

11. Obnovitelné zdroje energie, energie vody a větru

11.1 Obnovitelný a neobnovitelný zdroj energie

K velkým problémům lidstva v současné době patří zajišťování jeho energetických potřeb. Energetická potřeba lidstva přitom stále narůstá. Je to dáno mnoha faktory, např. stoupajícím počtem obyvatel na Zemi, rostoucími požadavky lidí apod. Vyrůstající spotřeba energie je ale v protikladu se stále se vyčerpávajícími zdroji primární energie, ke kterým patří jednak vyčerpatelné (tj. neobnovitelné) a obnovitelné zdroje energie. Kromě primárních zdrojů energie existují tzv. druhotné zdroje energie, které vznikají důsledkem spotřeby paliv a energie v technologických zařízeních, ve kterých se nevyužijí beze zbytku. Tato zařízení nejsou úplně dokonalá a pracují tedy s určitou účinností. Jako druhotný zdroj energie může být energie chemická, tlaková nebo tepelná.

Neobnovitelný zdroj energie je takový zdroj energie, jehož vyčerpání je očekáváno v horizontu maximálně stovek let a jeho případné obnovení by trvalo podstatně déle. K typickým příkladům neobnovitelných zdrojů energie patří fosilní paliva, tzn. uhlí, ropa, zemní plyn a uran.

Neobnovitelný zdroj energie je zdroj energie, který bude vyčerpán v horizontu maximálně stovek let a jeho případné obnovení by trvalo podstatně déle. Mezi neobnovitelné zdroje energie patří uhlí, ropa, zemní plyn a jaderná energie.

Zásoby neobnovitelných zdrojů budou v relativně krátké době zcela vyčerpány. Dobu jejich vyčerpání nelze přesně stanovit, závisí to na mnoha faktorech, zejména na energetických úsporách (např. technologických zařízení a budov), nalezení případných nových nalezišť neobnovitelných zdrojů, nárocích lidí z hlediska spotřeby energie apod. Kromě toho využívání energie fosilních paliv má negativní vliv na naše životní prostředí (např. znečištění vod a ovzduší, skleníkový efekt a různé nemoci), jejich cena z dlouhodobého hlediska všeobecně vzrůstá apod. Skleníkový efekt souvisí s oteplováním naší planety. Princip skleníkového efektu je znázorněn na obr. 11.1. Část (tj. 30 %) vysílaného slunečního záření se nejprve odráží zpět do vesmíru, a sice 20 % od mraků, 6 % od atmosféry a 4 % od zemského povrchu. Zbýlých 70 % je pohlceno, z toho 16 % atmosférou, 3 % mraky a 51 % zemským povrchem. V důsledku toho dochází k ohřevu zemského povrchu, který vyzařuje dlouhovlnné infračervené záření. Toto záření se ale jen zčásti dostane zpět do vesmíru. Část infračerveného záření je totiž pohlcována tzv. skleníkovými plyny, ke kterým patří zejména vodní páry, dále oxid uhličitý, metan, oxid dusný a ozón. Důsledkem toho pak dochází k oteplování naší planety. Z těchto důvodů je třeba klást velký důraz na snižování spotřeby energie fosilních paliv a využívání obnovitelných zdrojů energie.

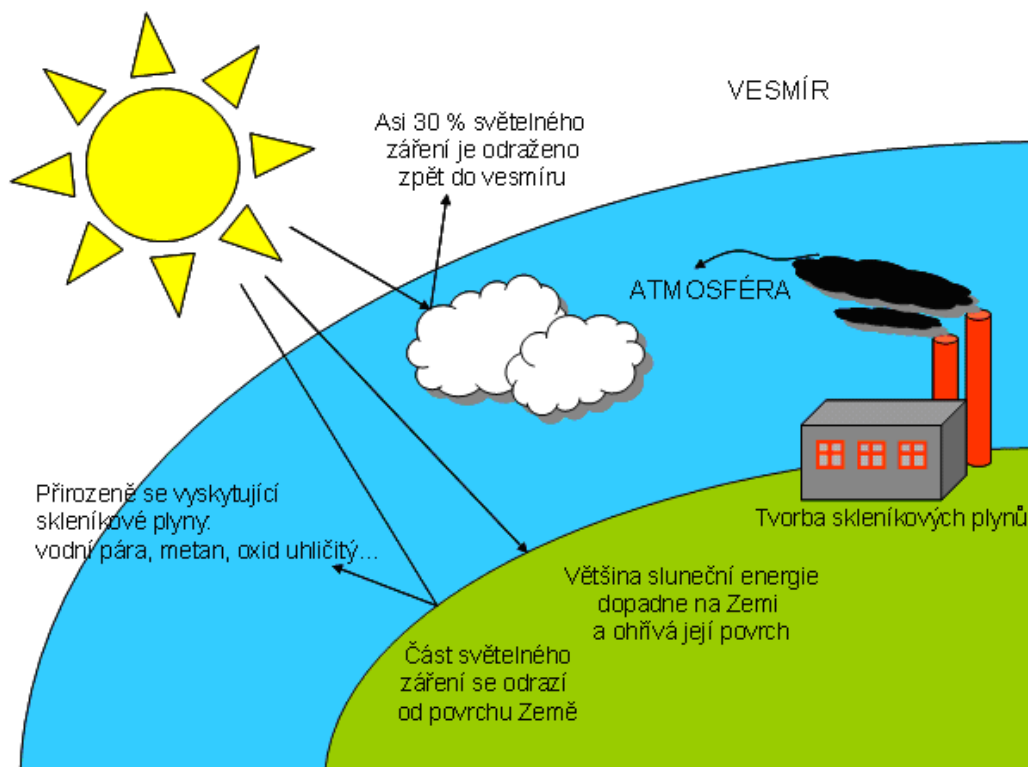
Obnovitelný zdroj energie je takový zdroj energie, v jehož čerpání lze teoreticky pokračovat další tisíce až miliardy let. Mezi obnovitelné zdroje energie patří energie sluneční a z jejího působení sekundární zdroje energie, tzn. energie vody, moří, větru, biomasy a geotermální energie.

Obnovitelný zdroj energie je zdroj energie, jehož čerpání je možné další tisíce až miliardy let. Mezi obnovitelné zdroje energie patří sluneční energie, energie vody, moří, větru, biomasy a geotermální energie.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 11.1: Princip skleníkového efektu

11.2 Vodní energie

Využití vodní energie patří k jednomu z nejstarších způsobů získávání energie pro potřeby člověka. Vodní energie patří ke stále se obnovujícím obnovitelným zdrojům z důvodu neustálého koloběhu vody v přírodě. Nejprve voda stéká z vyšších nadmořských výšek a přitom postupně uvolňuje svou potenciální energii. Po vyčerpání energie se vrací do moří, kde je nejnižší potenciální energie vody. Původní energii získá voda působením slunečního záření, jehož důsledkem dochází k vypařování vody. Voda se následně ve formě deště nebo sněhu vrací zpět do míst s vyšší potenciální energií a tento koloběh se pravidelně opakuje.

U vody lze využít její potenciální a kinetickou energii k přímě výrobě elektrické energie nebo k pohonu technologických zařízení. V podmínkách České republiky se využívá energie vody především ve vodních elektrárnách, jejichž základním prvkem jsou vodní turbíny. Kromě toho lze využít energii vody v oceánech a mořích, kde dochází k pohybu vodních částic ve formě vlnění. Toto vlnění může být způsobené např. větrem, přitažlivostí Slunce a Měsíce spolu se zemskou rotací (tzv. slapová energie ve formě přílivu a odlivu) a podmořským zemětřesením (tzv. tsunami).

11.2.1 Vodní elektrárny

Vodní elektrárny jsou hydrodynamická díla, která se používají k transformaci energie vody především v elektrickou energii. Hlavní součástí vodní elektrárny je vodní turbína. Voda způsobí otáčení rotoru turbíny a otáčející se turbína pohání rotor elektrického generátoru. Konečným produktem je vyrobená elektrická energie, která se dále odvádí rozvodnou elektrickou sítí ke spotřebitelům. K dalším součástem vodních elektráren patří hráz nebo jez pro zadržování vody, vodní přivaděče aj.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vodní elektrárny jsou hydrodynamická energetická zařízení sloužící k transformaci vodní energie zejména na elektrickou energii.

Vodní elektrárny se rozdělují podle několika hledisek. Z hlediska jejich funkce se dělí vodní elektrárny na:

- průtočné – pracující bez akumulčního prostoru a jejich výkon je závislý na aktuálních průtokových poměrech toku,
- špičkové – pracující s akumulční nádrží pouze v době špičkového zatížení jen několik hodin denně,
- přečerpávací – pracující ve dvou režimech. V době špičkového zatížení pracují v turbínovém provozu. Naopak v době nízkého odběru elektrické energie (např. v noci) pracují v čerpacím režimu. Přečerpávací elektrárny pracují mezi dvěma akumulčními nádržemi (horní je na kopci, dolní v údolí).

Z hlediska velikosti spádu H mohou být vodní elektrárny:

- nízkotlaké – pracující se spádem $H < 20$ m,
- středotlaké – pracující se spádem $H = \langle 20, 100 \rangle$ m,
- vysokotlaké – pracující se spádem $H > 100$ m.

Vodní elektrárna	Instalovaný výkon P [MW]	Rok uvedení posledního bloku do provozu
Lipno I	120	1959
Lipno II	1,5	1957
Orlík	364	1962
Kamýk	40	1961
Slapy	144	1955
Štěchovice I	22,5	1944
Štěchovice II	45	1948
Vrané	13,9	1936
Střekov	19,5	1936
Nechranice	10	1968
Brněnská přehrada	3,1	1941
Spytihněv	2,6	1951
Pastviny	3	1938
Slezská Harta	3,1	1998
Dalešice	480	1978
Dlouhé Stráně I	650	1996
Dlouhé Stráně II	0,16	2000

Tab. 11.1: Příklady vodních elektráren v České republice

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Dalším hlediskem je rozdělení vodních elektráren podle velikosti jejich instalovaného výkonu P na:

- malé vodní elektrárny (MVE) – s výkonem $P < 10$ MW,
- střední – s výkonem od 10 MW do 100 MW,
- velké elektrárny (VE) – s výkonem s výkonem $P > 100$ MW.

Malé vodní elektrárny se z hlediska instalovaného výkonu dále dělí na:

- mikro zdroje – s výkonem $P < 35$ kW,
- drobné – s výkonem od 35 kW do 100 kW,
- závodní (resp. veřejné) – s výkonem od 100 kW do 1000 kW,
- průmyslové – s výkonem od 1 MW do 10 MW.

Některé příklady vodních elektráren pracujících na území České republiky, jejich instalovaného výkonu a roku uvedení do provozu jsou uvedeny v tab. 11.1.

11.2.2 Vodní turbíny

Vodní turbíny, jejichž předchůdcem byla vodní kola, jsou zařízení, která se používají k transformaci kinetické a potenciální tlakové energie vody na mechanickou energii. Tuto mechanickou energii lze dále transformovat na elektrickou energii pomocí elektrického generátoru nebo využít k pohonu technologických zařízení (např. mlýnů). Zatímco účinnost vodních kol je přibližně 30 %, u vodních turbín lze dosáhnout účinnosti až 90 %.

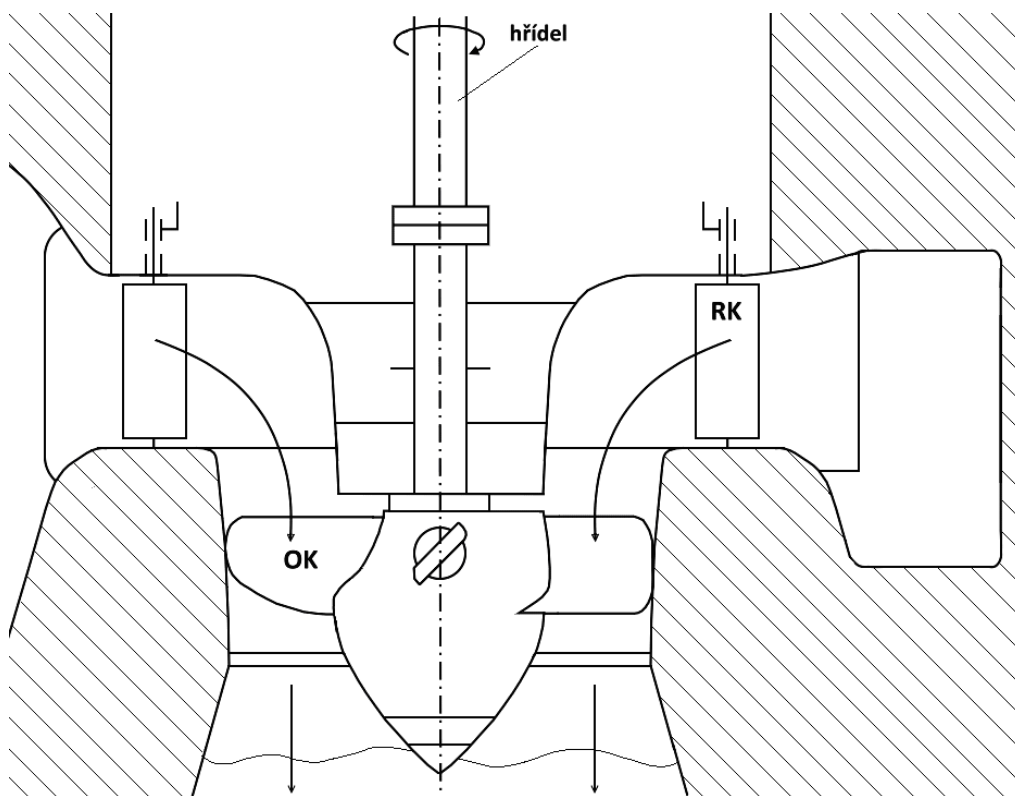
Vodní turbíny jsou proudové motory, které se používají k transformaci kinetické a tlakové energie vody na mechanickou energii.

Schématické znázornění principu činnosti vodní turbíny (v tomto případě se jedná o Kaplanovu turbínu) je znázorněno na obr. 11.2. Základním prvkem vodních turbín je oběžné kolo OK s lopatkami. Voda je přiváděna vhodným přivaděčem k tomuto kolu. Na jedné straně OK voda do lopatek vstupuje, na druhé straně vychází. Většina vodních turbín je před vstupem do OK opatřena rozváděcím kolem RK, které slouží k tomu, aby voda dopadala na lopatky OK v optimálním směru. Je tedy zřejmé, že lopatky obou kol musí být vhodně tvarované, aby bylo dosaženo vysoké účinnosti. Tvary lopatek se stanoví pomocí hydrodynamických výpočtů nebo modelů. Rozváděcí kolo bývá v některých případech nahrazeno několika tryskami (jako je to typické u Peltonových turbín) nebo regulační klapkou pro regulaci průtoku v přítoku vody (viz Bánkiho turbína na obr. 11.3). Dopadající voda na OK způsobí uvedení tohoto kola do rotačního mechanického pohybu společně s hřídelí, na které je toto kolo uloženo. Tento hřídel pak může přímo pohánět pracovní mechanismus nebo rotor elektrického generátoru EG pro výrobu elektrické energie. Voda za OK odtéká odpadním kanálem z vodní turbíny.

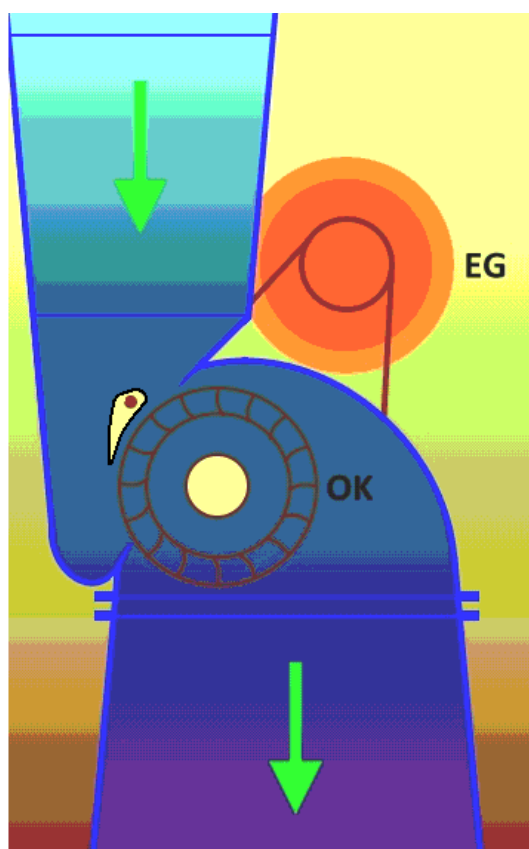
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 11.2: Schéma principu činnosti Kaplanovy turbíny.



Obr. 11.3: Schéma soustrojí s Bánkiho turbínou.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Výkon na hřídeli vodní turbíny P [kW] je dán vztahem:

$$P = k \cdot Q \cdot H, \quad (11.1)$$

kde Q [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] je průtok a H [m] – čistý spád a k [-] – bezrozměrná konstanta, jejíž velikost je závislá na účinnosti soustrojí a technické úrovni dané technologie (pro malé vodní elektrárny $k = 5 \div 7$, pro střední a velké vodní elektrárny $k = 8,0 \div 8,5$).

U vodních turbín existují dva druhy spádu:

- hrubý – daný rozdílem hladin vody v horní a dolní nádrži,
- čistý – využitelný vodní turbínou. Vznikne odečtením hydraulických ztrát (např. v česlích, příváděcím kanále a potrubí) od hrubého spádu.

Účinnost vodní turbíny není konstantní a závisí na velikosti aktuálního průtoku vzhledem ke jmenovitému průtoku, na který je daná turbína konstruována. Účinnost vodní turbíny všeobecně klesá se snižujícím se průtokem.

Vodní turbíny se rozdělují podle několika hledisek. Podle způsobu transformace energie mohou být vodní turbíny:

- rovnotlaké – využívající v rotoru oběžného kola pouze kinetickou energii při konstantním tlaku (typickým příkladem je Peltonova turbína),
- přetlakové – využívající v rotoru oběžného kola kinetickou i tlakovou energii (např. Kaplanova a Francisova turbína).

Podle směru proudění kapaliny se dělí vodní turbíny na:

- axiální
- radiální
- radiaxiální
- diagonální
- tangenciální
- s šikmým průtokem
- s dvojnásobným průtokem

Podle uspořádání mohou být vodní turbíny:

- horizontální
- vertikální
- šikmé

Vodní turbíny se dále dělí podle velikosti spádu, otáček, možnosti natáčení lopatek rozváděcího a oběžného kola apod.

Jednotlivé typy vodních turbín lze použít pro určité spády a průtoky. V podmínkách České republiky se používají zejména Kaplanovy turbíny, které jsou konstruovány pro malé spády od 1 m do 20 m a pro poměrně velký rozsah průtoků (od 0,15 m^3/s až do několika desítek m^3/s). Francisovy turbíny se používají pro podobné průtoky jako Kaplanovy turbíny, ale pro větší spády. Pro největší spády (od 30 m až do cca 200 m) a malé průtoky (již od 10 l/s) se používají Peltonovy turbíny. Bánkiho turbíny se používají pro menší spády (od 5 m do 60 m) i průtoky (od 10 l/s do 900 l/s).

11.2.3 Výhody a nevýhody vodních elektráren

Kromě toho, že energie vody patří k obnovitelným zdrojům energie, má využívání vodních elektráren k výrobě elektrické energie další výhody, ke kterým patří např. nízké provozní náklady, dlouhá životnost, nízké nároky na obsluhu a údržbu, zanedbatelné znečišťování okolního prostředí a možnost pokrytí špičkových odběrů elektrické energie. K nevýhodám

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

patří závislost provozu vodních elektráren na stabilním průtoku vody, poměrně vysoké investiční náklady, doba výstavby vodního díla, nutnost zatopení velkého území apod.

11.3 Větrná energie

Vítr vzniká jako důsledek nerovnoměrného ohřevu zemského povrchu slunečním zářením. Od ohřátého zemského povrchu se ohřívá i přilehlá vzduchová vrstva. Protože teplý vzduch má nižší měrnou hmotnost než studený vzduch, má snahu stoupat směrem vzhůru. Tento děj je ovlivněn střídáním dne a noci a rotací Země. Tímto způsobem vznikají v atmosféře tlakové rozdíly, a sice tlakové níže a tlakové výše. Vyrovnáním tlakových rozdílů pak vzniká vítr, který proudí od tlakové výše k tlakové níži.

Energie větru začala být využívána pomocí větrných mlýnů již v 7. st. př. n. l. Byla využita zejména k mletí obilí a čerpání vod. Dále se dá využít energie větru pomocí plachtových nebo farmářských kol, zejména za účelem čerpání vod. V současné době se používají větrné motory k výrobě elektrické energie. Nejvíce se používají větrné motory vrtulového typu, dále se používají větrné motory typu Savonius a Darrieus.

Větrné motory jsou zařízení sloužící k přeměně kinetické energie větru na mechanickou energii. Jsou základním prvkem větrných elektráren, které mechanickou energii získanou větrným motorem dále transformují v elektrickou energii.

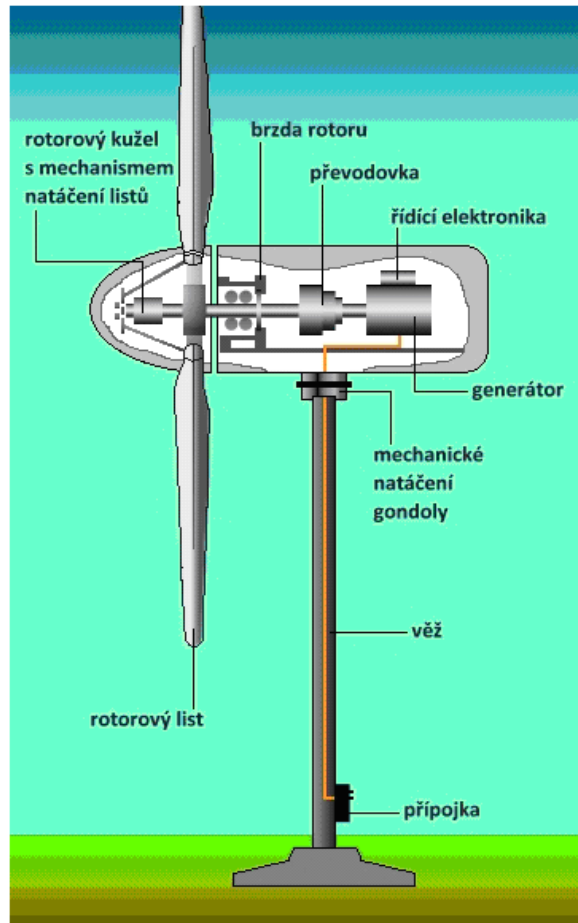
Větrné motory jsou zařízení, které se používají k přeměně kinetické energie větru na mechanickou energii. Ve větrných elektrárnách se nejprve kinetická energie větru přeměňuje v mechanickou energii, která je následně transformována v elektrickou energii.

Schématické znázornění nejvíce používaných větrných elektráren s větrným motorem vrtulového typu pracujícím na vztlakovém principu je znázorněno na obr. 11.4. Na vrcholu věže větrné elektrárny se nachází těleso gondoly, které se automaticky natáčí vzhledem ke směru proudění větru. Základním prvkem elektrárny je větrný motor s vhodně tvarovanými rotorovými listy, které jsou důsledkem proudění větru uváděny do rotačního pohybu. V gondole je uložen generátor s převodovkou, který transformuje mechanickou energii v elektrickou energii. Ta je následně rozváděna do elektrické sítě. Součástí elektrárny je rovněž brzda rotoru, která odstaví větrnou elektrárnu v případě, kdy hrozí nebezpečí její havárie (např. při velmi vysokých rychlostech proudění větru, námraze nebo přehřátí ložiska a vinutí generátoru). Při malých výkonech (do 5 kW) se používají stejnosměrné generátory nebo generátory s permanentními magnety, při vyšších výkonech se používají generátory na střídavý proud.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 11.4: Schéma vzlakové větrné elektrárny vrtulového typu.

11.3.1 Účinnost idealizovaného větrného motoru

Idealizovaný větrný motor si lze představit jako tenký rovinný disk o účinném průřezu S , který je kolmý ke směru rychlosti v dopadajícího vzduchu s hustotou ρ . Daleko za motorem proudí vzduch rychlostí v' , která je menší než vstupní rychlost v z důvodu přeměny části kinetické energie proudícího vzduchu na mechanickou energii ve větrném motoru. Proudící vzduch bez přítomnosti větrného motoru přenáší výkon:

$$P_0 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^3. \quad (11.2)$$

Ze zákona zachování energie a ze zákona zachování hybnosti lze stanovit příkon dodávaný větrnému motoru:

$$P = \frac{1}{4} \cdot \rho \cdot S \cdot (v + v') \cdot (v^2 - v'^2). \quad (11.3)$$

Z výše uvedené rovnice je zřejmé, že velikost příkonu je závislá na vzájemném poměru rychlostí v a v' . Velikost optimálního poměru těchto rychlostí pro dosažení maximálního příkonu se stanoví z podmínky:

$$\frac{dP}{dv'} = 0. \quad (11.4)$$

Provedením derivace rovnice (11.4) se stanoví optimální poměr rychlostí:

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky



$$\frac{v}{v'} = 3, \quad (11.5)$$

po jehož dosazení do rovnice (11.3) lze stanovit maximální možný příkon dodávaný větrnému motoru:

$$P_{\max} = \frac{8}{27} \cdot \rho \cdot S \cdot v^3. \quad (11.6)$$

Při menším i vyšším poměru rychlostí, než jak je uvedeno v rovnici (11.5), jsou hodnoty dodávaných příkonů větrnému motoru menší než maximální možná hodnota ($P < P_{\max}$).

Účinnost η idealizovaného větrného motoru je potom dána poměrem maximálního příkonu k výkonu proudícího vzduchu:

$$\eta = \frac{P_{\max}}{P_0} = \frac{16}{27} = 0,5926. \quad (11.7)$$

Z výše uvedené rovnice je zřejmé, že teoreticky dosažitelná účinnost idealizovaného větrného motoru je 59,26 %. Tato hranice účinnosti u větrných motorů se nazývá Betzova mez. Skutečná účinnost větrných motorů je nižší, např. z důvodu třecích ztrát v mechanismu uložení a víření větru.

Idealizované větrné motory dosahují maximální účinnosti $\eta_{\max} = 59,26$ %. Tato hranice účinnosti se nazývá Betzova mez. Skutečná účinnost větrných motorů je nižší z důvodu dalších energetických ztrát.

11.3.2 Rozdělení větrných elektráren

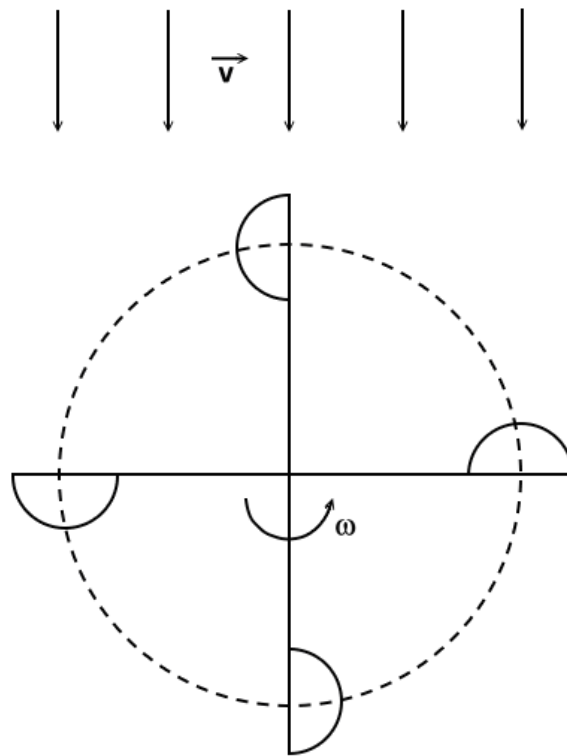
Existuje několik kritérií, podle kterých se dělí větrné elektrárny. Nejdůležitějším kritériem je aerodynamický princip, podle kterého mohou větrné motory pracovat na odporovém nebo vztlakovém principu.

Větrné motory pracující na odporovém principu patří mezi nejstarší typy. Podstatou těchto motorů je skutečnost, že plocha nastavená proti větru mu vytváří aerodynamický odpor. Tím se na této ploše vytváří síla která se mechanicky přeměňuje na jiný (obvykle rotační pohyb). Typickým příkladem větrných motorů pracujících na odporovém principu je mističkový anemometr (viz obr. 11.5), po jehož obvodu jsou rovnoměrně umístěny mističky (3 nebo 4) ve tvaru polokoule. Mistička orientovaná svou dutinou proti směru proudění větru mu klade podstatně větší odpor (asi 3,5 krát) než mistička nastavená proti větru svou vypuklou částí. Tímto způsobem vzniká moment sil, který uvádí rotor motoru do otáčivého pohybu úhlovou rychlostí ω . Na podobném principu je založen Savoniův větrný motor, u něhož jsou polokulové mističky nahrazeny dvěma poloválčovými plochami (viz obr. 11.6). Další příklady větrných motorů pracujících na odporovém principu jsou znázorněny na obr. 11.7. Nevýhodou větrných motorů odporového typu je jejich velmi nízká účinnost (maximálně kolem 20 %).

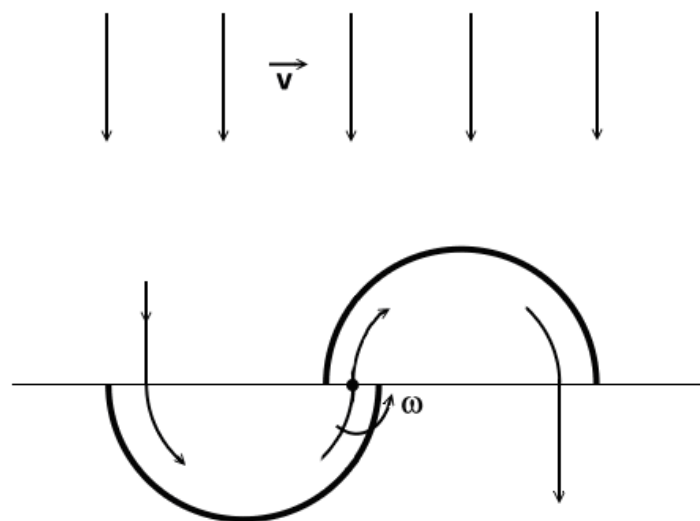
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 11.5: Mističkový anemometr.

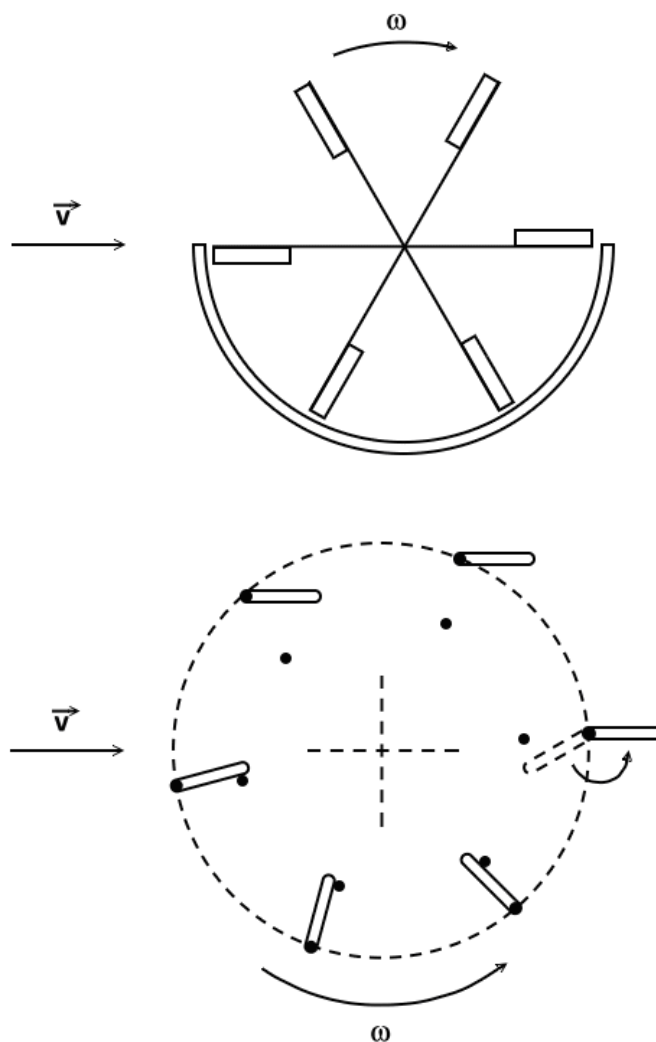


Obr. 11.6: Savoniův větrný motor.

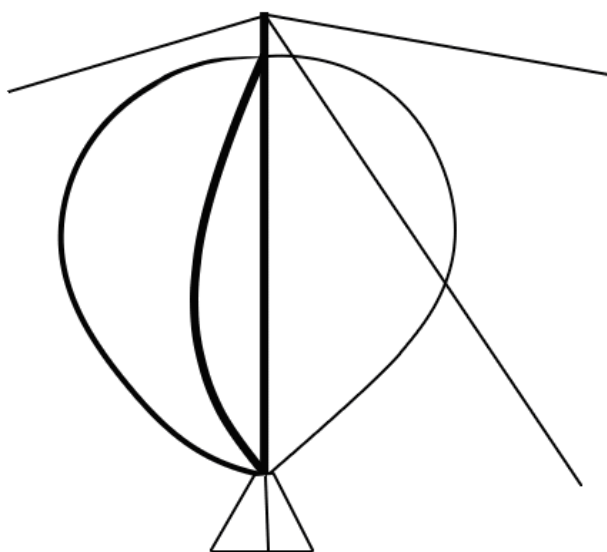
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 11.7: Větrné motory pracující na odporovém principu.



Obr. 11.8: Větrné motor typu Darrieus.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podstatně vyšší účinnosti (až 45 %) lze dosáhnout u větrných motorů pracujících na vztlakovém principu, ke kterým patří zejména vrtulové motory (viz obr. 11.4) a také motory typu Darrius (viz obr. 11.8) s vertikální osou a několika listy (2 ÷ 4) rozmístěnými po obvodu. Vztlakový princip větrných motorů je vysvětlen na obr. 11.9. Profil listu musí být na rotoru motoru umístěn tak, aby byl proti větru otočen svou spodní stranou. Při správném nastavení je list vrtule obtékán proudem vzduchu takovým způsobem, že nad horní stranou profilu dochází ke zhušťování proudnic a v důsledku toho vzrůstá rychlost proudění vzduchu. Naopak na spodní straně profilu jsou proudnice od sebe více rozestoupeny a klesá rychlost proudění vzduchu. Na základě aplikace Bernoulliho rovnice při proudění tekutin dochází v místech s větší rychlostí proudění vzduchu k poklesu statického tlaku (tj. podtlak) a v místech s menší rychlostí proudění vzduchu k vzestupu statického tlaku (tj. přetlak). Působením tlaků na horní a dolní stranu profilu vzniká síla F . Tato síla se dělí na odporovou složku F_x působící ve směru proudění vzduchu o rychlosti v a vztakovou složku F_y působící kolmo vůči směru proudění vzduchu. Její velikost je dána rovnicí:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} . \quad (11.8)$$

Pro odporovou a vztakovou složku platí rovnice:

$$F_x = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot c_x \cdot S \cdot v^2 , \quad (11.9)$$

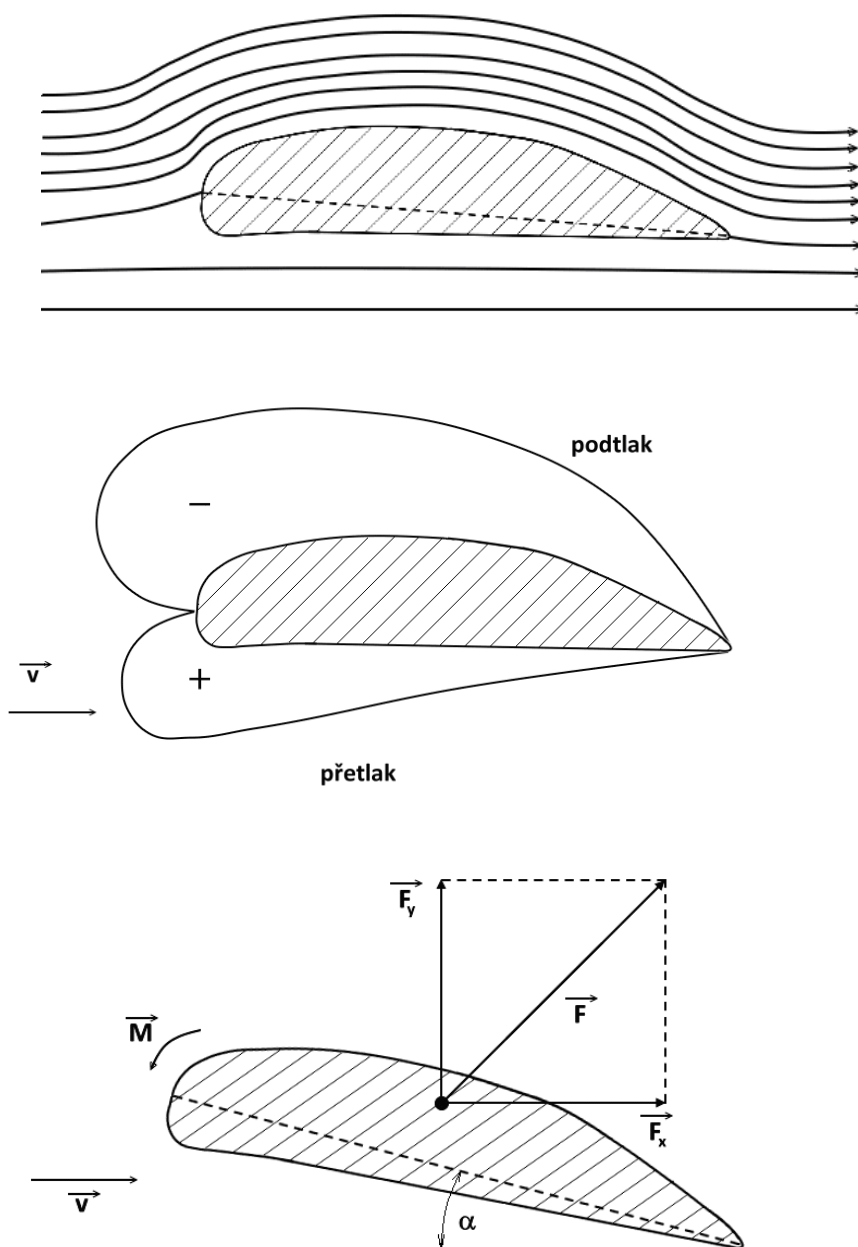
$$F_y = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot c_y \cdot S \cdot v^2 , \quad (11.10)$$

kde S je plocha křídla daná součinem délky křídla a délky tětivy jeho profilu, c_x – součinitel odporu a c_y – součinitel vztlaku. Velikost součinitelů odporu a vztlaku závisí na geometrii profilu a jeho úhlu nastavení α .

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 11.9: Vztlakový princip větrných motorů.

Kromě aerodynamického hlediska, které rozděluje větrné motory pracující na odporovém a vztlakovém principu, existuje ještě několik dalších kritérií rozdělení větrných motorů. Větrné motory se dále dělí např. podle:

- osy otáčení – vodorovné (nejpoužívanější) a svislé (málo používané z důvodu vyššího dynamického namáhání a tím i nižší životnosti),
- počtu lopatek – obvykle tři u moderních elektráren, existují též větrné elektrárny se dvěma i jednou lopatkou, která má protizávaží na druhé straně,
- podle výkonu – malé (do 20 kW), střední (od 20 kW do 50 kW) a velké (od 50 kW),
- podle elektrického generátoru – stejnosměrný, synchronní nebo asynchronní.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky



11.3.3 Výhody a nevýhody větrných elektráren

Větrné elektrárny využívají energie větru, která je obnovitelná a prakticky nevyčerpatelná. Výhodou je možnost vyrábět elektrickou energii v místech, kde není k dispozici přípojka k rozvodné elektrické síti. Větrné elektrárny jsou dále výhodné pro majitele pozemků a obce, přispívají k tvorbě nových pracovních míst a příležitostí pro český průmysl apod. Kromě toho větrné elektrárny mají spoustu nevýhod. Mezi největší nevýhody patří nestálost rychlosti proudění větru, která se obecně mění. Jedná se tedy o nestálý zdroj energie. Provoz větrné elektrárny se vyplatí při minimální rychlosti větru okolo 5 m/s. Horní využitelná rychlost větru je okolo 25 m/s. Při vyšších rychlostech větru je nutno větrnou elektrárnu odstavit z důvodu bezpečnosti jejího provozu. K dalším nevýhodám patří např. hluk (zejména u rychloběžných malých větrných elektráren), stroboskopický jev (tj. vytváření pohyblivých stínů), rušení zvěře a nebezpečí pro ptactvo, narušení krajinného rázu, rušení televizního a rádiového signálu, málo vhodných míst pro jejich umístění, odlétávající kusy namrzlého ledu v zimním období apod.

Z výše uvedeného je zřejmé, že jako vhodné lokality pro instalaci větrných elektráren na území České republiky se jeví místa vzdálenější od lidských obydlí a současně s vyššími rychlostmi proudění větru, tzn. místa s vyššími nadmořskými výškami (cca od 500 m n. m).

11.4 Testové otázky ke kapitole 11

1. Definujte pojmy neobnovitelný a obnovitelný zdroj energie. Uveďte rovněž druhy neobnovitelných a obnovitelných zdrojů energie.
2. Nakreslete a vysvětlete princip skleníkového efektu.
3. Definujte pojem vodní elektrárna. Podle jakých kritérií se dělí vodní elektrárny? Vyjmenujte podrobně jednotlivé typy vodních elektráren.
4. K čemu slouží vodní turbíny? Popište podrobně jejich princip včetně schématického obrázku.
5. Jak se stanoví výkon vodní turbíny? Napište vztah včetně významu a jednotek příslušných veličin.
6. Podle jakých kritérií se dělí vodní turbíny? Vyjmenujte podrobně jednotlivé typy vodních turbín.
7. Jaké jsou výhody a nevýhody využívání vodních elektráren k výrobě elektrické energie?
8. K čemu se používají větrné motory a větrné elektrárny?
9. Odvoďte podrobně (pomocí rovnic) stanovení teoretické účinnosti idealizovaného větrného motoru. Jak velká je tato hodnota a jak se této mezi říká?
10. Nakreslete příklady a vysvětlete princip větrných motorů pracujících na odporovém principu. Jaké účinnosti mohou dosáhnout tyto motory?
11. Vysvětlete podrobně princip větrných motorů pracujících na vztlakovém principu. Jaké síly působí při obtékání profilu u těchto větrných motorů? Uveďte jejich vztahy a významy jednotlivých veličin. Jak velké účinnosti mohou v praxi dosáhnout větrné motory pracující na vztlakovém principu?
12. Podle kterých hledisek se rozdělují větrné elektrárny? Vyjmenujte je a podrobněji je rozveďte.
13. Jaké jsou výhody a nevýhody využívání větrných elektráren k výrobě elektrické energie?

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky

