

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE V ČR

RENEWABLE ENERGY SOURCES IN CR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTINA FRYČOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JAN FIEDLER, Dr.

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martina Fryčová

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Obnovitelné zdroje energie v ČR

v anglickém jazyce:

Renewable energy sources in CR

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Odborná rešerše využívání obnovitelných zdrojů energie v ČR se zaměřením na vodní energetiku.

Cíle bakalářské práce:

Odborná rešerše využití obnovitelných zdrojů v ČR

-zaměřením na vodní energetiku

-konkrétní technický popis vybraného vodního díla

Seznam odborné literatury:

Melichar,J: Malé vodní turbíny, ČVUT Praha 1999

Kolektiv: Obnovitelné zdroje energie, Alfa 2002

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jan Fiedler, Dr.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 20.10.2009

L.S.

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

Cílem mé bakalářské práce je seznámení s obnovitelnými zdroji v ČR se zaměřením na vodní energetiku, a dále je zde uveden popis konkrétní MVE.

Klíčová slova

MVE, velká vodní elektrárna, elektrická energie, turbína, spád, průtok, obnovitelný zdroj energie

Abstract

Goal of this thesis is to introduce renewable resources in the CR, with a focus on water energy, and there is also a description of specific MVE.

Key words

MVE, large hydropower, electricity, turbine, slant, flow, renewable energy source

Bibliografická citace

FRYČOVÁ, M. *Obnovitelné zdroje energie v ČR*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 27 s.

Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jan Fiedler, Dr.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně s použitím uvedených zdrojů. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, a že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V dne
Martina Fryčová

Poděkování

Ráda bych poděkovala panu doc. Ing. Janu Fiedlerovi, Dr. za odborné vedení, rady a připomínky při zpracovávání bakalářské práce. Déle bych chtěla poděkovat rodině Filipových za poskytnutí informací o MVE na Moravské Sázavě.

Obsah

1.	ÚVOD	2
2.	OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE V ČR	2
2.1.	ENERGIE VODY	2
2.2.	ENERGIE VĚTRU	3
2.3.	ENERGIE SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ	4
2.4.	ENERGIE BIOMASY	5
2.5.	ENERGIE Z TEPELNÝCH ČERPADEL	6
3.	ENERGIE VODY.....	7
3.1.	ROZDĚLENÍ VODNÍCH ELEKTRÁREN	7
3.1.1.	DLE INSTALOVANÉHO VÝKONU	7
3.1.2.	DLE ZPŮSOBU PROVOZU	7
3.2.	TURBÍNY	7
3.2.1.	PELTONOVA TURBÍNA.....	8
3.2.2.	FRANCISOVA TURBÍNA	8
3.2.3.	KAPLANOVA TURBÍNA.....	11
3.2.4.	BÁNKIHO TURBÍNA	11
4.	MALÁ VODNÍ ELEKTRÁRNA	12
4.1.	ZÁKLADNÍ POJMY A NÁZVOSLOVÍ	13
4.2.	KRITERIA VÝBĚRU LOKALITY.....	13
5.	MALÁ VODNÍ ELEKTRÁRNA NA MORAVSKÉ SÁZAVĚ U LANŠKROUNA.....	14
6.	ZÁVĚR.....	17
7.	POUŽITÉ ZDROJE.....	18
8.	SEZNAM.....	20
8.1.	POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	20
8.2.	OBRÁZKŮ	20
8.3.	TABULEK.....	20

1. Úvod

Energie je fyzikální veličina, která určuje schopnost látky nebo hmoty konat práci. Z toho také vyplývá definice elektrické energie - schopnost elektromagnetického pole konat elektrickou práci.[2] Elektrická energie je „nejuniverzálnější“ druh energie, která se dá přeměnit na jiný druh, např. na tepelnou, mechanickou, magnetickou energii. Elektrická energie se obtížně uchovává, tudíž je její výroba závislá na spotřebě.

Způsoby získávání jsou různé, ale z pravidla se dělí na energii získanou z neobnovitelných a z obnovitelných zdrojů. Zvláštním případem je jaderná energetika, která se dá zařadit mezi obnovitelné i neobnovitelné zdroje.

Za neobnovitelný zdroj energie je obvykle považován takový zdroj energie, jehož vyčerpání je očekáváno v horizontu maximálně stovek let, ale jeho případné obnovení by trvalo mnohonásobně déle.[3] Neobnovitelné zdroje jsou fosilní paliva - ropa, zemní plyn, uhlí a rašelina, vnikají tzv. nukleární energie. U nás je nejvíce uhelných elektráren na Ostravsku a v Krušných horách, kde se také uhlí těží. Zásoby fosilních paliv se zmenšují a proto je třeba získávat energii i z jiných zdrojů. Řešením tohoto problému mohou být jaderné elektrárny, které jsou i šetrnější k ovzduší, protože nevytváří oxid uhličitý a tím se nezvyšuje skleníkový efekt. Horší je to s ukládáním vyhořelého paliva, které se ukládá do zvláštních bazénů, kde voda ochlazuje palivo a také působí jako štít proti radiaci. V české republice jsou dvě jaderné elektrárny Dukovany a Temelín.

Neopomenutelným způsobem výroby elektrické energie jsou obnovitelné zdroje, tento způsob získávání by se dal nazvat „Energie budoucnosti“. Co to vlastně je obnovitelný zdroj energie? Obnovitelný zdroj energie je označení některých vybraných, na Zemi přístupných forem energie, získané primárně především z jaderných přeměn v nitru Slunce. Dalšími zdroji jsou teplo zemského nitra a setrvačnost soustavy Země-Měsíc. Lidstvo je čerpá ve formách např. sluneční záření, větrné energie, vodní energie, energie přílivu, geotermální energie, biomasy a další.[4] Zákon definuje obnovitelný zdroj takto – Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka. Neobnovitelné přírodní zdroje spotřebováváním zanikají.[5]

Využívání obnovitelných zdrojů energie nejenže chrání životní prostředí a nezvyšuje skleníkový efekt, ale také oddaluje úplné vyčerpání neobnovitelných zdrojů energie. Největší zastoupení v ČR mají vodní elektrárny, ale jejich rozvoj už je možný pouze v oblasti malých vodních elektráren, všechny oblasti kde bylo možné vystavět velká vodní díla už jsou pro tento účel využita.

2. Obnovitelné zdroje energie v ČR.

Při zeměpisných a klimatických podmínkách ČR můžeme energii z obnovitelných zdrojů čerpat ve formě energie vody, větru, slunečního záření, biomasy, bioplynu, kapalných biopaliv a energie z tepelných čerpadel.

2.1. Energie vody

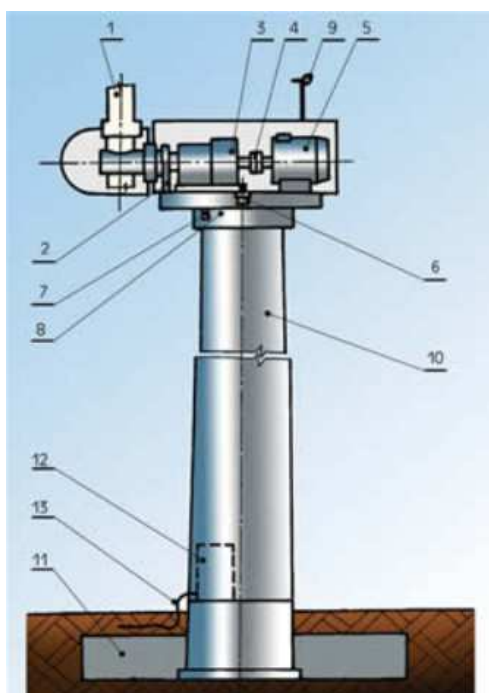
Mezi alternativní zdroje energie patří také energie příbojů a přílivu oceánu, tyto zdroje ovšem v ČR nemáme. Dále se problematice energie získávané z vody budeme zabývat podrobněji v další části této bakalářské práce.

2.2. Energie větru

Energie větru byla využívána již řadu let před objevením elektrické energie a to především na větrných mlýnech, kdy byla převáděna pouze na mechanickou práci. Nástup současných větrných elektráren na výrobu elektrické energie u nás byl koncem 80. let 20. století. V letech 1990 – 1995 bylo mnoho elektráren postaveno na místech, kde nebyly dostatečné větrné podmínky a také byly velmi poruchové.

V současnosti před výstavbou nové větrné elektrárny probíhá dlouhodobé měření větrných podmínek.

Jak vzniká vítr? Vítr je proudící vzduch, který vzniká v důsledku rozdílných tlaků v atmosféře, čím je rozdíl tlaků vyšší tím je vítr silnější. Dále rozdílnými teplotami, teplý vzduch stoupá vzhůru a chladnější klesá, rotace země pak způsobí stočení větrných proudů.



1. rotor s rotorovou hlavicí
2. brzda rotoru
3. planetová převodovka
4. spojka
5. generátor
6. servo-pohon natáčení strojovny
7. brzda točny strojovny
8. ložisko točny strojovny
9. čidla rychlosti a směru větru
10. několikadílná věž elektrárny
11. betonový armovaný základ elektrárny
12. elektrorozvaděče silnoprůdého a řídicího obvodu
13. elektrická přípojka

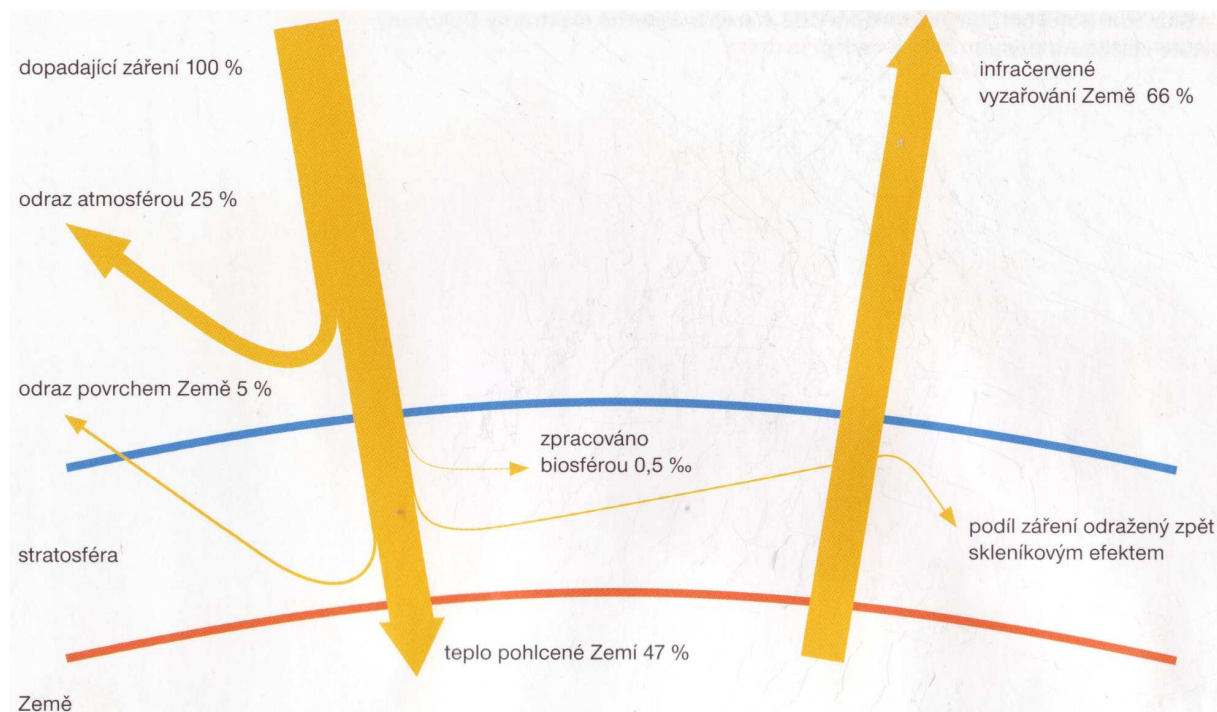
Obr. 1 Schéma větrné elektrárny [6]

Nejdůležitější částí větrné elektrárny je gondola se strojovnou, která je umístěna 80 až 120 metrů nad zemí. Ve strojovně je kinetická energie větru, působícího na rotor, převáděna v mechanickou energii a dále generátorem přeměněna na elektrickou energii. Startovací rychlost větru je 3 – 6 m/s, jmenovitého výkonu elektrárny dosahují při 10 – 15 m/s. Síla větru se měří např. anemometrem umístěným na vrchu gondoly, tam jsou také umístěny čidla pro měření směru větru. Při rychlostech vyšších než 26 m/s musí dojít k zastavení, z důvodu velkého rozkmitání konstrukce. Zastavení se provede automaticky zabrzděním rotoru a pomocí elektromotoru se lopatky natočí nejužším profilem proti větru. Při nižších rychlostech je rotor kolmo ke směru větru. Mezi rotorem a generátorem je převodová skříň, jelikož velikost otáček vyvolaných větrem je pouze 30 – 50 ot/min, tyto otáčky jsou nedostatečné pro výrobu elektrické energie a proto se musí zpřevodovat na více než 1500 ot/min.

Větrné turbíny mají 1 – 3 lopatky a jejich průměr je od 80 – 100 m. Nejlepší dosahovaná účinnost je 45%.

2.3. Energie slunečního záření

Sluneční výkon, tzv. zářivost Slunce, je $3,8 \times 10^{23}$ kW.[1] Z tohoto množství však na povrch Země dopadne jen zlomek.



Obr. 2 Osudy sluneční energie na zemi [1]

Využití sluneční energie

Přímé

Slunečními paprsky dopadne na povrch Země přibližně 1 kW/m^2 . Toto číslo se nazývá solární konstanta. Tuto energii lze využít přímo:

- pro výrobu elektrické energie (obvykle Fotovoltaický článek ale také Stirlingův motor),
- v zemědělství (skleník)
- zpracování užitkové vody (ohřev ale též desalinace a desinfekce),
- vytápění,

Nepřímé

Nepřímo se sluneční energie v přírodě přeměňuje na:

- potenciální energii vody (využívaná ve vodních elektrárnách),
- kinetickou energii vzdušných mas (vítr), a
- chemickou energii biomasy (včetně fosilních paliv, kde akumulace sluneční energie proběhla před dlouhou dobou).[7]

Solární zařízení jde rozdělit na termické solární panely, které slouží k výrobě tepelné energie. Využívají se pro ohřev vody v bazénech, nebo k ohřevu užitkové vody, vytápění nebo k výrobě páry pro elektrárny, čehož se však v ČR nevyužívá. Nejdůležitější částí

termického kolektoru je absorpční deska nebo trubice. Na černém povrchu, pokrytém speciální selektivní vrstvou se sluneční záření přeměňuje v tepelnou energii. Absorbér ohřívá teplotně nosnou látku (voda, olej nebo vzduch). Ta pak buďto předá své teplo výměníku, nebo u bazénů je přímo teplotně nosná látka voda z bazénu.

Další druh solárního zařízení jsou fotovoltaické solární panely, které slouží k výrobě elektřiny. Základní prvkem jsou fotovoltaické (solární) články, nejčastěji monokrystal na bázi křemíku, používají se i polykrystaly. Jeden článek je velikosti 10 x 10 cm, přičemž z jednoho centimetru čtverečního můžeme získat 12 mV. Získané napětí z jednoho článku je 0,5 V. Pro získání větších napětí a proudů se zapojují fotovoltaické články do solárních panelů. Při paralelním zapojení získáváme větší proud a sériovým zapojením získáme vyšší napětí.

Dle způsobu využití se fotovoltaické solární systémy dělí na :

Ostrovní solární systémy, které nejsou zapojeny do sítě. Využívají se v oblastech, kde není možné zapojení do rozvodné sítě, nebo by to bylo velmi drahé (chatové oblasti, obytné automobily, lodě...). Při jejich navrhování je třeba myslet na celkovou spotřebu všech připojených zařízení, mnohdy se ale používají i pro napájení jednoho spotřebiče. U ostrovních systémů se využívá baterie, která uchovává energii na dobu, kdy není dostatečné sluneční záření.

Solární systémy zapojené do sítě, které v době přebytku dodávají energii přes měnič střídavého napětí do sítě, v době nedostatku zase odebírají ze sítě.

2.4. Energie biomasy

Biomasa je hmota organického původu. Nejčastěji je to dřevo, sláma a jiné zemědělské zbytky včetně exkrementů užitkových zvířat, také komunální odpad a produkty vzniklé při provozu čistíren odpadních vod.

Biomasa se dá zpracovávat na tři způsoby:

- Biomasa určená pro přímé spalování* – sem patří dřevo, některé rychleschnoucí dřeviny a rostliny, zemědělské produkty a zbytky (řepková a obilní sláma...), některé průmyslové a komunální odpady...
- Biomasa vhodná pro výrobu bioplynu* – exkrementy hospodářských zvířat (hnůj, trus, kejda, močůvka...), siláže, části a kořeny rostlin, nevýhodně prodejné rostliny, odpady z potravinářského průmyslu (mlékáren, jatek, lihovaru, pivovaru...), biologická složka tříděného odpadu, skládkový bioplyn...
- Biomasa vhodná pro pyrolýzu a zplyňování (kapalná a plynná paliva)* – dřevo, komunální odpad, zemědělské odpady a přebytky...

Před využitím na energetické účely se musí biomasa zpravidla upravovat. Způsob úpravy závisí na druhu biomasy a na požadovaných vlastnostech paliva, nejčastěji se jedná o sušení, rozměrové úpravy. Při spalování biomasy se do vzduchu uvolňuje stejné množství oxidu uhličitého jako rostlina využije pro svůj růst, čímž nedochází ke zvyšování skleníkového efektu. Vzniká přitom jen minimální množství popela, který lze navíc využít jako hnojivo navracející půdě potřebné živiny (vyčerpané například při vypěstování rostlinné biomasy).[8]

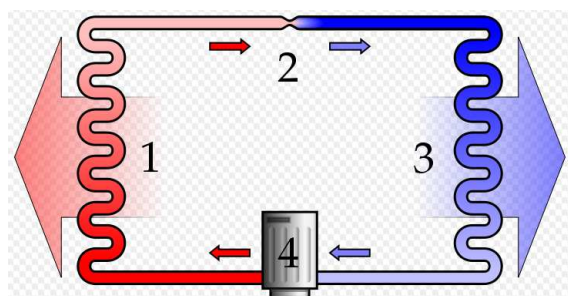
Kvalita biomasy se určuje podle výhřevnosti, ta závisí na druhu rostliny či dřeva a zvláště na vlhkosti paliva. Průměrná výhřevnost dokonale suché rostlinné biomasy je 18,6 MJ/kg, v praxi se ale pohybuje v důsledku různých vlivů okolo 10 -15 MJ/kg (pro srovnání: průměrná výhřevnost černého uhlí je 24 – 29 MJ/kg, topného oleje 42 MJ/kg).[1]

Druh biomasy	Obsah vody [%]	Výhřevnost [MJ/kg]	Objemová měrná hmotnost [kg/m ³]
Polena (měkké dřevo)			(volně ložená)
	0	18,56	355
	10	16,40	375
	20	14,28	400
	30	12,18	425
	40	10,10	450
	50	8,10	530
Dřevní štěrka	10	16,40	170
	20	14,28	190
	30	12,18	210
	40	10,10	225
Sláma (obiloviny)	10	15,50	120 (balíky)
Sláma (řepka)	10	16,00	100 (balíky)
Tříděný komunální odpad	20 - 38	9 - 14	
Bioplyn		cca 25 MJ/m ³	

Tab. 1 Výhřevnost závislá na vlhkosti biomasy [9]

2.5. Energie z tepelných čerpadel

Zařízení, které slouží jako tepelný zdroj pro vytápění objektů. Princip tepelného čerpadla se využívá v chladničce, klimatizaci a pro vytápění.



1. kondenzátor
2. tryska
3. výparník
4. kompresor

Obr. 3 Princip tepelného čerpadla [10]

Nejčastěji se používají tato tepelná čerpadla:

- tepelné čerpadlo země/voda
- tepelné čerpadlo vzduch/voda
- tepelné čerpadlo voda/voda
- tepelné čerpadlo vzduch/vzduch

Před lomítkem je zdroj energie: vzduch, země (geotermální energie uložená v horninách nebo naakumulovaná sluneční energie v horních vrstvách zeminy), nebo voda (nejčastěji podzemní voda)

Za lomítkem je teplosné médium: voda (obvykle jde o topnou vodu užívanou k ohřevu teplé užitkové vody, bazénů, radiátorů, podlahového topení a mnoho dalšího), nebo vzduch (neboli teplovzdušné vytápění).

3. Energie vody

Využívání vodních toků patří k nejstarším způsobům získávání energie. Horizontálně postavená kola, později i vertikálně se využívali k pohánění mlýnů, pil a hamrů. V dnešní době se z obnovitelných zdrojů nejvíce využívají právě vodní elektrárny, i když v ČR nejsou dobré podmínky pro velké vodní elektrárny. Většina velkých řek u nás pramení a proto české řeky nemají dostatek vody a ani velký spád. Jejich výhodou je především ve velmi krátké době dosáhnout velkého výkonu, čehož se využívá při zvýšeném odběru elektrické energie. Další důležité významy vodních elektráren jsou: regulace vodních toků, částečná ochrana proti povodním, zajištění užitkové i pitné vody a také možnost rekreace.

3.1. Rozdělení vodních elektráren

3.1.1. Dle instalovaného výkonu

Vodní elektrárny se dělí na dvě základní skupiny – malé vodní elektrárny (dále MVE) s instalovaným výkonem do 10 MW a velké vodní elektrárny (dále VVE) s vyšším výkonem. V ČR je možnost rozvoje především pro MVE, protože místa pro výstavbu VVE už jsou všechna využita.

3.1.2. Dle způsobu provozu

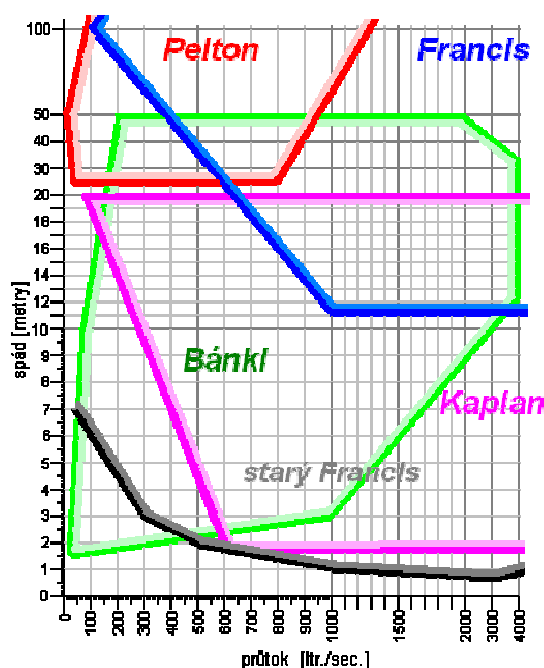
průtočné elektrárny – pracují v nepřetržitém provozu, využívají přirozeného průtoku vody

akumulační – pracují v pološpičkovém a špičkovém režimu, využívají řízený odběr vody z akumulační nádrže, v závislosti na aktuální spotřebě (např. Vltavská kaskáda), nutnost stavění hráze

reverzibilní (přečerpávací) - pracují v době nedostatku elektrické energie, naopak když je v síti přebytek energie tak čerpají vodu do vrchní hráze (hlavně v noci).

3.2. Turbíny

Vodní turbína je točivý mechanický stroj, který přeměňuje kinetickou či tlakovou energii vody na mechanickou energii. Volba správné turbíny je závislá na spádu a průtoku. Základní dělení turbín je dle polohy na horizontální a vertikální a dle způsobu práce na rovnotlaké a přetlakové turbíny. Rovnotlaké - tlak vody se po celou dobu v turbíně nemění, voda vchází i vychází z turbíny pod stejným tlakem, u přetlakových voda vychází pod nižším tlakem, než s jakým do turbíny vstoupila. Také se dělí dle orientace proudění na tangenciální, radiální, diagonální a axiální proudění.[11]



Obr. 4 Charakteristiky základních turbín [12]

3.2.1. Peltonova turbína

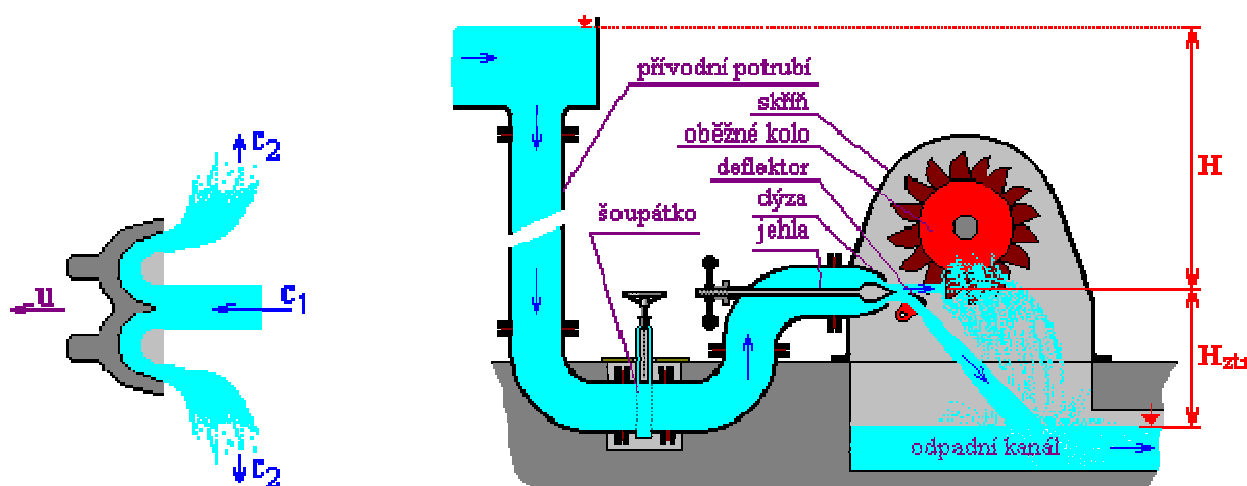
Peltonova turbína je rovnotlaká turbína s parciálním tangenciálním ostřikem. Účinnost u malé turbíny je 80 až 85%, u velké 85 až 95%. Peltonova turbína byla vynalezena Lesterem Allanem Peltonem (1829–1908) v roce 1880.[12]

Jedná se o nejčastěji využívanou rovnotlakou turbínu, která se instaluje také do MVE. Využívají se v místech s malým průtokem a velkým spádem, minimálně 30 metrů až do 1800 metrů. Dosahují výkonu až 200 MW.

Voda, která je k turbíně přiváděna spádovým potrubím je na kolo stříkána jednou až dvěma dýzami pro horizontální pozici kola a až šesti dýzami pro vertikální uložení kola. V dýze se energie spádu vody přeměňuje na kinetickou energii. Voda je stříkána na břit lžicovitých lopatek, kde se paprsek rozděluje na dvě části které, se lopatka snaží odrazit zpět a tím se oběžné kolo otáčí. Čím je tlak přivodní vody větší, tím vyšší účinnost.



Obr. 5 Oběžné kolo peltonovy turbíny [14]



Obr. 6 Lžicovitá lopatka [14]

Obr. 7 Schéma elektrárny s Peltonovou turbínou [14]

Výkon turbíny je řízen průtokem vody dýzou, který se mění zasouváním, nebo vysouváním regulační jehly. V případě nutnosti rychlého odstavení turbíny se využívá deflektor, kterým se odkloní vodní paprsek přímo do odpadního kanálu.

V ČR se tento typ turbín příliš nevyužívá, jelikož české řeky nemají dostatečně velké spády.

3.2.2. Francisova turbína

Přetlaková turbína, která byla vyvinuta Jamesem B. Francisem. Dosahuje až 90% efektivity. V dnešní době patří mezi nejvyužívanější turbíny. Využívá se pro místa se středním stabilním průtokem a středním spádem. Je vhodná především pro přečerpávací elektrárny, protože může fungovat také jako pumpa, čehož je využito také u největší evropské přečerpávací elektrárny Dlouhé Stráně.



Obr. 8 Francisova turbína [13]

Kapalina během průchodu turbínou předává svou energii oběžnému kolu a tím také klesá její tlak.

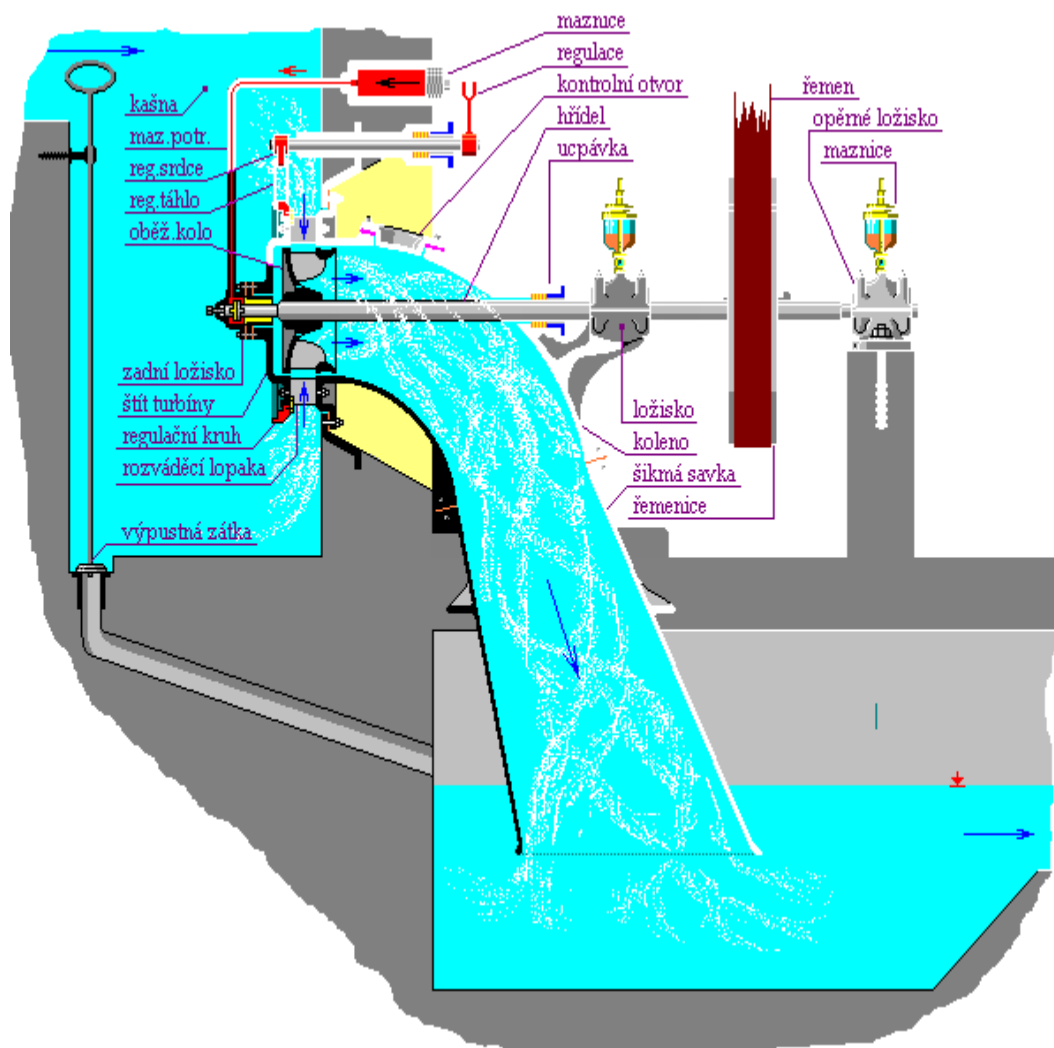
Vstupní potrubí má tvar spirály. Voda je pomocí věnce rozváděcího kola (tangenciálně) směřována na oběžné kolo. Lopatky rozváděcího kola jsou někdy konstruovány jako stavitelné, aby se turbína mohla (do určité míry) přizpůsobit různému vodnímu průtoku. Z oběžného kola vystupuje voda ve směru osy otáčení (axiálně).[13]

Francisova turbína má dva způsoby uložení hřídele:

Horizontální uložení

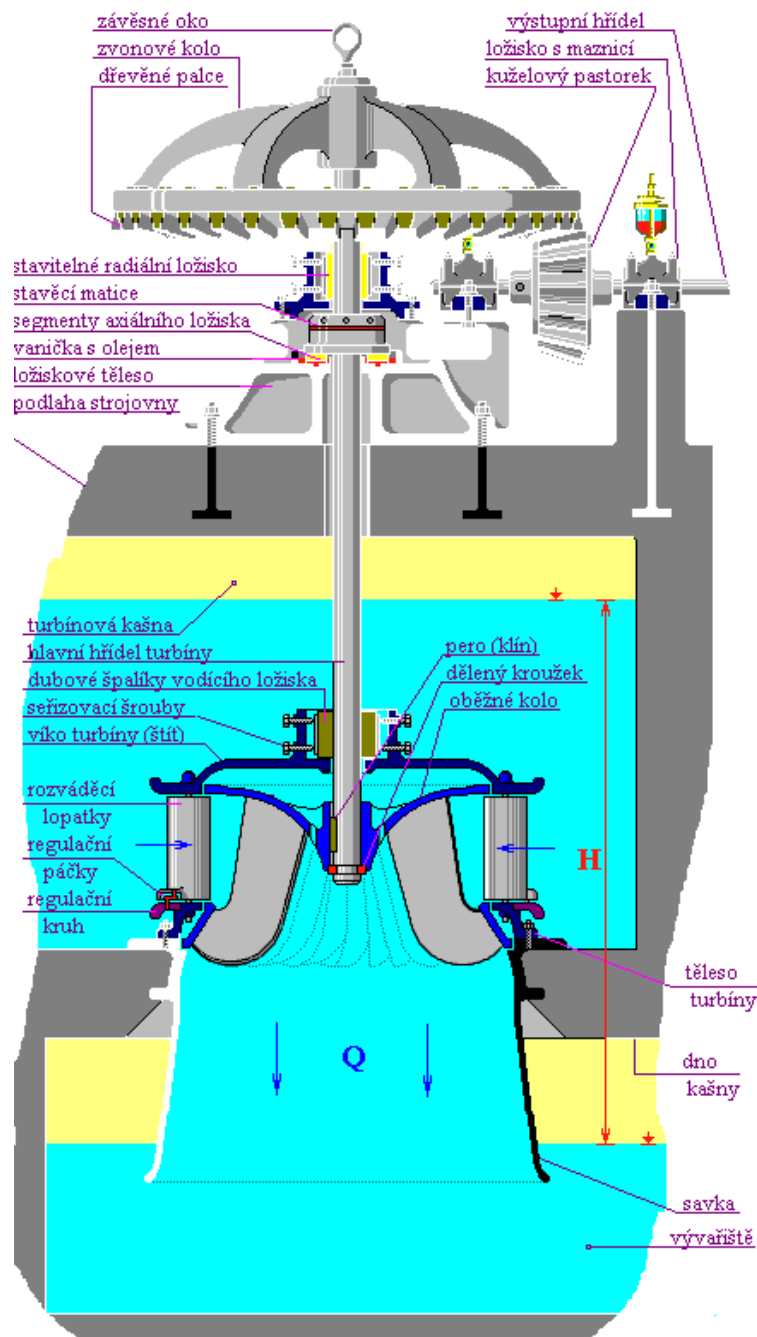
Využívá se na spádech od 2 do 8 metrů. Při malých a středních průtocích asi od 0,1 do 2 m³/s. Má nižší účinnost než vertikální uložení, zato má vodorovný hřídel, který vychází rovnou do prostoru strojovny a tím jsou zjednodušeny převody. Často stačí jen řemenový převod a tak se celková účinnost vyrovnává vertikálnímu uložení.

Vlastní turbína je umístěna ve stěně turbínové kašny naplněné vodou. Její osa je dostatečně vysoko nad spodní vodou, aby nehrozilo zaplavení stroje. Voda vniká z kašny do regulovatelných rozváděcích lopatek po celém obvodu turbíny.[14]



Obr. 9 Schéma elektrárny s horizontálně uloženou Francisovou turbínou [14]

Vlastní turbína je umístěna na dně turbínové kašny naplněné vodou. Její hřídel vede svisle vzhůru do strojovny, která je dostatečně vysoko nad spodní vodou, aby nehrozilo její zaplavení. Voda vniká z kašny do regulovatelných rozváděcích lopatek po celém obvodu turbíny.[14]



Obr. 10 Schéma elektrárny s vertikálně uloženou Francisovou turbínou [14]

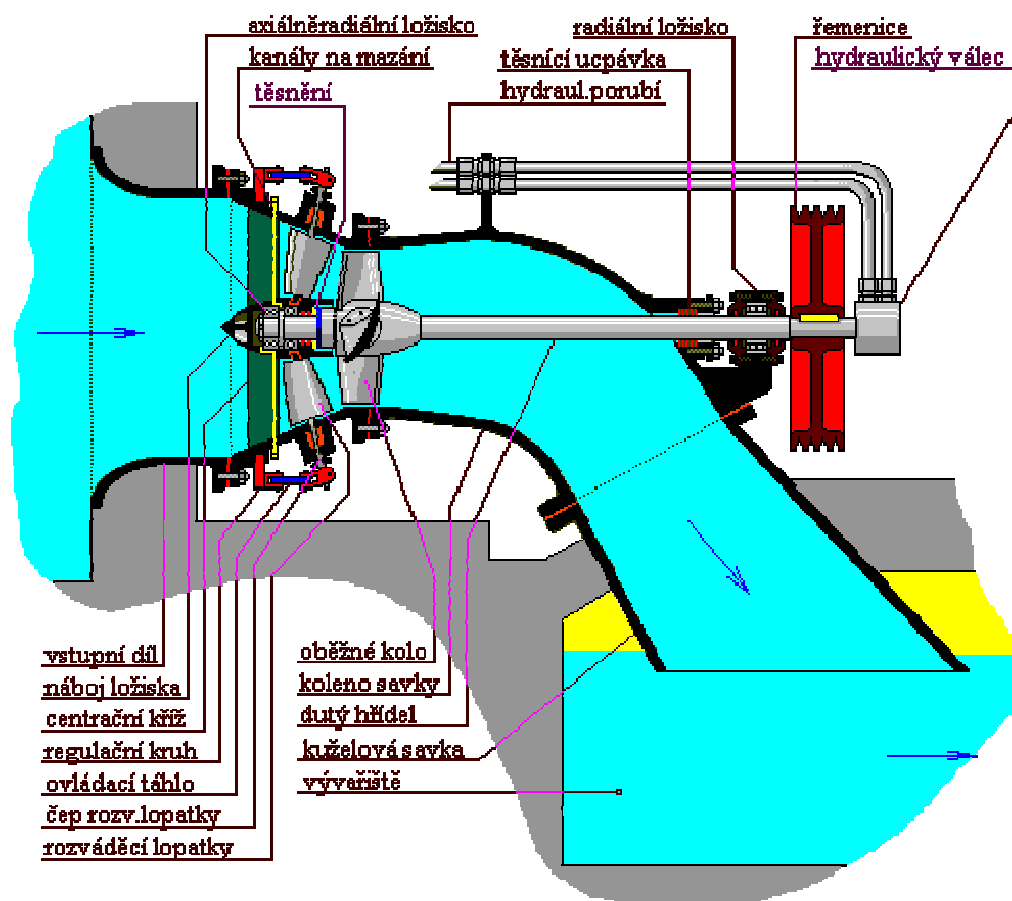
3.2.3. Kaplanova turbína

Přetlaková axiální turbína, kterou vynalezl profesor brněnské techniky Viktor Kaplan. Vhodná pro místa kde, není možné zajistit stálý spád nebo průtok, protože se dá velmi dobře regulovat. Regulace se provádí natáčením lopatek (3 až 10 lopatek).

Využívá se na spády od 1 do 70,5 metrů a průtoky od 0,15 až do několika desítek m^3/s . V porovnání s Francisovou turbínou má méně lopatek, u kterých se může regulovat náklon a tím má i vyšší účinnost. Za to je výrazně dražší a složitější. Obecně se dá říct, že se používá především na malých spádech při velkých průtocích, které nejsou konstantní. [15] V závislosti na rozdílu hladin jsou dva druhy kaplanovy turbíny přímoproudá horizontální a kašnová-vertikální.



Obr. 11 Kaplanova turbína [15]



Obr. 12 Schéma elektrárny s Kaplanovou turbínou [14]

3.2.4. Bánkiho turbína

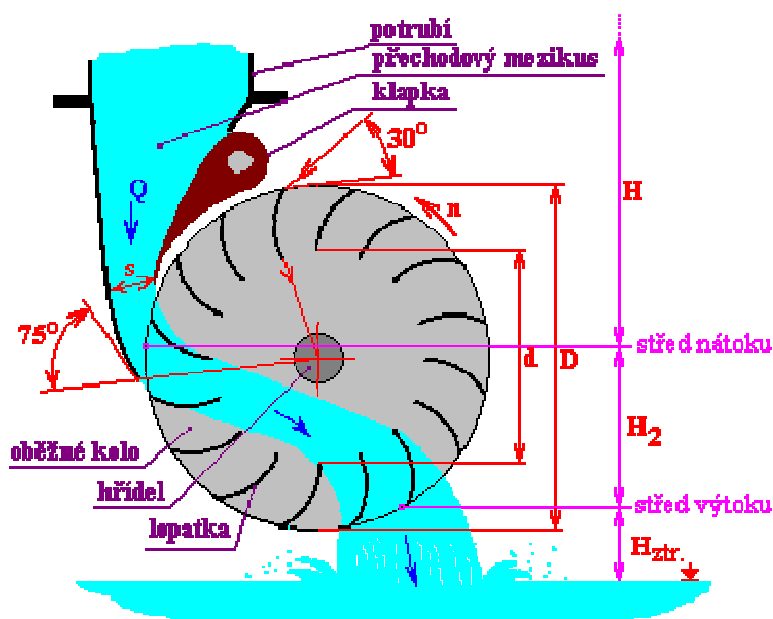
Rovnotlaká tangenciální turbína, kterou vynalezl Donát Bánki v roce 1917. Turbína má jednoduchou konstrukci a je levná, proto se využívá nejčastěji na MVE. Oběžné kolo tvoří

dvě kruhové desky, mezi kterými je velký počet jednoduchých lopatek. Dosahuje účinnosti 70 – 85 %.

Voda nejprve proudí kruhovým potrubím, těsně před turbínou se potrubí mění na obdélníkový průřez. U této turbíny předává voda svou energii oběžnému kolu nadvakrát. Nejprve při vstupu, kdy předá asi 79% celkové účinnosti a zbylých 21% když opouští oběžné kolo jak je vidět na obr.14.



Obr. 13 Bánkiho turbína [16]



Obr. 14 Schéma elektrárny s Bánkiho turínou [14]

4. Malá vodní elektrárna

Všechny elektrárny s instalovaným výkonem do 10 MW. MVE mají mnohonásobně větší dobu ekonomické životnosti, než je čas kdy se navrátí investované finance.

Jsou dva druhy MVE:

- Průtočné, které neovlivňují přirozený průtok
- Akumulační, které akumulují průtok ve vodní nádrži a odebírají z ní potřebné množství vody

Varianty dispozičního řešení MVE:

- Jezová nebo příjezová
- Přehradní
- Derivační k elektrárně je přivedena část vody z celkového průtoku (nesmí to být všechna kvůli vodním živočichům) náhonem a ta se pro průtok elektrárnou vrací zpět do původního toku

4.1. Základní pojmy a názvosloví

Pro navrhování, výstavbu, rekonstrukce a provoz malých vodních elektráren (MVE) existuje norma ČSN 73 68 81 – malé vodní elektrárny.

Z této normy vychází základní názvosloví a pojmy:

- Malými vodními elektrárnami jsou zdroje využívající vodní energii pro výrobu elektřiny o instalovaném výkonu do 10 MW.
- Základními parametry MVE je spád, průtok turbínami, instalovaný výkon MVE a průměrná roční výroba elektrické energie.
- Instalovaný výkon je součet jmenovitých činných výkonů všech soustrojí elektrárny.
- Dosažitelný výkon MVE je nejvyšší činný výkon, kterého MVE může dosáhnout při daném stavu všech zařízení a při provozních podmínkách.
- Využitelný průtok je maximální průtok, který je MVE schopna při příslušném spádu energeticky zpracovat.
- Celkový spád MVE je výškový rozdíl hladin před vtokem a před vyústěním odpadu za předpokladu nulového průtoku elektrárnou.
- Čistý (provozní) spád MVE je výškový rozdíl hladin před vtokovým objektem (vtokem turbíny) a před vyústěním odpadu (za savkou) zmenšený o ztráty v hydraulickém obvodu MVE.
- Hydraulický obvod MVE jsou všechny prostory protékané energeticky využívanou vodou od prvního příčného průřezu na vtokovém objektu do posledního příčného průřezu na výtoku MVE.[17]

4.2. Kriteria výběru lokality

Návrh MVE se projednává zpravidla z hlediska vodohospodářského, územně plánovacího a možnosti připojení na elektrizační soustavu.

Základními předpoklady pro posouzení efektivního řešení MVE, kromě vhodné dispozice lokality pro stavbu MVE, jsou:

- vyjasněné majetkoprávní vztahy k území,
- geodetické podklady,
- geologické podklady,
- hydrologické údaje o lokalitě od Českého hydrometeorologického úřadu (ČHMÚ),
- údaje o spádových poměrech na lokalitě,
- zásady technického řešení MVE vč. předběžného rozpočtu investice,
- případně projekt pro územní nebo stavební povolení,
- povolení s nakládání s vodami vč. schváleného MZP (minimálního zůstatkového průtoku),
- výpočet výroby elektřiny MVE provedený na základě hydrologických údajů lokality a v souladu s povolením s nakládání s vodami. Vypočtená hodnota pak je výchozí pro posouzení ekonomie MVE.[17]

5. Malá vodní elektrárna na Moravské Sázavě u Lanškrouna

Jedná se o malou vodní elektrárnu, která se nachází na 39,46. kilometru na Moravské Sázavě, která je stará více jak 25 let. Elektrárna je příjezová s náhonem o délce 60 metrů a odpadní kanál je dlouhý 50 metrů.

Na jezu byl obnoven vtok do bývalého náhonu, který se opatřil stavidlem a hrubou česlicí. Odpadní kanál o šířce 1,4 metru je sestaven z betonových panelů. Náhon je vybetonovaný, podle projektu měl být lichoběžníkový se 60° skosením, nakonec se ale z důvodu zjednodušení udělaly rovné stěny. Šířka náhonu je 1,4 metru. Celkový spád je 2,8 metru.



Obr. 15 Pohled na náhon se stavidlem



Obr. 16 Pohled na česlici

Náhon je ukončen kašnou zhotovenou z kamene a železobetonu. Vtok do kašny je opatřen usazovací nádrží, aby se písek a drobné předměty nedostali do turbíny. Usazovací nádrž je ukončena jemnými česlemi. Po straně koryta je umístěno stavidlo s přepadem do jalového splavu a vyústěním do spodního koryta, pro odtok přebytečné vody a pro vyčištění usazovací nádrže.

Základy kašny jsou zhotoveny z lomového kamene a betonu, ostatní zdivo je ze železobetonu. Ve dně jsou 2 otvory pro umístění turbín.

Kabinka nad kašnou je jednoduchá dřevěná stavba o rozměrech 3 x 4 metry a výška stavby nepřesahuje 3 metry nad upravený terén.

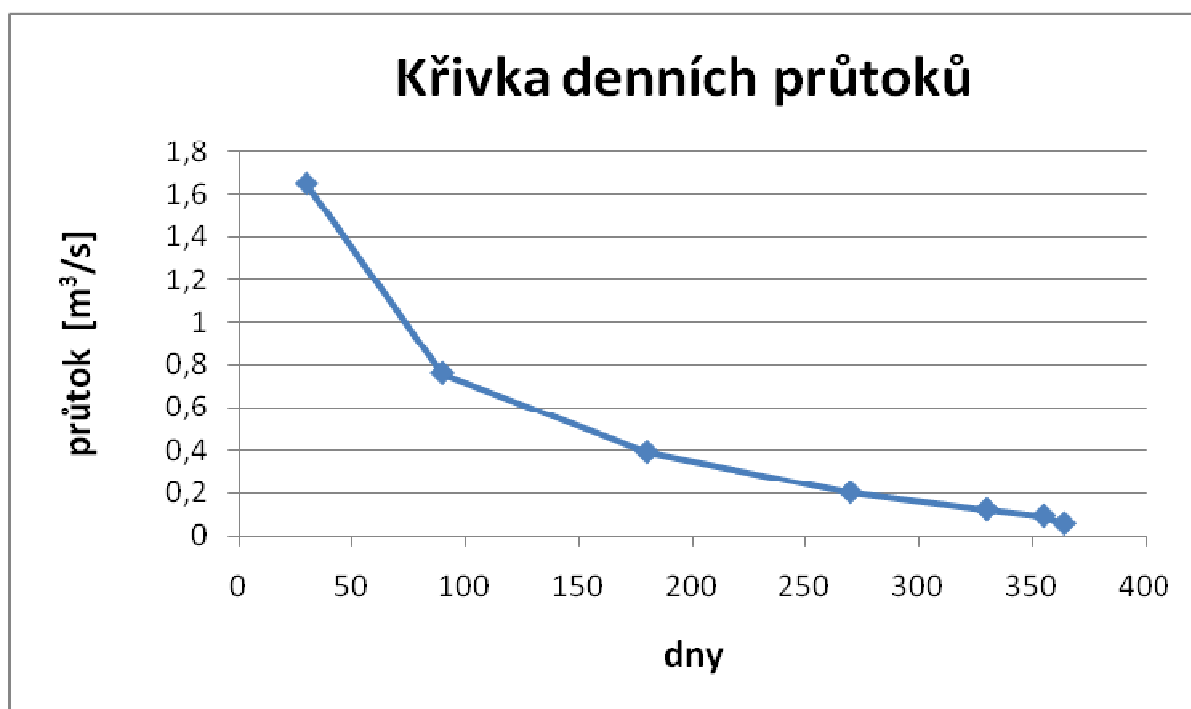


Obr. 17 Kabinka MVE

Aby elektrárna pracovala s největší účinností byly navrženy dvě odlišné Propelerovy turbíny. Obě turbíny si majitel vyrobil sám a jsou umístěny axiálně ve dně kašny. Propelerova turbína pracuje a je řešena obdobně jako Kaplanova turbína. Liší se pouze konstrukcí oběžného kola, které se nedá regulovat. Propelerova turbína má lopatky oběžného kola pevně přivařeny na náboj, Kaplanova je má naklápěcí a tím lze regulovat průtok vody.

Dnů	30	90	180	270	330	355	364
Průtok [m^3/s]	1,65	0,76	0,39	0,2	0,12	0,09	0,055

Tab. 2 Průtoky, překročené průměrně po určitou dobu dní



Obr. 18 Graf denních průtoků

První turbína je na velké průtoky od Q_{90} do Q_{180} jejíž průměr oběžného kola je 410 mm s výkonem 7,5 KW. Na průtoky menší než Q_{180} pak slouží menší turbína o průměru 300 mm a výkonu 4,5 KW.

Po dobu 90-ti dnů, kdy je největší průtok, pracují obě turbíny. Větší turbína pak dále samostatně pracuje dalších 90 dní, kdy je průtok menší, když klesne průtok pod $0,39 \text{ m}^3/\text{s}$ pracuje už jen menší turbína.

Období	Počet dní	Vyrobená energie za den	Celková energie za období
Leden - Duben	120	180 kWh/den	21 600 kWh
Květen	31	120 kWh/den	3 720 kWh
Červen – Zář	122	30 kWh/den	3 660 kWh
Říjen - Prosinec	92	70 kWh/den	6 440 kWh
Celkové množství vyrobené energie za rok			35 420 kWh

Tab. 3 Přibližná roční výroba MVE

K výrobě elektrické energie jsou použity klasické asynchronní motory v generátorovém režimu, které pracují při vyšších otáčkách než jsou synchronní. Synchronní otáčky motorů jsou 1000 ot/min, motor pracuje se skluzem, který způsobuje snížení otáček rotoru. Pokud je motor v generátorovém režimu musí být otáčky rotoru vyšší o daný skluz, tak aby se ve statoru vytvořilo točivé magnetické pole synchronních otáček. Tím je do sítě dodávána elektrická energie o frekvenci 50 Hz.

Generátory jsou uchyceny vertikálně na nosnících zabudovaných v betonové kašně. Převod z turbín je řešen klínovými řemeny, které jsou navrženy tak aby rotor dosáhl požadovaných otáček. Pro přenos daného výkonu jsou využity dva klínové řemeny o šířce 17 mm.

Po dobu 90-ti dnů, kdy je největší průtok, pracují obě turbíny. Větší turbína pak dále samostatně pracuje dalších 90 dní, kdy je průtok menší, když klesne průtok pod $0,39 \text{ m}^3/\text{s}$ pracuje už jen menší turbína.



Obr. 19 Turbína s generátorem

Po 25 letech provozu jsou turbíny značně zkorodované, v současné době již je jedna turbín zrenovovaná a druhá na svou obnovu teprve čeká.



Obr. 20 Pohled na turbíny po 25 letech ve vodě



Obr. 21 Turbína před renovací

6. Závěr

Bez elektrické energie už by si nikdo z nás svůj život ani nedokázal představit. Lidé ji však berou jako samozřejmost, její důležitost se ukáže až tehdy, když nefunguje. To se stává jen zřídka, nejčastěji při živelných pohromách. Ale co kdyby došla úplně? Zásoba fosilních paliv se pomalu, ale jistě zmenšuje. Naštěstí všechny vyspělé státy si toto plně uvědomují a snaží se energii získávat i jinak. Jedním z řešení je jaderná energetika, z té ale mají lidé strach a tak je důležitá i jiná varianta – obnovitelné zdroje.

Jsou státy jako je Norsko nebo Nový Zéland, kde je vysoký podíl energie z OZE. Je ale hodně států, které nemají dostatečné prostředky a především přírodní podmínky pro nezávislost na fosilních palivech. Mezi takové státy patří i ČR. Podle předpisu EU by se měl celkový podíl energie z obnovitelných zdrojů do roku 2020 zvýšit na 20%. ČR měla v plánu do roku 2010 zvýšit podíl OZE na 8%, ale toho se podle mnohých předpokladů nepodařilo dosáhnout. Je tedy také nereálné, aby se do roku 2020 podařilo dosáhnout požadovaných 20%.

V současné době má v ČR největší podíl na výrobě z obnovitelných zdrojů právě energie vody. A to i přes to, že většina řek u nás pramení a tudíž nemají tak velký průtok. Ale jak už bylo řečeno v úvodu, její rozvoj se už nadále nebude rapidně zvyšovat. Jejich podíl bude růst už jen v oblasti MVE, které mají také nemalý podíl na výrobě energie z OZE. Největší potenciál růstu má však energie biomasy, i když její výkupní cena není vysoká. Biomasa se pro energetické účely pěstuje už mnoho let. V současné době se začíná hojně pěstovat rychle rostoucí biomasa. Jako biomasa se také hojně využívají odpady např. zemědělské nebo z průmyslových či živočišných výrob.

Dle mého názoru se zvýší také počet slunečních elektráren a to především z důvodu, v dnešní době hodně diskutované, vysoké výkupní ceny. Jen v okruhu 10 km mého bydliště se za poslední rok postavily 2 sluneční elektrárny a třetí se staví.

Výstavbu velké vodní elektrárny obvykle doprovází značný zásah do krajiny. Velmi často je nutná výstavba přehradní hráze a tím i zatopení velké oblasti, mnohdy i celé vesnice. MVE se v řadě případů staví na místech bývalých mlýnů nebo vodních hamrů, po kterých se využívají především náhonové kanály nebo jezy. Tím se nejen zamezí dalším zásahům do krajiny a toku řeky, ale také se výrazně sníží náklady na výstavbu.

Při výstavbě MVE je třeba splnit tyto kroky. Poté co má budoucí majitel vyřízené všechny majetkové vztahy, musí mít projekt na výstavbu, kde jsou zohledněny nejdůležitější parametry, jakými jsou průtok a spád, podle kterých se volí nejideálnější typ turbíny. Každý vlastník se může rozhodnout, zda bude vyrobenou energii prodávat všem do sítě, nebo ji bude spotřebovávat sám a přebytek nabídne do sítě.

Shrnutí MVE na Moravské Sázavě. Tím, že elektrárna je již okolo 25 let stará, je výkupní cena společnosti ČEZ 1,83 Kč za 1 kWh. Roční tržby z provozu MVE jsou 1,83 Kč x 35 420 kWh = 64 818,6 Kč. Přibližně po dvaceti letech provozu jsou zapotřebí nové turbíny, generátory a automatika. Předpokládané náklady jsou 900 000 Kč. Po rekonstrukci se zvedne výkupní cena ČEZ na 2,35 Kč za 1 kWh. Rekonstrukce se tedy zaplatí přibližně za dalších 11 let provozu.

7. Použité zdroje

Použitá knižní literatura

[1] *Obnovitelné zdroje energie a skupina ČEZ*. [s.l.] : [s.n.], [200?]. 43 s.

Použité internetové WWW stránky:

[2] Elektrick%C3%A1 energie In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 8.2.2005, 25.1.2010 [cit. 2010-03-20]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%A1_energie>.

[3] Neobnoviteln%C3%BD zdroj energie In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 28.11.2004, 24.3.2010 [cit. 2010-03-20]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Neobnoviteln%C3%BD_zdroj_energie>.

[4] Obnoviteln%C3%BD zdroj energie In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 5.10.2004, 26.4.2010 [cit. 2010-03-20]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Obnoviteln%C3%BD_zdroj_energie>.

[5] *Sbírka zákonů* [online]. 1992 [cit. 2010-03-20]. Sbírka zákonů. Dostupné z WWW: <<http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/1992/sb004-92.pdf>>.

[6] *Vodni-vetrne-elektrarny* [online]. 2009 [cit. 2010-03-28]. Vodni-vetrne-elektrarny. Dostupné z WWW: <<http://www.vodni-vetrne-elektrarny.cz/cz/images/vetrna-elektrarna-schema.jpg>>.

[7] Slune%C4%8Dn%C3%AD energie#Dopad slune.C4.8Dn.C3.AD energie na Zemi In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 24.3.2005, 11.4.2010 [cit. 2010-04-11]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Slune%C4%8Dn%C3%AD_energie#Dopad_slune.C4.8Dn.C3.AD_energie_na_Zemi>.

[8] *Co je biomasa a jak se s ní topí* [online]. 8.4.2009 [cit. 2010-04-11]. Co je biomasa a jak se s ní topí. Dostupné z WWW: <http://hobby.idnes.cz/co-je-biomasa-a-jak-se-s-ni-topi-manual-nejen-pro-katerinu-jacques-pww-/hobby-domov.asp?c=A090407_171941_hobby-domov_mce>.

[9] *Energie z biomasy* [online]. [200?] [cit. 2010-04-11]. Energie z biomasy. Dostupné z WWW: <<http://www.spvez.cz/pages/biomasa.htm>>.

[10] Tepeln%C3%A9 %C4%8Derpadlo In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 15.2.2007, 21.4.2010 [cit. 2010-04-21]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%A9_%C4%8Derpadlo>.

[11] Vodn%C3%AD turb%C3%ADna In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 26.9.2004, 11.12.2009 [cit. 2010-04-21]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%AD_turb%C3%ADna>.

- [12] Peltonova turb%C3%ADna In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 20.11.2006, 15.4.2010 [cit. 2010-04-21]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Peltonova_turb%C3%ADna>.
- [13] Francisova turb%C3%ADna In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 20.11.2006, 30.1.2010 [cit. 2010-04-26]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Fancisova_turb%C3%ADna>.
- [14] *Abeceda malých vodních pohonů* [online]. [200?] [cit. 2010-04-26]. Abeceda malých vodních pohonů. Dostupné z WWW: <<http://mve.energetika.cz/>>.
- [15] Kaplanova turb%C3%ADna In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 26.9.2004, 24.4.2010 [cit. 2010-04-26]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Kaplanova_turb%C3%ADna>.
- [16] *Vodni-elektrarny* [online]. 2009 [cit. 2010-05-02]. Vodni-elektrarny. Dostupné z WWW: <http://www.vodni-elektrarny.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=54&Itemid=67>.
- [17] *Spvez* [online]. [200?] [cit. 2010-05-3]. Spvez. Dostupné z WWW: <<http://www.spvez.cz/pages/voda.htm>>.

8. Seznam

8.1. Použitých zkratk a symbolů

EU – Evropská unie
OZE – Obnovitelný zdroj energie
MVE – Malá vodní elektrárna
VVE – Velká vodní elektrárna
ČR – Česká republika
 Q_{90} – Průtok po dobu 90-ti dnů
 Q_{180} – Průtok po dobu 180-ti dnů

8.2. Obrázků

Obr. 1 Schéma větrné elektrárny [6]	3
Obr. 2 Osudy sluneční energie na zemi [1]	4
Obr. 3 Princip tepelného čerpadla [10].....	6
Obr. 4 Charakteristiky základních turbín [12].....	7
Obr. 5 Oběžné kolo peltonovy turbíny [14]	8
Obr. 6 Lžicovitá lopatka [14]	8
Obr. 7 Schéma elektrárny s Peltonovou turbínou [14].....	8
Obr. 8 Francisova turbína [13]	8
Obr. 9 Schéma elektrárny s horizontálně uloženou Francisovou turbínou [14].....	9
Obr. 10 Schéma elektrárny s vertikálně uloženou Francisovou turbínou [14]....	10
Obr. 11 Kaplanova turbína [15]	11
Obr. 12 Schéma elektrárny s Kaplanovou turbínou [14].....	11
Obr. 13 Bánkiho turbína [16]	12
Obr. 14 Schéma elektrárny s Bánkiho turínou [14].....	12
Obr. 15 Pohled na náhon se stavidlem	14
Obr. 16 Pohled na česlici.....	14
Obr. 17 Kabinka MVE	14
Obr. 18 Graf denních průtoků	15
Obr. 19 Turbína s generátorem.....	16
Obr. 20 Pohled na turbíny po 25 letech ve vodě	16
Obr. 21 Turbína před renovací	16

8.3. Tabulek

Tab. 1 Výhřevnost závislá na vlhkosti biomasy [9]	6
Tab. 2 Průtoky, překročené průměrně po dobu	15
Tab. 3 Přibližná roční výroba MVE	15