



VODNÍ ENERGIE

Ing. Milan Říha

Obsah

1. Úvod	3
2. Historie zkoumání a využití vodní energie	3
3. Co je to vodní energie a jak vzniká	4
3.1. Průtok turbínou a vodní elektrárnou	6
3.2. Turbíny.....	7
3.2.1. Peltonova turbína	7
3.2.2. Francisova turbína	7
3.2.3. Kaplanova turbína	8
3.2.4. Bánkiho turbína	8
3.3. Převody.....	8
3.4. Elektrický generátor	9
4. Ekonomické aspekty využívání vodní energie	9
4.1. Cenové rozhodnutí ERÚ č. 10/2005 a ERÚ č. 14/2005	10
4.1.1. Výkupní ceny a zelené bonusy pro malé vodní elektrárny	10
4.1.2. Cenové rozhodnutí ERÚ č. 14/2005	10
4.1.3. Kalkulace výnosů z prodeje elektrické energie.....	11
4.2. Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů (SPVEZ).....	11
5. Ekologické aspekty využívání vodní energie.....	12
6. Využití vodní energie ve světě.....	14
6.1. Energie moří a oceánů.....	14
6.1.1. Elektrárny pro využití mořského příboje	14
6.1.2. Energie mořských proudů	14
6.1.3. Přílivové elektrárny.....	15
7. Využití vodní energie v České republice	16
7.1. Obecná charakteristika.....	16
7.2. Typy vodních elektráren používaných v ČR.....	17
7.2.1. Přečerpávací vodní elektrárny	17
7.2.2. Průtočné vodní elektrárny.....	17
7.2.3. Akumulační vodní elektrárny.....	17
7.3. Garance výkupních cen a zelených bonusů elektřiny z obnovitelných zdrojů v České republice.....	18
7.3.1. Vývoj výkupních cen v ČR v budoucnu	18
7.4. Praktické příklady využití vodní energie v ČR.....	19
8. Legislativní podpora využívání vodní energie v ČR.....	19
9. Závěr	20
Literatura	20

1. Úvod

V České republice pramení mnoho řek, jejichž hydroenergetický potenciál je rozptýlen převážně v malých tocích. Tento potenciál umožňující výrobu ekologicky čisté elektrické energie a představující téměř 1000 MW výkonu, není ještě ani dnes plně využit. Důvodem je skutečnost, že zejména rekonstrukce malých vodních elektráren je finančně velmi náročná a ne každý provozovatel takového vodního díla je technicky nadán natolik, aby dokázal plně využít jejich možností. Nové malé vodní elektrárny pak prakticky již není kde stavět a to nejen pro nedostatek vhodných vodních toků, ale také pro vlastnické, administrativní a v neposlední řadě i ekologické překážky.

Současný rozvoj výstavby malých vodních elektráren, zvýrazněný celkovou energetickou bilancí, je motivován snahou o intenzifikaci využití místních zdrojů vodní energie v přírodě a o jejich uplatnění v celkové energetické bilanci státu. Pokud mají vodní elektrárny možnost akumulace, mohou poskytovat tzv. „špičkovou“ energii tzn., že jejich spuštění a zapojení do energetické sítě lze ve velmi krátkém časovém intervalu (řádu desítek sekund až jednotek minut). Česká republika tak využívá energii vyráběnou za použití vodních elektráren ve své energetické soustavě a bez této by se pravděpodobně jen velmi těžce obešla.

Lze též konstatovat, že výroba energie vodními elektrárnami je poměrně efektivní, kdy se účinnost může pohybovat přibližně okolo 75 – 90 %. Výroba tímto způsobem navíc nezatěžuje nijak zásadně životní prostředí ani lidi bydlící v bezprostřední blízkosti vodních toků. Nevýhodou je skutečnost, že vodní toky mají kolísání vodní hladiny, které znemožňuje využívání vodních elektráren, tedy zejména těch malých, všech 365 dní v roce. Toto negativum prohlubuje ještě nutnost zachovat minimální průtok vody.

Velmi efektivním se využití vodní energie malými vodními elektrárnami stává tehdy, pokud její výrobce ji zároveň sám v místě výroby spotřebuje. Ušetří se náklady a ztráty při přenosu energie. Nejvýznamnější průtočné vodní elektrárny Lipno, Orlík, Kamýk, Slapy a Štěchovice však s ohledem na regulaci objemu vody v nich, trpí výkyvy hladiny a tím nerovnoměrností průtoku podstatně méně. Naše vláda v současné době chápe nutnost naplnit závazek vyplývající z přístupové smlouvy k Evropské unii, tedy, že do roku 2010 zvýší podíl výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě energie na 8 %.¹

2. Historie zkoumání a využití vodní energie

Již v antice bylo používáno energie tekoucí vody k pohonu strojů (mlýnů, čerpadel...) a k zavodňování půdy. S počátkem průmyslové revoluce se začala zvyšovat účinnost vodních strojů. Dosud empiricky stavěná vodní kola začala být na základě vědeckých poznatků vylepšována a jejich účinnost se zvýšila až na 75 %. Musíme si uvědomit, že v minulosti nebylo mnoho možností kde energii vzít a voda se přímo nabízela. Mlynáři dosáhli značné dokonalosti ve stavbě, provozu a údržbě zařízení, která dokázala energii vody využívat. Ze začátku vhodně zpřevodovali vodní kolo a mohli tak mlít ostatním obilí, čerpat vodu, kout železo a řezat dříví. Později lidé dokázali využít vody k pohonu několika strojů za pomoci transmise (mechanických rozvodů-centrální řemenice- ve výrobních halách, v živnostech a továrnách). Na konci 19. století začali za pomoci vody vyrábět elektrickou energii a tuto dále distribuovat. Výhodou bylo, že se na obsluhu a údržbu původních malých zařízení podílela

¹ Holata, M.: Malé vodní elektrárny. ACADEMIA. Praha, 2002. ISBN 80-200-0828-4.

celá rodina majitele nebo personál, kteří tyto činnosti vykonávali v rámci plnění běžných denních povinností. Nebylo tedy zapotřebí najímat další námezdné síly, které by na provoz takových energetických zařízení dohlížely.²

Nejčastěji se nyní využívá vodní energie v hydroelektrárnách. V první etapě rozvoje elektrizace na počátku 20. století došlo u nás i v jiných evropských státech k výstavbě velkého počtu malých vodních elektráren. V roce 1930 již bylo na území České republiky v provozu 14 882 takovýchto vodních děl, z nichž značná část vyráběla primárně nebo doplňkově elektrickou energii. Využití různých druhů turbín ve vodních elektrárnách jsou uvedeny v tabulce:

typ turbín	počet	výkon kW ^{*)}	Poznámka
Francisova	4 397	35,8	*) průměrný výkon se vztahuje pouze ke zdrojům vyrábějícím elektrinu.
Kaplanova	47	53,6	
Ostatní	205	20,4	
Girardova	256	.	
Banki	55	.	

Zdroj: Úřad předsednictva vlády ČSSR: Vodní stroje pro získávání energie z vodních toků o malém spádu. Praha, 1988.³

V poválečném období však byly v důsledku výstavby velkých energetických zařízení a rozvoje propojených elektrizačních soustav hodnoceny jako málo efektivní a postupně rušeny, takže na konci sedmdesátých let jich zůstala v provozu pouhá stovka. Socialistický stát potřeboval lidi do továren a malé vodní elektrárny, které vyžadovaly 24 hodinový dozor, by vázaly zbytečné množství lidí, které bylo potřeba jinde. Pokud si uvědomíme, jaký byl podíl malých vodních elektráren na celkové výrobě energie v zemi, nemůžeme se vládě divit. K obdobnému vývoji docházelo i v jiných průmyslově vyspělých státech světa.

V důsledku světové energetické krize po roce 1973 a výrazného růstu cen energetických surovin začaly vyspělé země měnit svou energetickou politiku směrem k maximálnímu využívání vlastních zdrojů energie, včetně energie z malých vodních elektráren. Začátkem osmdesátých let se začal měnit přístup k výstavbě a využívání malých vodních elektráren i u nás. S nárůstem cen energií a možností automatizace obsluhy se provoz malých vodních elektráren stal opět rentabilní. Od té doby prožíváme období renesance, projevující se velkým zájmem mnoha podniků, organizací a soukromníků o rekonstrukci zrušených děl a výstavbu nových malých vodních elektráren, zejména v lokalitách s již soustředěným spádem.⁴

3. Co je to vodní energie a jak vzniká

Vodní energie stejně jako většina ostatních druhů energií, snad jen vyjma energie získávané z jádra atomu uranu, je pouhou přeměnou energie sluneční. Hustota výkonu slunečního záření může být maximálně okolo 1.400 W.m⁻² (měřeno ve stratosféře) a v ročním průměru na Zemi se pak pohybuje

² Karas, J.: Vodní kola. Mlynářské noviny. Praha, 1912.

³ Skutečné výkony malých vodních elektráren byly pravděpodobně podhodnoceny, protože se jednalo o soupis pro daňovou evidenci.

⁴ Kolektiv autorů: Vodní stroje pro získávání energie z vodních toků o malém spádu. Úřad předsednictva vlády ČSSR. Praha, 1988.

přibližně mezi 800 – 900 W.m⁻², přičemž v České republice dosahuje hodnot mezi 100 – 300 W.m⁻². Tato energie umožňuje vypařování vody z potoků, řek, rybníků a nádrží. Množství energie, která je k tomuto zapotřebí lze vypočítat ze vztahu:

$$Q = l_v \cdot m \quad [\text{J}; \text{J} \cdot \text{kg}^{-1}; \text{kg}]$$

kde: Q – energie potřebná pro vypaření vody

l_v – měrné výparné teplo (pro vodu má tato konstanta hodnotu $l_v = 2,4 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$)

m – hmotnost vody

Vzduch obsahuje vždy určité množství vodní páry. Tu lidské oko vidí teprve v okamžiku, kdy se z této stanou malé vodní kapky. Čím je vzduch teplejší, tím více vody ve formě vodní páry je schopen pojmout. Pokud je tato jeho schopnost překročena, pak dochází ke kondenzaci kapek. K tomu, aby mohly drobné kapky vzniknout, potřebují takzvaná kondenzační jádra, která se shlukují na mikroskopických částicích prachu. V každé dešťové kapce tak vlastně nalezneme zrnko prachu. Vzniklé kapky jsou velmi malé, proto se ve vzduchu udrží a nepadají k zemi. Mohou však zmrznout a změnit se na malé ledové krystalky. To proto, že teplota vzduchu s výškou rychle klesá, a tak i v létě je ve výšce několika kilometrů nižší než 0 °C. Ledové krystalky a vodní kapky do sebe ve vzduchu narážejí a shlukují se a rostou. Jejich růst podporuje jeden zajímavý mikrofyzikální jev: větší kapka totiž dokáže „nasát“ menší kapky v okolí. Je tomu tak proto, že vzduch těsně okolo jejího povrchu je sušší než u povrchu malých kapek a příroda se snaží tento rozdíl vyrovnat a malá kapka se vlastně vypaří do té větší. Podobný jev funguje také mezi ledovými krystalky, které na stejném principu „nasávají“ vodní kapky ze svého okolí.

Větší kapky a krystalky jsou již ve vzduchu vidět ve formě oblaků. V atmosféře často dochází k výstupným pohybům, které jsou schopny kapky až do určité velikosti ve vzduchu udržet. Teprve, když kapky a ledové krystalky vzrostou nad tuto mez, začnou vypadávat k zemi. Ledové krystalky přitom v teplejším vzduchu blíže k zemskému povrchu tají, mění se na dešťové kapky a vzniká déšť.⁵

Energetický potenciál ve vodě lze tak vyjádřit takto:

$$W = m \cdot g \cdot h \quad \text{kde: } W - \text{potenciální energie vody [J]} \\ m = \text{množství vody [kg]} \\ g = \text{gravitační zrychlení (9,81 m} \cdot \text{s}^{-2}\text{)} \\ h = \text{rozdíl nadmořské výšky [m]}$$

Pro získání představy o velikosti hydroenergetického zdroje v dané lokalitě a pro zpracování studie vlastní prováděcí dokumentaci je třeba nejdříve získat potřebné podklady, které vyplývají z obecného vztahu pro výkon hydroenergetického zdroje:

$$P = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta_c$$

kde je: P – výkon hydroenergetického zdroje [kW]
Q – průtok vodním strojem [m³·s⁻¹]

⁵ <http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=882>

H	- čistý spád [m]
η_c	- celková účinnost zařízení [-]

Ve zmíněném vztahu jsou zakódovány i základní principy využití vodní energie, tj. soustředování průtoku a spádu při existenci vhodného vodního stroje s nenulovou účinností. Přitom soustředěním spádu a průtoku technicky rozumíme stavbu vzdouvacích stupňů (jezů a přehrad), vytváření jezových zdrží a nádrží u přehrad, výstavbu beztlakových přivaděčů (kanálů a štol o volné hladině), i výstavbu tlakových přivaděčů (štol, šachet a tlakových potrubí).

Pokud bychom chtěli srovnávat hydroenergetický potenciál České republiky s ostatními státy byla by to velmi zdouhavá a namáhavá práce. Museli bychom vzít v úvahu zejména plochu dané země v rozlišení na plochu pokrytou vegetací, pískem a horami a dále provést složité výpočty jejího vodního potenciálu. Tento by byl ovlivněn nejen rozdílem nadmořské výšky mezi místy s nejvyšším a nejnižším výskytem využitelné vodní plochy, ale též průměrným množstvím srážek v roce. Poněkud jednodušší by bylo porovnání množství odtoku vody z dané země, které bychom měřili na vodním toku na státních hranicích, jenž by byl dán vlastním průtokem.

Při značném zjednodušení problému se naše země může porovnávat s většinou evropských zemí mimo Švýcarsko, Rakousko a Skandinávií, neboť tyto státy mají značně hornatý terén, tedy vyšší vodní potenciál. Oblasti Patagonie, Brazílie a vlastně celé Jižní Ameriky jsou na tom lépe v množství srážek, naproti tomu pak Arizona, Texas, Kalifornie mají málo vody a mnoho slunce.

3.1. Průtok turbínou a vodní elektrárnou

Průtok turbínou Q_T [$m^3 \cdot s^{-1}$] je podle zvoleného počtu strojů odvozen od návrhového průtoku vodní elektrárnou Q_{nVE} , se pro výstavbu elektrárny v dané lokalitě jeví jako prvořadě provést návrh celkového průtoku vodní elektrárnou. Není to úloha jednoduchá, uvážíme-li, že se přirozené průtoky v našich řekách, říčkách a potocích výrazně mění v průběhu roku, a navíc, že se od sebe značně liší roky málo vodné a roky vodné. Dokonce je tato úloha složitější u malých vodních elektráren než u nízkotlakých vodních elektráren větších výkonů, u nichž je dosti obvyklé volit návrhový průtok Q_{nVE} v rozmezí od devadesátidenního průtoku Q_{90d} do průtoku stodvacetidenního Q_{120d} . Přitom u elektráren při jezu (bez drahých derivačních kanálů a potrubí) se návrhový průtok Q_{nVE} blíží průtoku Q_{90d} a u derivačních elektráren průtoku Q_{120d} .

Hlavním kritériem, které se při volbě návrhového průtoku uplatňuje, je snaha o co nejvyšší roční výrobu energie při minimálních investičních a provozních nákladech malé vodní elektrárny. Pokud však nejsou jiné zvláštní důvody, je obvyklé volit návrhový průtok také u nízkotlakých malých vodních elektráren v oblasti 90denní až 120denní vody.

Pro předběžné úvahy lze hydrologické podklady získat a zpracovat svépomocí. Pro větší toky a jejich přítoky jsou k dispozici podrobné hydrologické údaje, které zpracovává Český hydrometeorologický ústav.

Většinou je nutné brát ještě v úvahu cca 10 % ztráty výroby oproti teoretickým výpočtům, které jsou způsobeny technickými problémy, ale též vznikem ledu na vodním toku a také obdobím kdy plave po vodním toku listí, neboť pro majitele velmi malé vodní elektrárny může být vhodnější zastavit její provoz než čistit česla a vlastní turbíny.

Kolisání průtoku vody se lze částečně přizpůsobit instalací dvou různých soustrojí. Zvolené řešení umožní provozovat efektivně vodní elektrárnu i při menším průtoku (bude v provozu alespoň jedna turbína). Každá turbína má konstrukčně omezené pásmo průtoků, při němž má vyhovující účinnost.

Proto je lepší provozovat dvě turbíny při proměnném průtoku, než jednu velkou, která při malém průtoku na účinnosti značně ztrácí.

Zvolení správných parametrů použitých turbín, druhu a délky náhonu vyžaduje dobrou znalost fyzikálních principů využívání vodní energie a v neposlední řadě též provedení mnoha ekonomických výpočtů. Navíc, ne všechny potřebné a žádoucí stavební úpravy lze v praxi také zrealizovat.

3.2. Turbíny

Podstatou turbín jsou otočná (oběžná) kola s lopatkami a pevně stojícími rozváděcími kanály s proměnnými průřezy podle zatížení. V rozvaděči obdrží tekutina směr a rychlost pro vstup do oběžného kola. Úkolem teorie turbin je nalézt optimální hydrodynamický tvar a velikost jednotlivých konstrukčních částí turbíny v závislosti na množství, rychlosti a tlaku vody.

Použití jednotlivých druhů turbín je orientačně dáno dostupným spádem. Pro malé spády (jednotky metrů) se využívá výhradně Kaplanova turbína. V meziválečném období se v České republice pro tyto spády běžně využívala i Francisova turbína. Pro spády v řádech desítek metrů se nejčastěji používá Francisova turbína, pouze u velmi velkých strojů pak turbína Kaplanova (např. Slapy – 60 m, Orlická cca 70 m). U spádů v řádech stovek metrů se běžně používá Peltonova turbína, občas se však můžeme setkat i s turbínou Francisovou.

U malých vodních elektráren je k vidění taktéž Bánkiho turbína, která se používá pro spády v řádech metrů až desítek metrů.⁶

3.2.1. Peltonova turbína

Zavedl je H. Pelton kolem roku 1890. Rotor turbíny tvoří „lopatkové kolo“ jehož jednotlivé lopatky jsou tvořeny dvojicí ledvinovitých misek s ostrým břitem na jejich styku. Peltonova turbína má jednu až šest trysek, které usměrňují proud vody na břit lopatek. Lopatky otočí směr proudu vody téměř o 180°, čímž se předá energie kolu. Regulace se provádí regulační jehlou, kterou lze měnit množství vody procházející tryskou a vypínáním a zapínáním jednotlivých trysek. Regulační rozsah Peltonovy turbíny je tak velmi široký.

3.2.2. Francisova turbína

Rotor má zpravidla litinový náboj, který přechází v prohnuté dno, jenž s vnějším věncem tvoří rotační dutinu, která má radiální až diagonální vtok a radiální až axiální výtok. Věncem se dnem jsou vzájemně propojeny litinovými nebo ocelovými lopatkami. Některá malá kola mohou být vyrobena také z bronzu.

Stator tvoří většinou po obvodu rozmístěné rozváděcí lopatky, které jsou pohyblivé a jimiž lze turbínu uzavřít a též regulovat průtok vody, čímž lze měnit i výkon celé turbíny. Turbína je umístěna v kovové nebo betonové uzavřené spirále nebo v betonové otevřené kašně, které zajišťují rovnoměrný přívod vody na rozváděcí lopatky.

⁶ Nedoma, A.: Vodní turbíny a turbinové pumpy. Státní ústav pro učebné pomůcky škol průmyslových a odborných. Praha, 1925.

3.2.3. Kaplanova turbína

Turbínu vynalezl profesor brněnské techniky Viktor Kaplan. Kaplanova turbína je přetlaková axiální turbína s velmi dobrou možností regulace.⁷

Rotor má nejčastěji čtyři (dvě až dvanáct) nastavitelné vrtulové lopatky. Stator byl původně radiální s nastavitelnými lopatkami (podobný jako u Francisovy turbíny). V současné době se rovněž často používá stator axiální – turbína přímoproudá. V některých malých vodních elektrárnách jsou lopatky rotoru pevné, nastavitelné (pak se této turbíně říká tzv. „semikaplan“ nebo „thomanova“ turbína). V tomto uspořádání je regulační rozsah srovnatelný s Francisovou turbínou (menší než u klasické Kaplanovy turbíny).⁸

3.2.4. Bánkiho turbína

Je konstrukčně velmi jednoduchá přechodová (na rozmezí mezi rovnotlakou a přetlakovou) vodní turbína. Charakteristickým znakem je, že lopatky oběžného kola jsou dvakrát protékány (dovnitř kola a zpět ven z kola).

Vynalezl ji Donát Bánki v roce 1917. Je užívána v malých vodních elektrárnách.

Oběžné kolo Bánkiho turbíny je tvořeno dvěma kruhovými deskami, mezi nimiž jsou jednoduché lopatky (připomíná mlýnské kolo). Kolo je uloženo ve skříni, z níž z jedné strany přitéká usměrněný proud vody. V současné době se turbíny Bánkiho vybavují na odtokové straně sací rourou, která zvyšuje využití hydroenergetického potenciálu turbíny.⁹

3.3. Převody

Velmi důležitou částí technologického zařízení malých vodních elektráren je přenos výkonu turbíny na generátor. Zatímco u velkých soustrojí nejsou zpravidla s tímto přenosem obtíže a problém se většinou řeší přímým spojením hřídele turbíny a generátoru pevnou spojkou, u malých soustrojí je tomu naopak. Malé vodní elektrárny mají nejčastěji turbíny s rozsahem 60 až 3.000 otáček. U větších otáček není problém přizpůsobit turbínu generátoru bez vkládání převodu, ale při otáčkách pod 500 otáček/min (které se vyskytují nejčastěji) je neekonomické pořizovat na zakázku vyráběný nízkoobrátkový vícepólový generátor a proto je třeba použít převodu do rychla.

Konstrukteři se nejčastěji snaží využít jednostupňový převod (cena a ztráty) při malých otáčkách je třeba využít již převod dvoustupňový a pro vodní kola vychází zpravidla převod třístupňový a z tohoto důvodu se vodní kola již téměř nepoužívají.¹⁰

Na převody výkonu do rychla jsou u MVE kladeny vysoké konstrukční nároky. Požaduje se od nich velká provozní spolehlivost, dlouhá životnost, vysoká účinnost, malá hlučnost, minimální nároky na prostor, nízká cena a minimální nároky na údržbu. Používané převody do rychla lze podle základních druhů dělit na:

- ✓ ozubená soukolí, nejčastěji čelní ozubení se šikmými zuby (ztráty 3-5 % na jeden stupeň), méně často ozubená soukolí kuželová (ztráty 5-10 %, vyšší hlučnost);

⁷ Kolektiv autorů: U kolébky Kaplanovy turbíny. Technické muzeum v Brně. Brno, 1976.

⁸ http://cs.wikipedia.org/wiki/Kaplanova_turb%C3%ADna

⁹ http://cs.wikipedia.org/wiki/B%C3%A1nkiho_turb%C3%ADna

¹⁰ Häntzschel, W.: Stavba strojů. WELLER. Berlín, 1932.

- ✓ řemenové převody se dále dělí na převody plochým řemenem, klínovým řemenem a ozubeným řemenem. Plochý řemen často používaný, levný, malé ztráty (1-2 %), Klínové řemeny ztráty 3-5 %. Řemeny jsou většinou několikanásobné. Ozubený řemen je nejnovějším druhem převodu, v současné době se používá výjimečně pro menší výkony, ale jeho technický vývoj je teprve na začátku a má pravděpodobně velkou budoucnost – vhodně spojuje dobré vlastnosti plochého řemenu a ozubených kol.
- ✓ lanové převody – již téměř se nepoužívají, konstrukčně jsou velmi podobné převodu několikanásobným klínovým řemenem.
- ✓ řetězové převody, používají se velmi výjimečně.¹¹

3.4. Elektrický generátor

Elektrický generátor je elektrický točivý stroj sloužící k přeměně mechanické energie na energii elektrickou. V elektrárnách se využívají generátory synchronní (převážně u velkých nebo starších strojů) a v současné době se nejvíce využívají v MVE generátory asynchronní, které jsou konstrukčně obdobné jako velmi rozšířené asynchronní motory a proto jsou výrobně levné i při zachování velmi dobrých provozních parametrů.¹²

$\eta_{\text{turbíny}}$	$\eta_{\text{převodů}}$	$\eta_{\text{generátoru}}$
0,85 – 0,92	0,95 – 1,0	0,88 – 0,94

4. Ekonomické aspekty využívání vodní energie

Voda není vždy nejlevnějším zdrojem energie. Třebaže je energie vody zdánlivě zdarma, ve skutečnosti bývá často výrobní cena energie vodních elektráren dražší než u elektráren tepelných. Nerozhoduje jenom rozdíl v ceně vody a paliva, ale i výše pořizovacích nákladů. Protože celkové pořizovací náklady jsou u hydroelektráren často nepoměrně vyšší než u stejně velkých tepelných elektráren, jsou pak i roční úrokové a umořovací výdaje u vodních elektráren značně vyšší než u tepelných. Tyto nepřímé výdaje hydrocentrál převyšují často souhrn přímých (za naftu, uhlí) a nepřímých výdajů tepelných zdrojů. Tak je tomu zejména u vodních děl s malým spádem o malém výkonu. Stavební náklady bývají asi o 50 až 100 % vyšší než náklady za strojní zařízení. Zařízení malé vodní elektrárny se nevyplatí také tam, kde je vodní tok s malým, silně kolísajícím spádem a proměnným množstvím vody.

Do přímých výdajů vodních elektráren se musí počítat také:

- náklady na údržbu a opravy (materiál a práce);
- mzdy obsluhy;
- osvětlení, daně, sociální a zdravotní pojištění, úrazové pojištění a majetkové a odpovědnostní pojištění).

¹¹ Hájek, G.: Vodní motory. HOKR, Praha.

¹² http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%BD_gener%C3%A1tor

U výstavby nových malých vodních elektráren je nutné navíc počítat s vysokou pořizovací cenou pozemků. Není výjimkou, kdy se vhodný pozemek pro stavbu MVE prodává až za deseti násobnou hodnotu ročních tržeb, které zde lze v budoucnu dosáhnout. Tato praxe nemá obdobu v žádném jiném oboru lidské činnosti. Je to způsobeno zejména tím, že vláda České republiky garantuje výkup elektrické energie prakticky bez jakýchkoliv omezení množství za poměrně stabilní či dokonce v budoucnu se zvyšující ceny.

4.1. Cenové rozhodnutí ERÚ č. 10/2005 a ERÚ č. 14/2005¹³

4.1.1. Výkupní ceny a zelené bonusy pro malé vodní elektrárny

Malou vodní elektrárnou (MVE) se rozumí vodní elektrárna s instalovaným výkonem do 10 MW včetně. Rekonstruovanou MVE se rozumí stávající výrobní, na které byla po 13.8.2002 provedena a dokončena rekonstrukce zařízení výrobní zvyšující technickou, provozní, bezpečnostní a ekologickou úroveň zařízení na úroveň srovnatelnou s nově zřizovanými výrobními.

Za takovou rekonstrukci zařízení se považuje:

- a) generální oprava turbíny;
- b) výměna nebo převinutí generátoru;
- c) oprava elektročásti spočívající v zabránění působení zpětných vlivů na síť a vyhovující ČSN EN 50160;
- d) výměna regulačních zařízení a
- e) výměna nebo instalace nového automatizovaného systému řízení.

Rekonstrukce zařízení výrobní je dokončena provedením všech prací uvedených pod písmenem a) až e), přičemž jednotlivé výrobní technologické celky, kterými je nahrazeno stávající zařízení, nesmí být ke dni ukončení rekonstrukce starší než 5 let.

Novou lokalitou se rozumí lokalita, kde dosud nebyla umístěna výrobní elektrárna připojená k přenosové nebo distribuční soustavě.

Datum uvedení do provozu	Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč/MWh	Zelené bonusy v Kč/MWh
MVE uvedená do provozu po 1.1.2006 včetně v nových lokalitách	2 340	1 430
MVE uvedená do provozu po 1.1.2005 včetně a rekonstruovaná MVE	2 130	1 220
MVE uvedená do provozu před 1.1.2005	1 660	750

4.1.2. Cenové rozhodnutí ERÚ č. 14/2005

Nabylo účinnosti dnem 1. ledna 2006. Pevná cena pro necentrální výrobu a určené podmínky:

¹³ <http://www.spvez.cz/pages/podpory.htm>

- a) Výrobce, jehož zařízení je připojeno do napěťové hladiny VVN distribuční soustavy, účtuje na základě smlouvy územně příslušnému provozovateli distribuční soustavy cenu **20,00 Kč/MWh** za každou MWh skutečně dodané elektrické energie naměřené v předávacím místě výrobce.
- b) Výrobce, jehož zařízení je připojeno do napěťové hladiny VN distribuční soustavy, účtuje na základě smlouvy územně příslušnému provozovateli distribuční soustavy cenu **27,00 Kč/MWh** za každou MWh skutečně dodané elektrické energie naměřené v předávacím místě výrobce.
- c) Výrobce, jehož zařízení je připojeno do napěťové hladiny NN distribuční soustavy, účtuje na základě smlouvy územně příslušnému provozovateli distribuční soustavy cenu **64,00 Kč/MWh** za každou MWh skutečně dodané elektrické energie naměřené v předávacím místě výrobce.

Poznámka:

Cena pro decentralizovanou výrobu se připočítává k výkupním cenám podle Cenového rozhodnutí ERÚ č. 10/2005.

4.1.3. Kalkulace výnosů z prodeje elektrické energie

Máme-li nově zkolaudovanou malou vodní elektrárnu, která má výkon 100 kW a bude-li podnikatel tuto elektrickou energii dodávat do NN sítě může vypadat měsíční fakturace např. takto:

$$100 \text{ kW} \cdot 24 \text{ h} \cdot 30 \text{ dnů} = 72\,000 \text{ kWh} = \mathbf{72 \text{ MWh}}$$

přepočítat

Položka	Cena/MWh [Kč/MWh]	energie [MWh]	Cena bez DPH
Výkupní cena elektřiny	2 340	72	168 480,- Kč
Zelený bonus	1 430	72	102 960,- Kč
Připojení do NN soustavy	64	72	4 608,- Kč
Celkem			276 048,- Kč

Dle výkonu lze malé vodní elektrárny rozdělit přibližně takto:

Výkon MVE	Umístění
3 kW – 10 kW	v místě nebo v bezprostřední blízkosti trvalého bydliště majitele MVE
10 kW – 50 kW	v blízkém dosahu bydliště (cca 20 km)
nad 100 kW	nerozhoduje

U malých vodních elektráren o výkonu od 50 kW do 100 kW je nutné zvážit její dostupnost z místa trvalého bydliště, neboť se jedná o mezní výkon, kdy se ještě nevyplatí vzít do pracovního poměru obsluhu MVE a zajistit výkon těchto činností pouze majitelem je již většinou nad jeho možnosti.

4.2. Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů (SPVEZ)

SPVEZ vznikl počátkem devadesátých let a sdružuje zejména podnikatele v oblasti obnovitelných energetických zdrojů, dále podnikatele v oblasti malého a středního zásobování teplem, výrobce příslušných technologických zařízení, projektanty a všechny ty, kteří mají zájem rozvíjet ekologicky šetrnou výrobu elektrické energie a tepla. V současné době má cca 500 členů. (<http://www.spvez.cz>).

Základním úkolem SPVEZ je obhajoba oprávněných zájmů podnikatelů v oblasti využívání obnovitelných zdrojů energie.

5. Ekologické aspekty využívání vodní energie

Každý energetický zdroj vytváří vazby se životním prostředím. Tyto vazby bývají různé při výstavbě zdroje, při jeho provozování po celou dobu životnosti a konečně i při likvidaci zdroje po jeho technickém nebo morálním dožití. Základní pozitivní ekologickou vazbou každého energetického zdroje – bez ohledu na jeho typ a charakter – je vytvářet užitek v podobě vyráběné elektrické energie, bez níž se již dnes neobejde žádná vyspělá společnost. Tato základní pozitivní ekologická vazba však bývá u většiny energetických zdrojů vykoupena i některými vazbami z ekologického hlediska negativními.

Odběrem části mechanické energie vody z toku pro hydroenergetické účely se trvale mění energetická bilance toku v tom smyslu, že se v průměru zmenšuje množství energie, kterou má tok k dispozici pro korytotvorné procesy (vymílání břehů a dna a transport materiálu po toku). V tom směru má hydroenergetické využívání toků ekologicky pozitivní dopad. Dokladem toho byl naopak ekologicky negativní dopad náhlého rušení MVE v minulosti, čímž se vždy více nebo méně porušila energetická rovnováha toků, uvolnilo se větší množství mechanické energie pro korytotvorné procesy a toky začaly divočet. To se zpravidla neobešlo bez vícenásledků na nové úpravy toků.

Provozování MVE na tocích bylo a je rovněž obecně příznivé pro snahu o větší a komplexnější péči o údržbu toků a vzdouvacích staveb. U klasických MVE lze k jednoznačně příznivým dopadům přičíst i mechanické čištění vody na česlích, pokud je však vytažené splávi řádně likvidováno.

Ekologicky nejvýraznější pozitivní dopad má vlastní výroba elektrické energie, kterou tyto MVE poskytují, a nahrazují tak příslušnou výrobu v tepelných elektrárnách (především zastaralých typů s velkou měrnou spotřebou paliva a s velkou produkcí exhalací). Jde jak o úsporu paliva a chladicí vody, tak o výrazné snížení negativních ekologických dopadů, spojených s těžbou, dopravou a exhalacemi při spalování fosilních paliv.

U MVE lze využívat i ztrátové teplo pro vytápění přilehlých objektů.

Ekologické vazby mezi MVE a životním a přírodním prostředím se vytvářejí různě v průběhu výstavby, v průběhu provozování a při obnově a rekonstrukci MVE.

Při výstavbě MVE vznikají ekologické vazby zcela obdobné jako při výstavbě jiných vodohospodářských děl. Nelze se vyvarovat zásahům do přírody, vyvolaným stavbou přivaděčů, komunikací, zařízení staveniště a vlastní stavební jámou MVE. Některé z těchto zásahů jsou jen přechodné (zařízení staveniště a některé stavební komunikace), ostatní mají charakter trvalý. Většinou jsou to zásahy nevýrazné, snad až na případy, kdy je u MVE třeba budovat náročné přivaděče a odpady, jak tomu bylo dříve například při výstavbě mlýnů. Takové situace jsou však dnes již jen ojedinělé, a to z více důvodů. Náročné přivaděče totiž nepříznivě zatěžují celkovou ekonomiku hydroenergetického díla, výrazně zvětšují zábor půdy, zvyšují nároky na údržbu a ztěžují automatizaci provozu. Pokud jsou u nové MVE použity přivaděče většího rozsahu, pak se většinou jedná o využití původních starších staveb, které jsou již v současné době v rovnováze s přírodou.

Naopak existují koncepce MVE, při jejichž výstavbě téměř nedochází k zásahům do přírodního prostředí. Z nich uvedme především pilířové MVE, kde jsou vodní soustrojí umísťována do rozšířených jezových pilířů, přičemž do břehové části bývá umístěn pouze nepříliš rozměrný energoblok. Komunikační spojení je zajištěno buď štolou v jezovém tělese, nebo mostem při víceúčelovém využití. Obdobně příznivá je i koncepce přeléváných MVE, které jsou však reálné jen při větších spádech. Na stavební práce jsou rovněž nenáročné MVE v násoskovém uspořádání.

Při rozhodování o ekologicky vhodné koncepci MVE bychom proto měli dá přednost uvedeným typům MVE. Ale i u ostatních typů MVE je třeba věnovat zvýšenou pozornost omezení záboru půdy a

zmenšení rozsahu stavebních prací, což se příznivě projeví i v ekonomickém výsledku. Rezervy jsou také v komplexním řešení, plánování a společné realizaci různých staveb, dotýkajících se vodního toku v nepříliš od sebe vzdálených příčných profilech.

V průběhu výstavby MVE jakéhokoli typu, kdy je dnes již nutné plně využít mechanizaci v podobě výkonných stavebních strojů a zařízení, vznikají (jako u veškeré stavební činnosti) rizika znečištění vody a půdy pohonnými hmotami a mazadly. Eliminace těchto rizik je však v silách stavebních organizací. Stačí k tomu jen přísně dodržovat výrobní kázeň a hygienické předpisy. U hydrotechnických a hydroenergetických staveb je třeba tuto striktnost ještě zdůraznit vzhledem k odstrašujícím zkušenostem získaným při ropných haváriích v některých průmyslových závodech, kdy došlo ke kontaminaci podzemních i povrchových vod.

U soudobých MVE nevznikají za normálního provozu nepříznivé dopady na životní a přírodní prostředí z hlediska rizik při manipulaci s mazadly, chladicími médii a kyselinami. Ztrátové mazání pohyblivých částí mazadly je převážně nebo zcela odstraněno a jsou důsledně zaváděny samomazné prvky mazané vodou. Do nezbytně nutných olejových náplní se používají ekologické oleje, biologicky odbouratelné. Rovněž olejové náplně jsou omezeny na nezbytné minimum, navíc se instalují zařízení pro zachycení mazadel při havárii a jsou zpřísněny hygienické požadavky na skladování mazadel a manipulaci s nimi. Totéž platí pro skladování a manipulaci s kyselinami, které se používají k údržbě akumulátorových baterií. Ekologicky čistě jsou rovněž řešeny všechny ucpávky, obdobně jak je tomu u čerpadel na pitnou vodu. V této souvislosti si je třeba uvědomit, že vyhovují-li ekologicky podle zkušenosti plně čerpadla, není důvodu pochybovat o tom, že u soudobých MVE ekologicky plně nevyhovují i profesionálně vyrobené turbíny a ostatní technologická zařízení. Pouze u soustrojí MVE vyrobených amatérsky je třeba naznačeným otázkám věnovat zvýšenou pozornost a opatrnost.

Při provozu MVE vždy dochází k větším nebo menším změnám v úrovni horizontu podzemních vod. Tuto okolnost je třeba předem zvážit, aby bylo možné se vyvarovat případů, kdy by v okolí horní zdrže docházelo k podmáčení pozemků, nebo naopak u zahluobeného odpadu k drenážnímu efektu, který by vyvolal přílišný pokles hladiny podzemních vod.

Naznačené dopady je však možné spolehlivě předvídat a udržet je v přijatelných mezích. Někdy lze dokonce změny hladiny podzemních vod pozitivně využít ke zlepšení stavu, který byl dříve, než byla MVE uvedena do provozu.

V souvislosti s provozem MVE je třeba se zmínit i o vlivu turbín na kyslíkovou bilanci vody. Předem lze očekávat, že tento vliv bude rozdílný u turbín reakčních (Kaplanových, vrtulových, Thomannových, Francisových) a u turbín akčních (Bánkiho a Peltonových). Zatímco u Bánkiho a Peltonových turbín dochází k výraznému provzdušňování vody, u reakčních turbín se bez speciálních opatření voda neprovzdušňuje.

Při obnově a rekonstrukci MVE je třeba zvážit všechna ekologická hlediska obdobně jako při výstavbě a provozu nových MVE. Důvodem je nutnost respektovat změny, k nimž došlo v období, kdy hydroenergetická díla určená k obnově byla mimo provoz. Uvážíme-li, že v r. 1930 bylo u nás inventarizováno 14 882 hydroenergetických děl, pak se pro obnovu nabízelo tisíce lokalit z této doby. U některých z těchto lokalit se ukázalo, že jsou obtížně obnovitelné nebo rekonstruovatelné právě pro výrazné změny, které nastaly v době po vyřazení původního hydroenergetického zdroje z provozu. Z nejzávažnějších změn, které bránily obnově nebo rekonstrukci těchto děl, lze uvést odvedení podstatné části vody z toku pro jiné uživatele, nepřipustnost změny polohy hladiny podzemní vody v okolí díla, likvidaci vzdouvací stavby, hygienická opatření v pásmu hygienické ochrany zdrojů pitné vody apod.

6. Využití vodní energie ve světě

6.1. Energie moří a oceánů

Celá hmota světových moří a oceánů je v neustálém pohybu, a to nejen na povrchu, ale i ve značných hloubkách. Nejdůležitějším pohybem vodních částic na povrchu oceánů a moří je vlnění způsobené větrem, slapovým působením Měsíce a Slunce, vtokem velkých řek, posunem zemských desek v důsledku podmořských zemětřesení apod. Odhaduje se, že energie, kterou vyvinou vlny ve všech světových oceánech, dosahuje hodnoty 342 miliard MJ. V této souvislosti bylo vypočteno, že každá vlna vzdutého moře při pobřeží Velké Británie má nepřetržitě po celý rok na jeden metr své délky výkon 50 až 80 kW.

Jedním z mnoha řešení je návrh trojdílných pontonů plovoucích na hladině a zakotvených na dně. Pohyb vln by se přenášel na vodní motor. Další zajímavý návrh pod názvem Ploeg se týká instalace řady plováků, které působením vln kmitají kolem osy. Pohyb je soustavou hydraulických nebo mechanických zařízení převáděn na generátor. Jiný způsob využití energie vln byl navržen v Japonsku. Elektrárna Kalimai je podobná cisternové lodi dlouhé 80 m a široké 12 m. Mořské vlny stlačují v komorách stanice vzduch a pohánějí 3 turbíny s generátory o výkonu 200 kW. Takto upravená elektrárna je víceúčelová, protože plní funkci vlnolamu před přístavem a před rybími farmami. U havajského pobřeží byly prováděny pokusy i s minielektrárnami umístěnými v mořských bójích.

Na převratnou myšlenku přišli pracovníci firmy Lockheed. Navrhli konstrukci elektrárny Dam-Atol. Jde o umělý ostrov, na kterém by byla umístěna přehrada. Vlnová elektrárna má být kruhové o průměru 76 m. Lopatky zvláštního tvaru by přiváděly vodu z moře do středu elektrárny, kde by se vytvářel mohutný vír, který by otáčel lopatkami turbíny. Přivaděč vody by měl průměr 20 m a hydrogenerátor by dosahoval výkonu až 2 MW.

6.1.1. Elektrárny pro využití mořského příboje

Síla příboje při větších bouřkách je až neuvěřitelná. Například ve Francii přehazovaly příbojové vlny přes kamenný vlnolam vysoký 7 m balvany o hmotnosti až 3,5 t a betonový blok o hmotnosti 65 t posunuly na vzdálenost 20 m. Přesto je síla příboje zatím velmi málo používána – v místech silného příboje se nenalézají velká města a ani se nestaví žádné velké průmyslové podniky. Příbojová hydroelektrárna na pobřeží Bretaně s generátory umístěnými pod mořskou hladinou měla jen malý úspěch.

Vodní turbína s vertikálním hřídelem využívající oba směry průtoku vody byla zkonstruována v Japonsku. Lze ji použít i pro využití příboje. Její lopatky se samy otevírají asi na polovině obvodu ve směru proti vodnímu průtoku. Výsledná nerovnováha tvoří točivý moment. Čtyřlopatkové turbíny mají průměr až 700 mm a výšku 150 mm.¹⁴

6.1.2. Energie mořských proudů

Cirkulace vodních mas ve světových oceánech a mořích je nejen periodická, ale uchovává svůj směr a rychlost. Stablní proudy jsou součástí celooceánské cirkulace. Energetické využití těchto mořských proudů zůstává zatím ve stavu úvah a studií. Jako příklad lze uvést návrh na energetické využití části

¹⁴ <http://www.alternativni-zdroje.cz/energie-prilivu-priboje.htm>

Golfského proudu mezi mysem Heterras a Floridou v USA. Průměrná rychlost proudu je v těchto místech 3,2 km/h ve spodních vodních vrstvách a 8,8 km/h při povrchu. Každou sekundu tudy proteče 70 miliónů m³ vody.

Na úrovni mysu Heterras téměř 100 km široký proud vody se obrací k východu a směřuje k Evropě. Podle propočtů by se zde dalo získat z 1 m³ vody 0,8 kW elektrického výkonu. Celkový energetický výkon Golfského proudu v těchto místech se odhaduje na 25 tisíc MW.

V projektu se uvažuje o využití velkých turbín o průměru asi 170 m, se dvěma lopatkami oběžného kola, otáčejícími se rychlostí 1 otáčka za minutu. Turbíny mají být upevněny ocelovými lany k těžkým kotvám v hloubce 30 m až 130 m pod hladinou. Jejich vzájemná vzdálenost by byla 100 m i s propustěmi pro velké lodi. Všechny projekty využívání mořských proudů s sebou však nesou velké riziko. Mohlo by dojít ke zpomalení Golfského proudu a možné katastrofické důsledky se dají stěží odhadnout.

Francouz Morion navrhuje zapustit do mořského dna obrovské disky, které by se otáčely spolu s mořským proudem. Turbína by měla průměr víc než 100 m. Tyto elektrárny navrhuje umístit k pobřeží Francie, Japonska a Iberských ostrovů. Zkušební projekt byl zrealizován u jižního pobřeží Sicílie. O projekt je ve světě značný zájem již také proto, že neohrožuje stabilitu proudů a nepodstupuje ekologická rizika.

6.1.3. Přílivové elektrárny

Příliv a odliv je důsledkem působení slapových sil Měsíce a Slunce. Na výšku přílivu a odlivu má zásadní vliv tvar pobřeží (nejvyšší známý příliv je u Nového Skotska v USA – o plných 20 m).

Chod slapových sil, a tím přílivů a odlivů, není pravidelný. Při stavbě přílivových elektráren je třeba přihlížet ke všem vlastnostem daného místa a ke všem nepravidlostem, které s sebou nese.

Ve Francii a Itálii jsou známy stavby přílivových mlýnů již ze 13. století. Přílivová vlna se vlévala přímo do nádrží a při odlivu se vypouštěla na vodní kola. Nepravidlosti přílivů a odlivů však přinášely značné obtíže, a to nejen starobylým mlýnům. Potíže vznikaly i v později budovaných přílivových elektrárnách.

Za nejstarší přílivovou elektrárnu z roku 1913 je považována anglická Dee Hydro Station v Cheshire o výkonu 635 kW. První moderní přílivová elektrárna zahájila provoz až v roce 1966. Jde o francouzskou přílivovou elektrárnu v Bretani, v ústí řeky La Rance. V těchto místech je průměrná výška přílivu 8,4 m. Přílivová voda pro turbíny je navíc posilována i přítokem řeky. Výkon elektrárny je 240 MW. Elektrárna je vybavena 24 reverzními turbínami, takže využívá jak přílivu, tak odlivu. Pracuje ročně 2 250 hodin a produkuje 540 miliónů kWh elektrické energie. V roce 1984 byl v Kanadě v bazénu Annapolis s výškou přílivu až 15,8 m také spuštěn první stroj přílivové elektrárny. Rotor přímoproudé turbíny se čtyřmi lopatkami má průměr 7,6 m a výkon 17,8 MW.

K nevýhodám přílivových elektráren patří skutečnost, že jejich pracovní doba mnohdy nesouhlasí s energetickou špičkou elektrizačních soustav a že místa vhodná pro výstavbu těchto elektráren jsou často značně vzdálena od míst spotřeby vyrobené energie. Přesto energie přílivů a odlivů je nadějným energetickým zdrojem pro využití v budoucnosti. Ročně by se tak mohlo získat 7,2 až 11,8 biliónů MJ elektrické energie.¹⁵

¹⁵ <http://www.alternativni-zdroje.cz/energie-prilivu-priboje.htm>

7. Využití vodní energie v České republice

7.1. Obecná charakteristika

Dle aktuální statistiky Energetického regulačního úřadu (ERÚ) je celkový instalovaný výkon těchto zdrojů následující:

Typ zařízení	Výroba elektřiny brutto [GWh]	Instalovaný výkon [MWe]
VE < 1 MWe	520,5	124,2
VE (1 – 10 MWe)	491,6	152,0
VE > 10 MWe	1 077,5	752,8
PVE	434,1	1 146,5
Celkem VE	2 523,7	2 175,5

Zdroj: Ministerstvo průmyslu a obchodu

VE – vodní elektrárna; PVE – přečerpávací vodní elektrárny

Podíl vodních elektráren na hrubé tuzemské spotřebě elektřiny v roce 2007 byl největší ze všech obnovitelných zdrojů energie v České republice a činil 2,9 % (využití biomasy 1,3 %, bioplynu 0,3 %, větrných elektráren 0,2 %). Celkový podíl obnovitelných zdrojů energie na hrubé tuzemské spotřebě elektřiny v roce 2007 činil pouhých 4,7 %.

Vše je samozřejmě dáno polohou České republiky – přírodními podmínkami, jejím hydroenergetickým potenciálem. MVE (malou vodní elektrárnou) se rozumí hydroenergetické zařízení s instalovaným výkonem pod 10 MW. Pouze 13 elektráren na území našeho státu tuto hodnotu přesahuje.

Název	Vodní tok	Rok	Typ	Výkon [MW]	Výroba [GWh/rok]	Počet soustrojí /typ turbín	Celková hltnost [m ³ /s]	Spád [m]
Dlouhé Stráně	Divoká Desná	1996	PŠ	650	*)	2/FR	137,2	510,7-547,5
Dalešice	Jihlava	1978	PŠ	450	*)	4/FR	600	60,5-90,7
Orlík	Vltava	1961-2	Š	364	400	4/K	600	44-70,5
Slapy	Vltava	1954-55	Š	144	280	3/K	300	27-56
Lipno I	Vltava	1959	Š	120	168	2/F	92	148-162
Štěchovice II	Vltava	1947/1996	PŠ	45	*)	1/FR	27	209,8-219,5
Kamýk	Vltava	1961	Š	40	76	4/K	360	10,5-15,5
Štěchovice I	Vltava	1943-4	PR	22,5	89,6	2/K	150	14,5-20
Střekov	Labe	1936	PR	19,5	80	3/K	300	6-8,7
Vranov	Dyje	1934	Š	18,9	30	3/F	45	25-42
Vrané	Vltava	1936	PR	13,9	57,3	2/K	180	8-11
Vír I	Svratka	1958	Š	12	15,5	2/F	24	max. 64
Nechranice	Ohře	1968	PR	12	55	2/F	32	17-44
Křižanovice – Práčov	Chrudimka	1952	Š	8,9	14	1/F	12	88,5
Fláje – Meziboří	Flájský potok – Divoký potok	1961	Š	7,6	0,9	2/F	3,6	236,7-261,2

PŠ – přečerpávací špičkové vodní elektrárny / Š – špičkové vodní elektrárny / PR – průběžné vodní elektrárny / K – Kaplanova turbína / F – Francisova turbína / FR – Francisova reverzibilní turbína / *) – u PŠVE se výroba i čerpání řídí potřebami soustavy (teoretickou roční výrobu v GWh lze odhadnout jako ~ 1,4 násobek výkonu v MW)

7.2. Typy vodních elektráren používaných v ČR

7.2.1. Přečerpávací vodní elektrárny

Elektrizační soustava státu musí v každém okamžiku zajistit přesně tolik elektrické energie, kolik jí je potřeba. Spotřeba elektrické energie přitom jak během dne, tak i v delších obdobích kolísá. Elektrickou energii sice nelze v čistém stavu skladovat, situaci však účinně pomáhají řešit přečerpávací vodní elektrárny (Černé jezero, Štěchovice, Dalešice, Dlouhé stráně).

Přečerpávací vodní elektrárna je v principu soustava dvou výškově rozdílně položených vodních nádrží spojených tlakovým potrubím, na němž je v jeho dolní části umístěna turbína s elektrickým generátorem. Ta vyrábí elektřinu pro elektrizační soustavu v době energetické potřeby; v době útlumu se voda z dolní nádrže přečerpává „levnou elektřinou“ do nádrže horní, kde její potenciál energie čeká na své optimální využití v „pravou chvíli“.

Velkou předností přečerpávacích vodních elektráren je schopnost přifázování do elektrifikační sítě s plným výkonem v několika minutách. Tato schopnost je ostatně vlastní všem vodním elektrárnám. Účinnost přečerpávacího cyklu je více než 80 %.¹⁶

7.2.2. Průtočné vodní elektrárny

Průtočná neboli průběžná vodní elektrárna je charakteristická tím, že nemá k dispozici žádný akumulační prostor. Bývá obvykle budována u jezu. Výkon tohoto typu elektrárny určuje průtok, jaký je turbína právě schopna z vodního toku odebírat, a takový spád, jaký právě vzdouvací stupeň vytváří. Jelikož se během roku mění množství vody, není tudíž průtok ani spád v řece stálý. Z tohoto faktu vyplývá, že výkon je zcela závislý na průtokových poměrech vodního toku. Provoz elektrárny je bez přerušení, dodávka výkonu do energetické sítě značně kolísá.

7.2.3. Akumulační vodní elektrárny

Na první pohled jsou charakterizovány přehradní hrází, za níž vzniká jezero s velkou zásobou vody. Tato vodní díla jsou určena nejen pro výrobu elektřiny, ale také pro ochranu území před povodněmi, pro splavnění toků, jako zdroje pitné nebo závlahové vody jako rekreační oblasti.

Proti přelití je hráz zajištěna spodními výpustěmi a horními přelivy. Pod hrází je tzv. výřiště, do něhož odchází voda z turbín. V jezeře nad hrází bývá vtokový objekt opatřený česlemi. Ty zajišťují, aby se do turbíny nedostaly nečistoty. Přívodním kanálem přitéká voda k turbíně. Turbína je s generátorem, v němž vzniká elektrický proud, spojena společnou hřídelí. Typickými zástupci akumulačních vodních elektráren jsou elektrárny umístěné na Vltavské kaskádě. Asi nejzajímavější akumulační vodní elektrárnou je Čeňkova pila na řece Vydře.

¹⁶ <http://www.alternativni-zdroje.cz/vodni-geothermalni-energie.htm>

7.3. Garance výkupních cen a zelených bonusů elektřiny z obnovitelných zdrojů v České republice

Výkupní ceny a zelené bonusy jsou podle vyhlášky č. 150/2007 Sb., uplatňovány po dobu životnosti výroben elektřiny, přičemž předpokládané doby životnosti pro jednotlivé kategorie obnovitelných zdrojů jsou uvedeny v příloze č. 3 vyhlášky č. 364/2007 Sb. Po dobu životnosti výroby elektřiny, zařazené do příslušné kategorie podle druhu využívaného obnovitelného zdroje a data uvedení do provozu, se výkupní ceny meziročně zvyšují s ohledem na index cen průmyslových výrobců minimálně o 2 % a maximálně o 4 %, s výjimkou výroben spalujících biomasu a bioplyn. V případě bioplynových stanic a provozoven spalující biomasu nehrají významnou roli investiční, ale provozní náklady. Pro větší přehlednost jsou doby garance výkupních cen pro jednotlivé druhy obnovitelných zdrojů nově uvedených do provozu po 1. lednu 2008 uvedeny v následující tabulce:¹⁷

Typ OZE	Garance výkupních cen [roky]
Malá vodní elektrárna	30
Biomasa	20
Bioplyn	20
Skládkový, kalový, důlní plyn	15
Větrná elektrárna	20
Geotermální elektrárna	20
Fotovoltaická elektrárna	20

Garance zelených bonusů je jeden rok, a to z toho důvodu, že jejich výše je závislá na ceně silové elektřiny a obecně klesá právě z důvodu jejího růstu. Ve výpočtu zelených bonusů je však započítána určitá motivační složka a vyšší diskont proti výpočtu výkupních cen, a to zejména z důvodu vyšší míry rizika uplatnění se na trhu.¹⁸

7.3.1. Vývoj výkupních cen v ČR v budoucnu

V případě stávajících výroben je důležitá vyhláška Energetického regulačního úřadu č. 150/2007 Sb., která v § 2 odst. 11 říká, že u stávajících zdrojů se výkupní ceny meziročně zvyšují s ohledem na index cen průmyslových výrobců minimálně o 2 a maximálně o 4 %, s výjimkou výroben spalujících biomasu a bioplyn. V případě nových zdrojů bude Energetický regulační úřad přihlížet k časovému vývoji zejména měrných investičních nákladů [Kč/kW] a ostatních parametrů, které mají zásadní vliv na výslednou výkupní cenu. Pokles výkupních cen pro nové zdroje je však možný pouze o 5 %.

Výkupní ceny elektřiny z obnovitelných zdrojů mohou pro nové zdroje meziročně poklesnout podle § 6 odst. 4 zákona č. 180/2005 Sb. maximálně o 5 % ročně. Při poklesu výkupních cen musí být pro jednotlivé kategorie obnovitelných zdrojů zachována výše výnosů za jednotku elektřiny z obnovitelných zdrojů po dobu 15 let.

¹⁷ <http://www.mpo.cz/dokument43222.html>

¹⁸ http://www2.eru.cz/dias-read_article.php?articleId=451

7.4. Praktické příklady využití vodní energie v ČR

Přečerpávací vodní elektrárna (PVE) Dlouhé Stráně se nachází na říčce Divoká Desná v pohoří Jeseníky, u obce Loučná nad Desnou v okrese Šumperk. Jejím posláním je plnit pro elektroenergetickou soustavu České republiky svým výkonem 650 MW statické a dynamické služby.

Statickou službou se rozumí efektivní přeměna přebytku energie v soustavě na energii špičkovou. Tento proces se uskutečňuje čerpáním vody z dolní nádrže do horní v době jejího přebytku a opačně – výrobou elektrické energie turbínovým provozem.¹⁹

Mezi dynamické služby patří zejména podíl PVE na regulaci výkonu a frekvence v soustavě a funkce pohotovostní rezervy v systému.

Voda z horní nádrže umístěné ve výši 1 350 m nad úrovní moře je vedená dvěma tlakovými přivaděči o průměru 3,6 m a délce 1,5 km k turbínám. Obě reverzní soustrojí, každé o výkonu 325 MW, jsou umístěna v podzemní kaverně turbín o délce 87 m, šířce 25,5 m a výšce 50 m. Blokové transformátory jsou umístěny v podzemní komoře o délce 117 m, šířce 16 m a výšce 21,5 m. V podzemí se dále nacházejí komunikační, technologické a větrací tunely a štoly o celkové délce 8,5 km. Podzemní elektrárna je spojena s dolní nádrží dvěma odpadními tunely o vnitřním průměru 5,2 m.

Výkon je z podzemí veden kabely o napětí 400 kV na zapouzdřené vývodové pole a odtud venkovním vedením délky 52 km do rozvodny v Krasíkově.

Hlavní technické údaje díla

výkon elektrárny	650	MW
druhy provozu	- turbínový - čerpadlový - kompenzační	
počet soustrojí	2	ks
typ turbín	FR 100	
Ø oběžného kola	4 540	mm
turbínový spád	534,3	m
typ generátorů	HV 812 830/14 – VA	
horní nádrž – provozní objem	2 580 000	m ³
kóta koruny hráze	1 350	m n.m.
dolní nádrž – celkový objem	3 405 000	m ³
kóta koruny hráze	824,7	m n.m.
předpokládaná roční výroba energie	997,8	GWh
přechodový čas z klidu do max. turbínového provozu	100	s

8. Legislativní podpora využívání vodní energie v ČR

Využívání energie z vodních zdrojů se zabývají následující právní předpisy:

- Zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů
- Bílá kniha o obnovitelných zdrojích energie (1997)

¹⁹ http://www.energotis.cz/pages/dlouhe_strane.htm

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/77/EC o podpoře elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů
- Vyhláška č. 475/2005 Sb. novelizovaná vyhláškou č. 364/2007 Sb.
- Vyhláška č. 150/2007 Sb.
- Cenová rozhodnutí ERÚ č. 10/2005, 14/2005, 7/2007
- Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií

9. Závěr

Využití vodní energie v České republice je sice do jisté míry omezené, avšak vzhledem k vysoké účinnosti přeměny mechanické energie vodních toků na elektrickou energii a jen nepatrnému negativnímu vlivu na životní prostředí, bychom měli tuto využívat v místech, kde to podmínky dovolí.

Je však jasné, že vodní energie nemá potenciál stát se v České republice dominantním zdrojem elektrické energie, avšak v současné době má mezi obnovitelnými zdroji energie v ČR jasný primát. Politika naší země, zejména s ohledem na povinnost vykoupení veškeré takto vyrobené energie, cenové politiky a zelených bonusů, jasně deklaruje podporu všem provozovatelům vodních elektráren bez omezení jejich výkonu.

Zcela jistě je správné spatřovat ve vodní energii částečné řešení problému docházejících fosilních paliv na světě.

Literatura

- [1] Bacher, P.: *Energie pro 21. století*. KRIGL. Praha, 2003. ISBN 80-902403-7-2.
- [2] Belica, P. a kol.: *Průvodce energetickými úsporami a obnovitelnými zdroji energie*. 1. vydání. Regionální energetické centrum o.p.s. Lanškroun, 2006. ISBN 80-903680-1-8.
- [3] Hájek, G.: *Vodní motory*. HOKR, Praha.
- [4] Häntzschel, W.: *Stavba strojů*. WELLER. Berlín, 1932.
- [5] Holata, M.: *Malé vodní elektrárny*. ACADEMIA. Praha, 2002. ISBN 80-200-0828-4.
- [6] Karas, J.: *Vodní kola*. Mlynářské noviny. Praha, 1912.
- [7] Kolektiv autorů: *U kolébky Kaplanovy turbíny*. Technické muzeum v Brně. Brno, 1976.
- [8] Kolektiv autorů: *Vodní stroje pro získávání energie z vodních toků o malém spádu*. Úřad předsednictva vlády ČSSR. Praha, 1988.
- [9] Nedoma, A.: *Vodní turbíny a turbinové pumpy*. Státní ústav pro učebné pomůcky škol průmyslových a odborných. Praha, 1925.
- [10] Cenka, M. a kol.: *Obnovitelné zdroje energie*. FCC PUBLIC, 2001. ISBN 80-901985-8-9.

INTERNETOVÉ STRÁNKY

http://cs.wikipedia.org/wiki/Kaplanova_turb%C3%ADna
http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%BD_gener%C3%A1tor
http://wikipedia.infostar.cz/e/el/electrical_generator.html
<http://www.spvez.cz/pages/podpory.htm>
<http://www.alternativni-zdroje.cz/energie-prilivu-priboje.htm>

<http://www.alternativni-zdroje.cz/vodni-geotermalni-energie.htm>

http://www2.eru.cz/dias-read_article.php?articleId=451

<http://www.mpo.cz/dokument43222.html>

http://www.energotis.cz/pages/dlouhe_strane.htm

<http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=882>