy

- mokré procesy (alkoholové kvašení a metanové kvašení)

C. Fyzikální a chemická proměna biomasy

- mechanicky (štěpení, drcení, lisování, peletování)
- chemicky (esterifikace surových bioolejů)

D. Získávání odpadního tepla při zpracování biomasy

- kompostování
- aerobní čištění odpadních vod
- anaerobní fermentace pevných organických odpadů (MASTNÝ et al., 2011).

Mastný et al. (2011) uvádějí, že pro dobrou využitelnost biomasy je důležitá její kvalita. Tu ovlivňuje voda v ní obsažená, která má přímý vliv na výhřevnost. Čerstvá biomasa obsahuje vysoké množství vody a proto je třeba ji před spalováním vysušit. Doporučená vlhkost je 30 %, avšak za optimální se považuje snížit obsah vody do 20 %. U nás se k topení nejčastěji využívá biomasa ve formě kusového dřeva, které je relativně levné a dostupné, ale zařízení na jeho spalování je poměrně náročné na obsluhu a obtížně se reguluje jeho výkon. I tento nedostatek je dnes možné vyřešit a to s využitím akumulární nádrže, která přebytečné teplo uloží na později a tak umožní

zařízení ke spalování pracovat celou dobu v optimálním režimu. Další velmi často využívanou formou biomasy jsou pelety, které se vyrábějí lisováním a je možné s nimi do jisté míry zacházet jako s kapalným palivem. Kotle na pelety jsou automatická, vysoce komfortní topidla. I štěpka má u nás své specifické zastoupení. Dřevní štěpka se vyrábí zejména z odpadu při těžbě dřeva nebo prořezávkou stromů.

4.7.5 Výroba energie z bioplynu a skládkového plynu

Bioplyn je produktem procesu metanizace, anaerobní stabilizace kalů a anaerobního čištění odpadních vod. Bioplyn vzniká procesem anaerobní fermentace, což je z chemického hlediska vícestupňový proces. V tomto procesu dochází k postupné přeměně sacharidů, tuků a bílkovin působením metanogenních, acetotrofních a hydrogenotrofních mikroorganismů. V prvním stupni dochází ke štěpení makromolekul, v druhém ke kvašení, ve třetím k tvorbě metanogenních směsí a ve čtvrtém stupni dochází k výrobě bioplynu. (BINDZAR et al., 2009).

Anaerobní rozklad organických látek je ovlivněn několika faktory, které mění životní prostředí mikroorganismů a mají zásadní vliv na průběh celého procesu. Jedná se především o dostatečnou vlhkost, bez přístupu kyslíku a světla, dále pak konstantní teplotu a optimální hodnotu pH. Bioplyn se skládá převážně z metanu, oxidu uhličitého a v menších množstvích ze sirovodíku, vodíku a kyslíku. Bioplyn je možné pro energetické účely využít hned několika způsoby:

- a) přímé spalování
- b) výroba elektrické energie a ohřev teplotnosného média
- c) výroba elektrické energie, ohřev teplotnosného média a výroba chladu
- d) pohon spalovacích motorů nebo turbín
- e) využití bioplynu v palivových člancích. (BINDZAR et al., 2009).

K výrobě bioplynu dochází v bioplynových stanicích, které je možné si představit jako velké nádrže, kde dochází k anaerobní fermentaci. Uvolněný bioplyn je pak dále odváděn do plynojemu, kde se dále upravuje a čistí. (EKOBONUS, 2015).

Nejčastěji se s využitím bioplynu setkáváme v kogeneračních jednotkách. Jedná se o technologické zařízení, které dosahuje vysoké účinnosti přeměny bioplynu na elektrickou a tepelnou energii. Zhruba se odhaduje, že se 37 % energie bioplynu transformuje na elektrickou energii a 50 % na energii tepelnou a zbytek jsou tepelné ztráty. (PASTOREK et al., 2004).

Využití skládkového plynu se předpokládá u každé větší skládky, kde bude v průběhu několika let zajištěn vznik dostatečného množství skládkového plynu. Na skládkách se budují zařízení na využívání tohoto plynu. Skládkový plyn se jímá plynovými studnami, které jsou rozmístěny víceméně rovnoměrně po celé skládce a na které je napojeno sběrné potrubí. Sběrné potrubí je zaústěno do hlavního plynového vedení. Plyn se energeticky využívá pro výrobu elektrické energie. (BINDZAR et al., 2009).

4.7.6 Geotermální energie

Geotermální energie je v podstatě teplo z hlubin Země. Teplota Země stoupá s hloubkou, přičemž teplota zemského jádra přesahuje 4 200 °C. Část tohoto tepla je pozůstatkem z doby vzniku Země před asi 4,5 miliardami let. Geotermální energii lze prakticky využít dvěma způsoby. A to k provozu geotermálních elektráren, nebo lze teplo využívat přímo, pomocí tepelných čerpadel. (MUSIL, 2009).

V našich podmínkách se nevyskytují vhodné podmínky pro využití geotermální energie. Z toho důvodu se uvažuje o použití HDR – Hot Dry Roc. To je metoda, kdy se do hloubky až několika kilometrů provedou dva vrty, které jsou od sebe vzdáleny několik set metrů. Do jednoho vrtu je vháněna pod tlakem voda, která se čerpá již ohřátá z druhého vrtu. Tato horká voda je přeměněna na páru a pohání tak turbíny generátorů. Je-li v blízkosti geotermální elektrárny možnost odběru tepla, je možné vyrábět společně s elektřinou i teplo pro vytápění. (MASTNÝ et al., 2011).

Tepelná čerpadla jsou zařízení využívající nízkopotenciální energii. Podle využívaného zdroje nízkopotenciálního tepla lze tepelná čerpadla rozdělit na tři základní systémy:

1. země – voda
2. voda – voda
3. vzduch – voda

Princip funkce tepelného čerpadla je možné definovat jako uzavřený tepelný oběh. Tepelné čerpadlo funguje na stejném principu jako obrácený proces ledničky. Lednice odebírá teplo ze svého vnitřního prostoru a ven mírně topí. U tepelného čerpadla je to tak, že zvenku odebírá energii a uvnitř topí. Pracovním principem tepelného čerpadla je chladicí okruh s parním oběhem, skládající se ze čtyř základních částí, kterými jsou výparník, kompresor, kondenzátor a škrtící ventil. Nejdůležitějším

parametrem v hodnocení účinnosti tepelného čerpadla je poměr vynaložené elektrické energie k získané tepelné energii, takzvaný topný faktor. Činnost tepelného čerpadla je tím účinnější, čím vyšší je hodnota topného faktoru. U tepelných čerpadel se topný faktor pohybuje okolo hodnoty 3, to znamená, že za každou spotřebovanou 1 kWh elektrické energie je možné získat 3 kWh tepelné energie. (MASTNÝ et al., 2011).

5. Výsledky

5.1 Porovnání jednotlivých obnovitelných zdrojů

V celosvětovém měřítku představují OZE značný, ekologicky čistý potenciál, jehož by bylo čistě teoreticky možné využít pro pokrytí současné celosvětové spotřeby energie. Využívání OZE je však limitováno několika faktory, jako je nízká plošná koncentrace, nestejně rozložené územní rozložení a proměnlivá intenzita během dne i roku. Energii z obnovitelných zdrojů lze jen složitě skladovat, tedy až na některé výjimky. Společnou předností všech OZE je, že jsou ekologické, šetří životní prostředí a nespotřebovávají fosilní paliva. Další výhodou je, že nevypouštějí do ovzduší další oxidy uhlíku a dusíku. Převážně jsou dostupné v místě spotřeby, a proto je není potřeba nijak složitě přepravovat. Pokud je již zařízení pro výrobu elektrické energie v provozu, může být jejich využívání finančně výhodné. (MASTNÝ et al., 2011; PASTOREK et al., 2004).

Na druhou stranu, není třeba zastírat, že investice do zprovoznění technologií na výrobu elektrické energie z OZE jsou značně vysoké a návratnost investic z výroby elektřiny se u jednotlivých OZE liší. Záleží především na podpoře elektřiny, která se uskutečňuje formou zelených bonusů, nebo výkupní cenou elektřiny. Tato podpora je dána zákonem č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. Konkrétní cenu pak určuje Energetický regulační úřad (ERÚ) pro jednotlivé druhy OZE zvlášť. (PASTOREK et al., 2004).

5.1.1. Výhody OZE

Vodní elektrárny se významně podílí na výrobě levné a ekologicky čisté elektrické energie. Prakticky neznečišťují ovzduší, nedevastují krajinu a jsou bezodpadové. Vyznačují se malou poruchovostí a vysokým počtem provozních hodin v průběhu roku. Dále jsou charakteristické nízkými provozními náklady a nízkým počtem provozních pracovníků, což je dáno stále rozvíjejícím se automatickým bezobslužným provozem. Pružným pokrýváním spotřeby a schopností akumulace energie zvyšují efektivnost elektrizační soustavy. Vysokým stupněm automatizace přispívají k vyrovnávání změn na tocích a vytvářejí nové možnosti pro revitalizaci prostředí. Zároveň jsou VE z hlediska působení na přírodní podmínky a na životní prostředí jako takové nejméně nebezpečným typem elektráren. Náklady na

vybudování VE jsou sice vysoké, ale ekonomická životnost je několikanásobně delší než doba návratnosti investic. (BEDNÁŘ, 1989; ENERGETICKÝ PORADCE PRE, 2014)⁴.

Fotovoltaické elektrárny jsou v podstatě bezúdržbová zařízení, ovšem za předpokladu, že jsou sestavené z kvalitních prvků, jako jsou fotovoltaické panely a kvalitní konstrukční části pro stabilní a trvanlivé uchycení. Samotné fotovoltaické panely se vyznačují vysokou životností (20 – 30 let), nehlučným a téměř bezúdržbovým provozem. Provozní náklady bývají prakticky nulové a při provozu nevznikají žádné zplodiny. Při venkovní instalaci jsou odolné proti dešti, sněhu, kroupám a jsou testovány pro rychlost větru až 180 km/h. Nevadí jim ani hluboký mráz, nebo naopak vysoké teploty. (ENERGETICKÝ PORADCE PRE, 2014)².

Předností využití energie větru je výroba čisté energie bez škodlivých emisí a odpadů. Další výhodou je konstantní výkupní cena po dobu 20 let a přínos pro obce, které mají podíl na zisku z větrných elektráren. (ENERGETICKÝ PORADCE PRE, 2014)¹.

Z hlediska energetiky má i biomasa jakožto OZE velký význam. Přednostmi jsou především vysoký energetický potenciál a centralizovaná výroba energie. Možnost produkce biomasy v lokálních podmínkách snižuje energetickou závislost na zdrojích z dovozu. Nezanedbatelné je i zpracování a likvidace odpadů, které by mohly být v nezpracované podobě toxické. Bezespору největší výhodou jsou široké možnosti řízení výroby energie v časovém měřítku, oproti ostatním OZE, které buď neumožňují řízení výroby vůbec a jsou zcela závislé na podmínkách počasí, nebo je možné je regulovat jen částečně. (MASTNÝ et al., 2011).

Bioplyn se díky vysokému obsahu metanu a tím i vysoké výhřevnosti řadí mezi ušlechtilé zdroje energie. Výroba bioplynu má přínos v oblasti snižování emisí skleníkových plynů a také má v České republice velký potenciál zejména v sektoru zemědělství. Jako přínosy lze jmenovat to, že výroba bioplynu je ekonomická a ekologická zároveň. Díky zpracování biomasy v bioplynových stanicích je možné využít velké množství odpadu, který jinak nepřináší žádný přínos. Výroba bioplynu neprodukuje vlastní odpad, protože zbylou hmotu lze využít jako hnojivo. (BINDZAR et al., 2009; EKOBONUS, 2015).

Výroba geotermální energie má velmi malé vlivy na životní prostředí, protože po sobě nezanechává téměř žádnou ekologickou stopu. Je nezávislá na dodávkách

paliva a vydrží v provozu při plném výkonu desítky let. Její výroba je v podstatě bezobslužná a ve srovnání s jinými OZE zajišťuje stálost výkonu. (ČEZ, a. s., 2015).

5.1.2. Nevýhody OZE

Výstavba VE je trvalá investice, ale zároveň velice finančně nákladná a proto je z ekonomického hlediska výhodné, je-li součástí víceúčelového díla. Jako nevýhodu vodních elektráren lze spatřovat v tom, že VD změní ráz krajiny a může ovlivnit ekosystém daného území. (BEDNÁŘ, 1989; MUSIL, 2009).

FVE jsou závislé na slunečních paprscích a ideální podmínky pro výrobu elektřiny jsou za přímého slunečního záření při bezmračné obloze. V případě oblačného počasí klesá výnos přibližně na jednu třetinu a při zatažené obloze na desetinu maximálních hodnot. Elektřina je tedy v případě fotovoltaických elektráren vyráběna i z difúzního záření, ovšem výtěžnost je jen zlomek hodnot, které by byly dosaženy v případě přímého ozáření slunečními paprsky. Výkon FVE je však vždy ovlivněn nejen intenzitou a dobou slunečního záření, ale také nadmořskou výškou, výskytem ranních mlh, zvýšenou intenzitou znečištěného ovzduší či úhlem dopadu slunečních paprsků. (ENERGETICKÝ PORADCE PRE, 2014)³.

Využití energie větru přináší řadu problémů, které souvisí s jeho fyzikální podstatou. Nepravidelnost, nahodilost a nepředvídatelná síla a směr větru způsobují, že zařízení, která jsou určena k využívání této energie, jsou schopna pracovat pouze určitou, ne příliš velkou část roku (v našich podmínkách je to 10 – 20 %). Návrh investic se nedá předem určit, protože se především odvíjí od výkupní ceny elektřiny z větru a také je závislá na síle větru. Výkupní cena elektřiny z větru je nejnižší ze všech podporovaných OZE. Další, zejména veřejností vnímanou nevýhodou je estetické narušení krajiny, hluk a negativní vliv na faunu. (ENERGETICKÝ PORADCE PRE, 2014¹; MASTNÝ et al., 2011).

Nevýhodou využití biomasy je, že zařízení na spalování je nutné budovat v centru oblastí, kde se biomasa vyskytuje. Dovoz z větších vzdáleností je totiž značně nákladný. I provoz bioplynových stanic skýtá některá negativa. Patří sem zejména zápach a zvýšená hustota dopravy, která je dána nutností dopravování biomasy do stanic. Těmto problémům lze ale zabránit zvolením vhodného technologického postupu a vhodným umístěním bioplynové stanice. Další nevýhodou jsou vysoké náklady při výstavbě bioplynových stanic. (EKOBONUS, 2015; MASTNÝ et al., 2011).

Nevýhodou geotermální energie je, že je dostupná pouze na některých místech zemského povrchu. V České republice jsou vhodné podmínky v okolí Litoměřic, Lovosic, Chomutova nebo Frýdlantského výběžku. Výstavba geotermální elektrárny je finančně velice nákladná. (ČEZ, a. s., 2015).

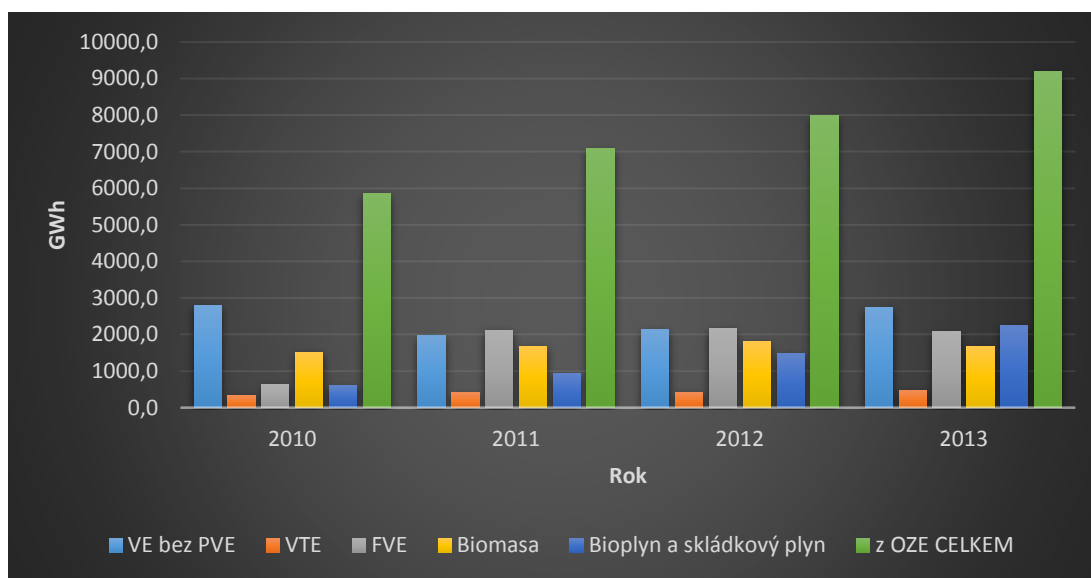
5.2 Vyzdvižení vodní energie a výroby elektrické energie na vodních elektrárnách Vltavské kaskády

Tab. č. 2 - množství vyrobené elektrické energie z OZE za r. 2010 - 2013 v GWh

OZE	Rok			
	2010	2011	2012	2013
VE bez PVE	2790,5	1963,2	2129,2	2734,7
VTE	335,5	397,0	417,0	478,0
FVE	615,7	2118,0	2173,0	2070,0
Biomasa	1512,0	1682,0	1802,0	1670,0
Bioplyn a skládkový plyn	599,0	933,0	1472,0	2241,0
z OZE CELKEM	5852,7	7093,2	7993,2	9193,7

Zdroj: vlastní, převzato z: (ERÚ, 2014).

Obr. č. 31 - množství vyrobené elektrické energie z OZE za r. 2010 – 2013 v GWh



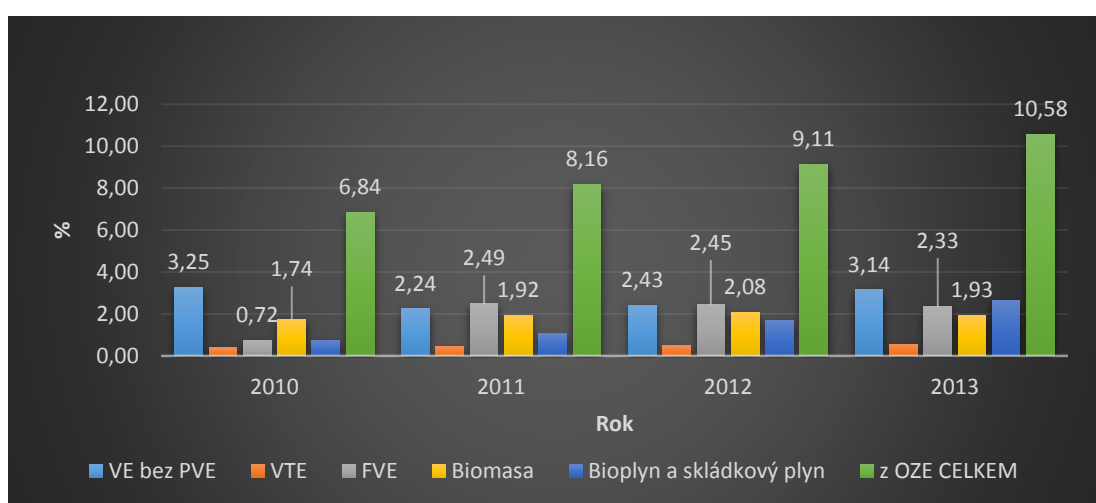
Zdroj: vlastní, převzato z: (ERÚ, 2014).

Tab. č. 3 - podíl na hrubé výrobě elektřiny z OZE za r. 2010 – 2013 v %

OZE	Rok			
	2010	2011	2012	2013
VE bez PVE	3,25	2,24	2,43	3,14
VTE	0,39	0,45	0,47	0,55
FVE	0,72	2,49	2,45	2,33
Biomasa	1,74	1,92	2,08	1,93
Bioplyn a skládkový plyn	0,74	1,06	1,68	2,63
z OZE CELKEM	6,84	8,16	9,11	10,58

Zdroj: vlastní, převzato z: (MPO, 2005)^{1,2,3,4}.

Obr. č. 32 - množství vyrobené elektrické energie z OZE za r. 2010 – 2013 v %



Zdroj: vlastní, převzato z: (MPO, 2005)^{1,2,3,4}.

Obrázky č. 31 a 32 vyjadřují množství vyrobené elektrické energie z OZE v jednotlivých letech. Zde je patrné, že se celkové množství vyrobené elektrické energie z OZE zvyšuje. Největší navýšení je patrné u výroby ve fotovoltaických elektrárnách a u výroby elektrické energie z biomasy. Množství vyrobené energie ve vodních elektrárnách je v průměru 2 400 GWh (3 %). V roce 2010 a 2013 se jednoznačně nejvíce elektrické energie ze všech obnovitelných zdrojů vyrobilo ve vodních elektrárnách. V roce 2011 a 2012 získala sice prvenství výroba elektrické energie ve fotovoltaických elektrárnách, ale jen těsně před výrobou z vodní energie.

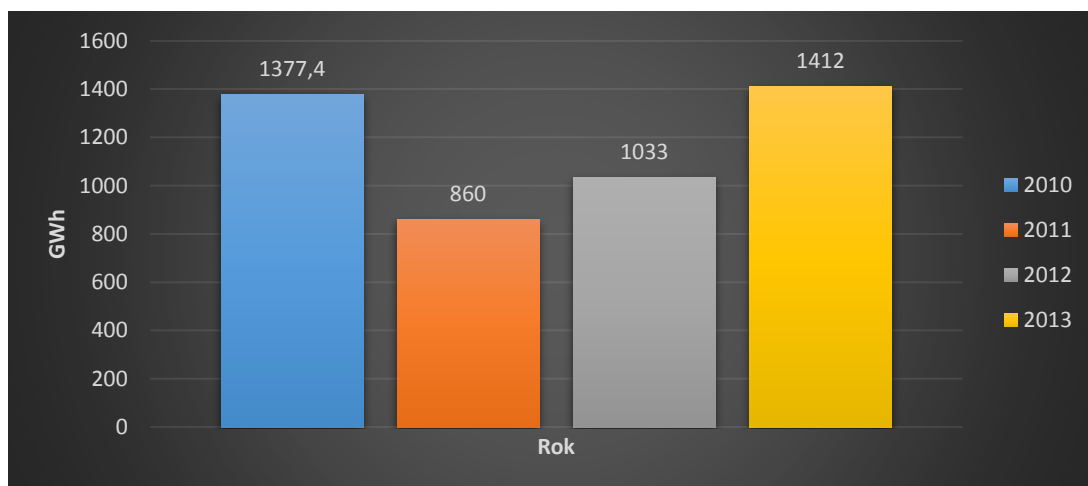
Tab. č. 4 – množství vyrobené elektrické energie na jednotlivých dílech Vltavské kaskády a celkové množství vyrobené elektrické energie ve VE za r. 2010 - 2013 v GWh

VD	Rok			
	2010	2011	2012	2013
Vrané	79,9	41,4	63,3	59
Štěchovice 1	120,1	82,4	90,6	110,7
Slapy	393,9	255,9	288,5	411,4
Kamýk	92	57,9	66,1	94,1
Orlík	490,4	299,9	349,5	554,5
Kořensko	12,6	7,1	9,8	7,7
Hněvkovice	30,7	20,3	26,7	27,7
Lipno II	6,6	5,1	5,9	6
Lipno I	151,2	90	132,7	140,6
PVE Štěchovice 2	38,5	23,5	48,9	557,4
Celkem na Vltavské kaskádě bez PVE Štěchovice 2	1377,4	860	1033	1412
Celkem ve VE bez PVE	2790,5	1963,2	2129,2	2734,7
Vyrobeno na Vltavské kaskádě z celkové výroby ve VE bez PVE	49%	44%	49%	52%

Zdroj: vlastní, převzato z: (ERÚ, 2014; INTERNÍ ÚDAJE ČEZ, a. s., 2015).

Z tabulky č. 4 lze vyčíst, kolik bylo vyrobeno elektrické energie na jednotlivých dílech Vltavské kaskády v letech 2010 – 2013. V tabulce je dále uvedeno celkové množství vyrobené elektrické energie na Vltavské kaskádě a ve vodních elektrárnách v ČR celkem v jednotlivých letech, bez přečerpávacích vodních elektráren. Poslední řádek tabulky udává procentuální vyjádření vyrobené elektrické energie na Vltavské kaskádě z celkového množství vyrobené elektrické energie ve vodních elektrárnách. Z toho je patrné, že hydroelektrárny na Vltavské kaskádě vyrobily v daných letech okolo 50 % z celkového množství vyrobené elektrické energie ve VE. Prvenství ve výrobě elektrické energie zaujímá naše největší vodní elektrárna Orlík, následují Slapy a Lipno I.

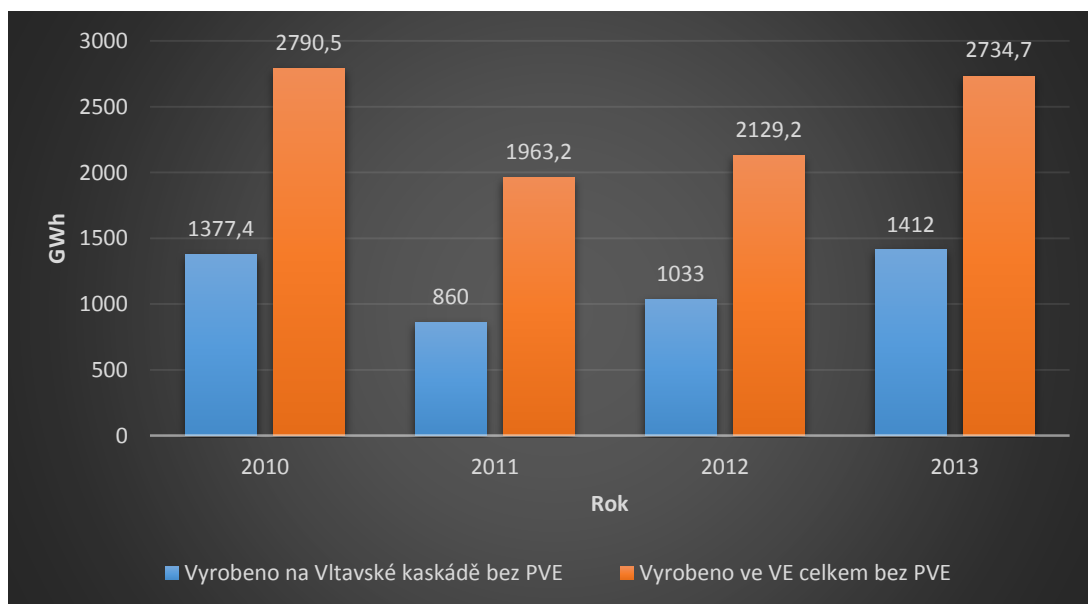
Obr. č. 33 - množství vyrobené elektrické energie na Vltavské kaskádě za r. 2010 – 2013 v GWh



Zdroj: vlastní, převzato z: (INTERNÍ ÚDAJE ČEZ, a. s., 2015).

Obrázek č. 33 graficky znázorňuje množství vyrobené elektrické energie v jednotlivých letech 2010 – 2013 na Vltavské kaskádě, bez PVE. Nejvíce bylo vyrobeno v roce 2013, oproti tomu nejméně bylo elektrické energie vyrobeno v roce 2011.

Obr. č. 34 - množství vyrobené elektrické energie na Vltavské kaskádě a celkové množství vyrobené elektrické energie ve VE za r. 2010 – 2013 v GWh



Zdroj: vlastní, převzato z: (ERÚ, 2014; INTERNÍ ÚDAJE ČEZ, a.s., 2015).

6. Diskuse

Současný trend v energetické politice prosazuje vyrovnaný, jinak řečeno energetický mix jednotlivých druhů zdrojů energie. Jejich role je přímo závislá, jak na hodnocení z hlediska trvale udržitelného rozvoje, tak z hlediska ekonomických ukazatelů. Proto je využití klasických fosilních paliv (uhlí, ropa aj.) nutné doplňovat i obnovitelnými zdroji energie, které mají v dnešní době obrovský význam.

I když množství vyrobené elektrické energie z fosilních paliv několikanásobně převyšuje výrobu z OZE, tak z mého sledování vyplývá, že podíl výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů neustále roste. V roce 2010 činil hrubý podíl necelých 7 % a v roce 2013 už to bylo téměř 11 %. Předběžný odhad odborníků hovoří o tom, že by podíl výroby elektrické energie z OZE měl být v roce 2020 cca 15 %, což je, si myslím, reálná vize.

Všechny obnovitelné zdroje energie mají své určité zastoupení a je dobře, pokud se jejich zastoupení bude neustále zvyšovat. V dnešní době je kladen důraz především na ochranu životního prostředí a tomu OZE výrazně napomáhají. Zásadní nevýhodou obnovitelných zdrojů energie je jejich závislost na přírodních podmínkách, které se v podstatě nedají ovlivnit. Ale také špatná skladovatelnost elektrické energie a počáteční pořizovací náklady na výstavbu elektráren nebo zařízení na výrobu elektrické energie jsou značně vysoké. Dá se ale říci, že i přesto pozitiva převyšují nad negativy.

V posledních letech se nejvíce elektrické energie z OZE vyrobilo ve vodních elektrárnách. Jak tvrdí Mastný et al. (2011), v České republice nejsou ideální přírodní podmínky pro vybudování nových hydroelektráren. To především z důvodu, že naše toky nemají tolik potřebný spád ani dostatečné množství vody. S tímto názorem se ztotožňuji, ovšem tím spíše se musí přikládat větší význam dílům, které již na našich řekách stojí. Především Vltavská kaskáda, což je v našich podmínkách unikátní dílo, jež skýtá obrovský potenciál nejen z pohledu výroby elektrické energie. Jak je patrné z mého sledování, v hydroelektrárnách Vltavské kaskády bylo vyrobeno okolo 50 % z celkového množství vyrobené elektrické energie ve vodních elektrárnách. Tento výsledek hovoří o skvělém potenciálu celého bloku Vltavské kaskády.

7. Závěr

Cílem práce byla snaha vyzdvihnout vodní energii a výrobu elektrické energie na vodních elektrárnách Vltavské kaskády. Dalším cílem bylo porovnat a objasnit výhody a nevýhody, které přináší využívání obnovitelných zdrojů energie.

Největší část této práce je věnována vodní energii se zaměřením na Vltavskou kaskádu. Jsou zde popsána všechna díla Vltavské kaskády, včetně charakteristik jednotlivých hydroelektráren, které jsou jejich součástí. Dále jsou v práci charakterizovány jednotlivé obnovitelné zdroje, popsána jednotlivá zařízení na výrobu elektrické energie z OZE, stejně jako vysvětlení, jak tato zařízení fungují.

Výsledkem této práce je zjištění, že výroba elektrické energie z OZE přináší svá pozitiva a negativa, ovšem lze s jistotou říci, že klady převládají nad zápory. Všechny OZE produkují ekologicky čistou elektrickou energii, jsou bezodpadové a tudíž šetrné k životnímu prostředí. Výsledek práce přinesl i zjištění, že v posledních letech zaujímá první místo ve výrobě elektrické energie z OZE vodní energie. K tomuto výsledku z velké části přispěl i blok hydroelektráren na Vltavské kaskádě, který je cenným zdrojem a výrazně přispívá výrobou elektřiny do naší elektrizační soustavy. Je ale nutné podotknout, že celá Vltavská kaskáda pracuje jako jeden celek. Ani jedno vodní dílo se neobejde bez druhého. Právě jejich vzájemná závislost dělá z Vltavské kaskády tak silný a významný celek.

PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

Literatura

1. BEDNÁŘ J., 1989: *Malé vodní elektrárny 2: Turbíny*. SNTL, Praha, 237 s.
2. BINDZAR J., JANDA V., JENÍČEK P., RŮŽIČKOVÁ I., STRNADOVÁ N., 2009: *Základy úpravy a čištění vod*. Vydavatelství VŠCHT, Praha, 251 s.
3. BROŽA V., ČIHÁK F., SATRAPA L., 1998: *Hydrotechnické stavby*. Informační centrum ČKAIT, Praha, 195 s.
4. BROŽA V., SATRAPA L., SAKAŘ K., BLÁHA J., BÁČA V., VÍT P., MANÍČEK J., BÍZA P., JÍLEK M., KOPŘIVOVÁ J., SAKAŘ K., VINKLÁT P. D., 2005: *Přehradý Čech, Moravy a Slezska*. Knihy 555, Liberec, 251 s.
5. CACÁK F., KOUBA J., 2008: *Jak vzniklo a co skrylo Orlické jezero*. [Česko: s.n.], 384 s.
6. ČÁKA J., 1996: *Zmizelá Vltava*. Baroko, Beroun, 335 s.
7. EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION, 2009: *Wind energy-- the facts: a guide to the technology, economics and future of wind power*. Earthscan, Sterling, VA, 568 s.
8. HAŠKOVÁ L., 1961: *Vltavská kaskáda*. Státní nakladatelství politické literatury, Praha, 151 s.
9. JENÍČEK V., FOLTÝN J., 2010: *Globální problémy světa: v ekonomických souvislostech*. C.H. Beck, Praha, 324 s.
10. KUTHAN J., 2006: *Vltava v proudu času*. Městské muzeum, Sedlčany, 158 s.
11. MASTNÝ P., DRÁPELA J., MIŠÁK S., MACHÁČEK J., PTÁČEK M., RADIL L., BARTOŠÍK T., PAVELKA T., 2011: *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. České vysoké učení technické v Praze, Praha, 254 s.

12. MELICHAR J., 2013: *Hydraulické a pneumatické stroje, část vodní turbíny*. České vysoké učení technické, Praha, 145 s.
13. MEZERA M., 2013: *Povltavské vzpomínání*. Ivan Fojt, Příbram, 133 s.
14. MEZERA M., MEZERA V., 2006: *Co odnesl čas a vltavská voda, aneb, Tenkrát v Povltaví*. Ivan Fojt, Příbram, 135 s.
15. MUSIL, Petr. 2009: *Globální energetický problém a hospodářská politika: se zaměřením na obnovitelné zdroje*. C.H. Beck, Praha, 204 s.
16. PASTOREK Z., KÁRA J., JEVIČ P., 2004: *Biomasa: obnovitelný zdroj energie*. FCC Public, Praha, 286 s.
17. PAŽOUT F., 1990: *Malé vodní elektrárny I: ekonomika předpisy*. SNTL, Praha, 502 s.
18. QUASCHNING V., 2010: *Obnovitelné zdroje energií*. Grada, Praha, 296 s.
19. SMITH Z. A., TAYLOR K. D., 2008: *Renewable and alternative energy resources: a reference handbook*. ABC-CLIO, Santa Barbara, Calif. 323 s.
20. SOLAR ENERGY INTERNATIONAL, 2004: *Photovoltaics: design and installation manual : renewable energy education for a sustainable future*. New Society Publishers, Gabriola Island, B.C., 315 s.
21. TWIDELL J., WEIR A. D., 2006: *Renewable energy resources*. Taylor, New York, 601 s.
22. VĚTVIČKA V., 2007: *Vltava*. Vašut, Praha, 194 s.
23. VOTRUBA L., BROŽA V., 1980: *Hospodaření s vodou v nádržích*. SNTL, 1980, Praha, 443 s.
24. WAGNER H.J., MATHUR J., 2011: *Introduction to hydro energy systems basics, technology and operation*. Springer, Berlin, 130 s.

Internetové zdroje

1. Biomass Technology, 2009: *Skládkový plyn*. Hulín, online: http://biomasstechnology.cz/wp/?page_id=239, cit. 19. 2. 2015.
2. ČEZ, a. s., 2015: *Geotermální energie*. Praha, online: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/geotermalni-energie.html>, cit. 19. 2. 2015.
3. EkoBonus, 2015: *Jak fungují bioplynové stanice*. České Budějovice, online: <http://www.ekobonus.cz/jak-funguji-bioplynove-stanice-ukazkovy-priklad-zajimaveho-reseni-z-trebone>, cit. 19. 2. 2015.
4. ¹Energetický poradce PRE, 2014: *Energie větru*. Praha, online: <http://www.energetickyporadce.cz/cs/uspory-energie/obnovitelne-zdroje/energie-vetru/>, cit. 19. 2. 2015.
5. ²Energetický poradce PRE, 2014: *Energie slunce*. Praha, online: <http://www.energetickyporadce.cz/cs/uspory-energie/obnovitelne-zdroje/energie-slunce/>, cit. 19. 2. 2015.
6. ³Energetický poradce PRE, 2014: *Fotovoltaika*. Praha, online: <http://www.energetickyporadce.cz/cs/poradenske-centrum/tiskoviny-poradenstvi/2013/fotovoltaika/>, cit. 19. 2. 2015.
7. ⁴Energetický poradce PRE, 2014: *Energie vody*. Praha, online: <http://www.energetickyporadce.cz/cs/uspory-energie/obnovitelne-zdroje/energie-vody/>, cit. 19. 2. 2015.
8. Energetický regulační úřad, 2014: *Statistika a sledování kvality: Roční zpráva o provozu ES ČR pro rok 2013*. Jihlava, online: http://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2013.pdf/20c3f587-a658-49f7-ace9-56be8a66b7b9, cit. 19. 2. 2015.
9. ¹MPO, 2005: *Statistiky: Obnovitelné zdroje energie v roce 2010*. Praha, online: <http://www.mpo.cz/dokument91279.html>, cit. 21. 2. 2015.

10. ²MPO, 2005: *Statistiky: Obnovitelné zdroje energie v roce 2011*. Praha, online: <http://www.mpo.cz/dokument118407.html>, cit. 21. 2. 2015.
11. ³MPO, 2005: *Statistiky: Obnovitelné zdroje energie v roce 2012*. Praha, online: <http://www.mpo.cz/dokument144453.html>, 21. 2. 2015.
12. ⁴MPO, 2005: *Statistiky: Obnovitelné zdroje energie v roce 2013*. Praha, online: <http://www.mpo.cz/dokument153790.html>, cit. 21. 2. 2015.
13. ¹Povodí Vltavy, 2013: *Vltavská kaskáda*. Praha, online: <http://www.pvl.cz/vodohospodarske-informace/vodni-dila/vltavska-kaskada>, cit. 18. 2. 2015.
14. ²Povodí Vltavy, 2013: *Vltavská vodní cesta: Vodní dílo Vrané*. Praha, online: <http://www.pvl.cz/vodohospodarske-informace/vodni-dila/vltavska-vodni-cesta/vodni-dilo-vrane>, cit. 18. 2. 2015.
15. ³Povodí Vltavy, 2013: *Vltavská vodní cesta: Vodní dílo Štěchovice*. Praha, online: <http://www.pvl.cz/vodohospodarske-informace/vodni-dila/vltavska-vodni-cesta/vodni-dilo-stechovice>, cit. 18. 2. 2015.
16. ⁴Povodí Vltavy, 2013: *Vltavská vodní cesta: Vodní dílo Slapy*. Praha, online: <http://www.pvl.cz/vodohospodarske-informace/vodni-dila/vltavska-vodni-cesta/vodni-dilo-slapy>, cit. 18. 2. 2015.
17. ⁵Povodí Vltavy, 2013: *Vltavská vodní cesta: Vodní dílo Kamýk*. Praha, online: <http://www.pvl.cz/vodohospodarske-informace/vodni-dila/vltavska-vodni-cesta/vodni-dilo-kamyk>, cit. 18. 2. 2015.
18. ⁶Povodí Vltavy, 2013: *Vltavská vodní cesta: Vodní dílo Orlík*. Praha, online: <http://www.pvl.cz/vodohospodarske-informace/vodni-dila/vltavska-vodni-cesta/vodni-dilo-orlik>, cit. 18. 2. 2015.
19. ⁷Povodí Vltavy, 2013: *Vodní díla a nádrže: VD Kořensko*. Praha, online: <http://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vodni-dila-a-nadrze/korensko.pdf>, cit. 18. 2. 2015.

20. ⁸Povodí Vltavy, 2013: *Vodní díla a nádrže: VD Hněvkovice*. Praha, online: <http://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vodni-dila-a-nadrze/hnevkovice.pdf>, cit. 18. 2. 2015.
21. ⁹Povodí Vltavy, 2013: *Vodní díla a nádrže: VD Lipno I*. Praha, online: <http://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vodni-dila-a-nadrze/lipno-i.pdf>, cit. 18. 2. 2015.
22. ¹⁰Povodí Vltavy, 2013: *Vodní díla a nádrže: VD Vrané nad Vltavou*. Praha, online: <http://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vodni-dila-a-nadrze/vrane.pdf>, cit. 18. 2. 2015.
23. ¹¹Povodí Vltavy, 2013: *Vodní díla a nádrže: VD Štěchovice*. Praha, online: <http://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vodni-dila-a-nadrze/stechovice.pdf>, cit. 18. 2. 2015.
24. ¹²Povodí Vltavy, 2013: *Vodní díla a nádrže: VD Slapy*. Praha, online: <http://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vodni-dila-a-nadrze/slapy.pdf>, cit. 18. 2. 2015.
25. ¹³Povodí Vltavy, 2013: *Vodní díla a nádrže: VD Kamýk*. Praha, online: <http://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vodni-dila-a-nadrze/kamyk.pdf>, cit. 18. 2. 2015.
26. ¹⁴ Povodí Vltavy, 2013: *Vodní díla a nádrže: VD Orlík*. Praha, online: <http://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vodni-dila-a-nadrze/orlik.pdf>, cit. 18. 2. 2015.

Ostatní zdroje:

1. Interní údaje ČEZ, a. s., 2015.
2. Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1 - rozdělení vodního toku přehradami na souvislou kaskádu	7
Obr. č. 2 (vlevo) - lokalita VD Vrané na Vltavě	9
Obr. č. 3 (vpravo) - příčný řez VD Vrané	9
Obr. č. 4 (vlevo) - lokalita VD Štěchovice na Vltavě	11
Obr. č. 5 (vpravo) - příčný řez VD Štěchovice	11
Obr. č. 6 (vlevo) - lokalita VD Slapy na Vltavě	12
Obr. č. 7 (vpravo) - příčný řez VD Slapy	12
Obr. č. 8 (vlevo) - lokalita VD Kamýk na Vltavě	13
Obr. č. 9 (vpravo) - příčný řez VD Kamýk	13
Obr. č. 10 (vlevo) - lokalita VD Orlická na Vltavě	15
Obr. č. 11 (vpravo) - příčný řez VD Orlická	15
Obr. č. 12 (vlevo) - lokalita VD Kořensko na Vltavě	16
Obr. č. 13 (vpravo) - příčný řez VD Kořensko	16
Obr. č. 14 (vlevo) - lokalita VD Hněvkovice na Vltavě	16
Obr. č. 15 (vpravo) - příčný řez VD Hněvkovice	16
Obr. č. 16 - lokalita VD Lipno I a II na Vltavě	17
Obr. č. 17 (vlevo) - příčný řez VD Lipno I	18
Obr. č. 18 (vpravo) - příčný řez VD Lipno I	18
Obr. č. 19 - procentuální podíl na výrobě elektřiny ve VE s různým instalovaným výkonem	20
Obr. č. 20 - obecné schéma vodní elektrárny	20
Obr. č. 21 (vlevo) - popis průtočné vodní elektrárny	24
Obr. č. 22 (vpravo) - popis přečerpávací vodní elektrárny	24
Obr. č. 23 - obecný popis vodní turbíny	25
Obr. č. 24 (vlevo) - Kaplanova turbína	26
Obr. č. 25 (vpravo) - Francisova turbína	26
Obr. č. 26 (vlevo) - popis fotovoltaiky	27
Obr. č. 27 (vpravo) - závislost účinnosti panelu na náklonu a orientaci vzhledem ke světelnému zdroji	27
Obr. č. 28 (vlevo) - fotovoltaický systém GRID-ON	28
Obr. č. 29 (vpravo) - fotovoltaický systém GRID-OFF	28
Obr. č. 30 - popis větrné elektrárny	30
Obr. č. 31 - množství vyrobené elektrické energie z OZE za r. 2010 – 2013 v GWh	38

Obr. č. 32 - množství vyrobené elektrické energie z OZE za r. 2010 – 2013 v %	39
Obr. č. 33 - množství vyrobené elektrické energie na Vltavské kaskádě za r. 2010 – 2013 v GWh.....	41
Obr. č. 34 - množství vyrobené elektrické energie na Vltavské kaskádě a celkové množství vyrobené elektrické energie ve VE za r. 2010 – 2013 v GWh.....	41

SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1 - výčet vodních děl tvořících Vltavskou kaskádu	4
Tab. č. 2 - množství vyrobené elektrické energie z OZE za r. 2010 - 2013 v GWh	38
Tab. č. 3 - podíl na hrubé výrobě elektřiny z OZE za r. 2010 – 2013 v %	39
Tab. č. 4 – množství vyrobené elektrické energie na jednotlivých dílech Vltavské kaskády a celkové množství vyrobené elektrické energie ve VE za r. 2010 - 2013 v GWh	40

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 - schéma vodních děl na řece Vltavě	53
Příloha č. 2 - souhrnný přehled údajů o VD Vltavské kaskády	54
Příloha č. 3 - VD Vrané, vlevo budova hydroelektrárny	55
Příloha č. 4 - VD Vrané	55
Příloha č. 5 - VD Štěchovice od dolní hladiny	56
Příloha č. 6 - VD Štěchovice.....	56
Příloha č. 7 - VD Slapy	57
Příloha č. 8 - VD Slapy	57
Příloha č. 9 - VD Kamýk	58
Příloha č. 10 - VD Orlík.....	58
Příloha č. 11 - VD Orlík.....	59
Příloha č. 12 - VD Orlík.....	59
Příloha č. 13 - VD Kořensko.....	60
Příloha č. 14 - VD Kořensko.....	60
Příloha č. 15 - VD Hněvkovice.....	61
Příloha č. 16 - VD Hněvkovice.....	61
Příloha č. 17 - VD Lipno I	62
Příloha č. 18 - VD Lipno I	62

PŘÍLOHY:

Příloha č. 1 - schéma vodních děl na řece Vltavě



Zdroj: (MELICHAR, 2013).

Příloha č. 2 - souhrnný přehled údajů o VD Vltavské kaskádě

Hydrologické údaje				Technické údaje			
Vodní dílo	Plocha povodí (km ²)	Průměrný dlouhodob. roční průtok Q _a (m ³ /s)	N-letý průtok Q ₁₀₀ (m ³ /s)	Celk. objem (mil. m ³)	Zatopená plocha (ha)	Typ/ počet přeliv. poli/ max. kapacita (m ³ /s)	Typ/počet bezpečnost. přelivů/ max. kapacita (m ³ /s)
Vrané	17 784,6	111,0	2 970	11	263	4/2 804	-----
Štěchovice	13 298,3	85,6	2 250	10,5	115	-----	Korunový/ 5/ 2 397
Slapy	12 956,8	84,7	2 503	270	1 392	-----	Korunový/ 4/ 3000
Kamýk	12 217,9	83,7	2 065	12,5	195	-----	Korunový/ 4/ 2 035
Orlík	12 106,0	83,5	2 050	720	2 732	-----	Korunový/ 3/ 2 183
Kořensko	7 828,9	54,9	1 387	2,8	-----	Jezová pole 4/ 1 110	-----
Hněvkovice	3 540,3	30,6	1 054	20	312	-----	Korunový/ 3/ 1 010
Lipno II	950	14,5	350	1,8	45	-----	Korunový/ 2/ 203
Lipno I	948	13,16	359	310	4 870	-----	Korunový/ 2/ 148
Technické údaje				Elektrárna			
Vodní dílo	Typ výpusti	Počet výpustí/ max. kapacita (m ³ /s)	Typ uzávěru	Typ turbíny/ Počet soustrojí	Typ elektrárny	Instalovaný výkon (MW)/ max. hltnost (m ³ /s)	Rozsah spádu (m)
Vrané	-----	-----	Tabulový	Kaplan/ 2	Akumulační	13,88/ 2 x 90	8,0 – 10,2
Štěchovice	Výpustný tunel	1/ 620	Tabulový	Kaplan/ 2 Francis/ 1	Akumulační Přečerpávací	22,5/ 2 x 80 45/ 27	14,5 – 20,1 209,8 – 219,5
Slapy	Spodní výpusti	2/ 363	Tabulový	Kaplan/ 3	Akumulační	144/ 3 x 108	27,4 – 56,0
Kamýk	-----	-----	Segmentový	Kaplan/ 4	Akumulační	40/ 4 x 90	11,5 – 16,0
Orlík	Spodní výpusti	2/ 371	Tabulový	Kaplan/ 4	Akumulační	364/ 4 x 150	45,0 – 71,5
Kořensko	-----	-----	Klapkový	Kaplan/ 2	Průtočná	3,8/ 2 x 40	2,0 – 6,2
Hněvkovice	Spodní výpust'	1/ 28,1	Segmentový	Kaplan/ 2	Akumulační	9,6/ 2 x 30	9,3 – 14,8
Lipno II	Základové výpusti	2	Klapkový	Kaplan/ 1	Průtočná	1,5/ 1 x 20	4,0 – 10,0
Lipno I	Spodní výpust'	2/ 2 x 86	Brýlové segmenty	Francis/ 2	Akumulační	120/ 2 x 46	18,7 – 20,6

Zdroj: vlastní, převzato z: (POVODÍ VLTAVY, 2013)⁷⁻¹⁴.

Příloha č. 3 - VD Vrané, vlevo budova hydroelektrárny



Zdroj: (VĚTVIČKA, 2007).

Příloha č. 4 - VD Vrané



Zdroj: (VĚTVIČKA, 2007).

Příloha č. 5 - VD Štěchovice od dolní hladiny



Zdroj: (VĚTVIČKA, 2007).

Příloha č. 6 - VD Štěchovice



Zdroj: (VĚTVIČKA, 2007).

Příloha č. 7 - VD Slapy



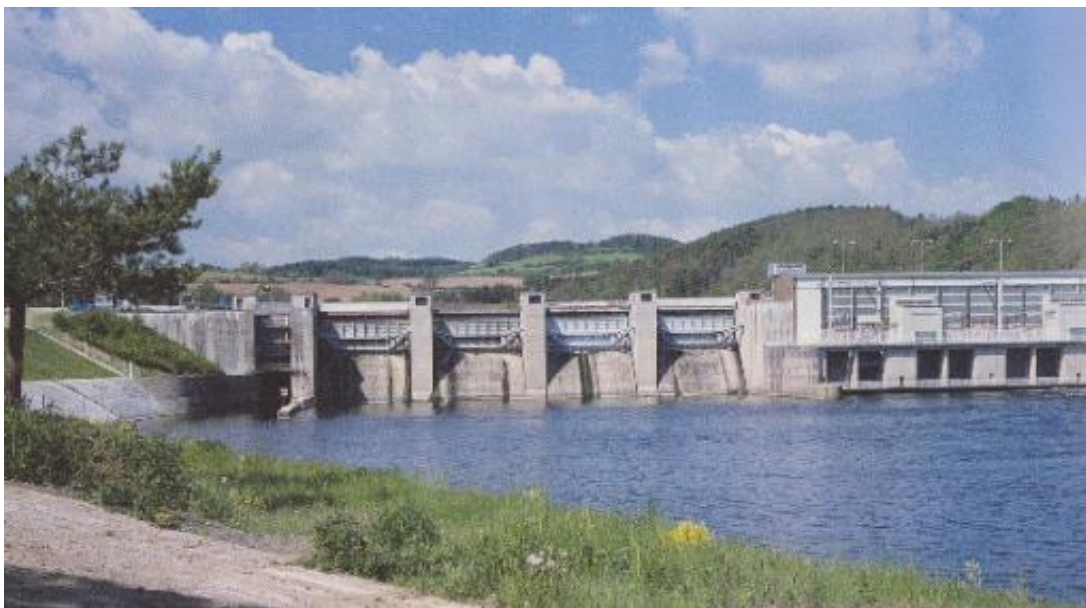
Zdroj: (VĚTVIČKA, 2007).

Příloha č. 8 - VD Slapy



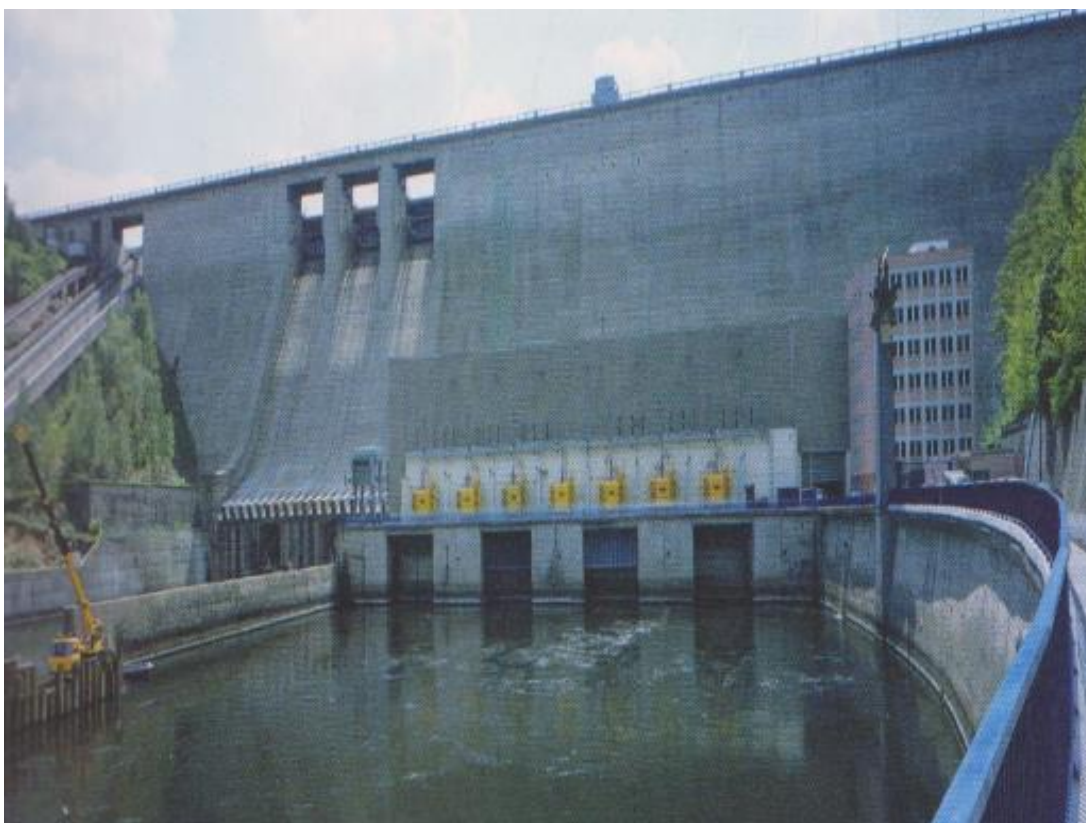
Zdroj: (VĚTVIČKA, 2007).

Příloha č. 9 - VD Kamýk



Zdroj: (VĚTVIČKA, 2007).

Příloha č. 10 - VD Orlik



Zdroj: (VĚTVIČKA, 2007).

Příloha č. 11 - VD Orlík



Zdroj: (VĚTVIČKA, 2007).

Příloha č. 12 - VD Orlík



Zdroj: (VĚTVIČKA, 2007).

Příloha č. 13 - VD Kořensko



Zdroj: (VĚTVIČKA, 2007).

Příloha č. 14 - VD Kořensko



Zdroj: (VĚTVIČKA, 2007).

Příloha č. 15 - VD Hněvkovice



Zdroj: (VĚTVIČKA, 2007).

Příloha č. 16 - VD Hněvkovice



Zdroj: (VĚTVIČKA, 2007).

Příloha č. 17 - VD Lipno I



Zdroj: (VĚTVIČKA, 2007).

Příloha č. 18 - VD Lipno I



Zdroj: (VĚTVIČKA, 2007).