

Aktualizovaný odhad realizovatelného potenciálu větrné energie z perspektivy roku 2012



Boční II/1401
141 31 Praha 4
Telefon: +420 272 764 336

Telefon (zpracovatel): +420 272 016 023
e-mail (zpracovatel): hanslian@ufa.cas.cz
<http://www.ufa.cas.cz/vetrna-energie>

Aktualizovaný odhad realizovatelného potenciálu větrné energie z perspektivy roku 2012

1. Úvod	2
2. Faktory určující potenciál větrné energie	4
2.1 Větrné podmínky.....	4
2.2 Technologie VtE	5
2.3 Ekonomické podmínky.....	6
2.4 Technické limity výstavby	7
2.5 Sociální a environmentální limity výstavby	7
3. Určení potenciálu větrné energie.....	9
3.1 Technický potenciál větrné energie.....	9
3.1.1 Původní určení technického potenciálu	9
3.1.2 Diskuze a aktualizace dosažených výsledků	11
3.2 Realizovatelný potenciál větrné energie.....	14
3.2.1 Původní odhad realizovatelného potenciálu	14
3.2.2 Diskuze použité metody	16
3.3 Aktualizovaný odhad realizovatelného potenciálu	17
4. Diskuze	19
4.1 Nejistoty dosaženého výsledku.....	19
4.2 Porovnání s aktuálním stavem instalací a žádostí EIA.....	20
4.3 Předpoklad budoucího technologického vývoje	21
4.3.1 Vývoj větrných elektráren současného typu	21
4.3.2 Alternativní technologie ve větrné energetice	21
5. Závěr.....	23
Literatura.....	24

1. Úvod

Energie větru je v celosvětovém měřítku obnovitelným zdrojem energie s druhým nejvyšším potenciálem, hned po primární energii slunečního záření. Množství neustále se obnovující větrné energie, která je k dispozici ve spodních vrstvách atmosféry, vysoce překračuje veškeré energetické potřeby lidstva. Praktické využití tohoto nezměrného potenciálu je však limitováno řadou omezujících podmínek, v první řadě

- koncentrací hlavních míst spotřeby elektrické energie do relativně nevelkých regionů s vysokou hustotou obyvatel a omezenými možnostmi výstavby větrných elektráren
- kolísáním výroby větrné energie v závislosti na povětrnostních podmínkách
- omezenými možnostmi dlouhodobějšího skladování velkých objemů elektrické energie
- relativně vysokými náklady na vedení velkých objemů elektřiny na velmi velké vzdálenosti (z řídky osídlených oblastí do míst spotřeby či mezi regiony pro vzájemné vyrovnávání výchylek), respektive i různými bariérami pro realizaci těchto přenosů.

Pro praktické účely tedy vyvstává otázka, jak velký potenciál větrné energie lze na daném území považovat za skutečně realizovatelný. Odpověď zdaleka nezávisí pouze na objektivních okolnostech geografického a technického charakteru. V první řadě jde o zodpovězení těchto otázek: Jaký bude budoucí vývoj trhu v oblasti větrné energetiky a na poli energetiky jako celku? Jaké budou ekonomické a legislativní podmínky pro provozování větrných elektráren? Jaký bude postoj společnosti, státní správy a politické reprezentace vůči větrné energetice? Bude spíše snaha rozvoj větrné energetiky (respektive obnovitelných zdrojů jako celku) podporovat a hledat cesty pro řešení problémů, nebo se spíše budou hledat důvody "proč to nejde" a možnosti, jak tento rozvoj omezit? V praktickém ohledu na těchto otázkách závisí velikost realizovatelného potenciálu větrné energie více než na čemkoli jiném.

Pokud se omezíme na skutečnosti geograficko-technického charakteru, pak charakter limitujících podmínek závisí na rozsahu a vlastnostech území, pro které je větrný potenciál určován. Například pro region Evropské unie jako celku jsou hlavními limity:

- množství vhodných lokalit pro výstavbu větrných elektráren (VtE) na pevnině
- technická náročnost výstavby VtE na moři
- odlehlost některých regionů s velkým větrným potenciálem (například severní Skandinávie)
- problémy spojené s koncentrací výstavby VtE do oblasti největšího větrného potenciálu podél severního pobřeží Evropy (kapacita přenosových sítí, kolísání celkové výroby díky malé geografické diverzitě)

Celková velikost technicky dosažitelného větrného potenciálu v Evropě není limitem, vezme-li se v úvahu i rozloha pobřežních mořských vod a mělkých moří. Limitem jsou však náklady na budování dálkových přenosových kapacit z míst největší koncentrace VtE do ostatních částí kontinentu a případně též schopnost elektrizační soustavy vyrovnávat výchyly ve výrobě energie vznikající v tomto rozhodujícím regionu. Podobně je tomu i v jiných částech světa. Například ve Spojených Státech ani není nutno budovat VtE na moři, jen samotný potenciál Velkých plání teoreticky postačuje pro pokrytí spotřeby celé země. Také zde je však zásadním limitem přivedení výkonu do vzdálených oblastí největší spotřeby okolo východního pobřeží. Na stejný problém naráží i Čína, třetí z hlavních světových oblastí rozvoje větrné energetiky.

V principu je tedy realizovatelný větrný potenciál limitován:

- i) v málo zalidněných a více větrných oblastech (resp. na moři) zejména technicko-ekonomickými okolnostmi, jako jsou náročnost výstavby, vyvedení výkonu a kolísání výroby energie
- ii) v hustěji zalidněných a méně větrných oblastech množstvím lokalit dostupných pro výstavbu VtE

Českou republiku se spíše průměrnými větrnými podmínkami a relativně hustým osídlením lze jednoznačně zařadit do druhé zmíněné kategorie. Určení realizovatelného potenciálu větrné energie tedy musí vycházet z geografické analýzy území, která umožní identifikovat konkrétní lokality dostupné pro realizaci VtE. Naopak problematika integrace zde vyrobené elektrické energie do elektrizační soustavy se v evropském kontextu jeví jako marginální, neboť k výrobě větrné energie zde dochází v blízkosti míst spotřeby a mimo region největší koncentrace větrných elektráren.

Nejen z důvodu časových a finančních omezení, ale i proto, že se nám tento postup pro daný účel jeví jako nejvhodnější a nejpřesnější, vycházíme nyní do značné míry ze studií provedených v letech 2006 až 2008 [1,2,3]. Tyto studie zabývající se určením technického a realizovatelného potenciálu větrné energie byly ve své době zpracovány i v mezinárodním srovnání s mimořádnou důsledností a jejich závěry jsou do značné míry dosud platné. Dosažené výsledky jsou nyní přezkoumány s ohledem na aktuální vývoj ve větrné energetice a s přihlédnutím k novějším datovým podkladům, které umožňují verifikovat platnost dříve dosažených výsledků.

Určitým omezením této studie je omezená flexibilita použitého přístupu, neumožňující například analýzu citlivosti realizovatelného potenciálu větrné energie v závislosti na změně ekonomických podmínek či pevně daných limitů výstavby VtE.

2. Faktory určující potenciál větrné energie

Realizovatelnost větrné elektrárny v daném místě v zásadě závisí na dvou podmínkách:

- i) na ekonomické výhodnosti investice do VtE
- ii) na tom, zda je povoleno výstavbu VtE v dané lokalitě realizovat

V prvním případě jsou určujícími faktory:

- množství vyrobené energie, závisící na použité technologii a na větrných podmínkách dané lokality,
- prodejní cena vyrobené elektřiny,
- náklady na výstavbu a provoz VtE (včetně nákladů na financování)
- míra rizikovosti investice.

Samotná realizace výstavby VtE je limitovaná řadou omezení, které lze rozdělit na:

- i) "*tvrdé*" limity, vycházející z jednoznačně daných, objektivních skutečností
- ii) "*měkké*" limity, závisící na nejednoznačných či proměnlivých a nepředvídatelných okolnostech ekonomického, společenského a politického charakteru

V rámci našich předchozích studií byl proto potenciál větrné energie analyzován ve dvou úrovních jako:

i) *technický potenciál*, který ukazuje, jaký by byl maximální možný rozvoj větrné energetiky (za aktuálních ekonomických podmínek) při úplném využití současných technických možností a respektování platných legislativních omezení. Vychází tedy z objektivních, "tvrdých" limitů výstavby VtE

ii) *realizovatelný potenciál*, tedy potenciál, jehož realizace se za současných podmínek jeví, jako skutečně možná. Velikost tohoto potenciálu má za cíl zohlednění "měkkých" limitů pro výstavbu VtE.

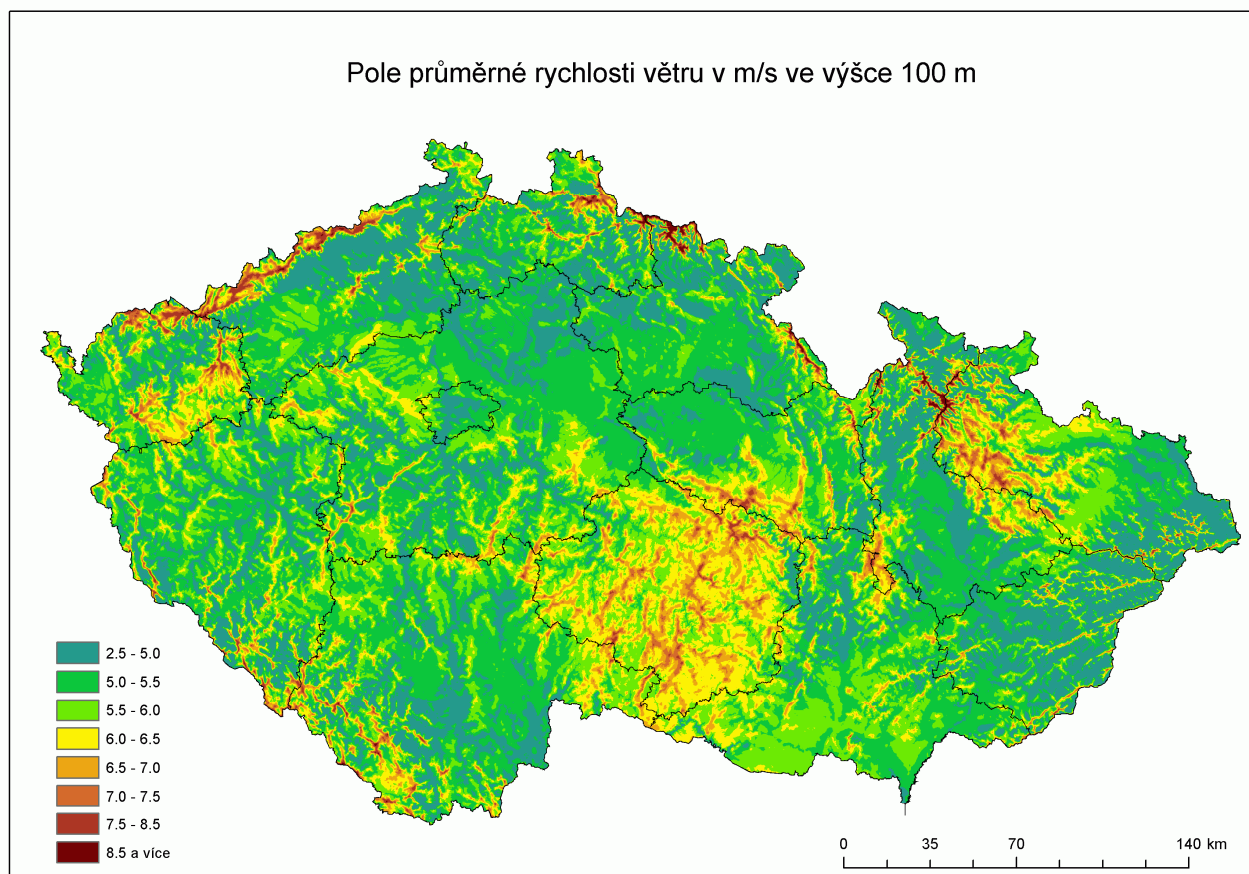
Takové dělení bude z praktických důvodů sledováno i v této studii, byť přísně vzato nejde o rozdělení na limity technického a netechnického charakteru.

2.1 Větrné podmínky

Prvním a klíčovým krokem pro správné určení potenciálu větrné energie je zjištění reálných větrných podmínek na území České republiky. Za tímto účelem bylo v rámci předchozí studie vypočteno pole rychlosti větru ve výšce 100 m nad zemským povrchem, což je typická výška osy rotoru v současných VtE (obr. 1). Pole rychlosti větru bylo určeno na základě kombinace modelů VAS/WAsP 2 a PIAP, podkladem pro výpočet těchto modelů bylo měření pozemních meteorologických stanic.

Během 5 let, které uplynuly od zpracování této větrné mapy, byla zjištěna řada nových skutečností umožňujících kriticky posoudit přesnost provedeného výpočtu. Ukazuje se, že dosažené výsledky měly tendenci průměrnou rychlost větru - a tedy i množství větrné energie - spíše nadhodnocovat. Spíše významnější nadhodnocení výsledku předpokládáme v klíčovém regionu Českomoravské vrchoviny. Pravděpodobnou příčinou tendence k plošnému nadhodnocení výsledku je umístění senzorů rychlosti větru na řadě použitých stanic nad střechou budovy meteorologické stanice či nad horní plošinou věží telekomunikačních operátorů, kde dochází k lokálnímu zesílení proudění v důsledku obtékání objektu. Tento efekt sice byl při konstrukci modelu uvažován, jeho velikost je však dle našich současných poznatků významnější, než bylo původně předpokládáno.

Ze současného pohledu tedy doporučujeme vycházet z větrné mapy dle [1,2], uvažovat však nepatrně nižší průměrné rychlosti větru či parametry výkonu větrné energie.



Obr. 1: Větrná mapa České republiky ve výšce 100 m

2.2 Technologie VtE

V předchozích studiích byla uvažována výstavba VtE o parametrech typu Vestas V90, 2 MW či Vestas V90, 3 MW s průměrem rotoru 90 m a výškou osy rotoru 100 m nad povrchem země. Tyto parametry jsou skutečně reprezentativní pro VtE stavěné v současné době v České republice i v zahraničí.

Přesto však došlo k určitému vývoji. V první řadě (v souladu s očekáváním) oproti minulosti zesílila tendence k diverzifikaci typů větrných elektráren mezi typy určenými do méně větrných lokalit a naopak do náročnějších silně větrných podmínek. Současně se po určité stagnaci obnovil trend k dalšímu nárůstu velikosti VtE, což je umožněno pokrokem v oblasti snižování materiálové náročnosti VtE.

V případě VtE určených do méně větrných vnitrozemských podmínek typických pro území České republiky tedy dochází k výrazné tendenci směrem k větším průměrům rotoru při zachování relativně nízkého výkonu generátoru. Současně se projevuje tendence k výstavbě těchto VtE ve větší výšce nad zemí pro využití vyšších rychlostí větru a lepších vlastností proudění. Ve výsledku tedy dochází k celkově vyšší využitelnosti instalovaného výkonu elektráren.

Pokud jde o budoucí trend, stále zůstáváme spíše skeptičtí k obnovení neomezeného růstu velikosti VtE určených k provozu na pevnině (odlišná situace je u VtE na moři, kde je optimální rozměr VtE podstatně větší). V perspektivě příštích 5 - 10 let se jako typická technologie pro území České republiky jeví větrná elektrárna o průměru rotoru 100 - 120 m, výšce osy rotoru 100 - 140 m nad zemí a výkonu 2 - 3 MW.

2.3 Ekonomické podmínky

Ekonomické podmínky výstavby a provozu VtE zásadním způsobem určují rozsah lokalit atraktivních pro jejich výstavbu z pohledu investora.

Základním důvodem pro výstavbu VtE je výnos vyplývající z prodeje vyrobené elektřiny do elektrické sítě. Tento výnos závisí jednak na větrných podmínkách lokality a použité technologii, jednak na prodejní (výkupní) ceně za jednotku vyrobené elektřiny. Výkupní cena je v současnosti pevně garantovaná zákonem a tento princip v zásadě zůstává zachován i v rámci nového zákona o podporovaných zdrojích energie.

Druhým parametrem jsou investiční náklady spojené s výstavbou VtE a náklady na její provoz. Rozhodující částkou jsou investiční náklady, které se na celkových nákladech podílejí velmi zhruba třemi čtvrtinami (v případě málo kvalitních technologií či při prodlužování životnosti VtE to může být méně). V rámci investičních nákladů činí přibližně 75 % samotná technologie větrné elektrárny, dalšími významnými položkami jsou náklady na vyvedení výkonu, stavební část a náklady spojené s projektem VtE.

Na ekonomickou atraktivitu výstavby VtE má významný dopad také míra rizika s projektem VtE spojená, neboť vyšší rizikovost investice zvyšuje náklady na financování projektu a navyšuje požadovaný zisk, aby byl projekt z investičního hlediska atraktivní.

Pokud porovnáme současné ekonomické podmínky pro výstavbu VtE s podmínkami v době vypracování studie [1], pak lze konstatovat, že došlo k následujícím změnám:

- ceny technologií VtE při vyjádření v korunách zaznamenaly nejprve mírný nárůst (s maximem v letech 2008-2009) a poté pokles v důsledku uvolnění až nadbytku výrobních kapacit. Celkově jsou současné náklady na výstavbu VtE o stejném výkonu přibližně shodné či mírně vyšší než v době zpracování původní studie, a to jednak z důvodu trendu k výstavbě větších a vyšších VtE o stejném výkonu a jednak z důvodu rozšiřujících se požadavků na vybavení VtE. Pokud jsou však náklady vztaženy k množství vyrobené elektřiny, pak došlo za uvedené období celkově k jejich mírnému poklesu.

- výkupní ceny elektřiny z větru zaznamenaly v minulých letech mírný pokles přibližně odpovídající poklesu investičních nákladů na jednotku výroby elektřiny (z 2,46 Kč/kWh v letech 2006-2008 na 2,23 Kč/kWh v roce 2012).

- rizikovost investice do *projektu* VtE je trvale značná a má spíše rostoucí trend z důvodu naprosto nepřehledného, nepředvídatelného a zdlouhavého povoloovacího řízení, kdy často dochází k zamítnutí projektu až po investici značných prostředků do jeho rozvoje. Rizikovost investice do *výstavby* VtE je díky zákonným garancím poměrně příznivá a je tvořena spíše okolnostmi technologického a klimatologického charakteru.

V celkovém souhrnu se uvedené skutečnosti navzájem přibližně kompenzují a ekonomické podmínky výstavby VtE jsou nyní přibližně podobné, jako tomu bylo v době zpracování původní studie.

Budoucí vývoj ekonomických podmínek pro výstavbu nových VtE patří mezi okolnosti, které lze jen velmi špatně předvídat.

Lze očekávat, že dojde k dalšímu mírnému poklesu ceny technologií VtE (vůči objemu vyrobené elektrické energie). Tento pokles však zřejmě nebude nijak dramatický, neboť dle dostupných informací již došlo ke značnému snížení marží výrobců technologií VtE, což omezuje prostor pro další snižování cen. Určitým faktorem může být konkurence čínských výrobců, pokud jejich výrobky dosáhnou kvality potřebné pro uplatnění na evropském trhu. Celkově však v horizontu nejbližšího desetiletí očekáváme spíše stagnaci cen či jejich pokles řádově do 30 %.

Co se týče prodejní ceny elektřiny z větru, pak neočekáváme, že by se větrná energie v našich podmínkách v nejbližších 10 letech obešla bez zákonné podpory v podobě garance výkupních cen, byť tato podpora může existovat na poměrně nízké a klesající úrovni. Do oblasti blízké tržní konkurenceschopnosti by se zřejmě větrná energie dostala v případě zahrnutí plné

kompenzace externích nákladů a hodnoty státních garancí do ceny elektřiny vyrobené klasickými zdroji, konkrétní podmínky však lze jen těžko předvídat.

Vzhledem k nepředvídatelnosti budoucího vývoje budeme dále uvažovat ekonomické podmínky pro výstavbu VtE přibližně na úrovni platné v roce 2007 i v současnosti. Budeme tedy předpokládat zachování garance výkupních cen elektřiny z větru při postupném poklesu podpory v závislosti na snižování nákladů na výstavbu VtE a očekávaném zvyšování ceny silové elektřiny, alternativně pak vznik tržních podmínek umožňujících výstavbu VtE ve stejném rozsahu.

2.4 Technické limity výstavby

Základním technickým limitem pro rozsah výstavby VtE je jejich *vzájemné ovlivnění*. Každá VtE je elektrárnami ve svém okolí negativně ovlivněna jednak skrze snížení energie větru o energii odebranou sousední VtE, jednak zvýšenou turbulencí, která vede k vyššímu namáhání elektrárny a k dalšímu snížení výroby. Za minimální přiměřenou vzdálenost mezi sousedními VtE se proto považuje přibližně 5-násobek průměru rotoru; při výskytu výrazně převládajícího směru větru pak 6-násobek průměru rotoru ve směru převládajícího proudění a 3-násobek průměru rotoru ve směru na něj kolmém. Spolu s rostoucím rozměrem VtE tedy lineárně roste i požadovaný rozestup mezi jednotlivými turbínami a spolu s plochou rotoru lineárně roste plocha, kde nemůže být postavena další VtE.

Výstavba větrných elektráren v dané lokalitě může být dále limitována širokým spektrem technologických omezení. Tato omezení obvykle nejsou jednoznačně nepřekonatelnými překážkami. Většina z nich může být alespoň teoreticky zmírněna či zcela odstraněna, zpravidla za cenu dodatečných finančních nákladů. V některých případech může postačovat pouze individuální přezkoumání nutnosti uplatňování přísně nastavených obecných kritérií a v principu pak záleží především na vstřícnosti příslušného subjektu.

Jedná se například o

- možnosti vyvedení výkonu VtE do elektrické sítě
- dostupnost dopravní infrastruktury
- ochranná pásma různých technologií (například vojenských a jiných radiolokátorů)
- konflikty s leteckým provozem, s telekomunikačními spoji
- místa se zvýšeným rizikem ohrožení osob či majetku padající námrazou
- a další.

Až na některé výjimky (například blízké okolí letišť) tedy nejde o výše definované "tvrdé" limity výstavby VtE, ale spíše o limity "měkké", jejichž rozsah závisí na individuálních technických a ekonomických podmínkách projektu a na obecném společenském postoji vůči větrné energii.

2.5 Sociální a environmentální limity výstavby

V kulturní a poměrně hustě obydlené krajině České republiky není výstavba VtE zdaleka možná všude, kde to přírodní, ekonomické a technické podmínky umožňují. Umístění větrných elektráren musí brát ohled na ochranu obyvatel, přírodních či kulturních hodnot před případnými nepříznivými dopady jejich výstavby či provozu. Nad rámec nezbytné environmentální ochrany může být realizovatelnost VtE zcela zásadním způsobem negativně ovlivněna i nepřátelským postojem obyvatel žijících v okolí či klíčových osob zapojených do povoloovacího procesu výstavby VtE.

Mezi "tvrdé", tedy jednoznačně určené a těžko zpochybnitelné limity pro výstavbu VtE patří zejména

- nemožnost výstavby VtE v prostoru sídel a jejich blízkém okolí, kde by jejich provoz obtěžoval obyvatele hlukem překračujícím hygienické limity pro noční dobu, případně též dalšími negativními dopady, například stroboskopickým efektem
- území podléhající vyšším stupňům ochrany přírody

Dále však existuje řada "měkkých", nejednoznačně definovatelných bariér pro výstavbu větrných elektráren:

V první řadě se jedná o problematiku krajinného rázu a akceptace větrných elektráren obyvateli. Tyto otázky jsou nerozdělitelně spojeny, protože přes veškerou snahu o odborné hodnocení krajinného rázu je to právě osobní postoj k větrným elektrárnám, co nejvíce určuje, zda bude výstavba VtE v krajině považována z hlediska krajinného rázu za přijatelnou.

Zatímco výše uvedené se týká jakékoli lokality pro výstavbu VtE, je zřejmé, že v některých místech lze výstavbu VtE celkem jednoznačně považovat za nevhodnou, aniž by tato místa bylo možno identifikovat na základě plošných kritérií. Důvodem může být například výskyt vzácných živočišných druhů citlivých na provoz větrných elektráren, blízkost významné kulturní památky či narušení výjimečné krajinné scenérie. Také v tomto případě však bude konkrétní rozsah "nevhodných" míst do jisté míry funkcí společenského postoje k větrné energii.

3. Určení potenciálu větrné energie

3.1 Technický potenciál větrné energie

3.1.1 Původní určení technického potenciálu

Technický potenciál větrné energie by ve studii [1] stanoven ve čtyřech krocích:

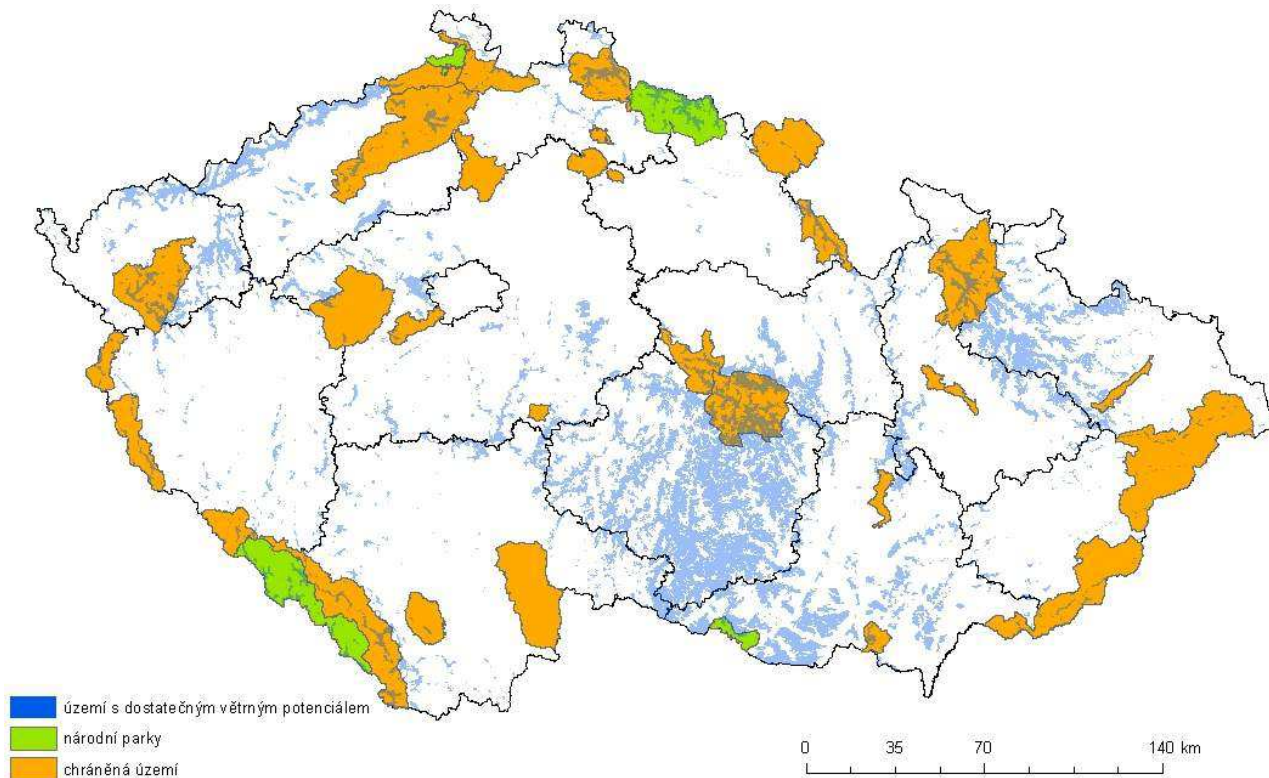
V prvním kroku byl vymezen rozsah území, kde lze za stávajících ekonomických podmínek výstavbu VtE považovat za možnou. Byly uvažovány takové podmínky, aby v typické lokalitě byla ekonomicky rentabilní výstavba VtE při rychlosti větru nejméně 6 m/s ve výšce 100 m nad zemí, což zhruba odpovídá realitě posledních let.

Aby stanovení limitu pro výstavbu VtE lépe odpovídalo místním podmínkám, byla hranice rentability modifikována. Limit ve výši 6 m/s byl uvažován pro typický případ bezlesé krajiny ve středních nadmořských výškách 450 - 600 m n.m. Pro ostatní území byl limit upraven následovně:

- roste s rostoucí nadmořskou výškou (od 5,8 m/s v nadmořské výšce do 300 m n.m. do 6,3 m/s v nadmořské výšce nad 900 m n.m.), neboť řada faktorů negativně ovlivňujících ekonomiku výstavby VTE – snižující se hustota vzduchu, námraza, náklady na vyvedení výkonu apod. – silně koreluje s nadmořskou výškou lokality,

- roste s rostoucí členitostí a hustotou vegetačního krytu odvozeného podle klasifikace CORINE (otevřená poloha +0,0 m/s, střídavá krajina +0,3 m/s, souvislé lesní porosty +0,7 m/s), a to jednak z důvodu zvýšeného počtu překážek (střídavá krajina) či posunu vertikálního profilu rychlosti větru (souvislý porost) s negativním dopadem na rychlost větru a intenzitu turbulence, a jednak z důvodu v průměru vyšší investiční náročnosti a obtížnějšího povolenáčního řízení v členitých či lesnatých typech krajiny.

Výsledné území s dostatečným větrným potenciálem je znázorněno na obr. 2. Pro ilustraci jsou zobrazeny taktéž hranice krajů a rozsah velkoplošných chráněných území.



Obr. 2: Území s dostatečným větrným potenciálem vs. velkoplošná chráněná území.

V druhém kroku byly na zjištěném území s dostatečným větrným potenciálem aplikovány výše definované "tvrdé" limity pro výstavbu VtE. Jedná se o:

- prostor sídel a v jejich okolí do vzdálenosti 500 m od obytné zástavby (splnění hlukového limitu)
- zvláště chráněná území: NP, CHKO, (N)PR, (N)PP
- blízká okolí hlavních letišť
- vojenské prostory
- ochranná pásma 150 m v okolí elektrických vedení VVN a 100 m v okolí silniční a železniční sítě.

Území přírodních parků, soustavy NATURA 2000 (evropsky významné lokality a ptačí oblasti) a plochy lesů vyloučeny nebyly, byly však samostatně sledovány.

Další limity aplikovány nebyly, neboť se jedná o okolnosti technicky řešitelné nebo je nelze z naší pozice posoudit.

Ve třetím kroku byly na území, které bylo vymezeno jako možné pro výstavbu větrných elektráren, rozmístěny jednotlivé teoretické pozice VtE. Rozmístování bylo prováděno podle těchto pravidel:

- cílem je v rámci území pokud možno maximalizovat počet umístěných VTE a teoretické množství vyrobené elektrické energie těmito elektrárnami,
- VtE byly umísťovány v rámci možností pokud možno na vhodných pozicích (vyvýšená místa otevřená proudění vzduchu),
- minimální vzdálenost mezi VtE činí $5 \times D$ v místech bez výrazně převládajícího směru větru, v místech s výrazně převládajícím směrem větru pak $6 \times D$ ve směru převládajícího větru a $3 \times D$ ve směru kolmém na něj, kde D je průměr rotoru větrné elektrárny

typ elektrárny	počet	výkon [MW]	výroba [GWh/rok]
2 MW	9904	19808	50131
3 MW	3018	9054	20789
celkem	12922	28862	70919

	počet	výkon [MW]	výroba [GWh/rok]
Středočeský kraj	727	1471	3627
Jihočeský kraj	945	2133	5282
Plzeňský kraj	429	876	2243
Karlovarský kraj	586	1451	3545
Ústecký kraj	985	2632	6266
Liberecký kraj	217	478	1216
Královéhradecký kraj	113	239	596
Pardubický kraj	722	1595	4017
Vysočina	4141	9154	22497
Jihomoravský kraj	1576	3194	7775
Olomoucký kraj	739	1687	4221
Zlínský kraj	182	375	946
Moravskoslezský kraj	1560	3577	8689
ČR	12922	28862	70919

Tab. 1: Technický potenciál větrné energie dle studie [1]

Jako modelová technologie byla uvažována větrná elektrárna Vestas V90 o průměru rotoru 90 m a výšce osy rotoru 100 m, a to ve dvou variantách s výkony 2 MW a 3 MW. Varianta 2 MW určená do méně větrných lokalit byla předpokládána v místech s průměrnou rychlostí do 7 m/s ve výšce 100 m, v místech s vyšší rychlostí větru byla uvažována 3 MW verze.

Tímto způsobem bylo na území České republiky umístěno celkem 22098 možných pozic větrných elektráren.

Ve čtvrtém kroku došlo iterativní metodou k vyřazení těch VtE, které se po započtení vlivu vzájemného stínění s okolními elektrárnami dostaly pod úroveň minimální požadované průměrné rychlosti větru, jak byla definována v prvním kroku. Z původního počtu bylo vyřazeno cca 40 % a po redukci tak zbylo na území České republiky 12922 pozic větrných elektráren (tab. 1).

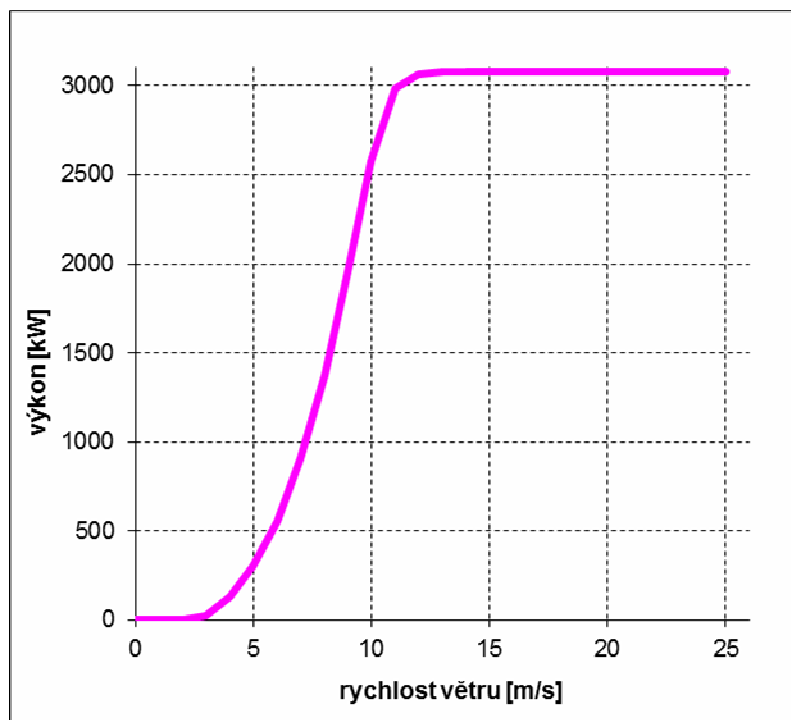
3.1.2 Diskuze a aktualizace dosažených výsledků

Výsledky původní studie je potřeba aktualizovat ve dvou ohledech, kterými jsou:

- i) technologický vývoj, ke kterému došlo od zpracování původní studie
- ii) známé nepřesnosti původního výpočtu, které byly od jeho zpracování zjištěny

Jak již bylo diskutováno, došlo během doby od vypracování původní studie k vývoji směrem k VtE s většími průměry rotoru, s větší výškou rotoru nad zemí a s vyšší úrovní dosahovaného kapacitního faktoru. O něco mírnější byl nárůst instalovaného výkonu VtE. Zatímco nyní instalované VtE v průměru odpovídají technologii předpokládané v původní studii, u budoucích instalací již toto nemusí platit.

Již bylo konstatováno, že v perspektivě příštích cca 5 - 10 let se jako typická technologie pro území České republiky jeví větrná elektrárna o průměru rotoru 100 - 120 m, výšce osy rotoru 100 - 140 m nad zemí a výkonu 2 - 3 MW. Za účelem zohlednění tohoto očekávaného vývoje budeme namísto typu Vestas V90 o výšce 100 m předpokládat elektrárnu typu **Vestas V112 o výkonu 3 MW, průměru rotoru 112 m a výšce 120 m**. Výkonovou křivku této elektrárny ukazuje obr. 3. Zatímco původní Vestas V90 byla uvažována ve dvou variantách, a to 2 MW pro běžné méně větrné lokality a 3 MW pro nejvíce větrné lokality, nyní bude uvažována elektrárna pouze v jedné verzi, kompromisní pro méně a více větrné lokality v rámci ČR. Uvažovaný typ svým kapacitním faktorem přibližně odpovídá původní Vestas V90, 2 MW určené do méně větrných míst.



Obr. 3: Výkonová křivka elektrárny Vestas V112

Rozdíly mezi použitím původního a nově uvažovaného typu VtE shrnuje následující tabulka. Výpočet kapacitního faktoru C_p (využitelnosti) a výroby energie byl proveden pro hustotu vzduchu na hladině moře a teoretickou výrobu energie odpovídající ideálnímu provozu VtE. Reálné hodnoty jsou cca o 10 – 20 procent nižší, což nijak neomezuje vypovídací schopnost vzájemného srovnání. Nárůst průměrné rychlosti větru a hustoty výkonu větru s výškou byl odvozen z modelu WAsP pro typické podmínky v České republice:

	V90, 2MW	V112	změna	V90, 3MW	V112	změna
nominální výkon [MW]	2	3	150%	3	3	100%
průměr rotoru [m]	90	112	124%	90	112	124%
plocha rotoru [m ²]	8100	12544	155%	8100	12544	155%
výška [m]	100	120	120%	100	120	120%
prům. rychlost ve výšce rotoru (rel.)	x	x	105%	x	x	105%
hustota výkonu ve výšce rotoru (rel.)	x	x	116%	x	x	116%
výkon/km ² (min. rozestup VtE) [MW]	9.88	9.57	97%	14.81	9.57	65%
C_p při prům. rychlosti 6 m/s	28.0%	29.3%	105%	x	x	x
C_p při prům. rychlosti 6,5 m/s	32.8%	34.2%	104%	x	x	x
C_p při prům. rychlosti 7,2 m/s	x	x	x	30.2%	40.8%	135%
C_p ve výšce rotoru (6 m/s ve 100 m)	28.0%	32.0%	114%	x	x	x
C_p ve výšce rotoru (6,5 m/s ve 100 m)	32.8%	37.2%	113%	x	x	x
C_p ve výšce rotoru (7,2 m/s ve 100 m)	x	x	x	30.2%	44.0%	146%
výroba[GWh/r]/km ² (6 m/s ve 100 m)	24.225	26.816	111%	x	x	x
výroba[GWh/r]/km ² (6,5 m/s ve 100 m)	28.378	31.174	110%	x	x	x
výroba[GWh/r]/km ² (7,2 m/s ve 100 m)	x	x	x	39.193	36.872	94%

Tab. 2: přehled rozdílů mezi aplikací větrných elektráren typu V90 a V112

Z přehledu vyplývá mimo jiné následující

- kapacitní faktor elektrárny V112 je za stejných podmínek mírně vyšší než v případě V90, 2 MW (cca o 5 %), avšak podstatně vyšší než v případě V90, 3 MW.
- umístění VtE do výšky 120 m namísto 100 m vede k nárůstu výroby energie, respektive kapacitního faktoru, o necelých 10 %
- výkon instalovaný na stejné ploše území je při ideálním rozmístění VtE nepatrně vyšší u původní V90, 2 MW než v případě elektrárny V112. V případě náhrady typu V90, 3 MW dochází k dramatickému snížení instalovaného výkonu na plochu.
- výroba energie na stejné ploše území je při ideálním rozmístění VtE v případě V112 přibližně o 10 % vyšší než v případě V90, 2 MW; v případě náhrady 3 MW varianty v silně větrné lokalitě dochází naopak ke slabému poklesu výroby energie

Vezmeme-li v úvahu, že podle původní studie tvořily přibližně tři čtvrtiny celkového počtu elektrárny V90, 2 MW a zbytek elektrárny 3 MW, pak by změna technologie měla vést při ideálním rozmístění větrných elektráren ke snížení počtu VtE o přibližně 35 %, snížení instalovaného výkonu VtE přibližně o 11 % a zvýšení výroby energie přibližně o 6 %.

Při takovém odvození se však nebere v úvahu reálné rozmístění větrných elektráren. V řadě případů se například jedná o lokality, kde lze umístit právě jednu VtE. V takovém případě by namísto elektrárny V90 byly umístěn typ V112, což by lokálně vedlo ke zvýšení instalovaného výkonu o 50 % a k ještě většímu nárůstu výroby energie (o více než 65 % v případě nahrazení 2 MW typu). Tento efekt se v menší míře uplatní i v případě větrných farem, jeho význam se bude snižovat s rostoucí velikostí větrné farmy. Odhadujeme, že tento efekt povede ke zvýšení instalovatelného výkonu o cca 10 % a bude tak přibližně kompenzovat snížení instalovaného výkonu způsobené náhradou elektráren V90, 3 MW většími stroji. Ve výsledku tak lze očekávat:

- zachování celkového instalovaného výkonu na přibližně původní úrovni
- nárůstu výroby energie přibližně o 15 – 20 %

Vedle použití odlišného typu VtE je potřeba vzít v úvahu, že od doby zpracování původní studie byly zjištěny některé skutečnosti, na jejichž základě bychom nyní prováděli výpočet technického potenciálu s mírnými odlišnostmi.

V první řadě se jedná o předpokládané mírné celkové nadhodnocení větrné mapy, které odhadujeme v průměru na 0,1 m/s, v případě některých částí Českomoravské vrchoviny systematicky více. Není v možnostech této studie provést podrobné přezkoumání celé větrné mapy, lze však alespoň přibližně odhadnout, jak velký efekt by mělo snížení průměrné rychlosti větru o 0,1 m/s: taková redukce by přibližně znamenala vyřazení 10 % pozic větrných elektráren mimo území s dostatečným větrným potenciálem. Výroba energie na konkrétních pozicích by společně s tím poklesla přibližně o 3,5 %. Pokles celkové průměrné výroby energie všech VtE však bude nižší, neboť vyřazení by byly právě pozice s nejnižšími rychlostmi větru a současně by došlo k redukci vzájemného ovlivnění VtE a případně i k možnosti výhodněji přeskupit zbývající VtE. Ve výsledku lze očekávat:

- pokles instalovaného výkonu přibližně o 10 %
- pokles výroby energie přibližně o 11 %

Druhou výhradou vůči původnímu zpracování je relativně malá minimální vzdálenost VtE od obytných budov. Zatímco pro jednotlivé VtE se limitní vzdálenost 500 m jeví jako odpovídající, v případě větrných farem by reálně bylo nutno volit vyšší odstup pro dodržení hlukových limitů. Ve výjimečných případech může být umístění VtE limitováno taktéž z důvodu stroboskopického efektu, což nebylo původně zohledněno. Odhadujeme, že by se tato změna týkala cca 10 % pozic VtE, vzhledem však k možnosti přeskupení VtE by však došlo ke snížení celkového technického potenciálu (instalovaného výkonu i výroby) jen přibližně o 5 %.

V součtu tak dochází k redukci celkového instalovaného výkonu o přibližně 15 % a k zachování celkové výroby energie na přibližně původní úrovni. Dochází také ke změnám v

regionálním rozložení technického potenciálu větrné energie, které budou diskutovány současně s hodnocením realizovatelného potenciálu (kap. 3.3).

3.2 Realizovatelný potenciál větrné energie

3.2.1 Původní odhad realizovatelného potenciálu

V původní studii byl realizovatelný potenciál zkoumán na základě dvou zcela odlišných přístupů, které však dospěly k přibližně podobným výsledkům. Na tomto místě se dále budeme zabývat pouze druhým použitým přístupem, vycházejícím ze zhodnocení faktorů limitujících realizovatelnost VtE simulovaných při výpočtu technického potenciálu.

Uvedený přístup zavádí 3 scénáře, které se liší mírou celospolečenské podpory pro větrnou energii, což je klíčový parametr určující realizovatelnost větrného potenciálu. Scénáře jsou definovány takto:

Nízký scénář odpovídá variantě nízké podpory pro větrnou energetiku. Ta bude brána pouze jako "nutné zlo". Přestože bude umožněna realizace VtE za přibližně současných ekonomických podmínek, bude jejich výstavba v rámci platné legislativy ze strany různých subjektů spíše omezována. S negativním vnímáním větrné energie se v tomto scénáři pojí mimo jiné malá podpora ze strany obcí, restriktivní podmínky při připojování do elektrizační soustavy a minimální vstřícnost dalších dotčených subjektů.

Střední scénář odpovídá nejpravděpodobnější, realistické variantě budoucího stavu. Větrná energetika bude podle tohoto scénáře přijímána jako potřebný zdroj elektrické energie a jejímu rozvoji nebudou nad rámec nezbytných omezení kladeny zásadní překážky. Ani v této variantě se záměry výstavby VtE nebudou vždy setkávat s úspěchem a pochopením a postoj obyvatel a státní správy bude i nadále nejednoznačný, je však předpokládán celkově vyvážený přístup.

Vysoký scénář předpokládá vysokou podporu pro větrnou energetiku. Pokud se nejedná o místa, která jsou z nějakého důvodu pro tento účel nepatřičná, pak bude výstavba VtE zpravidla vítána. V této variantě je očekáván převážně vstřícný přístup jak obyvatel, tak i všech dotčených subjektů. Významnější bariéry rozvoje větrné energie (například kapacity pro vyvedení výkonu) budou i za finančního příspěví státní správy v přiměřené míře odstraňovány.

Pro jednotlivé scénáře byla odhadována redukce potenciálně možných pozic VtE z důvodu různých faktorů, které mohou jejich realizaci znemožnit. Procenta v tabulce definují podíl pozic, které nejsou vyřazeny z příslušného důvodu:

redukce	způsob uplatnění	nízký scénář	střední scénář	vysoký scénář
1) souhlas obyvatel a obce	plošně - celá ČR	30 %	55 %	80 %
2) místní technická omezení	plošně - celá ČR	35 %	45 %	50 %
3) místa zvýšeného přírodního, kulturního či estetického významu	plošně - celá ČR	70 %	75 %	80 %
3a) lesy a přírodní plochy	plošně - dané území	25 %	50 %	100 %
3b) přírodní park	plošně - dané území	0 %	25 %	50 %
3c) Natura - ptačí oblast	plošně - dané území	0 %	25 %	50 %
3d) Natura - EVL	plošně - dané území	0 %	25 %	50 %
4) krajinný ráz a kapacita sítí - nad 400 m n.m.	počet VTE do vzdálenosti 15 km	max 15	max 30	max 60
4) krajinný ráz a kapacita sítí - do 400 m n.m.	počet VTE do vzdálenosti 15 km	max 30	max 60	max 120

Tab. 3: Uplatňované redukce pro výpočet realizovatelného potenciálu [2]

Mezi jednotlivými faktory tvoří hlavní část podíl plošné redukce 1) až 3), které (bez 3a až 3d) ve středním scénáři vedou na celém území k vyřazení 81,5 % možných pozic VtE. Redukce 3a) až 3d) mají spíše lokální význam. Redukce 4) limituje "hustotu" větrných elektráren v oblastech s jejich nejvyšším teoretickým počtem, což se týká zejména oblasti Vysočiny a v menší míře Nízkého Jeseníku.

Odvozené hodnoty pro jednotlivé scénáře jsou následující:

kraj	nízký scénář			střední scénář			vysoký scénář		
	počet	výkon [MW]	výroba [GWh/r]	počet	výkon [MW]	výroba [GWh/r]	počet	výkon [MW]	výroba [GWh/r]
Hl. město Praha	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Středočeský	40	80	194	108	219	480	229	460	1131
Jihočeský	44	95	238	100	209	474	200	435	1098
Plzeňský	20	40	101	56	112	256	119	240	614
Karlovarský	12	28	69	51	116	259	139	338	828
Ústecký	14	34	79	77	192	415	196	494	1180
Liberecký	13	28	73	28	58	131	61	131	334
Královéhradecký	8	16	42	18	37	82	40	82	205
Pardubický	37	77	194	73	156	357	182	391	983
Vysočina	110	231	580	230	494	1113	644	1417	3518
Jihomoravský	85	171	405	225	453	981	420	847	2053
Olomoucký	30	64	162	71	161	360	163	378	942
Zlínský	9	18	45	19	38	83	51	103	259
Moravskoslezský	50	109	261	123	269	586	292	656	1579
ČR	472	991	2443	1179	2516	5577	2736	5972	14723

Tab. 4: Odhad realizovatelného potenciálu větrné energie na území ČR metodou založenou na zhodnocení faktorů limitujících realizaci technického potenciálu. [2]

Výsledný realizovatelný potenciál byl odvozen na základě výše provedené analýzy, avšak při spíše subjektivním zohlednění dalších okolností, zejména počtu instalací VtE v okolních zemích a aktuálního stavu žádostí EIA. Tento výsledek však nebude dále v této studii uvažován:

	počet	výkon [MW]	výroba [GWh/r]
Středočeský	109	221	485
Jihočeský	90	189	427
Plzeňský	58	116	265
Karlovarský	56	121	270
Ústecký	161	366	786
Liberecký	34	71	160
Královéhradecký	32	64	143
Pardubický	77	161	367
Vysočina	200	428	964
Jihomoravský	164	339	736
Olomoucký	71	156	347
Zlínský	22	44	96
Moravskoslezský	117	260	565
ČR	1188	2534	5610

Tab. 5 Výsledný realizovatelný potenciál větrné energie dle studie [2]

3.2.2 Diskuze použité metody

Základní slabinou jakéhokoli odhadu realizovatelného potenciálu větrné energie je nejednoznačnost a nejistota výchozích předpokladů, zejména:

- míry celospolečenské podpory pro větrnou energii ze strany veřejnosti, politické reprezentace, orgánů státní správy a rozhodujících subjektů v elektroenergetice
- ekonomických podmínek pro investice do větrných elektráren

Ekonomické podmínky byly diskutovány již v rámci výpočtu technického potenciálu a jsou v rámci této studie uvažovány jako fixní. Zásadní neznámou je však první zmíněná okolnost. To se ukázalo například v minulých letech, kdy z důvodu různých administrativních překážek došlo k téměř úplnému zastavení výstavby VtE, aniž pro to existoval závažný technický, environmentální či ekonomický důvod. Pokračování takového vývoje by samozřejmě nemužnilo ani dosažení nízkého scénáře, jak byl definován v předchozí studii. Na druhou stranu, v případě extrémní společenské podpory pro tento zdroj a realizaci VtE všude, kde by proti tomu neexistovaly skutečně závažné důvody, by realizovatelný potenciál mohl být i ztelně vyšší než odpovídá hornímu scénáři dle minulé studie.

V rámci současné aktualizace se budeme zabývat pouze scénářem, který byl definován jako střední a který předpokládá umírněně pozitivní vztah společnosti k využívání větrné energie.

Postup, který byl zvolen pro odhad realizovatelného potenciálu v roce 2008, považujeme i v současné perspektivě za přibližně platný.

Výše plošné redukce technického potenciálu na necelou 1/5 teoreticky možného počtu pozic na vrub lokálních technických limitů, lokálních environmentálních omezení a akceptace větrných elektráren, se nám jeví pro střední scénář jako přibližně přiměřená a odpovídající praktickým poznatkům. Diskutabilní může být vymezení konkrétních příčin zamezujících výstavbě, neboť v řadě případů se jedná spíše o souhrn okolností, z nichž ne každá by sama o sobě výstavbu VtE znemožňovala. Taktéž platí, že řadu omezení lze překonat za cenu zvýšených finančních nákladů. Realizovatelnost VtE je potom vyšší v místech s vyššími rychlostmi větru a naopak, což nebylo v původní studii nijak zohledněno.

Další okolností, která zjevně koreluje s množstvím potenciálních překážek výstavby VtE, je hustota sídelní struktury a obecně hustota zalidnění. V místech s řídkou sídelní strukturou se obecně vyskytuje méně potenciálních střetů, které mohou bránit výstavbě VtE, nižší hustota obyvatel pak umožňuje vyšší finanční kompenzace v přepočtu na obyvatele, což vede i k lepšímu přijetí výstavby VtE. Určitým negativem je v těchto oblastech typicky nižší kapacita elektrické sítě.

Poměrně diskutabilní jsou použité výše redukce na vrub lesů a území s nižšími stupni ochrany přírody. Jejich celkový význam sice není zásadní, ale mohou ovlivnit regionální rozdělení realizovatelného potenciálu. Například realizovatelný potenciál Krušných hor je na základě zvolených parametrů dramaticky limitován existencí rozsáhlé ptačí oblasti soustavy NATURA, při přezkoumání konkrétních lokalit je však v řadě případů výstavba VtE akceptovatelná.

Poměrně svévolně bylo zvoleno poslední kritérium limitující "hustotu" větrných elektráren v krajině z důvodu limitované kapacity elektrických sítí a krajinného rázu. Takové omezení v praxi nemusí zdaleka platit a v některých oblastech tak může být reálná "hustota" VtE i výrazně vyšší, například v případě realizace velkého větrného parku s vyvedením výkonu přímo do přenosové soustavy. Přestože se nám jeví zachování určitého limitu, který redukuje realizovatelný potenciál oblastí s teoreticky značným počtem VtE, za realistické, ze současného pohledu bychom neuvažovali přísnější kritérium pro nadmořskou výšku nad 400 m n.m..

3.3 Aktualizovaný odhad realizovatelného potenciálu

Při aktualizaci odhadu realizovatelného potenciálu vycházíme z původního výpočtu pro střední scénář podpory větrné energie, odvozený zhodnocením faktorů limitujících realizaci technického potenciálu (tab. 3). Tento výsledek je nutno upravit o skutečnosti vyplývající z aktualizace technického potenciálu (kap. 3.1.2) a z diskuze ke způsobu odvození realizovatelného potenciálu (kap. 3.2.2).

V důsledku aktualizace technického potenciálu došlo především k celkové redukci instalovaného výkonu o cca 15 %, a k zachování přibližně původní výroby energie. Vedle toho dochází k určitému regionálnímu přeskupení:

- celkově nižší rychlosti větru povedou ke snížení potenciálu větrné energie především v méně větrných regionech, kde se větší počet VtE dostane mimo oblast ekonomické výhodnosti
- výraznější nadhodnocení větrné mapy v oblasti Českomoravské vrchoviny povede k dalšímu snížení potenciálu v méně větrných lokalitách tohoto regionu
- přísnější "hlukové" kritérium pro větší větrné farmy znamená vyšší redukci počtu VtE v oblasti s hustší sídelní strukturou a s velkým počtem možných pozic VtE, opět typicky na Českomoravské vrchovině.

Na základě diskuze způsobu odvození středního scénáře realizovatelného potenciálu oproti výsledkům výpočtu předpokládáme:

- výrazně vyšší realizovatelnost VtE v nadprůměrně větrných lokalitách a nižší realizovatelnost VtE v podprůměrně větrných lokalitách z důvodu větší motivace investorů a větší finanční rezervy pro řešení případných omezení (např. vyvedení výkonu) v místech s vyššími rychlostmi větru a naopak
- spíše vyšší realizovatelnost VtE v místech s řídkou sídelní strukturou či nižší hustotou zalidnění a nižší realizovatelnost VtE v místech s hustší sídelní strukturou, v okolí větších měst a v místech s výraznějším rekreačním využitím
- vyšší realizovatelnost VtE v Krušných horách nad rámeč výše uvedeného z důvodu menší uvažované redukce VtE na vrub ptáčích oblastí NATURA
- nižší efekt kritéria pro "hustotu" VtE v místech nad 400 m n.m., které se uplatňuje zejména na Českomoravské vrchovině a v Nízkém Jeseníku

Vezmeme-li v úvahu všechny zmíněné skutečnosti, pak docházíme k následujícím korekcím původních výsledků (vztahuje se k původně odvozené úrovni realizovatelného výkonu VtE dle středního scénáře):

	korekce	počet VTE	výkon [MW]	výroba [GWh/rok]
Středočeský kraj	65 %	47	141	337
Jihočeský kraj	75 %	52	156	398
Plzeňský kraj	80 %	30	90	226
Karlovarský kraj	85 %	33	99	254
Ústecký kraj	250 %	160	480	1361
Liberecký kraj	85 %	16	48	126
Královéhradecký kraj	75 %	9	27	67
Pardubický kraj	65 %	34	102	253
Vysočina	85 %	140	420	1088
Jihomoravský kraj	55 %	83	249	595
Olomoucký kraj	85 %	46	138	360
Zlínský kraj	75 %	10	30	68
Moravskoslezský kraj	110 %	99	297	788
ČR		759	2277	5922

Tab. 6: Aktualizovaný odhad realizovatelného potenciálu větrné energie v České republice

Ve výpočtu předpokládané výroby jsou zohledněny skutečnosti, které mají vliv na reálnou výrobu elektrické energie, a to:

- 1) vliv poklesu hustoty vzduchu s nadmořskou výškou
- 2) předpokládaná ztráta na výrobě v důsledku vzájemného stínění větrných elektráren (je očekáváno, že VTE budou realizovány převážně v rámci větrných farem, ne individuálně)
- 3) redukce výroby elektrické energie ve výši 10 %, zohledňující nejrůznější předpokládané ztráty na výrobě související s technologickým řešením VTE (odstávky, poruchy, námraza, ztráty při vedení a transformaci apod.)

4. Diskuze

4.1 Nejistoty dosaženého výsledku

Hledání realizovatelného potenciálu větrné energie je subjektivní disciplínou, jejíž výsledky zcela závisí na zvolených výchozích předpokladech a na způsobu jeho odvození. V rámci této studie byla zvolena "teoretická" cesta, vycházející z redukce maximálně možného počtu větrných elektráren na vrub jednotlivých limitujících faktorů. Použitá kritéria byla zvolena tak, aby pokud možno realisticky a na základě vlastní znalostí oboru větrné energetiky simulovala podmínky, které v praxi skutečně existují.

Co je však mimo naši kompetenci a co nedokážeme dobře posoudit, to jsou okolnosti nesouvisející s objektivními podmínkami technického, geografického a environmentálního rázu.

Jedná se především o míru politické a všeobecně celospolečenské podpory pro větrnou energii, o dopad konkrétních politických rozhodnutí, případně o výsledky prosazování individuálních politických či ekonomických zájmů. Příkladem může být situace na území některých krajů, kde z důvodu nepřátelského postoje krajské samosprávy není výstavba VtE v současnosti reálná ani v lokalitách, kde by na základě objektivních kritérií neměla existovat žádná překážka a veřejné mínění s výstavbou souhlasí. Jako opačný příklad může posloužit vývoj v oboru fotovoltaiky v letech 2009-2010, kdy byla proti vší logice umožněna realizace vysokého počtu instalací za zjevně nepřiměřených ekonomických podmínek. Je zřejmé, že takové extrémy mohou učinit jakýkoli vážně míněný odhad budoucího vývoje bezcenným.

Druhým faktorem, který naprosto nemůžeme být schopni zohlednit, to je zjevná chaotičnost a nesystémovost, která doprovází povolovací proces výstavby větrných elektráren. Typickým příkladem může být posuzování vlivu na krajinný ráz, v jehož závěrech často nelze nalézt jinou logiku než je osobní postoj příslušného posuzovatele nebo účelový zájem VtE v daném místě povolit či nepovolit. Podobná nedůslednost je bohužel častým průvodním znakem i u ostatních složek povolovacího procesu.

Výsledné hodnoty realizovatelného potenciálu proto nelze chápat jinak než jako jeden z možných scénářů. Analyzovaný "střední" scénář má za cíl simulovat vyvážený stav umírněné podpory pro větrnou energii, která není přijímána bez výhrad a upřednostňována před jinými společenskými zájmy, na druhou stranu jejímu rozvoji nejsou nad rámec nezbytných omezení kladeny zásadní překážky. Současný stav politické a mediální "podpory" pro větrnou energii zatím aplikaci tohoto scénáře příliš nenasvědčuje, nejedná se však o okolnost, která je nutně pro vždy dána.

I nad rámec výše uvedeného je nutno provedený odhad chápat s určitým nadhledem. Pro veškeré dosažené hodnoty platí, že se jedná o teoretická "průměrná" čísla vycházející z průměrné realizovatelnosti projektů a z předpokládaných průměrných vlastností větrných elektráren instalovaných v blízké a střednědobé budoucnosti. Ve skutečnosti bude realizovatelnost VtE záviset na konkrétních podmínkách v jednotlivých lokalitách a skutečné instalace se budou sestávat z VtE různých typů. V některých lokalitách například bude možné vybudování větrné farmy v plném rozsahu technického potenciálu, na druhou stranu existuje řada oblastí, kde se výstavba VtE jeví z našeho pohledu jako technicky možná, ale ve skutečnosti není reálná z důvodu, kterého si při zpracování této studie nemůžeme být vědomi.

Jednotlivým významným faktorem je vyvedení výkonu do elektrické sítě. V současné době je v některých regionech výstavba VtE silně limitována možnostmi vyvedení výkonu do rozvodné soustavy, tato omezení lze však v řadě případů překonat vyřazením nereálných rezervací, mírnými investicemi do posílení rozvodných sítí nebo společným vyvedením výkonu většího počtu větrných farem do nadřazené soustavy. Zejména v oblasti Vysočiny a Nízkého Jeseníku může realizovatelný potenciál větrné energie silně záviset na případné realizaci společného vyvedení výkonu do páteřní sítě (podle toho pak může být výsledný potenciál výrazně vyšší i nižší).

Lokálním, avšak v celkovém součtu nezanedbatelným prvkem nejistoty, je situace v oblasti Krušných hor, kde dosud není zřejmé, do jaké míry bude moci dojít k realizaci plánovaných velkých větrných farem.

Nelze opomenout ani nejistotu vyplývající z použité mapy průměrné rychlosti větru, neboť i poměrně malý rozdíl v průměrné rychlosti větru může mít poměrně dramaticky dopad na profitabilitu projektu. To ostatně ukazuje nezanedbatelný dopad poměrně nevýrazného snížení předpokládané rychlosti větru, které bylo uvažováno při současné aktualizaci větrného potenciálu. Alternativně může dojít ke značné změně realizovatelného potenciálu větrné energie při jakékoli významnější změně ekonomických podmínek.

4.2 Porovnání s aktuálním stavem instalací a žádostí EIA

Následující tabulka shrnuje stav aktuálních instalací a žádostí zařazených do databáze hodnocení EIA ke 2. 1. 2012. Ze seznamu byly vyřazeny projekty, v jejichž případě se domníváme, že jsou z nějakých důvodů nerealizovatelné. Mimo řadu jiných jde například o původní projekt Větrného parku Chomutov, který byl nahrazen novými žádostmi o výstavbu VtE přibližně ve stejném prostoru:

Kraj	postavené		souhlas EIA		probíhá EIA		celkem	
	počet VtE	výkon [MW]	počet VtE	výkon [MW]	počet VtE	výkon [MW]	počet VtE	výkon [MW]
Středočeský	2	6	6	12	5	13	13	31
Jihočeský	0	0	0	0	2	4	2	4
Plzeňský	0	0	20	40	10	22	30	62
Karlovarský	17	40	14	25	16	39	47	104
Ústecký	44	87	104	228	184	434	332	749
Liberecký	9	6	26	51	0	0	35	57
Královéhradecký	0	0	7	19	6	12	13	31
Pardubický	18	19	29	58	23	57	70	134
Vysočina	7	12	3	8	39	75	49	95
Jihomoravský	7	8	40	105	28	64	75	178
Olomoucký	29	35	20	45	37	74	86	154
Zlínský	1	0	0	0	25	54	26	54
Moravskoslezský	3	6	77	188	35	75	115	269
ČR	135	214	340	766	405	910	880	1889

Tab. 7: Počet a instalovaný výkon postavených VtE a VtE v databázi hodnocení EIA

Ukazuje se, že ve větší části krajů je celkový instalovaný výkon všech započtených projektů zhruba srovnatelný s úrovní námi odhadovaného realizovatelného potenciálu větrné energie. Takový výsledek je přiměřený. Na jednu stranu lze očekávat, že část projektů žádajících o EIA nebude z nějakého důvodu realizovatelná nebo nebude realizovatelná v plném rozsahu. Na druhou stranu nepochybně existuje řada realizovatelných projektů, které s žádostí o EIA vyčkávají do doby vyřešení konkrétních místních problémů, a nelze vyloučit, že existují i "neobjevené" lokality s realizovatelnou výstavbou VtE, o které investoři dosud neprojeví zájem.

Uvedená shoda však zdaleka neplatí pro všechny kraje. V první řadě je nápadný nízký počet realizací i žádostí EIA v kraji Vysočina ve srovnání se značnou odhadovanou velikostí jeho realizovatelného potenciálu. Dále je i přes předpoklad středně vysokého větrného potenciálu velmi nízký počet žádostí i realizací v Jihočeském a Středočeském kraji. Příčiny těchto rozdílů mohou být dvě. V první řadě je známo, že například samospráva kraje Vysočina vykazuje značně negativní

postoj vůči větrným elektrárnám – bez ohledu na postoj konkrétních obcí, obyvatel v místě předpokládané výstavby, objektivní kritéria či na celonárodní politiku. Nízký počet žádostí o výstavbu tak zřejmě není důsledkem nedostatku vhodných lokalit, ale investoři jsou si vědomi, že za současné politické situace je zde výstavba VtE nerealizovatelná. Tento faktor bude zřejmě hrát významnou roli i v případě některých dalších krajů, nemáme však natolik důvěryhodné informace, abychom si mohli dovolit spekulace v tomto směru. Druhou možnou příčinou je "neobjevení" většího počtu lokalit nebo nám neznámý důvod nerealizovatelnosti většího počtu záměrů v některém regionu (například konflikt s vojenskými radary). Tyto skutečnosti mohou hrát roli například ve Středočeském či Jihočeském kraji.

Opacným případem je Ústecký kraj, kde kapacita podaných žádostí silně překonává námi předpokládaný realizovatelný potenciál. Vysoký počet žádostí zjevně odráží skutečnost, že střední a východní část Krušných hor, která spadá do Ústeckého kraje, je díky dobrým větrným podmínkám značně atraktivním regionem. Je však pravděpodobné, že zdaleka ne všechny projekty, na které byly podány žádosti EIA, zde nakonec budou skutečně realizovány.

4.3 Předpoklad budoucího technologického vývoje

4.3.1 Vývoj větrných elektráren současného typu

Domníváme se, že VtE současného typu budou i v dohledné budoucnosti převládající technologií pro výrobu energie z větru. Současně neočekáváme, že by mělo dojít k nějaké revoluční technologické změně v rámci této kategorie větrných elektráren. Současná podoba VtE je v hlavních rysech přibližně ustálena již od druhé poloviny 80.let, dramatický nárůst jejich rozměru skončil v prvních letech 21.století. Výrazný technologický vývoj v současné době zaznamenává technologie VtE pro provoz na moři (offshore), vývoj v oboru technologií určených na pevninu je však již jen pozvolný a týká se spíše dílčích inovací a zlepšování některých vlastností VtE (hmotnost, spolehlivost, hlučnost, "vstřícnost" k elektrické síti ap.). Pozvolným, ale stále zřetelným trendem je tendence ke konstrukci VtE s vyšším kapacitním faktorem (tedy především vyšším poměrem mezi velikostí VtE a jejím výkonem) a k výstavbě celkově větších VtE (s větším rotorem a ve větší výšce nad zemí), která zřejmě bude v mírné podobě dále pokračovat. Tento trend v našem odhadu předpokládáme a zohledňujeme.

4.3.2 Alternativní technologie ve větrné energetice

Alternativní technologie využívající energii z větru svojí vyspělostí, spolehlivostí a náklady na vyrobenou energii dramaticky zaostávají za větrnými elektrárnami "klasického" typu.

Specifickou kategorií tvoří malé větrné elektrárny, kterých se díky jejich menším rozměrům netýká řada problémů, se kterými se musejí potýkat velké VtE. O toto téma zaznamenáváme trvalý zájem ze strany laické i (mírně) odborné veřejnosti, mimo jiné z důvodu zájmu o možnosti samozásobení energií. Realita je však značně nepříznivá. Díky několikanásobně nižší energii proudění ve výšce dostupné pro malé VtE při současně nižší životnosti a (relativně k výkonu) vyšší ceně těchto technologií je cena za získanou energii ve svém důsledku značně vysoká. Nejeví se nám jako reálné, že by výroba energie tímto způsobem mohla i v budoucnosti hrát významnější roli.

Potenciálně perspektivní kategorií mohou být zařízení získávající energii z proudění ve velkých výškách nad zemským povrchem. Jedná se o široké spektrum technologií, které mají za cíl využít vzdušného proudění ve výškách řádově stovek metrů až jednotek kilometrů. V těchto výškách je proudění vzduchu obecně mnohem silnější, stálejší a méně turbulentní než v menších výškách využitelných klasickými větrnými elektrárnami stojícími na zemském povrchu, množství větrné energie na jednotku plochy je zde až několikanásobně vyšší. K dosažení větších výšek lze používat buď létajících padáků ("draků", "letadel", rogal), nebo vznášejících se objektů ("balónů", "vzducholodí"), které jsou ukotveny k zemi. V současné době jsou veškerá tato zařízení stále ve stádiu prototypů a není zřejmé, zda někdy v budoucnu bude moci dojít k jejich masovějšímu

rozšíření. Pokud by k tomu nicméně došlo, mohlo by se jednat o energetický zdroj s poměrně vysokým reálným potenciálem.

5. Závěr

Na základě celkové revize a aktualizace odhadu realizovatelného potenciálu větrné energie provedeného v roce 2008 docházíme k závěru, že na území České republiky lze v základním, "středním" scénáři očekávat instalaci větrných elektráren o celkovém instalovaném výkonu přibližně **2300 MW**. Reálná výroba elektrické energie těmito větrnými elektrárnami činí přibližně **5,9 TWh** ročně, což odpovídá přibližně 10 % současné čisté spotřeby elektrické energie v České republice. Ve srovnání s předchozím odhadem dochází k mírnému snížení odhadovaného instalovaného výkonu, k mírnému navýšení celkové výroby energie a k mírnému přeskupení odhadovaného větrného potenciálu ve prospěch lokalit s vyššími rychlostmi větru.

Předpokladem pro naplnění tohoto scénáře je

- zachování poměru mezi cenou elektřiny z větru, náklady na její výrobu (včetně nákladů na financování) a rizikovostí investice na přibližně současné úrovni
- transparentní, racionální a předvídatelné fungování povolovacího procesu pro výstavbu větrných elektráren a odstranění administrativních bariér nad rámec opodstatněných omezení
- vyvážená míra politické a společenské podpory pro větrnou energii
- stabilní právní prostředí vymezující podporu i provoz.

Odhadovaný větrný potenciál nebyl sestaven jako hypotetický scénář, ale – při vědomí si nejistot diskutovaných v kapitole 4.1 – jako reálný odhad skutečné realizace VtE a výroby energie za uvedených podmínek. Jeho realizaci ale v současné době brání celkově spíše negativní postoj ze strany řady klíčových subjektů a systematické upřednostňování negativních informací o větrné energii, které vede i k horšímu vnímání veřejností včetně klíčových účastníků povolovacího procesu. Velmi limitujícím a omezujícím zájem investorů, zejména v poslední době, je pak nestabilní právní prostředí pro provozovatele, resp. neustále se měnící legislativní rámec vymezující jak podporu tak provoz větrných elektráren. Využití větrného potenciálu přibližně v rozsahu odvozeném v této studii tedy dle našeho odhadu závisí při zachování současných ekonomických podmínek výhradně na politické vůli k jeho realizaci.

V Praze dne 18. července 2012

Zpracovali: Mgr. David Hanslian

Mgr. Jiří Hošek, PhD.

Literatura

- [1] Hanslian D., Hošek J., Chládová Z., Pop L., Svoboda J., Štekl J. (2007): Určení technického potenciálu větrné energie na území České republiky. Výzkumná zpráva. Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha, 78s + přílohy.
- [2] Hanslian D., Hošek J., Štekl J. (2008): Odhad realizovatelného potenciálu větrné energie na území České republiky. Výzkumná zpráva. Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha, 32s.
http://www.ufa.cas.cz/vetrna-energie/doc/potencial_ufa.pdf
- [3] Hanslian D. (2011): Technický potenciál větrné energie v České republice. Energetika, 61, č. 8-9, 467-471.