

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie krajiny



Bakalářská práce

**Větrné elektrárny – návržení a ověření parametrů
pro umístění větrných elektráren na území
Karlovarského kraje.**

**Vedoucí práce: Ing. Aleš Vitvar
Bakalant: Petr Vaněček**

© 2010 ČZU v Praze



Česká zemědělská univerzita v Praze
Katedra: Katedra ekologie krajiny

Fakulta životního prostředí
Školní rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro: Petr Vaněček

obor: DÚTSS – Územní technická a správní služba – distanční forma (středisko Karlovy Vary)

Název tématu:

Větrné elektrárny – návržení a ověření parametrů pro umístování větrných elektráren na území Karlovarského kraje.

Název tématu v anglickém jazyce:

Wind power station - the design and verification of parameters for the placement of wind power station in the Karlovy Vary Region.

Zásady pro vypracování:

Cílem bakalářské práce je popsat a zhodnotit návržení a ověření parametrů pro umístění větrných elektráren. Zvláštní důraz bude kladen na přínos a možnosti umístění větrných elektráren a jejich další rozvoj především v Karlovarském kraji.

Osnova práce bude následující:

1. Úvod do problematiky spojený s literární rešerší z domácích i zahraničních pramenů
2. Současný stav využívání větrného potenciálu.
3. Metodika hodnocení vlivů VE
4. Popis a vyhodnocení výsledků vlastního šetření
5. Souhrn poznatků a doporučení

Rozsah grafických prací: 5 – 10 stran, mapka polygonu zájmového území, fotodokumentace

Rozsah průvodní zprávy: cca 30 – 40 stran

Seznam odborné literatury:

Písemné zdroje:

- Soubor prací a studií z archivu Katedry ekologie krajiny FŽP ČZU v Praze
- Průvodce ochranou životního prostředí (Jitka Vlčková)
- Obnovitelné zdroje energie (Ministerstvo životního prostředí ČR)
- Základy krajinného plánování (P. Sklenička)
- Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie (Podpora ochrany ŽP v ČR – Český ekologický ústav)
- Technika využití větru (H. Crome)

Internetové zdroje:

- Ministerstvo životního prostředí (www.env.cz)
- Agentura ochrany přírody a krajiny (www.ochranaprirody.cz)
- Česká informační agentura životního prostředí (www.cenia.cz)

Mapové servery:

- Mapový server AOPK ČR (<http://mapy.nature.cz>)
- Gis for soil and Water Conservation (www.sowac-gis.cz)

Legislativa:

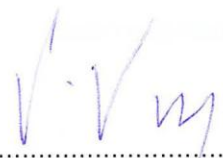
- Zákon č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí, ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Aleš Vitvar

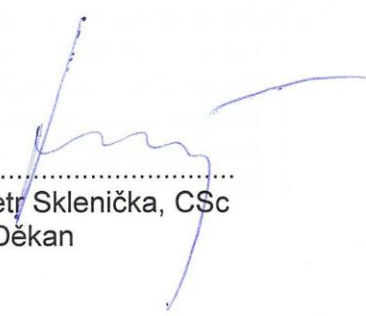
Konzultant bakalářské práce: Ing. Zdeněk Keken

Datum zadání bakalářské práce:

Termín odevzdání bakalářské práce: 30.04.2010


.....
doc. RNDr. Miroslav Martiš, CSc
Vedoucí katedry




.....
doc. Ing. Petr Sklenička, CSc
Děkan

V Praze dne

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci „Větrné elektrárny – návržení a ověření parametrů pro umístění větrných elektráren na území Karlovarského kraje“ vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

V Praze dne 30.04.2010

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Aleši Vitvarovi, za odborné vedení, konzultace, cenné připomínky a komentáře, kterými přispěl k vypracování této bakalářské práce.

V Praze dne 30.04.2010

Abstrakt:

V rámci bakalářské práce je řešena problematika umístování větrných elektráren v rámci Karlovarského kraje. Cílem práce je analýza využití větrného potenciálu v rámci ČR a EU, zhodnocení vývojových trendů větrných elektráren a zhodnocení umístování větrných elektráren s ohledem na otázky životního prostředí. Práce je dělena na více tematicky zaměřených částí. V úvodní, popisné části se zabývám komplexním zhodnocením větrné energetiky. Dále jsou v práci hodnoceny podmínky pro výstavbu větrných elektráren se zaměřením zejména na aspekty životního prostředí. V závěru jsem na základě metodického pokynu Ministerstva životního prostředí k vyhodnocení možnosti umístění větrných a fotovoltaických elektráren z hlediska ochrany přírody a krajiny provedl vyhodnocení lokalit vhodných pro výstavbu větrných elektráren v rámci Karlovarského kraje.

Klíčová slova:

obnovitelné zdroje energie, vítr, větrný potenciál, životní prostředí, Karlovarský kraj

Abstract:

The thesis approaches the problem of placing wind turbines in the Karlovy Vary region. The aim of the thesis is to analyze the use of wind power potential in the Czech Republic and the EU, evaluation of trends and assessment of wind power siting wind power stations with regard to environmental issues. The thesis is divided into several thematic sections. At the beginning, descriptive part, I deal with the comprehensive assessment of wind energy. The thesis also evaluated the conditions for building wind power plants with a particular focus on environmental aspects. In the end I was under the methodic guidance of the Ministry of Environment to assess the feasibility of siting wind and photovoltaic power plants in terms of nature conservation and landscape assessment carried out for sites suitable for construction of wind power in the Karlovy Vary region.

Keywords:

Renewable energy, wind, wind potential, environment, Karlovy Vary Region

Obsah:

1. Úvod.....	7
2. Cíl práce	8
3. Literární rešerše.....	8
4. Současný stav využívání větrného potenciálu.....	11
4.1. Větrná energie	12
4.1.1. Historie využívání větrné energie	12
4.1.2. Vítr	12
4.1.3. Měření, směr, rychlost větru	14
4.1.4. Výpočet výkonu větrné energie	15
4.2. Větrné elektrárny	16
4.2.1. Základní části větrné elektrárny	16
4.2.2. Rozdělení větrných elektráren.....	20
4.2.3. Princip činnosti větrných elektráren.....	22
4.2.4. Větrné elektrárny v ČR	22
4.2.5. Větrné elektrárny v Evropské unii	25
4.3. Podmínky pro výstavbu větrné elektrárny + legislativa	28
4.3.1. Hledání vhodných větrných lokalit	28
4.4. Větrné elektrárny a životní prostředí	34
4.4.1. Výhody větrných elektráren.....	36
4.4.2. Nevýhody větrných elektráren	36
5. Metodika	37
6. Popis a vyhodnocení výsledků vlastního šetření.....	39
7. Souhrn poznatků a doporučení.....	44
8. Závěr	46
Seznam použité literatury.....	47
Seznam tabulek:	51
Seznam obrázků:	51

1. Úvod

Člověk již od nepaměti potřeboval ke svému bytí energii. Zprvu si vystačil s energií slunce, vody, větru a ohně. Zdroje energie se postupem času stále zdokonalovaly a novodobá společnost klade stále větší nároky na využívání energie.

V této práci se zaměřím na využívání větrné energie a její možné dopady na životní prostředí. Většina lidí zná vítr pouze z té záporné stránky, představují si ho jako živel, který způsobuje katastrofy. Vítr má však i kladné stránky, jeho energii dokážou využít jachtaři, windsurfigisté, majitelé větrných mlýnů, vodních čerpadel a v poslední době stavitelé větrných elektráren.

V současnosti se větrné elektrárny spolu se slunečními řadí mezi nejčastěji stavěné zdroje ve světě. Je to zapříčiněno zejména státní podporou obnovitelných zdrojů a garantovanou výkupní cenou vyrobené elektřiny.

Větrné elektrárny dosahují výšky až 150 m a mají významný vliv na přeměnu charakteru krajiny a veřejností bývají často odsuzovány. Pro investory hraje hlavní roli rychlost větru a často opomíjí důsledky stavby na životní prostředí, především pak na krajinný ráz. V české republice jsou nejvhodnější lokality pro stavbu větrné elektrárny horské příhraniční oblasti, které spadají do chráněného území. Stavba větrné elektrárny v těchto oblastech je z hlediska únosnosti vlivů na životní prostředí a krajinného rázu vyloučena. Větrná elektrárna bude mít požadovaný efekt, bude-li postavena na místech, kde fouká a samotná stavba a provoz bude mít minimální vliv na krajinu, nebo kde již existuje stavba znehodnocující krajinný ráz.

2. Cíl práce

Tato bakalářská práce se zaměřuje na využití větru jako obnovitelného zdroje energie pro výrobu elektřiny.

- Zhodnocení historického využívání větrného potenciálu v celosvětovém měřítku;
- analýza využívání větrných elektráren, jakožto zdroje elektrické energie v rámci Evropské unie a ČR;
- zhodnocení vývojových trendů v počtu realizovaných větrných elektráren za období 1991 – 2009;
- vytipování vhodné lokality pro výstavbu větrné elektrárny;
- vyhodnocení vlivů větrných elektráren na životní prostředí;
- zhodnocení Karlovarského kraje z hlediska možnosti výstavby větrných elektráren.

3. Literární rešerše

Rozvoj větrných elektráren je závislý na úrovni větrného potenciálu a na určité politické vůli podporovat tento trend současné doby. Literatura o větrných elektrárnách a obnovitelných zdrojích je obsažena v dílech geografického, technického nebo ekologického charakteru. Dostupné zdroje jsou jednak knižní publikace, odborné časopisy, informativní brožury nebo internetové zdroje.

Odbornou literaturu zabývající se obnovitelnými zdroji na téma větrné energie můžeme rozdělit na literaturu technickou, obecnou, ekonomickou se zaměřením na jednotlivé aspekty ekonomiky výstavby a provozu, ekologickou ve vztahu k životnímu prostředí nebo právní v návaznosti na zákony a právní normy.

Zahraniční literatura se zaměřením na obnovitelné zdroje a větrnou energii je od G. Boyle – Renewable Energy Power for Sustainable Future. Zde je rozebírán celkový pohled na obnovitelné zdroje energie, jejich jednotlivé vlivy na životní prostředí a budoucí využití obnovitelných zdrojů. Z odborné literatury vydané českými autory bych se zmínil o knize M. Cénka a kolektivu – Obnovitelné zdroje energie, kde je řešen obecně problém obnovitelných zdrojů energie, popisuje a obecně se zabývá

obnovitelnými zdroji energie. Obnovitelné zdroje energie a jejich problémy v celosvětovém měřítku popisuje kniha V. Janíčka a V. Krepla *Energy, Environment and Sustainable*.

Další odbornou publikací zabývající se výhradně větrnou energií z ekonomického hlediska je od S. Matjesa – *Wind Energy: Fundamentals, Resource Analysis and Economics*. Je doplněna spoustou ilustrací, diagramy a příklady řešených problémů.

Další knihou, ze které jsem čerpal k tématu bakalářské práce je *Technika využití energie větru*, původní německý titul *Handbuch Windenergie Technik* od H. Crome. Podtitul je *Svépomocná stavba větrných zařízení*, a v knize je rozvedeno využití energie větru, účinnost, efektivnost a myšlenky o technice a základy aerodynamiky. V posledním období vyšlo několik publikací zaměřených na výstavbu, provoz a problematiku větrných elektráren na území České republiky. Ekologická organizace Calla společně s Hnutím Duha vydala v září 2006 publikaci *Větrné elektrárny: mýty a fakta* od E. Sequense a P. Holuba. Autoři řeší problémy větrných elektráren a snaží se rozebrat mýty a fakta spojené s hlukem, krajinou, signálem a stroboskopickým efektem již postavených větrných elektráren. Publikace má přispět k informačním debatám na dané téma s určitým postojem problému. Rovněž firma ČEZ se připojila publikací *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice* v roce 2007, kde se například J. Štekl ve svém příspěvku zabývá výhradně větrnou energií. J. Štekl je autorem značného počtu článků a publikací s větrnou tematikou a je zapojen v nejvýznamnější organizaci v ČR zabývající se problematikou větrné energie a tou je Česká společnost pro větrnou energii (dále jen ČSVE).

Větrnou energii v právním prostředí popisuje kniha M. Kloze *Využívání obnovitelných zdrojů energie: právní předpisy s komentářem*. Zde autor podává komentář ke každému ustanovení zákona o podpoře výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů a jsou zařazeny do právního rámce podle nové právní úpravy.

Ve své práci také čerpám ze Sborníku příspěvků z konference *Ochrana krajinného rázu*, která proběhla ve dnech 23. a 24. března 2006 v Kongresovém centru Masarykovy koleje ČVUT v Praze jehož editoři I. Vorel a P. Sklenička zde přednášeli o únosnosti zásahů do krajinného rázu a realizaci větrných elektráren. Další konference byla na Božím Daru ve dnech 6. a 7. června 1997, se zaměřením na

možnosti využití energie větru v česko – německo – polské příhraniční oblasti, kde byli odbornými garanti J. Škorpil a E. Ščerba ze Západočeské univerzity v Plzni. Zaměřením bylo na možnosti využití energie větru na české a německé straně Krušných hor, studie větrné farmy na Božím Daru a vliv na životní prostředí v dané oblasti. Česká společnost pro krajinnou ekologii vydala Krajinný ráz – jeho vnímání a hodnocení v evropském kontextu, kde jsou zařazeny příspěvky z konference CZ – IALE konané ve dnech 4. – 5. února 2005. Zde je hodnocení krajinného rázu v současné době v rozhodovacím procesu, analýza sledovaného území, jeho vztahy jednotlivých součástí a navrhnout ochranu krajinného rázu. Krajina je definována, jako část zemského povrchu kde se stýkají všechny aktivity člověka, voda, ovzduší, půda, rostliny a živočichové.

Kromě knižních publikací se větrnou energií zabývají i odborné časopisy. Větrnými elektrárnami se zabývá mezinárodní časopis Renewable Energy, kde jsou uveřejňovány články významných odborníků v oblasti větrné energie. V České republice je ČSVE vydavatelem odborného časopisu Větrná energie, který vychází již od roku 1994. V tomto časopise se rovněž prezentují další významní odborníci kromě již zmíněného J. Štekla, například klimatolog I. Sládek nebo specialista na obnovitelné zdroje B. Koč. Dalším časopisem je Alternativní energie, který vychází od roku 1998 a zabývá se všemi obnovitelnými zdroji.

Dalším zdrojem jsou webové stránky, které se specializují na problematiku výstavby, lokalizaci provozu, nebo krajinného rázu větrných elektráren. Dále jsou tu stránky týkající se stavebnictví, úspor energie a technické zařízení budov. Nejvýznamnější je web ČSVE, který informuje o fungování této společnosti a informuje o novinkách v oblasti větrných elektráren. Další webové stránky má česko – německý větrný informační server, ekologické bydlení, TZB Info, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie - EkoWATT. Rovněž v zahraničí jsou internetové stránky se zaměřením na větrné elektrárny, například www.wind-energie.de.

Lokalizaci větrných elektráren prezentuje Calla – sdružení pro záchranu prostředí, Česká agentura pro obnovitelné zdroje a web V. Růžičky.

Problematikou větrných elektráren se zaměřením proti stavbě větrných elektráren je web Stop – větrníkům, který publikuje články proti výstavbě větrných elektráren.

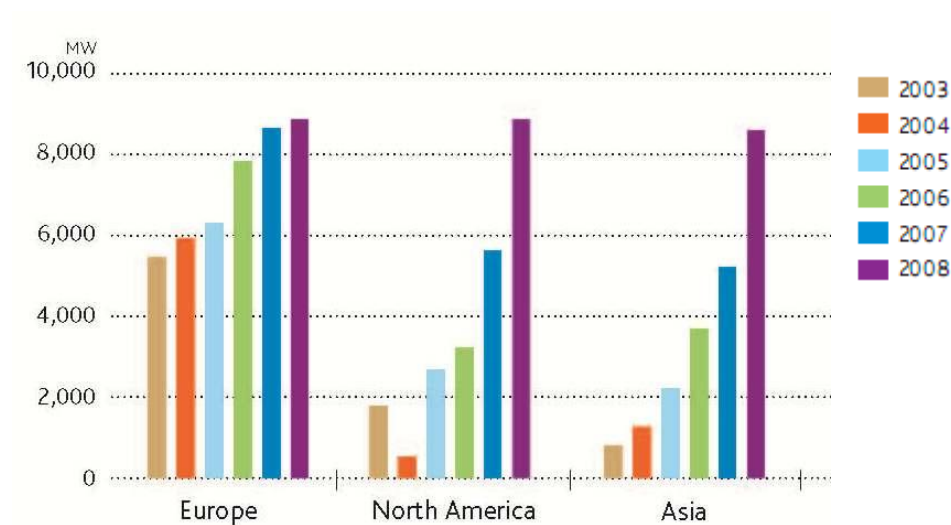
4. Současný stav využívání větrného potenciálu

Dříve se stavěly větrné mlýny a vodní čerpadla využívající sílu větru, ale současný vývoj se zaměřuje na přeměnu proudícího větru v elektrickou energii. Větrné elektrárny jsou převážně napojeny do rozvodných sítí a podílejí se tak na zásobování domácností elektřinou. V posledních letech jsou větrné elektrárny nejčastěji stavěným zdrojem pro výrobu z obnovitelných zdrojů v Evropě.

V současné době vede ve světovém žebříčku využívání energie větru USA, které v posledním roce dokázalo vybudovat větrné elektrárny s výkonem 8 358 MW. Na konci roku 2008 tak mělo celkový instalovaný výkon 25 170 MW. Ještě v roce 2007 se na první pozici nacházelo Německo, které dnes disponuje výkonem 23 903 MW a nyní zaujímá druhou příčku. Za zmínku určitě stojí Čína, která v posledním roce zaznamenala raketový nástup větrných elektráren. V minulém roce instalovala výkon 6 300 MW a se současnými 12 210 MW zaujímá čtvrté místo. Čína řadí stavbu větrných elektráren mezi své priority a můžeme předpokládat, že v tomto roce svoji kapacitu zdvojnásobí.

Celkový instalovaný výkon větrných elektráren v roce 2008 ve světě byl 120 791 MW. A s jistotou můžeme říci, že v dalších letech se výkon bude zvyšovat. V grafu si můžeme všimnout každoročního růstu instalovaného výkonu větrných elektráren za posledních 6 let.

Obrázek 1: Roční instalovaný výkon podle regionu



(Global Wind Energy Council, 2009)

4.1. Větrná energie

4.1.1. Historie využívání větrné energie

Větrná energie patřila mezi první přírodní síly, které se člověk naučil využívat pro své potřeby. Prvním, kdo tuto sílu zkontroloval a začal ji využívat, byly přímořské státy. Plachetnicemi se lidé začali dopravovat již před 4000 lety. Dalším významným využitím větrné energie, tentokrát na pevnině, je pro farmářské účely. Začala se stavět větrná kola pro čerpání vody a větrné mlýny na mletí obilí. První známé větrné motory se svislou osou otáčení byly postaveny před více než dvěma tisíci lety. Babyloňané je využívali pro vysoušení bažin (Šefer, 1991).

V poslední době se lidé zaměřují na vývoj přeměny energie větru v energii elektrickou. První zkušební automatická větrná elektrárna napojena na generátor elektrického proudu byla postavena v USA již v roce 1888.

Přímým impulzem pro rozvoj větrné energetiky v Evropě byla energetická krize v roce 1973, vyvolána embargem zemí OPEC (Sdružení států vyvážející ropu) na vývoz ropy do hospodářsky vyspělých států. Pod tlakem prudkého zvýšení světových cen ropy tehdy státy s omezenými vlastními energetickými zdroji klasického typu začaly hledat možnosti využití obnovitelných zdrojů energie, včetně energie větru, v širším měřítku (Štekl a kol. 1993).

Mezi průkopníky větrné energie se řadí Dánsko, kde již v roce 1950 bylo postaveno několik větrných elektráren. První společnost, která se začala zabývat výrobou větrných elektráren, byla k tomuto kroku donucena právě energetickou krizí. Firma Nordtank vyráběla cisterny na přepravu a skladování ropy. V roce 1979 se v této firmě objevila první vyrobená větrná elektrárna o výkonu 30 kW. Podobnou strategii zvolila i firma Vestas, která dnes patří k největším firmám zabývajícím se touto technologií. Vestas zahájil výrobu větrných elektráren v roce 1979, do této doby se zaměřoval především na výrobu zemědělských strojů.

4.1.2. Vítr

Téměř ve veškeré literatuře se pojem vítr označuje, jako horizontální složka proudění vzduchu. Vítr se řadí mezi základní meteorologický prvek, u kterého určujeme jeho

směr a rychlost. Důsledkem jeho vzniku je zahřívání zemského povrchu sluneční energií a rotace Země. Například nad zemským povrchem ohřátým sluncem vzrůstá teplota vzduchu, tím se vzduch roztahuje. Nad sousedícím mořem zůstává vzduch chladnější. Kolísáním hustoty vzduchu, které tak vzniká, má za následek rozdíly tlaku vzduchu, které způsobují proudění vzduchu. Nad povrchem země začíná vát vítr z moře na pevninu. V noci se směr větru mění na opačný, protože voda je teplejší než povrch země, který se ochlazuje rychleji (Crome, 2002).

Můžeme tedy říci, že nám vítr vyrovnává tlak vzduchu v atmosféře a vane z oblasti vyššího tlaku do oblasti s nižším tlakem.

Rozeznáváme osm typů směru větru severovýchodní 0° - 40° , východní 40° - 90° , jihovýchodní 90° - 130° , jižní 130° - 180° , jihozápadní 180° - 220° , západní 220° - 270° , severozápadní 270° - 310° a severní 310° - 360° . Pod pojmem směr větru rozumíme směr, odkud vítr vane. V České republice se můžeme setkat se všemi směry větru, kromě východního a severovýchodního. Převažuje ovšem směr západní a jihozápadní. V horských oblastech je průměrná rychlost větru 7 m.s^{-1} . V přímořských státech průměrná rychlost větru převyšuje v určitých oblastech $11,5 \text{ m.s}^{-1}$.

Česká republika se nachází v mírném pásmu ve střední Evropě. Větrné poměry ovlivňují převážně faktory vnitrozemské polohy a složitých ortografických podmínek. Kvůli těmto faktorům na našem území dochází ke snížení rychlosti větru, z čehož vyplývají zhoršené podmínky pro využití větru. Neznamená to ale, že se na našem území nedá využít větrného potenciálu. Plošná rozloha České republiky je přes 78 tisíc km^2 . Z toho lze pro umístění větrných elektráren použít 6 364 km^2 , kde je rychlost větru vyšší než 6 m.s^{-1} .

Větrný potenciál Karlovarského kraje má atraktivní místa, ovšem je limitován z hlediska ochrany přírody, např. Krušné hory, nebo jsou úplně vyloučeny z důvodů Chráněné krajinné oblasti Slavkovský les a vojenský újezd Doupovské hory. Vhodné lokality jsou v jihovýchodní části okresu Karlovy Vary.

4.1.3. Měření, směr, rychlost větru

Vítr patří mezi zdroje energie, které jsou velmi nestálé a těžko odhadnutelné. Proudící vzduch musí překonávat různé překážky na povrchu a tím se také výrazně mění jeho rychlost. Mezi významné překážky, které vítr brzdí, patří například města, hory a lesy. Mezi překážky v krajině zrychlující proudění vzduchu můžeme zařadit například zúžené profily údolí, nebo výškové překážky, které je nucen vítr obtékat. Rychlost proudění vzduchu však stoupá zejména s nadmořskou výškou.

Mezi základní měřené veličiny proudění vzduchu patří rychlost a směr. Pro určení směru větru se používají větrné směrovky a nejčastěji se uvádí pomocí světových stran. Pro přesnější určení používáme stupňovou metodu azimutu.

Rychlost větru měříme pomocí anemometru, ten nám ukazuje aktuální rychlost v měrných jednotkách. Nejčastěji se uvádí v metrech za sekundu [m.s^{-1}]. V meteorologických stanicích se používají anemografy, které dokážou zaznamenat naměřené hodnoty. Rychlost větru můžeme také odhadnout bez použití přístrojů podle pozorovatelných účinků větru. Tuto Stupnici vytvořil v letech 1805 – 1808 Francis Beaufort pro námořní účely, síla větru se určovala podle vlnění mořské hladiny. V roce 1946 byla stupnice rozšířena a umožnila určit sílu větru i podle příznaků na souši.

Tabulka 1: Beaufortova stupnice rychlosti větru

stupeň	Vítr	Rychlost		Znaky na souši
		m/s	km/h	
0	bezvětří	< 0,5	< 1	kouř stoupá kolmo vzhůru
1	vánek	~ 1,25	1 – 5	směr větru poznatelný podle pohybu kouře
2	větřík	~ 3	6 – 11	listí stromů šelestí
3	slabý vítr	~ 5	12 – 19	listy stromů a větvičky v trvalém pohybu
4	mírný vítr	~ 7	20 – 28	zdvihá prach a útržky papíru

5	čerstvý vítr	~ 9,5	29 – 39	listnaté keře se začínají hýbat
6	silný vítr	~ 12	40 – 49	telegrafní dráty sviští, používání deštníků je nesnadné
7	mírný víchř	~ 14,5	50 – 61	chůze proti větru je nesnadná, celé stromy se pohybují
8	čerstvý víchř	~ 17,5	62 – 74	ulamují se větve, chůze proti větru je normálně nemožná
9	silný víchř	~ 21	75 – 88	vítr strhává komíny, tašky a břidlice se střech
10	plný víchř	~ 24,5	89 – 102	vyvrací stromy, působí škody na obydlích
11	vichřice	~ 29	103 – 114	působí rozsáhlá pustošení
12-17	orkán	> 30	> 117	ničivé účinky (odnáší střechy, hýbe těžkými hmotami)

(Vašíček, 2008)

4.1.4. Výpočet výkonu větrné energie

Pro výpočet výkonu větru je dána rovnice:

$$P = \frac{1}{2} \cdot q \cdot v^3 \cdot s \text{ [W]}$$

P – výkon [W]

q – hustota vzduchu [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

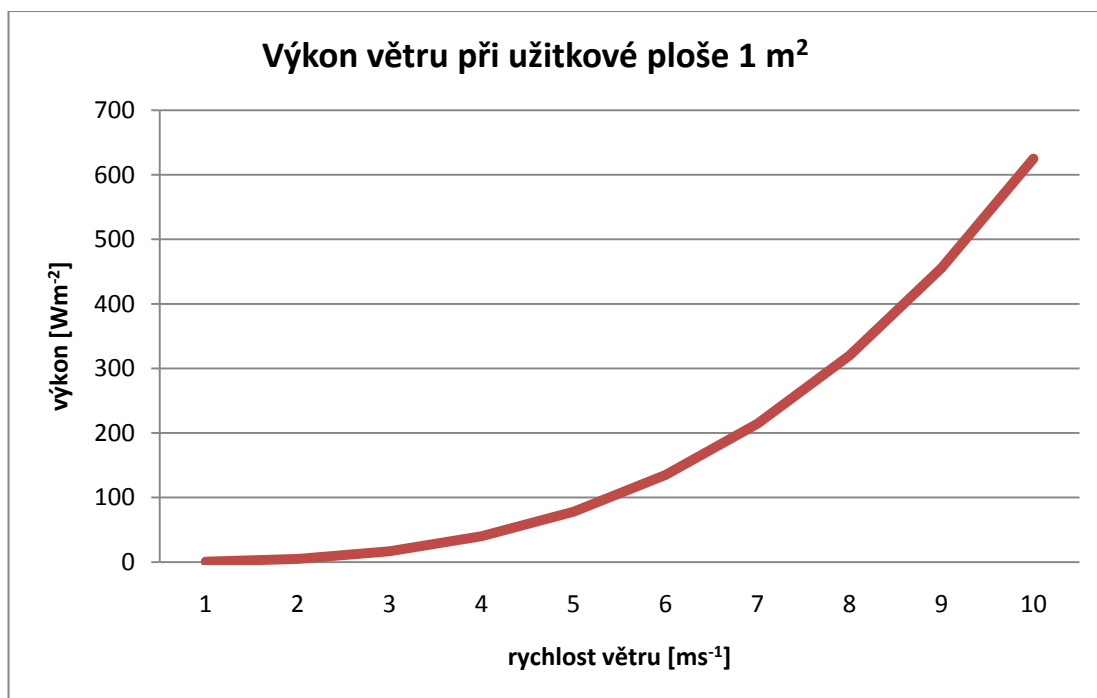
v – rychlost vzduchu [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

s – plocha, kterou vítr proudí [m^2]

Výsledkem je však pouze teoretický výkon, protože počítáme se stoprocentním využitím kinetické energie větru. To znamená, že vítr úplně zbrzdíme. Současné větrné elektrárny dokážou využít přibližně 45% kinetické energie větru. Zbylá pohybová energie zůstane ve větru zachována a bude proudit dál. Ze vzorce je patrné, že výkon prudce narůstá se třetí mocninou rychlosti proudění větru. Na grafu

je znázorněn nárůst výkonu se stoupající rychlostí větru při užité ploše 1 m^2 . V praxi to znamená, že když se nám dvakrát zvýší rychlost proudění vzduchu, výkon se zvětší osmkrát.

Obrázek 2: Graf výkonu větru



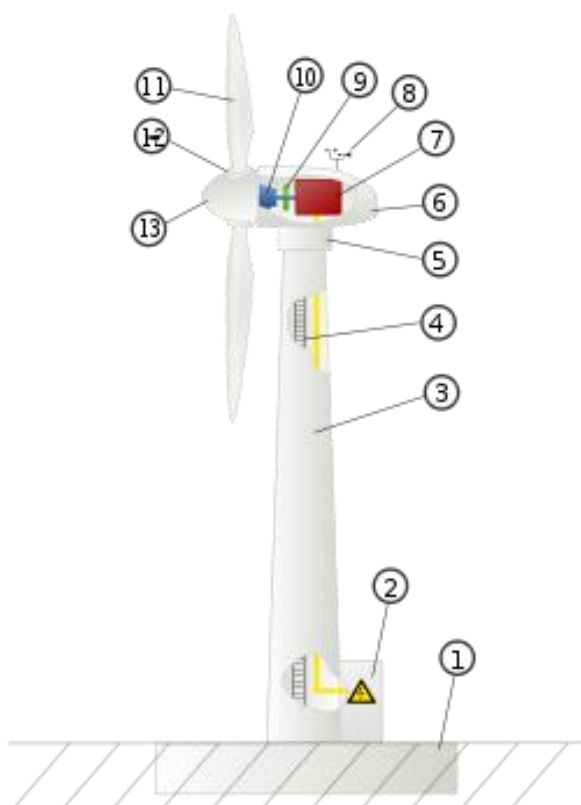
(Crome, 2002)

4.2. Větrné elektrárny

4.2.1. Základní části větrné elektrárny

Hlavními částmi větrné elektrárny je základ, stožár a gondola s rotorem. Základ elektrárny je většinou tvořen železobetonovým fundamentem. Velikost základu se odvíjí od typu a velikosti dané elektrárny. V samotném základu je usazen první díl stožáru, ke kterému se pomocí šroubů přidělají další části. Na vrcholu stožáru je umístěna gondola s rotorem. Základní částí rotoru jsou listy.

Obrázek 3: Schéma větrné elektrárny



- 1) Základ
- 2) Připojení k elektrické síti
- 3) Stožár
- 4) Žebřík
- 5) Natáčení stroje
- 6) Gondola
- 7) Generátor
- 8) Anemometr
- 9) Brzda
- 10) Převodovka
- 11) List rotoru
- 12) Rotor
- 13) Hlava rotoru

(Nordmann, 2007)

Stožár

V současné době se u větrných elektráren používají dva typy stožárů – příhradový a ocelový tubus. Ocelový tubus je tvořen několika díly spojenými šrouby. Uvnitř tubusu se nachází kabely, osvětlení, žebřík, montážní plošiny a ve větších elektrárnách i výtah. Tento typ stožárů je v české Republice nejrozšířenější. Příhradové stožáry se používají převážně v Číně a Indii. Hlavní výhodou příhradového stožáru je ekonomická výhodnost při výškách větších, jak 100 m. Další výhodou je snadnější přeprava, protože stožár se skládá až na místě stavby (ČSVE, 2010).

Obrázek 4: Příhradový stožár



Gondola

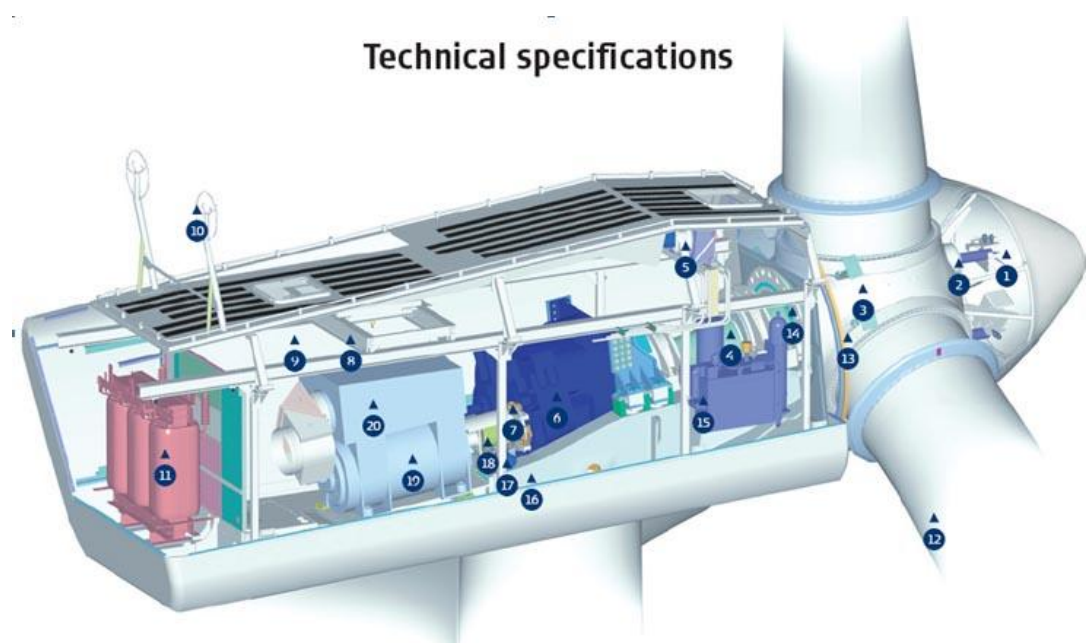
Gondola slouží k uložení strojního zařízení větrné elektrárny. V moderních elektrárnách je v ní umístěna zejména převodovka, generátor, transformátor, ovládací a kontrolní systémy. Dále zde můžeme najít brzdový, chladicí, větrací a mazací systémy. Na střeše gondoly se nachází měřicí čidla větru, které zaznamenávají údaje o síle a směru větru. Tyto údaje se po vyhodnocení používají pro otočení gondoly proti směru větru a natočení listů rotoru, aby elektrárna měla co největší výkon.

Rotor

Hlavní výrobci větrných elektráren upřednostňují třílistý rotor. Listy rotoru jsou vyrobeny ze sklolaminátu a uhlíkových vláken. Hlavní důraz se klade především na tvar listu, který musí splňovat určité vlastnosti. List musí minimalizovat hluk, tvorbu odlesků, chránit proti zásahům blesku a musí být uzpůsoben pro optimální účinnost. Součástí rotoru bývá i brzdový systém. U malých elektráren se můžeme setkat se speciální kotoučovou brzdou. Tato brzda musí být navržena, aby dokázala zastavit rotor i při vysokých rychlostech větru. U větších elektráren se pak často setkáváme se systémem nastavení listů rotoru. V případě potřeby zastavení stroje se listy nakloní do praporu a rotor přestane být poháněn větrem. V případě poruchy i tyto elektrárny jsou vybaveny klasickou kotoučovou brzdou na hlavní hřídel.

Na obrázku je znázorněna strojovna moderní větrné elektrárny od firmy VESTAS, typ V90 2MW.

Obrázek 5: Strojovna Vestas V90 2 MW



(Vestas, 2008)

- | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--|
| 1) Regulace nastavení
úhlu sklonu | 8) Servisní jeřáb | 15) Hydraulický agregát |
| 2) Válec pro nastavení
úhlu sklon | 9) Ovládací panel VMP
s měničem | 16) Rám stroje |
| 3) Hlava rotoru | 10) Ultrazvukové snímače
větru | 17) Natáčení gondoly |
| 4) Hlavní hřídel | 11) Vysokonapěťový
transformátor | 18) Kompozitní spojka |
| 5) Olejový chladič | | 19) Generátor OptiSpeed |
| 6) Hnací mechanismus | 12) List rotoru | 20) Vzduchový chladič pro
generátor |
| 7) Mechanická aretace
rotoru | 13) Ložisko listu rotoru | |
| | 14) Aretační systém rotoru | |

(Vestas, 2008)

4.2.2. Rozdělení větrných elektráren

Větrné elektrárny můžeme dělit dle několika kritérií. Nejčastěji se setkáváme s dělením podle výkonnosti a podle koncepce.

Dělení podle výkonu:

Podle výkonu rozlišujeme malé (do 60 kW), střední (60 kW až 750 kW) a velké (nad 750 kW). S výkonem větrné elektrárny roste i výška stožáru a plocha rotoru.

Malé větrné elektrárny můžeme rozdělit ještě do dvou podskupin, tzv. mikroelektrárny s výkonem přibližně do 5 kW. Tyto mikroelektrárny se dají používat pro výrobu stejnosměrného proudu při napětí 12 V nebo 24 V. Vyrobená energie proudí do baterie, odkud může napájet osvětlení nebo drobné spotřebiče. Můžeme se s nimi setkat např. na lodích, chatách nebo můžou sloužit pro napájení dopravního značení. Průměr vrtulí u těchto elektráren se pohybuje od 0,5 m do 3 m.

Malé větrné elektrárny nad 5 kW už lze používat jako zdroj. Vyrobená elektřina je připojena k síti a využívá se v daném objektu. Uplatnění těchto strojů nalezneme především v oblastech bez přípojky elektrické energie. Tyto elektrárny mají průměr vrtulí do 16 m.

Střední a velké větrné elektrárny jsou určeny pro dodávku do veřejné rozvodné sítě. Dodávají střídavý proud o napětí 660 V a vyšší. Výška stožáru se pohybuje od 80 m a průměr vrtule je v současné době od 16 m do 128 m.

Dělení podle koncepce:

Podle koncepce rozlišujeme zařízení s vertikální osou rotace a zařízení s horizontální osou rotace.

Větrné elektrárny s vertikální osou rotace se v praxi moc neuplatnily. V současné době se vyrábí pouze o výkonu do 30 kW. Jejich účinnost je jen 38%. Mezi jejich hlavní výhodu patří nezávislost na směru větru.

Větrné elektrárny s horizontální osou rotace dosahují větší účinnosti a také vyšších výkonů. Můžeme je rozdělit ještě na lopátkové a vrtulové. Vrtulové elektrárny se třemi listy patří k nejrozšířenějším větrným elektrárnám.

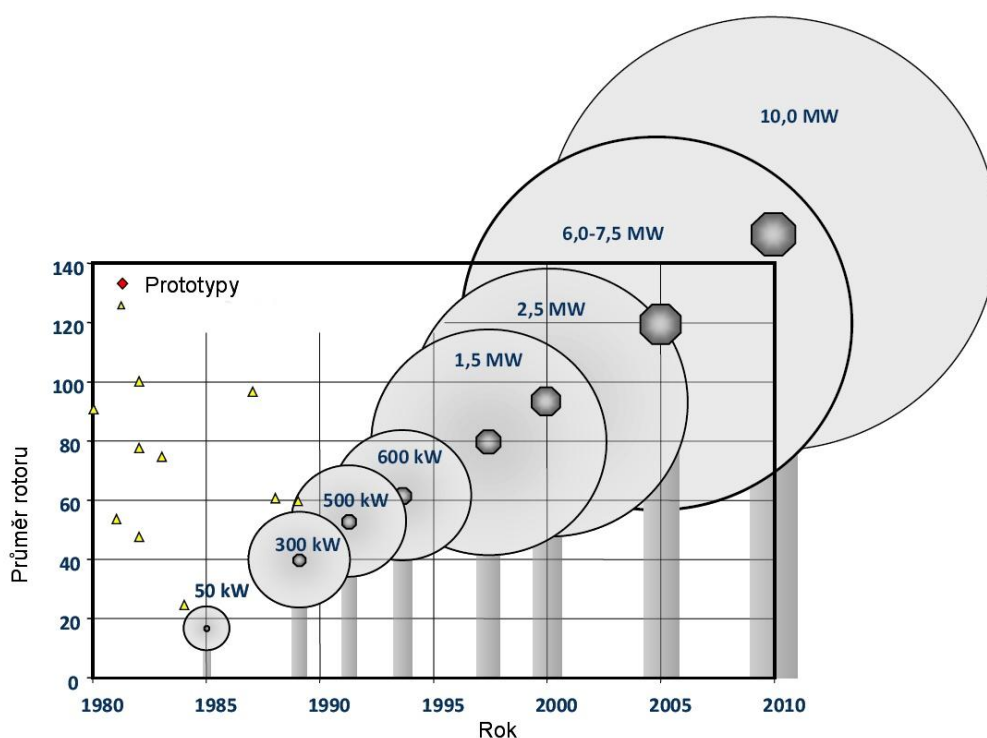
Dělení podle výšky:

Podle výšky věže dělíme větrné elektrárny na malé, střední a velké. Mezi malé se řadí elektrárny s výškou věže do 10 m. Ke středním patří elektrárny s výškou mezi 10 m až 35 m a velké větrné elektrárny jsou pak s výškou nad 35 m.

Každá větrná elektrárna s výškou nad 35 m významně ovlivňuje ráz krajiny a je nutností zpracovat dokumentaci pro zjišťovací řízení vlivu stavby na životní prostředí.

Vývoj větrných elektráren je směřován k větším rotorům a vyšším stožárům, aby byl dosažen co největší výkon. Na obrázku je znázorněn vývoj větrných elektráren od roku 1985 do roku 2010.

Obrázek 6: Vývoj velikosti větrných elektráren



(ČSVE, 2009)

4.2.3. Princip činnosti větrných elektráren

Působením aerodynamických sil na listy rotoru převádí větrná turbína energii větru na rotační mechanickou energii. Mechanická energie je následně prostřednictvím generátoru zdrojem elektrické energie (na podobném principu turbogenerátoru pracuje také klasická vodní či jaderná elektrárna). Podél rotorových listů vznikají aerodynamické síly, proto musí mít listy rotoru speciálně tvarovaný profil (Vlčková a kol. 2008).

Samotný provoz moderní větrné elektrárny je pak téměř automatický. Data pro řízení elektrárny a pro výrobu energie jsou získávána a kontrolována řadou senzorů. Všechny funkce jsou kontrolovány a řízeny mikroprocesorem. Jednotka řízení je vybavena baterií nezávislou na dodávce energie. Řídící jednotka přejímá hlavně úkoly spojené s kontrolou provozu zařízení (stav oleje, tlak, stav chladicí kapaliny a jiné), automatického natáčení strojovny proti směru větru a naklonění listů rotoru pro optimální výkon, kontrolu hlásiče požáru, redukci výkonu v případě kritických provozních teplot, ale také zaznamenává okolní povětrnostní podmínky (vítr, teplotu, vlhkost).

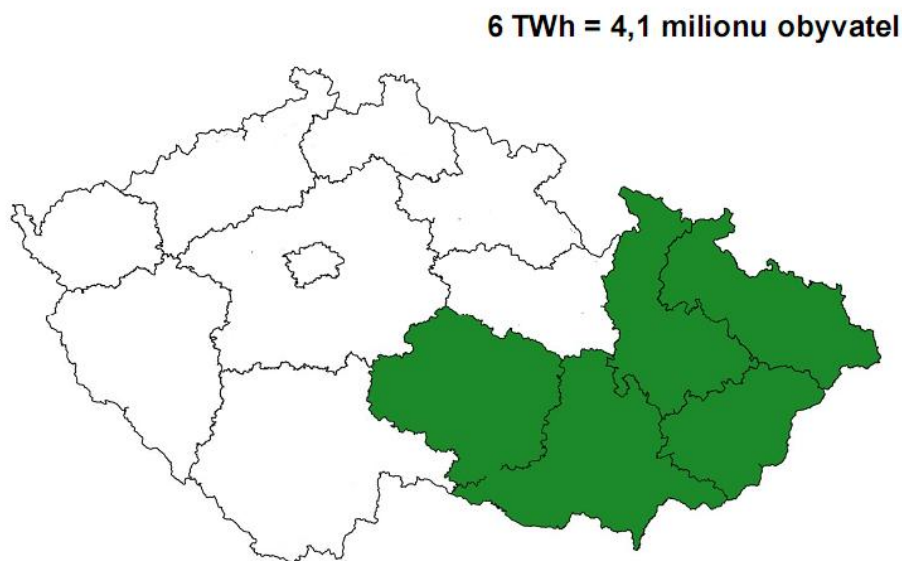
Doba životnosti nových větrných elektráren se uvádí na 20 – 25 let od uvedení do provozu. Interval údržby je stanoven na jeden rok. Při servisu se kontroluje mazání ložiska listu rotoru, ložiska generátoru, převodovky a hydraulický systém.

4.2.4. Větrné elektrárny v ČR

Stejně jako ve světě, tak i v České republice se větrné elektrárny rychle rozvíjí a vyrobená elektrická energie je dodávána přímo do sítě. Jelikož u nás nejsou tak vhodné povětrnostní podmínky jako třeba v přímořských státech, plánuje se u nás jako jeden z hlavních cílů využití obnovitelných zdrojů spíše biomasa než větrné elektrárny.

Celkový potenciál všech obnovitelných zdrojů v České republice je podle Pačesovy komise 49,8 TWh vyrobené elektrické energie, z toho se počítá 12% na výrobu větrné energie, což je 6 TWh. Na situaci máme znázorněno, jaké území podle studie dokáže pokrýt elektrická energie vyrobená z větrných elektráren.

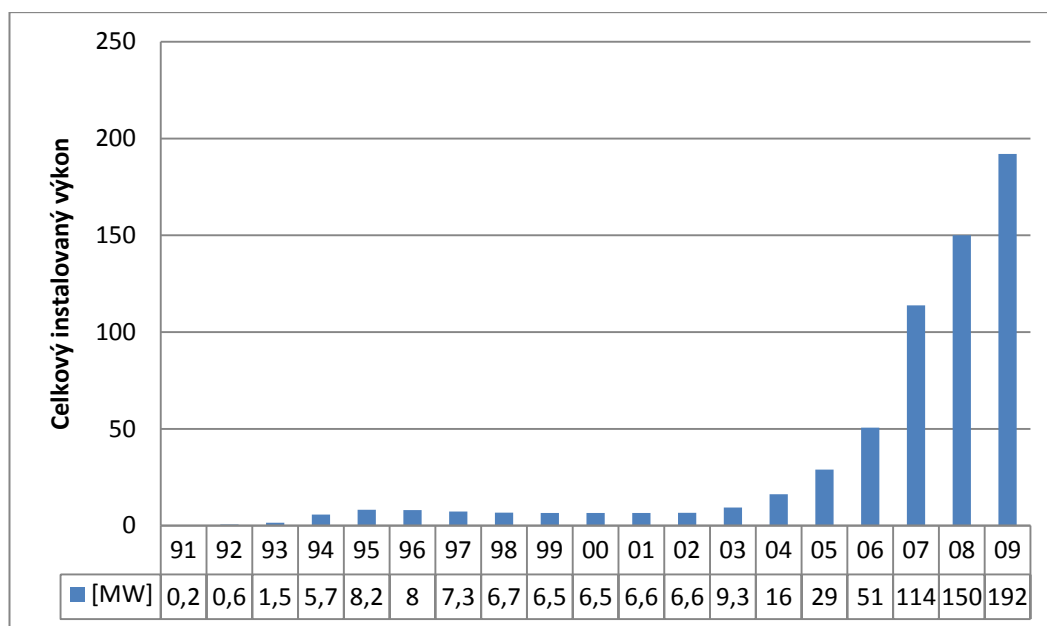
Obrázek 7: Potenciál větrné energetiky



(Janeček, 2009)

V České republice vývoj větrných elektráren probíhal ve dvou etapách. První etapa byla v letech 1990 – 1995. V tomto období bylo vybudováno 24 větrných elektráren s celkovým instalovaným výkonem 8,22 MW. Pak došlo k zastavení růstu, který způsobila nízká výkupní cena elektřiny a hlavně vysoká poruchovost postavených strojů. Druhá etapa rozvoje nastala v roce 2002 rozhodnutím Energetického regulačního úřadu stanovením minimální výkupní ceny elektřiny. Tímto krokem výstavba větrných elektráren narůstala a každým rokem se zvyšoval celkový instalovaný výkon. V dalších letech se předpokládá zpomalení růstu instalovaného výkonu větrných elektráren, zejména z důvodu nedostatečné kapacity rozvodných sítí, prodloužení dodacích lhůt větrných elektráren a stále více složitého povolenacího procesu výstavby (Cetkovský a kol. 2010).

Obrázek 8: Celkový instalovaný výkon větrných elektráren v ČR



(Energetický regulační úřad, 2010)

V současné době je v České republice postaveno 127 funkčních větrných elektráren o výkonu přibližně 192 MW. V roce 2008 se výroba větrných elektráren pohybovala kolem 250 GWh, což je spotřeba 172 000 lidí. V roce 2009 byla výroba větrných elektráren 289 888 kW. Jak již ale bylo řečeno, jedná se o velmi nestálý zdroj, a proto se větrné elektrárny berou jen jako doplněk pro celkovou výrobu elektrické energie.

Největší větrný park je vybudován v Ústeckém kraji poblíž obce Kryštofovy Hamry, který obsahuje 21 větrných elektráren o jmenovitém výkonu 2 MW. Větrné elektrárny s největším instalovaným výkonem 3 MW jsou postaveny u obce Pchery na Kladensku.

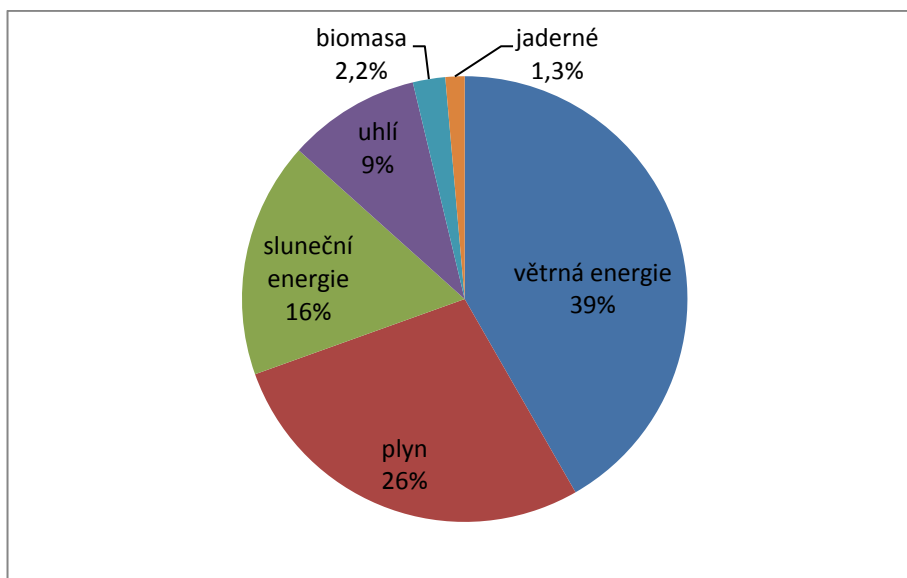
V Karlovarském kraji bylo na konci roku 2009 instalováno celkem 16 elektráren o výkonu 17,49 MW, do rozvodné sítě za tento rok dodaly 8 376 MW elektrické energie.

4.2.5. Větrné elektrárny v Evropské unii

Evropská unie má velmi malou zásobu standardních zdrojů energie a proto se snaží orientovat na obnovitelné zdroje. Každý členský stát se zaměřuje na jiný typ obnovitelných zdrojů. Rozdílnost jednotlivých členských zemí Evropské unie ve využívání obnovitelných zdrojů je do značné míry dána přírodními podmínkami. Např. Rakousko je schopno vyrábět 60% elektrické energie pomocí vodních elektráren, protože je to země z velké části hornatá a disponuje mnoha vodními toky, které mají výhodný spád. Německo, Belgie, Dánsko, Nizozemsko mají výhodu přímořských oblastí, kde takřka nepřetržitě vanou větry potřebné k efektivnímu provozu větrných elektráren. V oblastech kolem středního moře jsou výhodnější podmínky pro využívání sluneční energie (Musil, 2009).

V současné době se nejvíce energie v Evropě vyrábí pomocí vodních elektráren. Rozvoj využívání energie vody se však téměř zastavil. Velké vodní toky jsou již využívány a pro stavbu vodních děl není dostatečný prostor. V poslední době největší rozmach zaznamenává využití energie větru. Instalovaná kapacita vybraných zdrojů pro výroby energie za rok 2009 v zemích Evropské unie je znázorněna v grafu.

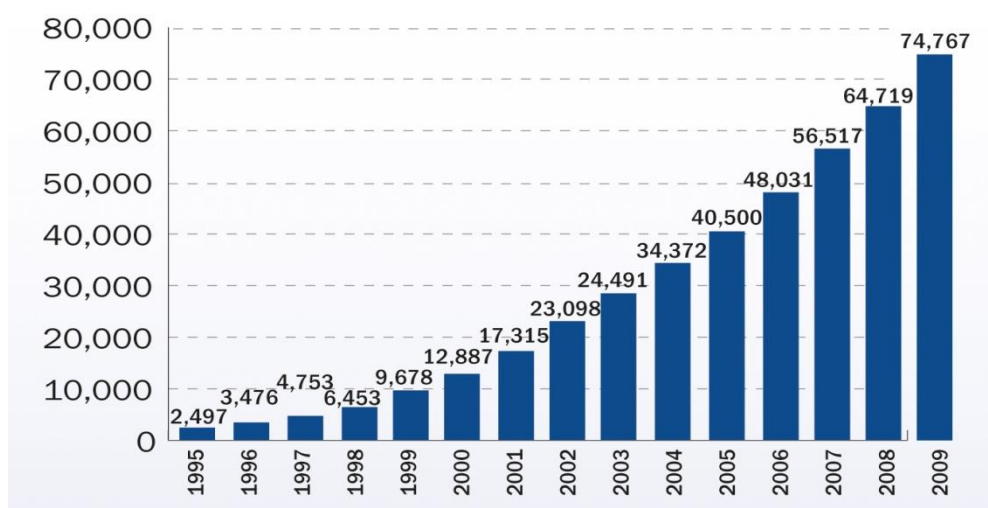
Obrázek 9: Instalovaná kapacita zdrojů energie za rok 2009 v EU



(Wilkes, 2010)

V roce 2009 byly v zemích Evropské unii instalovány větrné elektrárny o výkonu 10 163 MW, což tento rok činí rekordním ve výstavbě větrných elektráren. Na konci roku 2009 byl celkový výkon větrných elektráren 74 767 MW. (Wilkes, 2010).

Obrázek 10: Roční instalovaný výkon větrných elektráren v EU



(Europe's Energy Portal)

Tabulka 2: Větrné elektrárny instalované v Evropské unii

Země	Instalovaný výkon v roce 2009 [MW]	Celkový výkon [MW]
Německo	1917	25 777
Španělsko	2459	19 149
Itálie	1114	4 850
Francie	1088	4 492
Anglie	1077	4 051
Portugalsko	673	3 535
Dánsko	334	3 465
Holandsko	39	2 229
Švédsko	512	1 560
Irsko	233	1 260
Řecko	102	1 087

Rakousko	0	995
Polsko	181	725
Belgie	149	563
Maďarsko	74	201
Česká Republika	44	192
Bulharsko	57	177
Finsko	4	146
Estonsko	64	142
Lichnštejnsko	37	91
Lucembursko	0	35
Litva	2	28
Rumunsko	3	14
Slovensko	0	3
Kypr	0	0
Malta	0	0
Slovinsko	0	0

(Europe's Energy Portal)

V dalších letech lze předpokládat pokles výstavby ve státech, kde se energie větru začala využívat již v počátcích vývoje. Pokles výstavby ve vnitrozemí se předpokládá zejména u Německa a Španělska, kde je již málo vhodných lokalit. Vývoj větrné energetiky se v posledních letech zaměřil především na mořské větrné elektrárny tzv. off-shore. Výstavba těchto elektráren se předpokládá na pobřeží Severního a Baltského moře. Cílem je dosáhnout výroby 150 GW do roku 2030 (European Wind Energy Association, 2009). V souvislosti s touto výstavbou podepsali zástupci devíti evropských zemí v prosinci 2009 v Bruselu politickou dohodu o záměru výstavby přenosové sítě umožňující připojení nových větrných farem. Pod tuto dohodu se podepsaly státy: Německo, Velká Británie, Francie, Belgie, Dánsko, Holandsko, Irsko, Lucembursko a Norsko.

V současné době je instalováno 326 turbín mořských větrných elektráren o celkovém výkonu 597,7 MW. Největší větrný park těchto elektráren je v Dánsku. Park má 72 turbín o výkonu 2,3 MW, celkem tedy 156,6 MW.

Obrázek 11: Větrné elektrárny off-shore



(European Wind Energy Association, 2009)

4.3. Podmínky pro výstavbu větrné elektrárny + legislativa

4.3.1. Hledání vhodných větrných lokalit

Umístit větrnou elektrárnu v České republice je poměrně obtížný úkol. Vhodná lokalita musí splňovat několik podmínek, bez kterých by záměr nešel realizovat. Nejdůležitější z nich je, aby v daném místě byly příznivé větrné podmínky. To znamená dostatečně silný a četný vítr. V našich podmínkách to jsou oblasti zejména v nadmořských výškách 500 m.n.m. a více. Dalším kritériem je možnost napojení do distribuční sítě. V blízkosti musí být rozvodna s volnou kapacitou pro připojení plánovaného výkonu. Uvažovaná oblast se nesmí nacházet ve zvláště chráněných územích, lesích, určených oblastech k ochraně fauny, či jinak chráněné lokalitě a ani v prostoru letové zóny a vojenských újezdů. Staveniště musí být dobře přístupné a dostatečně velké pro manipulaci s částmi elektrárny. Kvůli hygienickým normám se musí nacházet minimálně 600 m od obydlí u jedné elektrárny. S narůstajícím počtem plánovaných elektráren se vzdálenost zvětšuje. Stavba nesmí ležet v ochranných pásmech infrastruktury. Každý projekt větrné elektrárny podléhá posuzování vlivu na životní prostředí studií EIA (Environmental Impact Assessment). Zpracování posouzení upravuje zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní

prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí). Se zřetelem na tyto omezující faktory je nutnost každý projekt nové větrné elektrárny řádně posoudit.

Ochrana přírody a krajiny

Velká část České republiky s vhodným potenciálem je chráněná zákonem č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, který určuje obecné zásady ochrany přírody, vymezuje zvláště chráněná území a obecně chráněná území. Obecné zásady ochrany přírody posuzuje studie EIA a teprve její vyhodnocení nám ukáže, zda je záměr možné realizovat. Ovšem zvláště chráněná území a obecně chráněná území jsou jasně určena a postavit větrnou elektrárnu na tomto území není možné. Zvláště chráněná území rozdělujeme na velkoplošná, do kterých patří národní parky a chráněné krajinné oblasti a maloplošná, ve kterých jsou zařazeny národní přírodní rezervace, přírodní rezervace, národní přírodní památky a přírodní památky. Do obecně chráněných území řadíme přírodní parky a významné krajinné prvky. Celkem tyto chráněné oblasti zaujímají na našem území 15,1% což představuje rozlohu cca 12 000 km².

Letové zóny a vojenské újezdy

Výstavba větrné elektrárny v prostoru letové zóny nebo ochranných pásmech radarů nebo letiště je téměř vyloučena. V současné době je těmito ochrannými pásmy chráněno přibližně 67 700 km² z celkové rozlohy 78 864 km² České republiky. Převážná část území je přitom omezena ochrannými pásmy vojenských radarů, které sahají do vzdálenosti přibližně 30 km od radaru.

Hygienické normy

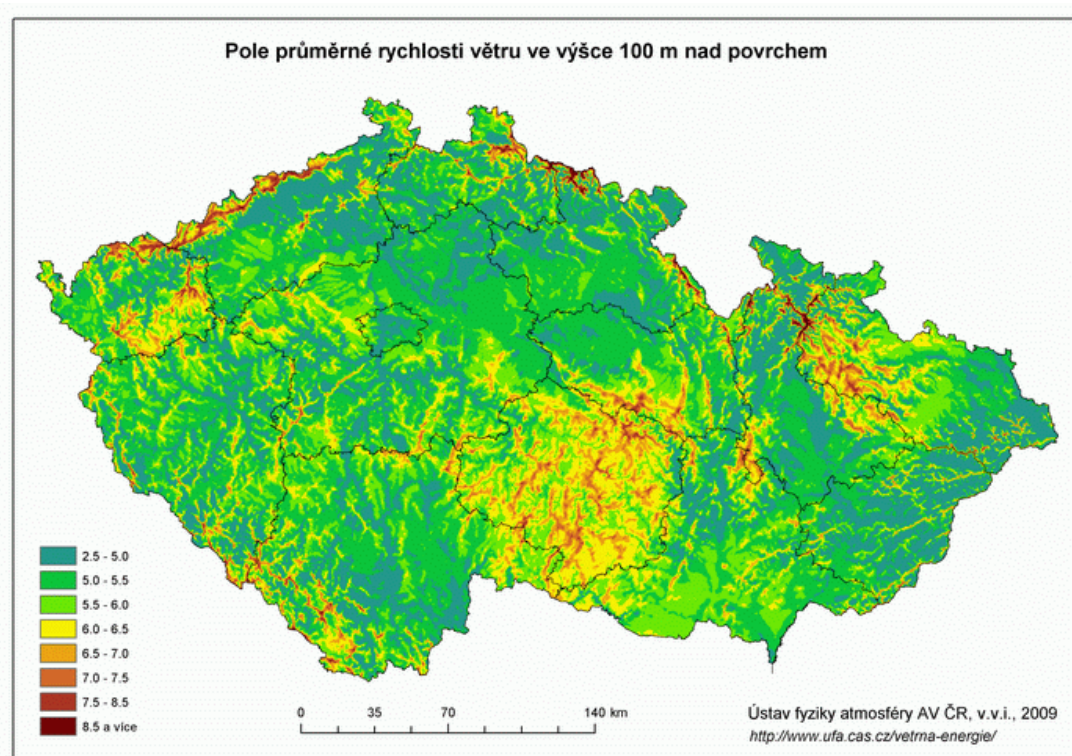
Hygienické normy chrání zejména obyvatelé přilehlých lokalit určených pro výstavbu větrné elektrárny. Omezujícím faktorem je stroboskopický efekt, což je rychlé střídání světla a stínu. U větrných elektráren vzniká otáčejícími se listy rotoru a slunečním zářením. Tento optický efekt se předpokládá pouze za určitých

meteorologických podmínek. Dalším významnějším omezením z hlediska hygieny je hladina hluku u obydlených staveb, zvláště pak v noční dobu. Hygienické limity hluku jsou dány nařízením vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů. Pro hluk z větrných elektráren v chráněném venkovním prostoru staveb je stanoven na 50 dB pro denní dobu (6:00 – 22:00 hodin) a 40 dB pro noční dobu (22:00 – 6:00 hodin). Větrné elektrárny provozují hluk mechanický a aerodynamický způsobený otáčením listů rotoru. Hladina hluku stoupá se zvyšující se rychlostí větru, ale zároveň zaniká v hluku pozadí (např. šum stromů).

4.3.1.1 Větrná mapa ČR

Pro prvotní vytipování vhodné lokality s dostatečným větrným potenciálem může sloužit větrná mapa, kterou vydává Ústav fyziky atmosféry AV ČR. Pro potřebu výstavby větrné elektrárny, bude nejvhodnější použít větrnou mapu průměrných rychlostí ve výšce 100 m nad povrchem.

Obrázek 12: Pole průměrné rychlosti větru ve výšce 100 m nad povrchem



(Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i., 2009)

Na mapě můžeme vidět, že vhodné lokality pro umístění větrné elektrárny jsou zejména v pohraničních oblastech, na Českomoravské vrchovině a Jeseníky. Dalším vodítkem mohou být již naměřené hodnoty Českého hydrometeorologického ústavu. Ten má v České republice celkem 209 klimatologických stanic, které zaznamenávají informace o klimatu v dané oblasti. Mezi přesnější posudky vhodnosti lokality patří výpočet matematickými modely. Výpočet vychází z naměřených hodnot nejbližší meteorologické stanice a přepočítává se na námi vybrané místo. K výhodám tohoto posudku patří hlavně krátká doba zpracování a finanční náklady. Když posudek bude příznivý, můžeme začít plánovat výstavbu a pro přesnější určení větrného potenciálu umístíme do lokality měřicí stožár. Metoda přímého měření větru patří k nejpřesnějším posudkům určení proudění vzduchu v dané lokalitě. Výsledky se zpracovávají a vyhodnocují po dobu jednoho roku. Žádné jiné metody nenahradí skutečná měření pro posouzení vhodnosti lokality pro stavbu větrné elektrárny. Teprve po zpracování výsledků z měřicího stožáru můžeme určit výkon a ekonomickou efektivnost větrné elektrárny.

4.3.1.2 Numerické výpočtové modely

Výpočetní modely se používají pro prvotní určení větrných poměrů v lokalitě. Na základě těchto modelů si investor vyhodnotí ekonomickou efektivnost projektu a v případě nízké výnosnosti může projekt včas zastavit.

Pro výpočet větrných poměrů se používají čtyři modelové metody, jedná se o modely VAS (větrný atlas), WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program), hybridní model VAS/WAsP a dynamický model PIAP.

VAS (Větrný atlas)

Tento model byl vyvinut v letech 1994-95 na ÚFA AV ČR. Je založen na trojrozměrné interpolaci průměrných hodnot rychlosti větru (či jiných parametrů) naměřených v síti meteorologických stanic. Tento model dokáže postihnout nárůst rychlosti větru s nadmořskou výškou, neumožňuje však podrobnější zohlednění

místních podmínek v okolí měřicí stanice a cílového bodu (větrné elektrárny) (Hanslian a kol. 2008).

Tento výpočtový model je citlivý na přesnost a kvalitu naměřených dat. Pro přesnost výpočtu je zapotřebí dostatečná hustota referenčních stanic a proto se berou i výsledky neprofesionálních stanic. Při výpočtu je zohledněn vliv nadmořské výšky na rychlost větru, ale pouze jednoduše zohledňuje vliv lokálních podmínek.

WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program)

Tento model byl vytvořen institutem RISO (Dánsko) speciálně pro potřeby větrné energetiky. Jedná se o široce rozšířený program, zaměřený na detailní přepočet větrných poměrů mezi místem měření větru a blízkými větrnými elektrárnami. Model umožňuje i určení ztrát na výrobě elektrické energie v důsledku vzájemného stínění větrných elektráren. Výhodou modelu WAsP je jeho vysoké prostorové rozlišení a realistický výpočet vertikálního profilu větru. Při větší vzdálenosti mezi místem měření a cílovým bodem je však použití tohoto modelu problematické, zvláště pokud se tato místa nacházejí v podstatně rozdílných nadmořských výškách (Hanslian a kol. 2008).

Tento model je nejvhodnější v případě, kdy se v blízkosti nachází kvalitní referenční stanice. Při výpočtech nejlépe zohledňuje vliv drsnosti terénu ze všech používaných modelů.

VAS/WAsP (hybridní model)

Tento model využívá předností modelu VAS a WAsP. Model WAsP je zde použit pro vyhodnocení vlivu místních podmínek v místě měření a v cílovém bodě, model VAS pak umožňuje interpolovat zobecněné větrné poměry z míst měřících stanic do prostoru cílového bodu (Hanslian a kol. 2008).

Tento model poskytuje nejúplnější informace o vybrané lokalitě.

PIAP (dynamický model)

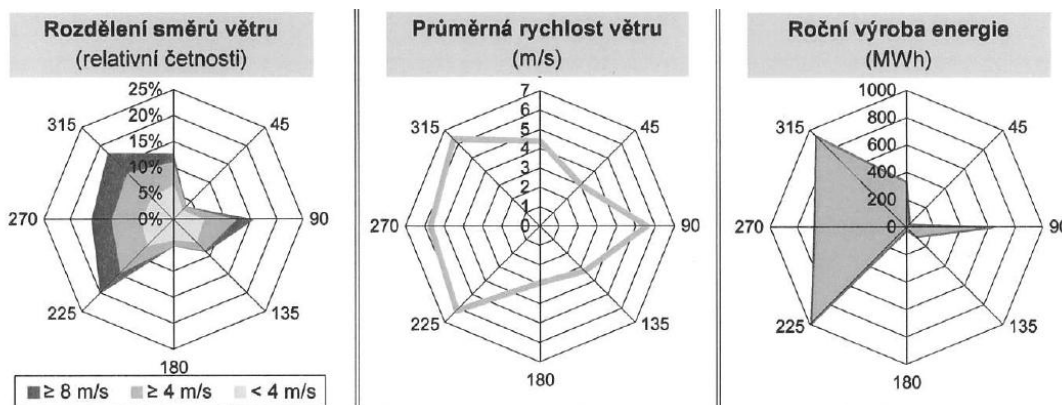
Jedná se o dynamický model proudění v mezní vrstvě atmosféry dlouhodobě vyvíjený na ÚFA AV ČR. Ve srovnání s předchozími modely zahrnuje dokonalejší fyzikální popis reality; daní za tento přístup je však jeho vyšší výpočetní náročnost, která umožňuje - vůči vysokým požadavkům větrné energetiky - jen relativně hrubé prostorové rozlišení (Hanslian a kol. 2008).

Výhodou tohoto modelu je, že k výpočtu lze použít vzdálenou referenční stanici a můžeme se vyhnout málo kvalitním stanicím, vstupní data jsou přesnější. Nevýhodou modelu je, že zanedbává malé orografické tvary.

Společnou vlastností všech čtyř modelů je pravidlo, že nejvěrohodnější výsledky můžeme očekávat v rovinném terénu v blízkosti kvalitní referenční stanice, zatímco s rostoucí členitostí a složitostí terénu a s rostoucí vzdáleností od kvalitní stanice věrohodnost dosažených výsledků klesá. Vypočtené hodnoty neberou v úvahu překážky v blízkém okolí lokality, např. stromy a budovy, které mohou významně ovlivnit rychlost větru. Z těchto důvodů se doporučuje před vlastní výstavbou elektrárny provést roční měření parametrů větru.

Na obrázku je znázorněna větrná růžice, která je výsledkem výpočtových modelů. Z ní pak lze přečíst nejvyšší rychlosti a četnosti větru a také očekávanou produkci větrné elektrárny. Na tomto příkladu můžeme vidět, nejvyšší zastoupení západního, jihozápadního a severozápadního směru větru a s nejvyšší rychlostí větru z jihozápadu. Nejvyšší produkci větrné elektrárny předpokládáme tedy při jihozápadním směru větru.

Obrázek 13: Větrná růžice



4.4. Větrné elektrárny a životní prostředí

Pojmem životní prostředí vyjadřuje vše, co vytváří podmínky k existenci organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Jeho složkami jsou zejména ovzduší, voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy a energie (Říha, 2001).

Ochranu přírody můžeme rozdělit na dvě skupiny. První skupina je ochrana druhová, která chrání jednotlivé druhy živočichů a rostlin. Druhá skupina vytváří podmínky pro život a klade důraz na obnovu narušené krajiny. Nazýváme ji ochranou územní. Z dalšího hlediska se ochrana přírody rozděluje na obecnou a zvláštní. Obecná ochrana se vztahuje například na živočichy, rostliny, jeskyně, přírodní parky, dřeviny a významné krajinné prvky. Zvláštní ochrana se vztahuje na určitý druh nebo určité území, které vyžaduje zvláštní zacházení. Rostliny a živočichové vyžadující zvláštní ochranu, jsou uvedeny v příloze č. 2 a 3 vyhlášky č. 395/1992 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů. Zvláště chráněné území je vymezeno v zákoně č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů. Do této kategorie patří národní parky, chráněné krajinné oblasti, národní přírodní rezervace, přírodní rezervace, národní přírodní památky a přírodní památky.

S postupným přibýváním větrných elektráren narůstají znalosti o jejich vlivu na jednotlivé druhy a složky přírody, postupně vznikají ucelené projekty a publikují se odborné práce, jejichž cílem je objasnit zjištěné vlivy a kolize, a především najít řešení, jak negativním vlivům předcházet (Cetkovský a kol. 2010).

Mezi negativní vlivy větrných elektráren na životní prostředí patří zejména hluk a narušení krajinného rázu. Hodnocení krajinného rázu bývá velmi různé, protože se jedná o subjektivní názor. Dále se pak k negativním vlivům zařazuje rušící efekt na živočichy. Jedná se o dominantní stavbu v krajině a na některé živočichy, především ptáky, působí odpudivě. Střety ptactva s dobře umístěnými větrnými elektrárnami na základě posudků lze předpokládat pouze za zhoršeného počasí při nízké viditelnosti a i v těchto podmínkách je střet spíše ojedinělý v porovnání se silniční dopravou, nebo vedením vysokého napětí. Mezi další negativní vliv můžeme zařadit i zábor zemědělského půdního fondu. Větrné elektrárny se musí stavět v nezastavěném

území a převážná část této plochy je chráněná zemědělským půdním fondem. Pro stavbu jedné větrné elektrárny se jedná o zábor 600 – 1 000 m² zemědělské plochy.

Projekty větrných elektráren, které mají výkon větší, než 500 KW nebo je celková výška větší, jak 35 m podléhají ze zákona procesu EIA, který vyhodnocuje všechny negativní dopady na životní prostředí a navrhuje limity a omezující podmínky pro uskutečnění záměru.

Ministerstvo životního prostředí v roce 2009 vydalo metodický pokyn pod názvem Preventivní hodnocení území kraje nebo menších samosprávných celků, který popisuje postup pro zpracování preventivní studie z hlediska ochrany přírody a krajiny. Metodický pokyn je určen pro hodnocení větrných a fotovoltaických elektráren. Zpracovaný posudek dle této metodiky může sloužit jako podklad pro vydání stanovisek dotčených orgánů ochrany přírody a krajiny a zároveň jako prvotní podklad pro investory, kterým pomůže v případě nepříznivého posudku včas zastavit finanční náklady na realizaci projektu.

Z hlediska projektu větrné elektrárny je nejvíce diskutováno o krajinném rázu. Často se proto nechává zpracovat samostatná studie na vyhodnocení vlivu na krajinný ráz. Ochrana krajinného rázu je řešena v § 12 zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Dle tohoto zákona krajinný ráz je přírodní, kulturní a historická charakteristika určitého místa či oblasti, je chráněn před činností snižující jeho estetickou a přírodní hodnotu. Zásahy do krajinného rázu, zejména umisťování 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.

Pro hodnocení vlivu záměru na krajinný ráz neexistuje závazná metodika a při zpracování studií se vychází pouze z metodických doporučení. V České republice se nejčastěji vychází z metodiky, která doporučuje postup:

- 1) vymezení dotčeného krajinného prostoru;
- 2) vymezení oblastí a míst krajinného rázu;
- 3) identifikace znaků krajinného rázu a jejich klasifikace (přírodní charakteristiky, kulturní a historické charakteristiky, přírodní hodnoty,

estetické hodnoty, významné krajinné prvky, zvláště chráněná území, kulturní dominanty, harmonické měřítko a vztahy);

- 4) posouzení vlivu na identifikované znaky;
- 5) určení snesitelnosti zásahu na základě zjištěné míry vlivu a vyhotovení závěru (Vorel a kol. 2006).

Dnešní větrné elektrárny dosahují celkové výšky až 150 m a točící se vrtule upoutává pozornost i ve vzdálenosti 25 km. V zóně zřetelné viditelnosti se stávají pohledově dominantním prvkem v krajině a potlačují ostatní zásadní rysy krajiny. Svoji dominantnost větrná elektrárna ztrácí až při vzdálenostech větších deseti kilometrů.

4.4.1. Výhody větrných elektráren

K největším výhodám výroby elektrické energie z tohoto zdroje patří nulová produkce škodlivých látek. Jedná se o čistý zdroj energie, který neprodukuje žádné skleníkové plyny a je tedy šetrný k životnímu prostředí. Vítr se řadí mezi nevyčerpatelné zdroje a při výběru vhodné lokality dosahuje větrná elektrárna vysoké účinnosti. Mezi další výhody bych uvedl především nízké provozní náklady, automatickou činnost, minimální požadavky na údržbu a také při výrobě nevytváří žádný odpad. Po uvedení do provozu zabírá jen malý prostor a pozemky kolem stožáru mohou sloužit pro další účely, převážně zemědělské.

4.4.2. Nevýhody větrných elektráren

Mezi zásadní nevýhody se řadí nestabilní výkon větru a elektrárna dodává do rozvodné sítě kolísavé množství proudu. Není-li rozvodná síť dobře regulována, může tato nestálá dodávka způsobit kolaps energetické sítě (tzv. blackout). Provoz větrné elektrárny je závislý na větru, který nelze nijak regulovat a když je bezvětrí, nebo naopak moc silný vítr přestane elektrárna vyrábět. Z tohoto důvodu potřebuje záložní zdroj energie (např. uhelnou nebo jadernou elektrárnu). Další mínus je finanční zátěž při realizaci, která vzniká již v průběhu projekce a samotná pořizovací cena stavby vyžaduje vysoké náklady. Vzhledem k tomu, že výstavba větrné

elektrárny s sebou nese řadu posudků, nevzniká příliš velké riziko z hlediska ohrožení životního prostředí. Ovšem jeden negativní dopad, zde stále zůstává, jde o krajinný ráz. Ten je však velmi často diskutován, někomu se větrné elektrárny líbí a jinému kazí dojem z okolní přírody. Po ukončení životnosti stavby zde vzniká riziko, že vlastník elektrárny nebude mít dostatečné finanční prostředky pro její odstranění a zůstane naprosto nevyužitá stát v krajině. Za další negativní jev, se dá označit možnost vzníkání námrazy na listech rotoru. Moderní stroje jsou však již vybaveny různými čidly, aby se v případě vznikající námrazy zastavily, ale nezajišťují 100 % ochranu. Okolí větrné elektrárny se tak může stát poměrně nebezpečné.

5. Metodika

Bakalářská práce je zpracována jako studie, která hodnotí dané téma. Ke zpracování byla použita odborná literatura zabývající se tématem, poznatky získané z praxe a dostupné údaje z realizovaných a připravovaných projektů výstavby větrných elektráren. Tyto údaje byly poskytnuty odbornými firmami podnikajícími v odvětví obnovitelných zdrojů, dále na internetových stránkách Českého statistického úřadu a Energetického regulačního úřadu. Data jsem porovnal a některé výsledky zpracoval do grafů. Mapové podklady byly získány z internetových zdrojů, především pak z internetových stránek agentury ochrany přírody a krajiny, soustavy Natura 2000 a Portálu veřejné správy České republiky a dále byly zpracovány v grafickém programu.

Pro vytipování a zpracování vhodných lokalit jsem zvolil metodický pokyn Ministerstva životního prostředí k vyhodnocení možnosti umístění větrných a fotovoltaických elektráren z hlediska ochrany přírody a krajiny. Principem hodnocení je územní zónování hodnoceného území z hlediska relevantních územních limitů ochrany přírody a krajiny. Studie pro určení vhodné lokality se dle pokynů zpracovává v pěti na sebe navazujících etapách.

I. Etapa vymezuje plochy, ve kterých je výstavba větrných elektráren vyloučena z titulu jejich jasně definované legislativní ochrany. Mezi takovéto plochy se řadí zvláště chráněná území, přírodní památky, územní systémy ekologické stability, registrované významné krajinné prvky, území soustavy NATURA.

II. etapa vymezuje území významná z ornitologického hlediska. Tyto lokality jsou identifikovány pouze na plochách, které zbyly po vyloučení ploch v I. etapě. Výstavba větrných elektráren v uvedených lokalitách je vyloučena.

III. etapa vymezuje ochranné pásmo vizuálního vlivu na zvláště chráněném území, na nichž bude stavba větrné elektrárny viditelná. Tyto plochy jsou zahrnuty do území spíše nevhodného pro výstavbu. Vyhodnocení probíhá na základě 3D modelů terénu do určených vzdáleností od hranic zvláště chráněného území.

Tabulka 3: Ochranná pásma vizuálního vlivu

Kategorie zvláště chráněného území	Zóna	Vzdálenost pro hodnocení vizuálního vlivu na ZVCH
Národní parky a Chráněné krajinné oblasti	1. Zóna NP a CHKO	3 km
Národní parky a Chráněné krajinné oblasti	2. Zóna NP a CHKO	3 km
Národní parky a Chráněné krajinné oblasti	3. Zóna NP a CHKO	3 km
Národní parky a Chráněné krajinné oblasti	4. Zóna CHKO	1 km
Národní přírodní rezervace		1 km
Národní přírodní památka		1 km
Přírodní rezervace		1 km
Přírodní památka		1 km

IV. etapa vymezuje území s rysy degradace krajinné scény pohledově významnými negativními jevy a krajinnými dominantami s významným negativním vizuálním projevem. Výstavba v uvedených lokalitách je podmíněně možná.

V. etapa vymezuje území podmíněně vhodné pro výstavbu větrných elektráren. Jako podmíněně vhodné území je definována lokalita, kde nedochází k zásadním střetům se zájmy ochrany přírody a krajiny podle stanovených limitů (Sklenička a kol. 2009).

6. Popis a vyhodnocení výsledků vlastního šetření

Karlovarský kraj se nachází na západě území České republiky. Na jihozápadní a severozápadní straně hraničí se Spolkovou republikou Německo, z jihovýchodní strany je vymezen Plzeňským krajem a ze severovýchodní strany krajem Ústeckým. Se svojí rozlohou 3 314 km² patří ke třetím nejmenšímu kraji v České republice. Karlovarský kraj se vyznačuje pestrými přírodními podmínkami. Tato pestrost je podmíněna především velkými výškovými rozdíly. (Karlovarský kraj, 2010).

Pro významný rozvoj větrné energetiky v Karlovarském kraji nejsou příliš vhodné podmínky. V této kapitole vymezím vhodné lokality pro výstavbu větrných elektráren dle metodiky.

I. etapa

Tato etapa vylučuje plochy, které jsou chráněny legislativou Českou republiky. V Karlovarském kraji jsou vymezeny nevhodné plochy pro výstavbu zákonem č. 222/1999 Sb., o zajišťování obrany České republiky, ve znění pozdějších předpisů, který vymezuje hranice vojenských újezdů. Na území kraje se nachází vojenský újezd Hradiště. Dále nevhodné plochy vymezuje zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů. Tento zákon vylučuje stavbu ve zvláště chráněných územích a stanovuje obecnou ochranu přírody a krajiny, která vymezuje systémy ekologické stability.

Vojenský újezd Hradiště:

Vojenský újezd Hradiště vznikl na základě zákona č. 169/1949 Sb., o vojenských újezdech. Hranice újezdu byly vytyčeny roku 1953 tehdejšími Krajským národním výborem v Karlových Varech. V současné době má újezd rozlohu 331 km² a patří k největším vojenským újezdům v ČR. Leží na hranicích Karlovarského a Ústeckého kraje v Doupovských horách. Na území újezdu se nachází vojenský výcvikový prostor, který slouží pro provádění a zabezpečení výcviku ozbrojených sil.

CHKO Slavkovský les:

Chráněná krajinná oblast Slavkovský les patří mezi zvláště chráněné území, ochrana je zajištěna zákonem č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Území CHKO Slavkovského lesa se rozkládá v jižní polovině kraje mezi obcemi Mariánské Lázně, Karlovy Vary a Františkovy Lázně o celkové rozloze 610 km². Oblast Slavkovského lesa byla vyhlášena roku 1974 pro ochranu krajiny, geologických a botanických hodnot. Nejvýznamnější oblasti jsou v CHKO chráněny v maloplošných chráněných území. Patří mezi ně národní přírodní rezervace Kladské rašeliny a Pluhův bor, národní přírodní památky Křížky, Upolínová louka a Jan Svatoš, přírodní rezervace Planý vrch, Smrad'och, Vlček, Holina, Údolí Teplé, Prameniště Teplé, Mokřady pod Vlčkem, Lazurový vrch a Podhorní vrch, přírodní památky Olšova Vrata, Homolka, Sirňák, Dominova skalka, Kynžvartský kámen, Milhostovské mofety, Čiperka, Koňský pramen, Moučné pytle, Čedičové varhany u Hlinek a Pístovská louka.

Natura 2000:

Natura 2000 je soustava chráněných území, kterou vytváří státy EU na základě směrnice č. 79/409/EHS O ochraně volně žijících ptáků a směrnice č. 92/43/EHS O ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin. V těchto směrnicích jsou uvedeny druhy rostlin, živočichů a typy přírodních stanovišť, pro které má být Natura 2000 vymezena. Ochrana těchto lokalit je stanovena zákonem č. 114/1992 o ochraně přírody a krajiny.

V Karlovarském kraji do soustavy Natura patří oblasti Blažejský rybník, Vladař, Rudné, Vysoká Pec, Vysoký kámen, Bečovské lesní rybníky, Kaňon Ohře, Nadlesí, Kladské rašeliny, Medvědí rozhledy, Krásenské rašeliniště, Pramenské pastviny, Pernink, Skalka pod Tisovým vrchem, Raušenbašská lada, Krásenské rašeliniště, Borecké rybníky, U Jedlové, Horní Kramolín – Ovesné, Pískovna Erika, Matyáš, Olšova vrata, Ostrovské rybníky, U sedmi rybníků, Střela, Týniště, Za Údrčí, Lomnický rybník, Krušnohorské plató, Prameny Teplé, Soos, Mezi rybníky, Mechové údolí, Šibeniční vrch, Štítarský rybník, Prachomety, Rankovický triangl, Teplá s přítoky a Otročínský potok, Mokřady u Těšetic, Hřivínovské pastviny, Louky u Dlouhé Lomnice, U hájenky, Tisovec, Jezerský vrch, Ramena Ohře,

Bystřina - Lužní potok, Podhorní louky, Mokřady u Javorné, Na Pílské šachtě, Úpolínová louka – Křížky, U bunkru, Hradiště.

II. etapa

V této etapě jsou pro stavbu vyloučeny oblasti z ornitologického hlediska. Do území posuzovaného kraje spadají dvě vyhlášené ptačí oblasti, kde je výstavba vyloučena. Jedná se o Doupovské hory a Novodomské rašeliniště – Kovářská.

Doupovské hory mají celkovou rozlohu 631 km², z toho zasahuje do Karlovarského kraje cca 420 km². Hlavním předmětem ochrany jsou chřástal polní, datel černý, čáp černý, lejsek malý, lelek lesní, moták pochop, pěnice vlašská, včelojed lesní, výr velký, ůuhýk obecný a žluna šedá.

Novodomské rašeliniště – Kovářská o velikosti 160 km², z toho v Karlovarském kraji cca 0,18 km². Nachází se na hřebenech Krušných hor a hlavním předmětem ochrany jsou tetřívka obecná a žula šedá.

Při výstavbě mimo tyto vyhlášené oblasti může příslušný orgán ochrany přírody a krajiny požádat investora o ornitologický průzkum.

III. etapa

Výstavba větrných elektráren není vhodná na místech vizuálně exponovaných, u nichž by hrozilo narušení hodnot krajinného rázu. Posuzování výstavby obsahuje studii zpracovanou, dle § 12 zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, která definuje krajinný ráz. Ve studii se zohledňují i další zákony České republiky, zejména zákon o památkové péči a stavební zákon. V rámci studie se zpracovávají i 3D modely, které znázorňují: vzhled větrné elektrárny, umístění do krajiny, přírodní hodnoty okolní krajiny, historické a kulturní hodnoty, pohledy, dominanty krajiny, panorama a celkovou estetiku projektu.

IV. etapa

V Karlovarském kraji mezi přírodní dominanty patří Podkrušnohorská pánev, Krušné hory, Smrčiny, Slavkovský les a Doupovské hory.

Podkrušnohorská pánev:

Podkrušnohorská pánev se nachází mezi Krušnými horami, Doupovskými horami a Českým středohořím. Jsou zde významná naleziště hnědého uhlí, keramických jílu a písků.

Krušné hory:

Krušné hory, dříve nazývané jako Rudohoří se vinou na severozápadě Čech podél česko – německé hranice a patří k nejvyššímu pohoří v Karlovarském kraji. Výškový rozdíl mezi vrcholem a úpatím je až 700 m a je velmi strmý. Na tomto území se těží rudy obsahující měď, železo, olovo, cín, stříbro, kobalt, nikl, wolfram a uran.

Smrčiny:

Toto území je vyhlášeno Přírodním parkem Smrčiny, nalezneme ho na Chebsku v západních Čechách a přechází až do severovýchodního Bavorska.

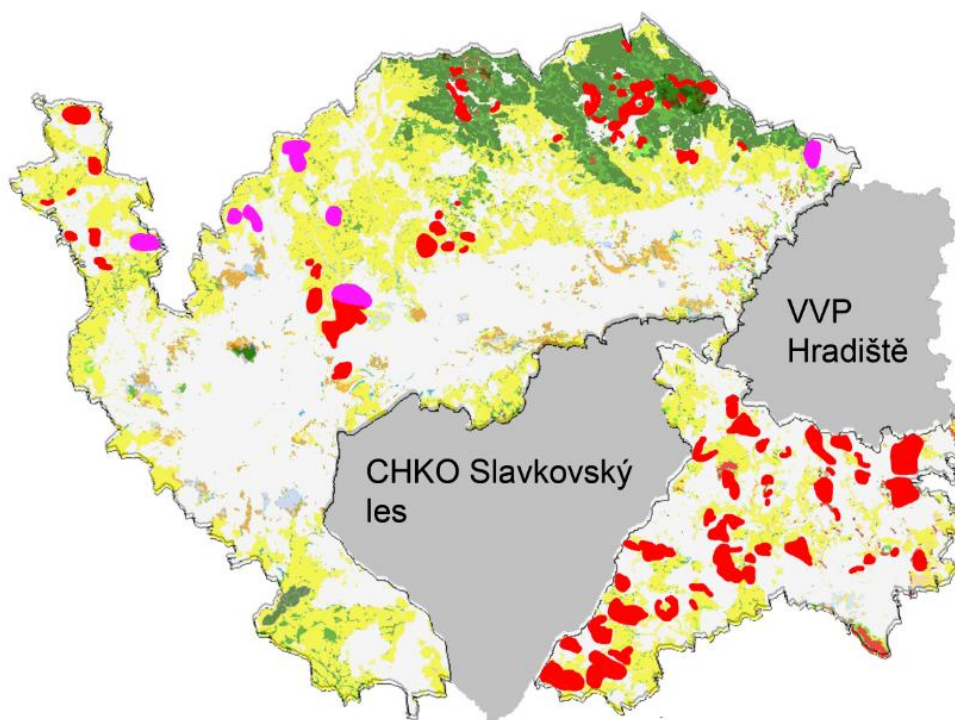
Slavkovský les:

Ráz Slavkovského lesa je tvořen parovinou a rozkládá se v severní části Karlovarské vrchoviny a jeho podloží tvoří především žulové horniny. Převážná část je zalesněna smrkovým porostem. Jedná se o chráněnou krajinnou oblast.

Doupovské hory:

Doupovské hory mají podobu ploché hornatiny a jsou tvořeny především lesy, křovinami a loukami. Svůj název nesou po zaniklém městě Doupov a území je chráněné jako ptačí oblast.

V. etapa



Obrázek 14: Lokality vhodné pro umístění VE v Karlovarském kraji

Na situaci jsem fialovou barvou vyznačil místa, kde investoři v současné době plánují postavit větrné parky. Největší park větrných elektráren se připravuje u obce Luby, okres Cheb, kde by mělo vyrůst 9 – 16 stožárů. Další projekty jsou připravovány poblíž Klínovce, kde se uvažuje o pěti stožárech, na Kraslicku by měly vyrůst dva stožáry, u Jindřichovic pět stožárů, dále se plánuje rozšířit větrný park Horní Částkov o dvě elektrárny a připravují se také projekty v Ašském výběžku, kde by mělo přibýt asi deset větrných elektráren.

Červeně jsou vyznačená místa, která jsou vhodná pro výstavbu větrných elektráren, jak z hlediska ochrany přírody a krajiny, tak z hlediska dostatečného větrného potenciálu. Podle posledních studií se předpokládá, že v Karlovarském kraji může vyrůst vhodně umístěných větrných elektráren cca 56 kusů (Cetkovský a kol. 2010). Celkový instalovaný výkon se bude odvíjet od použité technologie stavěných strojů. V dnešní době se v České republice staví 2 – 3 MW elektrárny.

Tabulka 4: Odhad rozlohy vhodného a nevhodného území pro výstavbu VE

Vhodné lokality [km ²]	Nevhodné lokality [km ²]	
	Nevhodný větrný potenciál	CHKO, ptačí oblasti, Vojenský újezd, Natura 2000, lesy, atp.
450	2 400	1 500

Dle mého odhadu největší plochu nevhodnou pro výstavbu zabírají místa s nedostatečným větrným potenciálem, druhé největší území nevhodné pro výstavbu s dostatečným větrným potenciálem je chráněno zákonem o ochraně přírody a krajiny. Do tohoto území patří CHKO, ptačí oblasti, Natura 2000 a nemalou rozlohu zabírají také lesy, které pokrývají 43,1 % kraje. Posledním významným omezením v Karlovarském kraji je vojenský újezd.

7. Souhrn poznatků a doporučení

V posledních letech se větrné elektrárny řadí mezi nejčastěji stavěné obnovitelné zdroje a dá se předpokládat, že v nadcházejících letech se instalovaný výkon v celosvětovém měřítku bude nadále zvyšovat. V Evropské unii se největší nárůst předpokládá v mořských větrných elektrárnách. V České republice rozvoj nastal stanovením minimální výkupní ceny vyrobené elektrické energie a každým rokem výkon narůstal. V dalším období se v České republice předpokládá pokles nově instalovaného výkonu zejména z důvodu nevyhovující kapacity rozvodné sítě. Mezi investory vznikají boje o možnosti připojení projektu do rozvodné sítě. V současné době rozvodné závody rezervují výkon při podání žádosti o připojení výrobní elektrické energie. Tím se často blokuje kapacita i na nevyhovující projekty, které poté nejsou realizovány.

Výrobci větrných elektráren se snaží stále zdokonalovat své stroje a dosáhnout co největšího výkonu. S růstem výkonu je spojena hlavně výška stožáru a plocha rotoru. Proto se větrné elektrárny vyrábějí stále vyšší. Jelikož je velký potenciál na moři, zaměřují se výrobci na vývoj mořských větrných elektráren (off-shore).

Největší pozornost byla věnována vytipováním vhodné lokality pro výstavbu a vyhodnocením vlivů na životní prostředí. Každý projekt větrné elektrárny podléhá

posouzení EIA, která hodnotí možné negativní vlivy na životní prostředí, krajinu a obyvatelstvo. V poslední kapitole vyhodnocuji možnosti rozvoje větrných elektráren v Karlovarském kraji. Jelikož jsou vhodné větrné podmínky v místech, kde výstavbu nepovoluje zákon, jeví se Karlovarský kraj pro investory jako nevhodný. Jsou zde ale i místa, která mají dostatečný větrný potenciál a z hlediska zákonů, je možné výstavbu povolit.

Tabulka 5: Odhad realizovatelných větrných elektráren v ČR

Kraj	Počet větrných elektráren
Středočeský	109
Jihočeský	90
Plzeňský	58
Karlovarský	56
Ústecký	161
Liberecký	34
Královéhradecký	32
Pardubický	77
Vysočina	200
Jihomoravský	164
Olomoucký	71
Zlínský	22
Moravskoslezský	117
Hl. město Praha	0

(Cetkovský a kol. 2010)

8. Závěr

Závěrem bakalářské práce bych chtěl poukázat na poměrně složitý proces povolení výstavby větrné elektrárny a popsat přísné limity pro povolení. Bez těchto stanovených limitů a potřebných studií pro povolení, by investoři stavěli větrné elektrárny i na místech, kde by významným způsobem škodily krajině a přírodě. Povolované větrné elektrárny jsou z hlediska ochrany přírody a krajiny na základě studií akceptovatelné a jejich vnímání z hlediska krajinného rázu je velmi subjektivní záležitostí.

V Karlovarském kraji je v současnosti v provozu celá řada větrných elektráren, některé z nich se v rámci povolovacího procesu potýkaly s celou řadou připomínek a také s místním odporem obyvatel sídlících v blízkosti těchto staveb. Na základě odborných analýz a zohlednění relevantních připomínek však mohly být tyto stavby povoleny.

Z výsledků bakalářské práce postavené na platné metodice je zřejmé, že se v rámci Karlovarského kraje najdou lokality vhodné pro výstavbu větrných elektráren. Nelze však obecně říci, že na jakémkoli místě vytipovaných lokalit lze bezkonfliktně postavit větrnou elektrárnu. Mnou nadefinované lokality pouze plní předpoklady stanovené zákonnými normami, v konkrétních případech je pak nutné brát v úvahu veškeré konkrétní aspekty daného místa a citlivě každou stavbu posoudit z hlediska vlivu na životní prostředí, krajinný ráz a dopad na obyvatele.

Seznam použité literatury

- CETKOVSKÝ S., FRANTÁL B. et ŠTEKL J., 2010: Větrná energie v České republice: hodnocení prostorových vztahů, enviromentálních aspektů a socioekonomických souvislostí. Ústav geoniky Akademie věd ČR, v.v.i., Brno.
- CROME H., 2002: Technika využití energie větru. HEL, Ostrava.
- ČEZ, a.s., 2003: Energie z obnovitelných zdrojů. Atypo, Praha.
- KLOZ M., 2007: Využívání obnovitelných zdrojů energie: právní předpisy s komentářem. Linde, Praha.
- MADĚRA P., FRIEDL M. et DRESLEROVÁ J., 2005: Krajinný ráz - jeho vnímání a hodnocení v evropském kontextu. Sborník ekologie krajiny 1. Sborník příspěvků z konference CZ-IALE, 4.-5.2.2005. Paido, Brno.
- MAREČEK J., 2000: Posuzování vlivů na životní prostředí. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Ústí nad Labem.
- MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ, 2008: Stavby a zařízení pro výrobu energie z vybraných obnovitelných zdrojů. Ústav územního rozvoje, Brno.
- MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR, 1993: Obnovitelné zdroje energie. Agrospoj, Praha.
- MOLLY, J. P., 1990: Windenergie. Verlag C.F. Müller, Karlsruhe.
- MUSIL P., 2009: Globální energetický problém a hospodářská politika se zaměřením na obnovitelné zdroje. Nakladatelství C. H. Beck, Praha.
- RYCHETNÍK V., JANOUŠEK J. et PAVELKA J., 1997: Větrné motory a elektrárny. Vydavatelství ČVUT, Praha.
- ŘÍHA J., 2001: Posuzování vlivů na životní prostředí. Vydavatelství ČVUT, Praha.
- ŘÍHA J., 2000: Životní prostředí 60. Vliv investic na životní prostředí - proces EIA. Vydavatelství ČVUT, Praha.
- SEQUENS E. et HOLUB P., 2004: Větrné elektrárny: mýty a fakta. Sdružení Calla, Praha.

SKLENIČKA P. et VOREL I., 2009: Věštník Ministerstva životního prostředí. Ministerstvo životního prostředí, Praha.

ŠEFTER J. I., 1991: Využití energie větru. SNTL - Nakladatelství technické literatury, Praha.

ŠTEKL J., SOKOL Z., ZACHAROV P. et ZELENÝ J., 1993: Perspektivy využití energie větru pro výrobu elektrické energie na území ČR. Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha.

VLČKOVÁ J., 2008: Průvodce ochranou životního prostředí pro veřejnou správu. IREAS, Institut pro strukturální politiku, o.p.s., Praha.

VOREL I. et SKLENIČKA P., 2006: Ochrana krajinného rázu . Nakladatelství Naděжда Skleničková, Praha.

VOREL I., BUKÁČEK R., MATĚJKA P., CULEK M. et SKLENIČKA P., 2006: Metodický postup posouzení vlivu navrhované stavby, činnosti nebo změny využití území na krajinný ráz. Vydavatelství ČVÚT, Praha.

ŽALLMANNOVÁ E., 2006: Větrné elektrárny a krajina. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno.

Internetové zdroje:

AUGUSTA P., 1999: Podstata větru. Encyklopedie energie. Online: http://www.simopt.cz/energyweb/web/index.php?display_page=2&subitem=1&ee_cchapte=4.3.2., staženo: 17. listopad 2009.

ČSVE, 2009: Jak funguje větrná elektrárna. Česká společnost pro větrnou energii. Online: <http://www.csve.cz/cz/clanky/velikost-vetrne-elektrarny-a-jeji-vyvoj/110>, vystaveno: 16. červen 2009.

ČSVE, 2010: Příhradový stožár větrné elektrárny. Česká společnost pro větrnou energii. Online: <http://www.csve.cz/cz/clanky/prihradovy-stozar-vetrne-elektrarny/228>, vystaveno: 6. leden 2010.

EKOWATT, 2008: Větrná energie. EkoWATT. Online: <http://ekowatt.cz/uspory/vetrna-energie.shtml>, staženo: 10. leden 2010.

ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD, 2010: Roční zprávy o provozu. Energetický regulační úřad. Online: http://eru.cz/dias-browse_articles.php?parentId=131&deep=off&type=, staženo: 26. březen 2010.

EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION, 2009: offshore. European Wind Energy Association. Online: <http://www.ewea.org/offshore/>, vystaveno: prosinec 2009.

EUROPE'S ENERGY PORTAL, 2009: Renewable energy in the EU. Europe's Energy Portal. Online: <http://www.energy.eu/>, staženo: 15. březen 2010.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL, 2009: Global Wind 2008 Report. GWEC. Online: <http://www.gwec.net/index.php?id=153>, vystaveno: 2. březen 2009.

HANSLIAN D., HOŠEK J. et ŠTEKL J., 2008: Projekty. Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i. Online: <http://www.ufa.cas.cz/vetrna-energie/projekty/>, vystaveno: 15. únor 2008.

JANEČEK M., 2009: Větrná energie v ČR. Česká společnost pro větrnou energii. Online: <http://www.csve.cz/cz/clanky/vetrna-energie-v-cr/57>, vystaveno: 4. květen 2009.

NORDMANN A., 2007: Wind turbine. wikimedia. Online: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wind_turbine_int.svg, vystaveno: únor 2007.

SÝKORA T. 2007: Problematika připojování větrných elektráren do distribuční sítě. TZB-info. Online: <http://elektro.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4279>, vystaveno: 7. srpen 2007.

ÚSTAV FYZIKY ATMOSFÉRY AV ČR, V.V.I., 2009: Větrná mapa. Oddělení větrné energie, Ústav fyziky atmosféry AV ČR. Online: <http://www.ufa.cas.cz/vetrna-energie/vetrna-mapa/>, staženo: 8. březen 2010.

VAŠÍČEK J., 2008: Beaufortova stupnice síly větru. Český hydrometeorologický ústav. Online: http://www.chmi.cz/meteo/olm/Let_met/beaufort/Beaufortova_stupnice.htm#zarov, vystaveno: 7. únor 2008.

VESTAS, 2008: Download brochures. Vestas. Online:

<http://www.vestas.com/en/media/brochures.aspx>, vystaveno. leden 2008.

WILKES J., 2010: Statistics. European Wind Energy Association. Online:

<http://www.ewea.org/index.php?id=1665>, vystaveno: únor 2010.

Legislativa:

Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 222/1999 Sb., o zajišťování obrany České republiky, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 395/1992 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů.

Nařízením vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů.

Směrnice Rady 79/409/EHS ze dne 2. dubna 1979 o ochraně volně žijících ptáků.

Směrnice Rady 92/43/EHS ze dne 21. května 1992 o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin.

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Beaufortova stupnice rychlosti větru	14
Tabulka 2: Větrné elektrárny instalované v Evropské unii.....	26
Tabulka 3: Ochranná pásma vizuálního vlivu.....	38
Tabulka 4: Odhad rozlohy vhodného a nevhodného území pro výstavbu VE.....	44
Tabulka 5: Odhad realizovatelných větrných elektráren v ČR	45

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Roční instalovaný výkon podle regionu	11
Obrázek 2: Graf výkonu větru.....	16
Obrázek 3: Schéma větrné elektrárny	17
Obrázek 4: Příhradový stožár.....	17
Obrázek 5: Strojovna Vestas V90 2 MW.....	19
Obrázek 6: Vývoj velikosti větrných elektráren	21
Obrázek 7: Potenciál větrné energetiky	23
Obrázek 8: Celkový instalovaný výkon větrných elektráren v ČR.....	24
Obrázek 9: Instalovaná kapacita zdrojů energie za rok 2009 v EU	25
Obrázek 10: Roční instalovaný výkon větrných elektráren v EU.....	26
Obrázek 11: Větrné elektrárny off-shore	28
Obrázek 12: Pole průměrné rychlosti větru ve výšce 100 m nad povrchem.....	30
Obrázek 13: Větrná růžice	33
Obrázek 14: Lokality vhodné pro umístění VE v Karlovarském kraji	43