

Ústav pro životní prostředí, Přírodovědecká fakulta UK

**URČENÍ KLIMATOLOGICKÉHO A TECHNICKÉHO
POTENCIÁLU VĚTRNÉ ENERGIE NA ÚZEMÍ
OKRESU HAVLÍČKŮV BROD**

Lenka Drápalová

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Josef Štekl, CSc.

Srpen 2006

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně s použitím citované literatury.

V Praze dne 28. srpna 2006

Poděkování

Na úvod bych ráda poděkovala všem, kteří mi umožnili sepsat tuto diplomovou práci. Především RNDr. Josefu Šteklovi, CSc. za pomoc s formulací tématu práce, odborné vedení, kritické hodnocení dílčích výsledků a pomoc při řešení celé řady problémů a otázek, které vyvstaly při zpracovávání zadané tematiky. Za pomoc při výběru tématu bych ráda poděkovala také RNDr. Rudolfu Přibilovi, CSc.

Panu Janu Krátkému z České informační agentury životního prostředí za poskytnutí zdrojových dat.

Bc. Josefu Dufkovi za cenné rady a pomoc při zpracovávání dat programu pro GIS

Rodině a přátelům za psychickou podporu a trpělivost.

Abstrakt

K dosažení cíle zvýšeného podílu produkce elektřiny z obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě energie a na celkové spotřebě primárních energetických zdrojů, které se Česká republika zavázala splnit, by mělo napomoci také zvýšení míry využívání energie větru.

Cílem této práce je zhodnotit možnosti využití větrné energie na území okresu Havlíčkův Brod. Diplomová práce se zaměřuje především na výběr území vhodného pro výstavbu větrných elektráren a stanovení technického a klimatologického potenciálu tohoto území.

V práci jsou popsány metody výpočtu plošného pole hustoty výkonu větru a způsob určení klimatologického a technického potenciálu větrné energie. Součástí je také shrnutí současného stavu technického vývoje větrných elektráren a míry jejich využívání v ČR, EU i celosvětově.

Lokality vhodné pro výstavbu větrných elektráren byly vymezeny s použitím programu pro GIS. Vymezením ploch, které splňují výchozí kritéria, bylo získáno území o velikosti 122,93 km². Využití území je omezeno především nedostatečnou hustotou výkonu větru na území okresu Havlíčkův Brod. Velký vliv má také hustota zalidnění, která výrazně omezuje území, kde by mohly být postaveny větrné elektrárny.

Velikost a uspořádání výsledného území umožňuje výstavbu 121 větrných elektráren s nominálním výkonem 2 MW. Technický potenciál území větrné energie na území okresu Havlíčkův Brod je vyjádřen celkovým nominálním výkonem 242 MW a úhrnnou roční produkcí elektrické energie 497 253,11 MWh. Výsledná produkce je nízká v porovnání s výsledky získanými v Krušných Horách, kde provedená studie předpokládá výstavbu 288 větrných elektráren s nominálním výkonem 576 MW a reálnou roční produkcí 1 477 828 MWh, což odpovídá skutečnosti, že Krušné Hory jsou pro výstavbu větrných elektráren příhodnější.

KLÍČOVÁ SLOVA: Havlíčkův Brod, hustota výkonu větru, klimatologický potenciál, větrná elektrárna, větrná energie

Abstract

The Czech Republic vowed to increase the share of energy produced from renewable sources. Wind power seems to be one of the means of achieving this goal.

The aim of this thesis is to assess the possibility of exploiting the wind energy in the district of Havlíčkův Brod. The thesis is particularly focused on locating the appropriate sites for building wind turbines and establishing technical and climatological potential of the area.

This paper contains delineation of the methodology of calculating the wind power density. Additionally, it incorporates the description of assessing the technological and climatological potential of wind power. Besides, a summary of contemporary state of technical development of wind turbines has been included as well as an evaluation of the extent of their exploitation in the Czech Republic and the EU.

The sites suitable for building wind turbines were demarcated by means of *ArcGIS desktop* software. This demarcation yielded an area of 122,93 sq.km which met the given criteria. The main limitation imposed on the exploitation of the area is the insufficient wind power density within the Havlíčkův Brod district. Another factor that places a limitation on the area suitable for building wind turbines is population density.

The size and layout of the final area enables building 121 wind turbines with a nominal power output 2 MW. Technical potential of wind power within the district of Havlíčkův Brod is expressed by the total nominal power output 242 MW and annual power production of 497 253.11 MWh. The resultant power production is low in comparison with results obtained in the area of Krušné Hory, the study of which assumes the possibility of building 288 wind turbines with nominal power output 576 MW and annual power output of 1 477 828 MWh. This confirms that the area of Krušné Hory is more suitable for building wind turbines.

KEY WORDS: klimatological potencial, wind turbine, wind energy, wind power density

Obsah

1.	SEZNAM ZKRATEK.....	- 9 -
2.	ÚVOD.....	- 10 -
3.	VÝVOJ VYUŽÍVÁNÍ VĚTRNÉ ENERGIE.....	- 13 -
3.1.	NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY.....	- 13 -
3.1.1.	<i>Vývoj produkce energie z VE.....</i>	<i>- 15 -</i>
3.1.2.	<i>Výkupní ceny elektřiny.....</i>	<i>- 16 -</i>
3.1.3.	<i>Výhled na období do roku 2010.....</i>	<i>- 17 -</i>
3.2.	CELOSVĚTOVĚ.....	- 18 -
3.3.	TECHNICKÝ VÝVOJ VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN.....	- 19 -
4.	LEGISLATIVA OVLIVŇUJÍCÍ VYUŽÍVÁNÍ VĚTRNÉ ENERGIE-	20 -
4.1.	ZÁKON Č.180/2005 SB., O PODPOŘE VYUŽÍVÁNÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ.....	- 23 -
4.2.	ÚZEMNÍ OCHRANA PŘÍRODY A KRAJINY.....	- 24 -
5.	VLIV VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN NA OKOLÍ A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	- 25 -
5.1.	SNÍŽENÍ PODÍLU EXHALÁTŮ OPROTI UHELNÉ ELEKTRÁRNĚ.....	- 26 -
5.2.	HLUK.....	- 27 -
5.2.1.	<i>Limitní hodnoty hluku.....</i>	<i>- 29 -</i>
5.2.2.	<i>Předběžné posouzení hluku provozu větrné elektrárny.....</i>	<i>- 29 -</i>
5.2.3.	<i>Hygienické a inspekční měření.....</i>	<i>- 30 -</i>
5.3.	STROBOSKOPICKÝ EFEKT VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN.....	- 31 -
5.4.	VLIV NA FAUNU A FLORU.....	- 32 -
5.4.1.	<i>Vliv VE na avifaunu.....</i>	<i>- 32 -</i>
5.4.2.	<i>Vliv na floru.....</i>	<i>- 33 -</i>
5.5.	RUŠENÍ ELEKTROMAGNETICKÝCH VLN.....	- 33 -
5.6.	VLIV VE NA KRAJINNÝ RÁZ.....	- 34 -
6.	POSOUZENÍ VHODNOSTI LOKALITY PRO VÝSTAVBU VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY A JEJÍHO VĚTRNÉHO POTENCIÁLU.....	- 35 -
7.	MODEL Y ODHADU RYCHLOSTI VĚTRU.....	- 36 -
7.1.	VAS (VĚTRNÝ ATLAS).....	- 37 -

7.2.	WASP (WIND ATLAS ANALYSIS AND APPLICATION PROGRAMME) - 37	-
7.3.	HYBRIDNÍ MODEL VAS/WASP	- 38 -
7.4.	MODEL PIAP	- 40 -
8.	PŘÍRODNÍ FAKTORY NEPŘÍZNIVĚ OVLIVŇUJÍCÍ PROVOZ VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN	- 41 -
8.1.	NÁMRAZA	- 41 -
8.2.	BLESK	- 43 -
9.	PŘÍRODNÍ PODMÍNKY NA ÚZEMÍ OKRESU HAVLÍČKŮV BROD	- 44 -
10.	METODIKA	- 46 -
10.1.	VÝBĚR A ÚPRAVA VSTUPNÍCH DAT	- 47 -
10.2.	VÝBĚR LOKALIT, KTERÉ JSOU VHODNÉ PRO VÝSTAVBU VE	- 49 -
10.3.	VÝBĚR POZIC PRO VÝSTAVBU VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN	- 50 -
10.4.	VÝPOČET	- 53 -
11.	VÝSLEDKY	- 55 -
11.1.	VZDÁLENOST OD ZÁSTAVBY	- 56 -
11.2.	KOMUNIKACE	- 57 -
11.3.	VZDÁLENOST OD LESA	- 59 -
11.4.	ELEKTRICKÉ VEDENÍ	- 61 -
11.5.	ZVLÁŠTĚ CHRÁNĚNÁ ÚZEMÍ	- 63 -
11.6.	ÚZEMÍ PODLÉHAJÍCÍ OBEČNÉ OCHRANĚ PŘÍRODY A KRAJINY	- 65 -
11.7.	NATURA 2000	- 65 -
11.8.	STŘET S ÚZEMÍM TAHU ČÁPŮ A VLIV NA AVIFAUNU	- 66 -
11.9.	VODNÍ TOKY	- 67 -
11.10.	VÝSLEDNÁ PLOCHA	- 67 -
11.11.	POZICE PRO JEDNOTLIVÉ VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY	- 69 -
11.12.	ROČNÍ VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE KAŽDOU VE A CELKOVÁ ROČNÍ VÝROBA	- 70 -
12.	DISKUSE	- 71 -

12.1.	ÚZEMNÍ SYSTÉM EKOLOGICKÉ STABILITY	- 71 -
12.2.	STŘET S ÚZEMÍM TAHU ČÁPŮ A VLIV NA AVIFAUNU	- 77 -
12.3.	VODNÍ TOKY	- 79 -
12.4.	VÝBĚR VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY VESTAS V80-2MW	- 79 -
12.5.	STANOVENÝ TECHNICKÝ POTENCIÁL	- 80 -
13.	ZÁVĚR.....	- 82 -
14.	LITERATURA	- 84 -
15.	SEZNAM OBRÁZKŮ	- 93 -
16.	SEZNAM TABULEK	- 95 -
17.	SEZNAM PŘÍLOH.....	- 96 -

1. Seznam zkratek

AOPK – Agentura ochrany přírody a krajiny

ČR – České republika

EIA – Posuzování vlivů na životní prostředí

EU – Evropská Unie

ERÚ – Energetický regulační úřad

HB – Havlíčkův Brod

CHKO – Chráněná krajinná oblast

CHOPAV – Chráněná oblast přirozené akumulace vod

CHÚ – Chráněná území

km- kilometr

L_{WA} – Hladina akustického výkonu

L_p – Hladina akustického tlaku

MW - megawatt

MPO – Ministerstvo průmyslu a obchodu

MŽP – Ministerstvo životního prostředí

NPR – Národní přírodní rezervace

OZE – Obnovitelné zdroje energie

PP – Přírodní památka

PR – Přírodní rezervace

ÚFA AV ČR – Ústav fyziky atmosféry Akademie věd ČR

ÚSES – Územní systém ekologické stability

VE – větrná elektrárna

2. Úvod

Energie větru je již po staletí využívána k rozličným účelům. Z počátku sloužila k pohánění plachet lodí, roztáčení lopatek větrných mlýnů nebo k pohánění zařízení na čerpání vody. Některé z těchto způsobů využití větrné energie zůstaly zachovány dodnes, ačkoliv v současnosti je hlavním jejím využitím výroba elektrické energie pomocí větrných elektráren.

Rozvoj větrné energetiky souvisí s rychlým rozvojem hospodářství a průmyslu, ke kterému došlo v průběhu dvacátého století. Spolu s tím se rapidně zvýšily i energetické nároky společnosti a vlivem toho také tlak na životní prostředí. Docházelo k rozsáhlým změnám ve všech složkách životního prostředí, jak na úrovni lokální a regionální, tak i na úrovni globální. Tyto změny ve svém důsledku ohrožovaly nejen životní prostředí, ale i zdraví člověka.

Odpovědí na tento vývoj byla hlavně v rozvinutých zemích snaha rozvíjet energetické zdroje šetrné k životnímu prostředí, obnovitelné zdroje energie a tedy i využívání energie větru. Přestože není možné považovat využívání větrné energie ani ostatní obnovitelné zdroje energie za možnou náhradu primárních energetických zdrojů, mohou je do jisté míry zastoupit a přispět k naplnění energetických nároků lidstva.

Větrná energetika je tedy poměrně mladé, ale velmi rychle se rozvíjející odvětví. Vítr je nejrychleji rostoucím světovým zdrojem energie (Matjes, 2006). V současnosti je kladen důraz na výzkum a vývoj v této oblasti, hledají se nové postupy a nástroje pro analýzu zdrojů a technický vývoj těchto zařízení (Matjes, 2006). Výroba větrných elektráren je ale také progresivní průmyslové odvětví, kterým se zabývá celá řada renomovaných společností.

Ke změnám dochází také na legislativní úrovni. Do legislativních norem EU i jednotlivých států jsou zabudovávány podmínky na využívání obnovitelných zdrojů energie a jsou stanovovány cíle, kterých by mělo být při využívání OZE dosaženo.

V České republice je za zlomový okamžik možné považovat vydání *zákona č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o*

změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů). Ten implementuje *Směrnici Evropského parlamentu a Rady 2001/77/ES, o podpoře elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů energie na vnitřním trhu s elektřinou* do české legislativy.

Zákon stanovuje finanční podporu pro větrné elektrárny, která je zajišťována v podobě dotovaných výkupních cen nebo v podobě zelených bonusů. Zásadní změnou je také povinnost provozovatele přenosové nebo distribuční soustavy přednostně připojit větrnou elektrárnu (dále VE) k přenosové či distribuční soustavě, pokud o to její provozovatel požádá, a odebírat veškerou energii vyprodukovanou tímto zařízením, kterou provozovatel elektrárny nabídne k povinnému výkupu.

Výkupní cena v době uvedení VE do provozu je garantována po dobu následujících 15 let jako minimální a je stanovena tak, aby doba pro návratnost finanční investice pro zařízení uvedená do provozu po začátku účinnosti tohoto zákona byla maximálně 15 let. Popsané zavedení dotací dané Zákonem o podpoře využívání obnovitelných zdrojů způsobilo zvýšení zájmu o výstavbu a provozování VE.

Dalším důvodem pro rozvoj využívání větrné energie je závazek České republiky splnit cíl 8 % podílu produkce elektrické energie z obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě energie a 6 % podílu OZE na celkové spotřebě primárních energetických zdrojů do roku 2010. Výstavba větrných elektráren a zvýšení produkce obnovitelné energie větru je jedním ze způsobů jak se přiblížit k dosažení tohoto cíle. V současnosti je celá řada projektů výstavby VE plánována, některé z nich jsou již ve fázi příprav.

Pro plánovací činnost spojenou s přípravou projektu výstavby VE, včetně vymezení ploch pro vybudování větrných elektráren v územních plánech a pro předběžné ekonomické analýzy, je nezbytná znalost prostorového rozložení hustoty výkonu větru nad konkrétním územím. Hustota výkonu větru na vybraném území představuje vlastně klimatologický (teoretický) potenciál větrné energie tohoto území. Je obvykle udáván ve výšce 30-40 metrů nad zemským povrchem, neboli nad hranicí přízemní vrstvy atmosféry. V této výšce jsou již potlačeny nejvýznamnější účinky drsnosti zemského povrchu (Štekl, 2004b).

Dalším ukazatelem je technický potenciál větrné energie, který je dán celkovým nominálním výkonem a celkovou roční výrobou větrných elektráren odpovídající poslednímu stavu jejich technické úrovně s využitím dostupného klimatologického potenciálu při respektování požadavků na jejich výstavbu a provoz. (Štekl, 2004b)

Cílem této práce je zhodnotit, v jaké míře je možné využívat větrnou energii pomocí větrných elektráren na území bývalého okresu Havlíčkův Brod. Způsob zpracování této diplomové práce je založen na postupu, který byl publikován v roce 2004 autory J. Štekl, J.Hoškem a J.Svobodou v časopise Větrná energie a byl použit pro stanovení technického a klimatologického potenciálu větrné energie v Krušných Horách.

Cílem práce je především:

- Vytvořit přehled o současném stavu využívání větrné energie v České republice a dosaženém stavu technického vývoje
- Pomocí programu pro GIS a na základě znalosti hustoty výkonu větru a stanovených kritérií vymezit území vhodná pro výstavbu větrných elektráren
- Ve vybraných územích stanovit pozice vhodné pro umístění větrných elektráren
- Stanovit klimatologický potenciál území
- Definovat způsob určení technického potenciálu, a provést jeho výpočet

3. Vývoj využívání větrné energie

3.1. Na území České republiky

V České republice se využití větru pro výrobu elektrické energie začalo rozvíjet ve čtyřicátých letech (Koč, 1996). V této době se však jednalo pouze o amatérskou výrobu malých zařízení pro domácí využití. Tyto pokusy spolu s nesystematickým výzkumem pokračovaly až do konce 80 let. Prvním zlomem ve využívání větrné energie bylo zahájení výroby VE 75 kW ve Vítkovicích-závod Mostárny na konci 80. let (Štekl, 2001a). Dále lze za přelomový považovat rok 1988, kdy byla v ČR postavena první profesionální elektrárna dánské firmy Windane (Koč, 1996).

Ke značnému rozvoji využívání energie větru dochází v České republice mezi roky 1990 – 1995, kdy v ČR začíná výroba velkých větrných elektráren (Štekl, 2001a). U prvních českých větrných elektráren se však vyskytovaly mnohé technické problémy a vysoká poruchovost. Ty byly způsobeny především uváděním VE do provozu bez zkušebního testování bez dostatečného odzkoušení zařízení. Negativní roli hrála také nízká výkupní cena elektrické energie. (Kolektiv, 2003) V roce 2002 bylo již v provozu 14 větrných elektráren s instalovaným výkonem větším než 100 kW v sedmi lokalitách. (Bufka, 2005a)

V roce 2003 byly nově zprovozněny elektrárny na čtyřech místech v ČR - v lokalitách Nový Hrádek, Nová Ves v Horách u Horního Jiřetína, Boží Dar – Na Výsluní a v Jindřichovicích pod Smrkem. Celkový instalovaný výkon se tak zvýšil o 4625 kW (Bufka, 2005a).

Podle Zprávy o plnění indikativního cíle výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie za rok 2004 bylo v roce 2004 zprovozněno nebo nově postaveno 11 větrných elektráren s instalovaným výkonem větším nebo rovnajícím se 100 kW, o celkovém instalovaném výkonu 6 400 kW. Instalovaný výkon větrných elektráren se oproti roku 2003 zvýšil o 44%. (MPO, 2005)

K větším projektům patří Loučná pod Klínovcem, kde byly zprovozněny 3 větrné elektrárny, každá z nich o výkonu 600 kW. Dále větrná farma Lysý Vrch u

Albrechtic tvořená 5 větrnými elektrárnami s celkovým instalovaným výkonem 2,5 MW. Nová VE o výkonu 1,5 MW byla postavena také v Nové Vsi v Horách u Horního Jiřetína. Stejně jako v roce 2003 se jedná o elektrárnu RE Power MD 70 s instalovaným výkonem 1,5MW. (Bufka, 2005a)

V roce 2005 přibýlo dalších 14 VE, všechny s instalovaným výkonem větším než 100 kW. Mezi největší projekty patří VE Enercon E-70 postavená v Petrovičích u Chabařovic a dvě elektrárny Repower MD 70, každá s výkonem 1,5 MW, stojící u Protivanova (Motlík, Štekl in verb).

Během května, června a července 2006 bylo postaveno dalších 7 VE, z toho 5 větrných elektráren s instalovaným výkonem 2 MW (Motlík, Štekl in Verb).

Souhrn instalovaného výkonu větrných elektráren na začátku července 2007 je uveden v tabulce 1.

Tab. 1: Instalovaný výkon větrných elektráren k 1.7.2006 (Motlík, Štekl in verb)

organizace	místo instalace	okres	Instal. výkon /MW/	Počet VTE	Typ VTE
ČEZ a.s.	Mravenečník	Šumperk	1,17	3	1x Wind World W 2500 1x EWT 315 1x EWT 630
VE Ostružná s.r.o.	Ostružná	Jeseník	3	6	Vestas V 39
Římskokatol. duchovní správa Svatý Hostýn	Hostýn	Kroměříž	0,225	1	Vestas V 27
ČEZ OZE s.r.o.	Nový Hrádek	Náchod	1,6	4	EKOV E 400
Projekty-elektro s.r.o.	Neklid-Boží Dar	Karlovy Vary	0,315	1	EWT 315
Pravoslavná akademie Vilémov	Protivanov	Prostějov	0,1	1	Fuhrländer FL 100
Jindřichovice p.Smrkem obec	Jindřichovice p. S.	Liberec	1,2	2	Enercon E-40
WIND Tech s.r.o.	Nová Ves v Horách	Most	3	2	Repower MD 70
Green Lines s.r.o.	Loučná, Krušné hory	Chomutov	1,8	3	Dewind D4
Konotech s.r.o.	Lysý vrch, Heřmanice	Liberec	2,5	5	Tacke 500

Aleš Kastl dřevovýroba	Nový Kostel	Cheb	1,82	4	1x Vítkovice 315-1, 3x Tacke 500
S+M CZ s.r.o.	Pohledy	Svitavy	0,25	1	Fuhrländer FL 250
Caurus s.r.o.	Mladoňov	Šumperk	0,5	1	Tacke 500
SVEP a.s.	Petroviče u Chabařovic	Ústí n. L.	2	1	Enercon E-70
Wind invest s.r.o.	Protivanov	Prostějov	3	2	Repower MD 70
WEB Větrná energie s.r.o.	Břežany	Znojmo	4,25	5	Vestas V 52
APB-Plzeň a.s.	Hraničné Petrovice	Olomouc	0,85	1	Vestas V 52
Haná Metal Wind s.r.o.	Hraničné Petrovice	Olomouc	0,85	1	Nordex N 54
S+M CZ s.r.o.	Gruna-Žipotín	Svitavy	1,2	2	De Wind D4
WINDTEX s.r.o.	Nové Město		6	3	Enercon E 70
APB-Plzeň a.s.	Pavlov	Jihlava	4	2	VESTAS V 90

3.1.1. Vývoj produkce energie z VE

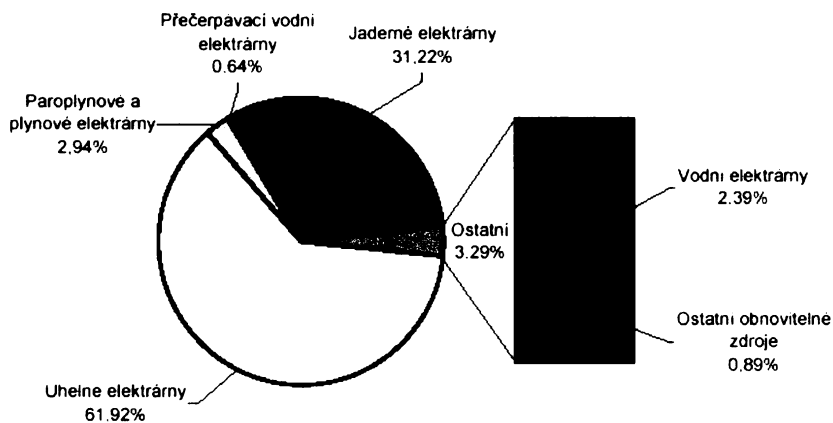
Již z přehledu VE postavených na území České republiky je zřejmé, že instalovaný výkon do roku 2002 lze považovat za zanedbatelný. Do konce roku 2003 se instalovaný výkon větrných elektráren v ČR zvýšil na 10,6 MW (Blažej, 2006). Od roku 2003 velikost instalovaného výkonu stále narůstala. V roce 2004 se zvýšila na 16,5 MW a do konce roku 2005 na 22 MW (MPO, 2006). Z celkového instalovaného výkonu zdrojů elektrické energie v ČR, představuje tato hodnota pouze 0,13% (MPO, 2006).

Největší podíl na instalovaném výkonu VE v České republice tvořil v roce 2005 Olomoucký kraj, kde bylo celkem instalováno 7 MW, dále Ústecký kraj (6,8MW) a kraj Liberecký (3,7 MW). V kraji Vysočina je podle statistického zjišťování MPO instalovaný výkon VE roven nule. (MPO, 2006)

Spolu se zvyšujícím se počtem instalovaných elektráren se zvyšuje také hrubá produkce energie vyrobené využitím energie větru. Do roku 2001 byla hrubá produkce energie z větrných elektráren nulová (Blažej, 2006). Mezi lety 2002 a 2004 se zvýšila z 1,6 GWh (Blažej, 2006) na 9,8 GWh (MPO, 2006),

tedy více než šestkrát. Ke konci roku 2005 dosáhla hrubá výroba energie 21,3 MW (MPO, 2006).

Na celkové české hrubé výrobě elektřiny se tak hrubá výroba elektřiny produkovaná z VE podílela z 0,026 %. Z celkové energie z obnovitelných zdrojů (nezahrnujících vodní elektrárny) tvořila energie z VE 33,236 %. (MPO, 2006)



Obr. 1: Výroba elektřiny z OZE v roce 2004 podle zdroje (MPO, 2005)

Energie větru je v České republice využívána převážně k výrobě elektřiny, která je určena k dodávkám do rozvodné sítě. Elektrárny s malým instalovaným výkonem slouží také pro vlastní potřebu majitele, jedná se však spíše o ojedinělé případy. (MPO, 2005)

3.1.2. Výkupní ceny elektřiny

Výkupní ceny zásadním způsobem ovlivňují rozvoj výstavby větrných elektráren a způsob využití produkované energie. Do roku 2001 byly minimální výkupní ceny elektřiny stanoveny přímo distribuční společnostmi v dané oblasti. Výše cen byla stanovována na základě dohody mezi distribučními společnostmi a v průměru byla 1130 Kč/MWh (Štekl in verb).

Od roku 2002 stanovuje ceny elektřiny Energetický regulační úřad. Ceny jsou dány cenovým rozhodnutím ERU a to vždy na rok dopředu. Pro roky 2002 a 2003 byla minimální výkupní cena elektřiny dodané do sítě stanovována na

3000 Kč/MW (ERÚ, 2001 a 2002). V roce 2004 byla stanovena rozdílná minimální výkupní cena pro VE uvedené do provozu před 1. 1. 2004 a po tomto datu. Pro VE uvedené do provozu před 1. 1. 2004 zůstala cena 3000 Kč/MWh (ERÚ, 2003). Pro VE uvedené do provozu po 1.1.2004 se minimální výkupní cena snížila na 2700 Kč/MWh (ERÚ, 2003).

Zásadní změnu tohoto systému přináší zákon č.185/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů). Ten zavádí také finanční podporu v podobě zelených bonusů (vysvětleno v kapitole 4.1.). Minimální výkupní ceny elektřiny dodané do sítě pro roky 2005 a 2006 a výše zelených bonusů pro rok 2006 jsou uvedeny v tabulce 2.

Tab. 2: Minimální výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v letech 2005 a 2006 a zelené bonusy pro rok 2006 (ERÚ 2004 a 2005)

Cena pro rok	2005	2006	
Datum uvedení do provozu	Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě (Kč/MWh)	Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě (Kč/MWh)	Zelené bonusy (Kč/MWh)
VE uvedená do provozu po 1.1.2006 včetně	-	2 460	2 020
VE uvedená do provozu od 1.1.2005 do 31.12.2005	2600	2 700	2 260
VE uvedená do provozu od 1.1.2004 do 31.12.2004	2720	2 830	2 390
VE uvedená do provozu před 1.1.2004	3020	3 140	2 700

3.1.3. Výhled na období do roku 2010

V České republice existuje řada záměrů na výstavbu větrných elektráren o celkovém výkonu cca 2000 MW. Podle údajů MPO (2005) jsou projekty s největším počtem větrných elektráren plánovány v centrální části Krušných hor a dále na Českomoravské vrchovině, na jižní a severní Moravě a ve Šluknovském Frýdlantském výběžku.



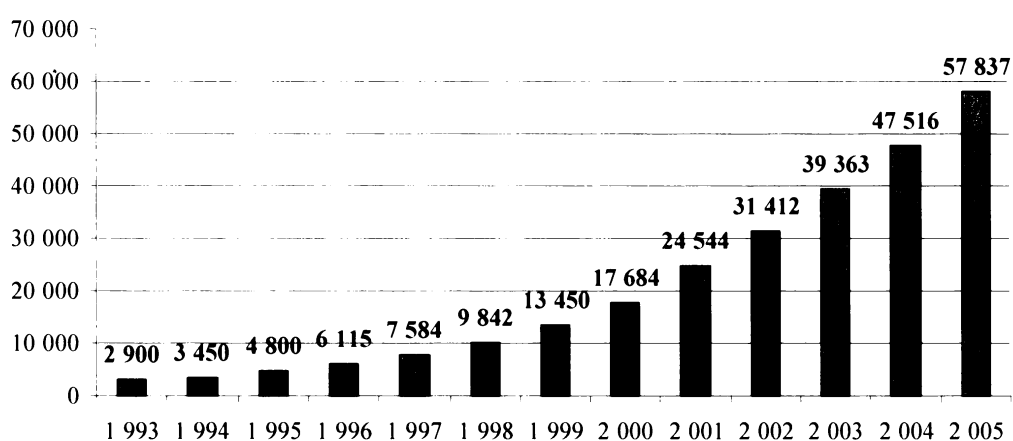
3.2. Celosvětově

Ačkoliv velikost instalovaného výkonu větrných elektráren na území České republiky v posledních letech stoupá, v Evropském měřítku patří ČR stále mezi státy s nejmenším podílem využívání energie větru.

V Evropě dosáhl v roce 2005 instalovaný výkon VE 40 805 MW, což odpovídá 60,3 % celosvětového instalovaného výkonu. Tento podíl se oproti roku 2004 (71,6 %) snížil, což je dáno jednak rozvojem asijského trhu (především Indie, Čína a Japonsko) a také zvýšením podílu instalovaného výkonu v USA. (Observ'ER, 2006)

Navzdory této skutečnosti došlo k největšímu zvýšení instalovaného výkonu v Evropě, kde bylo v roce 2005 vybudováno 6227 MW instalovaného výkonu VE. Hlavní podíl na tomto zvýšení mají země EU. (Observ'ER, 2006)

Celosvětový trend narůstajícího instalovaného výkonu VE je znázorněn na obrázku 2. Průměrný roční nárůst celosvětové instalované kapacity tvořil během tohoto období 28,4 %. V průběhu roku 2005 se celosvětová kapacita VE zvýšila o 10321 MW a dosáhla tak hodnoty 57 837 MW. (Observ'ER, 2006) K celosvětovému zvyšování množství energie produkované větrnými elektrárnami přispívá již téměř 50 zemí světa (Jäger-Waldau, 2004).



Obr. 2: Celková kapacita VE v MW instalovaná ve světě od roku 1993 (Observ'ER, 2006)

Mezi největší producenty větrné energie v rámci Evropské unie patří Německo, Španělsko, Dánsko, Itálie, Nizozemsko a Velká Británie. Česká republika s instalovanou kapacitou 20,3 MW v roce 2005 se umístila na spodních příčkách. Pokud posuzujeme instalovaný výkon VE vztažený na počet obyvatel, je vedoucí Evropskou zemí Dánsko s hodnotou 578,8 kW/1000 obyvatel. Pro srovnání, instalovaná kapacita VE v České republice v roce 2005 odpovídá 2 kW/1000 obyvatel. (Observ'ER, 2006)

3.3. Technický vývoj větrných elektráren

Technický vývoj VE směřuje ke zvýšení schopnosti elektráren vytvořit co nejvyšší množství energie při co nejnižších nákladech (Ackermann, 2005). Jelikož je množství energie vyprodukované větrnou elektrárnou dáno především plochou rotoru, instalovaným výkonem a výškou rotoru nad terénem (Štekl, 2002b), je cílem vývoje větrné energetiky využívání výkonnějších rotorů, delších lopatek rotoru, kvalitnějších materiálů a elektronického vybavení elektráren a také zvyšování věží VE (Jäger-Waldau, 2004).

V současnosti nejběžnější uspořádání VE sestává z horizontální osy, třílístého rotoru umístěného na návětrné straně VE, ale objevuje se celé řada variací (Sesto, 1999).

K největším změnám dochází ve zvyšování velikosti a výkonu VE. V roce 1982 byla průměrná velikost elektrárny 25 kW. Tato hodnota vzrostla na 200 kW v roce 1992 a v roce 2003 dosáhla velikosti mezi 750 kW and 2,500 kW. Průměrné velikosti instalovaného výkonu VE ve vedoucích zemích EU v oblasti větrné energie jsou uvedeny v tabulce 3. Větší stroje s výkonem 3,000 - 5,000 kW, konstruované pro použití offshore jsou v současnosti ve stadiu vývoje a testování. (Jäger-Waldau, 2004)

Kromě zvětšování velikosti a výkonu VE se vývoj zaměřuje také na optimalizaci rotoru z hlediska hlukové emise a také z hlediska využití systému pitch, který umožňuje měnit nastavení lopatek podle převládající rychlosti větru

(Chander, 2003). Životnost zařízení se v současnosti pohybuje mezi 20 a 25 lety. Provozní a servisní náklady se obvykle pohybují kolem 3 % až 5 % vstupních nákladů ročně. (Jäger-Waldau, 2004)

Tab. 3: Průměrná velikost VE instalovaných v jednotlivých letech v 6 vedoucích zemích EU [MW] (Eurobserv'ER, 2006)

Rok	Německo	Španělsko	Francie	Itálie	Velká Británie
1999	919	619	135	569	617
2000	1 101	423	376	600	795
2001	1 281	716	509	635	941
2002	1 397	952	713	776	843
2003	1 650	951	795	802	1 773
2004	1 696	1 123	1 162	918	1 637
2005	1 723	1 342	1 132	1 198	1 732

Je možné sledovat také některé další vývojové trendy, jako snižování hmotnosti a počtu komponent nebo využívání technicky dokonalejších materiálů, které mají přispět k již zmiňované redukci ceny energie produkované VE. Trendem je také umístování VE offshore a zaměření na kvalitu předpovědí (Jäger-Waldau, 2004). Důvodem je, že rychlost větru mimo pevninu je potenciálně vyšší a umožňuje dosáhnout vyšší produkce energie (Ackermann, 2005) Není také třeba snižovat hlukové emise rotorů snižováním jejich výkonu.

4. Legislativa ovlivňující využívání větrné energie

Podobně jako ve všech vyspělých státech, je i v České republice jedním z hlavních faktorů ovlivňujících využívání energie větru legislativa. Evropská legislativa spolu s českými zákony, vyhláškami, nařízeními vlády, metodickými pokyny MŽP, Státní politikou Životního prostředí ČR, Národním programem hospodárného nakládání s energií a využívání jejich obnovitelných a druhotných zdrojů a vyhláškami Energetického regulačního úřadu vymezují podmínky pro

výstavbu VE, obchodování s vyrobenou elektrickou energií a také podporu využívání větrné energie.

V této kapitole je uvedeno stručné shrnutí hlavních právních předpisů upravujících využívání větrné energie v České republice. Hlavní pozornost je věnována „**zákonu č. 180/2005 Sb., o podpoře využívání obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů)**“, který byl vydán v roce 2005 a přinesl zásadní změnu v oblasti využívání OZE. Podrobněji se tato kapitola věnuje také zákonu 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, protože zákaz výstavby VE v chráněných územích, který je stanoven tímto zákonem přímo ovlivňuje výběr vhodných lokalit v této diplomové práci.

Základním dokumentem, vymezujícím principy a cíle využívání větrné energie v ČR, **Státní politika životního prostředí České republiky (SPŽP)** (dokument vydaný v roce 2004). Tento dokument stanovuje cíl dosažení 8 % podílu produkce elektřiny z obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě energie a 6 % podílu OZE na celkové spotřebě primárních energetických zdrojů do roku 2010. Tyto cíle vyplývají z implementace evropského práva a za účelem jejich naplnění je jako jeden z cílů SPŽP definována maximální možná náhrada neobnovitelných zdrojů energie zdroji obnovitelnými. Dosažení těchto cílů by podle SPŽP mělo být podpořeno zvýšením finanční podpory z veřejných rozpočtů, zaváděním ekologické daňové reformy, zjednodušením povolovacího řízení pro výstavbu nových zařízení OZE a vytvořením jasných pravidel pro vztah využívání OZE a ochranu přírody a krajiny.

Pravidla pro výrobu elektrické energie jsou ustanovena také v zákoně č. **458/2000 Sb., energetický zákon** a zákoně č. **406/2000 Sb., o hospodaření energií**. Ten stanovuje pravidla pro šetrné využívání přírodních zdrojů, zvyšování hospodárnosti užití energie, konkurenceschopnosti a spolehlivost při zásobování energií vedoucí k ochraně životního prostředí a trvale udržitelnému rozvoji společnosti v ČR. Zákon stanovuje mimo jiné podrobnosti vydávání Státní a územní energetická koncepce, Národního programu hospodárného nakládání s energií a využívání jejich obnovitelných a druhotných zdrojů.

Národní program hospodárného nakládání s energií a využívání jejich obnovitelných a druhotných surovin je vyhlášen vždy na čtyřleté období. V současnosti je platný program na roky 2006-2009. Program hodnotí využití energie větru za uplynulé období a stanovuje potenciál jejího využití do roku 2010. Program vychází ze státní energetické koncepce a podobně jako u SPŽP je jeho cílem využívání obnovitelných a druhotných zdrojů energie v souladu se zásadami trvale udržitelného rozvoje a ochrany životního prostředí.

Dalším dokumentem, který vymezuje způsob využívání VE je **Státní program na podporu úspor energie a využití OZE**. Ten slouží k naplňování Státní energetické koncepce a upravuje poskytování dotací pro výstavbu, obnovu nebo rekonstrukci zařízení na využívání obnovitelných zdrojů energie.

Protože větrné elektrárny patří mezi stavby posuzované v rámci EIA, vztahuje se na jejich stavbu působnost zákona č. **100/2001 Sb., o posuzování vlivu staveb na životní prostředí**. VE jsou zařazeny do kategorie II., tedy mezi stavby podléhající zjišťovacímu řízení v působnosti krajských úřadů. V rámci posuzování podle tohoto zákona je hodnocen především vliv VE na životní prostředí, půdu, vodu, ovzduší, flóru, faunu, vliv na krajinný ráz (estetické hledisko) a vliv hlukových emisí. (Pízová, 2003)

Jedním z dokumentů zásadních pro výstavbu větrných elektráren je také **Metodický pokyn k vybraným aspektům postupu orgánů ochrany přírody při vydávání souhlasu podle §12 a případně dalších rozhodnutí dle zákona č. 114/1992 Sb., které souvisí s umístováním staveb vysokých větrných elektráren**, vydaný MŽP. Metodický pokyn obsahuje informace o základním postupu posuzování záměru výstavby větrné elektrárny, o nezbytných a doporučených podkladech, které jsou pro toto posuzování potřebné. Jsou zde shrnuty také vybrané aspekty k vyhodnocení z hlediska legislativy, jako je hodnocení z hlediska ochrany krajinného rázu a VKP nebo z hlediska zachování diverzity krajiny.

V příloze metodiky je přehled ustanovení stavebního zákona, kterých se může dotýkat výstavba větrné elektrárny a které mohou stavební úřady po dohodě s příslušným orgánem ochrany přírody, v souvislosti s výstavbou VE, vyžadovat.

Přílohou metodiky je také mapa území vhodných pro výstavbu VE se znázorněním střetů těchto ploch se zájmy ochrany přírody.

4.1. Zákon č.180/2005 Sb., o podpoře využívání obnovitelných zdrojů

Zákon č.180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů) vychází ze směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2001/77/ES, o podpoře elektrické energie z obnovitelných zdrojů na vnitřním trhu s elektrickou energií. Účelem zákona je podpořit využívání obnovitelných zdrojů energie a zvýšit jejich podíl na produkci energie v ČR tak, aby byl naplněn cíl podílu obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě energie v ČR 8 % v roce 2010 a poté další zvyšování tohoto podílu.

Za tímto účelem zákon stanovuje povinnost provozovatele přenosové nebo distribuční soustavy přednostně připojit VE k přenosové či distribuční soustavě, pokud o to její provozovatel požádá. Provozovatelé PDS jsou také povinni odebírat veškerou energii vyprodukovanou tímto zařízením, kterou provozovatel elektrárny nabídne k povinnému výkupu.

Finanční podpora je zajišťována v podobě stanovených výkupních cen nebo v podobě zelených bonusů (vysvětleno dále v textu). Provozovatel VE má právo vybrat si, zda bude požadovat za vyprodukovanou energii zelený bonus nebo ji nabídne k výkupu za stanovenou výkupní cenu. Toto rozhodnutí je závazné a jeho změna je možná nejdříve za rok od jeho platnosti. Výši pevných výkupních cen a výši bonusů stanoví vždy na rok dopředu Energetický regulační úřad. Výše výkupní ceny energie a zelených bonusů je stanovena tak, aby doba pro návratnost finanční investice pro zařízení uvedená do provozu po začátku účinnosti tohoto zákona byla maximálně 15 let. Proto je výkupní cena v době uvedení VE do provozu garantována po dobu následujících 15 let jako minimální. Pro elektrárny uvedené do provozu před dobou vydání zákona je pro patnáctileté

období garantována jako minimální výše cen pro rok 2005. Za uvedení do provozu je podle tohoto zákona uvažováno také dokončení rekonstrukce nebo modernizace zařízení. Platí také ustanovení, že výkupní ceny nesmí být nižší než 95 % výkupní ceny z předchozího roku.

- **Minimální výkupní cena energie** - Tento způsob podpory je uplatňován, pokud se provozovatel VE rozhodne pro prodej elektřiny provozovateli regionální distribuční soustavy nebo provozovateli přenosové soustavy.
- **Zelené bonusy** - Pokud se provozovatel VE rozhodne pro prodej vyrobené elektrické energie na trhu, uplatňuje u příslušného provozovatele soustavy nárok na příplatek k tržní ceně – tzv. zelené bonusy. Zelený bonus je vyplácen i pro vlastní spotřebu energie provozovatele zařízení.

4.2. Územní ochrana přírody a krajiny

Pravidla a povinnosti územní ochrany přírody a krajiny jsou definována především „**zákonem č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny** a související **vyhláškou č. 395/1992 Sb.**“. Zákon o ochraně přírody a krajiny vymezuje 6 kategorií zvláště chráněných území, ve kterých je výstavba větrných elektráren omezena nebo úplně zakázána. Z těchto kategorií jsou na území okresu Havlíčkův Brod zastoupeny 4 – chráněné krajinné oblasti, národní přírodní rezervace, přírodní rezervace a přírodní památky. Ve všech těchto oblastech je výstavba větrných elektráren zakázána. Zákon navíc vyhláší padesátimetrové ochranné pásmo, kolem každého chráněného území, které toto pásmo nemá stanoveno jinak.

Další formou územní ochrany je NATURA 2000. Tato území byla vyhlášena nařízením vlády 132/2005 Sb. a podrobnosti jsou definovány opět v zákoně O ochraně přírody a krajiny. Z území stanovených v rámci Natura 2000 jsou na území okresu Havlíčkův Brod zastoupeny pouze Evropsky významné lokality. Ty

jsou zákonem č. 114/1992 Sb. definovány jako lokality, které v biogeografické oblasti nebo oblastech, k nimž náleží, významně přispívají:

- a) k udržení nebo obnově příznivého stavu alespoň jednoho typu evropských stanovišť nebo alespoň jednoho evropsky významného druhu z hlediska jejich ochrany
- b) k udržení biologické rozmanitosti biogeografické oblasti.

V době zpracování této diplomové práce nejsou Evropsky významné lokality dosud schváleny a vztahuje se na ně předběžná ochrana.

Mezi základní povinnosti při obecné ochraně přírody dané zákonem č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny patří také vymezení systému ekologické stability. Ten je definován jako vzájemně propojený soubor přirozených i pozměněných, avšak přírodě blízkých ekosystémů, které udržují přírodní rovnováhu. Jeho významem je zajištění uchování a reprodukce přírodního bohatství, příznivé působení na okolní méně stabilní části krajiny a vytvoření základů pro mnohostranné využívání krajiny. Rozlišují se tři úrovně ÚSES - místní, regionální a nadregionální.

Zákon o ochraně přírody a krajiny určuje také povinnost ochrany krajinného rázu a přírodních parků. Tento způsob ochrany je podrobněji zpracován v kapitole 5.6.

5. Vliv větrných elektráren na okolí a životní prostředí

Při výběru lokality pro výstavbu větrné elektrárny je třeba brát v úvahu nejen klimatické a geografické vlastnosti lokality, ale také její vhodnost z hlediska působení elektrárny na její okolí a na životní prostředí. Větrným elektrárnám se, často neoprávněně, přisuzuje celá řada negativních vlivů, především hlukové emise, stroboskopický efekt, rušení elektromagnetických vln (činnost radiolokátorů nebo televizního a radiového signálu) či negativní vliv na avifaunu.

Cílem této kapitoly je přiblížit pozitivní i negativní aspekty výstavby VE a jejich působení na okolí a životní prostředí.

5.1. Snížení podílu exhalátů oproti uhelné elektrárně

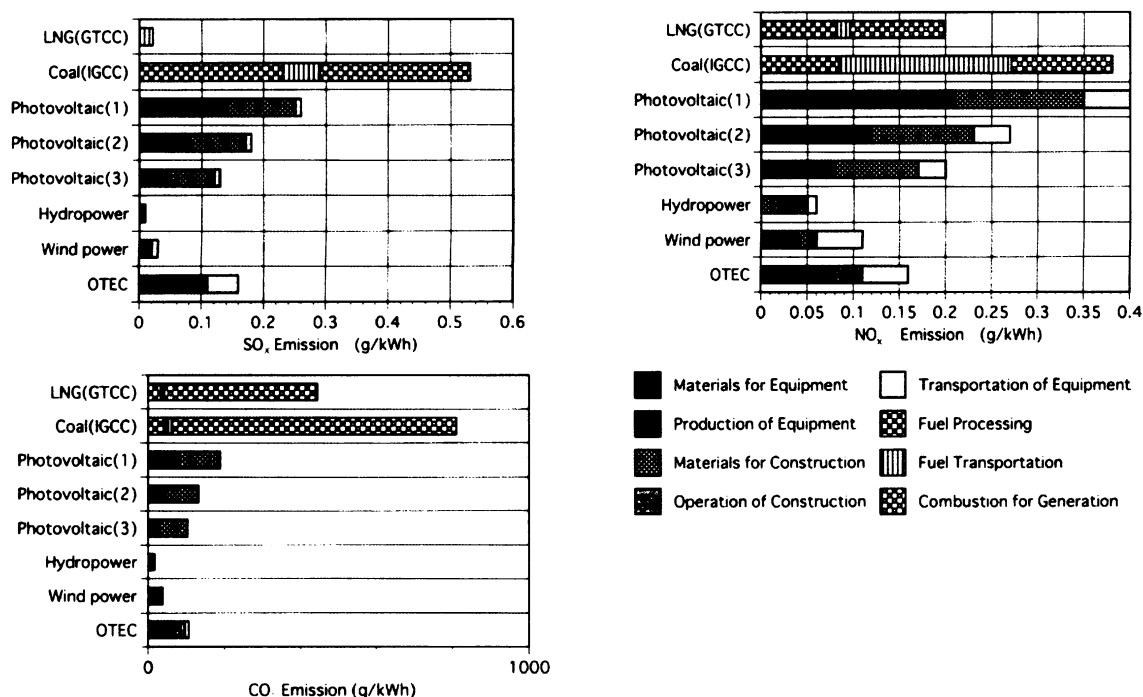
Znečištění životního prostředí a emise CO₂ pocházející z energetiky představují hrozbu pro životní prostředí i pro lidské zdraví. Na rozdíl od klasických zdrojů energie zatěžuje výroba energie z větrných elektráren životní prostředí mnohem méně (MŽP, 2005). Během provozu VE nedochází k produkci emisí skleníkových plynů, což napomáhá zmírnit vliv energetiky na klimatickou změnu.

Při provozu VE nejsou na rozdíl od energetických zdrojů využívajících fosilní paliva emitovány ani další škodliviny jako jsou oxidy síry, dusíku, uhlovodíky, prachové částice a další (MŽP, 2005). Ve srovnání s průměrnou tepelnou elektrárnou, umožní každá MWh elektrické energie produkovaná větrnou elektrárnou úsporu 830 kg/MWh CO₂, 2,1 kg/MWh NO_x, 0,6 kg/MWh SO_x a 0,1 kg prachových částic (Mathew, 2006).

Při hodnocení emisí způsobených větrnými elektrárnami však nelze opomenout emise, které vnikají při výrobě zařízení. Studie Nobura, Inaba (2001) hodnotí velikost emisí CO₂, NO_x a SO_x, které vzniknou v průběhu výroby materiálu, tvorbě zařízení, dopravy a výstavby VE v poměru k kWh energie vyprodukované VE v průběhu její životnosti. Výpočet vychází z materiálových a energetických nároků elektrárny s instalovaným výkonem 100kW, výškou stožáru a průměrem rotoru 30 metrů. Předpokládaná životnost zařízení je 25 let.

Výsledky ukazují, že největší část emisí CO₂ pochází z výroby materiálu pro konstrukci a mechanické vybavení VE. Oproti tomu u emisí NO_x a SO_x je hlavním zdrojem doprava. Srovnání emisí z VE a dalších energetických zdrojů je na obrázku 3.

Obr. 3: Srovnání emisí z VE a dalších energetických zdrojů (Nomura, 2001)



K podobnému závěru dochází také studie Jungbluth, 2004. V rámci této studie byla vypracována LCA analýza turbín s instalovaným výkonem 600 kW, 800 kW a 2 MW. Studie potvrzuje, že téměř všechny environmentální dopady jsou způsobeny výrobou turbíny a přepravou materiálů a komponent. Výsledky studie také ukazují, že velikost environmentální zátěže závisí na instalovaném výkonu, životnosti, dostupnosti a vyprodukovaném výkonu elektrárnou. Čím jsou tyto parametry vyšší, tím menší je vliv elektrárny na ŽP.

5.2. Hluk

Hluk je jedním z hlavních faktorů omezujících výběr území pro výstavbu větrných elektráren. Při provozu větrné elektrárny vznikají dva typy hluku. Prvním z nich je aerodynamický hluk způsobený průchodem lopatek rotoru kolem stožáru větrné elektrárny. Dalším zdrojem hluku je práce strojovny (generátoru, převodovky a natáčecích mechanismů). V současné době je díky technickému

vývoji mechanický hluk strojovny minimalizován a převažuje tudíž hluk aerodynamický (Jiráska, 2003).

Šíření hluku do okolí elektrárny je závislé na rychlosti a směru větru, na zvrstvení atmosféry, na existenci a výšce nízké oblačnosti, na geografických podmínkách místa a také na rozmístění překážek v okolí větrné elektrárny.

Hluková emise větrné elektrárny je kvantifikovatelná na základě měření. Emitovaný hluk je charakterizován hladinou akustického výkonu L_{WA} a hladinou akustického tlaku L_p .

Hladina akustického výkonu L_{WA} je udávána v dB a je určována pro různé rychlosti větru s tím, že za rozhodující je považován interval od 6 m/s do 10 m/s (Štekl a kol., 2005). Hodnota hladiny akustického tlaku u velkých větrných elektráren měřená u jeho zdroje se v současnosti pohybuje mezi 100 dB a 106 dB (Chander, 2003). Z tohoto důvodu je v ČR pro výstavbu moderních větrných elektráren doporučená velikost pásma hlukové ochrany 500 m (Štekl a kol., 2005). Tabulka č. 4 uvádí hodnoty doporučené minimální vzdálenosti větrné elektrárny o výšce 80 metrů od chráněné zástavby založené na informacích firmy DeWind a Kulatého stolu na téma Větrné elektrárny versus životní prostředí z roku 2004.

Tab. 4: Přibližná minimální vzdálenost samostatné velké větrné elektrárny o výšce 80 metrů od chráněné zástavby. (Štekl, 2005b)

LWA elektrárny [dB]	vzdálenost od nejbližší zástavby
100	345 m
101	375 m
102	415 m
103	450 m
104	490 m
105	535 m

Hladina akustického tlaku L_p vyjadřuje intenzitu zvuku v určitém místě a udává se v dB. Intenzita hluku se u paty současných větrných elektráren pohybuje mezi 50 dB a 60 dB (Štekl, 2004a). Pro lepší představu jsou v následující tabulce uvedeny příklady situací odpovídajících různým hodnotám L_p :

Tab. 5: Velikost hluku v různých situacích (Štekl, 2004a)

0 dB	práh slyšitelnosti
20 dB	šum listí, tichá místnost
30 dB	šepot, tichý byt, tichá ulice
40 dB	tlumený hovor, zvuk ledničky
50 dB	běžný pouliční hluk
60 dB	hlasitý hovor
70 dB	frekventovaná ulice
90 dB	jedoucí vlak
120 dB	startující letadlo
140 dB	akustické trauma

5.2.1. Limitní hodnoty hluku

Nejvyšší přípustné hodnoty hluku pro provoz větrných elektráren jsou stanoveny nařízením vlády 502/2000 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Toto nařízení stanovuje nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu akustického tlaku na 50 dB pro denní a 40 dB pro noční dobu. V případě chráněných staveb, jako jsou nemocnice nebo lázně se tyto hodnoty snižují o 5 dB. Nejvyšší přípustné hladiny akustického tlaku se snižují o 5 dB, také v případě, že má hluk tónový charakter. U moderních větrných elektráren však výskyt tónové složky ve spektru většinou neobjevuje. Tonalitu lze očekávat spíše u starších typů VE, může se objevit v případě mechanické poruchy elektrárny (skřípání, vrzání apod.). (Štekl, 2004a)

5.2.2. Předběžné posouzení hluku provozu větrné elektrárny

Hluk způsobený provozem větrné elektrárny je sice možné stanovit pomocí měření, problémem je však nemožnost odstraňování hluku v případě již

realizované stavby. Z tohoto důvodu je při výstavbě nového zařízení nezbytné provést předběžné posouzení pole hlukové emise tzv. akustickou studií.

Technické měření hluku daného typu VE

Součástí technického měření jsou informace o akustickém spektru hlukové emise, hladině akustického výkonu elektrárny, graf datových dvojic hluku VE a hluku pozadí proti rychlosti větru, závislosti hladiny hluku na rychlosti větru, tonalitě a směrovosti hlukové emise (Jiráska, 2003.) Tato měření jsou povinností výrobce a jsou prováděna před uvedením větrné elektrárny na trh. Podrobnosti měření jsou specifikovány v normě ČSN EN 61400-11.

Akustická studie

Akustická studie vychází z technických údajů výrobce nebo z technického měření a je nutnou součástí podkladů nezbytných pro stavbu větrné elektrárny. Ve studii jsou hodnoty hladiny akustického výkonu L_{WA} a hladin ve spektru L_{Wf} přepočítány na hladinu akustického tlaku $L_{Aeq,T}$ u nejbližší chráněné zástavby.

Výpočet hladiny akustického tlaku by měl být proveden pro rychlosti větru 8 m/s, respektive 10 m/s, tedy pro rychlosti, kdy je hluková emise elektrárny nejvyšší, ale kdy ještě nepřevažuje hluk pozadí. Součástí studie by mělo být také porovnání hluku způsobeného provozem větrné elektrárny a hluku pozadí, aby bylo zřejmé, za jakých podmínek je hluk větrné elektrárny převažující. (Jiráska, 2003)

5.2.3. Hygienické a inspekční měření

Jestliže se výsledky akustické studie blíží limitním hodnotám (40 dB ve dne – 50 dB v noci), nelze akustickou studii považovat za průkaznou. V tomto případě je nutné provést **hygienické měření**. Toto měření provádí akreditovaná laboratoř po uvedení VE do provozu. Jedná se o měření hladiny akustického tlaku $L_{Aeq,T}$ a

hladin ve spektru L_{teq} u nejbližší chráněné zástavby, které je prováděno podle metodiky dané normou ČSN EN 61400-11.

V případě stížností obyvatel na hluk větrné elektrárny se provádí tzv. **inspekční měření**. To se provádí stejným způsobem jako měření hygienické, ale na rozdíl od hygienického měření, kde se dokazuje že hluk nepřesahuje hygienickou normu, při inspekčním měření je výchozím předpokladem překročení hygienické normy. Proto jsou uvažovány vždy ty nejnepríznivější podmínky, které mohou nastat.

5.3. Stroboskopický efekt větrných elektráren

Stroboskopický efekt je jedním z negativních aspektů provozu větrných elektráren. Je zapříčiněn střídavým zakrývání Slunce listy rotoru, ke kterému dochází při malé výšce Slunce. Projevuje se jako míhání stínu a může působit rušivě na obyvatele žijící v okolí VE. Podobný efekt způsobuje také odraz slunečního záření na lopatkách rotoru. Časový a plošný rozsah stroboskopického efektu lze určit například pomocí výpočetního programu STIN.

Program STIN umožňuje pomocí modelu simulovat pohyb Slunce po obloze během dne a roku. Program díky této simulaci vypočítá dobu, kdy na zadané místo může působit stroboskopický efekt. Program STIN stanovuje kromě celkové doby možného zastínění také její procentuální vyjádření vzhledem k délce slunečního svitu (období, kdy je Slunce nad horizontem).

Protože doba a intenzita slunečního záření dopadající na zadané místo je ovlivňována celou řadou faktorů, je pro výpočet nutné zavést jistá zjednodušení. Zanedbávají se například překážky, které by stínily Slunce, vzájemné zastínění několika větrných elektráren a snížení doby osvitu vlivem oblačnosti. Dále se předpokládá, že plocha vrtule elektrárny je nastavena kolmo ke slunečním paprskům, což je situace, kdy se stroboskopický efekt projevuje nejvíce.

Všechna zjednodušení programu nadhodnocují vliv stroboskopického efektu a celkovou dobu jeho působení na vybrané místo. Díky tomu je možné výsledek

považovat za nejméně příznivou situaci, která by mohla nastat. Ve většině případů bývá očekávaný vliv stroboskopického efektu řádově v hodinách za rok. (Štekl a kol., 2005)

Jelikož stroboskopický efekt působí rušivě a jeho zmírnění je problematické, mělo by být jeho posouzení součástí předběžných měření. Pro odstranění vlivu stroboskopického efektu u větrných elektráren, které jsou již v provozu je v současnosti možné využít programy, které automaticky vypínají turbínu pokud nastanou podmínky způsobující tento efekt.

5.4. Vliv na faunu a floru

Vliv výstavby větrných elektráren na živou přírodu v jejich okolí je problematická otázka, ve které se názory odborníků často rozcházejí. Nejčastěji diskutovanou otázkou je vliv VE na avifaunu, proto se v této kapitole práce zaměřuje především na ni. Jak vyplývá z dostupné literatury, vliv na ostatní faunu je, podobně jako v případě avifauny, nejvýznamnější v době stavby zařízení. Elektrárna může působit rušivě i během svého provozu. Toto působení však není považováno za příliš významné.

5.4.1. Vliv VE na avifaunu

Vliv větrných elektráren na avifaunu je rozdílný v závislosti na tom, jestli se jedná o druhy hnízdící v lokalitě výstavby větrné elektrárny nebo druhy, které tímto místem pouze táhnou. Obecně jsou za hlavní možné dopady funkce větrných elektráren na avifaunu považovány (Langston, 2003):

- rušení větrnými elektrárnami vedoucí k přemístění případně vymizení některých druhů, včetně bariérového efektu na tažné druhy
- mortalita způsobená kolizí s těmito stavbami

- ztráta nebo zničení či narušení prostředí a biotopů v důsledku výstavby a přítomnosti staveb a s nimi spojenou infrastrukturou;

V ČR je predikce působení vlivu VE na ptáky stanovena v rámci zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí), který udává povinnost zhodnotit vliv stavby na faunu, floru a ekosystémy.

5.4.2. Vliv na floru

Vliv provozu VE na floru v okolí lze považovat za zanedbatelný. Zařízení může způsobit částečné zastínění okolního porostu. To je však vzhledem k tvaru elektrárny a posunu stínu v průběhu dne zanedbatelné.

Vliv na porost je větší v průběhu stavby zařízení. V tomto případě dochází k narušení území vlivem stavebních prací. Celkově je však zábor půdy pro základovou desku elektrárny malý. Základová deska je po dokončení stavby opět překryta půdou, tak, aby byly následky výstavby minimalizovány. Vliv VE na floru je předmětem posuzování EIA.

5.5. Rušení elektromagnetických vln

Větrné elektrárny mohou ovlivnit fungování zařízení využívajících elektromagnetické vlny. Tento jev může být způsoben především tím, že rotující lopatky při svém pohybu rozptýlí signál. Stožár elektrárny může také zapříčinit odraz signálu, který ruší původní signál směřující k přijímači. (Chandler, 2003)

Tento způsob narušení elektromagnetických vln může ovlivnit především příjem televizního signálu, leteckých navigačních systémů nebo radiolokátorů. K výskytu uvedených problémů (s výjimkou ovlivnění televizního signálu) nedochází není-li není turbína umístěna do těsné blízkosti vysílače či přijímače.

Pravděpodobnost ovlivnění elektromagnetických vln radiového signálu nebo mobilních sítí je nízká. (Chandler, 2003)

Tato problematika je velmi specifická a doporučuje se, aby bylo toto riziko zvaženo při výběru lokality pro výstavbu větrné elektrárny (Chandler, 2003).

5.6. Vliv VE na krajinný ráz

Ovlivnění krajinného rázu neboli přírodní, kulturní a historické charakteristiky určitého místa či oblasti výstavbou větrných elektráren je velmi citlivou a subjektivní otázkou. Výstavba velké větrné elektrárny jednoznačně představuje zásah do krajiny a má tak na krajinný ráz nesporný vliv.

Ochrana krajinného rázu je předmětem obecné územní ochrany podle zákona č. 114/1992 Sb, o ochraně přírody a krajiny. Krajinný ráz je podle tohoto zákona chráněn před činnostmi 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.

K umístování a povolování staveb i jiných činností, které by mohly snížit nebo změnit krajinný ráz, je nezbytný souhlas orgánu ochrany přírody. K posouzení vlivu výstavby VE na krajinný ráz je potřebný odborný posudek (například AOPK). (MŽP, 2005)

Pro zvýšenou ochranu krajinného rázu s významnými estetickými a přírodními hodnotami může orgán ochrany přírody také zřídit přírodní park. Na území přírodního parku by mělo být omezeno takové využití území, které by mohlo způsobit zničení, poškození nebo rušení stavu tohoto území. Z tohoto důvodu by podle Metodického pokynu MŽP (2005) na těchto místech neměla být realizována ani výstavba větrných elektráren.

6. Posouzení vhodnosti lokality pro výstavbu větrné elektrárny a jejího větrného potenciálu

Pro správnou činnost větrné elektrárny je její umístění na místě vhodném z hlediska směru a rychlosti větru zásadní. Protože produkce energie větrnou elektrárnou je úměrná třetí mocnině rychlosti větru, je správnost tohoto odhadu pro dobrý výběr lokality rozhodující (Spera, 1994). Rychlost větru je ovlivňována celou řadou faktorů a její stanovení je tudíž komplikovaná záležitost. Hlavním kritériem pro výběr optimální pozice VE vzhledem ke tvaru reliéfu a parametru drsnosti v bezprostředním okolí je převládající směr větru. Hodnocení vybrané lokality se obvykle skládá ze dvou částí – předběžného posouzení a vlastního posouzení větrných podmínek.

Předběžné posouzení vychází z informací dostupných pro danou lokalitu. Při této části posuzování jsou brány v úvahu veškeré dostupné údaje o větrných i geografických podmínkách dané lokality. V rámci předběžného posouzení jsou brány na zřetel data modelových výpočtů charakteristik větru, vliv parametru drsnosti, rozmístění překážek v okolí sledovaného místa (až do vzdálenosti několika kilometrů) a také tvar terénu v okolí této lokality. Informaci o směru proudění mohou poskytnout také pozorovatelné znaky v krajině, jako tvar koruny stromů (vlajkové stromy) nebo statistické zpracování směru kouřových vleček. (Matjes, 2006)

Hlavní částí předběžného posouzení je však aplikace matematických modelů, které využívají data z okolních meteorologických stanic nebo měření. Tyto modely umožňují matematicky modelovat charakter proudění vzduchu nad komplexním zemským reliéfem pro území většího rozsahu. V Ústavu fyziky atmosféry AV ČR jsou k dispozici modely VAS a WAsP, hybridní model a dynamický model mezní vrstvy atmosféry.

Součástí předběžného posouzení by mělo být i zhodnocení vlivu námrazy a při stavbě větrných farem také posouzení případné ztráty způsobené stíněním. Do předběžného posouzení by měly být zahrnuty informace o hlukových emisích a stroboskopickém efektu.

Výhodou předběžného posouzení je jeho nižší časová i finanční náročnost v porovnání s fyzickým měřením složek větru na meteorologickém stožáru. Ve většině případů však toto posouzení slouží spíše jako informace o tom, že vybraná lokalita není pro výstavbu větrné elektrárny dostatečně vhodná a její provoz by tudíž nebyl rentabilní. Pro prokázání opaku je pak potřeba provést měření rychlosti větru přímo na místě plánované výstavby elektrárny. (Štekl, 2005b)

Účelové měření větru a zhodnocení získaných výsledků je druhou částí **posouzení větrných podmínek** lokality. Toto měření je však nezbytnou součástí plánování výstavby elektrárny, protože díky výsledkům měření je možné zabránit nevhodnému umístění elektrárny a velkým finančním ztrátám při neúspěšnosti projektu. Minimální doporučená doba pro měření je 12 – 18 měsíců (Štekl, 1997).

Důležité pro kvalitu měření je také umístění měřícího přístroje. Nejpřesnější data mohou být získána měřením ve výšce osy rotoru větrné elektrárny (Štekl, 1997). Protože však takovéto měření není z technických důvodů vždy možné, provádí se měření často ve výšce 10 nebo 40, 50, 80, případně i více metrů nad terénem. K měření jsou obvykle využívány miskové či ultrasonické anemometry. Moderní metodou měření profilu složek větru je dopplerovský sodar, který umožňuje měření profilu rychlosti a směru větru až do výšky 200 metrů. (Štekl, 2005b)

7. Modely odhadu rychlosti větru

V Ústavu fyziky atmosféry AV ČR se k určení větrných podmínek lokality využívají čtyři různé matematické modely – WasP, VAS, hybridní model VAS/WAsP a dynamický model PIAP. Všechny tyto modely se liší jak způsobem postupu výpočtu složek větru, případně pouze rychlosti, tak i schopností zahrnout specifické vlastnosti terénu a proudění a podmínkami, které musí splňovat vstupní data.

7.1. VAS (Větrný atlas)

Metoda VAS byla vyvinuta v Ústavu fyziky atmosféry AV ČR a byla určena k odhadu průměrné roční rychlosti větru ve výšce 10 m nad terénem pro celé území České republiky. Na základě této metody byl vytvořen program VAS, který umožňuje stanovit roční průměrnou rychlost větru v 10 – 70 metrech nad povrchem terénu pro libovolné místo v České republice a následně vypočítat průměrný tok energie větru a odhad výroby zadaného typu větrné elektrárny. (Kolektiv, 2003) Vstupními údaji pro tento model jsou naměřená data na meteorologických stanicích a ve vybraných lokalitách v České republice, která jsou statisticky zpracována. (Štekl, 2001b)

Metoda VAS vychází z následujících předpokladů:

- Naměřené hodnoty jsou reprezentativní pro okolí stanice, t.j. zahrnují v sobě vliv drsnosti terénu a orografické případně další vlivy charakteristické pro širší okolí stanice.
- Drsnost a vliv orografie se mění spojitě v horizontální rovině i ve vertikálním směru.
- Hustota stanic je taková, že jejich okolí, pro která jsou měření reprezentativní, pokrývají celou oblast. (Štekl, 2001b)

7.2. WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Programme)

Metoda WAsP slouží k analýze směru a rychlosti větru ve vybraném území a umožňuje transformaci dat do požadované lokality včetně kalkulace potenciální produkce energie turbíny nebo větrné farmy. Tento model byl vytvořen v roce 1989 v dánské Riso National Laboratory.

Metoda WAsP je tvořena skupinou modelů, které umožňují horizontální a vertikální extrapolaci dat z místa měření (meteorologické stanice) do místa výstavby VE a odhad větrných podmínek v tomto místě. Pro modelování pomocí metody WAsP je potřeba znát dlouhodobou řadu měření rychlosti a směru větru

na blízké meteorologické stanici, popis terénu v okolí stanice a lokality určené pro výstavbu VE a parametr drsnosti v těchto lokalitách. Obzvláště důležitá je pro tuto metodu kvalita vstupních měření a vzdálenost referenční meteorologické stanice od místa, pro které je zásoba větru vypočítávána. (Štekl, 2001b)

Určení větrných podmínek vybrané lokality probíhá v několika fázích. Nejdříve jsou naměřené hodnoty převedeny do histogramů, které jsou upraveny pomocí modelů pro orografii, drsnost a překážky v terénu. Takto upravené histogramy jsou vertikálně transformovány a jsou z nich stanoveny parametry Weibulova rozdělení. Tímto způsobem se určí regionální podmínky oblasti.

Pro požadovanou lokalitu se pak odhad vytvoří opačným postupem, při kterém jsou do standardních podmínek opět pomocí modelů pro orografii, drsnost a překážky v terénu zapracovány geografické podmínky požadované lokality. Program tak umožňuje určit větrné podmínky v konkrétním místě a také na základě výkonové křivky větrné turbíny předpovědět celkovou roční produkci energie. (Kolektiv, 2003)

Výhodou metody WAsP je, že umožňuje účinně zahrnout vliv drsnosti povrchu v okolí a také účinek terénních překážek a modifikace proudění větru způsobené různou výškou terénu v okolí místa měření. Metoda WAsP je vhodná k tvorbě předpovědí na místech se stejnými geografickými a klimatickými podmínkami jako v místě referenční stanice. (Frank, 2001)

7.3. Hybridní model VAS/WAsP

Hybridní model VAS/WAsP je kombinací obou předcházejících modelů. Model VAS/WAsP umožňuje zahrnout vliv drsnosti povrchu v okolí sledované lokality a vliv menších překážek díky využití modelu WAsP a zároveň trojrozměrnou interpolací naměřených dat na plochu celého sledovaného území pomocí modelu VAS.

Modelování pomocí hybridního modelu probíhá ve třech krocích. Vstupní data získaná meteorologickým měřením jsou nejdříve očištěna od vlivu blízkého okolí. K odstranění lokálních vlivů slouží jednotlivé části programu WAsP

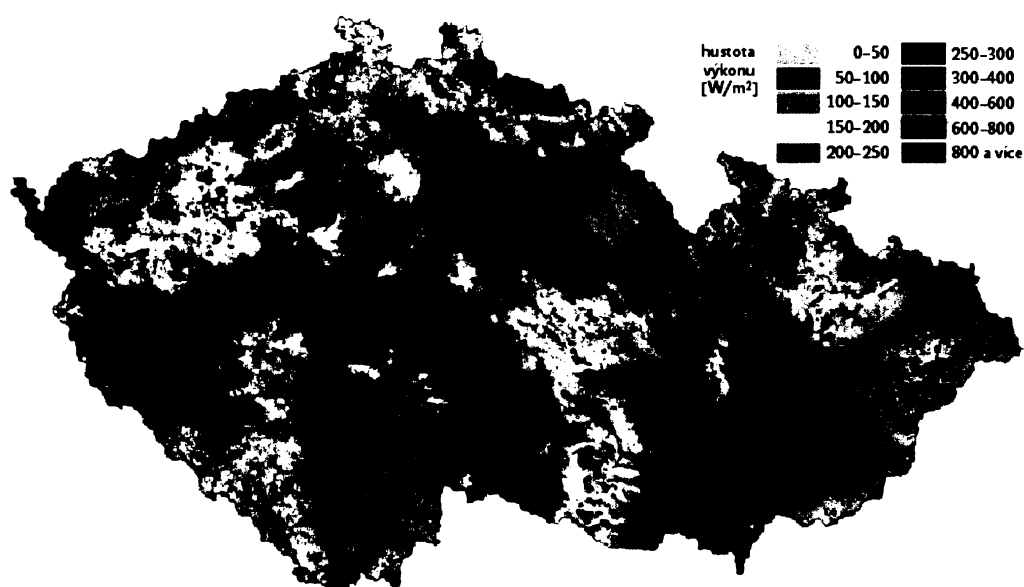
(model pro orografii, drsnost povrchu a překážky). Získaná data odpovídají podmínkám, při kterých by proudění větru ve zvolené lokalitě nenarušovaly překážky, terén v lokalitě by byl plochý a drsnost povrchu by byla konstantní pro celou oblast. Ve druhé části je pro modelování využit model VAS, pomocí něhož jsou získané údaje interpolovány do sítě s velikostí čtverců 2x2 km (Hanslian, 2006).

Nakonec je opět využit model WAsP, pomocí kterého je proveden konečný výpočet klimatologických charakteristik v síti 100 x 100 metrů (Hanslian, 2006).

Výhodou použití hybridního modelu VAS/WAsP je, že umožňuje zohlednit vliv nadmořské výšky a velkoprostorové orografie a zároveň i lokální orografie. Ze všech uvedených modelů také nejlépe zohledňuje vliv drsnosti terénu. Nevýhodou je, že model nedokáže vystihnout vliv orografických útvarů středního měřítká.

Hodnoty hustoty výkonu větru pro území okresu Havlíčkův Brod vypočítané pomocí hybridního modelu VAS/WAsP byly použity jako výchozí údaje pro tuto diplomovou práci.

Ukázka výstupu modelování pomocí hybridního modelu VAS/WAsP je uvedena na obrázku 4.



Obr. 4: Hustota výkonu větru v ČR stanovená pomocí modelu VAS/WAsP (Štekl, 2005a)

7.4. Model PIAP

Výpočet modelem PIAP se provádí pomocí dvou modelů:

- model pro výpočet vybraných scénářů proudění vzduchu
- model pro přiřazení reálných situací natékajícího proudění simulovaným scénářům a následné statistické výpočty.

Je možné kombinovat různé modely pro výpočet proudění vzduchu s řadou modelů pro statistické zpracování spočtených scénářů proudění. Oba modely jsou tudíž na sobě do značné míry nezávislé. Při realizaci výpočtů však samozřejmě musí výpočet scénářů proudění předcházet jejich statistickému zpracování. (Štekl, 2004a)

Pro výpočet vybraných scénářů natékajícího proudění byl použit 3-rozměrný nestacionární numerický model mezní vrstvy atmosféry PIAPBML, vyvinutý v ÚFA AVČR.

Pro výpočet větrných růžic pro vybrané místo terénu se používá vhodného kombinování údajů, které jsou získány ze spočtených scénářů proudění. Pro každý spočtený scénář proudění vzduchu je vypočítán rozdíl mezi místem výpočtu větrné růžice a referenční stanicí. Tyto spočtené rozdíly jsou aplikovány na změřené veličiny v referenční stanicí. Pro každý změřený případ na referenční stanicí je tedy možné najít „nejbližší“ scénář proudění. (Štekl, 2004a)

Takovýmto způsobem jsou pro každý změřený případ na referenční stanicí odvozeny odpovídající hodnoty směru a rychlosti větru v místě výpočtu větrné růžice. Při vyhodnocování rozdílů mezi referenční stanicí a místem výpočtu větrné růžice jsou použity různé algoritmy pro směr a rychlost větru. Odlišnost rychlosti větru jsou charakterizovány poměrem rychlostí větru mezi místem výpočtu a referenční stanicí. Odlišnost směru proudění jsou naopak charakterizovány rozdílem směrů větru v místě výpočtu a v místě referenční stanice. (Štekl, 2004a)

Model počítá v síti s krokem 600m a mezi těmito body jsou výsledky interpolovány. Z tohoto důvodu není model schopen zachytit vlivy detailní orografie. (Štekl, 2004a)

8. Přírodní faktory nepříznivě ovlivňující provoz větrných elektráren

Mezi hlavní přírodní faktory, které mají negativní vliv na provoz VE patří vznik námrazy a riziko zásahu bleskem, případně elektrické pole, vyvolané blízkým výbojem blesku. Tato rizika zvyšuje také skutečnost, že větrné elektrárny na území České republiky jsou obvykle stavěny v horských oblastech, kde je pravděpodobnost tvorby námrazy (jelikož intenzita tvorby roste s výškou (Štekl, 2005b)) a úderu blesku vyšší.

8.1. Námraza

Námraza vzniká mrznutím drobných kapek mlhy, které se usazují na povrchu VE, případně mrznutím padajících přechlazených dešťových kapek. Vznik námrazy ovlivňuje teplota vzduchu, rychlost větru, nadmořská výška, tvar reliéfu a také místní vlivy, mezi které patří především větrná expozice lokality. (Štekl, 1997)

Z meteorologického hlediska se intenzita námrazy dělí podle tloušťky vzniklé vrstvy na slabou (do 1 cm), mírnou (1-3cm) a silnou (nad 3 cm) (Štekl, 2004a).

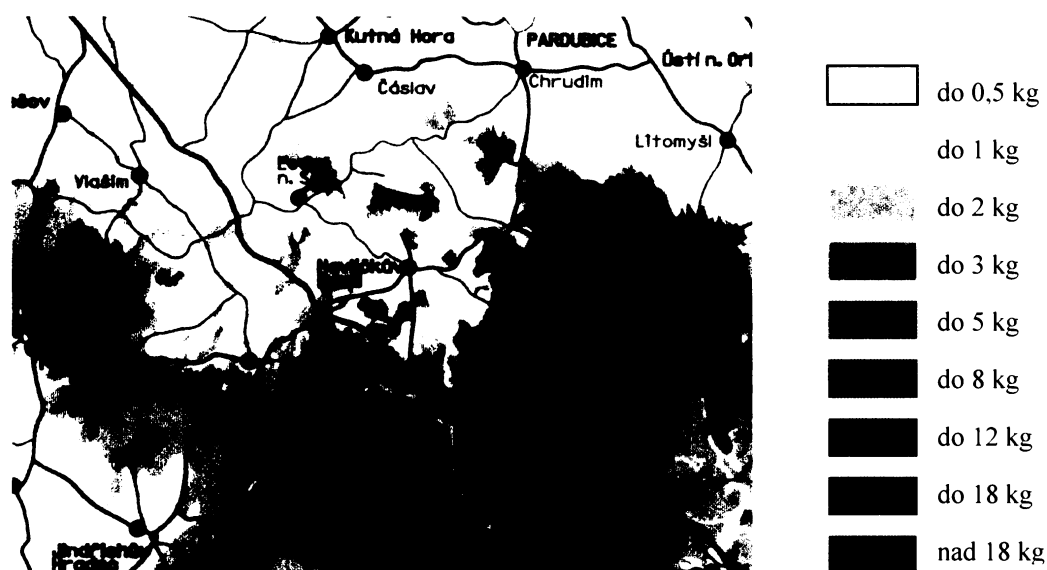
Vznik námrazy má negativní vliv na provoz větrné elektrárny a její produkci energie. Vlivem námrazy dochází ke snižování účinnosti listů rotoru a pokud je silná, může způsobit i vyřazení větrné elektrárny z provozu.

Snižování výkonu elektrárny při tvorbě námrazy má několik příčin. První z nich je nesymetrické rozložení námrazy, především na listech rotoru. To má za následek nerovnoměrné zvyšování hmotnosti elektrárny a také změnu aerodynamických vlastností listů, vedoucí ke snižování výkonu elektrárny.

Dalším negativním dopadem je omezení otočného pohybu listů rotoru při regulaci typu „pitch“. Toto omezení snižuje výkon větrné elektrárny a může způsobit také technické problémy na zařízení (Seifert, 2003).

Vznik námrazy působí také na řídicí funkci anemometru. Námraza vniká na miskách Robinsonova kříže a může způsobit omezení nebo dokonce zastavení jeho pohybu. Tato situace může vést až k vyřazení celého systému větrné elektrárny z provozu. (Štekl, 2005b)

Podle statistických výsledků je ročně na území ČR průměrně 45 až 88 dní s námrazou, z toho 1-7 dní se vyskytuje silná námraza (Štekl, 1997). V roce 2001 byla EGÚ a.s. Brno publikována mapa, podle které je námraza rozdělena do 9 kategorií vymezených podle hmotnosti námrazy v kg na 1 m vedení o průměru 3 cm.



Obr. 5: Námrazová mapa (EGÚ Brno, 2001)

Tato mapa byla vytvořena pro energetické účely a hodnoty byly získány měřeními na horizontálních tyčích o průměru 3 cm a délce 1 m, umístěných ve výšce 5 metrů nad povrchem (Štekl, 2005). Podle této mapy ve většině okresu Havlíčkův Brod převažuje výskyt slabší námrazy – do 0,5 kg až do 1 kg. Na tomto území je zaznamenán i výskyt námrazy v kategoriích do 2 a 3 kg. Námraza kategorií do 5 a do 8 kg se vyskytuje jen na menších plochách, kategorie do 8 kg pouze ve dvou oblastech v jižní a střední části okresu. K výskytu námrazy o hmotnosti větší než 8 kg/m podle této mapy nedochází. (EGÚ Brno, 2001)

Určení rizika omezení výkonu VE lze dosáhnout měřeními námrazoměrem v místě VE před její stavbou. Měření při provozu VE umožní majiteli získávat

průběžně informace o intenzitě námrazy a vysílá varovný signál v případě ohrožení VE. Majitel elektrárny tak může včas zasáhnou a zabránit poškození zařízení. (Štekl, 2005)

V současnosti jsou také vyvíjeny různé způsoby vyhřívání listů rotoru a misek anemometru, což také přispívá k snížení ztrát (Tammelin, 2001).

Odlamování kusů námrazy

Nebezpečí představuje námraza také ve chvíli, kdy se uvolňuje z listů rotoru. Kusy námrazy jsou vystřelovány odstředivou silou do okolí elektrárny nebo se padají přímo k zemi v případě klidového stavu elektrárny. VE jsou většinou v dostatečné vzdálenosti od obytných a hospodářských budov, kvůli hlukovým emisím a stroboskopickému efektu, ale často se staví například v blízkosti silnic. V rámci projektu WECO byla mezi elektrárnou a nejbližším objektem stanovena doporučená vzdálenost 1,5 násobku součtu průměru rotoru a výšky osy rotoru (Seifert, 2003). Jiné prameny uvádějí, např. Tammelin (2001) vzdálenost od dosahu odlétávajících kousků ledu do 180 m. Z důvodu bezpečnosti by měl v těchto případech být vznik námrazy monitorován a provoz větrné elektrárny omezen, jestliže hrozí riziko uvolňování námrazy. Praktickým řešením tohoto problému v současnosti je, že se v okolí VE vyvěšují upozornění, že při námraze existuje nebezpečí z odlétávajících kousků ledu.

8.2. Blesk

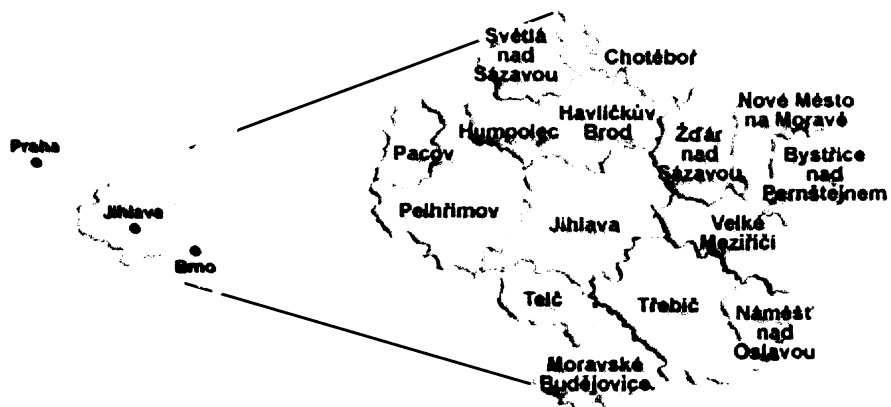
Riziko úderu blesku je u větrných elektráren zvýšeno jejich výškou a také vlivem umístění zařízení na vyvýšených místech v krajině. Riziko úderu blesku s rostoucí výškou stoupá kvadraticky. U zařízení s výškou větší než 150 metrů tedy již hrozí značné nebezpečí. Jak vyplývá z praktických zkušeností, které uvádí literatura, údery blesku zasahují především lopatky rotoru. Při zasažení VE

bleskem může dojít jak k mechanickému poškození rotoru a dalších částí VE, tak k poškození řídicích a regulačních systémů. (Kutáč, 2003)

Vnější ochrana, která zabraňuje mechanickému poškození nebo požáru větrné elektrárny je tvořena jímací soustavou, svody a uzemněním (základovým zemničem) (Kutáč, 2003). Podrobnosti způsobu a povinností ochrany VE před bleskem udává norma EN 61400.

9. Přírodní podmínky na území okresu Havlíčkův Brod

Dřívější okres Havlíčkův Brod se nachází ve východních Čechách a podle současného členění je součástí kraje Vysočina. Rozloha okresu je 1265,5 km², počet obyvatel v roce 2005 byl podle údajů statistického úřadu 94 919. (ČSÚ, 2006). Na území okresu se nachází 120 obcí (ČSÚ, 2005).



Obr. 6: Okres Havlíčkův Brod (Internet 1)

Hustota obyvatel na území okresu je 75 obyvatel/km² (ČSÚ, 2005). Vyšší hustota je především v okolí města Havlíčkův Brod (více než 500 obyvatel/km²). Dále v regionech velkých měst jako jsou Chotěboř, Světlá nad Sázavou, Ledec nad Sázavou nebo Přebyslav (100-499,999 obyvatel/km²). (VGHMÚř, 1990–2004)

Převládajícím geologickým útvarem na celém území okresu je Českomoravská vrchovina. Na severním okraji okresu sem zasahují také Železné

hory. Průměrná nadmořská výška se pohybuje okolo 500 m. Nejvyšším místem okresu je Melechov u Trpišovic o výšce 709 m nad mořem, naopak nejnižší položené místo je na Doubravce (253 m nad mořem). (ČSÚ, 2006)

Okres Havlíčkův Brod má poněkud chladnější podnebí, průměrná teplota stoupá od východu k západu v souladu s klesající nadmořskou výškou. Území okresu patří do povodí řeky Sázavy, která protéká krajinou v délce asi 75 km. Další významné toky jsou Doubrava, Chrudimka, Šlapanka a Želivka. (ČSÚ, 2006)

Většina z rozlohy okresu – 797,61 km² je tvořena zemědělskou půdou. Ta je tvořena ze 75% ornou půdou, z 2,9% ovocnými sady a zahradami a z 22,1% trvalými lesními porosty. (ČSÚ, 2005)

Nezemědělská půda představuje 467,33 km². Z toho lesní pozemky tvoří 77%, vodní plochy 4%, zastavěné plochy a nádvoří 3,7% a 15,3% z tohoto území připadá na ostatní plochy (ČSÚ, 2005).

Na území okresu zasahují dvě chráněné krajinné oblasti – Žďárské Vrchy a Železné Hory. Ze zvláště chráněných území je zde dále národní přírodní rezervace Ransko, 12 přírodních rezervací (PR) a 9 přírodních památek (PP). Výčet PR a PP je uveden v příloze č.II. Území CHKO Žďárské Vrchy ležící uvnitř okresu Havlíčkův Brod je totožné s CHOPAV Žďárské Vrchy.

Na území okresu se nacházejí také dva přírodní parky – Doubrava a Melechov. V příloze č.II je uveden také přehled památných stromů, kterých je v okrese HB 469 na 41 lokalitách.

10. Metodika

Metodika této práce vychází ze studie Štekl (2004b) Potenciál větrné energie v Krušných horách. Tato studie byla zpracována v rámci Ústavu fyziky atmosféry Akademie věd a byla publikována v roce 2004 v časopise Větrná energie. Studie navazuje na projekt saského Ministerstva pro životní prostředí a místní rozvoj. Projekt s názvem: „Windenergienutzung im Freistaat Sachsen“ byl publikován v roce 1994.

Postup této diplomové práce se od výchozí studie liší technickým způsobem výběru vhodných lokalit. V případě studie Štekl (2004b) byly jako podklad pro výběr ploch vhodných pro výstavbu větrných elektráren využity vojenské mapy s měřítkem 1:25 000. Pro účely této diplomové práce byl použit program pro GIS, verze 9.1. Kvůli srovnatelnosti dat bylo zachováno stejné měřítko, jako u předchozích studií. Jako výchozí byla zvolena data ze sady CEU DMU 25, zpracované Českou informační agenturou životního prostředí (CENIA). Uvedená data poskytl Ústav fyziky atmosféry Akademie věd. Data hustoty výkonu větru pocházejí z výpočtů provedených ve skupině pro větrnou energii UFA AV ČR.

Výběr okresu Havlíčkův Brod byl dán především vhodností klimatických, geografických a demografických podmínek. Území bývalého okresu Havlíčkův Brod bylo vybráno také na základě jeho velikosti, která odpovídá rozsahu diplomové práce. Dalším důvodem pro výběr tohoto území je osobní znalost území autorkou této diplomové práce.

Postup práce je možné rozdělit do několika kroků:

- úprava vstupních dat do podoby vhodné pro jejich využití
- výběr lokalit, které jsou vhodné pro výstavbu VE jak z hlediska přírodních podmínek, tak i z hlediska antropogenního omezení území
- rozmístění elektráren ve vhodných plochách
- výpočet roční produkce elektrické energie jednotlivými VE a celkově

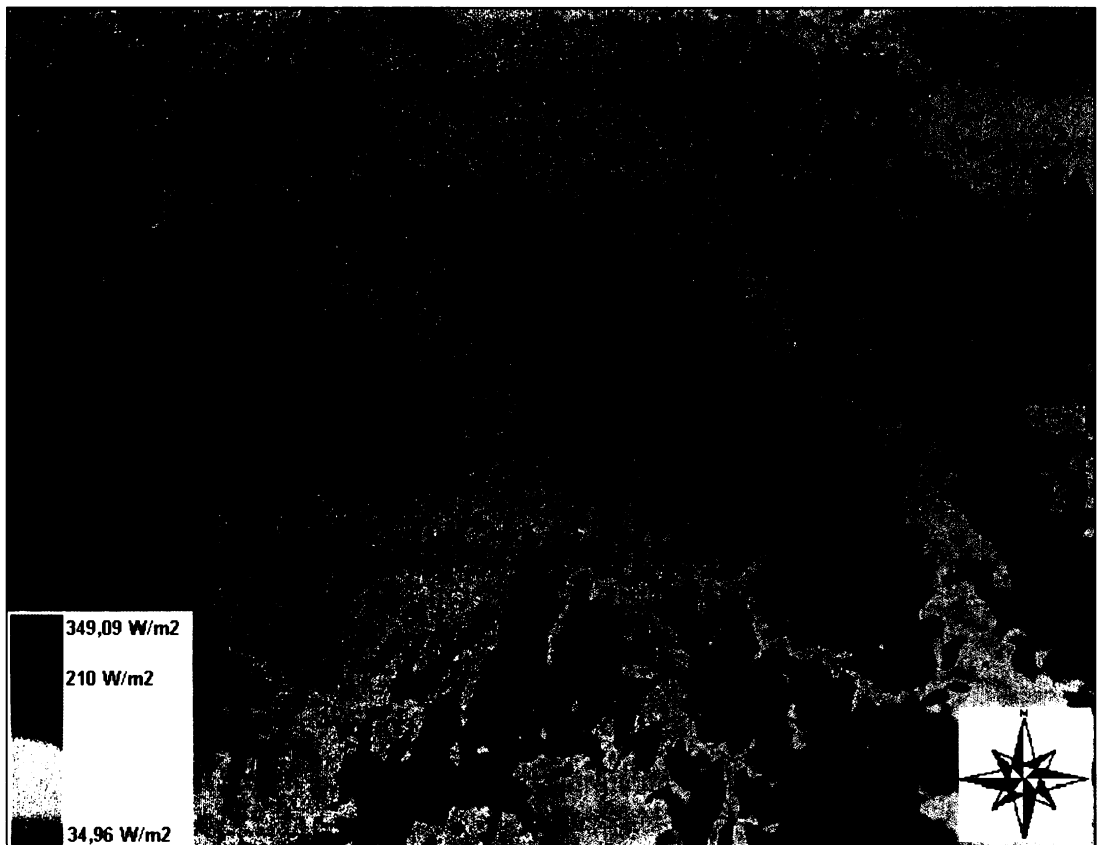
Veškeré výpočty a kroky byly dělány s předpokladem výstavby větrných elektráren dánského výrobce Vestas. Pro účely této diplomové práce byl s ohledem na klimatologické podmínky území a současný stav technologického vývoje VE zvolen typ VE-80 s nominální výkonem 2000 kW na výšce sloupu 78 m. Základní údaje tohoto zařízení jsou uvedeny v tabulce 6.

Tab. 6: Základní údaje větrné elektrárny Vestas VE80 (Vestas, 2005)

ROTOR
Průměr: 80 m
Opsaná plocha: 5,027 m ²
Počet lopatek: 3
Řídicí systém: Pitch/OptiSpeed™
SLOUP
Výška (přibližná): 78m
PROVOZNÍ ÚDAJE
Připojovací rychlost větru: 4 m/s
Nominální rychlost větru: 15 m/s
Odpojovací rychlost větru: 25 m/s
GENERÁTOR
Typ: Asynchronní s OptiSpeed™
Nominální výkon: 2,000 kW 2,000 kW
Jmenovité napětí: 690 V 690 V
ŘÍDÍCÍ SYSTÉM
Počítačové řízení všech funkcí turbíny s možností dálkové kontroly. Regulace výstupu a optimalizace pomocí OptiSpeed™ a regulace pitch s OptiTip® pitch
HMOTNOST
Sloup: 170 t
Strojovna: 61 t
Rotor: 34 t
Celkem: 265 t

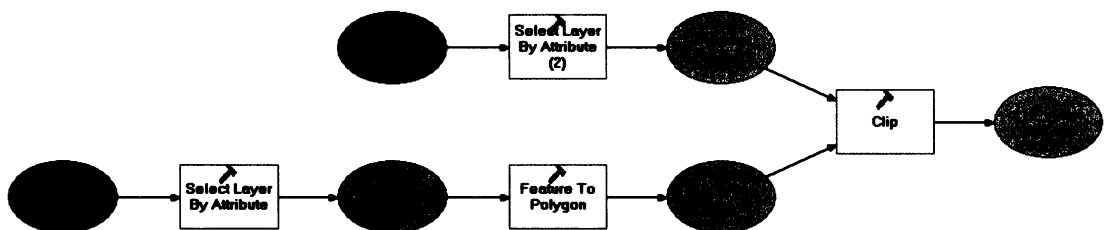
10.1. Výběr a úprava vstupních dat

Vstupními daty byla vrstva hustoty výkonu větru ve formátu rastr. Ukázka těchto dat je na obrázku 7. Světlejší plochy znázorňují oblasti s nižší hustotou výkonu větru. Se ztmavující se barvou se hustota výkonu větru zvyšuje.



Obr. 7: Rastr

V souladu s metodikou práce Štekl (2004b) byly pro hodnocení potenciálu větrné energie na území okresu Havlíčkův Brod zvoleny údaje **hustoty výkonu větru** a to 210 W/m^2 ve výšce 40 m. Proto bylo z výchozích dat nejprve pomocí funkce select by attribute vybráno území, které splňovalo podmínku této minimální hustoty výkonu větru. Vybraná data byla pro další využití převedena do formátu shapefile. Jelikož data přesahovala hranice zvoleného okresu, byla pomocí funkce clip vybrána pouze území, která leží uvnitř hranic okresu Havlíčkův Brod. Postup úvodní úpravy dat znázorňuje schéma č. 8.



Obr. 8: Postup úpravy dat

Ostatní data, poskytnutá Ústavem fyziky atmosféry a Českou informační agenturou životního prostředí byla poskytnuta již ve formátu shapefile. Mapované území vždy přesahovalo hranice okresu Havlíčkův Brod. Důvodem byla možnost zahrnout do postupu výběru území také jevy vyskytující se v blízkosti hranic okresu.

10.2. Výběr lokalit, které jsou vhodné pro výstavbu VE

Pro výběr lokalit vhodných pro výstavbu větrných elektráren byla s ohledem na metodiku studie Štekl (2004b) stanovena tato základní kritéria:

- Hustota výkonu větru ve výšce 40 m je minimálně 210 W/m^2
- Území leží mimo území chráněná podle zákona 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny
- Lokalita je v souladu s běžnými praktikami vzdálená od vzrostlého a kompaktního lesa.
- Lokalita je od vedení vysokého napětí 22 kV nebo 35 kV vzdálena maximálně 1 km.
- Lokalita je dostatečně vzdálena od dopravních komunikací a vysokonapěťových vedení tak, aby nevznikalo nebezpečí ohrožení v případě pádu elektrárny. S ohledem na rozměry vybraného typu větrné elektrárny byla zvolena vzdálenost 130 metrů.
- Existuje možnost příjezdu dlouhého nákladu a těžké stavební techniky.
- Lokalita je dostatečně vzdálená od zastavěného území (chráněných staveb). Byla zvolena vzdálenost 500 metrů.

Územní ochrana

Z hlediska zvláštní územní ochrany přírody byly jako nevhodné pro výstavbu větrných elektráren považovány Chráněné krajinné oblasti, Národní

přírodní rezervace, Přírodní rezervace a Přírodní památky. Možnost výstavby větrných elektráren nebyla brána v úvahu ani ve třetích a čtvrtých zónách CHKO, přestože na těchto územích není z hlediska platné legislativy zcela vyloučena. Na základě negativního vyjádření správy CHKO však nebyla možnost výstavby v těchto územích uvažována.

V případě maloplošných zvláště chráněných území bylo z území vhodných pro výstavbu VE vyjmuto také ochranné pásmo o šířce 50 metrů, které je dáno zákonem č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Pro NPR Ransko je ochranné pásmo stanoveno vyhláškou Ministerstva životního prostředí č. 17/1997 Sb., kterou se vyhláší národní přírodní rezervace Ransko a stanoví její bližší ochranné podmínky. Jeho šířka je také 50 metrů.

Pro území sítě Natura 2000, která jsou v okrese Havlíčkův Brod zastoupena pouze Evropsky významnými lokalitami, platí přísná předběžná ochrana a budou vyhlášována jako maloplošná zvláště chráněná území. Z tohoto důvodu a na základě doporučení v metodickém pokynu MŽP pro výstavbu VE byla při zpracování této diplomové práce možnost výstavby na těchto územích vyloučena.

Lokality náležející do Územního systému ekologické stability byly pro účely této práce považovány za území, které je pro výstavbu větrných elektráren vhodné. (Kender in verb.)

10.3. Výběr pozic pro výstavbu větrných elektráren

Při výběru lokalit vhodných pro umístění větrné elektrárny byl kladen důraz především na posuzování lokalit z hlediska převládajícího směru větru a geografických vlastností terénu ve vybrané lokalitě.

Převládající směr větru byl určen z větrných růžic. Jako převládající byl ve sledovaném území vyhodnocen jihovýchodní směr větru. Velmi četný je také západní až severozápadní směr. Bylo tedy nutné stanovit také druhý převládající směr větru. Pomocí metody A. A. Kaminského, upravené E. S. Rubinštejnovou

v práci Noska (1972) byl vypočítán směr větru s největší četností v severozápadním kvadrantu. Převládající směr větru byl vypočítán podle vzorce 1.

$$(1) \quad a = 1 + \frac{n_3 - n_1}{(n_3 - n_1) + (n_2 - n_4)}$$

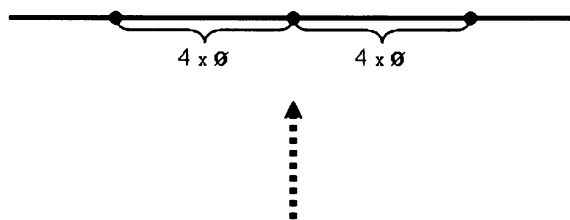
Hodnoty n_2 a n_3 odpovídají směrům větru s maximální četností. Hodnoty n_1 a n_4 jsou četnosti sousedních směrů. Výsledná hodnota „a“ značí střed kvadrantu s největší četností. Vynásobením této hodnoty 45 byl získán úhel, jehož odečtením od směru n_1 byl určen výsledný směr větru (střed kvadrantu s největší četností).

Četnost větru H v % byla vypočítána podle vzorce 2.

$$(2) \quad H = n_2 + n_3 + \frac{(n_3 - n_1) + (n_2 - n_4)}{2} (3/2 - a)^2$$

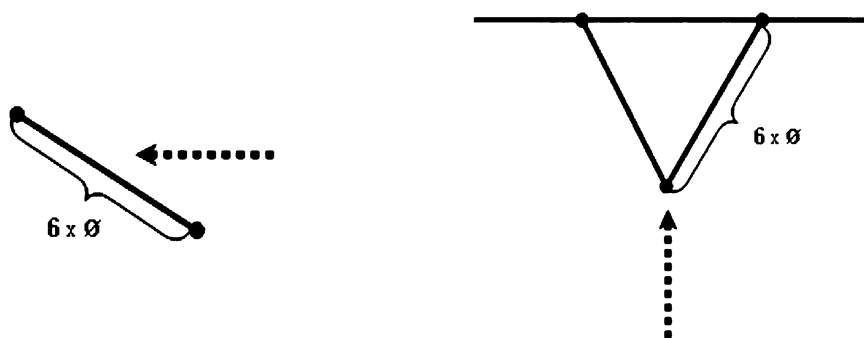
Takto zjištěné převládající směry větru byly použity pro určení pozic větrných elektráren v terénu. Ty byly rozmíst'ovány v souladu s běžně využívanými postupy. Důraz byl kladen na to, aby elektrárna nebyla umístěna do závětrných míst v terénu a aby ležela na území splňujícím všechny podmínky uvedené v kapitole 10. 2. Snahou bylo také umístit pozice větrných elektráren do míst s nejvyšší možnou hustotou výkonu větru.

Při výběru pozic bylo nutné dodržet minimální vzdálenost mezi jednotlivými elektrárnami. Nejvhodnější je umístění pozic přibližně na kolmici k převládajícímu směru větru (Štekl in verb.). V tomto případě je nutné dodržet mezi elektrárnami vzdálenost o velikosti čtyřnásobku průměru rotoru větrné elektrárny, tedy minimálně 320 metrů.



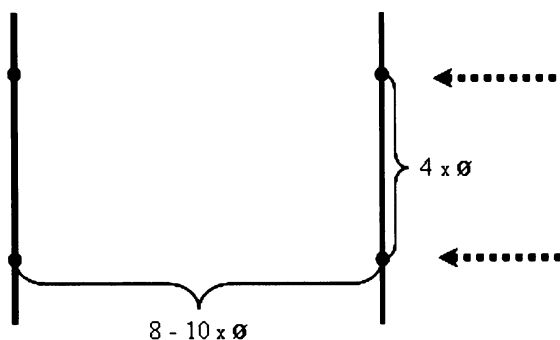
Obr. 9: Umístění VE vedle sebe, kolmo na převládající směr větru

Pokud není možné umístit pozice kolmo k převládajícímu směru větru, zvětšuje se vzdálenost, kterou je potřeba dodržet mezi elektrárnami na šestinásobek průměru rotoru, tedy na 480 metrů. Stejnou vzdálenost je třeba dodržet také při trojúhelníkovém rozmístění elektráren



Obr. 10 a 11: Umístění VE šikmo na převládající směr větru, větší počet elektráren - trojúhelníkové uspořádání

Pokud je nutné umístit elektrárny za sebe ve směru převládajícího směru větru, je potřeba dodržet minimální vzdálenost rovnající se osmi až desetinásobku průměru rotoru. V případě této práce je tato vzdálenost minimálně 640 až 800 metrů.



Obr. 12: Uspořádání VE za sebou ve směru převládajícího směru větru

Vybrané pozice pro větrné elektrárny byly v mapě znázorněny ve formě kruhových polygonů o průměru 80 metrů v příslušném měřítku.

10.4. Výpočet

Celkový nominální výkon větrných elektráren na území okresu Havlíčkův Brod odpovídá součtu nominálního výkonu jednotlivých elektráren.

Pro stanovení „hodnoty hustoty výkonu větru“ ve 40 metrech, které byly použity pro výběr vhodného území bylo nejprve nutné převést na hodnoty odpovídající 80 metrům nad terénem, tedy výšce stožáru VE. Za tímto účelem byl pro každou pozici VE stanoven koeficient. Pomocí tohoto koeficientu byl proveden přepočítání na 80 metrů nad terénem.

Pro samotný výpočet roční produkce energie větrnými elektrárnami byl použit kalkulátor zveřejněný Danish Wind Industry Association. Tento kalkulátor umožňující výpočet výroby pro zadanou výkonovou křivku je dostupný na webové adrese: <http://www.windpower.org/en/tour/wres/pow/index.htm>.

Pro výpočet je nutné znát hodnotu Weibulových parametrů, hustotu vzduchu, výšku stožáru VE a její výkonovou křivku. Pro výpočet bylo tedy nutné určit Weibulův velikostní parametr A. Ten je za předpokladu Rayleighova rozdělení, což je speciální a zjednodušený případ Weibulova rozdělení (Weibulův tvarový parametr $k = 2$) (Celik, 2004) možné vypočítat pomocí následujícího vzorce:

$$[\text{hust. výkonu}] = \frac{[\text{Hustota vzduchu}]}{2} A^3 \exp(\text{gamma} \ln(1 + 3/k)),$$

respektive vzorce:

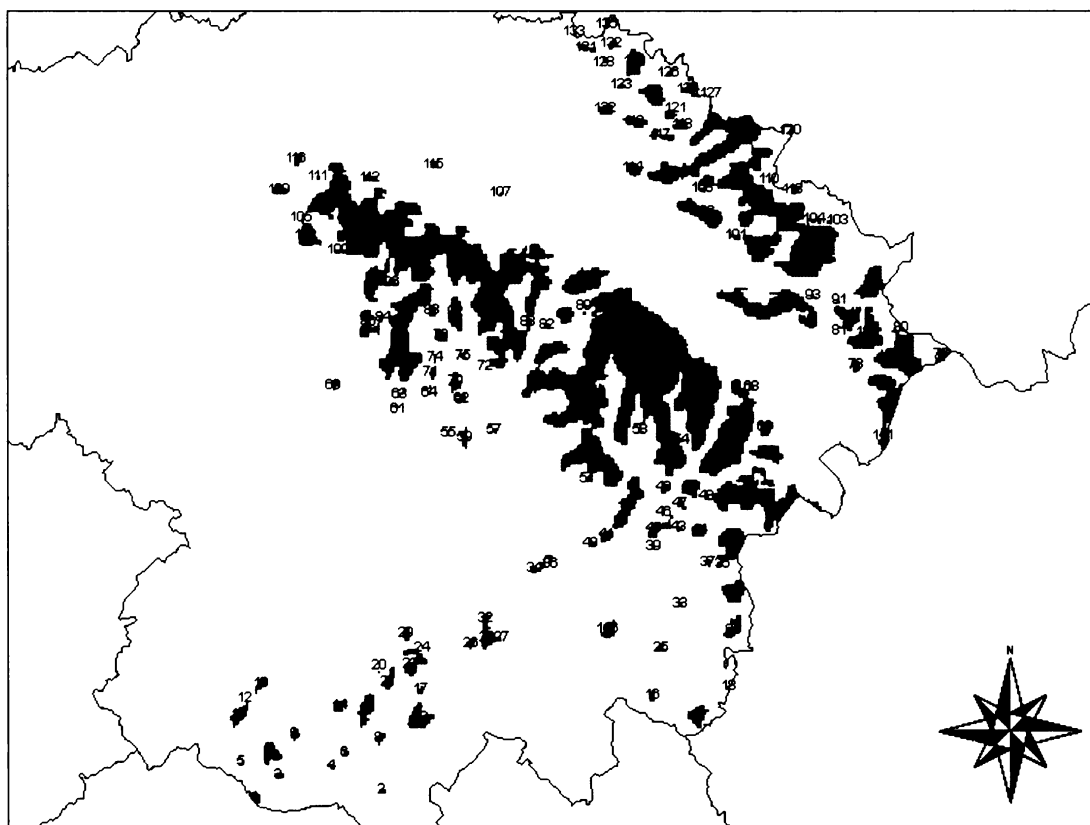
$$A = \text{power} (2 [\text{hust. výkonu}] / [\text{hustota vzduchu}] / \exp(\text{gamma} \ln(1 + 3/k))).$$

Dosazením těchto hodnot do kalkulátoru byla získána roční produkce jednotlivou větrnou elektrárnou v kW. Úhrnná roční produkce energie větrnými elektrárnami odpovídá součtu roční produkce jednotlivých elektráren.

Výpočet teoretické roční výroby je zatížen řadou nejistot, jako jsou neurčitosti modelového výpočtu, odchylky od výkonové křivky a vliv námrazy (Štekl, 2004b). Z tohoto důvodu bylo, stejně jako v práci Štekl (2004b), předpokládáno, že reálná roční produkce bude zhruba o 12% nižší než teoretická.

11. Výsledky

Kritérium minimální hustoty výkonu větru 210 W/m^2 ve výšce 40 m nad terénem na území okresu Havlíčkův Brod splňuje 147 lokalit. Jak je patrné z obrázku 13, území odpovídající této podmínce jsou lokalizována především ve střední, východní a jižní části okresu.



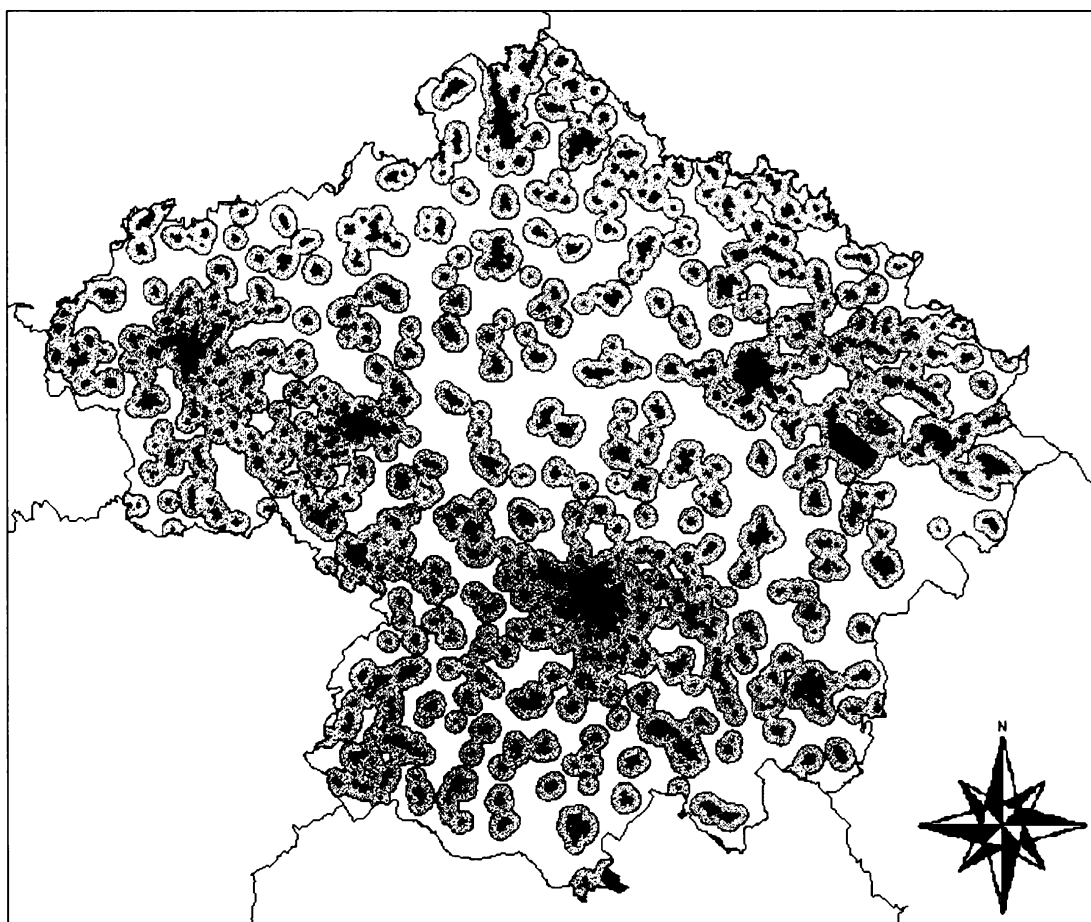
Obr. 13: Lokality s hustotou výkonu větru nad 210 W/m^2 (1:250 000)

V součtu tyto plochy představují území o rozloze $122,93 \text{ km}^2$. Největší z těchto území má velikost $30,14 \text{ km}^2$ a nejmenší $5 \cdot 10^{-6} \text{ km}^2$. Průměrná velikost plochy je $0,84 \text{ km}^2$.

11.1. Vzdálenost od zástavby

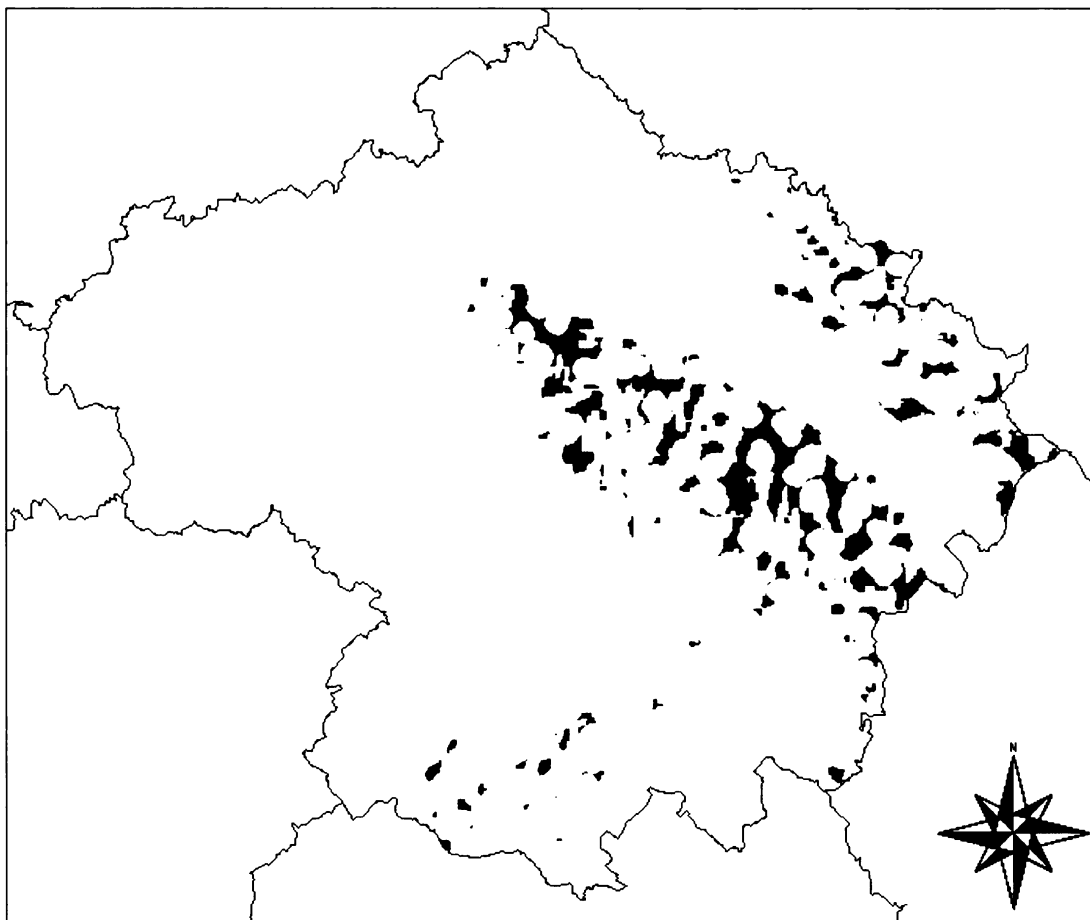
Na základě kritéria dostatečné vzdálenosti od okrajových staveb obcí a měst byly odečteny plochy vzdálené od zástavby méně než 500 metrů. Zastavěná plocha v okrese Havlíčkův Brod představuje 5 % z celkové rozlohy území.

Vytvořením ochranného pásma o šířce 500 metrů se plocha nevhodná pro výstavbu větrných elektráren zvětšila na 764,39 km² (60,4 % území okresu)



Obr. 14: Zastavěná plocha a plocha bufferu (1:300 000)

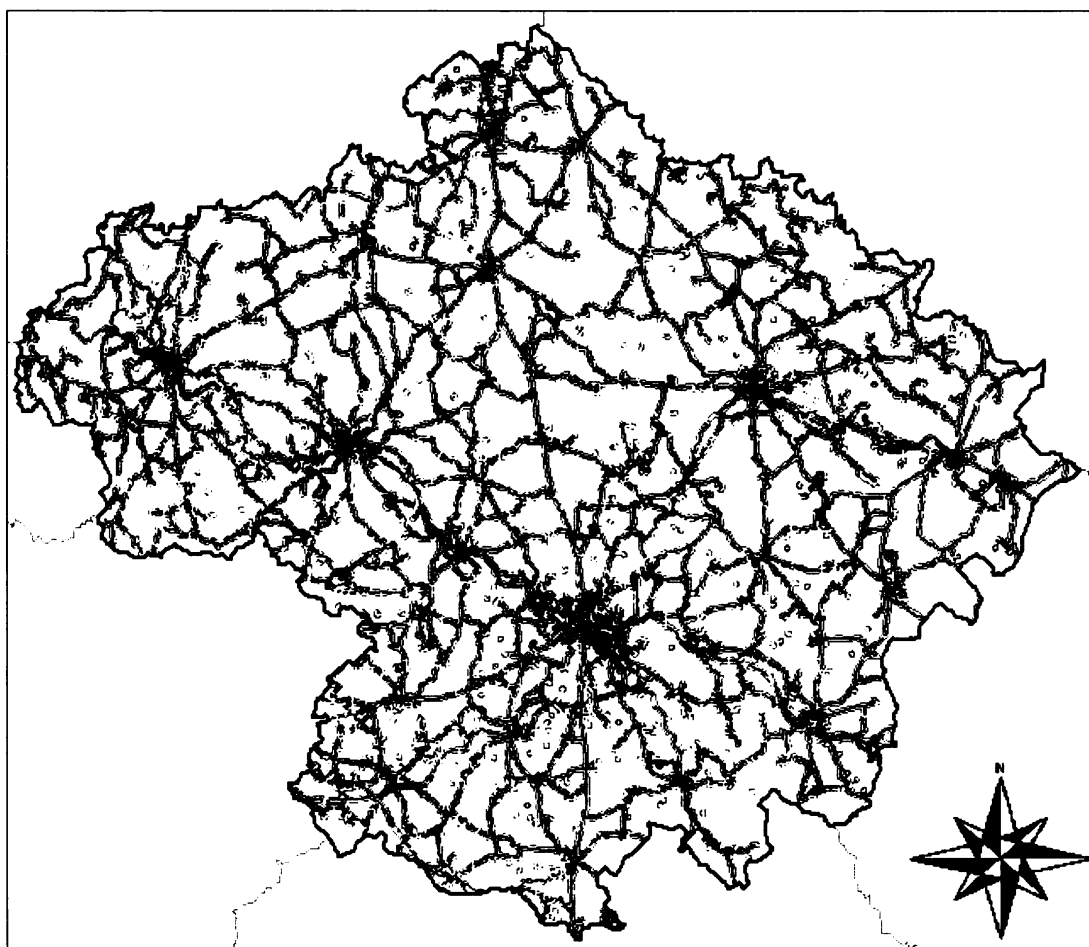
Po odečtu této plochy z území s dostatečnou hustotou výkonu větru bylo získáno 175 ploch o celkové rozloze 52,49 km² (42,7 % z původní rozlohy) a průměrné velikosti 0,3 km². Největší území má velikost 9,65 km², nejmenší vhodné území 0,00026 km².



Obr. 15: Plocha získaná odečtením zástavby od území s hustotou výkonu větru vyšší než 210 W/m^2 (1:300000)

11.2. Komunikace

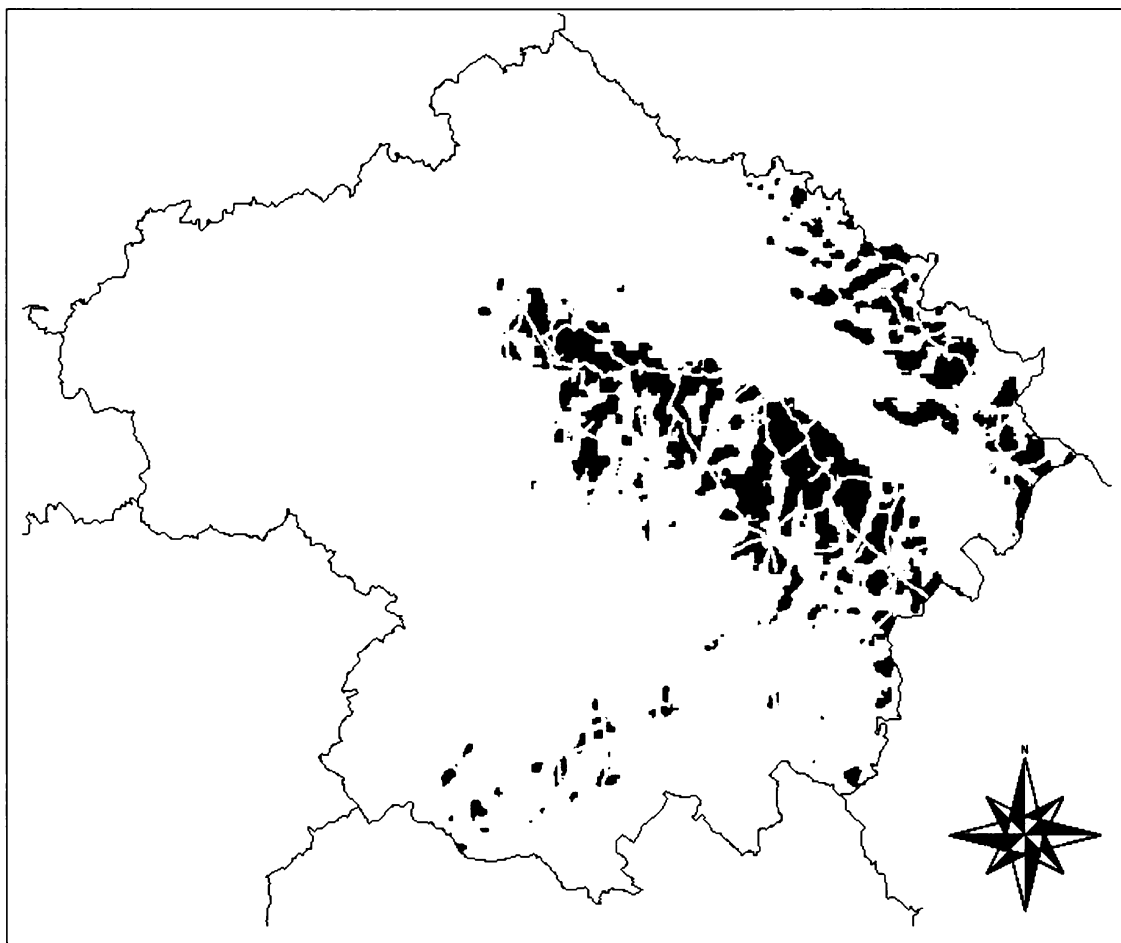
Vzdálenost lokality od komunikací byla posuzována ze dvou hledisek. Prvním byla dostatečná vzdálenost od hlavních komunikací. Pásmo vytvořené z důvodu rizika hrozícího v případě pádu elektrárny má šířku 130 m a představuje území o rozloze $413,05 \text{ km}^2$. Tato plocha odpovídá 36,64 % rozlohy okresu Havlíčkův Brod.



Obr. 16: Komunikace a buffer 130m (1:300 000)

Po odečtení tohoto území bylo získáno 270 lokalit vhodných pro potenciální výstavbu větrné elektrárny. V součtu tyto plochy tvoří území o rozloze 92,51 km² s průměrnou velikostí 0,34 km².

Z původní rozlohy plochy s dostatečnou hustotou výkonu větru je představuje vybrané území 75,25 %. Nejmenší lokalita má velikost 4,687842 km², největší vhodná je veliká 0,00026 km².



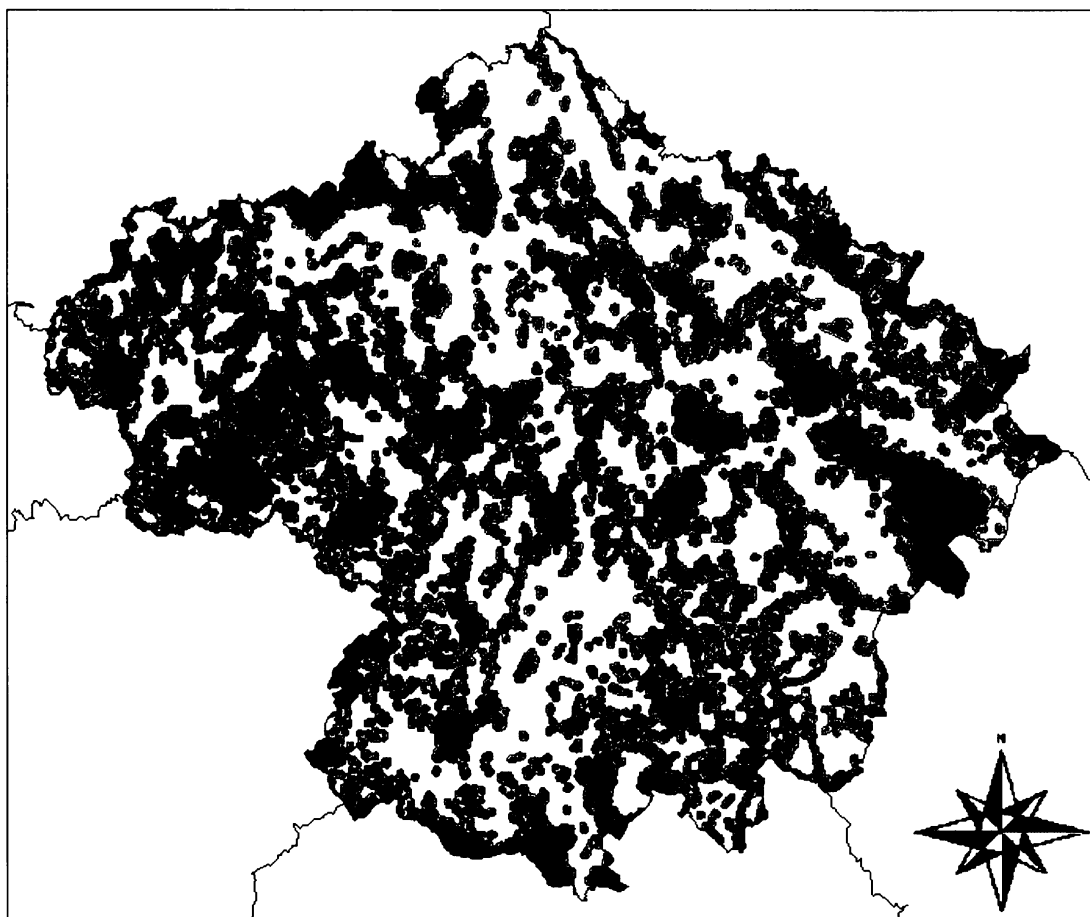
Obr. 17: Plocha získaná po odečtení komunikací od území s hustotou výkonu větru vyšší než 210 W/m^2 (1:300 000)

Dalším kritériem pro posuzování vhodnosti území vzhledem ke vzdálenosti od komunikací je dostupnost lokality těžkou technikou a rozměrným nákladem (list rotoru tvoří náklad o délce 45 m). Toto kritérium se ukázalo jako málo podstatné, protože na území kraje Vysočina není příliš komplikovaný terén a dostupnost pro všechny lokality je bezproblémová.

11.3. Vzdálenost od lesa

Území tvořená vzrostlým lesem odpovídají 38,37 % z celkové plochy okresu Havlíčkův Brod. Jejich rozloha je $484,59 \text{ km}^2$.

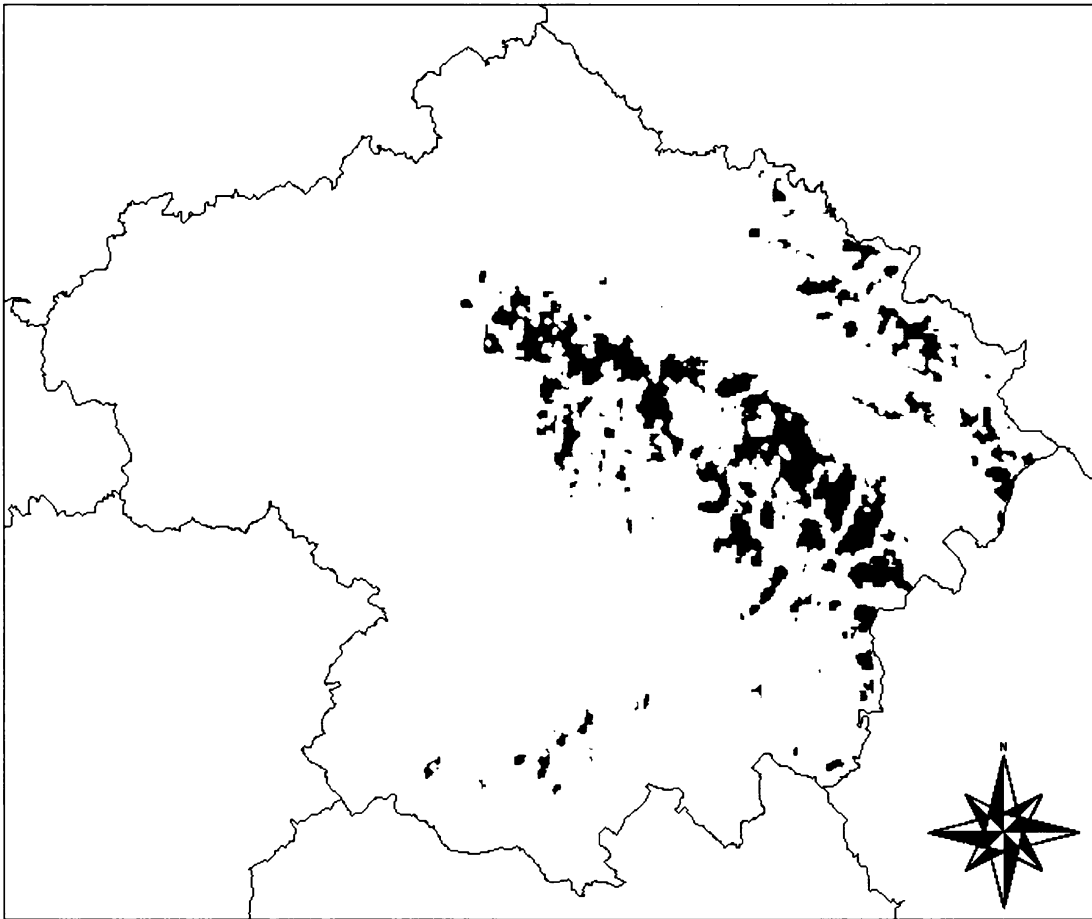
Kolem lesních ploch bylo vytvořeno pásmo široké 150 m, kde nelze stavět větrné elektrárny z důvodu změny proudění vzduchu. Tyto plochy zvýšily celkovou plochu nevhodnou k výstavbě na 748,8 km² (59,17 % z celkové rozlohy okresu). Rozložení lesního pokryvu v okrese Havlíčkův Brod je znázorněno na obrázku 18. Tmavě zelená barva odpovídá plochám tvořeným vzrostlým lesem, světle zelené je pásmo kolem lesních ploch.



Obr. 18: Les a buffer 150m (1:300 000)

Překryvem tohoto území a lokalit s dostatečnou hustotou výkonu větru bylo získáno 178 lokalit, které umožňují výstavbu větrných elektráren. Celkově se velikost vhodného území snížila na 68,75 km², což odpovídá 55,93 % původní rozlohy.

Průměrná velikost lokalit je 0,39 km². Největší území má rozlohu 15,9 km² a nejmenší vhodná 0,00025 km².



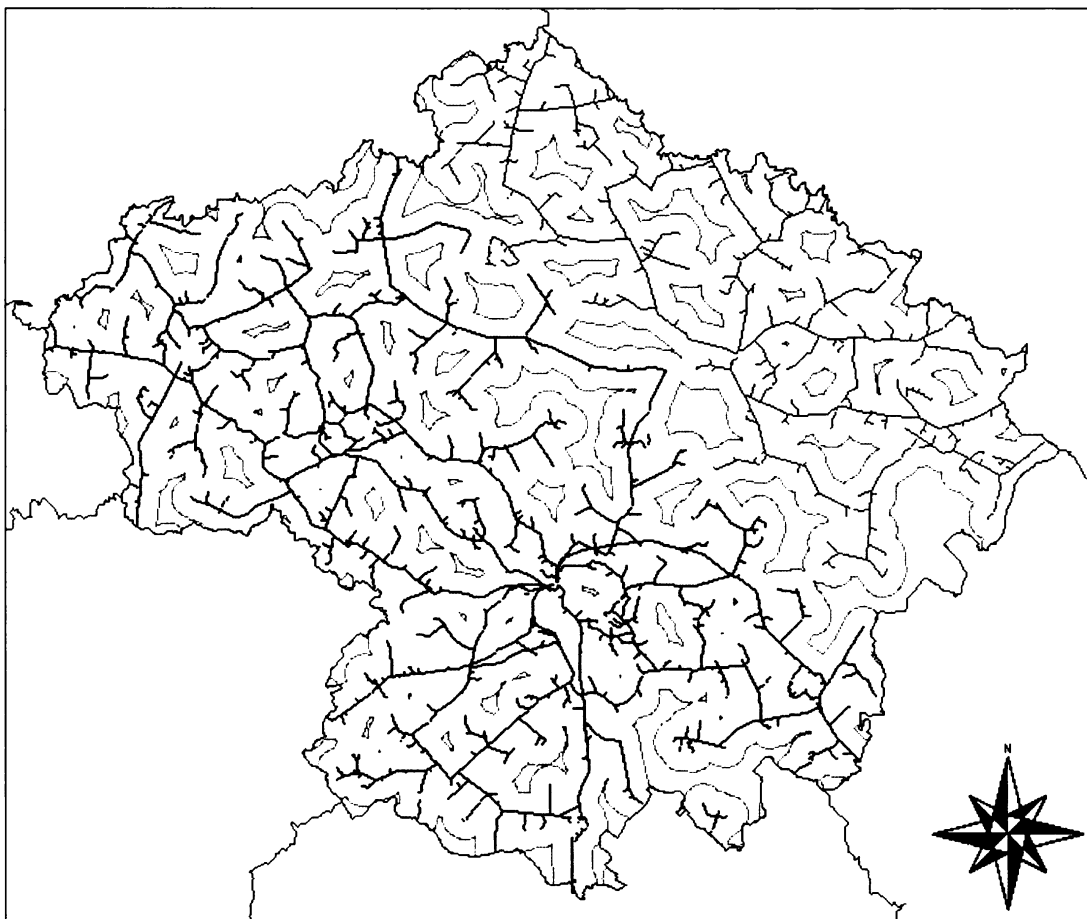
Obr. 19: Plocha získaná odečtením vegetace od území s hustotou výkonu větru vyšší než 210 W/m^2 (1:300000)

11.4. Elektrické vedení

Dalším kritériem pro výběr vhodných lokalit je jejich vzdálenost od vedení vysokého napětí.

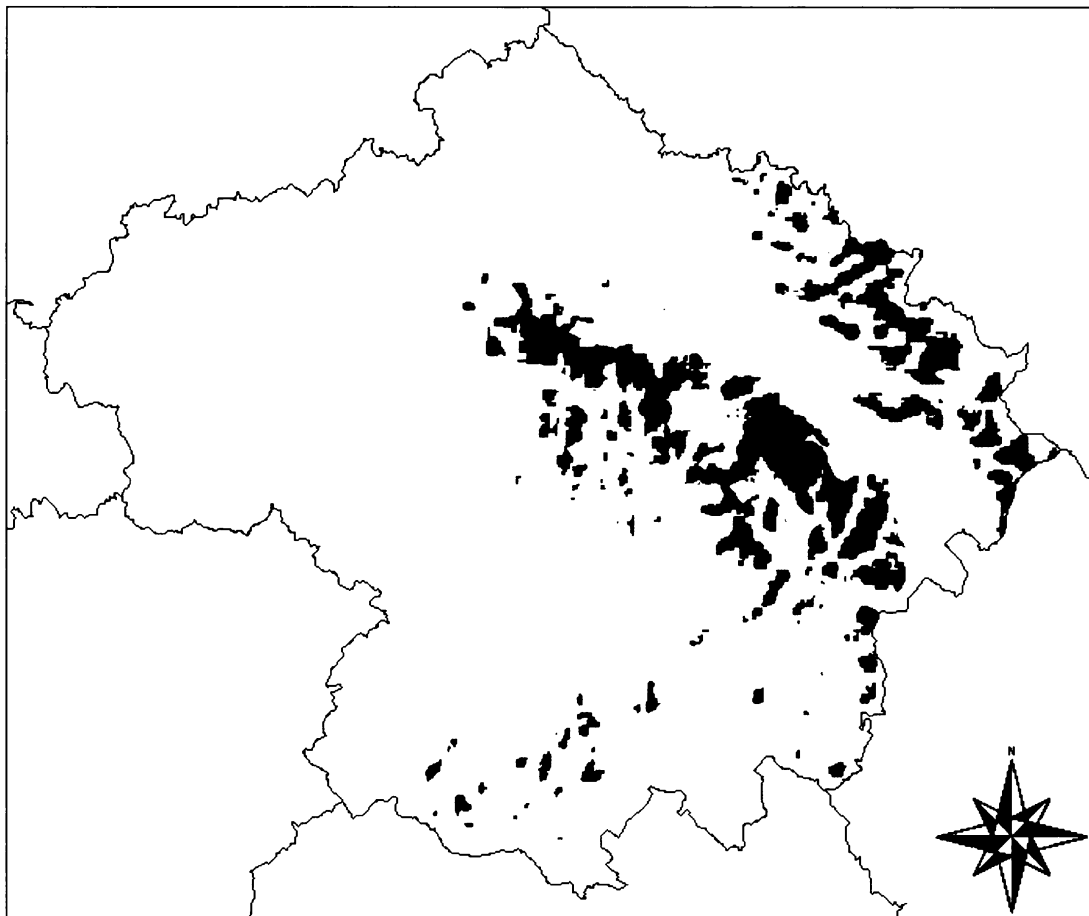
Na území okresu Havlíčkův Brod jsou zavedeny dva typy elektrické sítě vhodné pro připojení větrné elektrárny. Větší část okresu je pokryta vedením vysokého napětí 22 kV. V severovýchodní části je zavedeno vedení 35 kV. Při stanovování vhodných lokalit bylo vybráno území, které je vzdáleno maximálně 1 km od elektrického vedení. Tato plocha má velikost $1116,27 \text{ km}^2$ a tvoří 88,2 % z rozlohy okresu.

Oba typy vedení spolu s územím, které odpovídá danému kritériu jsou znázorněny na obrázku č. 20. Vedení 22 kV je vykresleno fialovou barvou, vedení 35 kV zeleně.



Obr. 20: Elektrická síť a buffer 1km (1:300 000)

Vymezením lokalit, které splňují podmínku maximální vzdálenosti od vedení vysokého napětí 22 nebo 35 kV byla získána plocha o velikosti 106,62 km². Toto území je tvořeno 164 lokalitami s průměrnou velikostí 0,65 km², minimální vhodnou velikostí 0,00025 km² a maximální velikostí 22,98 km². Vybraná plocha představuje 86,73 % z původní rozlohy.



Obr. 21: Intersekt s elektrickou sítí (1:300 000)

11.5. Zvláště chráněná území

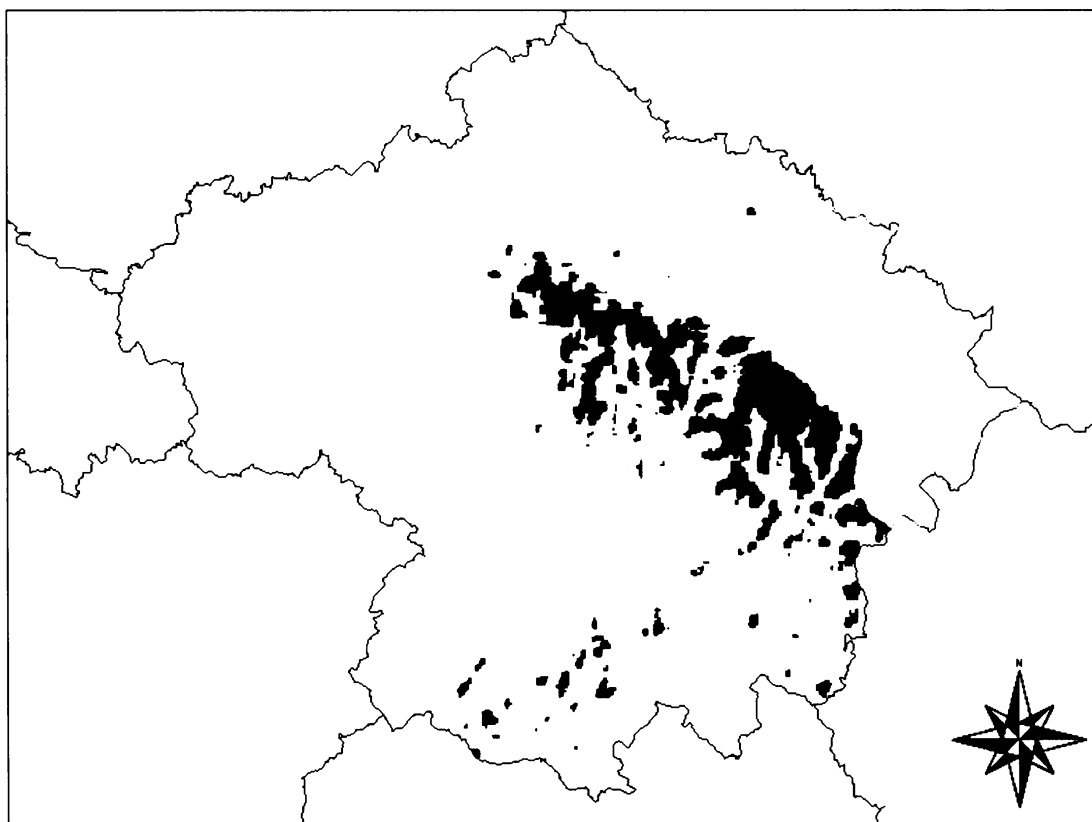
Z území s dostatečnou hustotou výkonu větru byla odečtena území, která jsou součástí zvláště chráněných území nebo jejich ochranného pásma. Na území okresu Havlíčkův Brod se jednalo o území dvou chráněných krajinných oblastí (Žďárské Vrchy, Železné Hory). Dále o území národní přírodní rezervace Ransko, 14 přírodních rezervací a 10 přírodních památek. Seznam a bližší popis těchto území spolu s mapkou jejich rozmístění je uveden v příloze č. II.

Rozlohy zvláště chráněných území a území vhodných pro výstavbu VE, která získáme po jejich odebrání jsou uvedena v tabulce 7.

Tab. 7: Rozlohy chráněných území [km²]

	Počet území	Celková velikost	Maximální velikost	Minimální velikost	Prům. velikost
CHKO	2	155,24	94,29	60,95	77,62
po odstranění CHKO	122	87,46	30,14	0,006	0,72
NPR	1	7,47	7,47	7,47	7,47
po odstranění NPR	156	122,93	30,14	0,0008	0,79
PR	14	8,21	2,93	0,02	0,59
po odstranění PR	157	122,56	30,14	0,0008	0,78
PP	10	0,71	0,18	0,00998	0,07
po odstranění PP	156	122,93	30,14	0,0008	0,79
Plocha bez CHU	121	87,26	30,14	0,006	0,72

Chráněná území v okrese Havlíčkův Brod představují celkovou plochu o velikosti 163,16 km² a odpovídají 20,46 % z rozlohy okresu. Jak je patrné z tabulky č. 7, získáme jejich vyjmutím z území s hustotou výkonu větru dostatečnou pro výstavbu větrných elektráren 121 lokalit o celkové velikosti 87,26 km². Průměrná plocha je velká 0,72 km². Největší má velikost 30,14 km² a nejmenší vhodná 0,006 km².

**Obr. 22:** Plocha získaná odečtením všech CHÚ od území s hustotou výkonu větru vyšší než 210 W/m² (1:300 000)

11.6. Území podléhající obecné ochraně přírody a krajiny

Přírodní parky Melechov a Doubrava, které zasahují na území okresu Havlíčkův Brod leží mimo území potenciálně vhodná pro výstavbu větrných elektráren.

11.7. Natura 2000

Na území okresu Havlíčkův Brod se z typů území vyhlášených nebo navržených na vyhlášení v rámci Natura 2000 nachází pouze území kategorie Evropsky významná lokalita. Těchto lokalit je zde 8 (Hroznětínská louka, Chrudimka, Jeřišno-Heřmaň, Ransko, Sázava, Šlapanka a Zlatý potok, Želivka, Štíří důl – Řeka).

Celková rozloha evropsky významných lokalit v okrese Havlíčkův Brod je 7,24 km². Po přičtení ochranného pásma o šířce 50 metrů se tato rozloha zvýší na 12,65 km². Podrobný popis jednotlivých území a mapka jejich rozmístění je v příloze č. II.

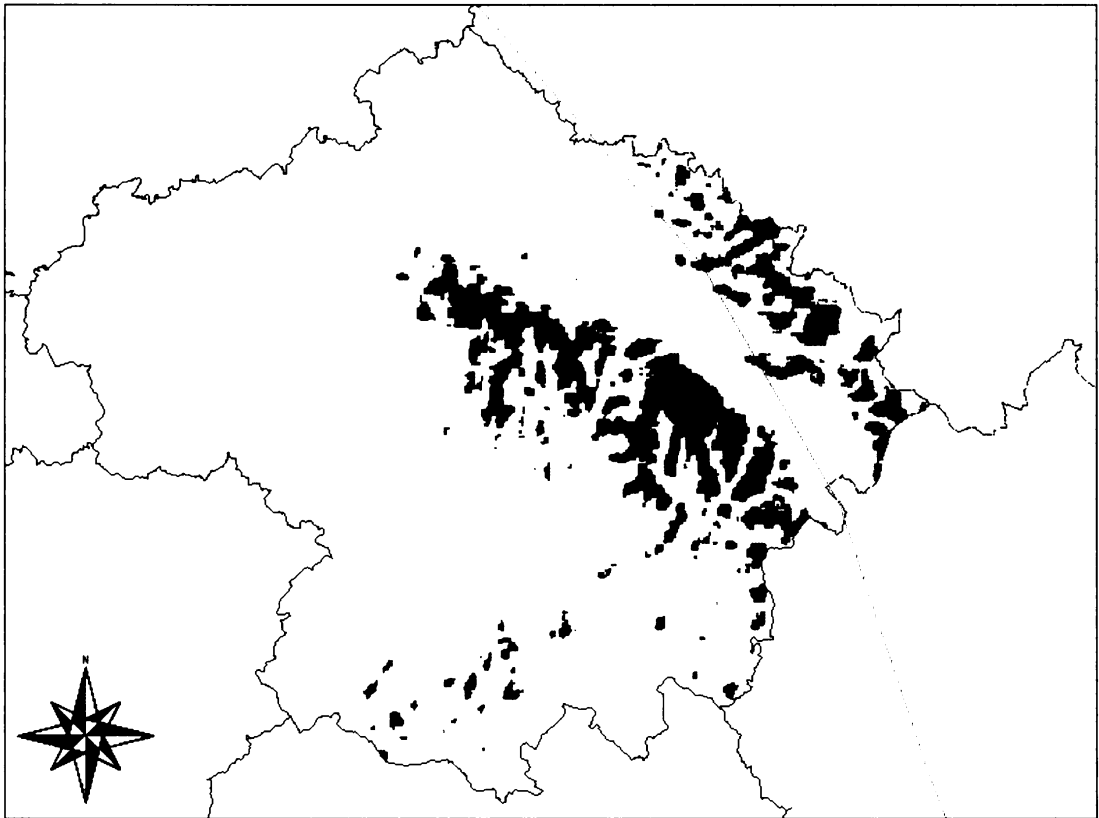
Z uvedených území dochází k překryvu s územím vhodným pro výstavbu větrných elektráren pouze v jednom případě – u lokality Štíří důl – řeka. Toto území je však zároveň součástí CHKO Žďárské Vrchy. Výstavba elektráren zde tudíž není možná ani v případě, že by evropsky významná lokalita nebyla vyhlášena. Dochází pouze k násobení ochrany tohoto území.



Obr. 23: Překryv lokality Štíří důl – Řeka a území s hustotou výkonu větru vyšší než 210 W/m^2 (1:10 000)

11.8. Střet s územím tahu čápů a vliv na avifaunu

Část území okresu Havlíčkův Brod leží v oblasti tahu čápů. Na obrázku 24 je toto území vyznačeno šrafovaně. Pás tahu čápů zasahuje také do území vhodného pro výstavbu větrných elektráren. Území, na kterém dochází k tomuto překryvu, však zároveň podléhá zvláštní územní ochraně (CHKO Žďárské vrchy a CHKO Železné hory).



Obr. 24: Průnik území tahu čápů a okresu Havlíčkv Brod

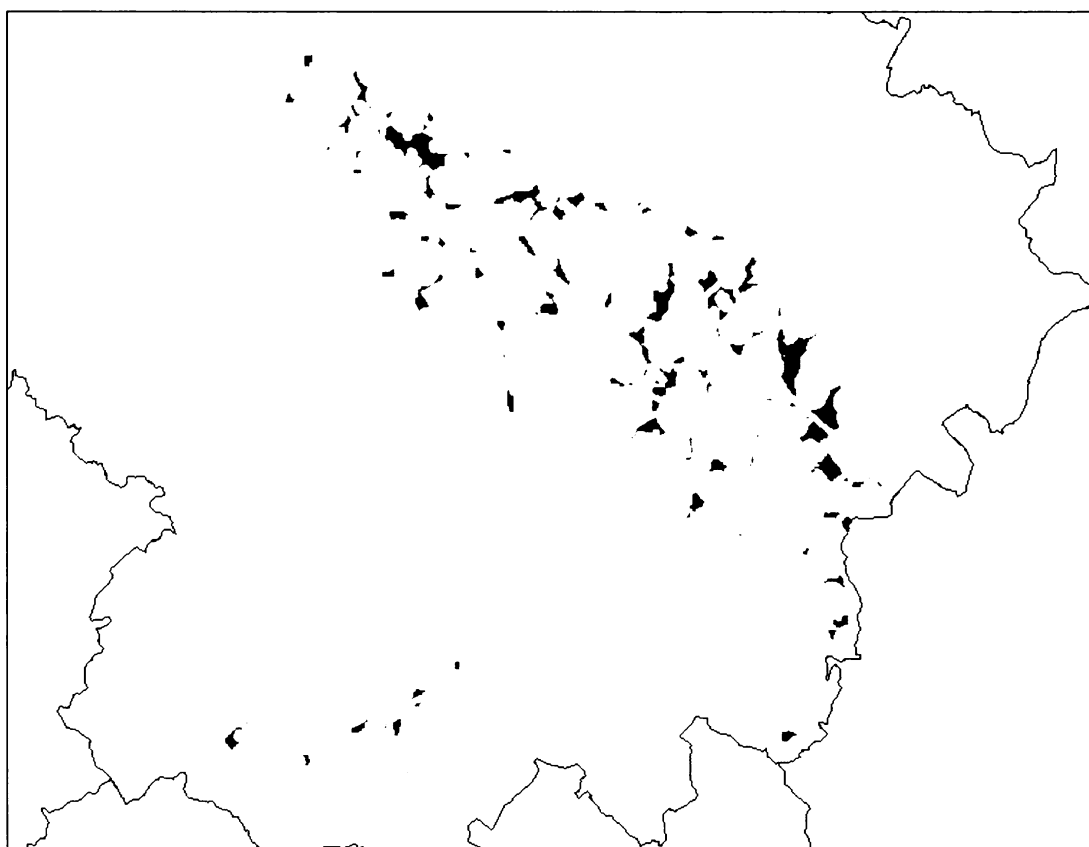
11.9. Vodní toky

Vodní toky a přehradní nádrže zasahují do území s hustotou výkonu větru vyšší než 210 W/m^2 jen v malé míře a při výsledném výběru pozic nepůsobí jako překážka.

11.10. Výsledná plocha

Výsledná plocha vhodná pro výstavbu větrných elektráren je tvořena 153 lokalitami, které v součtu představují území o rozloze $11,68 \text{ km}^2$. Jak je patrné i z obrázku č. 25, výsledná území leží především v pásu táhnoucím se od středu okresu k jeho jihovýchodní hranici, dále podél této hranice a částečně také v jižní části okresu.

Největší plocha má velikost 1,26 km² (plocha č. 143), nejmenší 0,00028 km². Průměrně jsou tato území 0,076 km² velká.



Obr. 25: Výsledná území (1:200 000)

Jak je patrné z tabulky č. 8 je území vhodné pro využívání větrné energie omezeno především rozlohou zástavby v okrese Havlíčkův Brod a také vytvořením bufferu o šířce 500 m. Nejmenší vliv má naopak vzdálenost lokality od vedení vysokého napětí 22 kV nebo 35 kV. Dostupnost vedení vysokého napětí souvisí patrně s hustotou zástavby a také se skutečností, že geografické podmínky v okrese Havlíčkův Brod nebrání výstavbě elektrického vedení.

Z tabulky 8 vyplývá také skutečnost, že počet lokalit není v přímé souvislosti s velikostí území vhodného pro výstavbu větrných elektráren. Nízký počet lokalit, které byly získány dodržením maximální vzdálenosti od vedení vysokého napětí, je dán kompaktností území tvořeného bufferem o šířce 1 km okolo vedení vysokého napětí. Díky tomu nejsou vstupní plochy rozděleny tolik, jako v případě komunikací, lesa či zástavby.

Tab. 8: Výsledky omezení území vhodného pro výstavbu VE jednotlivými podmínkami

Odečítané území	Velikost území [km ²]	Velikost výsledného území [km ²]	Počet lokalit	Prům. velikost lokality [km ²]
Zástavba	764,39	52,49	175	0,3
Les	748,8	68,75	178	0,39
Komunikace	413,05	92,51	270	0,34
Území vzdálené více než 1 km od vedení vysokého napětí 22kV nebo 35kV	149,23	106,62	164	0,65

Průměrná velikost výsledných lokalit je podobná v případě zástavby, lesa i komunikací. U území vymezeného vzdáleností od vedení vysokého napětí je průměrná velikost lokality výrazně větší (více než dvojnásobná v případě zástavby).

11.11. Pozice pro jednotlivé větrné elektrárny

Pozice větrných elektráren byly určeny na základě geografických podmínek lokality a převládajícího směru větru. Podle sedmi větrných růžic vytvořených pro sledované území je zde nejčetnější jihovýchodní, západní a severozápadní směr větru.

Tab. 9: Výsledný směr větru

Růžice	Směr větru (úhel ve °)	Četnost
1	292,34	34,5
2	295,38	35,3
3	297,67	35,0
4	295,08	33,4
5	300,59	34,8
6	296,03	33,1
7	296,67	37,2

Jako převládající byl určen jihovýchodní směr větru. Pro západní až severozápadní směr byl pomocí metody Kaminskij, Rubinštejnová (Nosek, 1972)

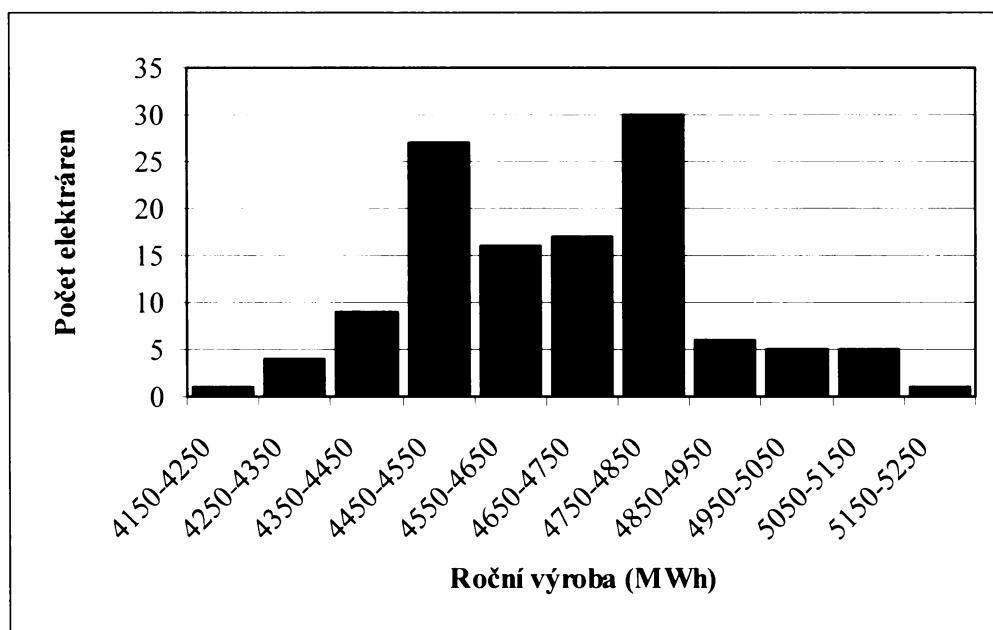
dopočítán druhý převládají směr. Hodnoty pro jednotlivé růžice jsou uvedeny v tabulce 9.

Na základě těchto údajů bylo na území okresu Havlíčkův Brod vymezeno 121 pozic pro výstavbu větrných elektráren. Při dodržení vstupního předpokladu instalovaného výkonu jedné elektrárny 2 MW, by tak byl získán celkový nominální výkon 242 MW.

11.12. Roční výroba elektrické energie každou VE a celková roční výroba

Celková teoretická roční výroba elektrické energie 121 elektrárnami byla pomocí výkonové křivky za předpokladu Rayleighova rozdělení stanovena na 565 060,35 MWh. Nejmenší roční výrobu jednou elektrárnou lze očekávat 4185,96 MWh, největší 5243,46 MWh. Nejvíce větrných elektráren - 30 bude mít roční výrobu v intervalu od 4750 do 4850.

Reálnou roční produkci energie lze, za předpokladu snížení teoretické produkce o 12 % vlivem nepřesností ve výpočtu a námrazy, očekávat 497253,11 MWh.



Obr. 26: Histogram roční výroby elektrické energie

12. Diskuse

Jako výchozí podmínka pro výběr lokalit vhodných pro výstavbu větrných elektráren byla zvolena minimální hustota výkonu větru 210 W/m^2 . Ta odpovídá minimální hodnotě zvolené v práci Štekl a Hošek (2004), kteří tuto hodnotu určili na základě výsledků ekonomické analýzy. Minimální hodnota hustoty výkonu větru 210 W/m^2 je nutná také podle práce Kuntzsch a Daniels (1994). V „Metodickém pokynu Ministerstva životního prostředí k vybraným aspektům postupu orgánů ochrany přírody při vydávání souhlasu podle § 12 a případných dalších rozhodnutí dle zákona č. 114/1992 Sb., které souvisí s umístováním staveb vysokých větrných elektráren“ se uvádí minimální doporučená hustota výkonu větru 160 až 200 W/m^2 .

Pokud by byla jako minimální uvažována hodnota publikovaná v Metodickém pokynu (2005), mohlo by dojít ke zvětšení velikosti území vhodného pro výstavbu VE.

12.1. Územní systém ekologické stability

Spornou otázkou při zpracování této diplomové práce bylo, zda považovat za vhodné pro výstavbu elektráren také lokality ÚSES. Legislativně jsou podmínky vyhlášení a chování v lokalitách ÚSES upraveny zákonem č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny v platném znění a příslušnou vyhláškou 395/1992 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Ani jeden z těchto právních předpisů však nedává zcela jasné podmínky možností výstavby větrných elektráren na územích Územního systému ekologické stability.

Konkrétnější informace poskytuje „přehled možností výstavby VE v územích podléhajících zvláštní a obecné ochraně přírody“ vytvořený podle zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů a je uveden v tab.10. (Kender in verb.)

Tab.10: Přehled kategorií chráněných území podle podmínek pro stavbu větrných elektráren (Kender in verb.)

Skupiny	Kategorie chráněných území a částí krajiny
Skupina I.	národní parky
	chráněné krajinné oblasti - 1. zóny ochrany
	národní přírodní rezervace
	přírodní rezervace
Skupina II.	chráněné krajinné oblasti - části nezařazené do I. skupiny
	národní přírodní památky
	přírodní památky
Skupina III.	evropsky významné stanovištní lokality
	ptačí oblasti
Skupina IV.	územní systém ekologické stability
	významné krajinné prvky
	přírodní parky
	přechodně chráněné plochy
Skupina V.	lokality výskytu zvláště chráněných druhů rostlin a živočichů
Skupina VI.	lokality ochrany krajinného rázu

Podle J. Kendera (in verb.) je územní systém ekologické stability zařazen do kategorie IV. Jak vyplývá z tohoto zařazení, zákon stavbu větrných elektráren na území ÚSES **nevylučuje**. Umístění staveb v těchto lokalitách povoluje pouze v případě, že jejich realizací nedojde k narušení nebo nenávratnému poškození hodnot krajiny. Zákon stanoví v jakých případech lze stavby v nich umístit pouze na základě závazného stanoviska orgánu ochrany přírody (Kender in verb.).

Podle sdělení A. Petrové (in verb.) není v zákoně ani v žádné vyhlášce uvedena formulace, že je v biocentrech nebo v biokoridorech zakázáno vystavět větrnou elektrárnu. „Praxe je taková, že o tom v důsledku rozhodují orgány přírody, majitelé pozemku a majitelé sousedních pozemků. Pokud se všichni vyjádří kladně, **může dojít a občas dochází k výstavbě větrné elektrárny v chráněných územích a v lokalitách ÚSES.** (Petrová in verb.)“

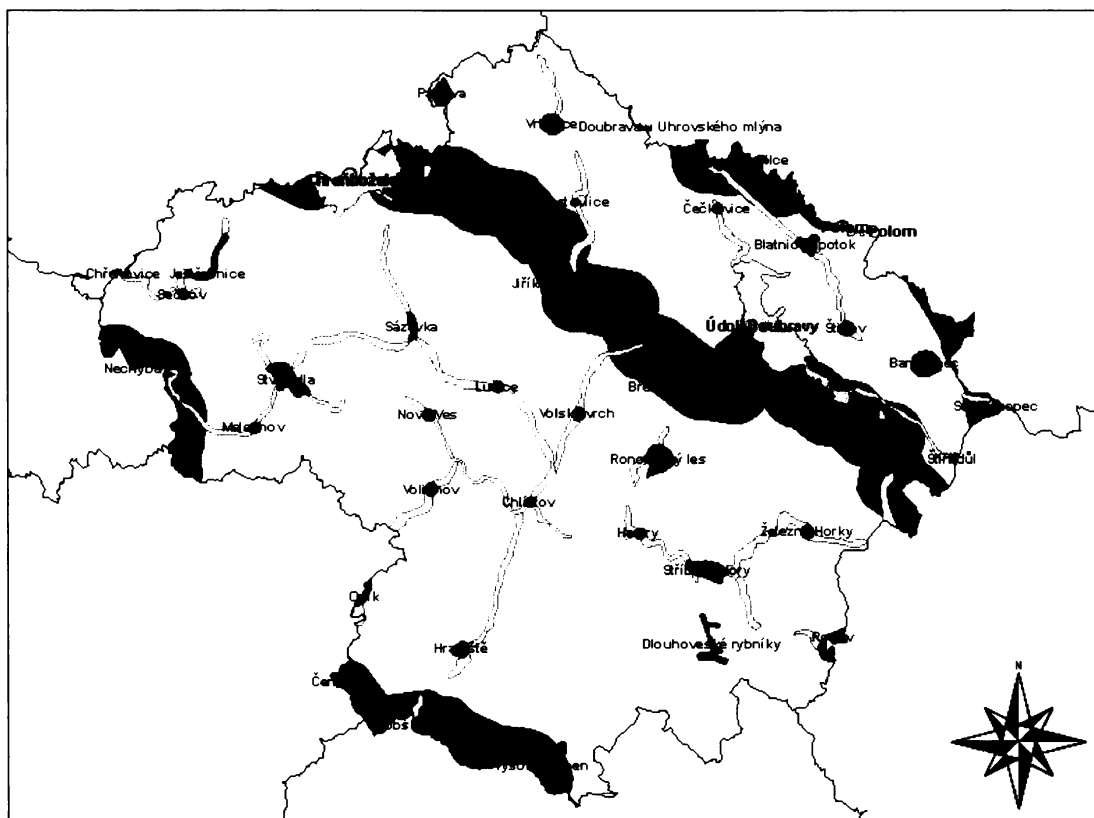
Jelikož žádné z uvedených vyjádření nebylo negativní a legislativa ČR přesná pravidla pro výstavbu větrných elektráren na území biocenter a biokoridorů neudává, byla území ÚSES, pro účely této práce, považována za vhodná pro výstavbu větrných elektráren.

I přes toto rozhodnutí, byla zpracována také varianta, ve které by výstavba VE v lokalitách ÚSES nebyla možná. Podle biogeograficko-hiearchického

hlediska byla uvažována pouze regionální a nadregionální úroveň, která je dostupná ve formě mapových podkladů programu pro GIS.

Regionální ÚSES na území okresu HB je tvořen 52 segmenty biokoridorů a 38 regionálními biocentry. Nadregionální ÚSES představují 3 biocentra a v 6 oblastech sem zasahuje nadregionální biokoridor. (VGHMÚř, 1990–2004)

Uspořádání lokalit ÚSES je znázorněno na obr. 27. Nadregionální biokoridory jsou tmavě zelené, nadregionální centra světle zelená. Regionální biokoridory jsou na mapě běžové a regionální biocentra hnědá.



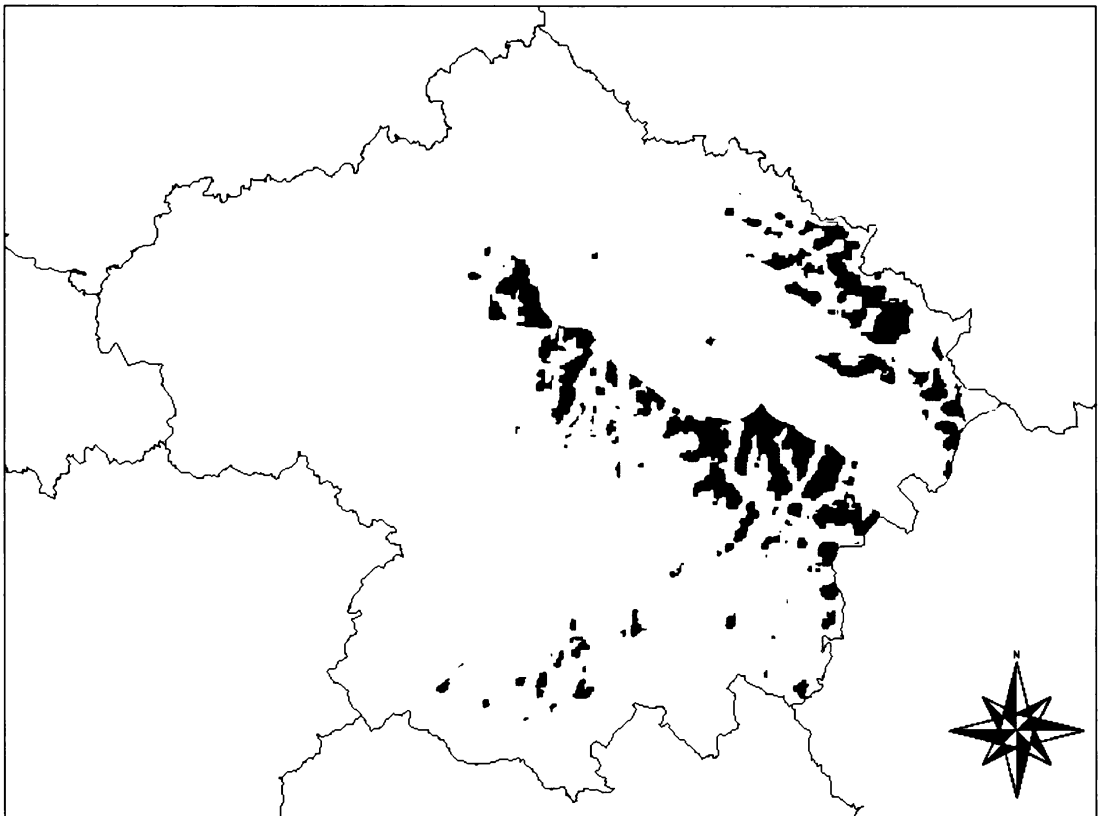
Obr. 27: ÚSES (1:300000)

Celková rozloha ÚSES na území okresu Havlíčkův Brod je 326,77 km². Tato rozloha odpovídá 25,82 % rozlohy území okresu.

Odečtení ÚSES od lokalit s hustotou výkonu větru nad 210 W/m²

V případě odečtení plochy, kterou tvoří segmenty ÚSES z území hustotou výkonu větru vyšší než 210 W/m² by bylo zbylé území rozděleno do 170 lokalit o

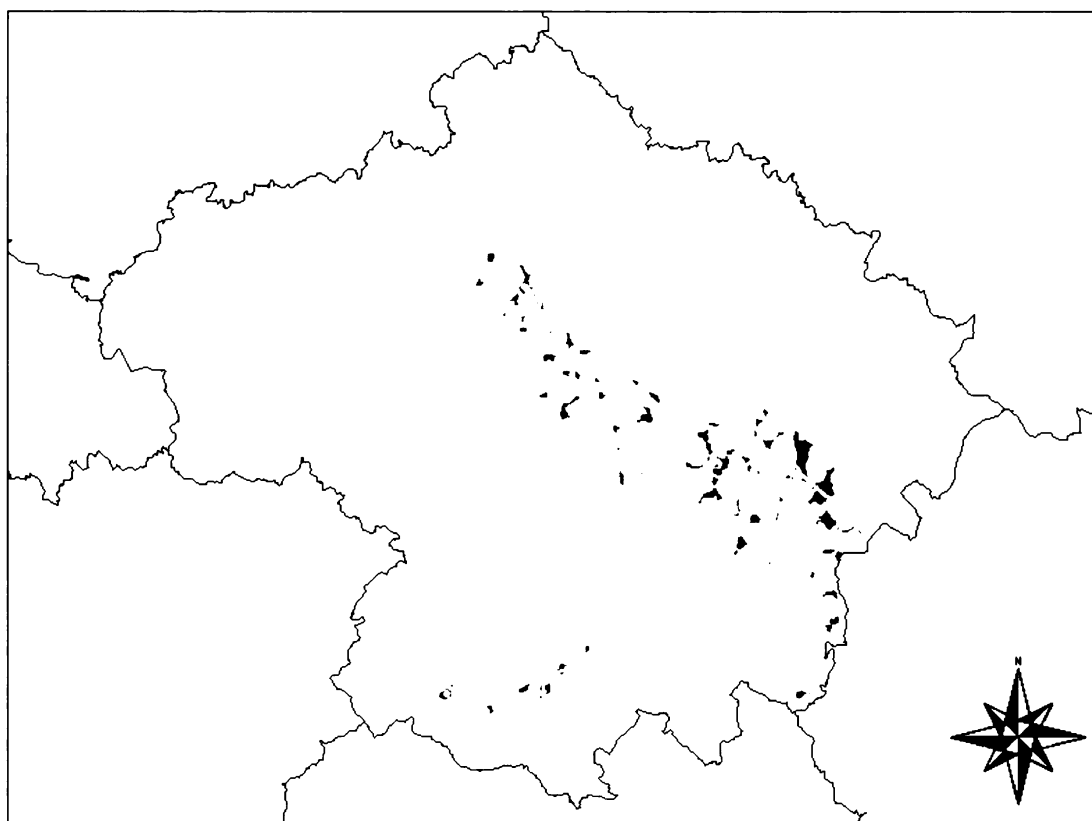
celkové velikosti 78,62 km². Původní rozloha území s dostatečnou hustotou výkonu větru by se tak snížila o 36 %, tedy poměrně významně. Průměrná velikost lokality vhodné pro výstavbu větrné elektrárny by se snížila na 0,46 km² (průměrná velikost původního území je 0,84 km²).



Obr. 28: Plocha získaná po odečtení ÚSES od území s hustotou výkonu větru vyšší než 210 W/m² (1:300000)

Velikost výsledné plochy po odečtení ÚSES

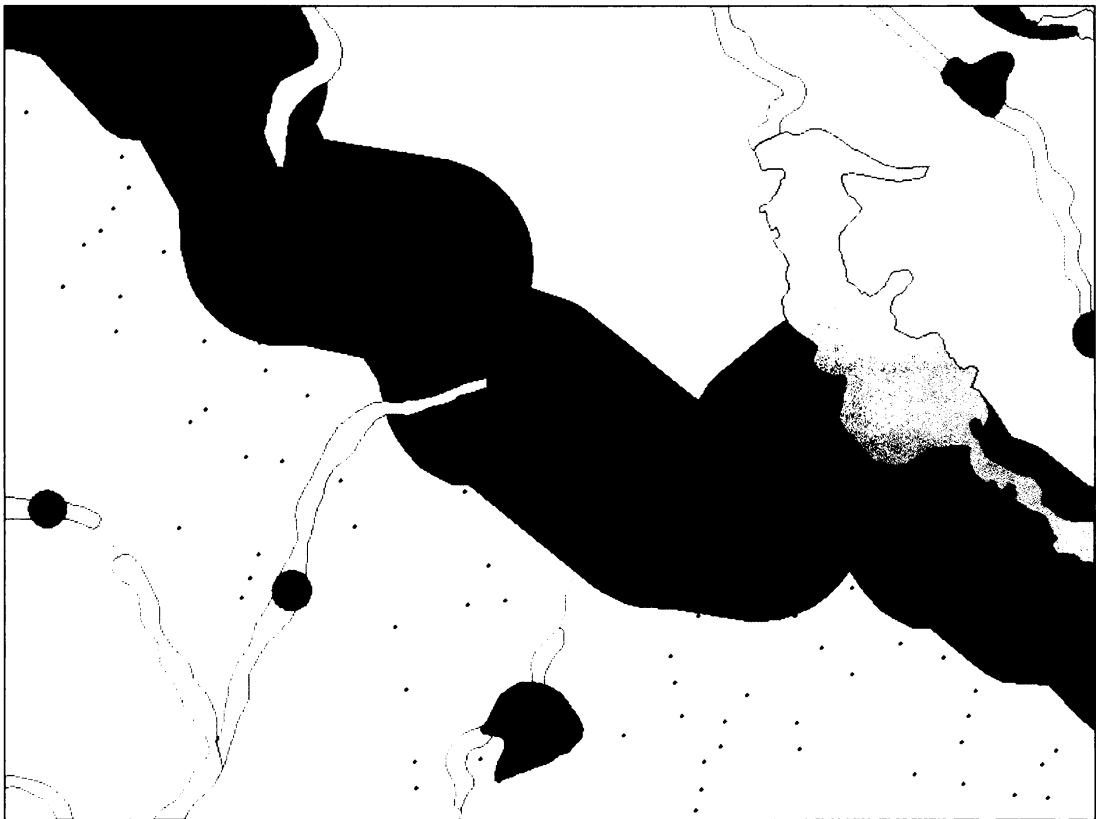
Aby bylo možné porovnat, rozdíl ve velikosti a rozložení území vhodných pro výstavbu větrných elektráren zpracovaný v této diplomové práci s variantou neumožňující výstavbu VE v lokalitách ÚSES, byla vytvořena také mapa, kdy by byla plocha tvořená segmenty ÚSES odečtena od výsledného území, na kterém byly rozmístovány elektrárny. V tomto případě by došlo také k zásadnímu omezení lokalit vhodných pro výstavbu větrných elektráren. Původní plocha by se snížila o 35,5 %, tedy na velikost 7,53 km². Stejně jako v předchozím případě by se snížila také průměrná velikost území a to z původních 0,76 km² na 0,059 km².



Obr. 29: Plocha získaná odečtením ÚSES od výsledného území

Důvodem takto zásadního omezení vhodného území je, především poloha nadregionálního biokoridoru, který vzhledem k jeho šířce zabírá rozsáhlé území a protíná okres Havlíčkův Brod ve směru od severozápadu na jihovýchod, neboli přibližně v horní-střední části okresu. Toto území je zároveň územím s nejvyšší koncentrací lokalit vhodných pro využívání větrné energie.

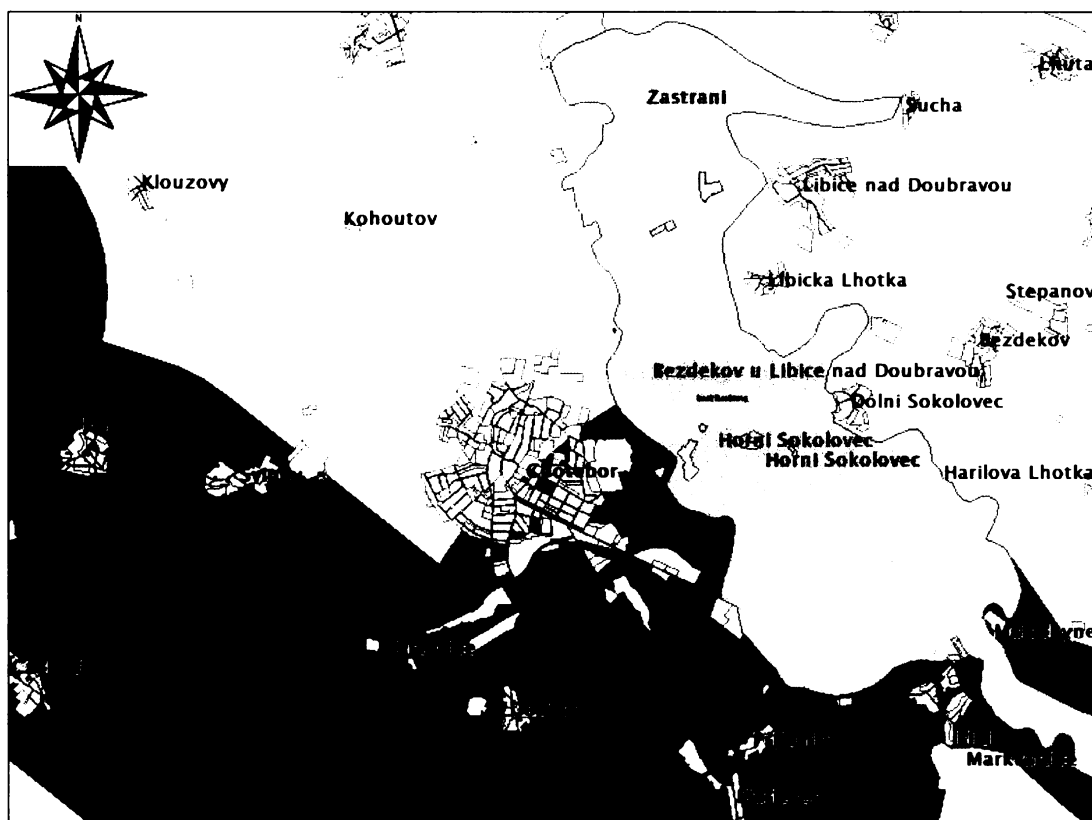
Proti variantě zavrhuující výstavbu větrných elektráren na území biocenter a biokoridorů svědčí také skutečnost, že větrné elektrárny tak, jak byly rozmístěny zasahují pouze do území nadregionálního biokoridoru. To je viditelné na obrázku č. 30. Nadregionální biokoridor je zde znázorněn tmavě zelenou barvou, pozice elektráren představují černé tečky.



Obr. 30: Elektrárny ležící na území nadregionálního biokoridoru (1:100 000)

Ve srovnání se šířkou nadregionálního biokoridoru a skutečností, že na jeho území leží také větší obce, včetně města Chotěboř, které je jednou z největších obcí okresu Havlíčkův Brod se zdá být problém fragmentace krajiny způsobený výstavbou větrných elektrárny poměrně nevýznamný.

Vzhledem k nejasnému výkladu platné legislativy – J. Kender (in verb.), A. Petrová (in verb.) a z důvodů uvedených v kapitole 12.1 byla varianta zahrnující ÚSES zpracována pouze jako informativní za účelem možnosti porovnání údajů.



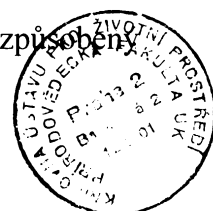
Obr. 31: Průnik obcí a ÚSES (1:50 000)

12.2. Střet s územím tahu čápů a vliv na avifaunu

Tažné druhy

V literatuře je často diskutován vliv VE na tažné druhy ptáků. Jako hlavní problém bývá zmiňováno, že VE mohou působit také jako bariéry při pohybu či tahu ptáků. Ptáci se často vyhýbají proletu mezi turbínami a volí cestu nad nebo okolo. To může být problémem především v případě velkých větrných farem, kde narušení pohybu ptáků může způsobit narušení ekologických spojníc mezi potravními, rozmnožovacími a hnízdními oblastmi. Částečným řešením může být rozmístění VE do větších vzdáleností, tak, aby mezi nimi vznikl dostatečný prostor pro prolet ptactva.

Podle údajů z Dánska a Holandska (Brejšková, 2005) je však vlivem střetu s větrnou elektrárnou úmrtnost mnohonásobně nižší než úhyn ptáků způsobený



dopravou. Většina velkých ptáků se při migraci pohybuje ve volné krajině ve výškách až několik stovek metrů, tedy výše, než je dosah rotoru větrných elektráren. Ke zvýšení nebezpečí kolize dochází především v horských oblastech při nepříznivých větrných podmínkách, mlze či dešti. I přes tyto skutečnosti je patrné, že riziko kolize není v ČR zásadním problémem (Brejšková, 2005).

Při zpracování výsledků nebyl překryv lokalit vhodných pro výstavbu VE a území, kudy táhnou čápi brán v potaz. Důvodem je, že tato část okresu je totožná s územím podléhajícím zvláštní územní ochraně. Jedná se o plochy CHKO Žďárské Vrchy a Železné hory.

Hnízdící druhy

Vlivem na hnízdící druhy se v ČR zabývá především studie provedená na VE Dlouhá louka. Autoři Šťastný a Bejček (1993) a (1994) sledovali chování ptactva v okolí větrné elektrárny ve dvou fázích – před výstavbou a po výstavbě zařízení. Výsledkem tohoto pozorování je, že provoz větrné elektrárny významným způsobem neovlivňuje avifaunu v jejím okolí. Úbytek ptactva, který byl v průběhu pozorování zaznamenán je připisován narušení lučních porostů kolem větrné elektrárny v průběhu stavby. V obou fázích průzkumu však bylo z časových důvodů sledováno pouze hnízdní období.

V zahraničí se problematikou vlivu VE na avifaunu zabývá celá řada studií, např. Langston (2003). Velká část z nich se potýká podobně jako studie Šťastný, Bejček (1993) a (1994) s krátkou časovou řadou pozorování, což snižuje možnost srovnání výsledků s běžným stavem v dané lokalitě a zahrnutí některých faktorů (rozdílné chování ptáků v průběhu dne a noci apod.) do posuzování. Většina těchto studií, např. Langston (2003) se shoduje na tom, že větrné elektrárny mají jistý vliv na chování a úmrtnost ptáků v blízkosti větrné elektrárny.

Rušivý vliv může být do jisté míry způsoben také zvýšenou lidskou přítomností v blízkosti turbíny a to jak v průběhu její stavby, tak v podobě měření a technických návštěv během provozu (Langston, 2003). Některé ze studií, např.

Brejšková (2005) udávají negativní efekt na ptactvo až do vzdálenosti 600 m od turbíny, případně na redukci či vymizení ptactva v blízkosti turbíny.

Jak je patrné z předcházející diskuse, je vliv výstavby VE na hnízdicí ptáky velmi obtížná otázka. Proto nebyl tento vliv uvažován při zpracování výsledků a předpokládá se, že by byl zahrnut při podrobnějším průzkumu lokalit.

12.3. Vodní toky

Vodní toky a přehradní nádrže zasahují do území s hustotou výkonu větru vyšší než 210 W/m^2 jen v malé míře a při výsledném výběru pozic nepůsobí jako překážka. Důvodem je obvykle nevyhovující hustoty energie větru v jejich okolí způsobená jejich údolní lokalizací.

12.4. Výběr větrné elektrárny Vestas V80-2MW

Výběr typu větrné elektrárny přímo ovlivňují výsledné hodnoty technického potenciálu větrné energie v okrese Havlíčkův Brod, tj. hodnoty celkového nominálního výkonu a celkové roční výroby elektrické energie větrnými elektrárnami. V případě, že by byly jako vzorové použity VE s nižším instalovaným výkonem, snížily by se také výsledné hodnoty a naopak v případě VE s vyšším instalovaným výkonem.

Větrná elektrárna Vestas V80 – 2MW byla zvolena jako zařízení odpovídající poslednímu stavu technické úrovně. Podle výsledků zveřejněných v EurObserv'ER (2005) dosáhla v Německu, které je vedoucí zemí z hlediska velikosti instalovaného výkonu, průměrná velikost instalovaného výkonu jedné turbíny 1,723 MW v roce 2005 (1,696 MW v roce 2004 a 1,650 MW v roce 2003) (Observ'ER 2006).

Z uvedeného vývoje lze předpokládat, že použitý typ elektrárny odpovídá současnému stupni technického vývoje. Společnost Vestas je zároveň největším

světovým výrobcem větrných elektráren (Observ'ER, 2006). Tento typ turbíny je také v souladu s metodikou práce Štekl a Hošek (2004). Práce Kuntzsch a Daniels (1994) předpokládá výstavbu elektráren s instalovaným výkonem kW na stožáru vysokém 40 m. Tuto hodnotu však v současnosti nelze považovat za směrodatnou vzhledem k technickému pokroku, kterého bylo od roku 1994, kdy byla práce publikována, dosaženo.

12.5.Stanovený technický potenciál

Je velice obtížné srovnávat výsledky předkládané diplomové práce s dalšími podobnými studii. Kromě studie Štekl (2004b), ve které byl stanovován technický potenciál větrné energie v Krušných horách na území ležícím v rámci krajského úřadu Ústí nad Labem, není více srovnatelných podobných prací a i tato studie se zásadně liší potenciálem i geograficko-klimatologickými podmínkami.

Podle výsledků studie Štekl (2004b) je možné na 288 pozicích větrných elektráren stanovených na území Krušných hor získat celkový nominální výkon 576 MW. Tento výsledek je více než dvojnásobný ve srovnání s hodnotami získanými na území okresu Havlíčkův Brod. Teoretická roční produkce větrných elektráren na území Krušných hor byla stanovena na 1 679 350 MWh (Štekl, 2004b), tedy je téměř trojnásobná oproti hodnotám získaným v rámci okresu Havlíčkův Brod (565 060,35 MWh). Velikost rozdílu je patrná i při srovnání teoretické roční výroby jednou elektrárnou. Minimální teoretickou roční produkci jedné elektrárny na území okresu HB lze očekávat 4185,96 MWh, největší pak 5243,46 MWh.

Nejvíce větrných elektráren v okrese HB bude mít roční výrobu v intervalu od 4750 MWh do 4850 MWh. V Krušných horách bude mít nejvíce větrných elektráren výrobu 5680 MWh. Nejnižší teoretická roční výroba zde je předpokládána na 4650 MWh a nejvyšší dokonce na 7350 MWh. Tento rozdíl odpovídá předpokladům, protože podle dostupné literatury, například Štekl (1997)

jsou Krušné hory jednou z lokalit s nejlepšími podmínkami pro výstavbu VE v ČR.

Závěrem je třeba zdůraznit že cílem této práce není určení realizovatelného potenciálu větrných elektráren v okrese Havlíčkův Brod. Pro získání těchto hodnot by bylo nutné rozšířit práci o zpracování výpočtu korekčního faktoru určeného z územních plánů (Štekl, 2004b). To nebylo možné z důvodu limitujícího rozsahu této diplomové práce.

13. Závěr

Diplomová práce se zabývá možností výstavby větrných elektráren na území bývalého okresu Havlíčkův Brod. Tato práce byla zpracována pomocí programu pro GIS a kalkulátoru Danish Wins Industry Association.

Vstupní data byla získána z měření skupiny pro větrnou energii Ústavu fyziky atmosféry AV ČR a částečně také z datového souboru DMÚ 25. Část vstupních dat byla poskytnuta také Českou informační agenturou životního prostředí.

Cílem práce bylo především:

- Získat přehled o současném stavu využívání větrné energie a dosaženém stavu technického vývoje
- Pomocí programu pro GIS a na základě znalosti hustoty výkonu větru a stanovených kritérií vymežit území vhodná pro výstavbu větrných elektráren
- Ve vybraných územích stanovit pozice vhodné pro umístění větrných elektráren
- Stanovit klimatologický potenciál území
- Definovat způsob určení technického potenciálu a provést jeho výpočet

Závěr

1) Bylo vytvořeno shrnutí informací o historii a současném stavu využívání větrné energie v ČR i Evropě. Byl přiblížen také stav současného technického vývoje.

2) Byl vytvořen přehled území chráněných podle zákona č. 114/199 Sb., o ochraně přírody a krajiny a jejich vlivu na možnost výstavby větrných elektráren na území okresu Havlíčkův Brod.

3) Bylo vymezeno 153 lokalit vhodných pro výstavbu větrných elektráren o celkové rozloze 11,68 km² a průměrné velikosti 0,076 km². Výsledná území leží především v pásu táhnoucím se od středu okresu k jeho jihovýchodní hranici, dále podél této hranice a částečně také v jižní části okresu.

4) Ve vymezených územích bylo na základě geografických a klimatologických podmínek stanoveno 121 pozic pro výstavbu větrných elektráren.

5) Klimatologický potenciál daný úhrnnou teoretickou roční produkcí ze 121 větrných elektráren typu Vestas V-80/2 MW, byl stanovena na 565 060,35 MWh.

6) Technický potenciál okresu Havlíčkův Brod byl při dodržení vstupního předpokladu instalovaného výkonu jedné elektrárny 2 MW vyjádřen nominálním výkonem 242 MW a reálnou roční produkcí elektrické energie 497253,11 MWh.

14. Literatura

(Ackermann, 2005)

Ackermann, T. ed. (2005) Wind power in Power Systems, John Wiley & Sons, England 691 str.

(Blažej, 2006)

Blažej, J., Bufka, A. et al. (2006): Vyhodnocení statistických údajů z energetiky za rok 2005. MPO, 79 str.

(Brejšková, 2005)

Brejšková, L. (2005): Co můžeme získat a ztratit využíváním větrné energie v České republice. Ochrana přírody 60: 68-71

(Bufka, 2005a)

Bufka, A. (2005): Obnovitelné zdroje energie a energeticky využívané odpady v roce 2004

(Bufka, 2005b)

Bufka, A., Rosecký, D. (2005): Energetická bilance OZE za rok 2004

(Celik, 2004)

Celik, A.N. (2004) A statistical analysis of wind power density based on the Weibull and Rayleigh models at the southern region of Turkey. Renewable Energy 29, Issue 4. Str 593-604

(Cenka, 2001)

Cenka, M.(ed.) (2001) Obnovitelné zdroje energie. FCC PUBLIC Praha. 208 str.

(ČSÚ, 2006)

Český statistický úřad - Jihlava (2006) Charakteristika okresů - Havlíčkův Brod.
http://www.czso.cz/xj/redakce.nsf/i/havlickuv_brod

(ČSÚ, 2005)

Český statistický úřad (2005) Okresy České republiky za rok 2004 - základní charakteristika okresů http://www.czso.cz/csu/edicniplan.nsf/kapitola/1303-05-za_rok_2004-100

Directive 2001/77/EC of the European Parliament and of the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market

(EGÚ Brno, 2001)

EGÚ Brno (2001): Námrazoměrná mapa

(ERU, 2001)

Cenové rozhodnutí ERÚ č. 1/2002 ze dne 27. listopadu 2001, kterým se stanovují ceny elektřiny a souvisejících služeb

(ERU, 2002)

Cenové rozhodnutí ERÚ č. 1/2003 ze dne 28. listopadu 2002, kterým se stanovují ceny elektřiny a souvisejících služeb

(ERU, 2003)

Cenové rozhodnutí ERÚ č. 26/2003 ze dne 26. listopadu 2003, kterým se stanovují ceny elektřiny a souvisejících služeb

(ERU, 2004)

Cenové rozhodnutí ERÚ č. 10/2004 ze dne 29. listopadu 2004, kterým se stanovují ceny elektřiny a souvisejících služeb

(ERU, 2005)

Cenové rozhodnutí ERÚ č. 10/2005 ze dne 18. listopadu 2005, kterým se stanovuje podpora pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, kombinované výroby elektřiny a tepla a druhotných zdrojů

(*Frank, 2001*)

Frank, H.P., Rathmann, O., Mortensen, N.G., Landberg, L.(2001): The Numerical Wind Atlas - the KAMM/WAsP Method. Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark. 266 str.

(*Chandler, 2003*)

Chandler (ed.) (2003) Wind Energy The Facts, an analysis of wind energy in the EU 25. The European Wind Energy Association (EWEA) Brusel. 325 str.

(*Internet 1*)

Oficiální internetové stránky kraje Vysočina:

http://extranet.kr-vysocina.cz/jazykoveverze/cz/index.php?stranka=oureg_1.htm

(*Internet 2*)

KV Venti, s.r.o. - výstavba dvou VE Vestas V90 v Pavlově u Stonařova:

<http://www.vetrnaelektrarna.cz/Fotogalery/Pavlov.htm>

(*Internet 3*)

Agentura ochrany přírody - Ústřední seznam ochrany přírody (ÚSOP):

<http://drusop.tmapserver.cz/>

(*Jäger-Waldau, 2004*)

Jäger-Waldau, A. (2004): Status report 2004. Energy End Use Efficiency and Electricity from Biomass, Wind and Photovoltaics in the European Union. European Commission, Joint Research Centre. 131 stran

(Jiráska, 2003)

Jiráska, A. (2003) Větrné elektrárny a hluk. *Větrná energie* 19: 10-11

(Jungbluth, 2004)

Jungbluth, N., Bauer, Ch., Dones, R., Frischknecht, R. (2004): Life Cycle Assessment for Emerging Technologies: Case study for Photovoltaic and Wind Power. Ecomed Publishers, Landsberg. 11 str.

(Koč, 1996)

Koč, B. (1996) Šance pro vítr. EkoCentrum Brno. 95 str.

(Kolektiv, 2003)

Kolektiv autorů (2003) Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice. ČEZ a.s. Praha. 143 str.

(Kuntzsch, 1994)

Kuntzsch J., Daniels, W. (1994) Windenergienutzung im Freistaat Sachsen. Ein projekt des Sachsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landesentwicklung. Str. 115-121

(Kutáč, 2003)

Kutáč, J. (2003) Svodiče přepětí chrání větrné elektrárny. *Větrná energie* 19: 9

(Langston, 2003)

Langston R.H.V, Pullan, J.D.(2003): Windfarms and Birds : An analysis of the effects of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. Strasbourg 1-4 December 2003 Strasbourg, 11 September 2003 CONVENTION ON THE CONSERVATION OF EUROPEAN WILDLIFE AND NATURAL HABITATS Standing Committee 23rd meeting

(Mathew, 2006)

Mathew, S. (2006) Wind Energy. Fundamentals, Resource Analysis and Economics. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 246 str.

(MPO, 2005)

Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO) (2005): Zpráva o plnění indikativního cíle výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie za rok 2004 podle § 7 zákona č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie

(MPO, 2006)

Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO) (2006) Vyhodnocení statistických údajů z energetiky za rok 2006. 79 str.

(MŽP, 2005)

Ministerstvo životního prostředí (MŽP) (2005): Metodický pokyn k vybraným aspektům postupu orgánů ochrany přírody při vydávání souhlasu podle § 12 a případných dalších rozhodnutí dle zákona č. 114/1992 Sb., které souvisí s umístováním staveb vysokých větrných elektráren. Praha, 11 str.

Ministerstvo životního prostředí: Státní politika životního prostředí, Praha 2004

(Národní program)

Národní program hospodárného nakládání s energií a využívání jejích obnovitelných a druhotných zdrojů na roky 2006 - 2009

Nařízení vlády 502/2000 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

Nařízení vlády č. 502/2000 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

(Nomura, 2001)

Nomura, N., Inaba, A., Tonooka, Y., Akai, M. (2001): Life-cycle emission of oxidic gases from power-generation systems. Applied Energy vol. 68, issue 2: 215-227

(Noskievič, 1996)

Noskievič, P., Kaminský, J. (1996) Využití energetických zdrojů. Ministerstvo životního prostředí Praha. 91 str.

(Observ'ER, 2005)

Observ'ER (2005): Wind Energy Barometer.

(Observ'ER, 2006)

Observ'ER (2006): Wind Energy Barometer.

(Pízová, 2003)

Pízová, N. (2003): Posuzování vlivu staveb větrných elektráren v souvislosti se zákonem č. 100/2001 Sb. Větrná energie 18: 10-12

(Seifert, 2003)

Seifert, H., Westerhellweg, A., Kröning, J., RISK ANALYSIS OF ICE THROW FROM WIND TURBINES Paper presented at BOREAS 6, 9 to 11 April 2003, Pyhä, Finland

(Sesto, 1999)

Sesto, E., (1999): Wind Energy in the World: reality and Prospects. Renewable Energy 16: 888-893

(Spera, 1994)

Spera D.A., editor (1994) Wind turbine technology. ASME PRESS New York. 638 str.

Státní program na podporu úspor energie a využití OZE pro rok 2006

(Šefer, 1991)

Šefer, J.I. (1991) Využití energie větru. SNTL Praha.266 str.

(Štekl a kol., 2005)

Štekl, J. a kol. (2005) Posudek větrného potenciálu a vhodnosti lokality pro stavbu větrných elektráren. Větrná energie 21: 6-17

(Štekl, 1997)

Štekl, J. (1997) Meteorologie ve větrné energetice. Větrná energie 6: 3-48

(Štekl, 2001a)

Štekl, J. (2001): Zhodnocení činnosti větrných elektráren na území ČR v období 1990 - 1999. Větrná energie 15: 8 - 15

(Štekl, 2002a)

Štekl, J. (2002): Vliv velkých větrných elektráren na chování ptáků ve vnitrozemí. Větrná energie 17: 2-9

(Štekl, 2002b)

Štekl, J. (2002): Vývojové trendy větrných elektráren. Větrná energie 16: 6-7

(Štekl, 2004a)

Štekl, J. (2004) Výzkum vhodnosti lokalit v ČR z hlediska zásob větrné energie a zpracování metodiky pro posuzovací a schvalovací řízení při zavádění větrných elektráren. UFA AV ČR Praha. 55 str.

(Štekl, 2005a)

Štekl, J. (2005) Vítr, obnovitelná energie. Vesmír 84: 332 - 339

(Štekl, 2005b)

Štekl, J., Hanslian, D., hošek, J., Kerum, J., Sokol, Z., Svoboda, J. (2005): Posudek větrného potenciálu a vhodnosti lokality pro stavbu větrných elektráren. Větrná energie 1: 6-17

(Štekl, 2001b)

Štekl, J., Hošek, J. (2001) Přesnost metod VAS a WAsP pro určení zásob větrné energie. Větrná energie 14: 2-4

(Štekl, 2004b)

Štekl, J., Hošek, J. (2004) Potenciál větrné energie v Krušných horách. Větrná energie 20: 8-11

(Tammelin, 2001)

Tammelin, B., Seifert, H. (2001) LARGE WIND TURBINES GO INTO COLD CLIMATE REGIONS, Paper presented at the EWEC 2001, Copenhagen, 02.-06.07.2001

(Troen, 1989)

Troen, I., Petersen, E.L. (1989) European Wind Atlas. Riso National Laboratory, Roskilde. 656 str.

(Vestas, 2005)

Vestas Wind Systems A/S (2005), V80-2.0 MW Versatile megawattage. Randers, Denmark 6 str.

(VGHMÚř, 1990–2004)

Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad Dobruška (VGHMÚř) (1990–2004) Digitální topologicko-vektorové databáze DMÚ 25 (Digitální model území 25)

Vyhláška č.17/1997 Sb., Ministerstva životního prostředí, kterou se vyhlašuje národní přírodní rezervace Ransko a stanoví její bližší ochranné podmínky

Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivu staveb na životní prostředí.

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny

Zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů)

Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií

Zákon č. 458/2000 Sb., energetický zákon

15. Seznam obrázků

Obr. 1: Výroba elektřiny z OZE v roce 2004 podle zdroje (MPO, 2005).....	- 16 -
Obr. 2: Celková kapacita VE v MW instalovaná ve světě od roku 1993 (Observ'ER, 2006)	- 18 -
Obr. 3: Srovnání emisí z VE a dalších energetických zdrojů (Nomura, 2001)-	27 -
Obr. 4: Hustota výkonu větru v ČR stanovená pomocí modelu VAS/WAsP (Štekl, 2005a)	- 39 -
Obr. 5: Námrazová mapa (EGÚ Brno, 2001)	- 42 -
Obr. 6: Okres Havlíčkův Brod (Internet 1).....	- 44 -
Obr. 7: Rastr.....	- 48 -
Obr. 8: Postup úpravy dat	- 48 -
Obr. 9: Umístění VE vedle sebe, kolmo na převládající směr větru.....	- 52 -
Obr. 10 a 11: Umístění VE šikmo na převládající směr větru, větší počet elektráren - trojúhelníkové uspořádání.....	- 52 -
Obr. 12: Uspořádání VE za sebou ve směru převládajícího směru větru	- 52 -
Obr. 13: Lokality s hustotou výkonu větru nad 210 W/m ² (1:250 000)	- 55 -
Obr. 14: Zastavěná plocha a plocha bufferu (1:300 000).....	- 56 -
Obr. 15: Plocha získaná odečtením zástavby od území s hustotou výkonu větru vyšší než 210 W/m ² (1:300000).....	- 57 -
Obr. 16: Komunikace a buffer 130m (1:300 000)	- 58 -
Obr. 17: Plocha získaná po odečtení komunikací od území s hustotou výkonu větru vyšší než 210 W/m ² (1:300 000).....	- 59 -
Obr. 18: Les a buffer 150m (1:300 000)	- 60 -
Obr. 19: Plocha získaná odečtením vegetace od území s hustotou výkonu větru vyšší než 210 W/m ² (1:300000).....	- 61 -
Obr. 20: Elektrická síť a buffer 1km (1:300 000)	- 62 -
Obr. 21: Intersekt s elektrickou sítí (1:300 000)	- 63 -
Obr. 22: Plocha získaná odečtením všech CHÚ od území s hustotou výkonu větru vyšší než 210 W/m ² (1:300 000).....	- 64 -

Obr. 23: Překryv lokality Štíří důl – Řeka a území s hustotou výkonu větru vyšší než 210 W/m^2 (1:10 000)	- 66 -
Obr. 24: Průnik území tahu čápů a okresu Havlíčkov Brod	- 67 -
Obr. 25: Výsledná území (1:200 000).....	- 68 -
Obr. 26: Histogram roční výroby elektrické energie	- 70 -
Obr. 27: ÚSES (1:300000).....	- 73 -
Obr. 28: Plocha získaná po odečtení ÚSES od území s hustotou výkonu větru vyšší než 210 W/m^2 (1:300000).....	- 74 -
Obr. 29: Plocha získaná odečtením ÚSES od výsledného území	- 75 -
Obr. 30: Elektrárny ležící na území nadregionálního biokoridoru (1:100 000)-	76 -
Obr. 31: Průnik obcí a ÚSES (1:50 000)	- 77 -

16. Seznam tabulek

Tab. 1: Instalovaný výkon větrných elektráren k 1.7.2006 (Motlík, Štekl in verb) -	
14 -	
Tab. 2: Minimální výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v letech 2005 a 2006 a zelené bonusy pro rok 2006 (ERÚ 2004 a 2005).....	- 17 -
Tab. 3: Průměrná velikost VE instalovaných v jednotlivých letech v 6 vedoucích zemích EU [MW] (Euroserv'ER, 2006)	- 20 -
Tab. 4: Přibližná minimální vzdálenost samostatné velké větrné elektrárny o výšce 80 metrů od chráněné zástavby. (Štekl, 2005b)	- 28 -
Tab. 5: Velikost hluku v různých situacích (Štekl, 2004a).....	- 29 -
Tab. 6: Základní údaje větrné elektrárny Vestas VE80 (Vestas, 2005).....	- 47 -
Tab. 7: Rozlohy chráněných území [km ²].....	- 64 -
Tab. 8: Výsledky omezení území vhodného pro výstavbu VE jednotlivými podmínkami	- 69 -
Tab. 9: Výsledný směr větru	- 69 -
Tab.10: Přehled kategorií chráněných území podle podmínek pro stavbu větrných elektráren (Kender in verb.).....	- 72 -

17. Seznam příloh

Příloha I.

I.A. – Základní informace.....3 str.

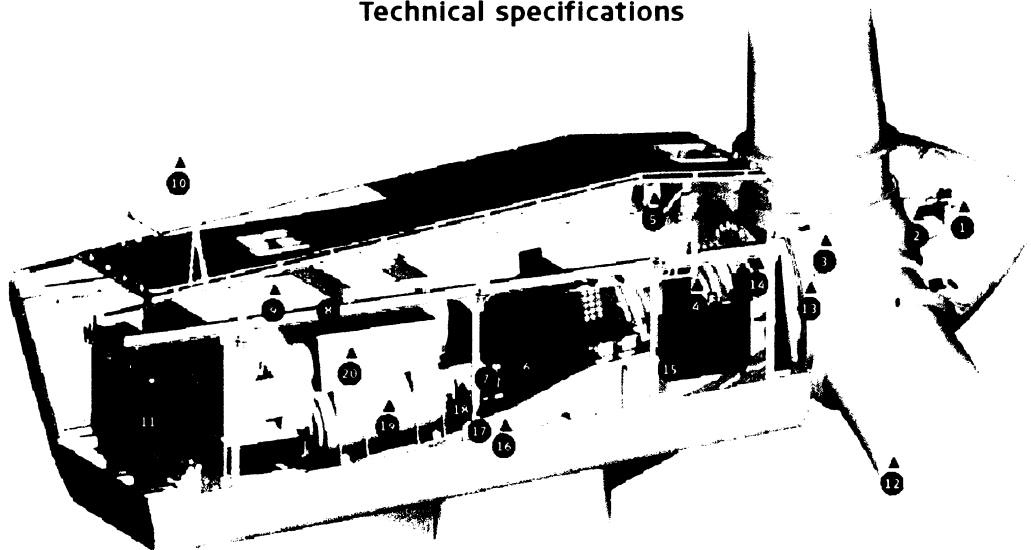
I.B – Větrné růžice.....2 str.

Příloha II. – Ochrana přírody podle zákona č 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.....6 str.

Příloha III. – Mapová dokumentace výsledných území a pozic VE.....17 str.



Technical specifications

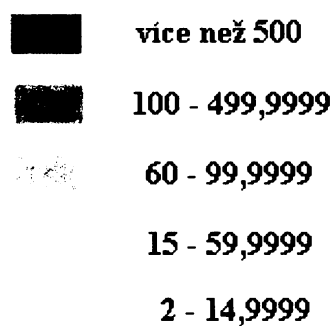
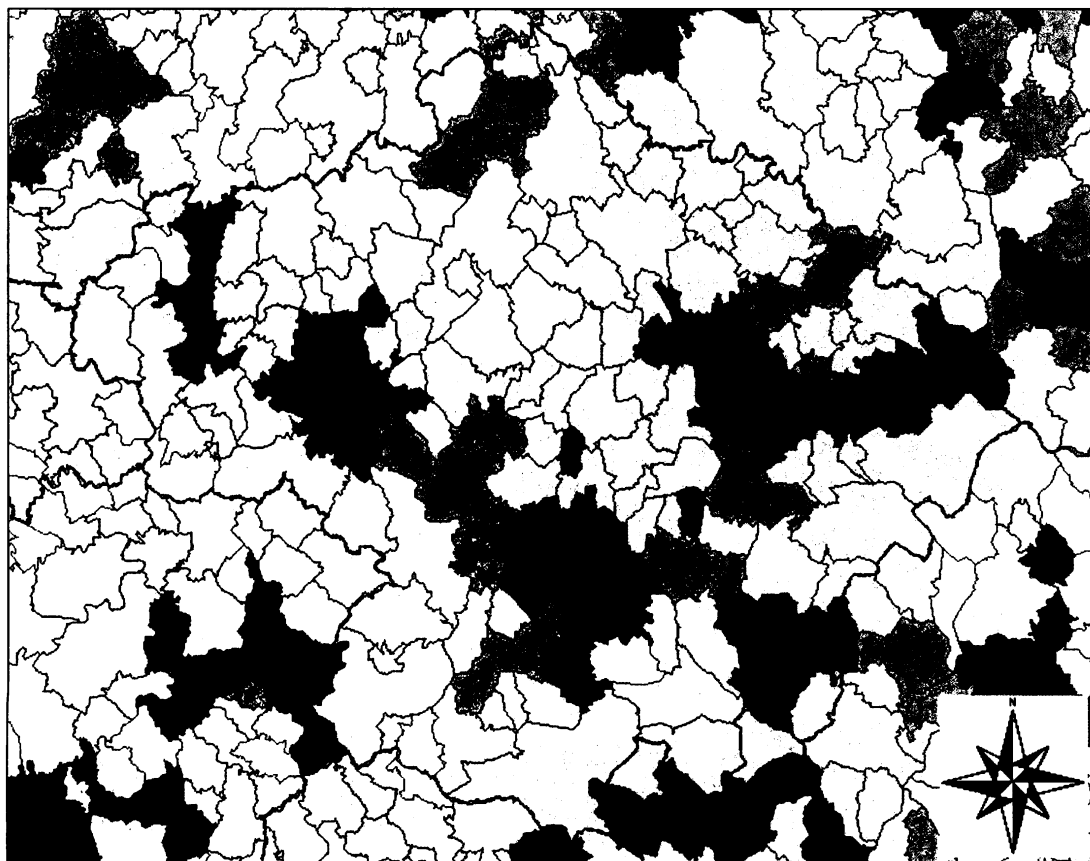


- | | | | |
|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| 1 Hub controller | 6 Gearbox | 11 High voltage transformer | 16 Machine foundation |
| 2 Pitch cylinders | 7 Mechanical disc brake | 12 Blade | 17 Yaw gears |
| 3 Blade hub | 8 Service crane | 13 Blade bearing | 18 Composite disc coupling |
| 4 Main shaft | 9 VMP-Top controller with converter | 14 Rotor lock system | 19 OptiSpeed [®] generator |
| 5 Oil cooler | 10 Ultrasonic sensors | 15 Hydraulic unit | 20 Air cooler for generator |

Obr. I.A.1.: Technický popis Vestas V80 – 2MW (Vestas, 2005)

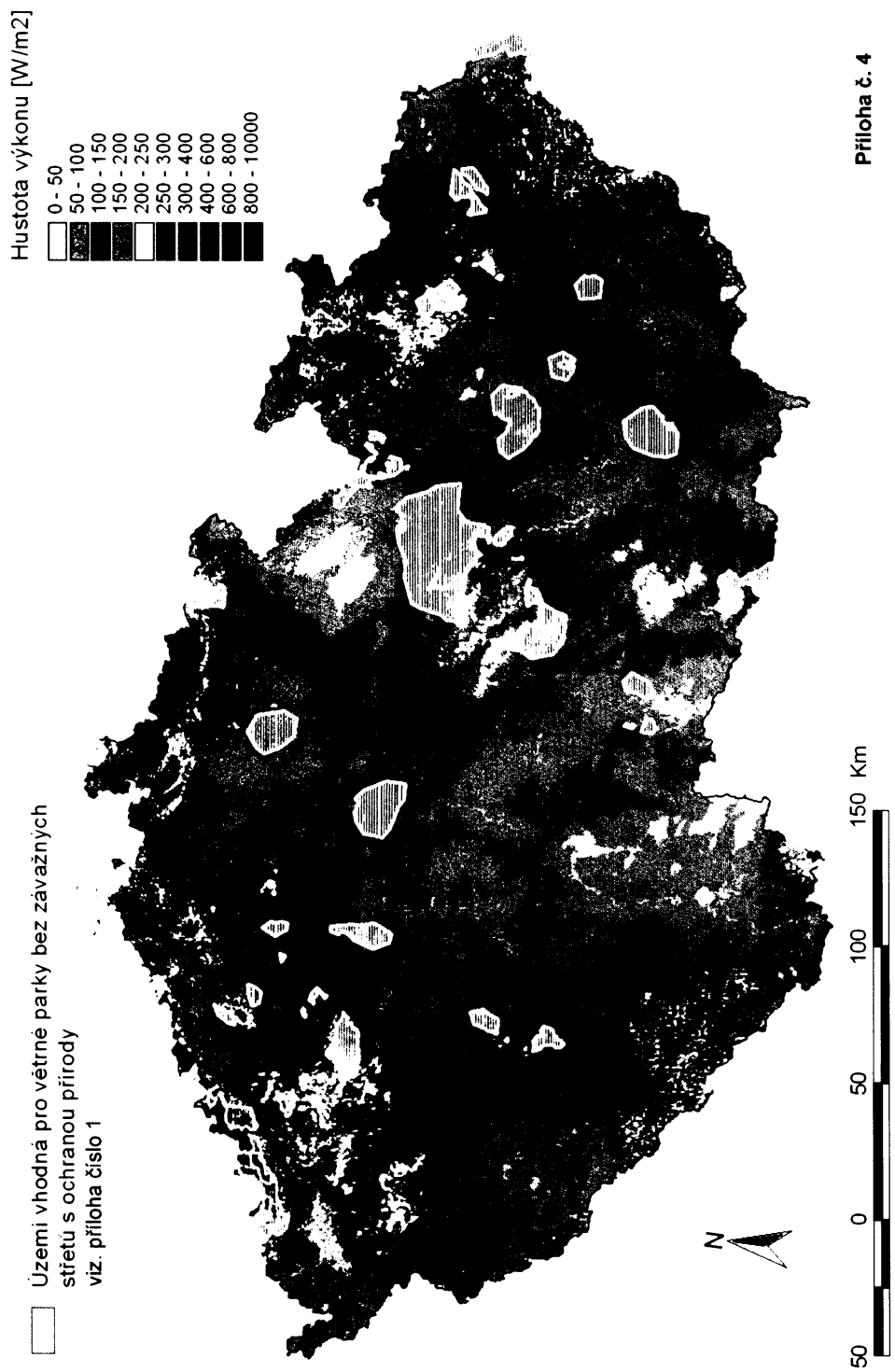


Obr. I.A.2: Výstavba elektrárny V80 – 2MW (Internet 2)

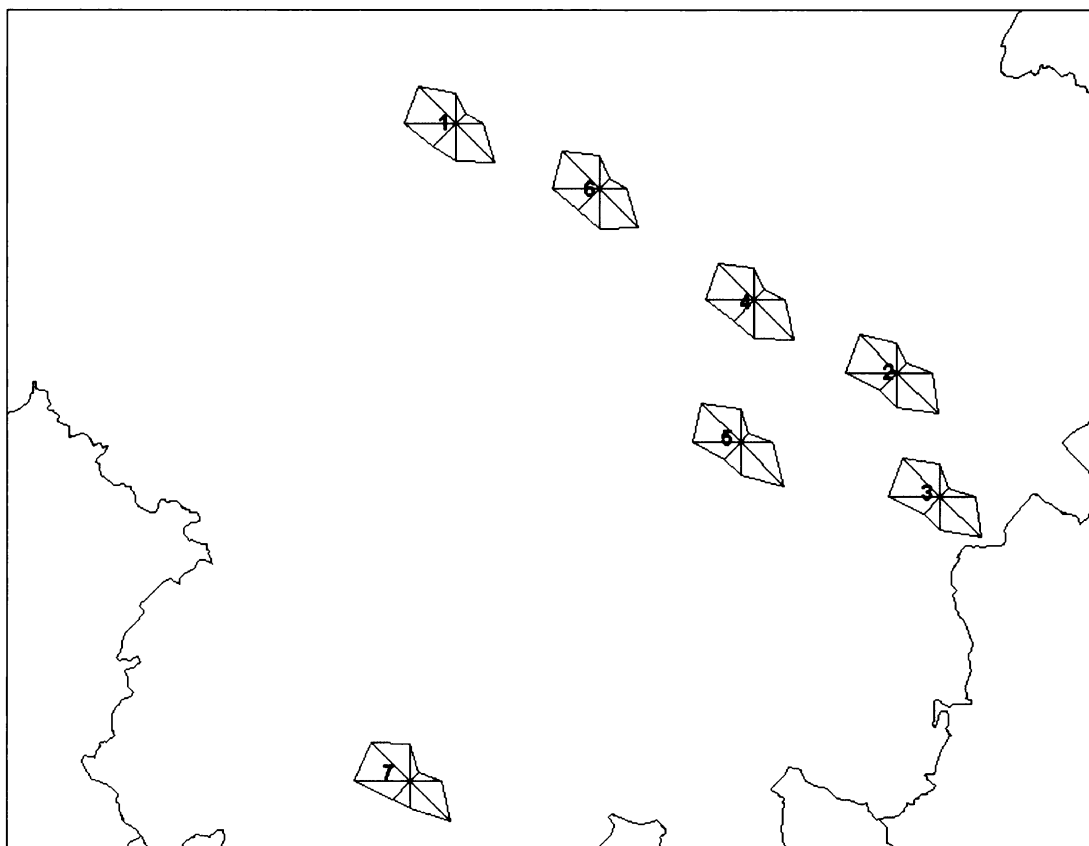


Obr.I.A.3.: Hustota zalidnění [počet osob/km²] (1:300 000)
(VGHMÚř, 1990–2004)

Prostorové rozložení hustoty výkonu větru [W/m²] nad územím ČR ve výšce 40m nad povrchem (model VAS/WAsP)



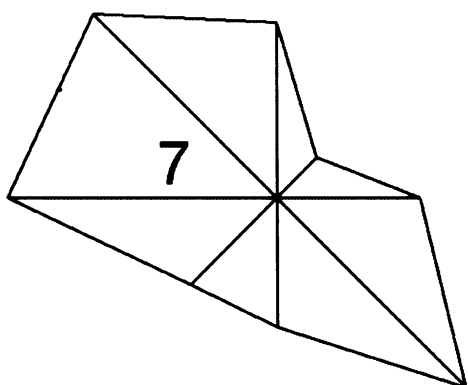
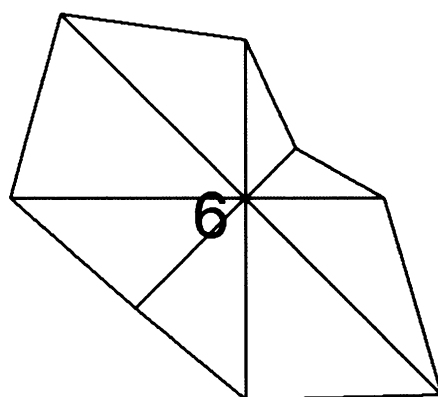
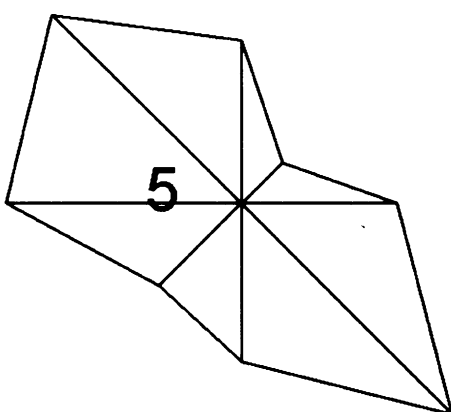
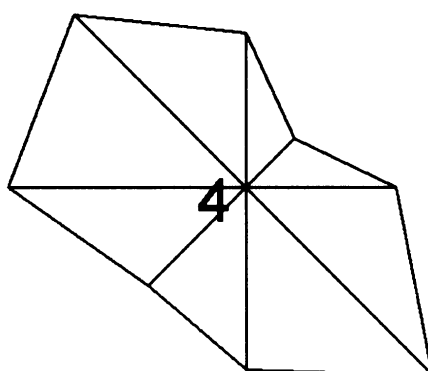
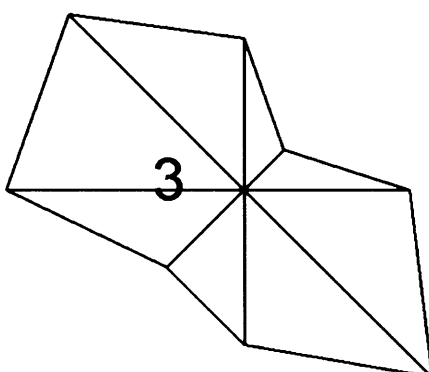
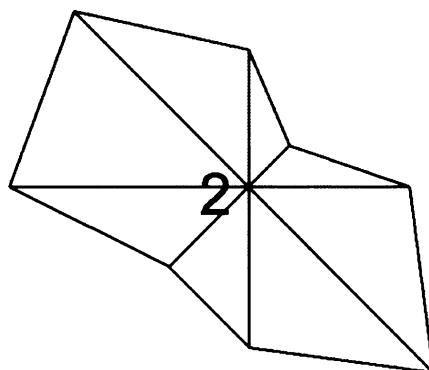
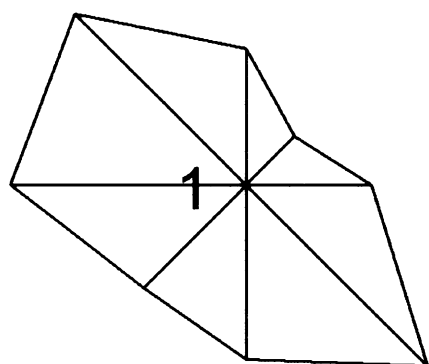
Obr.I.A.4.: Prostorové rozložení hustoty výkonu větru [W/m²] nad územím ČR ve výšce 40m nad povrchem (model VAS/WAsP) (MŽP, 2005)



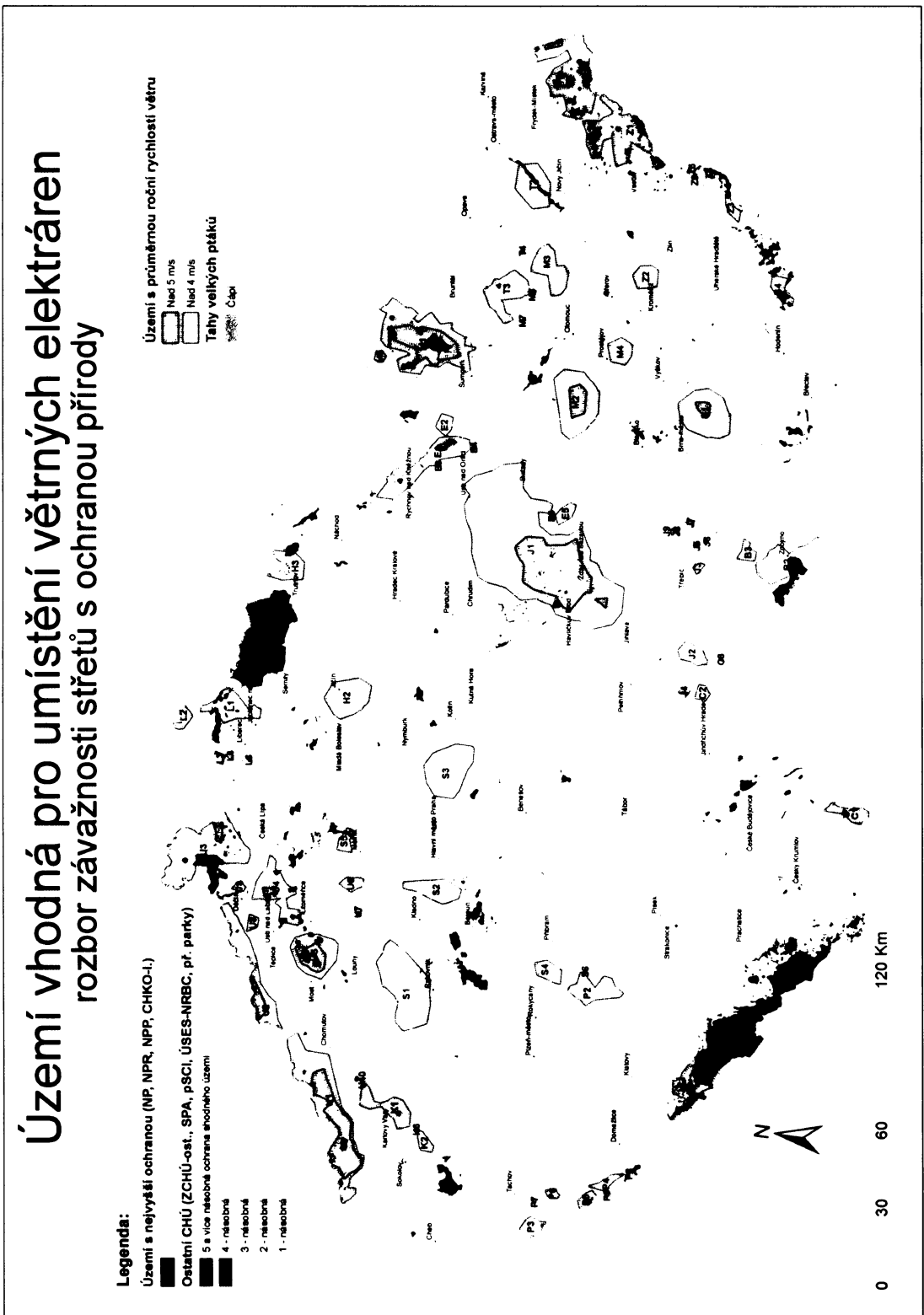
Obr. I.B.1.: Rozmístění větrných růžic

Tab. I.B.1.: Hodnoty četnosti větru pro větrné růžice 1-7 [%]

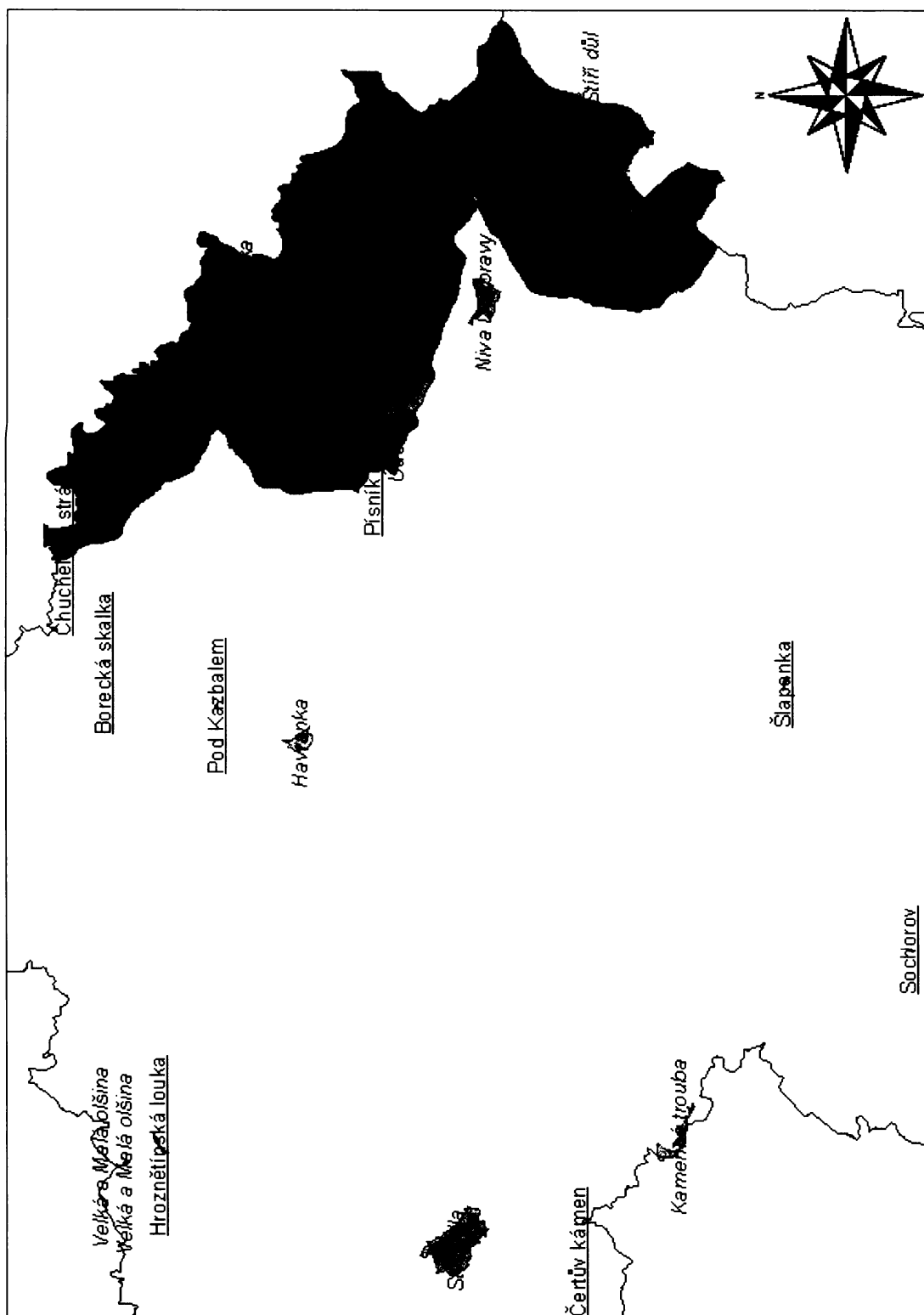
Směr větru	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
1	9,9	5	9,1	18,5	12,6	10,5	17	17,5
2	9,9	4,2	11,7	19	11,7	8,2	17,4	17,9
3	10,9	4,1	11,9	19,1	11,2	7,9	17,1	17,8
4	10,7	4,8	10,5	18,4	12,6	9,6	16,5	16,9
5	11,3	4	10,7	20,5	10,9	8	16,2	18,4
6	10,6	4,7	9,2	18,5	13,4	10,4	15,7	17,4
7	12,3	4	10,1	18,8	9,1	8,6	18,9	18,2



Obr.I.B.2.: Větrné růžice



Obr.II.1.: Území vhodná pro umístění větrných elektráren, rozbor závažnosti střetu s ochranou přírody. (MŽP, 2005)



Popis: **Chráněné krajinné oblasti** - tmavě zelená barva

Národní přírodní rezervace - světle zelená barva

Přírodní rezervace - oranžová barva

Přírodní památky - fialová barva

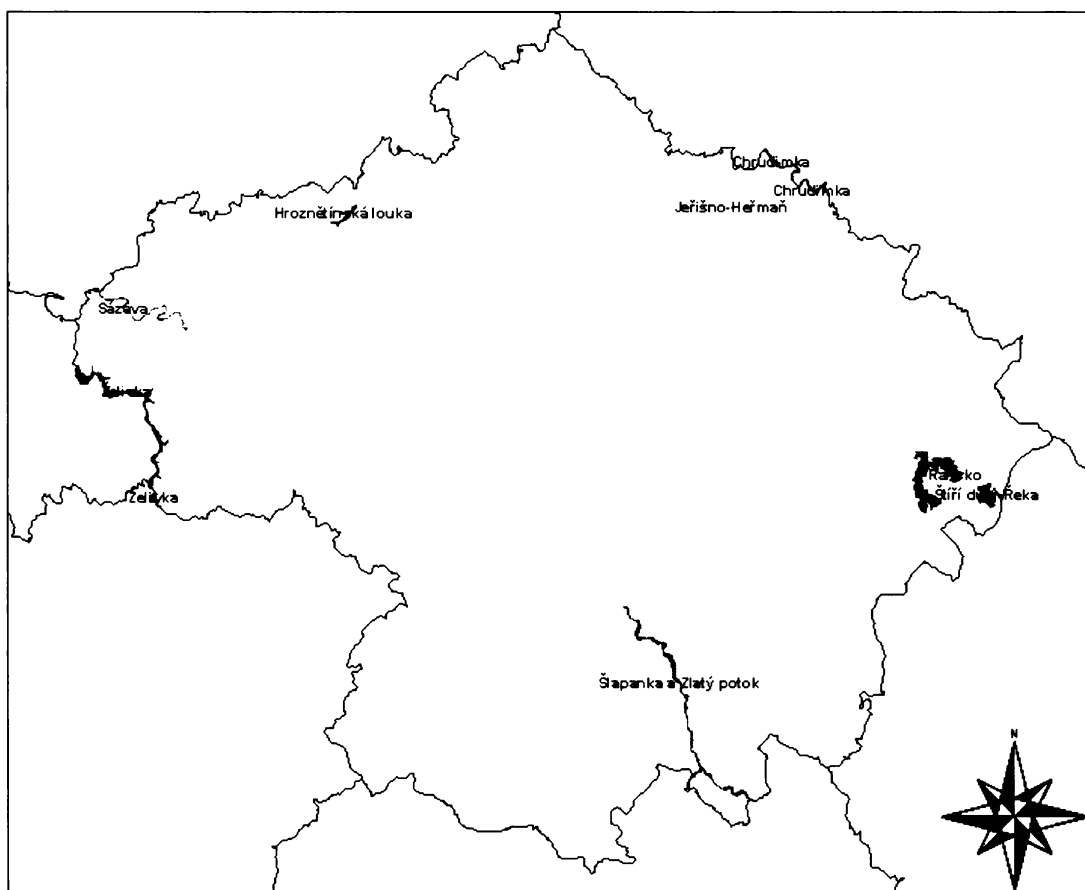
Obrázek II.2.: Zvláště chráněná území v okrese Havlíčkův Brod (1:200 000)

Tab.II.1.: Přehled chráněných území v okrese Havlíčkův Brod (Internet 3)

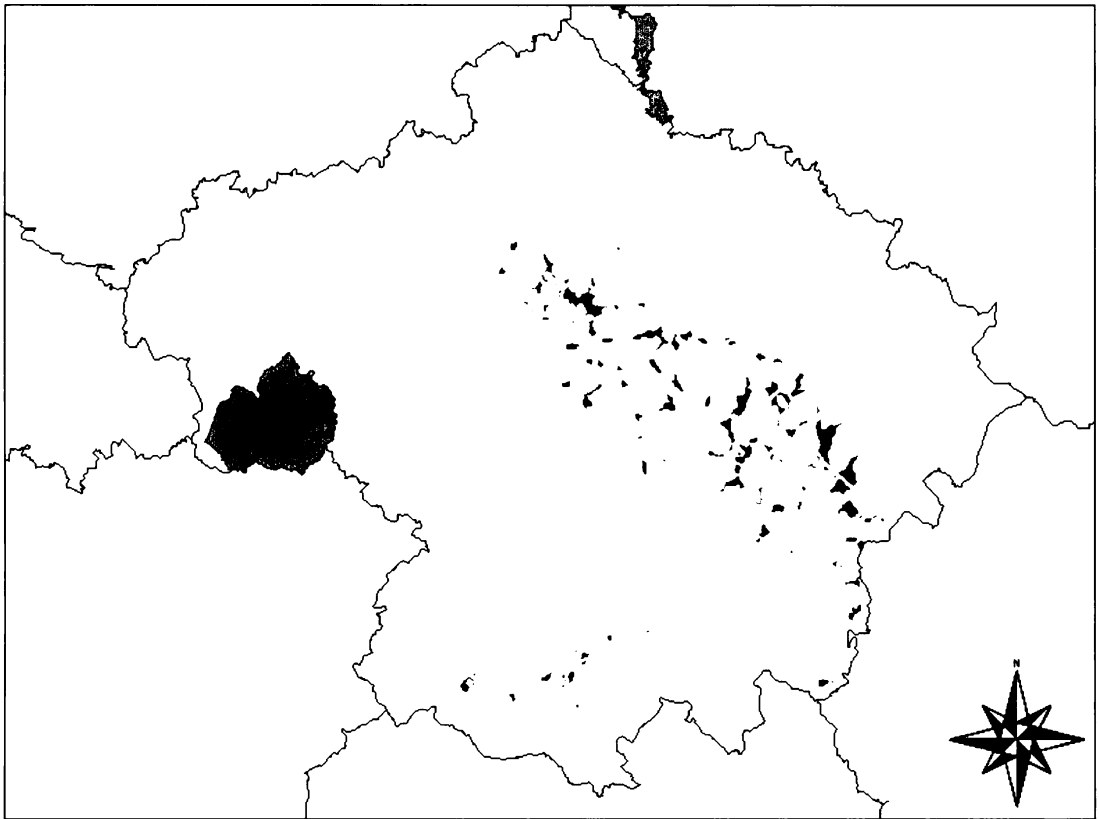
Kód	Kategorie	Název	Rozloha (ha)	Příslušný orgán ochrany přírody
75	CHKO	Žďárské vrchy	71500.0000	Správa CHKO Žďárské vrchy
65	CHKO	Železné hory	38000.0000	Správa CHKO Železné hory
1886	NPR	Ransko	695.4000	MŽP
1970	PR	Havranka	41.8500	Krajský úřad kraje Vysočina
1646	PR	Kamenná trouba	47.5800	Krajský úřad kraje Vysočina
2106	PR	Maršálka	7.6200	Správa CHKO Železné hory
1831	PR	Mokřadlo	13.3100	Správa CHKO Železné hory
1768	PR	Niva Doubravy	68.2400	Krajský úřad kraje Vysočina
1254	PR	Ranská jezírka	27.2100	Správa CHKO Žďárské vrchy
1257	PR	Řeka	16.0600	Správa CHKO Žďárské vrchy
425	PR	Stvořidla	246.3900	Krajský úřad kraje Vysočina
1222	PR	Štíří důl	18.8000	Správa CHKO Žďárské vrchy
960	PR	Údolí Doubravy	92.1000	Správa CHKO Železné hory
719	PR	Velká a Malá olšina	4.9600	Krajský úřad Středočes. kraje
1671	PR	Zlatá louka	11.3400	Správa CHKO Železné hory
2420	PP	Borecká skalka	0.1500	Krajský úřad kraje Vysočina
959	PP	Čertův kámen	0.0039	Krajský úřad kraje Vysočina
1256	PP	Hroznětínská louka	7.0600	Krajský úřad kraje Vysočina
2188	PP	Chuchelská stráň	1.8200	Správa CHKO Železné hory
1255	PP	Písník u Sokolovce	0.3000	Správa CHKO Železné hory
1971	PP	Pod Kazbalem	0.8100	Krajský úřad kraje Vysočina
2081	PP	Sochorov	1.6100	Krajský úřad kraje Vysočina
1972	PP	Šlapanka	3.0800	Krajský úřad kraje Vysočina

Tab. II.2.: Přehled Evropsky významných lokalit vyhlášených v rámci NATURA 2000 (Internet 3)

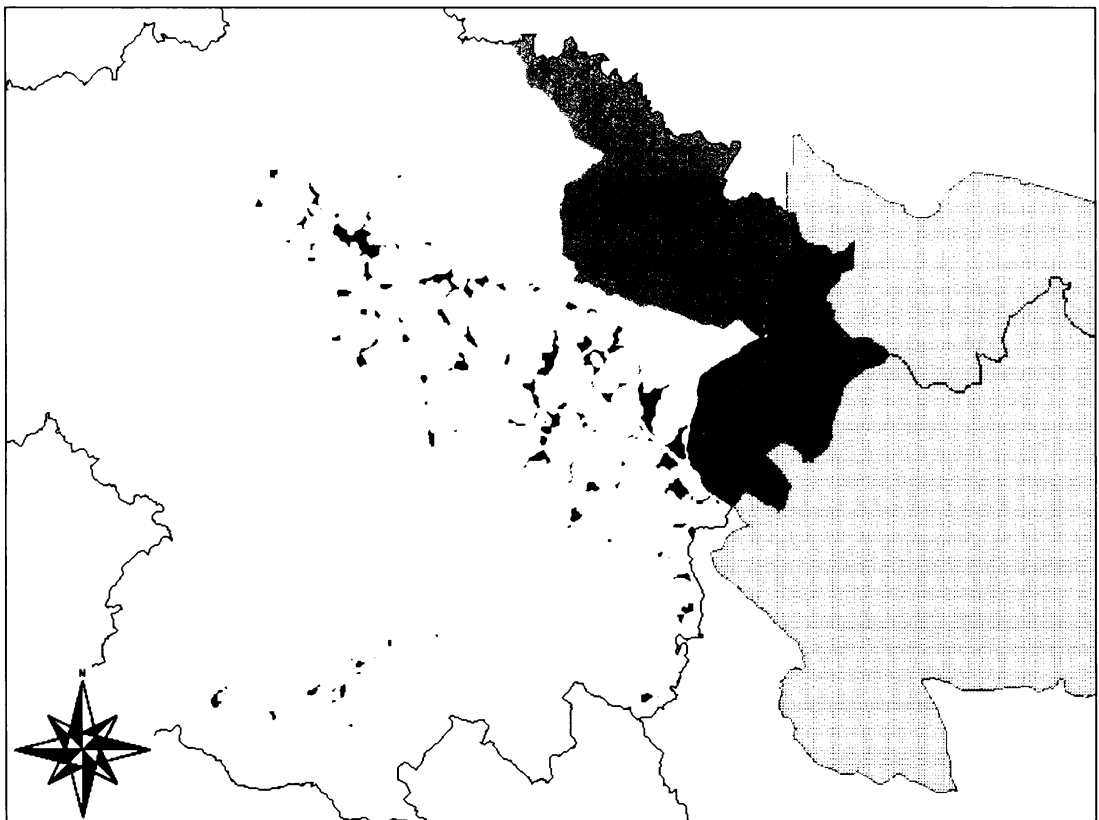
Číslo	Název	Překryv	Rozloha (ha)
2993	Hroznětínská louka CZ0610145	PP Hroznětínská louka	18,7119
Smíšené jasanovo-olšové lužní lesy temperátní a boreální Evropy			
2959	Chrudimka CZ0533303	CHKO Žel. hory	230,0122
Lokalita vydry říční			
2996	Jeřišno-Heřmaň CZ0613698		0,0327
Lokalita netopýra velkého			
3009	Ransko CZ0610412	NPR Ransko, CHKO Žel. hory	263,9206
Smíšené jasanovo-olšové lužní lesy temperátní a boreální Evropy, bučiny asociace Luzulo-Fagetum a Asperulo-Fagetum			
2588	Sázava CZ0213067		72,7629
Lokalita bolena dravého			
3020	Šlapanka a Zlatý potok CZ0613332	PP Šlapanka	245,3877
Lokalita vydry říční			
3022	Štíří důl - Řeka CZ0614059	CHKO Žďárské vrchy, PP Řeka, PP Štíří důl	92,5992
Druhově bohaté smilkové louky na silikátových podložích v horských oblastech (a v kontinentální Evropě v podhorských oblastech), přechodová rašeliniště a trasoviště, lokalita hořečku českého, srpnatky fermežové, šikoušku zeleného			
2629	Želivka CZ0214016		1329,2088
Lokalita kuřičky Smejkalovy, netopýra černého, bolena dravého			



Obr. II.3.: Evropsky významné lokality (1:300 000)



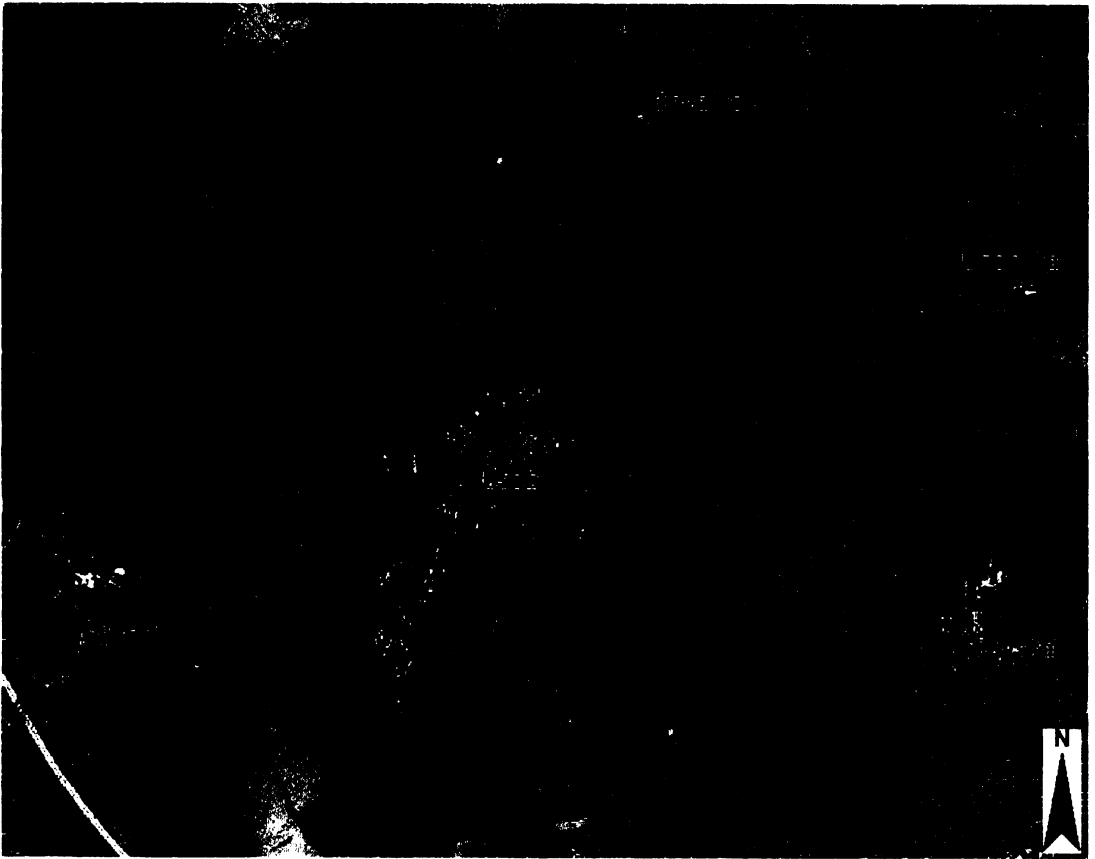
Obr.II.4.: Přírodní parky a výsledek (1:300 000)



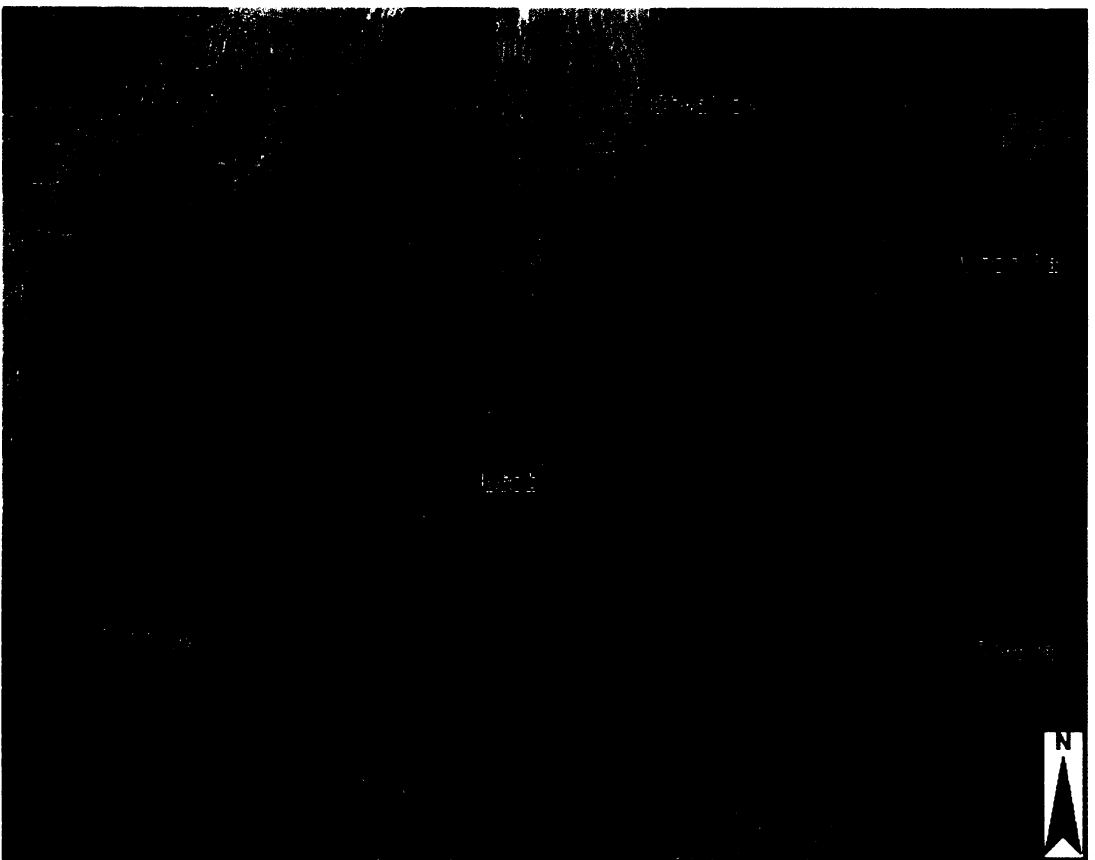
Obr.II.5.: CHOPAV (1:250 000)

Tab.II.3.: Přehled památných stromů na území okresu Havlíčkův Brod
(Internet 3)

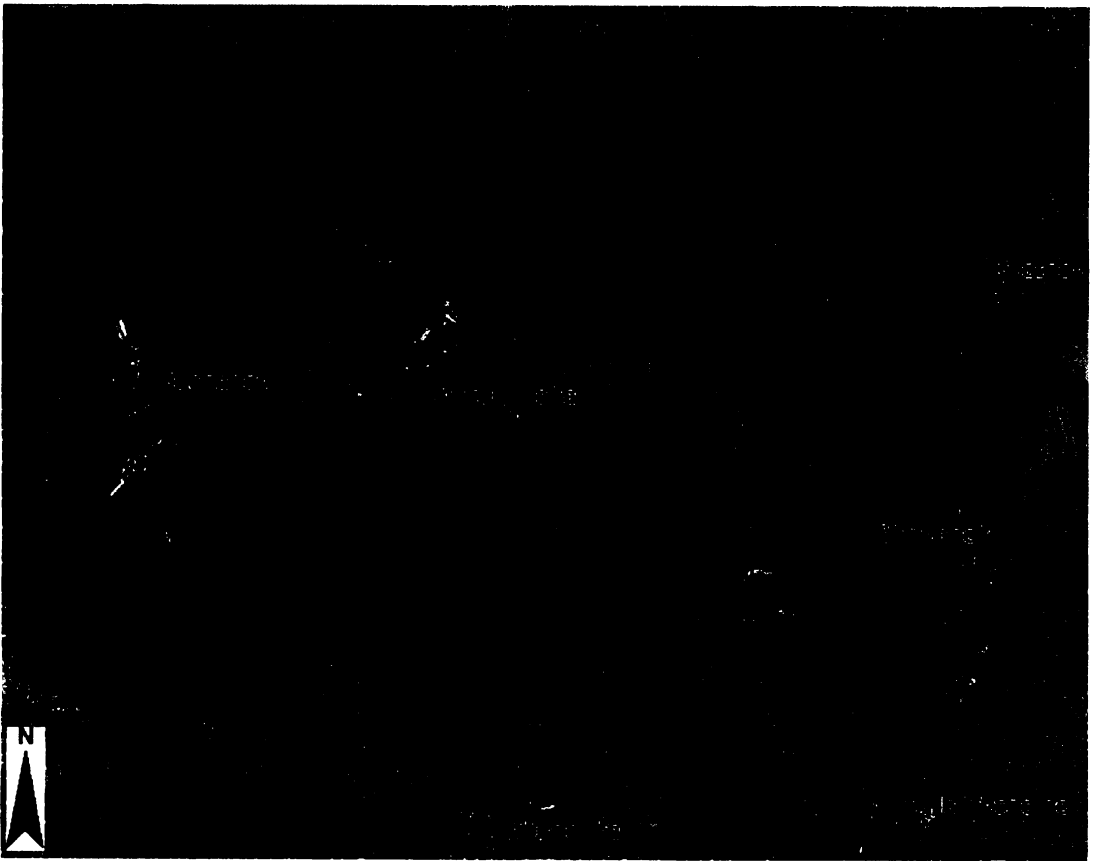
Kód	Název	Typ objektu	Počet	Dat. vyhl.
1724	Borovice Jeffreyova	Jednotlivý strom	1	12.12.1988
1717	Březová alej u Kysibel. dvora	Stromořadí	177	
1708	Buk na Rohuli	Jednotlivý strom	1	15.3.2004
1714	Buk na školní zahradě	Jednotlivý strom	1	19.5.1997
1734	Buk v Bouči	Jednotlivý strom	1	12.12.1988
1722	Buk v Radostíně	Jednotlivý strom	1	12.12.1988
1723	Dřezovec v Kožlí	Jednotlivý strom	1	12.12.1988
1704	Dub ve Starém Ransku	Jednotlivý strom	1	5.10.2000
1730	Duby u Pavlíkovy hájovny	Skupina stromů	4	12.12.1988
1721	Javor v Nemojově	Jednotlivý strom	1	12.12.1988
1718	Javory u hájovny Kukačka	Skupina stromů	7	
1735	Jiřikova lípa (Úhrovská lípa)	Jednotlivý strom	1	16.9.1976
1713	Kastanovník v Horním Vestci	Jednotlivý strom	1	7.11.1995
1720	Kaštanovník ve Slavíkově	Jednotlivý strom	1	
1728	Klenová alej	Stromořadí	134	12.12.1988
4678	Klenová alej u Koječína	Stromořadí	95	5.1.2006
1740	Klokočovská lípa	Jednotlivý strom	1	12.12.1988
1709	Lípa a jasan na hřbitově	Skupina stromů	2	14.4.2003
1719	Lípa u Břevnického mlýna	Jednotlivý strom	1	18.10.1994
1716	Lípa u Klepetku	Jednotlivý strom	1	7.1.1997
1733	Lípa u Rozsochatce 1	Jednotlivý strom	1	12.12.1988
1732	Lípa u Rozsochatce 2	Jednotlivý strom	1	12.12.1988
1715	Lípa u silnice	Jednotlivý strom	1	30.1.1997
1710	Lípa u Sv. Jana	Jednotlivý strom	1	8.6.1999
1703	Lípa u Thunovského letohrádku	Jednotlivý strom	1	4.4.2005
1707	Lípa v Modlíkově	Jednotlivý strom	1	24.2.2005
1712	Lípa v Opatovicích	Jednotlivý strom	1	15.3.1999
1711	Lípa v Petrkově	Jednotlivý strom	1	28.5.1999
1702	Lípy ve Stružinci	Skupina stromů	5	
1705	Mléč u Janáčků	Jednotlivý strom	1	1.6.2000
1739	Navrátilova lípa (Lánská lípa)	Jednotlivý strom	1	12.12.1988
1731	Panuškův dub	Jednotlivý strom	1	12.12.1988
1727	Sajfertův buk	Jednotlivý strom	1	12.12.1988
1726	Smrk na Ronovci	Jednotlivý strom	1	12.12.1988
4633	Smrk u Kasalova mlýna	Jednotlivý strom	1	1.11.2005
1725	Smrk ve Štokách	Jednotlivý strom	1	12.12.1988
1737	Spálavská lípa	Jednotlivý strom	1	12.12.1988
1736	Štikovská lípa	Jednotlivý strom	1	12.12.1988
1706	Vaz ve Stružinci	Jednotlivý strom	1	22.11.2000
1738	Vilemovický tis	Jednotlivý strom	1	12.12.1988
1729	Žižkovy duby (Duby u Chotěboře)	Skupina stromů	11	12.12.1988



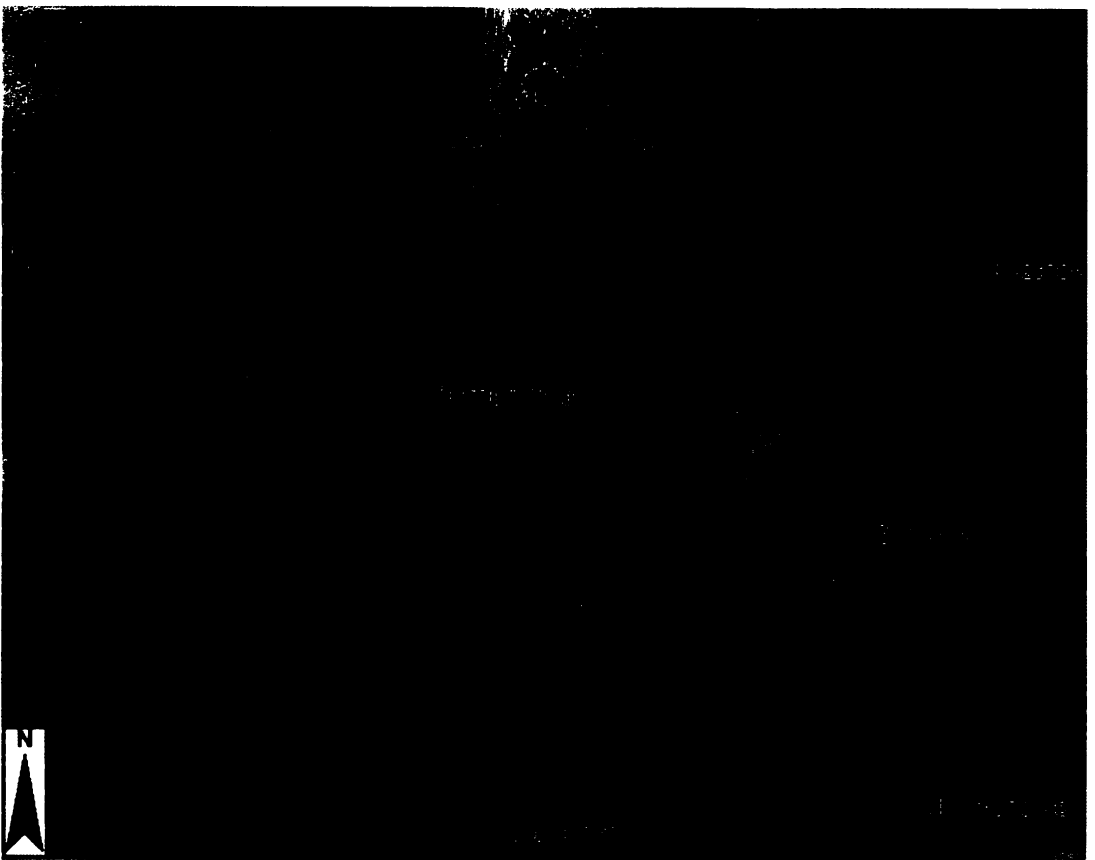
Obr. III.1.: Pozice VE



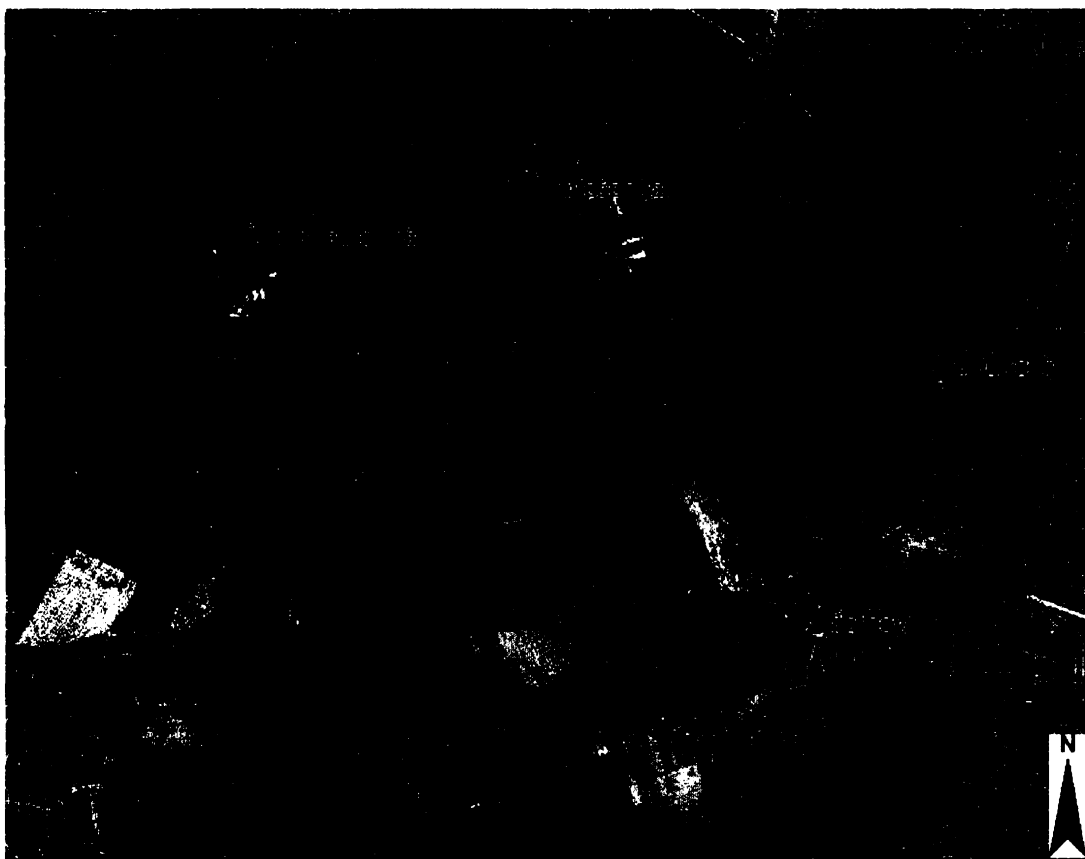
Obr. III.2.: Pozice VE



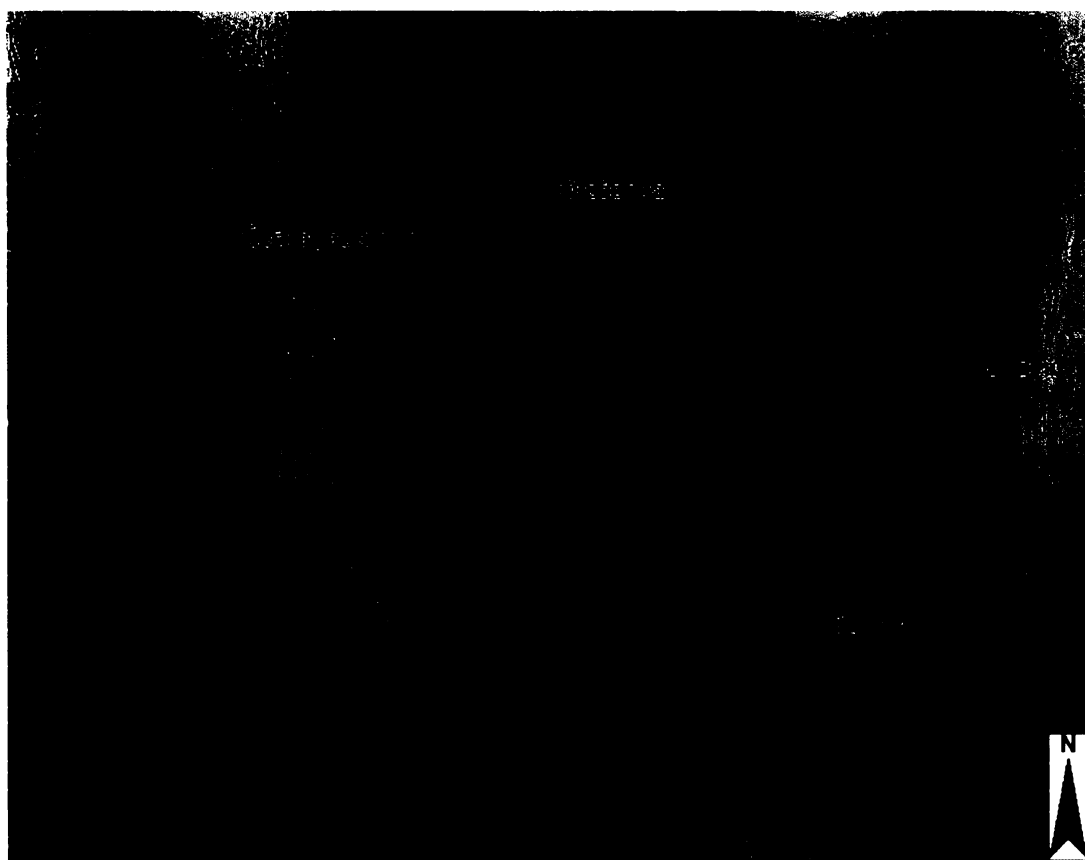
Obr. III.3.: Pozice VE



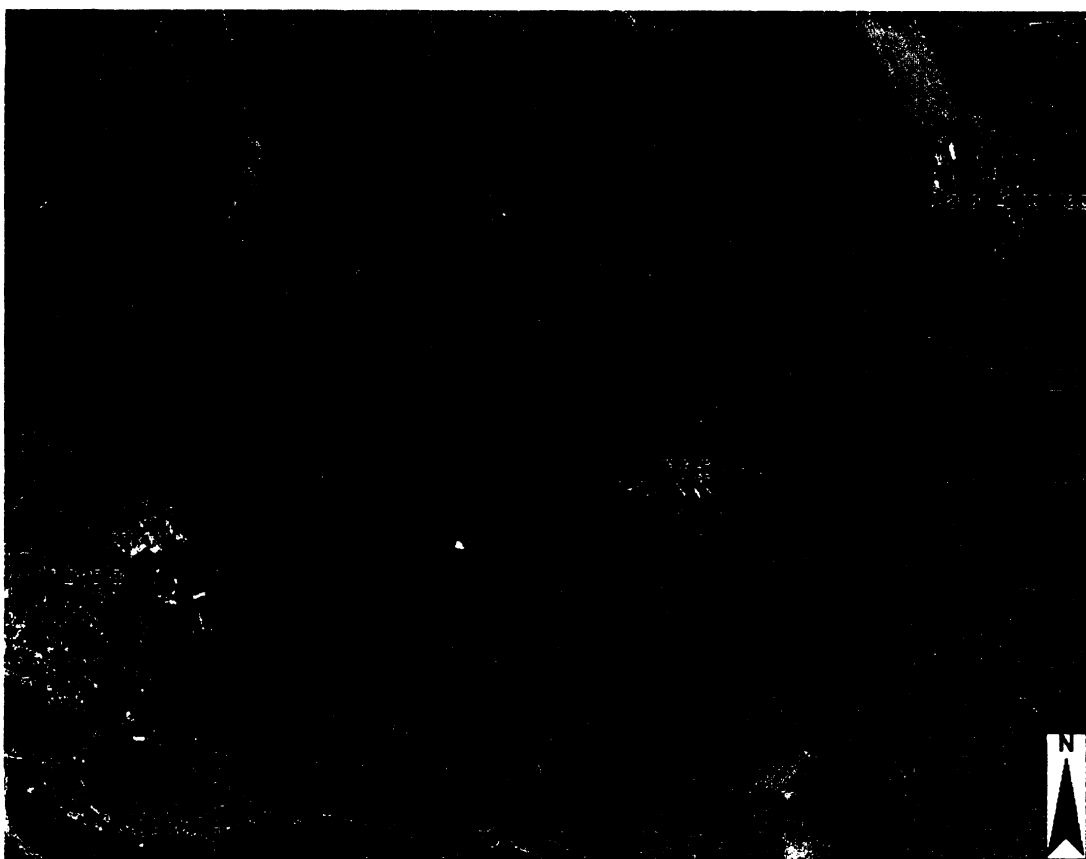
Obr. III.4.: Pozice VE



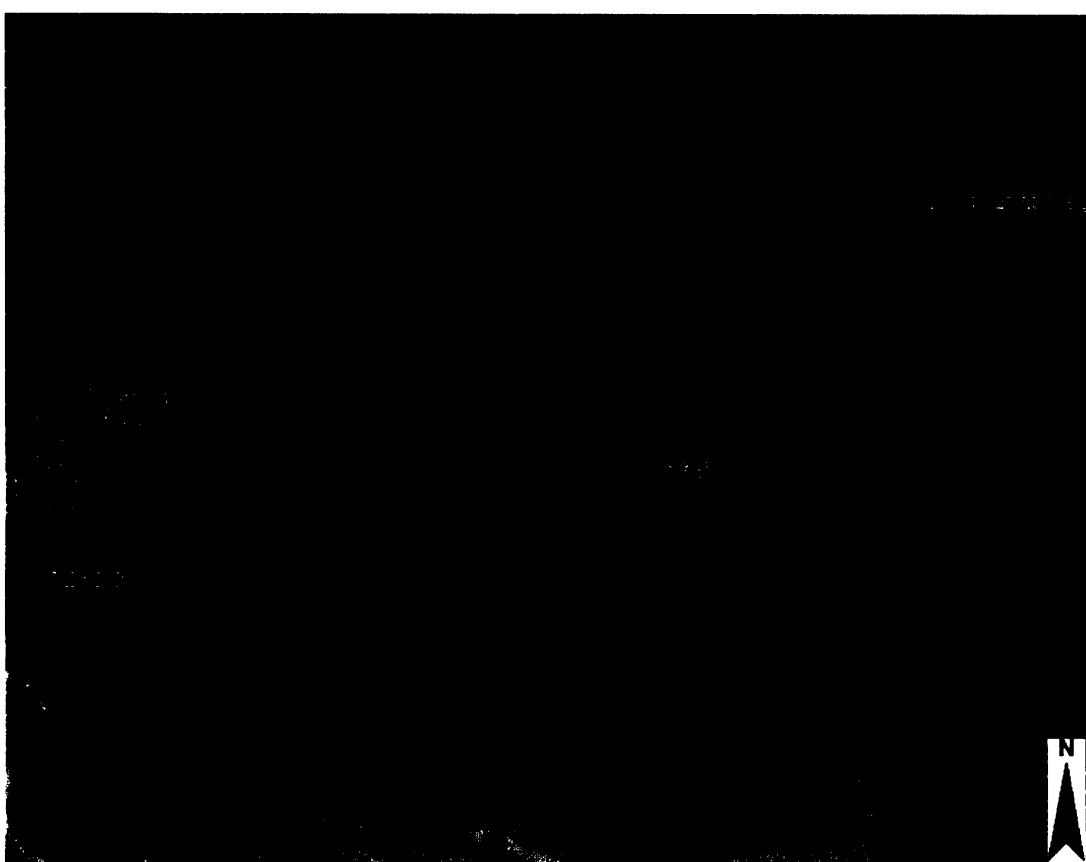
Obr. III.5.: Pozice VE



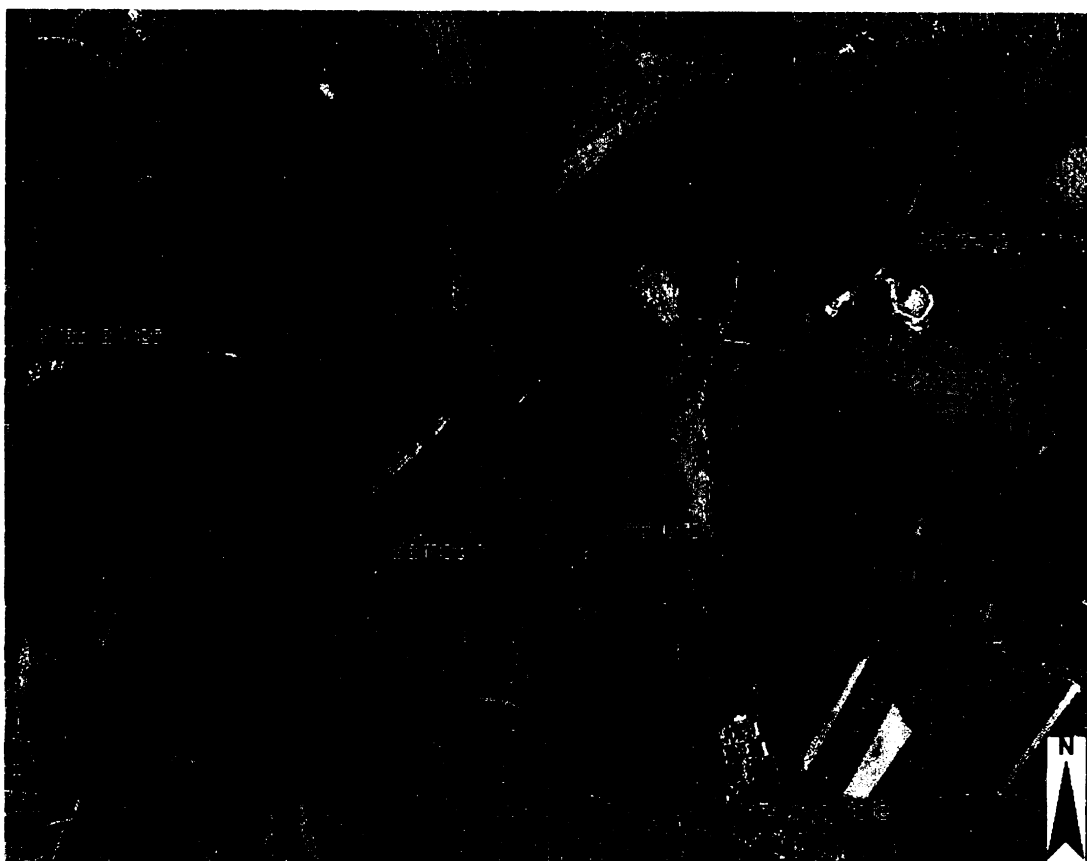
Obr. III.6.: Pozice VE



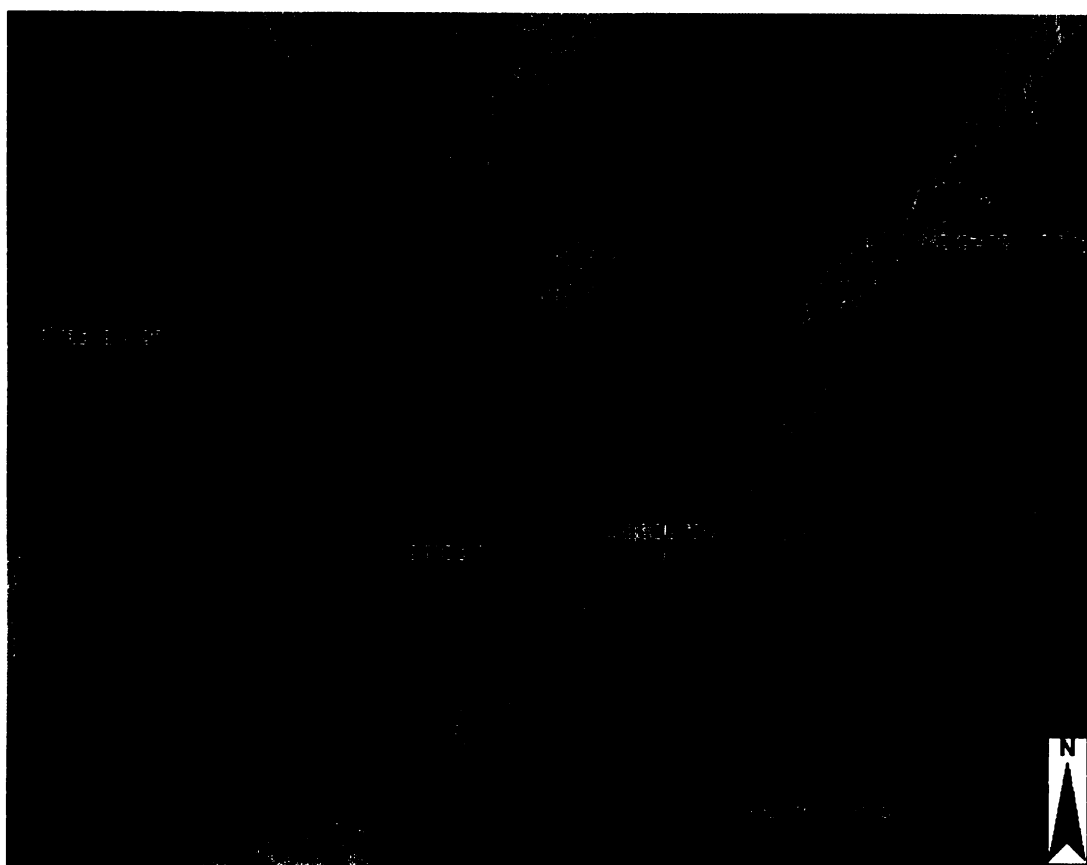
Obr. III.7.: Pozice VE



Obr. III.8.: Pozice VE



Obr. III.9.: Pozice VE



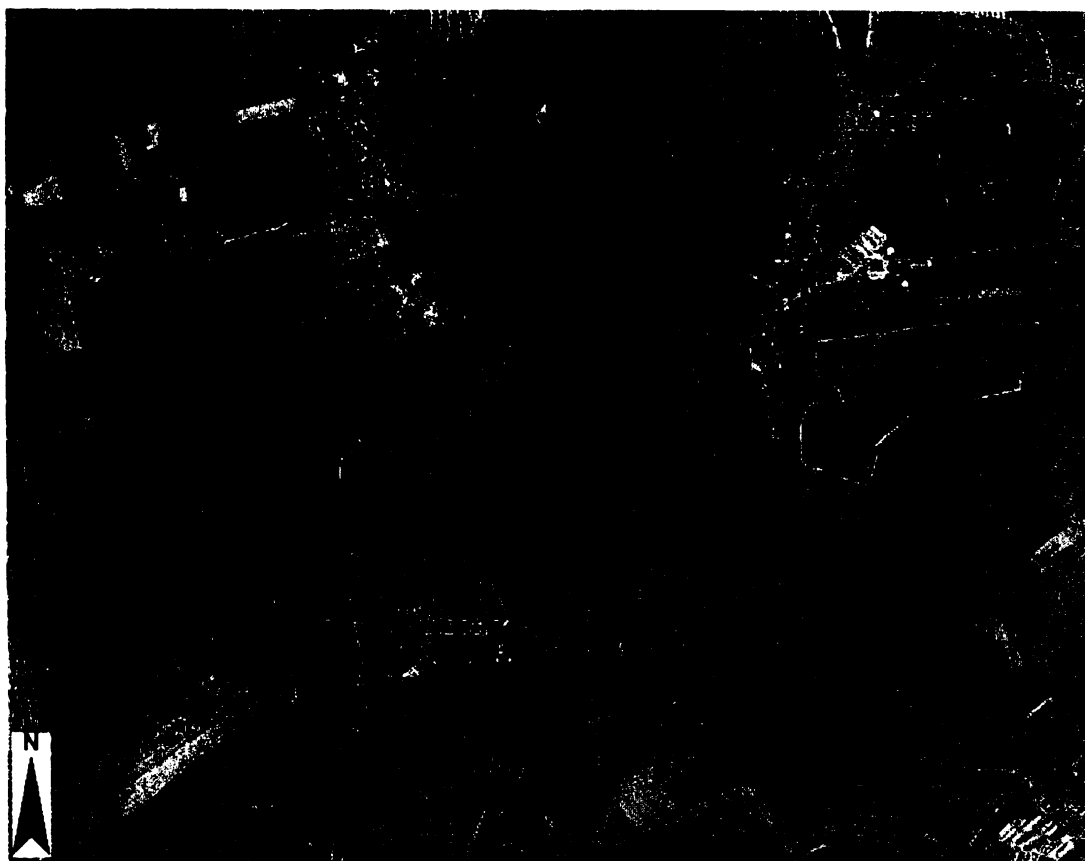
Obr. III.10.: Pozice VE



Obr. III.11.: Pozice VE



Obr. III.12.: Pozice VE



Obr. III.13.: Pozice VE



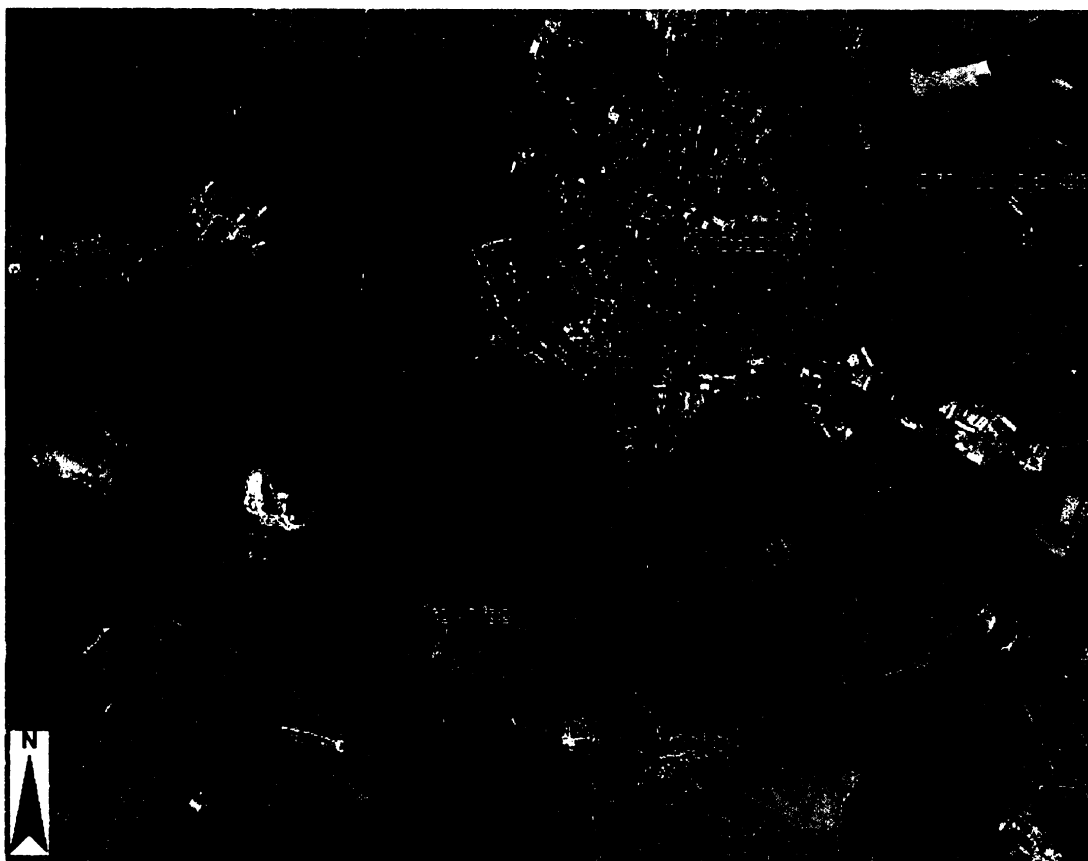
Obr. III.14.: Pozice VE



Obr. III.15.: Pozice VE



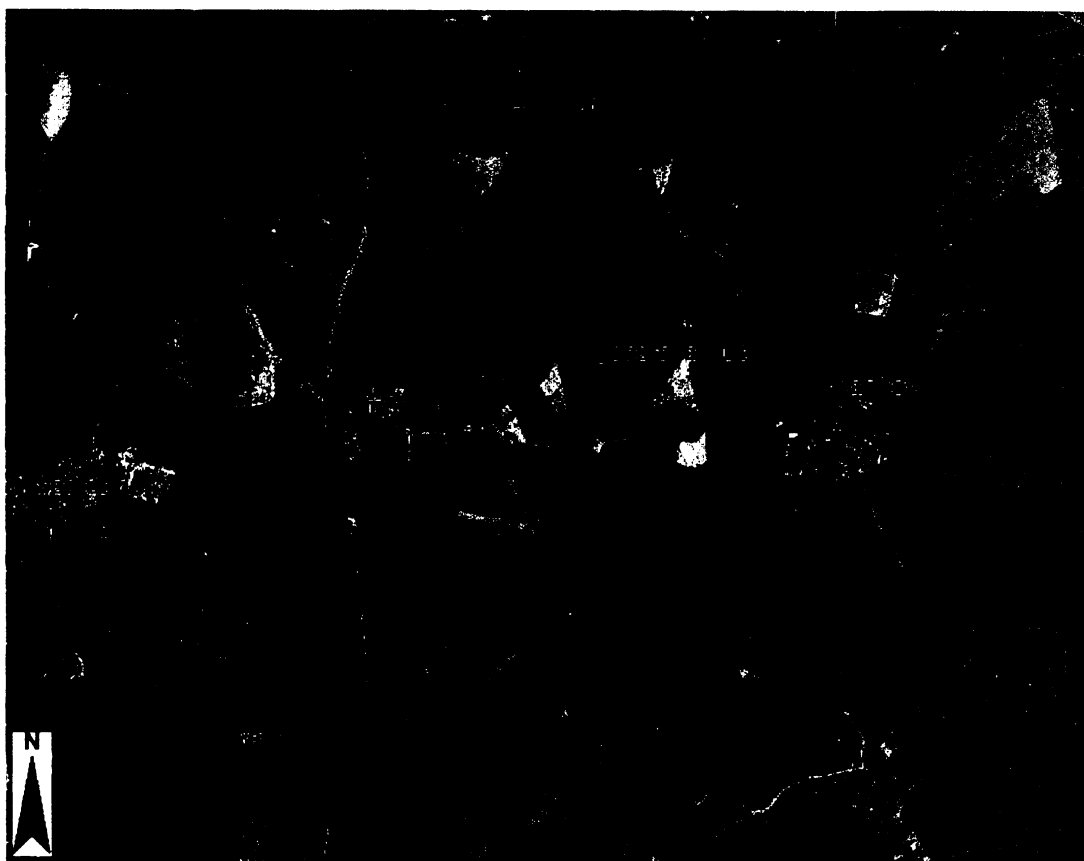
Obr. III.16.: Pozice VE



Obr. III.17.: Pozice VE



Obr. III.18.: Pozice VE



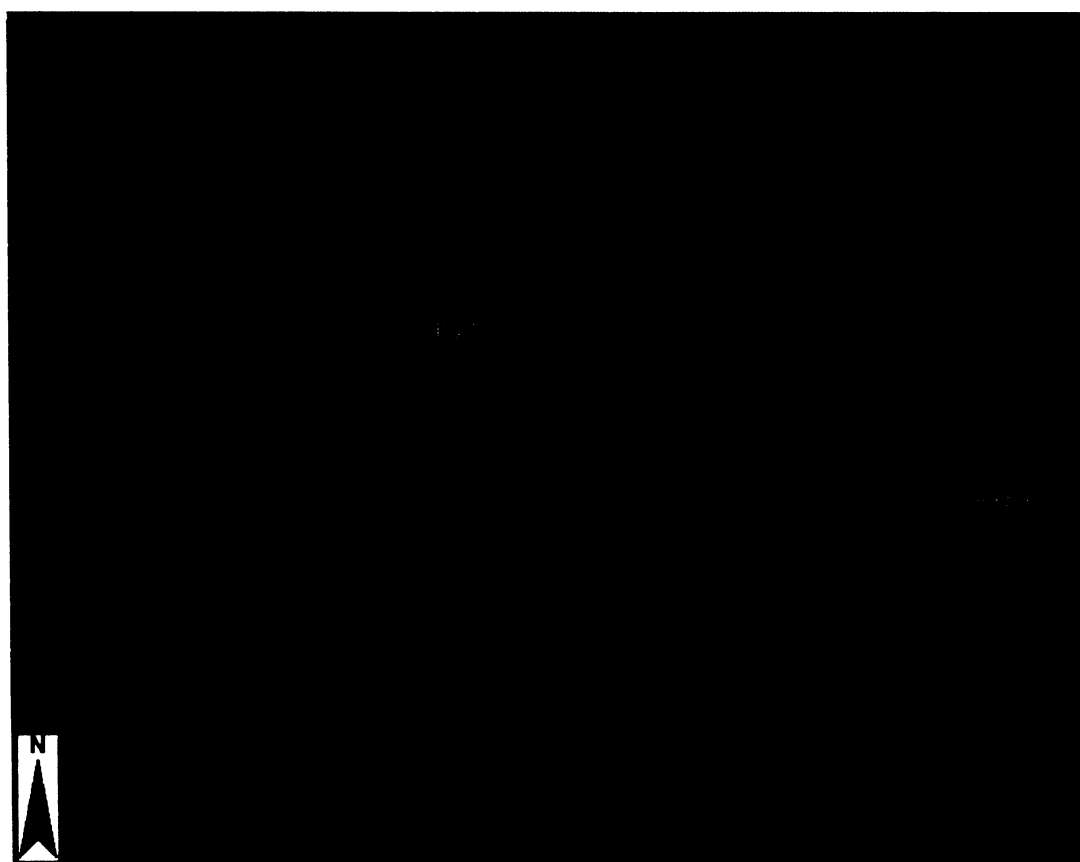
Obr. III.19.: Pozice VE



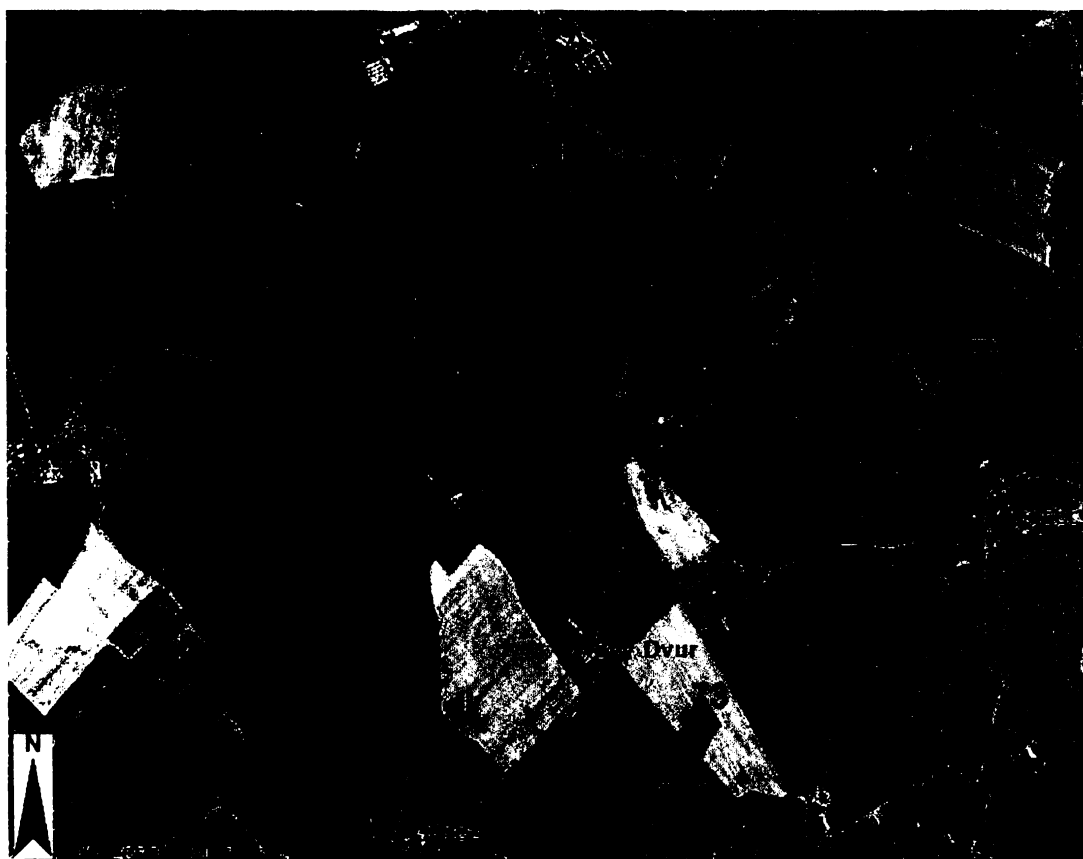
Obr. III.20.: Pozice VE



Obr. III.21.: Pozice VE



Obr. III.22.: Pozice VE



Obr. III.23.: Pozice VE



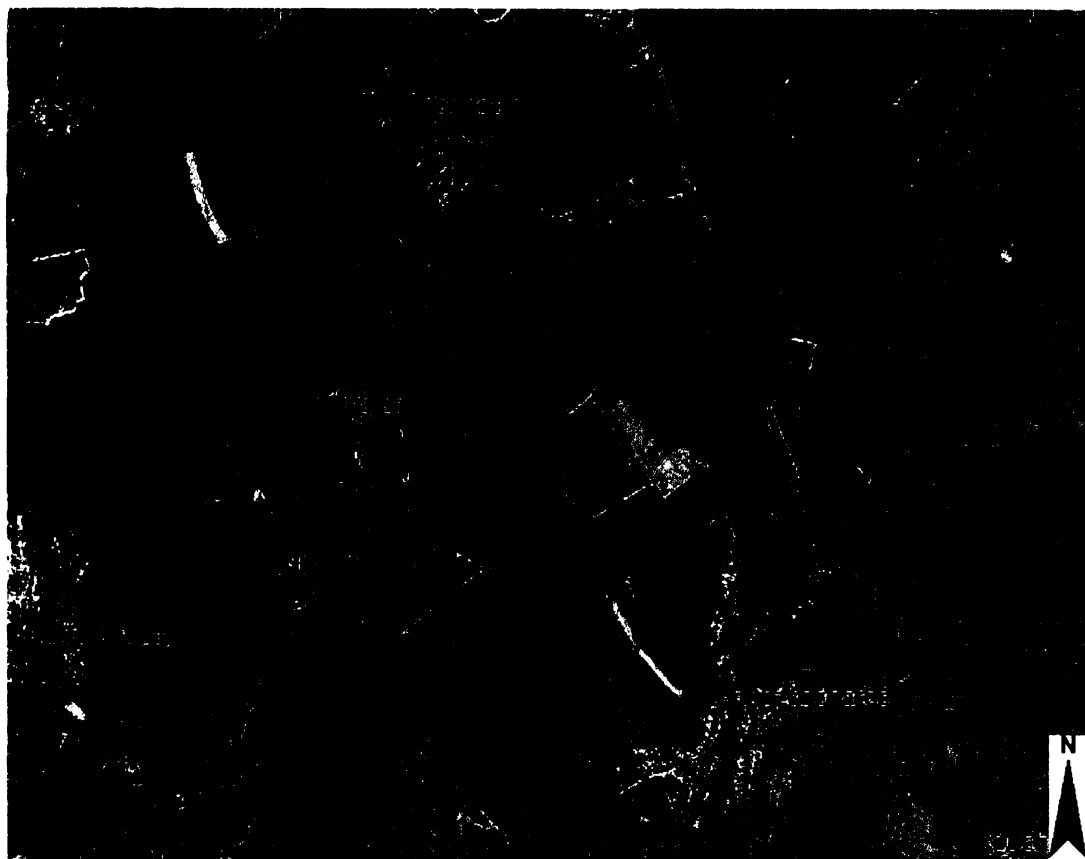
Obr. III.24.: Pozice VE



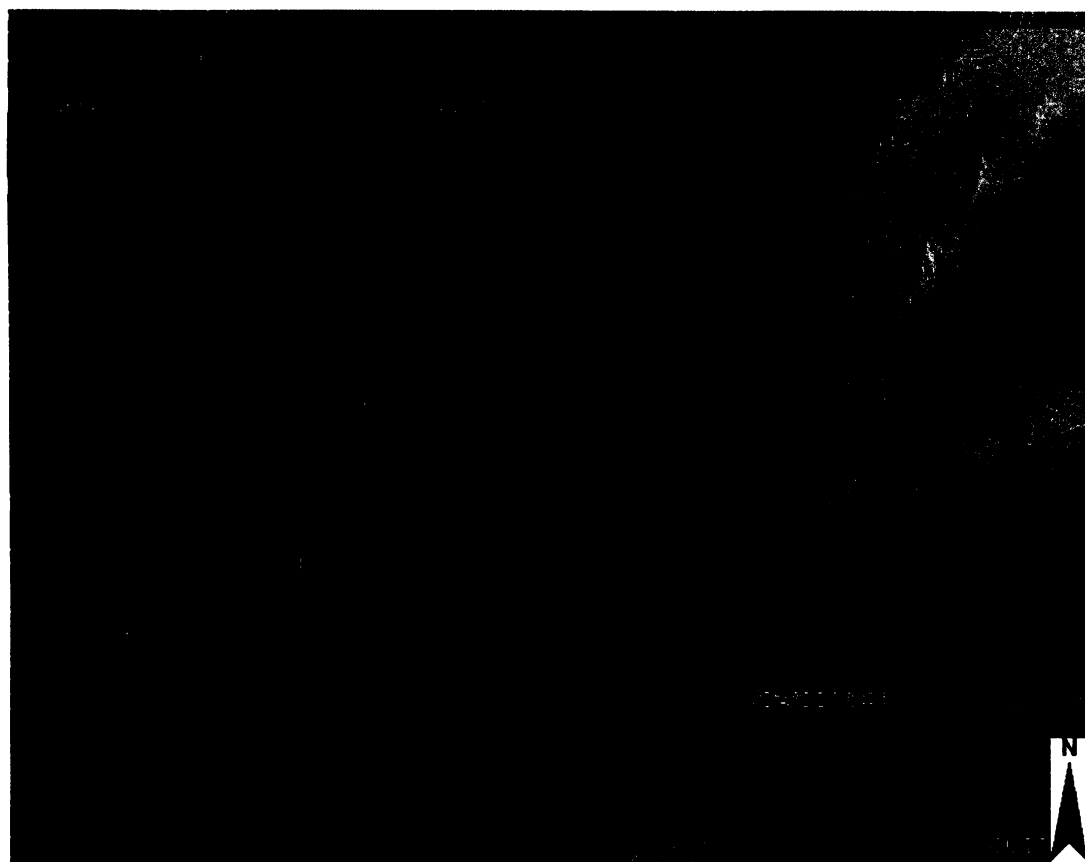
Obr. III.25.: Pozice VE



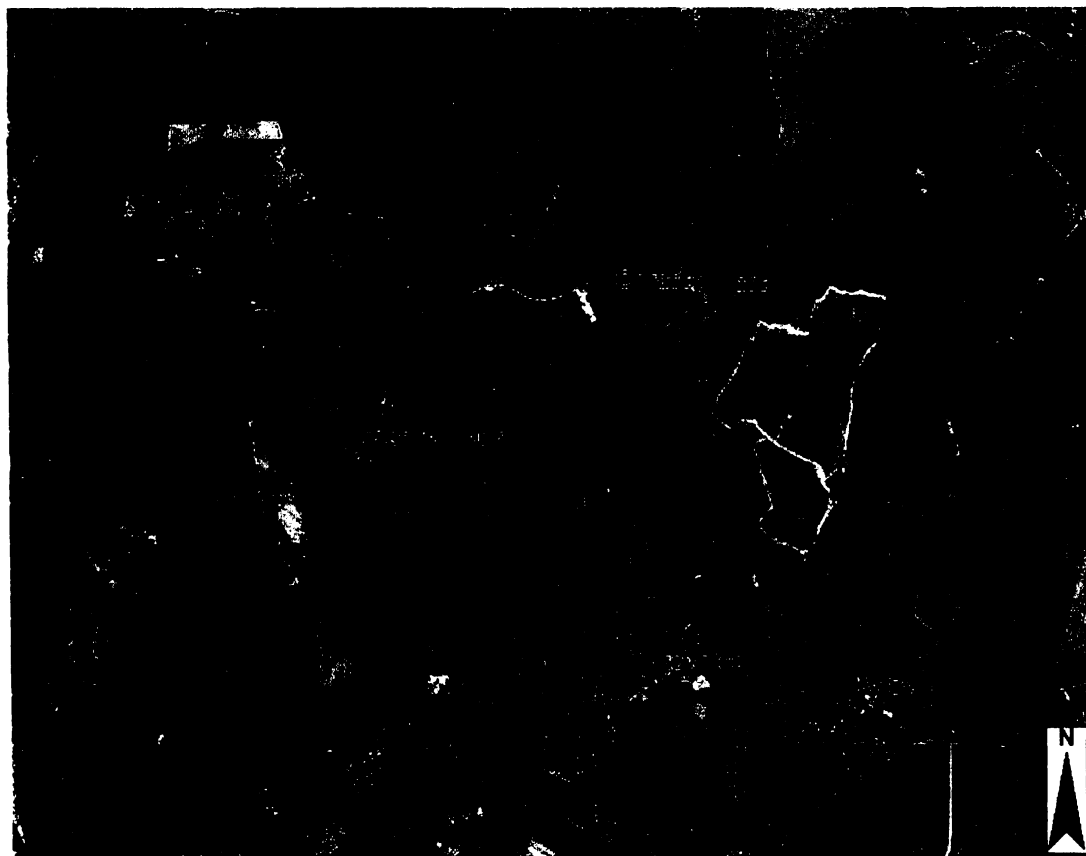
Obr. III.26.: Pozice VE



Obr. III.27.: Pozice VE



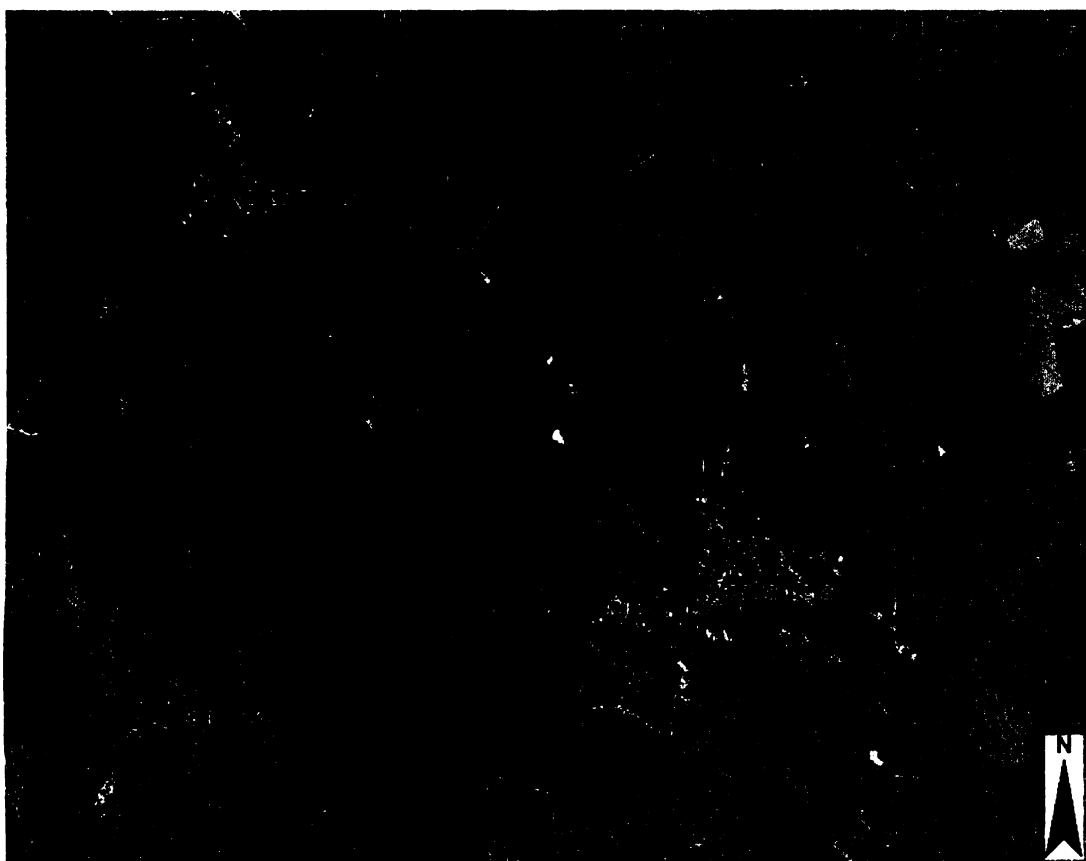
Obr. III.28.: Pozice VE



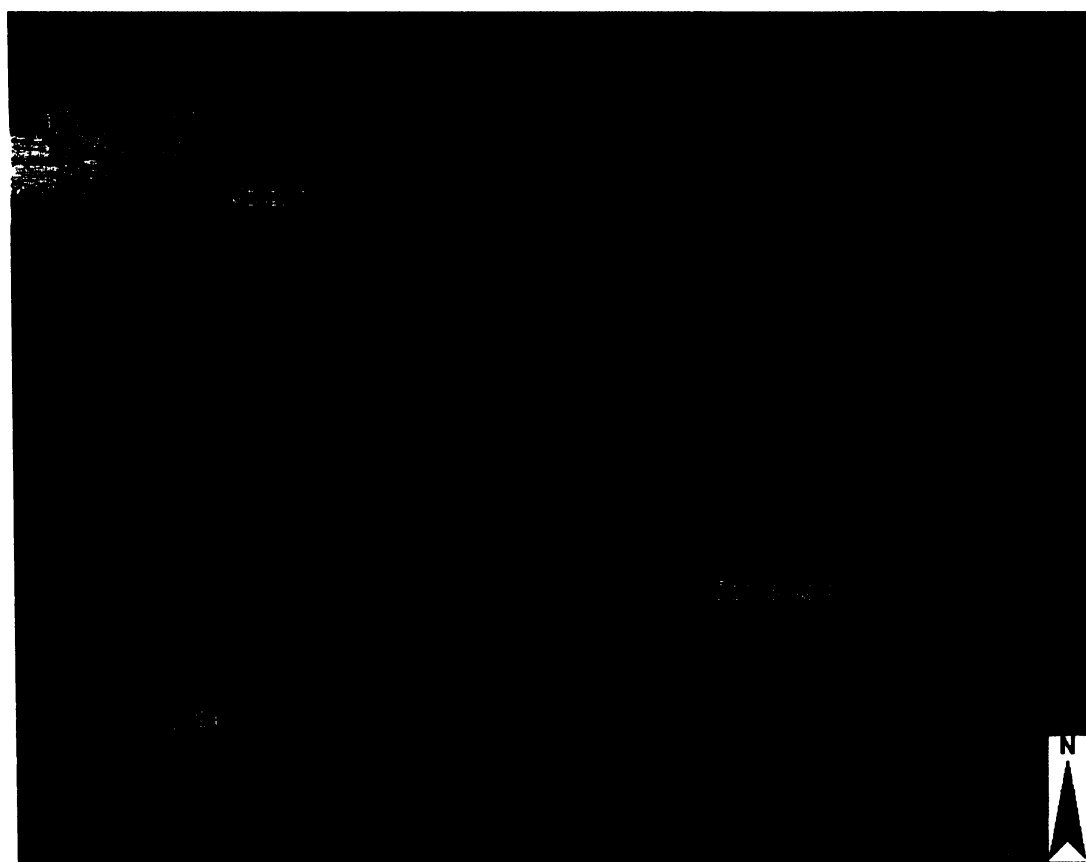
Obr. III.29.: Pozice VE



Obr. III.30.: Pozice VE



Obr. III.31.: Pozice VE



Obr. III.32.: Pozice VE



Obr. III.33.: Pozice VE



Obr. III.34.: Pozice VE