

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická
Katedra výkonové elektroniky a strojů

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Výpočet větrné elektrárny při respektování ekonomických a ekologických požadavků

Autor práce:

Leoš Urbánek

Vedoucí práce:

doc. Ing. Emil Dvorský, CSc.

2022

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Leoš URBÁNEK**
Osobní číslo: **E19B0175P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**
Téma práce: **Výpočet větrné elektrárny při respektování ekonomických a ekologických požadavků**
Zadávací katedra: **Katedra výkonové elektroniky a strojů**

Zásady pro vypracování

1. Popište princip funkce VE a jejich zapojení do ES.
2. Definujte základní parametry respektované při návrhu VE.
3. Proveďte výpočet a optimalizaci z hlediska ekonomických a ekologických parametrů.
4. Proveďte rozbor výsledků a návrh dalšího využití.


Rozsah bakalářské práce: **30 – 40 stran**
Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Forma zpracování bakalářské práce: **elektronická**



Seznam doporučené literatury:

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

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Emil Dvorský, CSc.**
Katedra elektroenergetiky
Oponent bakalářské práce: **Mgr. Eduard Ščerba, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky

Datum zadání bakalářské práce: **8. října 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. května 2022**


Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan



Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 8. října 2021

Abstrakt

Získávání elektrické energie z obnovitelných energetických zdrojů je dnes velmi často diskutovaným tématem. Mezi tyto obnovitelné zdroje se samozřejmě řadí vítr, který zastupuje značnou část vyráběné elektrické energie za použití těchto „zelených“ zdrojů. Zatímco technologicky je tento způsob výroby elektřiny zvládnut relativně dobře, začíná se čím dál častěji hovořit o negativních vlivech, skrývajících se za touto perspektivní technologií. V této práci byly shrnuty známé negativní efekty ekonomického i ekologického charakteru. Bylo vybráno místo pro hypotetickou stavbu větrné elektrárny a popsány možné vlivy na okolí.

Klíčová slova

Větrná energie, Větrné elektrárny, Negativní vlivy větrných elektráren, Výpočet výkonu větrné elektrárny, ekologické parametry větrné elektrárny, ekonomické parametry větrné elektrárny

Abstract

Obtaining electricity from renewable energy sources is a very often discussed topic today. Of course, these renewable sources include wind, which represents a large part of the electricity produced using these "green" sources. While technologically this way of generating electricity is managed relatively well, there is more and more talk about the negative influences behind this promising technology. In this work, the known negative effects of economic and ecological nature were summarized. A site for a hypothetical wind power plant construction was chosen and possible effects on the surroundings were described.

Key Words

Wind energy, Wind power plants, Negative effects of wind power plants, Calculation of wind power plant performance, ecological parameters of wind power plants, economic parameters of wind power plants

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

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

V Plzni dne 23.5.2022

Leoš Urbánek

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Leoš Urbánek', written over a horizontal dotted line.

Poděkování

Rád bych zde poděkoval vedoucímu této bakalářské práce panu doc. Ing. Emilu Dvorskému, CSc. za vedení, nelehkou pomoc a podporu při sepisování práce. Také chci zmínit svou rodinu a tímto jí poděkovat za projevovanou podporu.

Obsah

Úvod.....	- 1 -
1 Větrná energie.....	- 2 -
1.1 Historie.....	- 3 -
1.1.1 Využití větrné energie k pohonu lodí po moři.....	- 3 -
1.1.2 Využití větrné energie k rozpořybování mlýnského kamene.....	- 3 -
1.1.3 Výroba elektřiny silou větru	- 4 -
1.2 Principy	- 4 -
1.3 Technologie.....	- 7 -
2 Stručný přehled typů větrných elektráren.....	- 8 -
2.1 Dělení dle aerodynamického principu.....	- 8 -
2.1.1 Odporové turbíny	- 8 -
2.1.2 Vztlkové turbíny	- 8 -
2.2 Dělení dle orientace hřídle.....	- 9 -
2.2.1 Horizontální turbíny.....	- 9 -
2.2.2 Vertikální turbíny.....	- 9 -
2.3 Dělení dle výkonu	- 10 -
2.3.1 Malé větrné elektrárny	- 10 -
2.3.2 Střední větrné elektrárny.....	- 10 -
2.3.3 Velké větrné elektrárny.....	- 10 -
2.4 Dělení dle umístění.....	- 10 -
2.4.1 VE na pevnině (onshore)	- 10 -
2.4.2 VE na moři (offshore).....	- 11 -
2.5 Konstrukce dnešních větrných elektráren	- 11 -
2.5.1 Základ:	- 11 -
2.5.2 Stožár:	- 12 -
2.5.3 Gondola:.....	- 12 -
2.5.4 Rotor:	- 13 -
3 Vliv na prostředí.....	- 14 -

3.1	Hluk.....	- 14 -
3.2	Vliv na ráz krajiny.....	- 14 -
3.3	Vliv na zvěř a ptactvo.....	- 15 -
3.4	Stroboskopický efekt.....	- 16 -
4	Proces EIA.....	- 17 -
5	Připojení větrné elektrárny do elektrizační soustavy.....	- 18 -
5.1	Vliv větrné elektrárny na elektrizační soustavu	- 18 -
5.1.1	Flicker	- 18 -
5.1.2	Útlum HDO.....	- 19 -
5.1.3	Vyšší harmonické proudy	- 19 -
5.2	Připojitelnost větrné elektrárny	- 19 -
	Praktická část.....	- 20 -
6	Umístění větrné elektrárny	- 20 -
7	Připojení větrné elektrárny do elektrizační soustavy.....	- 22 -
8	Ekonomické parametry.....	- 23 -
8.1	Výpočet větrné elektrárny	- 23 -
9	Ekologické parametry.....	- 26 -
9.1	Vliv na obyvatelstvo a veřejné zdraví:.....	- 28 -
9.1.1	Sociálně ekonomické důsledky.....	- 29 -
9.1.2	Zdravotní důsledky	- 29 -
9.1.3	Faktor pohody	- 30 -
9.1.4	Stroboskopický jev:	- 30 -
9.2	Vlivy na ovzduší a klima.....	- 31 -
9.3	Vlivy na hlukovou situaci	- 31 -
9.4	Vlivy na povrchové a podzemní vody.....	- 32 -
9.4.1	Odpadní vody.....	- 32 -
9.4.2	Dešťové vody	- 32 -
9.5	Vlivy na půdu.....	- 33 -
9.6	Vlivy na přírodní zdroje	- 34 -
9.7	Vlivy na biologickou rozmanitost (faunu, flóru, ekosystémy).....	- 34 -
9.8	Vlivy na krajinu.....	- 36 -

9.9	Vlivy na hmotný majetek a kulturní památky.....	- 37 -
10	Místní vlivy na větrnou elektrárnu.....	- 39 -
10.1	Vliv námrazy na chod větrné elektrárny.....	- 39 -
	Závěr	- 41 -
	Literatura.....	- 43 -
	Přílohy.....	I

Seznam symbolů a zkratek

Značka	Popisek	Jednotka
<i>E</i>	Kinetická energie větru	[J]
<i>m</i>	Hmotnost	[kg]
<i>v</i>	Rychlost	[m·s ⁻¹]
<i>V</i>	Objem	[m ³]
ρ	Měrná hmotnost	[kg·m ⁻³]
<i>s</i>	Dráha	[m]
<i>A</i>	Plocha základny	[m ²]
<i>P</i>	Výkon	[W]
<i>VVN</i>	Velmi vysoké napětí	
<i>VN</i>	Vysoké napětí	
<i>NN</i>	Nízké napětí	
<i>NP</i>	Národní park	
<i>CHKO</i>	Chráněná krajinná oblast	
<i>p.č.</i>	Parcelní číslo	
<i>s.p.</i>	Státní podnik	

Úvod

Současná doba vyžaduje abychom se zamysleli nad dopady lidského počínání na globální životní prostředí, tedy prostředí, na kterém je závislá existence lidského druhu. Potýkáme se s mnoha problémy od velkého sucha, po ztráty úrodné půdy, tyto problémy jsou přímo či nepřímo zapříčiněné lidskou činností. Z těchto důvodů je namístě světu připomenout důležitost tzv. udržitelného rozvoje, to pro společnost znamená postupovat kroky, které nám pomohou uspokojit lidské potřeby, aniž bychom svým jednáním omezili budoucí generace. Mezi zmíněné kroky se řadí také získávání elektrické energie z obnovitelných zdrojů

V této práci se zabývám zásadními ekonomickými a zejména ekologickými parametry, které je třeba brát v potaz při stavbě větrné elektrárny. Obrovskou inspirací pro mne bylo oznámení o plánovaném záměru: „*Větrné elektrárny Hať: Oznámení záměru podle § 6 zákona č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí, v rozsahu přílohy č. 4.*“, kde je podrobně probrán rozsah vlivů větrných elektráren na životní prostředí v konkrétní oblasti. Vliv elektráren na životní prostředí je v současnosti u nás i ve světě důležitým tématem, vzhledem k tomu, že se produkci elektrické energie ze všech sil snažíme přesunout do ekologické „zelené“ oblasti, tak považuji za rozumné snažit se i nadále získávat informace o možných ekologických dopadech.

Vzhledem k tomu, že oblastí vhodných pro výstavbu větrných elektráren je u nás omezené množství a nadále je v Evropě vyvíjen i politický tlak na zelené zdroje energie, je nutné vynaložit potřebné úsilí k řešení této komplikované situace.

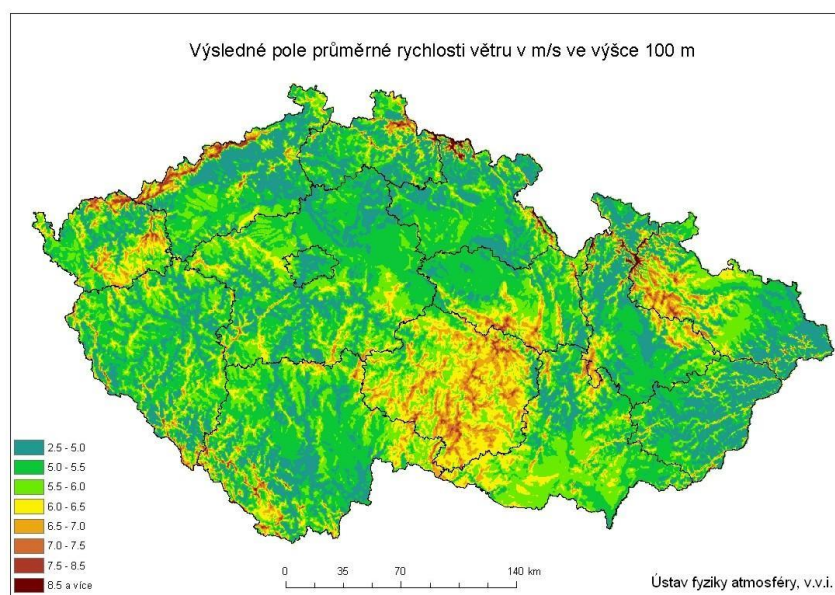
Téma „zelených“ zdrojů energie je dnes důležité nejen z ekologického pohledu, ale také z důvodů zahrnujících energetickou nezávislost na palivech importovaných do Evropy. Je tedy důležité vědět, zda se u nás tento druh „zelené“ energie vyplatí s ohledem na možné ekonomické a ekologické dopady. V praktické části této bakalářské práce bude vybráno místo pro hypotetickou výstavbu větrné elektrárny a budou popsány konkrétní možné ekologické vlivy této stavby na své okolí. V příloze se nachází též fotodokumentace konkrétní lokality.

1 Větrná energie

Vítr patří mezi obnovitelné zdroje energie, je jí tedy k dispozici nevyčerpatelné množství. Větrné elektrárny mění kinetickou energii větru na energii elektrickou. [1]

Vítr je proudění molekul vzduchu v atmosféře, tento pohyb je vyvolán teplotami atmosféry, které jsou v určitých místech atmosféry rozdílné, rozdíl je způsoben nerovnoměrným ohřevem vzduchu vlivem slunečního záření, vlivem počasí a dalšími faktory. Nejprve rozdíl teplot vyvolá rozdíl tlaku, tento rozdíl se posléze snaží vyrovnat prostřednictvím zmíněného proudění vzduchu, vzniká vítr, ten vane vždy od tlakové výše do tlakové níže. [2]

Vítr se obecně vyjadřuje jako vektor, ten se skládá ze dvou složek, a to ze směru větru a rychlosti. Vítr se měří přístroji jako jsou anemometry (rychlost větru), větrné směrovky (směr větru) a anemografy (rychlost i směr větru). Naměřené rychlosti větru v určité výšce se průměrují a poté jsou vynášeny na tzv. větrné mapy. [2]



Obr. 1: Větrná mapa ČR [3]

Údaje o směru větru jsou stěžejní pro výběr lokace výstavby větrné elektrárny. Hraniční rychlost rentabilního provozu je $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, průměrná rychlost by na zvoleném místě tedy měla tuto hodnotu přesahovat. Lokací, které by splňovaly tuto podmínku je na území ČR bohužel jen velmi málo. [2]

Historicky byla větrná energie využívána od pradávna, používala se k pohonu strojů jako byly mlýny či vodní čerpadla a samozřejmě se využívala ve velkém měřítku také k transportu.

Dnes je tento druh energie využíván zejména k přeměně na energii elektrickou. Nicméně i tradiční způsoby nejsou úplně zapomenuty a na specifických místech se tyto způsoby jeví jako nejvýhodnější (jedná se především o čerpadla vody).

Větrná energie je stejně tak jako solární energie závislá na člověkem těžko ovlivnitelných podmínkách, na světě existují místa, kde poryv větru má velmi dobré vlastnosti pro výrobu elektřiny, tato místa bývají však často špatně dostupná (na vrcholcích hor, na moři, ve velkých výškách) a existují také místa velmi nevýhodná pro tento druh získávání elektrické energie (často místa ve vnitrozemí).

1.1 Historie

První větrnou elektrárnu sestrojil na přelomu let 1887-1888 Američan Charles Francis Brush, tedy na vrcholu 2. průmyslové revoluce, avšak v hluboké historii se setkáváme s dalšími, na svou dobu velice důmyslnými způsoby využití této energie. Uvádím zde pouze příklady, které podle mne stojí za zmínku, rozhodně však netvrdím, že se jedná o využití všechna. [4]

1.1.1 Využití větrné energie k pohonu lodí po moři

Plachtění, těžko říci, kdy lidé objevili využití síly větru k pohonu svých lodí po moři, aby se dostávali z pevniny na pevninu, byl způsob úspory lidské energie. Pomocí plachet všech velikostí a tvarů, do kterých se opíraly silné mořské větry, byli lidé schopni rozpohybovat celou flotilu lodí. Na návětrné straně plachty vytváří vítr přetlak, na závětrné naopak podtlak. Pokud sečteme obě tyto síly, dostáváme celkovou sílu působící na plachtu, z níž se část přenáší na pohyb lodi dopředu. [4]

1.1.2 Využití větrné energie k rozpohybování mlýnského kamene

Když se řekne využití větrné energie, vybaví si větrné mlýny snad každý, využívají se už od starověku. Jejich úkol byl většinou rozpohybovat těžký mlýnský kámen k mletí obilí. V pozdější době se pak využívala větrná čerpadla na čerpání vody, tato čerpadla měla často podobu právě již zmiňovaných větrných mlýnů. Velice známá jsou čerpadla využívaná hojně v Severní Americe, která mají svůj jedinečný vzhled. [4]

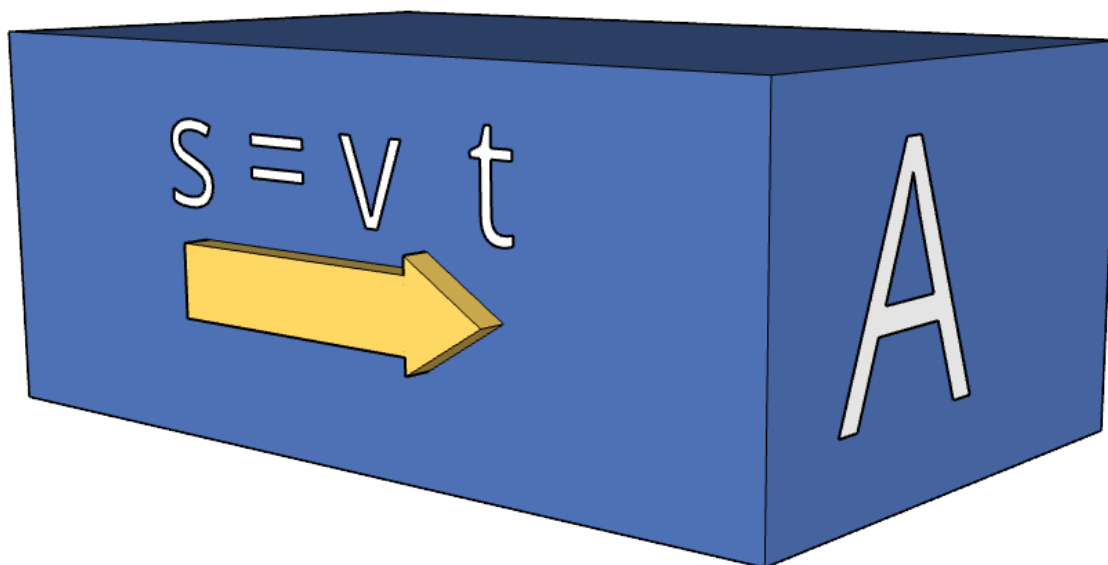
1.1.3 Výroba elektřiny silou větru

V devatenáctém století, v době druhé průmyslové revoluce, se značně rozšířily elektrické vynálezy. Firma Cincinatti předvedla v jednom ze svých závodů svou revoluční elektrifikovanou výrobní linku, Thomasem Alva Edisonem byla v roce 1879 vynalezena žárovka. S těmito milníky bývá spojována právě druhá průmyslová revoluce. V tomto období, přesněji na přelomu let 1887-1888, spatřila světlo světa i první větrná elektrárna, místo jejího zrození bylo ve městě Cleveland ve státu Ohio. Jejím vynálezcem byl americký inženýr, vynálezce a novátor Charles Francis Brush. [4]

1.2 Principy

Zobrazené rovnice (1-5) byly čerpány ze zdroje [2].

Jak bylo zmíněno výše, vítr je masa vzduchu proudící určitou rychlostí v určitém směru. Je důležité abychom si zjistili jeho energii, to uděláme tak, že si zjistíme jeho rychlost a hmotnost. Rychlost proudění v je velmi snadno měřitelná, hmotnost vzduchu m lze získat jako násobek objemu vzduchu V a jeho měrné hustoty ρ . Objem můžeme určit velice snadno tak že si zvolíme pravidelnou plochu A , která je kolmá ve směru větru, pro jednoduchost si můžeme zvolit jako plochu čtverec o straně jeden metr. Tímto máme danou základnu tělesa. Poté ještě musíme určit výšku s tohoto tělesa. Výška je určena vzdáleností uraženou větrem za jednotku času t , jedná se o rychlost větru v . Z těchto námi známých veličin již můžeme bez problémů spočítat kinetickou energii větru za jednotku času. [2]



Obr. 2: Grafické znázornění výpočtu objemu vzduchu

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (1)$$

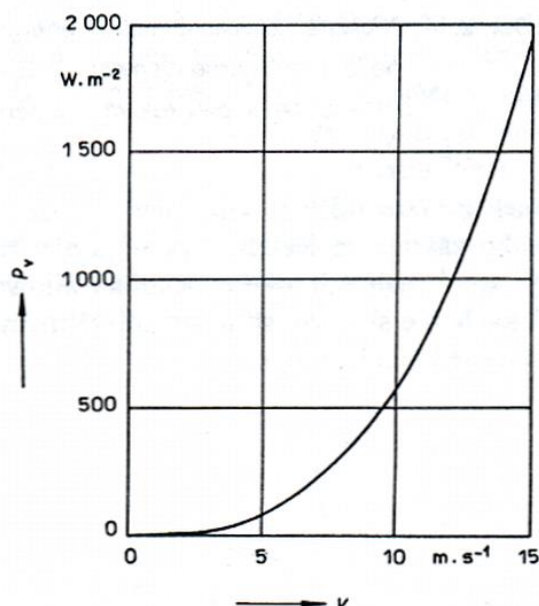
$$m = V \cdot \rho \quad (2)$$

$$V = s \cdot A = v \cdot t \cdot A = 1 \cdot v \cdot A = v \cdot A \quad (3)$$

Po dosazení zobrazených veličin do vzorce pro energii dostaneme následující rovnici.

$$E = \frac{1}{2} \cdot A \cdot \rho \cdot v^3 \quad (4)$$

Z rovnice lze vidět že kinetická energie větru je přímo úměrná třetí mocnině rychlosti. Díky této závislosti v oblastech s nízkými rychlostmi větru nelze využít potenciálu větrných turbín, a naopak v oblastech, kde tyto rychlosti jsou vysoké může velice snadno dojít k mechanickému poškození až zničení. [2]



Obr. 3: Závislost větrné energie na třetí mocnině rychlosti větru [5]

Se stoupající rychlostí větru se zvyšuje i množství vyrobeného proudu, to však probíhá pouze do rychlosti větru okolo 11–15 m·s⁻¹, při takovéto rychlosti již může docházet k nežádoucím mechanickým jevům, a proto se aktivují automatické systémy, které blokují rychlost otáčení. Snižování rychlosti může být zprostředkováno pomocí brzdy, nebo pomocí automatického natáčení listů vrtule tak, aby se do nich vítr opíral s menší silou. Toho však nelze dosahovat do nekonečna, a proto při rychlostech větru okolo 20–25 m·s⁻¹ je třeba turbíny vypínat úplně. Pokud vítr dosáhne rychlosti 3,6 m·s⁻¹, turbíny se obvykle začínají otáčet, hranice rentabilního provozu je však až při rychlosti 5 m·s⁻¹. Optimální rychlost větru je maximální rychlost větru, při které není třeba rychlost otáčení turbíny brzdit, jedná se tedy o rychlost, která se nachází pod dříve zmíněnou hranicí 11–15 m·s⁻¹. Na území České republiky se nachází pouze málo míst, na kterých se provoz větrných elektráren vyplatí, ta lze hledat pomocí interaktivní větrné mapy poskytované Akademií věd ČR, či pro přesnější data dlouhodobým měřením na konkrétním místě. [2]

Veškerou kinetickou energii větru nikdy nemůžeme využít, turbína by pohltila veškerý pohyb větru. Německý fyzik Albert Betz formuloval v roce 1919 fyzikální zákon, který nám říká, že v praxi nelze využít více než 16/27 (tj. přibližně 59,3 %) kinetické energie větru. Je to tedy maximální dosažitelná energie větru, tu lze převést na jinou formu energie, nejčastěji to bývá energie elektrická, převod se samozřejmě neobejde beze ztrát. [2]

$$E = \frac{16}{27} \left(\frac{1}{2} \cdot A \cdot \rho \cdot v^3 \right) = \frac{8}{27} \cdot A \cdot \rho \cdot v^3 \quad (5)$$

Maximální dosažitelné energie, stanovené podle Betze, samozřejmě nelze dosáhnout. Vyskytují se zde jevy, které mají negativní vliv na účinnost větrné elektrárny, jako například vznik vzdušných vírů za turbínou, tření lopatek a jiné. Optimální konstrukce větrné elektrárny může za optimálních podmínek dosáhnout přibližně 85 % Betzovy hodnoty, to by znamenalo účinnost něco málo přes 50 % (ovšem za optimálních podmínek). U velkých větrných turbín se dosahuje účinnosti vyšší než u turbín malých, přibližně 40-50 %, menší turbíny mohou dosahovat účinnosti 20-40 %. [2]

1.3 Technologie

Je zvykem umístit turbínu a generátor pro vyšší účinnost do jedné osy, nebo pro vyšší účinnost bývá turbína s generátorem propojena skrze převodový systém zvyšující rychlost otáčení. Generátor v obou provedeních je umístěn přímo na vrcholku turbíny (je snazší vést dolů pouze kabely). Velké turbíny s velkým výkonem mívají tři listy. U delších listů je z hlediska hmotnosti vhodnější použít uhlíková vlákna, materiál z uhlíkových vláken je lehčí než běžně používaný sklolaminát, ten se používá u klasických listových délek. Redukovat rychlost otáčení turbíny a tím pádem i hluk z turbín lze s pomocí natáčení jejich lopatek, což umožňuje jejich používání i v blízkosti obydlených oblastí, kde jsou na provoz pochopitelně podstatně vyšší nároky. [1] [2]

2 Stručný přehled typů větrných elektráren

V této části je uvedeno základní dělení větrných elektráren dle určitých kritérií.

2.1 Dělení dle aerodynamického principu

2.1.1 Odporové turbíny

Jedná se o typ turbíny, jejíž lopatky mají tvar, jenž způsobuje různý aerodynamický odpor při různých směrech větru, většinou se jedná o tvar misek či válců, z logiky pro roztočení turbíny potřebujeme velkou plochu, aby se do lopatky opřel vítr, historicky je tento typ nejstarší. [1]

Jako příklad si zde uvedeme tvar miskovitý, polokoule nastavená proti větru svou vnitřní plochou vykazuje větší odpor než polokoule otočená k směru větru svou vnější plochou. Moment vzniká díky rozdílu odporů, ten uvádí rotor do pohybu.

Odporové turbíny dosahují účinnosti v rozmezí od 15-23 %, je to méně než u turbín se vztlakovým principem a z toho důvodu se vyskytují méně.

Typickým zástupcem odporových turbín je Savoniova turbína, ta je sestavena ze dvou svislých lopatek orientovaných proti sobě podle osy otáčení, ty se v ose otáčení rotoru z části překrývají (zhruba tak 20 % každé lopatky se podílí na vzájemném překryvu).

Mezi výhody řadíme jednoznačně jednoduchost konstrukce, nezávislost na směru větru, přímý přenos kroutícího momentu na hřídel, či využití širokého pásma síly větru. Nevýhodou odporových turbín je zcela určitě nižší účinnost, než je u turbín vztlakových.

2.1.2 Vztlakové turbíny

Princip takovýchto turbín je podobný principu křídel letadel. Tvar lopatek turbíny dá vzniknout vztlakové, ale i odporové síly (jsou mnohem menší než vztlakové), v jejichž důsledku se turbína začne otáčet. Jsou o něco efektivnější než turbíny odporové. Přes stranu, která je vypouklá proudí vzduch rychleji než na druhé straně, je zde tedy nižší tlak. Nad profilem vzniká podtlak, pod ním naopak přetlak. Výsledkem je tedy vztlaková síla, ta uvádí turbínu do pohybu. [1]

Aerodynamický profil listů turbíny je odlišný dle výrobce, význačně ovlivňuje výkonnost ale také například hlučnost větrné elektrárny. [1]

Nespornou výhodou je vyšší účinnost než u turbín odporových, a to účinnost přes 40 %, dále je výhodou snadné řízení rychlosti natačením listů turbín, otáčky turbíny tak nelze řídit až do nuly, postupně začíná převládat odporová složka, díky které se rotor stále točí, pro úplné zastavení je pak aplikována mechanická brzda. Tento typ turbín se jeví jako velmi vhodný pro výrobu elektrické energie. [1]

2.2 Dělení dle orientace hřídele

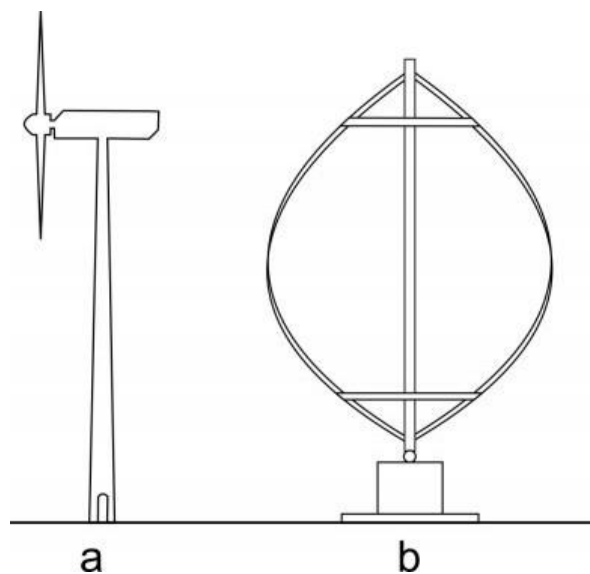
2.2.1 Horizontální turbíny

Turbíny vždy směřují proti větru, mají vodorovnou osu otáčení, pracují na vztlakovém principu. Rychlost otáčení rotoru se relativně snadno reguluje natočením listů turbíny či pootočením rotoru samotného. Takovéto elektrárny mívají převodovku, aby převáděla pomalé pohyby motoru a mohla tak zvýšit svoji účinnost. Horizontální turbíny jsou v současné době nejrozšířenější, převažují nad turbínami vertikálními. [1]

Z ekonomických důvodů se na rotor umísťují nejčastěji tři listy, tento počet vychází nejvýhodněji, čtvrtý list již nezlepšuje vlastnosti rotoru natolik, aby se výroba vyplatila. [1]

2.2.2 Vertikální turbíny

Je patrné že osa otáčení je u těchto turbín svislá. Princip, na kterém pracují se může být jak vztlakový, tak odporový. Výhodou je nezávislost na směru větru, tedy není třeba ji natáčet v závislosti na směru větru, generátor a převodové ústrojí lze ponechat na zemi. Mají nižší účinnost než turbíny horizontální a jsou v poměru dražší. Mohou být relativně nízké, využívají se například i na mořských plavidlech. Jsou však i prostorově méně náročné než elektrárny horizontální, a tak lze umístit více elektráren na menší plochu a nebude docházet ke vzájemnému ovlivňování. [1]



Obr. 4: a) horizontální b) vertikální turbína [32]

Velikou výhodou je nezávislost na směru větru, výborně se tedy hodí na místa, kde se směr větru často mění.

Využívají se velmi málo, nevýhody převažují nad výhodami, mezi nevýhody se řadí jak malá účinnost, tak třeba i malá výška, rotor je tedy umístěn v poloze, kde proudění vzduchu nedosahuje takové rychlosti. [1]

2.3 Dělení dle výkonu

Hodnoty výkonů jsou pouze orientační, v jednotlivých zdrojích se hodnoty liší a nenašel jsem shodu.

2.3.1 Malé větrné elektrárny

Dle použitého zdroje se jako malé větrné elektrárny považují elektrárny takové, jejichž výkon dosahuje hodnot do 40 kW. V nabídkách výrobců však převládají elektrárny s výkonem do 10 kW. Průměr vrtule dosahuje maximálně 16 metrů. [6]

2.3.2 Střední větrné elektrárny

U středních větrných elektráren je dosahováno výkonu od 40 do 500 kW. Průměr rotoru se pohybuje od 16 m do 45 m. [6]

2.3.3 Velké větrné elektrárny

Takové elektrárny přesahují výkon 500 kW. Instalují se u nich rotory s průměrem větším než 45 m. [6]

2.4 Dělení dle umístění

2.4.1 VE na pevnině (onshore)

Při vybírání správného místa k výstavbě větrné elektrárny je nutné zajistit, aby se provoz větrné elektrárny a její stavba ekonomicky vyplatila. Místa na pevnině bývají ovlivněna profilem terénu, ale také pokrytím terénu vegetací, tedy lesy. Nejvýhodnější místa pro stavbu větrných elektráren jsou přímořské oblasti, kde vanou pravidelné silné větry, a to po většinu roku. Pokud bychom místo pro výstavbu větrné elektrárny hledali ve vnitrozemí, pak bychom ho našli nejpravděpodobněji ve vyšších oblastech, na horských hřebenech apod. [1]

Oblasti na pevnině jsou dnes v Evropě již téměř vyčerpány, provoz na pevnině je také omezován kvůli hygienickým limitům pro hluk a jiným důvodům, a proto se větrné elektrárny začaly budovat na moři. [1]

2.4.2 VE na moři (offshore)

V lokalitách, kde se na pevnině nenachází vhodná místa pro výstavbu větrné elektrárny, nebo když tato místa jsou vyčerpána, pak se přistupuje k budování větrných elektráren na vodních plochách, nejčastěji se jedná o mořskou hladinu. Větrné elektrárny na moři dosahují vyšší účinnosti udává se, že je to 45 až 60 %, to je způsobeno tím že na moři či jinou vodní plochou má vítr vyšší a ustálenou rychlost, toho se dnes stále více využívá, a tak se na mořích budují a stále rozvíjejí obrovské větrné parky. Hygienická hluková omezení zde nejsou tak přísná jako na pevnině. Při stavbě na pevnině nastává také problém s dopravou jednotlivých, často velmi rozměrných, součástí na místo stavby, tento problém na moři odpadá.

Výstavba těchto elektráren je však dražší, to samé platí o jejich údržbě. [1]

2.5 Konstrukce dnešních větrných elektráren

2.5.1 Základ:

Základy se liší dle individuálních parametrů a podle toho, zda je větrná elektrárna umístěna na moři či na pevnině. [1] [7]

Základy větrné elektrárny umístěné na pevnině:

Jedná se o nejtěžší část větrné elektrárny, betonová část umístěna v zemi, musí zajistit stabilitu nejen pro její vlastní hmotnost, ale i pro silové působení větru. Vždy je třeba provést geologický průzkum, pokud podloží nevyhovuje lze ho vhodně upravit. [1]

Základy větrné elektrárny umístěné na moři:

V současnosti existují dvě možnosti, jak realizovat větrnou elektrárnu na moři, či jiné vodní ploše, první možností je vytvořit pevný základ na dně, druhou možností je vybudování tzv. plovoucí větrné elektrárny, tyto elektrárny díky jejich základně plují na hladině a aby nedocházelo k jejich pohybu jsou upevněny k mořskému dnu kotevními lany. [1]

Pro stavbu větrné elektrárny na moři s pevným základem si lze vybrat z několika druhů základů, nejvyužívanějším z nich je tzv. systém monopile. [1]

Plovoucí větrné elektrárny dnes ještě nejsou tak rozšířeny, existují už tři typy plovoucích struktur, které již byly někde na světě použity. [1]

2.5.2 Stožár:

Stožár zajišťuje posazení rotoru, gondoly a všech součástí do výšky, standardně je to výška od 40 až 110 m, lze se setkat i se stožáry menších, či větších rozměrů. Výška je důležitá hned ze dvou důvodů, jedním je nárůst průměrné rychlosti větru s výškou, druhým důvodem je že s rostoucí výškou klesají negativní vlivy zemského povrchu na rotor. Stožár umožňuje zajištění údržby či opravy, nachází se v něm tedy přístupová cesta na vrchol stožáru, do gondoly. Jsou v něm umístěny lišty pro vedení kabeláže pro vedení elektrické energie z alternátoru. [1] [7]

2.5.3 Gondola:

Jedná se o strojovnu, která je otočně uložena na vrcholu stožáru. Jsou v ní uloženy všechny součásti, které jsou na vrcholu stožáru, tedy hlavní hřídel, generátor, převodové soukolí, brzda, spojka a rám gondoly. Vnitřek je zakryt vnějším nejčastěji sklolaminátovým krytem. Je natáčena podle údajů o směru a síle větru stejně jako listy rotoru, údaje jsou získávány z měřicího systému, který je na gondole umístěn, informace jsou následně přeměněny v elektrické impulsy, které dávají následně gondolu a listy rotoru do pohybu. [1] [7]

Hlavní hřídel: Slouží k přenosu kinetické energie z rotoru do převodovky, patří k ní také tzv. přítruba, ta má za úkol zajistit pevné spojení s rotorem. [1]

Převodovka: Vzhledem k tomu, že se rotor větrné elektrárny otáčí relativně pomalu je třeba tento pomalý otáčivý pohyb převést na vyšší rychlost generátoru, z tohoto důvodu se do útroby gondoly umísťuje také převodovka. Převodovky větrných elektráren pracují ve velmi náročných podmínkách, proto je třeba pravidelně sledovat jejich stav. Existují i elektrárny bez převodovky, mají jednodušší konstrukci a nevyžadují takovou údržbu, musí se u nich použít nízkorychlostní (pomaloběžné) multipólové generátory. [1]

Generátor: Součástí větrné elektrárny měnící mechanickou energii točícího se rotoru na energii elektrickou, nejčastěji se v této oblasti využívají synchronní a asynchronní generátory. [1]

Brzda: Při rychlostech větru ($20-25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), kdy by mohlo dojít k poškození větrné elektrárny se používá mechanická brzda, ta v kritických situacích točící se rotor zastaví, zastavená větrná elektrárna je schopna odolávat rychlosti až $60 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Ve větrných elektrárnách bývá i tzv. aerodynamická brzda, ta však rotor pouze zpomalí, nezastaví ho úplně. [1]

Spojka: Spojuje dva sousední hřídele mezi převodovkou a generátorem. Má za úkol kompenzovat rázové špičky při náhlých poryvech větru.

Rám gondoly: Je nosný rám nesoucí součásti gondoly. Je vyroben z ocelových platů k sobě svařených. [1]

2.5.4 Rotor:

Rotor je nejvýraznější část větrné elektrárny. Právě zde probíhá přeměna větrné energie na energii mechanickou. Rotor je tvořen třemi listy ze sklolaminátu, či jiného (i lehčího) materiálu, jsou aerodynamicky tvarované a dnes jejich délka může dosahovat až 85 metrů. Lopatky větrné elektrárny jsou vyhřívané kvůli nebezpečí odpadávání ledu. Lopatky jsou také polohovatelné pro regulování rychlosti v případě velmi silného větru, kdy by hrozilo překročení rychlosti zvuku a následné deformaci lopatek. [1] [7]

3 Vliv na prostředí

Větrné elektrárny mají nezanedbatelný vliv na prostředí, ve kterém se nacházejí, ostatně jako každá větší stavba. Svým vzhledem a vsazením do krajiny zrovna nelahodí lidskému oku, jsou-li v provozu jsou často kritizovány pro svůj hluk, narušují prostředí pro různé zvířecí druhy, jedná se především o ptáky a netopýry. Instalace větrných elektráren, které mají výkon vyšší než 500 kW nebo stožár vyšší než 35 m, vyžaduje zjišťovací řízení, dle kterého vyplyne, zda je nutné vykonat proces EIA (Environmental Impact Assessment) v jeho plném rozsahu. [1] [8]

3.1 Hluk

S postupem let technický vývoj snížil hluk větrných elektráren na minimum. Každý výrobce musí uvádět akustické hodnoty elektrárny při plném provozu, tyto hodnoty musí být měřeny akreditovanou zkušebnou. V současnosti moderní větrné elektrárny vykazují hodnoty hluku 100 až 110 dB u paty stožáru a pouhých 50 až 70 dB v okolí. S rostoucí vzdáleností hluk klesá, bezpečná vzdálenost od nejbližších obydlí se udává 400 m. Za předpokladu že by tato vzdálenost nebyla splněna, nebo by nebyly splněny některé z hygienických limitů, nebylo by možné stavbu větrné elektrárny realizovat, což zajišťují přísné legislativní normy. [1] [9]

Hluk větrné elektrárny je nízký, pokud je síla větru nízká a elektrárna pracuje na nižší výkon. Při vyšších rychlostech větru bývá hluk jejího provozu přehlušen okolními faktory jako šumění stromů, či pohyb větru. Při vyšších rychlostech větru, nebezpečných pro provoz elektrárny, kdy by její hluk byl největší, se elektrárna odstavuje. [9]

Logicky nás napadne, že hluk produkovaný větrnými farmami bude znatelně vyšší, ve skutečnosti hodnota hluku příliš nenarůstá, zvýší se jen o několik decibelů, hluk z jednotlivých větrných elektráren se tedy nesčítá. Co se týče rizikových hodnot ultrazvuku či infrazvuku, dodnes nebyly žádné takové zaregistrovány. [9]

3.2 Vliv na ráz krajiny

„Ráz krajiny je významnou hodnotou dochovaného přírodního a kulturního prostředí a je proto chráněn před znehodnocením. Je dán specifickými rysy a znaky, které vytvářejí její rázovitost - odlišnost a jedinečnost. Ráz krajiny vyjadřuje nejenom přítomnost pozitivních jevů a znaků, ale též kulturní a duchovní dimenzi

krajiny. Pojmu „krajinný ráz“ odpovídá pojem „charakter krajiny“ (Landscape Character, Landschaftscharakter), vyjádřený především morfologií terénu, charakterem vodních toků a ploch, vegetačního krytu a osídlení.“ [10]

Vzhledem k velikosti, v současnosti nepoužívanějších větrných elektráren se jeví jako problém jejich velký zásah do rázu krajiny. Lokalita, kde má větrná elektrárna stát, musí vyhovovat svými abiotickými podmínkami, tedy skladbou podloží, větrnými podmínkami, dostupností pro vybudování rozvodné sítě a komunikací. Kvůli zajištění jejich rentability jsou umísťovány na větrná místa, ta jsou často situována na vyvýšených pozicích. Velká výška větrné elektrárny a průměr její turbíny jsou jedněmi ze stěžejních parametrů větrných elektráren. Z toho je zřejmé že větrné elektrárny jsou významným členem krajinného rázu. Výběr vhodné lokality pro výstavbu je dnes zásadní problém. [9]

V § 12 zákona č. 114/1992 Sb. je o krajinném rázu uvedeno toto:

Větrné elektrárny se nesmějí zřizovat na chráněných územích a v 1. zónách národních parků, pokud je toto splněno společně s akustickými limity nastává další krok posouzení změny krajinného rázu. Změnu krajinného rázu lze modelovat a následně vyhodnotit. V dnešní době je třeba posoudit klady a zápory, mezi kladné vlastnosti patří především produkce čisté energie, negativní relevantní vlastností je dnes zejména nežádoucí změna krajinného rázu. [9]

Posouzení krajinného rázu se řídí dle zákona č. 114/1992 Sb. (zákon o ochraně přírody a krajiny) ale je třeba na stavbu nahlížet i z pohledu zákona č. 180/2005 Sb. (zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie), je tedy třeba jak bylo zmíněno v předchozím odstavci posoudit klady a zápory záměru. [11]

Krajinný ráz je často subjektivním pojmem, a tak se mnohdy výstavba větrné elektrárny ve vytipovaných lokalitách setkává s neúspěchem z důvodu nevole obyvatel.

3.3 Vliv na zvěř a ptactvo

Dle pozorování a studií bylo zjištěno že zvířata si na občasnou zvýšenou hlučnost s postupem času zvyknou a nemělo by tak docházet k jejich časté migraci. [9]

Vlivem kolizí s větrnými elektrárnami může docházet k úhynu ptactva, vliv na ptactvo je asi nejsledovanějším environmentálním aspektem u větrných elektráren, největším nepřítelem ptactva jsou však zejména větrné parky, kterých na našem území není velké množství. Vliv větrných elektráren na život ptáků není pouze o jejich možných kolizích, ale bere se na vědomí i rušivý vliv, který vede k vytlačení a ztrátě přirozeného prostředí (ta může být trvalá či dočasná). Předpokládá se, že vliv větrných elektráren na celkovou úmrtnost ptactva je relativně malý, jsou však evidovány větrné elektrárny, či celé větrné parky, pro které byla lokalita zvolena velmi nešťastně, jako například větrné farmy Altamont (Kalifornie) a Tarifa (oblast Gibraltaru). Malé větrné elektrárny s vysokou rychlostí otáčení, jsou dnes nahrazovány velkými pomaloběžnými elektrárnami, tím se hrozící nebezpečí kolize výrazně snížilo. [12]

Některé druhy ptáků větrné parky oblétavají, nebo se jim přímo vyhýbají, to může vést k výše zmíněnému vytlačování. Jiné druhy ptáků, zejména draví ptáci, byly pozorovány bez zjevného náznaku se těmto útvarům vyhnout. Může tedy nastat problém, pokud by větrný park byl umístěn do některé z tažných tras ptactva. [12]

Úmrtnost ptáků způsobená větrnými elektrárnami je relativně malá, u ohrožených druhů je však i malá úmrtnost riziková, je tedy třeba vytipovat vhodnou lokalitu a nebrat tento problém na lehkou váhu. [12]

3.4 Stroboskopický efekt

Stroboskopický efekt je jev nastávající nejčastěji v zimních měsících, kdy je slunce nízko nad obzorem, a tak při otáčení listů rotoru dochází k pravidelnému střídání světla a stínu. U větších elektráren, kde se rotor otáčí pomalu, je tento jev eliminován. Tomuto negativnímu jevu u lze zamezit umístěním v dostatečné vzdálenosti od obytné zástavby.

Jev kdy se od listů rotoru odráží světlo, také zvaný diskoeffekt, je již v současnosti eliminován matnými nátěry celého zařízení. [9]

4 Proces EIA

K realizaci většiny staveb, větrné elektrárny nevyjímaje, je zapotřebí územní rozhodnutí a stavební povolení, tato povolení vystavuje stavební úřad dané lokality. Při stavbě v určitých lokalitách a za určitých podmínek je možné riziko vzniku negativních vlivů na životní prostředí. Proto je tedy vždy nutné, před vydáním povolení od stavebního úřadu, provést proces posouzení vlivů na životní prostředí, tedy proces EIA (neboli Environmental impact assesment) [13]

Posouzení vlivů záměrů na životní prostředí EIA je proces, který si pokládá za povinnost zjistit, popsat a komplexně vyhodnotit vlivy plánovaných staveb na životní prostředí a veřejné zdraví. Zkoumá se dopad na živočichy, rostliny, ovzduší, půdu, vodu, veřejné zdraví a jiné. Tyto vlivy se zkoumají samostatně i ve vzájemných souvislostech. V časové oblasti, se hodnotí vlivy po celou dobu existence záměru, tedy od jeho přípravy, po dobu realizace a následného provozu až po likvidaci. Cílem toho všeho je co nejvíce snížit negativní vlivy posuzovaných záměrů. Toto posouzení je prováděno buď krajským úřadem, nebo přímo ministerstvem životního prostředí. V České republice je EIA upraveno zákonem č. 100/2001 Sb. [13] [14]

Podle závažnosti vlivu na životní prostředí, proces probíhá v plném rozsahu, nebo u méně významných záměrů je provedeno pouze zjišťovací řízení. Proces EIA se provádí povinně u staveb jako jsou letiště, dálnice, těžební prostory, či vodní nádrže. Tyto záměry spadají do kategorie I, v příloze č.1 k zákonu č. 100/2001 Sb. je uveden celkový výčet záměrů spadajících do této kategorie. U některých z těchto záměrů se posouzení provádí až po překročení určitého limitu. U kategorie II probíhá povinně tzv. zjišťovací řízení, účelem tohoto řízení je stanovit, jestli se k danému záměru bude vztahovat úplný proces EIA, či nikoliv. Do této kategorie spadají právě větrné elektrárny, dále to je stavba silnic, či průmyslových objektů. Poslední kategorií jsou podlimitní záměry, tedy stavby nedosahující stanovených limitních hodnot. U těchto záměrů se podle dalších podmínek stanoví, zda se EIA provede (např. stavby v CHKO či NP) nebo se provést nemusí. [13]

5 Připojení větrné elektrárny do elektrizační soustavy

Alternativní zdroje elektrické energie se obvykle připojují do elektrizační soustavy přes napěťové hladiny s velmi vysokým napětím (VVN) o napětí 110 kV, do napěťové hladiny s vysokým napětím (VN) o napětí převážně 22 kV (jen malé množství sítí vn má napěťové hodnoty 3, 6, 10 nebo 35 kV) nebo do napěťové hladiny s nízkým napětím (NN) o napětí 400 V. Poslední napěťová hladina je určena spíše pro malé elektrárny určené pro domácnosti.

Pro připojení větrné elektrárny do elektrizační soustavy je nutné splnit pravidla provozování distribuční soustavy, ta jsou dána provozovatelem, pro náš záměr je provozovatelem distribuční soustavy společnost ČEZ.

Tato pravidla plní následující funkce [15]:

- stanovují minimální technické, plánovací, provozní a informační požadavky pro připojení uživatelů k DS
- poskytují komplexní informace bez nutnosti pracovat s mnoha souvisejícími právními, technickými a dalšími podklady
- stanovují základní pravidla, zajišťující spolupráci a koordinaci mezi jednotlivými účastníky trhu s elektřinou

K daným obecným pravidlům jsou na webových stránkách [15] připojeny také přílohy. Konkrétně v příloze č. 4 „Pravidla pro paralelní provoz výroben a akumulčních zařízení se sítí provozovatele distribuční soustavy“ jsou uvedeny potřebné informace.

5.1 Vliv větrné elektrárny na elektrizační soustavu

Výkon větrné elektrárny je bohužel kolísavý a závisí na rychlosti větru, z toho plyne problém, že nelze zajistit stálou, konstantní dodávku elektrické energie. Nejznámější vlivy na síť je její přetěžování, kolísání napětí, zvýšení zkratových poměrů, zhoršení kvality dodávky (jsou často rušivými zdroji v síti), nutnost pokrytí odchylek výkonu větrné elektrárny. [16]

5.1.1 Flicker

Důsledkem kolísání napětí je opakující se změna světelného toku u elektrických zdrojů světla, tento jev je značně nepříjemný pro lidské oko a má vliv dokonce na psychiku člověka.

Tento jev je nazýván flicker a větrné elektrárny jsou jedním z jeho zdrojů, je tedy třeba dbát na to, aby nebyly překročeny jeho dovolené hodnoty. Hodnotu flickeru jsme schopni spočítat pomocí matematického vztahu, dnes se však častěji používá specializovaný program hodnotící tento jev. [16]

5.1.2 Útlum HDO

Řídící signál HDO nesmí klesnout více než o 10 až 20 % od požadované hodnoty. Pokud se tak stane, je třeba provést jistá opatření k tomu, aby byl nepříznivý vliv na HDO odstraněn. K tomuto útlumu může vést připojení větrné elektrárny do sítě, kdy se mění impedanční poměry v síti. Lze to omezit připojením tzv. podpůrné impedance pro zrovnoměnění impedančních poměrů v síti. [16]

5.1.3 Vyšší harmonické proudy

Vlivem výkonové elektroniky, jako jsou například měniče kmitočtu či střídače, vznikají proudy vyšších harmonických. Nejvyšší povolené hodnoty harmonických, které lze do sítě vpustit jsou uvedeny v níže zmíněných připojovacích podmínkách provozovatele distribuční sítě a harmonické, které dané zařízení generuje jsou udány přímo výrobcem. [16]

5.2 Připojitelnost větrné elektrárny

Vždy pro připojení nové větrné elektrárny je nutno požádat provozovatele sítě o připojení, elektrárna musí podstoupit přihlašovací řízení, splnit podmínky pro připojení, ty jsou dány provozovatelem distribuční sítě, ČEZ na svých webových stránkách poskytuje rozsáhlý dokument „Připojovací podmínky pro výrobní elektrárny“, kde jsou tyto požadavky definovány. Pro žádost je třeba znát technické parametry připojovaného zdroje, konfiguraci sítě a konkrétní místo pro připojení k síti. Se znalostí těchto parametrů se provede studie připojitelnosti. [16]

Praktická část

6 Umístění větrné elektrárny

V praktické části jsem určil místo pro teoretickou výstavbu jedné větrné elektrárny, na tomto příkladu budou demonstrovány ekologické i ekonomické parametry. Zvolené místo se nachází na severu Plzeňského kraje poblíž obce Bezvěrov, na silnici E49 (Plzeň-Karlovy Vary), pod nejmenovaným vrcholem (727 m n. m.), výška konkrétního místa stavby je přibližně 720 m n. m. Toto místo se dle mapy, nalezené ve zdroji [17], nachází v oblasti s dostatečným větrným potenciálem. Úsek zmíněné silnice procházející tímto místem je vyhlášen tím, že v zimních měsících je zde pozorován zvýšený výskyt sněhových jazyků, tento jev je mimo jiné způsoben poryvy větru, které zde mají své místo. V následujících odstavcích bude popsán vliv stavby takovéto elektrárny na své okolí, tedy na životní prostředí, obyvatele bydlící v okolních obcích, ráz krajiny, faunu a flóru vyskytující se v okolí místa stavby. Dle pozdějších měření a zjištění není bráněno výstavbě více větrných elektráren.

zem. šířka: 49°59'8.412"N

zem. délka: 13°3'26.172"E

Kraj: Plzeňský

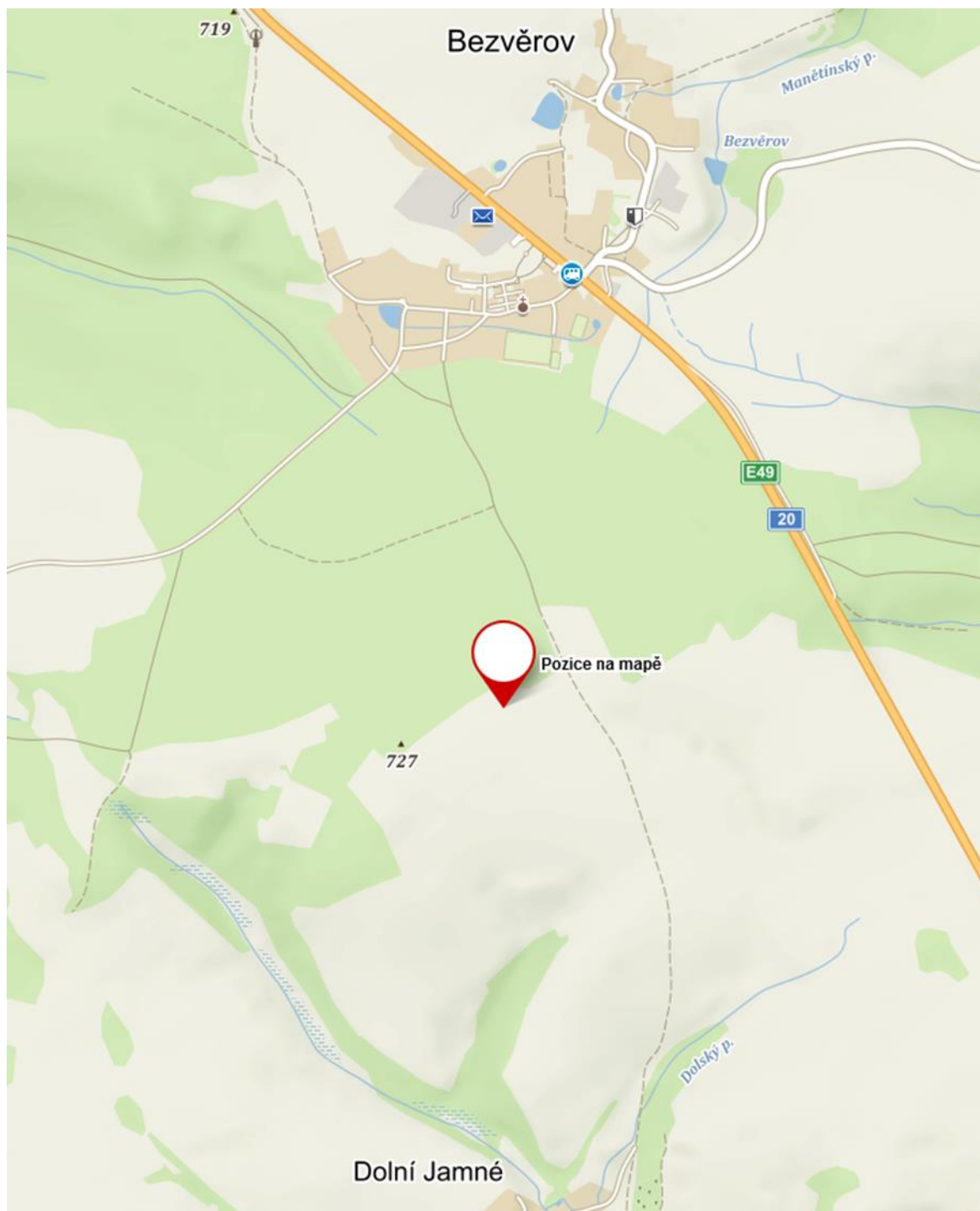
Okres: Plzeň sever

Obec: Bezvěrov

Katastrální území: Dolní Jamné

Pro vyhledání polohy byly využity články a mapy ze zdrojů: [17] [18]

Přímá specifikace elektrárny v této práci není uvedena, pouze budeme předpokládat, že daná konstrukce bude vysoká 100 m.



Obr. 5: Umístění hypotetické větrné elektrárny

7 Připojení větrné elektrárny do elektrizační soustavy

Pro myšlený záměr bude pravděpodobně nejvhodnější využít soustavu s vysokým napětím (VN), o napětí 22 kV, procházející obcí Bezvěrov. Připojení bude provedeno prostřednictvím kabelové přípojky, ta povede od elektrárny podél lesní cesty, v hloubce 90 cm, do Bezvěrova. Délka propojky bude pravděpodobně přesahovat 1,5 km. [19] [20]

Je bezpodmínečně nutné, aby připojovaná elektrárna splňovala pravidla provozu distribuční soustavy, ta jsou dostupná na webových stránkách provozovatele distribuční soustavy (v našem případě společnost ČEZ), a následně by byla podána žádost na připojení.

8 Ekonomické parametry

Při výběru vhodného místa výstavby větrné elektrárny je nutné velice pečlivě zhodnotit vlastnosti konkrétního místa tak aby se stavba ekonomicky vyplatila. Dostupná větrná energie je značně ovlivněna profilem terénu a vegetací vyskytující se na jeho povrchu.

Místo pro výstavbu větrné elektrárny by mělo být s dostatečným potenciálem větrné energie, aby byl provoz větrné elektrárny ekonomicky udržitelný, dle mapy zobrazující větrný potenciál v České republice bylo zvoleno jedno z mála míst v Plzeňském kraji, které by toto hledisko mělo splňovat, jedná se o místo nedaleko obce Bezvěrov. Česká republika obecně nedisponuje mnoha lokalitami, kde by byl větrný potenciál dostatečný, místa s dostatečným větrným potenciálem se z velké části nachází na vrcholcích pohraničních či jiných pohoří (jako jsou Šumava, Krkonoše, Slavkovský les, Jeseníky, Beskydy), tato místa bývají ve velké míře součástí chráněných území, kde stavba větrných elektráren není povolena. Tímto chráněná krajinná území velmi znesnadňují snahy o zelenou energii. Lokalita Českomoravské vrchoviny, většina jejího území se nachází v kraji Vysočina, vypadá z hlediska větrného potenciálu velmi nadějně, jedná se o velmi rozsáhlé území, nachází se zde samozřejmě i chráněná území, ale i bez těchto ploch zbývá případně pro tyto účely velký prostor. Samozřejmě volba stavby větrné elektrárny na vrcholky hor a kopců je problematická i z hlediska krajinného rázu.

8.1 Výpočet větrné elektrárny

Pro energetický výpočet větrné elektrárny je stěžejní následující vzorec.

$$P = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot S \cdot \rho \cdot v^3 \quad (6)$$

Výkon je tedy závislý na ploše rotoru S (m^2), na hustotě vzduchu (či jiného plynu) ρ ($kg \cdot m^{-3}$), na třetí mocnině rychlosti větru tedy na v^3 ($m \cdot s^{-1}$) a na redukčním koeficientu C_p , ten nabývá hodnoty od 0 do 1 a je dán mnoha faktory, [21]

Pro výpočet byl použit algoritmus na webových stránkách uvedených u zdroje [21]

Jako profil listu větrné elektrárny byl zvolen blíže nespecifikovaný profil A18, dále byl zvolen průměr rotoru 80 m, zvolili jsme pro rotor klasicky 3 lopatky, vyšší počet lopatek se

již nevyplácí, pro rychloběžnost se volilo číslo 5 a pro koeficient C_p jsme zvolili hodnotu 0,5.

Výpočet

Profil: $\alpha=3^\circ$, $c_y=0.9$

Průměr rotoru: [m]

Počet lopatek:

Rychloběžnost:

C_p :

Obr. 6: Vstupní hodnoty pro výpočet

Z těchto vstupních hodnot nám vyšla tabulka s parametry určenými pro lopatku rotoru a druhá tabulka, kde jsou vypočtené hodnoty výkonu a otáček pro různé rychlosti větru.

Tab. 1: Srovnání parametrů rotoru

Poloměr [m]	Úhel γ [°]	Tětivy [cm]
2	66.4	3486.3
4	50.1	2978.7
6	38.6	2473.7
8	30.7	2065.4
10	25.1	1752.2
12	21	1512.2
14	17.9	1325.5
16	15.4	1177.4
18	13.5	1057.8
20	11.9	959.4
22	10.6	877.2
24	9.5	807.7
26	8.6	748.2
28	7.8	696.7
30	7.1	651.7
32	6.5	612.1
34	5.9	577
36	5.4	545.7
38	5	517.5
40	4.6	492.1

Tab. 2: Výkon a otáčky větrné elektrárny v závislosti na rychlosti větru

Vítr [m/s]	P [W]	n [min ⁻¹]	Tlak [N]
2	12868	2	10464
2.5	25133	3	16350
3	43429	4	23544
3.5	68964	4	32046
4	102944	5	41856
4.5	146574	5	52974
5	201062	6	65400
5.5	267613	7	79134
6	347435	7	94176
6.5	441733	8	110526
7	551714	8	128184
7.5	678584	9	147150
8	823550	10	167424
8.5	987817	10	189006
9	1172593	11	211896
9.5	1379084	11	236094
10	1608495	12	261600
11	2140907	13	316536
12	2779480	14	376704
13	3533864	16	442104
14	4413711	17	512736

Tab. 3: Informace o povětrnostních a výkonových poměrech zvoleného místa ve výšce 10 m [18]

zem. šířka: 49°59'8.412"N
zem. délka: 13°3'26.172"E

výška nad zemí (střed rotoru): 10 m
průměr rotoru: 10 m
maximální výkon: 5000 W

směr větru [°]	relativní četnost				prům. rychlost [m/s]	parametry Weibull		výroba energie	
	vše	0-4 m/s	4-8 m/s	> 8 m/s		A [m/s]	k	roční [kWh]	relativně
0	6.0%	3.67%	2.15%	0.18%	3.66	4.12	1.89	629.0	4.77%
30	8.2%	5.10%	2.98%	0.12%	3.59	4.05	2.12	656.6	4.97%
60	14.8%	8.98%	5.68%	0.15%	3.65	4.12	2.30	1088.7	8.25%
90	8.9%	5.85%	3.00%	0.06%	3.44	3.88	2.24	577.0	4.37%
120	3.4%	2.73%	0.65%	0.02%	2.67	2.98	1.64	185.5	1.41%
150	2.8%	2.38%	0.42%	0.00%	2.63	2.97	2.16	78.6	0.60%
180	3.7%	2.93%	0.75%	0.02%	2.75	3.09	1.75	190.5	1.44%
210	8.5%	4.32%	4.06%	0.12%	4.06	4.57	2.58	690.1	5.23%
240	15.1%	4.36%	7.88%	2.86%	5.67	6.40	2.29	2530.7	19.17%
270	11.7%	4.32%	4.54%	2.84%	5.78	6.45	1.62	4117.6	31.20%
300	9.3%	4.39%	3.79%	1.12%	4.62	5.18	1.73	1946.8	14.75%
330	7.7%	4.56%	3.10%	0.04%	3.70	4.17	2.56	508.1	3.85%
celkem	100%	53.58%	39.00%	7.52%	4.21	4.72	1.69	13199.0	100%

9 Ekologické parametry

U specifikace ekologických parametrů jsem vycházel ze zdroje [19] *Větrné elektrárny Hať: Oznámení záměru podle § 6 zákona č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí, v rozsahu přílohy č. 4.*

Pro uvažovanou stavbu je klíčové, že se v její bezprostřední blízkosti nenachází žádné chráněné území. Nejedná se o chráněnou oblast, nejbližší se vyskytuje chráněný Blažejský rybník, vzdálen přibližně 3 km, na který větrná elektrárna nemá vliv. Další místa se statutem chráněné území je přírodní památka Prachometry (9 km), přírodní rezervace Rašeliště u Polínek (5 km), přírodní rezervace Kozelka (7,2 km), nejbližší velkoplošná chráněná území jsou: CHKO Slavkovský les, jehož nejbližší část se nachází přibližně 12 km od námi zvoleného místa; CHKO Český les vzdálen zhruba 30 km; CHKO Křivoklátsko vzdáleno přibližně 37 km.

Pozemek je od nejbližší zastavěné oblasti, tedy vesnice Bezvěrov, vzdálen přibližně 800 metrů, což splňuje podmínku minimální povolené vzdálenosti. Další obce, které se nachází v okolí zmiňovaného pozemku jsou Ostřetín (1,5 km), Dolní Jamné (1,1 km), Chudeč (1,9 km), Nežichov (3,7 km), Branišov (3,6 km), Nová Víska (2,3 km), Žernovník (2,9 km), Světec (2,9 km), Čestěvín (3 km), Kamenná Hora (4 km), Krašov (3 km), vzdálenost je měřena k nejbližšímu stavení v obci.

Dopad na životní prostředí v případě větrných elektráren je zanedbatelně malý, tento způsob výroby elektrické energie je řazen mezi ekologicky čisté, neprodukuje tedy žádné emise a neznečišťuje tak atmosféru ani okolní přírodu.

Jak již bylo výše zmíněno vytipovaná lokace se nachází v dostatečné vzdálenosti od chráněných přírodních území, z tohoto hlediska by tedy výstavbě větrné elektrárny nemělo být více bráněno.



Obr. 7: Pozemek, na jehož části je stavba plánována

Jedná se o zemědělskou parcelu nedaleko nejmenovaného vrcholu (727 m n. m.). Jde o zemědělské pozemky, začleněné v Zemědělském půdním fondu (ZPF), evidovaný druh pozemku je: „orná půda“. Pro umístění větrné elektrárny jsou vhodné i některé okolní pozemky, včetně pozemků lesních. O možných pozemcích bude hovořeno později.

Dle zákona č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí se mezi významné vlivy záměru na životní prostředí a veřejné zdraví řadí následující:

1. Vlivy na obyvatelstvo a veřejné zdraví
2. Vlivy na ovzduší a klima (např. povaha a množství emisí znečišťujících látek a skleníkových plynů, zranitelnost záměru vůči změně klimatu)
3. Vlivy na hlukovou situaci a event. další fyzikální a biologické charakteristiky (např. vibrace, záření, vznik rušivých vlivů)
4. Vlivy na povrchové a podzemní vody
5. Vlivy na půdu
6. Vlivy na přírodní zdroje
7. Vlivy na biologickou rozmanitost (fauna, flóra, ekosystémy)
8. Vlivy na krajinu a její ekologické funkce
9. Vlivy na hmotný majetek a kulturní dědictví včetně architektonických a archeologických aspektů

Předchozí informace o významných vlivech dané stavby byly čerpány ze zdroje [22]. Posouzení vlivů větrné elektrárny ve vtypované oblasti budeme provádět dle těchto bodů.

9.1 Vliv na obyvatelstvo a veřejné zdraví:

Vzhledem k dostatečné vzdálenosti od obydlí jsou dopady na civilní obyvatelstvo zcela zanedbatelné. Lokace je skutečně volena mimo intravilán obce Bezvěrov (0,8 km) i všech okolních obcí se souvislou bytovou zástavbou. A to v takové vzdálenosti, abychom vyloučili veškeré přímé dopady provozu větrné elektrárny na život obyvatel těchto obcí, a to včetně často zmiňovaného hluku a vibrací. Je potvrzeno několika studiemi, že pokud je uvedena větrná elektrárna do provozu v dostatečné vzdálenosti od lidských sídel, nedochází v těchto obydlích ani v jejich blízkém okolí ke zvýšení hluku tak markantnímu, že by byl tento hluk lidskými smysly vnímán jako rušivý faktor. Možný dopad na obyvatelstvo je značná výraznost stavby, větrná elektrárna vzhledem ke své výšce je viditelná z širokého okolí, v tomto případě se však nebude jednat o silný rušivý jev, v okolí místa stavby, zhruba 2 km, se nachází druhá nejvyšší stavba v České republice, a to vysílač

Krašov, tento kotvený stožár dosahuje výšky 347,5 m. Ráz krajiny v okolí je značně členitý, tento fakt také zeslabuje zmíněný rušivý jev. [19]

9.1.1 Sociálně ekonomické důsledky

Zpravidla provoz větrných elektráren, vystavěných na území obce, přináší pro obyvatele finanční výhody, a to ve formě pravidelné platby do obecního rozpočtu za pronajaté pozemky, či jednorázové finanční vyrovnání pro vlastníky pozemku.

Vliv na obyvatelstvo může mít i určitý nárůst turistiky do dané oblasti, vzhledem k zájmu spoluobčanů o dnes již celkem atraktivní stavební dílo. To bývá v návaznosti na aktivitách, ke kterým přispěje obohacení obecního rozpočtu, jako je budování cyklostezek a jiné infrastruktury či služeb v okolí obce. [19]

9.1.2 Zdravotní důsledky

U staveb podobných zařízení v blízkosti obcí, se do posuzování vlivu na životní prostředí samozřejmě zahrnuje také otázka rizik na lidský organismus.

Z podkladů, jichž je v dnešní době již dostatečné množství, jako jsou zdravotní studie, dlouhodobé zkušenosti z provozu existujících větrných elektráren a z jednotlivá posuzování EIA je možné potvrdit, že výstavba ani provoz větrných elektráren, při dodržení všech důležitých požadavků, nemá žádné významné riziko pro lidský organismus a ani s sebou nenese žádnou významnější zátěž na lidské zdraví.

U větrných elektráren nedochází k spalování žádných surovin, jehož důsledkem by bylo uvolňování nebezpečných emisí, rizikových pro lidské zdraví) do ovzduší.

Často se ve spojení s větrnými elektrárnami mluví o hluku, který mají vydávat. Jedná se o specifický „svist“, tedy zvuk, který je způsoben vlivem obtékání vzduchu kolem listů rotoru, může se jednat také o hluk způsobený odpařující námrazou z listů rotoru (dnes již zcela vyřešeno). Praktické poznatky z míst již existujících větrných elektráren nám dokazují, že hluk či svist vydávaný z větrných elektráren ve vzdálenosti větší než 700 m prakticky splývá s hlukovým pozadím, to znamená že není rozeznatelný od hluku běžně se vyskytujícího.

Elektromagnetické záření je u větrné elektrárny produkováno technologickým zařízením, tedy alternátorem. Takové záření může mít při dlouhodobém působení negativní vlivy na lidské zdraví, to však jen v těsné blízkosti zařízení, který je zdrojem záření. Musí být stanoveno odborným posudkem.

Na vzdálenost, která je u myšlené elektrárny od lidských obydlí, nemá zařízení žádné negativní účinky na lidské zdraví. Ohledně kabelových přípojek, jejich elektromagnetické záření je dostatečně odstíněno (plášť kabelu, bezpečné uložení přibližně 1 m pod zemí). [19]

9.1.3 Faktor pohody

Tento faktor nepatří přímo mezi zdravotní rizika, ale v rámci posuzování se s ním také počítá, zabývá se psychickými stavy obyvatel, žijících v blízkosti větrné elektrárny, reagujícími na změny způsobené právě výstavbou větrné elektrárny. V průběhu stavby může dojít k mírnému narušení faktoru pohody, vzhledem zvýšené četnosti pohybu stavební techniky a stavebního personálu po komunikacích v blízkosti obce a na místě stavby, s tím je spojené i zvýšení hluku, vibrací a prašnosti. Při této stavbě se nepředpokládá že by tato četnost byla nějak alarmující, proto i psychická náročnost nebude nijak vážná. Je namístě vhodně určit zásobovací trasu pro stavbu. V provozu se může objevit spíše pomyslné narušení faktoru pohody, a to ve vztahu ke hluku od větrné elektrárny, který je spíše podvědomí, další narušení může představovat rozdílné vnímání krajinného rázu (subjektivní záležitost).

Větrné elektrárny dle dlouhodobých zkušeností v provozu v zahraničí, ale i u nás, nemají vliv na kvalitu přijímání televizního vysílání, podobně tak bylo zjištěno u mobilního signálu. V tomto ohledu může větrná elektrárna posloužit spíše pozitivně, vzhledem k tomu, že na její vrchol lze umístit zařízení, pro zlepšení a rozšíření signálu pro telekomunikační či radiovizuální účely. [19]

9.1.4 Stroboskopický jev:

Tento optický jev vzniká jen za určitých meteorologických podmínek, vzhledem k tomu že obec, které by se jev mohl dotknout nejvíce (Bezvěrov) se nachází ve vzdálenosti 800 m od elektrárny a zároveň je oddělena lesem je jen velmi zanedbatelné riziko vzniku stroboskopického efektu.

Diskoefektu, tedy odražení světla od součástí větrné elektrárny a tím způsobený neblahý vliv na obyvatele, je zabráněno s pomocí matných nátěrů aplikovaných na celou konstrukci elektrárny. [19]

9.2 Vlivy na ovzduší a klima

Již v teoretické části bylo uvedeno, že výroba elektrické energie silou větru patří mezi ekologicky čisté zdroje, tedy po dobu provozu větrné elektrárny neuvolňují do ovzduší žádné (nebezpečné ani jiné) emise a nijak neznečišťují životní prostředí.

Znečišťování ovzduší se týká pouze období průběhu výstavby větrné elektrárny, tedy znečištění způsobené pozemní technikou potřebnou k manipulaci jednotlivých komponent a výstavby celého díla, jedná se tedy zejména o výfukové plyny a prach. Po ukončení stavebních prací, v době provozu, je již elektrárna zcela bezemisní.

Průmysl se v dané oblasti téměř nevyskytuje, ovzduší v dané oblasti tedy není moc znečištěné, jediným větším zdrojem znečištění je zde pouze silnice E49 (Plzeň-Karlovy Vary), na níž se soustřeďuje veškerá nákladní i civilní doprava mezi těmito krajskými městy. [19]

9.3 Vlivy na hlukovou situaci

Za hluk se považuje zdravý škodlivý zvuk, jeho hygienické limity jsou stanoveny právním předpisem.

Během stavebních prací, lze počítat s velkou četností hluku, jehož zdrojem budou zejména strojní a stavební mechanismy. Bude se jednat o zdroje liniové, tedy způsobené automobilovým provozem, a zdroje stacionární, způsobené prací v místech stavenišť.

Po uvedení do provozu, bude hluk produkován vlastní činností zařízení, jedná se o stacionární zdroje hluku. Vyskytují se zde dva druhy stacionárního hluku, první z nich je hluk způsobený strojním mechanismem elektrárny, který se nachází na vrcholu stožáru v gondole, druhý druh hluku u větrné elektrárny je způsoben vzduchem, který obtéká jednotlivé listy rotoru, je možné ho charakterizovat jako svist nebo šum. Z odborných studií plyne, že tento svist nebo šum téměř zaniká již po pouhých 300 metrech, vlivem přirozeného okolního prostředí, to znamená že je přítomen např.: hluk větru, šumění lesa, či hluk způsobený provozem na pozemních komunikacích.

Vibrace jsou mechanické pohyby o určitém kmitočtu, jsou přenášeny pevnými předměty na lidské tělo, mohou být tedy zdraví škodlivé. Vibrace mohou způsobit i škodu na konstrukcích lidských obydlí, či na veřejné infrastruktuře obcí.

V našem případě tento vliv nelze vyloučit, vibrace přenášející se na okolní půdní a horninové prostředí se v průběhu stavby větrné elektrárny mohou vyskytnout, jejich vliv však bude majoritně soustředěn v místě stavebních prací. Nejbližší stavby v okolí vzdálené přibližně 800 m, mohou být vibracemi zasaženy jen zcela výjimečně a intenzita vibrací v těchto případech bude zanedbatelná.

Co se týče provozu elektrárny, nepředpokládá se výskyt vibrací ovlivňujících okolní obyvatelstvo, přírodu, či infrastrukturu. [19]

9.4 Vlivy na povrchové a podzemní vody

U sledovaného záměru se vzhledem k jeho charakteru nepředpokládá vliv na povrchové ani podzemní vody. Základ stavby má jen malou plochu, tedy nebude tvořit překážku pro dešťovou vodu směřující do podzemních vodních úložišť a na zpevněných plochách není riziko její znečištění. [19]

9.4.1 Odpadní vody

Zamýšlená větrná elektrárna se obejde zcela bez produkce jakýchkoli odpadních vod, v průběhu výstavby jsou pro obsluhu zřízena ekologické suché toalety a základní hygienická zařízení. Očista potřebné techniky na místě se provádí jen mechanicky čili voda se při očištění používat nebude. Jakmile se elektrárna uvede do provozu, nebude třeba žádné obsluhy a na místě se nebudou provádět jakékoli technologické procesy, které by vedly k produkci technologických odpadních vod. [19]

9.4.2 Dešťové vody

Vzhledem k tomu, že výsledná konstrukce se bude v době provozu nacházet ve volném terénu, tak není třeba uvažovat problematiku odpadních dešťových vod, jde pouze o běžný koloběh vody v přírodě. Kolem věže větrné elektrárny se nebudou nacházet žádné velké zpevněné plochy, tím u dešťové vody nebude docházet k znečištění. [19]

9.5 Vlivy na půdu

Nejde pouze o stavbu samotné věže, větrné elektrárny, realizace je spojena také s vybudováním malé manipulační plochy, kabelové přípojky apod. K elektrárně se jako příjezdová cesta bude využívat již stávající účelová komunikace pro lesní a zemědělské hospodaření, která částečně vede lesem a polem, cesta je částečně zpevněna lomovým kamenem. Cesta může být, pro účel výstavby, zpevněna v dalších úsecích vibrovaným kamenem. Jedná se o katastrovanou cestu, p.č. 1706/3, v katastrálním území Dolní Jamné, ve vlastnictví Lesy ČR, s.p. a p.č. 1022 v katastrálním území Bezvěrov ve vlastnictví obce Bezvěrov. Její využití v průběhu stavby i po uvedení do provozu, bude třeba konzultovat s vlastníkem. Kabely budou uloženy v rýze o minimální hloubce 1 m pod povrchem. Příjezdová cesta, manipulační plocha ani rýha pro uložení kabelů nebudou představovat nijak významné narušení okolních pozemků. Umístění bylo navrženo na pozemek p.č. 613, katastrální území Dolní Jamné, vlastník Consil Tech a.s. Alternativně by se dalo využít pozemek p.č. 553 katastrální území Dolní Jamné, vlastník Uněšovský statek a.s., jako třetí pozemek byl navržen pozemek ve vlastnictví České republiky, jedná se o lesní pozemek, který spravují Lesy ČR, s.p. [19]

„Podle §9 zákona č. 334/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu bude třeba požádat orgán ochrany ZPF o odnětí půdy z ploch určených pro výstavbu VE ze ZPF. Následně bude investorovi vypočítán, při splnění určitých podmínek, peněžitý odvod za odnětí půdy ze ZPF podle §11 zákona o ochraně ZPF. Vynětí ze ZPF se týká pouze prostoru pro základy VE a vlastní manipulační plochu (pro případné kontroly, opravy VE)“ [19]

V případě, že by byla zvolena třetí možnost s lesním pozemkem, bylo by nutné požádat příslušný orgán státní správy lesů, odbor životního prostředí o vydání souhlasného stanoviska dle ustanovení § 14 zákona č. 289/1995 Sb. zákon o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon) na základě kterého lze vydat souhlasné stanovisko k odnětí lesního pozemku pro stavební účely. V daném případě lesní půdy se jedná o majetek ve vlastnictví České republiky, která se zavázala pro postupný náběh alternativních zdrojů pro výrobu elektrické energie, měl by tedy být příslušný úřad v daném případě přípustný k realizaci uvažovaného záměru, pokud by realizaci stavby nebránily závažné zákonné důvody. [23]

9.6 Vlivy na přírodní zdroje

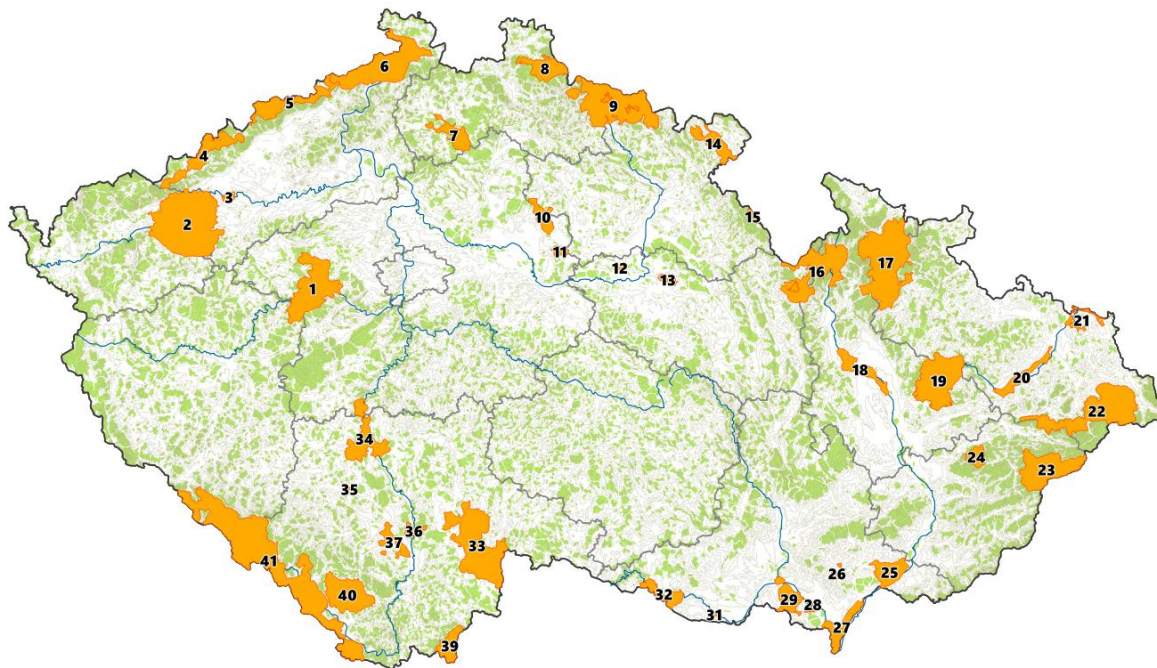
V průběhu stavebních prací bude odkryta část orné a podorniční vrstvy půdy. Geologický průzkum bude třeba uskutečnit, ale není předpokládáno, že by došlo k zasažení do hloubě položeného horninového prostředí. Určitá část půdy, se kterou se v průběhu stavby bude nutno manipulovat, bude po skončení opět vrácena na základovou desku a do okolí stavby, zbylá část půdy bude z místa odebrána a transportována, s nevyšší pravděpodobností se využije pro různá technická využití a terénní úpravy. Tyto akce související s výstavbou nebudou mít vliv na životní prostředí. Vzhledem k tomu, že na vybrané lokalitě nejsou provozovány těžební aktivity pro získávání nerostných surovin, není zde tedy možnost je narušit. V průběhu života a provozu elektrárny nebude negativně ovlivněno půdní či horninové prostředí. [19]

9.7 Vlivy na biologickou rozmanitost (faunu, flóru, ekosystémy)

Projekt výstavby větrné elektrárny zcela mimo vytyčená chráněná území nevyžaduje dlouhodobé posouzení (na rozsáhlejší projekty, stanoveno v zákoně č. 100/2001 Sb.) na vlivy na faunu a flóru, ale ani ho nevyklučuje. Případné posouzení musí provádět odborný pracovník z oblastí fauny, flóry či přímo ochrany přírody. [19]

Lze konstatovat, že profesionálních prací, studií pohlížejících komplexněji na negativní vlivy větrných elektráren na faunu či flóru je velmi málo, často popisované dopady jsou narušení hnízdišť ptactva, kolize ptáků s větrnými elektrárnami, migrace zvěře apod.

Na přírodu z pohledu biologické rozmanitosti má zatím asi největší dopad vliv na ptactvo, je o tom velmi často psáno i mluveno. Dle České společnosti ornitologické (ČSO) jsou větrné elektrárny pro ptáky hrozbou, jelikož pro ně představují rušící element, který pro ptáky zmenšuje využitelný prostor z důvodu, že se k elektrárně neodvažují přiblížit, ptáci tak mohou být vytěšňováni ze svých tradičních lokalit výskytu, pokud se tedy větrná elektrárna nachází v těsné blízkosti stanovišť ptáků, mohou způsobovat jejich poškození, či dokonce jejich ztrátu, dále pro ptáky představují migrační bariéru, to znamená že se těmto bariérám snaží vyhnout, to zvyšuje jejich výdej energie a naposled pro ptáky představují větrné elektrárny přímé riziko usmrcení v důsledku kolize s lopatkou rotoru (týká se zejména velkých větrných parků či starších menších elektráren, jejichž rotor se otáčí vyšší rychlostí), zde se jedná nejčastěji o dravé druhy ptáků,. Tyto negativní vlivy se ve velké míře týkají hlavně velkých větrných parků, či větrných elektráren, u kterých bylo špatně zvoleno místo jejich výstavby, nachází se v těsné blízkosti míst s výskytem ptactva. [12] [24]



Obr. 8: Mapa zobrazující výskyt ptačích rezervací v České republice [25]

Konkrétní projekt se podle mapy ptačích oblastí nenachází v blízkosti žádné ptačí oblasti, můžeme tedy předpokládat, že výsledná stavba nebude mít na ptactvo negativní dopad.



Obr. 9: Mapa migračních koridorů velkých savců v České republice [26]

Jak již bylo zmíněno výše, na zvěř by větrné elektrárny měli mít velmi malý až zanedbatelný negativní vliv. Je zde alespoň přiložena mapa migračních koridorů velkých savců, je z ní patrné, že poblíž oblasti výstavby se migrační koridory nachází, avšak větrná elektrárna pro ně nepředstavuje riziko.

9.8 Vlivy na krajinu

Z objektivních hledisek by stavba a provoz větrné elektrárny měla mít minimální dopady na krajinu. To závisí především na fázi výstavby, kdy se na příjezdové cestě a plochách kolem budoucí větrné elektrárny bude pohybovat stavební technika a personál, je to tedy záležitost „stavební kázně“ konkrétní obsluhy, údržbě techniky, uložení stavebního materiálu (dočasně) či nakládání s odpady. Pokud se k těmto činnostem zachováme zodpovědně a budeme je vykonávat správně, nedojde k žádnému ohrožení okolní přírody. [19]

Nakládání s odpady:

Při provozu větrné elektrárny se nepředpokládá s produkcí odpadů, s odpady je počítáno pouze při její výstavbě.

V první fázi stavby je sejmuta vrchní vrstva ornice, či zemina podorniční vrstvy, následně je uložena na určeném místě a nechává se pro pozdější zpětné použití (terénní úpravy, vrácení pro zemědělské využití). Dále budou při výstavbě specifikována místa pro shromažďování nebezpečných odpadů a specifikován bude i způsob jejich likvidace.

V dnešní době, s moderními technologiemi, je již montáž větrných elektráren na úrovni, kdy lze prakticky hovořit o bezodpadních technologiích. Lze tedy převážně uvažovat odpady jen v průběhu přípravných a zemních prací, v průběhu drobných činností při dokončování, či odpady vzniklé v důsledku neočekávaných situací, havárií, nebo dokonce i přírodních katastrof.

Odpady vznikají i při průběžných revizních pracích, údržbě či opravě. Tyto činnosti mají definovány své postupy, zahrnující i odvoz součástek, odpadů, či materiálů. [19]

Ochrana povrchových a podzemních vod:

Vytipovaná lokalita se nenachází uvnitř ani poblíž pásma hygienické ochrany vod. V konstrukci větrné elektrárny ani v její blízkosti nebudou místa, kde by dešťová voda byla jímána. V průběhu stavby, jak bylo výše zmíněno bude použita suchá ekologická toaleta a očišťování stavební techniky bude prováděno pouze manuálně. Ve výsledku tedy můžeme souhlasit s tím, že projekt nebude mít negativní vliv na povrchové ani podzemní vody. [19]

Krajinný ráz

Při vyhodnocení vlivů stavby patří k nejsložitějším faktorům právě zásah do krajinného rázu. Krajinný ráz je zmíněn v § 12 zákona č. 114/1992 Sb.:

„Krajinný ráz, kterým je zejména přírodní, kulturní a historická charakteristika určitého místa či oblasti, je chráněn před činností snižující jeho estetickou a přírodní hodnotu. Zásahy do krajinného rázu, zejména umístování a povolování staveb, mohou být prováděny pouze s ohledem na zachování významných krajinných prvků, zvláště chráněných území, kulturních dominant krajiny, harmonické měřítko a vztahy v krajině.“ [27]

Kvůli tomuto projektu se musí vypracovat odborná studie hodnotící vliv stavby na krajinný ráz, měla by vycházet z objektivních hodnocení vycházejících z přírodních limitů území, subjektivních hodnocení, která vychází z estetických měřítek, vypracují se tzv. fotovizualizované pohledy na větrnou elektrárnu a následně vydat posouzení vlivu stavby na krajinný ráz. Jak již bylo výše zmíněno jedná se o stavbu větrné elektrárny do otevřené kulturní krajiny, zmíněný pozemek se nachází na zemědělsky využívané půdě, poblíž lesa. Zdejší krajina je lidskou činností (zemědělství, doprava, urbanismus) již poznamenána, prodělává pravidelné změny, mění neustále svou „tvář“, a to i v závislosti na společensko-ekonomických, hospodářských a energetických podmínkách. Do těchto podmínek se řadí i zamýšlená stavba, tedy podmínka energetická, získávání energie z alternativních přírodních zdrojů s důsledkem zásahu do vzhledu okolní krajiny. Je zřejmé, že elektrárna ovlivní vzhled krajiny a bude viditelná z širokého okolí, z větších vzdáleností bude viděn pouze horní část elektrárny. Nedaleko od místa plánované výstavby se nachází vysílač Krašov, který se svou výškou 347,5 m je druhou nejvyšší stavbou na území ČR, výška zamýšlené větrné elektrárny je více jak třikrát menší, z tohoto pohledu si myslím, že stavba větrné elektrárny bude pro krajinný ráz přijatelná. [19]

9.9 Vlivy na hmotný majetek a kulturní památky

Myšlený záměr je umístěn v dostatečné vzdálenosti, od nejbližších obydlí je elektrárna vzdálena více než 800 metrů, od intravilánu všech obcí, které se v okolí nachází, hygienické limity vzhledem k této vzdálenosti nebudou porušeny. Osídlení je v této oblasti řídké s centrálním charakterem, soustředí se tedy převážně do oblastí obcí. Kulturní památky nacházející se v blízkém okolí jsou taktéž koncentrovány do intravilánu obcí, Nejedná se

však o kulturní památky vyššího významu. U myšleného záměru se nepředpokládají negativní vlivy na zdejší kulturní památky.

Aby bylo možno využít výše zmíněnou účelovou komunikaci k manipulačním účelům bude žádáno o potřebné povolení. Stavební práce budou přímo spjaty s místními pozemními komunikacemi, doprava i samotná výstavba bude probíhat v denní dobu.

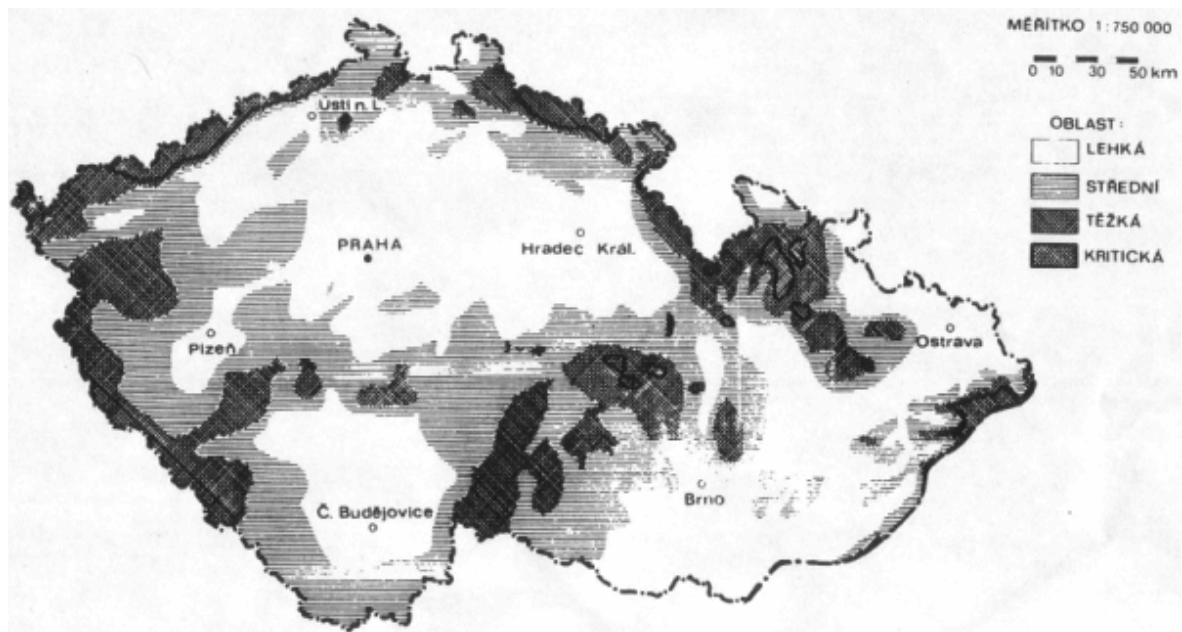
Uvažovaným záměrem nebude dle předpokladů docházet k ovlivnění hmotného majetku ani kulturních památek. Veškeré škody zjištěné na hmotném majetku vlivem výstavby je investor povinen finančně kompenzovat. [19]

10 Místní vlivy na větrnou elektrárnu

Abychom se nebavili pouze o vlivech větrné elektrárny na své okolí, zkusme se teď zaměřit také na vlivy okolí právě na větrnou elektrárnu. Je jich nemalé množství ovlivňují efektivitu, bezpečnost provozu i stálost větrné elektrárny. Podle známých faktorů se poté volí vhodná lokalita.

10.1 Vliv námrazy na chod větrné elektrárny

Jedním z rizikových faktorů je námraza, která může negativně ovlivnit výrobu elektrické energie, a to jejím snížením až o 80 % [28], může dané zařízení poškodit vlivem její hmotnosti a v některých případech může ohrozit i lidské zdraví odpadáváním kusů námrazy. Námraza vzniká, když je teplota vzduchu pod bodem mrazu a vzdušná vlhkost je zvýšená. V těchto dnech, kdy vzniká na elektrárně námraza, se nechává elektrárna odstavena. Námraza se sleduje také u venkovních elektrických vedení, kde námraza na vodiči představuje zvýšenou zátěž pro nosné sloupy, použitá mapka a informace o námrazových oblastech je tedy z dokumentu zabývajícího se právě namáháním vodičů venkovních vedení. [28] [29] [30]



Obr. 10: Mapa námrazových oblastí České republiky. [31]

Lehká námrazová oblast má dle zdroje informací představovat oblast, kde se může vytvořit námrazek o tloušťce až 17 mm, ve střední námrazové oblasti může dosahovat až 27,6 mm a v těžké námrazové oblasti může námrazek dosahovat tloušťky až 36,1 mm.

Dle mapy námrazových oblastí v České republice se místo výstavby elektrárny nachází v oblasti střední až těžké námrazy, to představuje možnou tloušťku námrazku na listech rotoru. Dnes je v problémových oblastech námraza řešena vyhříváním listů rotoru, aby bylo možno elektrárnu provozovat i v době nevyhovujících meteorologických podmínek. Tato elektrárna by neměla být výjimkou pro využití tohoto prostředku pro eliminaci nepříznivých podmínek. [30] [31]

Závěr

Větrná energie je v současné době velmi často využívána k výrobě elektrické. V Evropě má tento druh výroby elektřiny nemalé zastoupení, v budoucnu bude mít stále větší potenciál. Díky moderním technologickým řešením se výroba přesune i do oblastí s horšími větrnými vlastnostmi pro tento druh „zelené“ energie.

Na území České republiky je v porovnání s okolními evropskými státy omezený počet vhodných míst pro využití síly větru, ten v našich podmínkách obvykle nedosahuje požadované rychlosti. V mnoha případech je výstavbě bráněno z ohledu ochrany přírody, kdy se jedná o chráněná území jako jsou chráněná krajinná území či národní parky, tato území se mnohdy vyskytují ve vyšších oblastech, tedy v místech, kde je větrný potenciál nadprůměrný. Nicméně vyskytují se i v České republice místa, kde by se investice do větrné elektrárny, či více elektráren, vyplatila.

V teoretické části byly sděleny základní informace týkající se větrných elektráren. Byly popsány principy, dělení či základní známé negativní vlivy, na obyvatelstvo, přírodu a elektrickou síť, větrných elektráren. Dále je zde popsán proces EIA (Environmental impact assesment), ten je stěžejní pro komplexní zhodnocení dopadů chystaných záměrů na životní prostředí. K vlivům, kterými se zabývá proces EIA (dle zákona č. 100/2001 Sb.), se tato práce vztahuje a tyto vlivy jsou popsány na konkrétní lokalitě.

V rámci praktické části této práce, bylo zvoleno místo, s pravděpodobně dostatečným větrným potenciálem, kde by mohla být postavena větrná elektrárna. Dle mého názoru je jedno z těchto možných míst na severozápadě Plzeňského kraje, poblíž obce Bezvěrov. Zasahuje sem oblast táhnoucí se ze sousedního Karlovarského kraje, která svou nadmořskou výškou kolem 700 m n. m., a tedy i absencí přímé překážky umožňuje větru proudit vyššími rychlostmi. Jedním z úkazů, který se v místě stavby vyskytuje v zimních měsících, je tvorba sněhových jazyků na silnici E49 z Plzně do Karlových Varů, která okolí myšlené stavby protíná, tento jev je způsoben mimo jiné poryvy větru, které v této lokalitě mají své místo. K upřesnění vhodnosti dané lokace je zapotřebí dlouhodobé měření ve výšce rotoru uvažované elektrárny. Cílem práce bylo popsat negativní vlivy na životní prostředí. Na konkrétním místě jsem se nesetkal s negativními vlivy, které by dané stavbě měly bránit. Vzdálenost záměru od nejbližší zastavěné oblasti, tedy v obci Bezvěrov, je dostatečná, do kvality ovzduší bude mírně zasaženo pouze v časovém úseku výstavby (vlivem stavební techniky), dále je provoz elektrárny zcela bezemisní. Podobně to platí o hluku a vibracích, které budou převládat v době stavby, ale po uvedení do provozu nebude, vzhledem

k dostatečné vzdálenosti od obydlené oblasti, více zasaženo do životů místních obyvatel. Díky principu a konstrukci elektrárny nedochází k znečišťování povrchových ani podzemních vod, dodrželi-li se určité zásady nebude ani v době výstavby k tomuto znečištění docházet. Je nutné také zmínit, že stavba nebyla situována do žádné chráněné oblasti ani do jejich blízkosti, ohrožené druhy ptáků by záměrem neměly být dotčeny. Koridory migrace zvířet jsou v uvažované oblasti známy, ovšem dopad by měl být minimální. Krajinný ráz by se v této oblasti neměl jevit jako vážný problém, nedaleko od vytipované lokality se tyčí druhá nejvyšší stavba v České republice, tedy vysílač Krašov se svými 347,5 m. Tato stavba se svými rozměry a výraznou konstrukcí započítávající také ocelová kotvící lana je nezanedbatelným narušením krajinného rázu a je tedy možné, že konkrétní místo by pro stavbu větrné elektrárny bylo vhodnější než jiné. Ohledně vlivů prostředí na samotnou elektrárnu se bavíme také o námrazových oblastech, v tomto případě se jedná o oblast střední až těžké námrazy, je tedy nutné, aby listy rotoru větrné elektrárny byly vybaveny vyhříváním. Větrná elektrárna bude připojena k síti vysokého napětí 22 kV, která prochází obcí Bezvěrov, délka přípojky bude okolo 1,5 km. Osobně si myslím, že místo je více než vhodné pro umístění větrné elektrárny a bylo by patřičné se na tuto oblast a jí podobné zaměřit.

V posledních letech se celá Evropa snaží získat alternativní zdroj energie jako náhradu za klasická fosilní paliva. Vzhledem k současné politické situaci ve východní Evropě se jisté „zelené“ vize v dohledné době nenaplní, ale to neznamená, že by nástup „zelených“ zdrojů energie nějak ustal. Po dlouhé době pocítujeme nutnost energetické nezávislosti a k té nám zcela jistě dopomůže i energie větru, která se u nás zatím neměla šanci projevit ve větším měřítku. Míst vhodných k tomuto účelu se u nás nevyskytuje mnoho a už z tohoto důvodu bychom je měli využít naplno.

Literatura

- [1] ŠPONIAROVÁ, Petra. *Větrné elektrárny* [online]. Brno, 2020 [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/14evlf/>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Kamil Řehák, Ph.D.
- [2] OSIČKA, Jan, Filip ČERNOCH, Petr OCELÍK a Tomáš VLČEK. *Technicko-ekonomické aspekty energetiky* [online]. Brno, 2014 [cit. 2022-05-09]. Masarykova univerzita v Brně.
- [3] Větrná mapa. In: *Česká společnost pro větrnou energii* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://csve.cz/cz/clanky/vetrna-mapa/35>
- [4] KOČ, Břetislav. *Z historie větrných elektráren* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/z-historie-vetrnych-elektren--13364>
- [5] MASTNÝ, Petr, Jiří DRÁPELA, Stanislav MIŠÁK, Jan MACHÁČEK, Michal PTÁČEK, Lukáš RADIL, Tomáš BARTOŠÍK a Tomáš PAVELKA. *Obnovitelné zdroje elektrické energie* [online]. Praha, 2011 [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/cvut-2-oze.pdf>. České vysoké učení technické v Praze.
- [6] Větrné elektrárny. In: *Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů, z.s.* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <http://www.spvez.cz/pages/OZE/vitr.htm>
- [7] Větrné elektrárny VII. – Jak se staví větrná elektrárna. In: *Tzbinfo* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/14893-jak-se-stavi-vetrna-elektarna>
- [8] SVOBODA, David. Větrné elektrárny v procesu EIA. In: *Enviweb* [online]. 2011 [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://www.enviweb.cz/87301>
- [9] STUDENÍK, Jiří a Michal SVITAVSKÝ. *Energie větru, vody, biomasy* [online]. 2016 [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/90/05.html>. Střední průmyslová škola elektrotechnická a informačních technologií Brno.
- [10] Krajinný ráz a výstavba. In: *Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky* [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.ochranaprirody.cz/obecna-ochrana-prirody-a-krajiny/krajiny-raz-a-vystavba/>

- [11] Spor „ekonomika versus krajinný ráz“ skončil ve prospěch větrných elektráren. In: *Odborné časopisy* [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/spor-ekonomika-versus-krajinnny-raz-skoncil-ve-prospech-vetrnych-elektren--11003>
- [12] Jak spolu fungují elektrárny a ptáci?. In: *Česká společnost pro větrnou energii* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://csve.cz/faq/jak-spolu-funguji-elektreny-a-ptaci-/13>
- [13] Co je to EIA?. In: *Frank Bold* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: https://frankbold.org/poradna/zivotni-prostredi/zamery-ovlivnujici-zivotni-prostredi/eia/rada/co-je-eia#Co_se_v_r%C3%A1mci_EIA_hodnot%C3%AD
- [14] EIA a SEA. In: *Cenia* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://www.cenia.cz/odborna-podpora/eiasea/>
- [15] Pravidla provozování distribuční soustavy 2022. In: *ČEZ Distribuce* [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.cezdistribuce.cz/cs/energeticka-legislativa/pravidla-provozovani-ds/pravidla-provozovani-distribucni-soustavy-2022>
- [16] Problematika připojování větrných elektráren do distribuční sítě. In: *Tzbinfo* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/4279-problematika-pripojovani-vetrnych-elektren-do-distribucni-site>
- [17] HANSLIAN, David, Jiří HOŠEK a Josef ŠTEKL. *Odhad realizovatelného potenciálu větrné energie na území ČR* [online]. Praha, 2008 [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: https://www.ufa.cas.cz/DATA/vetrna-energie/potencial_ufa.pdf. Ústav fyziky atmosféry AV ČR.
- [18] *Větrné podmínky ve výšce 10 m* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <http://vitr.ufa.cas.cz/male-vte/>. Ústav fyziky atmosféry AV ČR.
- [19] ŠEBELA, Vladimír, Ctirad ŠEBELA a Miloslav ŠEBELA. *Větrné elektrárny Hať: Oznámení záměru podle § 6 zákona č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí, v rozsahu přílohy č. 4.* 2008.
- [20] Digitální technická mapa Plzeňského kraje. In: *Plzeňský-kraj* [online]. [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://mapy.plzensky-kraj.cz/gis/dtm/>
- [21] Postup výpočtu větrné elektrárny. In: *Malé větrné elektrárny* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: http://www.ve.mzf.cz/index.php?nc_postup_vypoctu#vypocet

- [22] Zákon č. 100/2001 Sb.: Zákon o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí). In: *Zákony pro lidi* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-100#f2180459>
- [23] Zákon č. 289/1995 Sb.: Zákon o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon). In: *Zákony pro lidi* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-289>
- [24] Ptáci a větrné elektrárny. In: *Birdlife* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://www.birdlife.cz/co-delame/vyzkum-a-ochrana-ptaku/ochrana-druhu/konflikty-ptak-clovek/ptaci-a-vetrne-elektrarny/>
- [25] Ptačí oblasti v České republice. In: *Birdlife* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://www.birdlife.cz/o-ptacich/ptaci-oblasti-v-ceske-republice/>
- [26] Mapa migračních koridorů pro velké savce. In: *Šelmy* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://www.selmy.cz/publikace/odborne-publikace/mapa-migracnich-koridoru-pro-velke-savce/>
- [27] Zákon č. 114/1992 Sb.: Zákon České národní rady o ochraně přírody a krajiny. In: *Zákony pro lidi* [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-114>
- [28] MAJLING, Eduard. Studie: Námraza může omezit výrobu větrných turbín až o 80 %. In: *O energetice* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/vetrne-elektrarny/studie-namraza-muze-omezit-vyrobu-vetrnych-turbin-az-80>
- [29] MAJLING, Eduard. Konec nebezpečné námraze na lopatkách větrných turbín? Nový materiál využívá k odmrazení energii Slunce. In: *O energetice* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/vetrne-elektrarny/konec-nebezpecne-namraze-lopatkach-vetrnych-turbin-novy-material-vyuziva-k-odmrazeni-energii-slunce>
- [30] Vyhřívání rotorových listů větrné elektrárny. In: *Česká společnost pro větrnou energii* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://csve.cz/cz/clanky/vyhrevani-rotorovych-listu-vetrne-elektrarny/314>

- [31] PROCHÁZKA, Radek. Venkovní vedení VVN (II). In: *Tzbinfo* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/teorie-elektrotechnika/4151-venkovni-vedeni-vvn-ii>
- [32] Zkroťte sílu větru, bude pracovat pro vás. In: *Vývoj.HW* [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/zkrotte-silu-vetru-bude-pracovat-pro-vas.html>

Přílohy



Obrázek 11: (zdroj vlastní) Možná manipulační cesta, na konci lesa po cestě z obce Bezděrov



Obrázek 12: (zdroj vlastní) Bezprostřední okolí možného místa výstavby



Obrázek 13: (zdroj vlastní) Lesní cesta přecházející v cestu polní



Obrázek 14: (zdroj vlastní) Vyčnívající vrchol Krašovského vysílače



Obrázek 15: (zdroj vlastní) Pohled na pole vytipované pro stavbu větrné elektrárny



Obrázek 16: (zdroj vlastní) Bezprostřední okolí možné stavby



Obrázek 17: (zdroj vlastní) Stromy v okolí dosahují výšky přibližně 25–30 m



Obrázek 18: (zdroj vlastní) Možná manipulační cesta vedoucí lesem



Obrázek 19: (zdroj vlastní) Možná manipulační cesta



Obrázek 20: (zdroj vlastní) Možná manipulační cesta



Obrázek 21: (zdroj vlastní) Možná manipulační cesta, vjezd do obce Bezvěrov



Obrázek 22: (zdroj vlastní) Vjezd na manipulační cestu z obce Bezvěrov



Obrázek 23: (zdroj vlastní) Vysílač Krašov (347,5 m), pohled z obce Bezvěrov