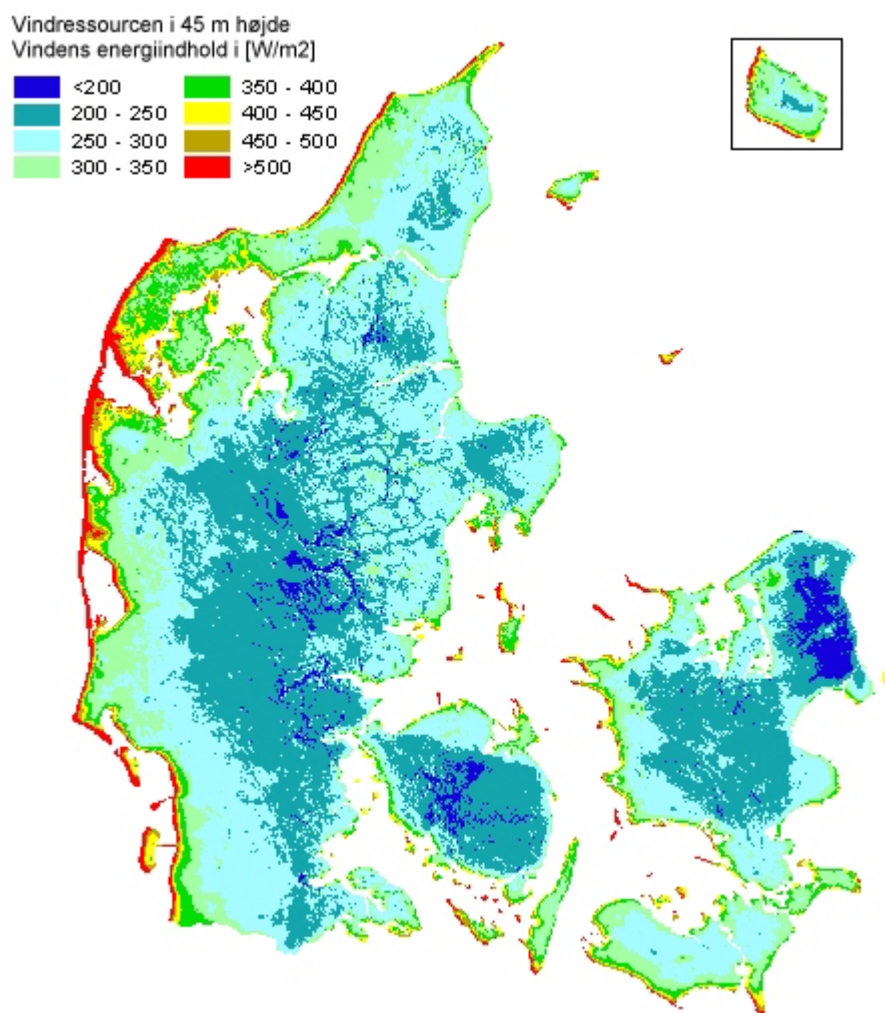


Vindressourcekort for Danmark

med eksport til GIS-system



www.emd.dk

Energi- og Miljødata • Niels Jernesvej 10 • DK-9220 Aalborg Øst
tlf. 96354444 • fax. 96354446 • e-mail: emd@emd.dk • web: <http://www.emd.dk>
Januar 2001

Indholdsfortegnelse

Indholdsfortegnelse	1
Introduktion	2
GIS-formatet	2
De beregnede højder	3
De beregnede parametre.....	3
Anvendelse af kortet til vindressourceplanlægning	5
Beregningsbasis	6
Vinddata og landsdelskorrektioner	6
Ruheder, bakker og lokale lægiverer.....	7
Verifikation.....	7
Begrænsninger og kommentarer	8
Udvikling af datagrundlag og program	8
Appendiks A Indhold i GIS-databasefilen	9
Appendiks B Reduktion af information ved ændring til større polygoner	10
Vejledning i anvendelse af programmet Resource_Mapper ver. 1.2	11
Referencer.....	13

Introduktion

Vindressourcen i Danmark er nu overført til GIS-format bl.a. for anvendelse i lands-, amts- og kommuneplanlægning.

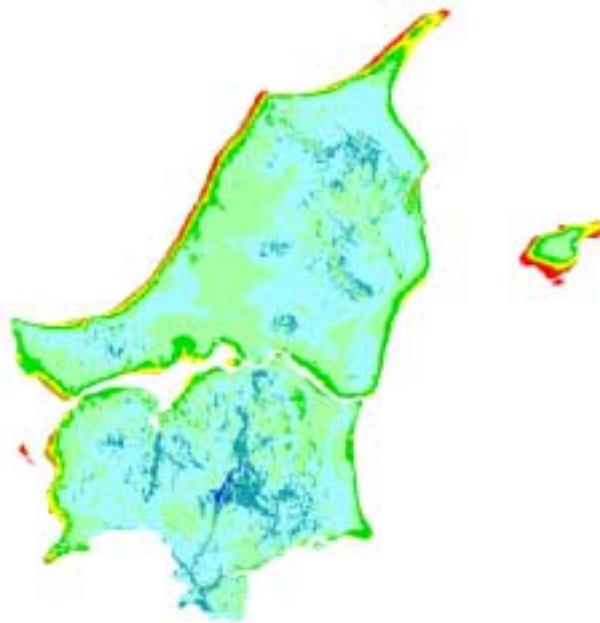
I 1999 afsluttede Energi- og Miljødata (EMD) og Forskningscenter Risø en detaljeret kortlægning af Danmarks vindressource. Til analyserne blev der benyttet et kvadratisk beregningsnet med en maskestørrelse på 200 meter. Beregningerne er blevet verificeret med produktionsdata fra mere end 1200 vindmøller fordelt over hele landet. Den nye detaljerede analyse er rapporteret i [1], og dataene herfra er tidligere frigivet på en CD-rom, der kan rekvireres fra EMD. Fra forskellige sider – specielt amter og kommuner - er der blevet udtalt ønske om at dataene blev overført til GIS-format. Overførslen til GIS-format er nu afsluttet. Projektet er blevet gennemført med støtte fra Energistyrelsens *Udviklingsprogram for Vedvarende Energi*, UVE j.nr 51171/00-004. Datagrundlaget er beregnet med EMD's WindPRO (www.emd.dk/windpro) og WASP programmet (www.wasp.dk).

Programmet '*Resource Mapper 1.2*' er programmet til præsentation af vindressourcekortet og eksport til GIS-format. Programmet fås på CD-rom ved henvendelse til Energi- og Miljødata eller downloades fra internettet på www.emd.dk. Allerede eksporterede GIS-data for de forskellige amter findes samme sted.

GIS-formatet

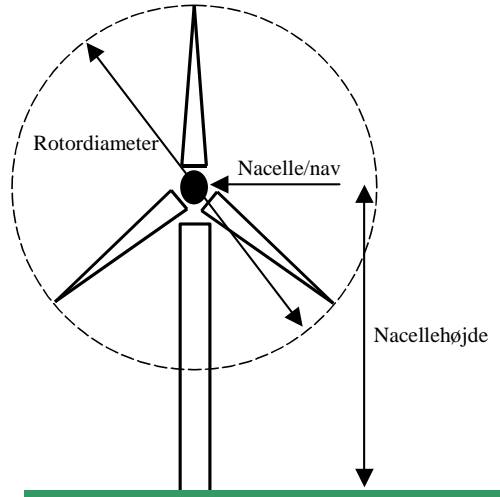
Energi- og Miljødata har nu overført dataene fra vindressourceberegningen [1] til ArcView GIS format. Dataene ligger som raster filer, hvor hvert enkelt beregningsfelt på 200x200 meter² er gemt som en polygon med tilhørende datasæt. Dataene for Danmark er gemt fordelt på amter, men det udviklede edb-program muliggør også eksport af dataene fordelt på kommuner eller ud fra specifikke UTM-koordinater. Ændring af koordinater til f.eks. System 34/45 er ikke implementeret men kan ske ved et eksternt konverteringsprogram, f.eks. fra Informi GIS [2]. Det er dog muligt at gemme koordinater som længde/breddegrader.

Til hvert amt hører der en shapefil (*.shp), en indexfil (*.shx) og en databasefil (*.dbf). På internettet kan der hentes et gratis program - ArcExplorer - til at vise til dette GIS-format [3].



Figur 1: Vindressourcen i Nordjyllands Amt fra ArcView GIS.

De beregnede højder



Figur 2: Idealiseret mølle med deskriptive parametre.

For at kunne vurdere vindressourcen for forskellige møllestørrelser er beregningerne udført i fire forskellige højder, nemlig 25, 45, 70 og 100 meter. Disse højder modsvarer de typiske møllestørrelser der er opstillet tidligere, de typer der findes på markedet i dag, og de størrelser som forventes på markedet inden for den nærmeste årrække:

- 25 meters navhøjde: Møller med effekt <250 kW. Et tidligere vindressourcekort for Danmark blev beregnet ved denne navhøjde.
- 45 meters navhøjde: Møller ca. 600-1000 kW – rotordiameter ca. 40-55 meter
- 70 meters navhøjde: Møller ca. 1500-2000 kW – rotordiameter ca. 70 meter
- 100 meters navhøjde: Møller >3-4000 kW (ikke aktuel p.t.)

Til planlægningsformål bør man arbejde med de beregningshøjder, der modsvarer de møllestørrelser, der planlægges installeret indenfor det aktuelle område.

De beregnede parametre

For hvert polygon er der gemt fire forskellige parametre for hver navhøjde, altså i alt 16 datasæt hørende til hver polygon. De gemte parametre og deres oprindelse er forklaret nedenfor:

1. Weibullfordelingsparametre (A og k) for fordelingen af 10 minutters middelvindhastighed (U_{10})

Weibull-fordelingen benyttes i vindressourcesammenhæng som en parametrisk beskrivelse af fordelingen af 10 minutters middelvindhastigheder, U_{10} . U_{10} er det der kaldes en stokastisk variabel. Dette er en parameter, hvis størrelse kun kan fastsættes med en vis sandsynlighed eller sandsynlighedsfordeling. For en Weibull fordelt stokastisk variabel er fordelingen er givet ved to parametre A og k , der beskriver Weibullfordelingens form. Ud fra disse parametre kan sandsynligheden for at middelvindhastigheden i en given 10 minutters periode overskrides beregnes. Weibullfordelingens funktionsforskrifter er:

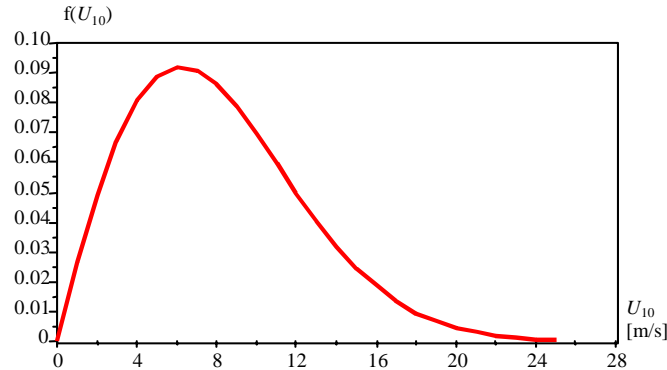
$$\text{Den kumulerede fordelingsfunktion: } F(U_{10}) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{U_{10}}{A}\right)^k\right) \quad (1)$$

$$\text{Tæthedsfunktionen har forskriften: } f(U_{10}) = \frac{k}{A} \left(\frac{U_{10}}{A}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{U_{10}}{A}\right)^k\right) \quad (2)$$

Eksempel: For en placering på Bornholm er $A=9.10$ m/s og $k=1.93$. Bruges den kumulerede fordelingsfunktion, kan sandsynligheden for at f.eks. vindhastigheden er mindre en 20 m/s beregnes til:

$$F(20) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{20}{9.10}\right)^{1.93}\right) = 0.9896 \quad (3)$$

Det vil sige, at der i en vilkårlig 10 minutters periode er ca. 1% sandsynlighed for at middelvinden overskrider 20 m/s. Omsat til timer svarer dette til ca. 90 timer på årsbasis. I Figur 2 ses tæthedsfunktionen grafisk.



Figur 3: Fordelingen af vindhastigheder for $A=9.1$ og $k=1.93$.

2. Middelvindshastigheden på placeringen

Middelvindshastigheden (eller mere præcist den forventede middelvindshastighed) på en given placering kan beregnes ud fra Weibullfordelingens A og k parametre. Endvidere kan forskellige andre statistiske parametre også beregnes ud fra A og k . Her angives kun variansen og det statistiske n -te ordens moment. For øvrige statistiske parametre henvises til det europæiske vindatlas [4, p. 582]. Sammenhængen mellem Weibull fordelingen A og k parametre samt fordelingen midelværdi (μ), varians (σ^2) og n -te ordens momentet er:

$$\text{Middelværdi [m/s]: } \mu_{U_{10}} = E[U_{10}] = A \cdot \Gamma(1+1/k) \quad (4)$$

$$\text{Varians [(m/s)}^2\text{]: } \sigma_{U_{10}}^2 = E[(U_{10} - \mu_{U_{10}})^2] = A^2 [\Gamma(1+2/k) - \Gamma^2(1+1/k)] \quad (5)$$

$$\text{Det } n\text{-te ordens moment [(m/s)}^n\text{]: } E[(U_{10})^n] = A^n \Gamma(1+n/k) \quad (6)$$

hvor $E(X^n)$ er n -te ordensmomentet (se nedenfor), $\Gamma(\cdot)$ er gammafunktionen og (A, k) er fordelingsparametre for Weibullfordelingen. Det n -te ordens moment for en stokastisk variabel, X , kan generelt beregnes som:

$$E(X^n) = \int_{-\infty}^{\infty} x^n f(x) dx \quad (7)$$

Ligningerne (4) og (6) som funktion af A og k er fundet udføre integrationen i (7) analytisk.

Eksempel: Middelværdi og varians kan beregnes ud fra ovenstående ligninger. For placeringen på Bornholm med Weibullparametrene $A=9.10$ m/s og $k=1.93$:

$$\mu_{U_{10}} = 9.10 \cdot \Gamma(1+1/1.93) = 8.07 \text{ m/s} \quad (8)$$

$$\sigma_{U_{10}}^2 = 9.10^2 [\Gamma(1+2/1.93) - \Gamma^2(1+1/1.93)] = 18.98 \text{ (m/s)}^2 \quad (9)$$

3. Vindens energiindhold – middel effekt pr. m^2 rotorareal

Vindens bevægelsesenergi som pr. tidsenhed strømmer igennem en flade på 1 m^2 er et godt mål for en mølles potentielle energiproduktion. I princippet bør man beregne vindens energiindhold ud

fra de øjeblikkelige vindhastigheder og dermed inkludere vindens turbulensindhold. Ifølge det Europæiske Vindatlas [4, p. 97] er det dog rimeligt istedet at anvende 10 minutters middelvindshastigheden i beregningerne. Dette skyldes bl.a. at møllers effektkurver altid henføres til 10 minutters middelvindsværdier. Betragtes vindens energiindhold som den mængde bevægelsesenergi der pr. tidsenhed strømmer igennem en flade på 1 m^2 , $E_U [\text{W}/\text{m}^2]$, se evt. [4, p. 99] eller [5, p. 31]:

$$E_U(U_{10}) = 0.5 \rho (U_{10})^3 \quad (10)$$

hvor U_{10} er 10 minutters middelvindhastigheden og ρ luftens massefylde ($\sim 1.225 \text{ kg}/\text{m}^3$). Da vi istedet ønsker at kende middel energiindhold over hele året, må vi medtage bidrag fra alle 10 minutters middelvindhastigheder. Dette bidrag er medtaget i nedenstående ligning:

$$\begin{aligned} E_W &= \int_0^\infty E_U(U_{10}) f(U_{10}) dU_{10} \\ &= 0.5 \rho \int_0^\infty (U_{10})^3 f(U_{10}) dU_{10} \\ &= 0.5 \rho A^3 \Gamma(1 + 3/k) \end{aligned} \quad (11)$$

Det skal bemærkes at energiindholdet i vinden skal korrigeres for møllens placering i landet, idet vindressourcekortet er henført til en vindstatistik på Fyn. Denne korrektion er givet ved landsdelsskorrektionsfaktorerne, som er beskrevet efterfølgende og aflæses på kortet side 6. Når landsdelsskorrektionsfaktorer, LK , benyttes er vindens energiindhold givet ved:

$$\begin{aligned} E_{W,SITE} &= LK \cdot E_W \\ &= LK \cdot 0.5 \rho A^3 \Gamma(1 + 3/k) \end{aligned} \quad (12)$$

Eksempel: For placeringen på Bornholm kan møllens er

$$E_{W,SITE} = 1.01 \cdot 0.5 \cdot 1.225 \cdot 9.1^3 \Gamma(1 + 3/1.93) = 644 \text{ W}/\text{m}^2 \quad (13)$$

4. Vindens energiindhold – middel energi pr. år pr. m^2 rotorareal

Middelårsenergiindholdet [$\text{kWh}/(\text{år } \text{m}^2)$] beregnes let ved tage vindens energiindhold, se (12) og multiplicere med antallet af timer pr. år.

$$E_{AR,SITE} = LK \cdot E_W \cdot 8760 / 1000 \quad (14)$$

Anvendelse af kortet til vindressourceplanlægning

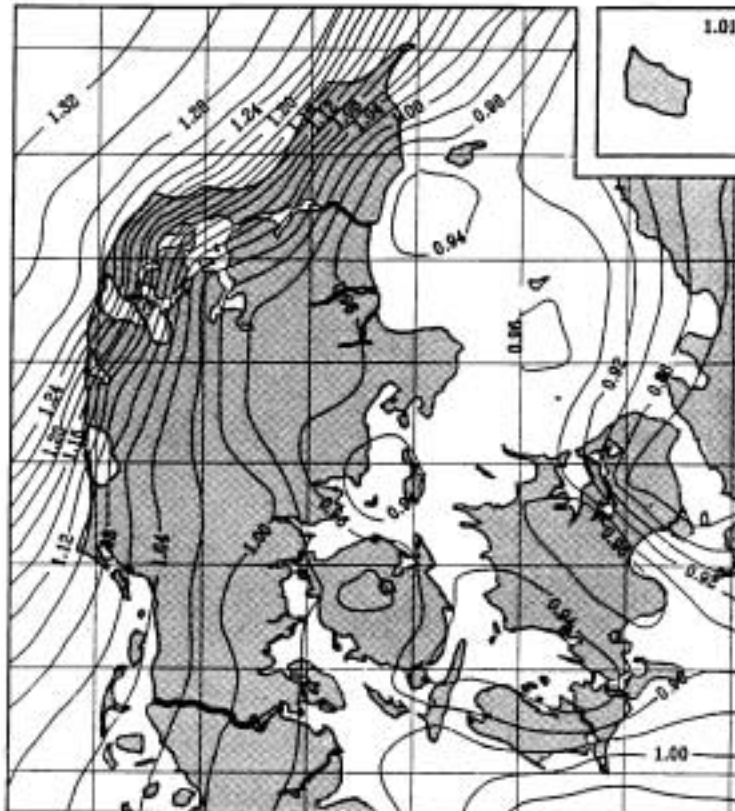
Som deskriptiv parameter for vindressource planlægningsformål bør vindens energiindhold benyttes, idet denne parameter er essentiel for produktionen og dermed økonomien i et vindkraftanlæg. En typisk vindmølle vil typisk udnytte ca. 33% af vindens energiindhold. Da de to parametre der beskriver vindens energiindhold, se ovenfor ligning (12) og (14), som beskrevet ovenfor er proportionale størrelser, er det uden betydning hvilken parameter der anvendes. Ofte benyttes (12) dog til danske og udenlandske vindressourcekort, hvorfor – alene af denne grund - denne anbefales til planlægningsbrug.

Andre parametre der af betydning for vindmølleplanlægningen er f.eks. støjberegninger og skyggekast. Disse kan - for en konkret placering - beregnes med WindPRO og isolinier kan eksporteres til GIS-format. Dette kræver dog licens til programmet. En demoversion af WindPRO er vedlagt på CD-rommen eller kan downloades i en demoversion fra internettet www.emd.dk.

Beregningsbasis

Vinddata og landsdelskorrektioner

Vindressourcekortet er baseret på en vindstatistik fra Beldringe på Fyn. For at inkludere den geografiske variation af middelvindhastigheden over landet (geostrof vinden) benyttes såkaldte landsdelskorrektionskurver udviklet af EMD/Intercon 1992. Disse kurver korrigerer energiproduktionen, således at energiproduktionen for den enkelte mølle er i overensstemmelse med det der forventes på den givne placering. Landsdelskorrektionerne er indarbejdet i dataene. Til 'manuelle' formål kan korrektionerne findes på nedenstående kort, Figur 4:



Figur 4: Landsdelskorrektionskurver for Danmark.

Hvis middelvindhastigheden beregnes på en given lokation ud fra A og k parametrene, se ligning (4), vil der ikke være konsistens med energiproduktionen, se ligning (10) og (12). Dette skyldes, at energiproduktionen beregnes inklusive landsdelskorrektionsfaktorerne medens A og k er udledt af vindstatistikken fra Beldringe på Fyn. For at opnå konsistens mellem middelvind og energiproduktion er der udviklet empiriske formler, således at energiproduktionen modsvarer den middelvindhastighed, der er konstateret i vinden på den præcise geografiske lokalitet. Den empiriske beregningsformel der er inkluderet i beregningerne er:

$$\mu_{U_{10},korr} = 3.7 + 0.0032[-1156.25 + 312.5 \cdot \mu_{U_{10}}] \cdot LK$$

hvor $\mu_{U_{10},korr}$ er den korrigerede vindhastighed
 $\mu_{U_{10}}$ er den originale vindhastighed
 LK er landsdelskorrektionsfaktoren

Data der er gemt i GIS/databasefilen er korrigeret med denne faktor.

Ruheder, bakker og lokale lægiver

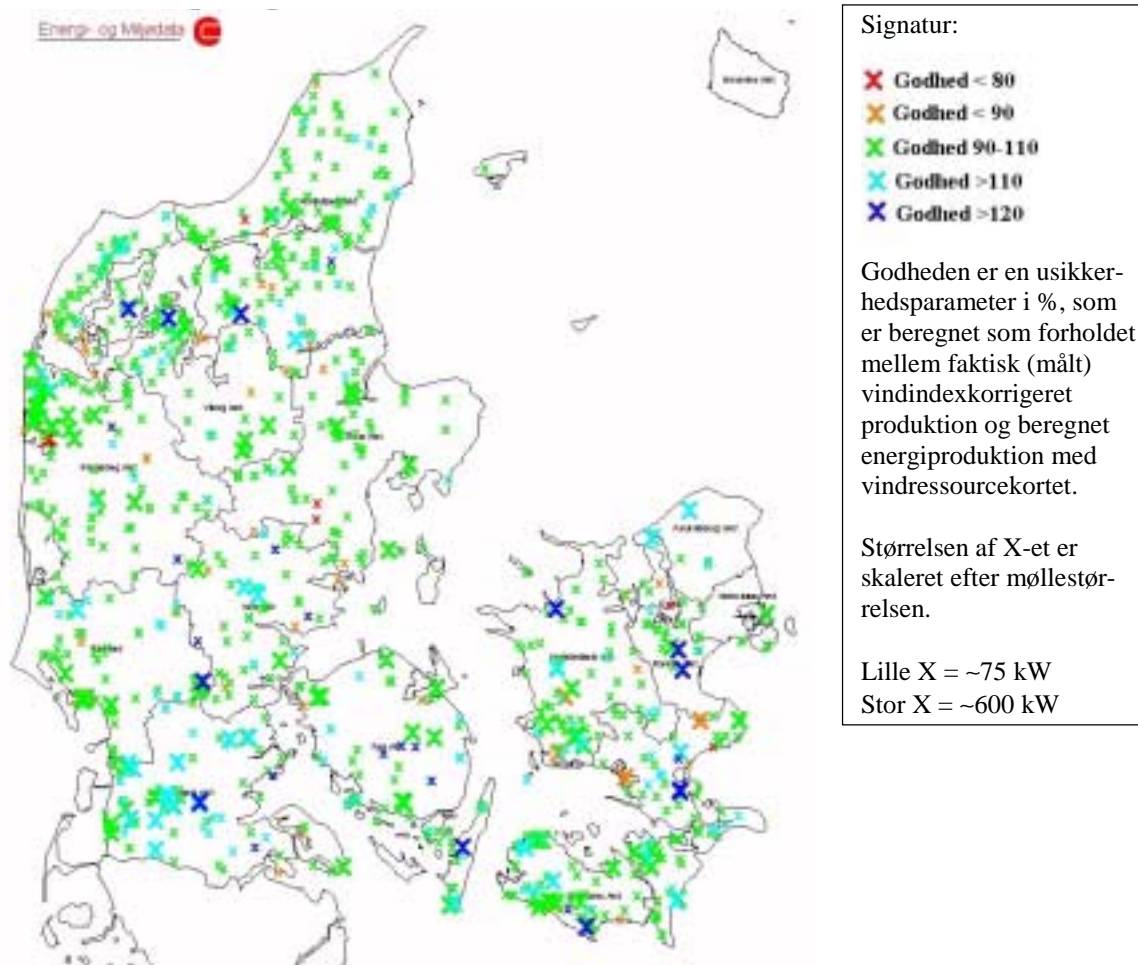
Der er udviklet ruhedskort på baggrund af Kort og Matrikelstyrelsens 2 cm kort (1:50.000) som er skannet i 6 lag og efterfølgende vektoriseret. Disse er omsat til ruhedskort - rekvirer projektets slutrapport [1] for detaljer herom. De elektroniske data er indlæst i forskellige lag, afhængigt af objekttypen:

1. Vand (store og små polygoner)
2. Skov (store og små polygoner)
3. By (store og små polygoner)
4. Trægrupper (punkter)
5. Læhegn (linier)
6. Fritliggende ejendomme - det sorte lag (polygoner)

Kort og Matrikelstyrelsens højdekurver for hver 5 m koter er anvendt. Lokale lægiver er ikke indregnet. Sidstnævnte begrænser primært anvendelsen til husstandsmøller.

Verifikation

Datagundlaget er verificeret gennem kontrolberegninger ved mere end 1200 mølleplaceringer, hvor mere end 80% producerer indenfor +/-10% af det beregnede. På kortet, se Figur 5, er der vist en oversigt over de kontrolberegnete møller.



Figur 5: Verifikation af vindressourcekort med 1268 kontrolmøller.

Begrænsninger og kommentarer

Kortet er vejledende, og beregnet til planlægningsformål. Det må absolut frarådes at basere investeringer i vindkraft alene på ressourcekortets resultater.

Placeringer på havet dækkes ikke af kortet - selv om man kan vise data for visse havområder. Der er en del fejl hvor ruhedskort er sat sammen udenfor landområderne: De nuværende versioner af de anvendte beregningsprogrammer håndterer ikke dette ruhedsskift konsistent, hvilket medfører beregningsfejl over vand.

Ved placering af vindmøller i skovområder eller andre områder med høj bevoksning eller bebyggelse: Her skal generelt påregnes at vindprofilet er 'hævet' det antal meter, svarende til bevoksningen/bebyggelsen er over terræn. Man kan med andre ord fratække 66%-100% af denne højde fra møllens navhøjde for at få retvisende resultat (afhængigt af skovens/bebyggelsens karakter).

Områder med megen fjord giver generelt for højt beregnede produktioner.

Lokal lægivereffekt er ikke medregnet i vindressourcekortet. Placering i nærheden (indenfor ca. 1000 m) af større lægivere (bygninger, skovområder og andet der har en højde, der overstiger navhøjde med mere end ca. 25%) vil give en reduktion i vindforholdene i forhold til vindressourcekortet . Dette har specielt stor betydning ved mindre navhøjder, specielt husstands vindmøller.

Tilsvarende kan placering i nærheden af f.eks. udgravninger og stejle skrænter give specielle effekter, der ikke tages højde for i beregningen.

Der er konstateret enkelte fejl i det højdekurvekort, der anvendes i beregningen. Hvor stort omfanget heraf er, vides ikke, men det er vort indtryk at omfanget er mindre. Man bør derfor påregne mulige fejl i bakkede områder.

Udvikling af datagrundlag og program

Præsentationsprogrammet er programmeret af Michael Frederiksen med bistand fra Jens Villadsen og Jan Lauridsen, alle Energi- og Miljødata. GIS-implementering, rettelser til version 1.2 og dette skrift af Morten Lybech Thøgersen, EMD 2001.

Datagrundlaget er udviklet af Per Nielsen og Lars Bo Albinus, Energi- og Miljødata med bistand fra Risø (Lars Landberg og Niels Gylling Mortensen).

Vindressourcekort for Danmark er udført som projektarbejde af Risø og Energi- og Miljødata 1998/99, finansieret med støtte fra Energistyrelsen, UVE-ordningen, j.nr.: 51171/97-0002. Overførslen til GIS-format er udført i 2000/2001 med støtte fra Energistyrelsens UVE-ordning, j.nr. 51171/00-0004.

Appendiks A Indhold i GIS-databasefilen

Databasefilen (*.dbf) som gemmes sammen med shapefilen (*.shp), indeholder data knyttet til hver polygon i shapefilen. I databasefilen er der gemt centerkoordinat for polygonen samt beskrivelse af vindklimaet i de valgte af 4 forskellige højder: 25, 45, 70 og 100 meter. Hvis der er valgt 'produktion', så tillægges databasefilen en ekstra kolonne. Et eksempel af en databasefilen er vist nedenfor, hvor alle navnhøjder er valgt:

Kolonne nr.	Betegnelse i databasefil	Enhed	Kommentar
1	UTM_Exx eller LATTITUDE	[m]	* UTM-koordinat (øst) for polygoncenter xx betegner UTM-zonenummer alternativ er breddegrad (hvis valgt)
2	UTM_Nxx eller LONGITUDE	[m]	* UTM-koordinat (nord) for polygoncenter xx betegner UTM-zonenummer alternativ er længdegrad (hvis valgt)
3	25WEIA	[m/s]	25 meters højde: Weibull A-parameter
4	25WEIK	-	25 meters højde: Weibull k-parameter
5	25MEANW	[m/s]	** 25 meters højde: Middelvindshastighed
6	25KWHYR	[kWh/(m ² ·år)]	** 25 meters højde: Energiindholdet i vinden pr. m ² pr. år
7	25W/M2	[W/m ²]	** 25 meters navnhøjde: Middel energiindhold i vinden pr. m ²
8	45WEIA	[m/s]	45 meters højde: Weibull A-parameter
9	45WEIK	-	45 meters højde: Weibull k-parameter
10	45MEANW	[m/s]	** 45 meters højde: Middelvindshastighed
11	45KWHYR	[kWh/(m ² ·år)]	** 45 meters højde: Energiindholdet i vinden pr. m ² pr. år
12	45W/M2	[W/m ²]	** 45 meters navnhøjde: Middel energiindhold i vinden pr. m ²
13	70WEIA	[m/s]	70 meters højde: Weibull A-parameter
14	70WEIK	-	70 meters højde: Weibull k-parameter
15	70MEANW	[m/s]	** 70 meters højde: Middelvindshastighed
16	70KWHYR	[kWh/(m ² ·år)]	** 70 meters højde: Energiindholdet i vinden pr. m ² pr. år
17	70W/M2	[W/m ²]	** 70 meters navnhøjde: Middel energiindhold i vinden pr. m ²
18	100WEIA	[m/s]	100 meters højde: Weibull A-parameter
19	100WEIK	-	100 meters højde: Weibull k-parameter
20	100MEANW	[m/s]	** 100 meters højde: Middelvindshastighed
21	100KWHYR	[kWh/(m ² ·år)]	** 100 meters højde: Energiindholdet i vinden pr. m ² pr. år
22	100W/M	[W/m ²]	** 100 meters navnhøjde: Middel energiindhold i vinden pr. m ²
23	UTM_ZONE	-	UTM zone for placeringen
24	PRODUKTI	[MWh/år]	*** Brugerdefineret

Tabel 1: Indhold i databasefil (*.dbf).

*) UTM koordinater er zone 32 med undtagelse af Bornholm der er i UTM zone 33.

**) Parametrene er landsdelskorrigeret, se side 6.

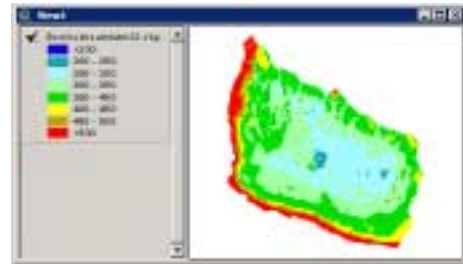
***) Option: Hvis der er beregnet andre data med CD-rom programmet vil denne kolonne blive benyttet. Dette kan f.eks. være energiproduktion for en bestemt størrelse mølle. Således inkluderes denne kolonne alene hvis der er valgt at beregne produktion fra en specifik møllestørrelse.

Appendiks B Reduktion af information ved ændring til større polygoner

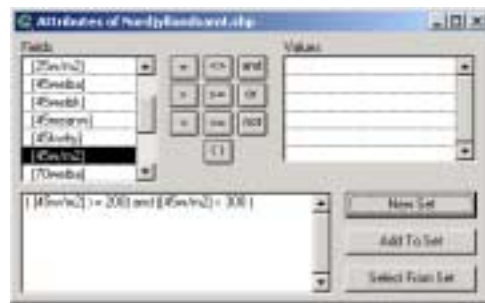
I det efterfølgende beskrives kort en fremgangsmåde, der er anvendelig, hvis det er påkrævet at ændre informationen fra de gemte 200x200 m² rastergis til et net med større polygoner og ensartede egenskaber (f.eks. større intervaller for vindressourcen). Den beskrevne fremgangsmåde er gældende for ArcView GIS 3.2a. Der henvises iøvrigt til ArcView manualen [6].

1. Indlæs en shapefil med tilhørende data (f.eks. BornholmsAmt.shp)
(Kommandoer: File → New Project. New → View → Add Theme)


2. Vælg evt. en passende graduering til at vise de ønskede informationer.
(Kommandoer: Theme → Edit Legend → sæt Legend Type = Graduated Color og Classification field = databasefelt efter Tabel 1, (her: 45W/M2)). Resultatet ses nedenfor.

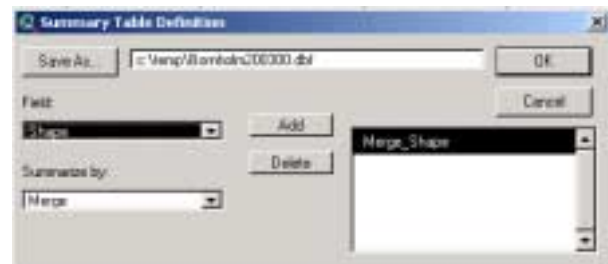


3. Vælg hvilket interval som der sammensatte polygon skal beregnes for ved at vælge de kvadrater der har passende egenskaber (her mellem 200 og 300 W/m²)
(Kommandoer: Theme → Query → Indtast kriterium → New Set)

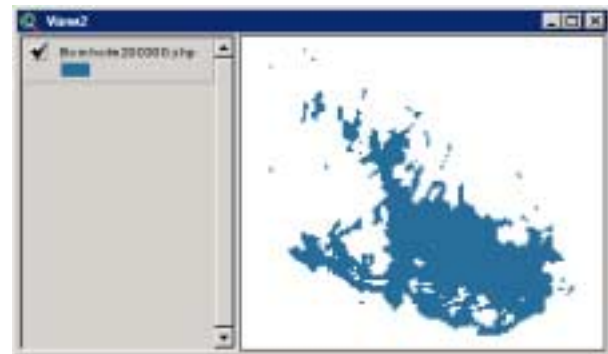


4. Vælg databasevinduet (attribute table). Marker den kolonne, hvor egenskaberne er ens – brug [UTM_ZONE]. (Kommandoer: Theme → Table → Marker på kolonneoverskrift [UTM_ZONE].

5. Tryk på summationstegnet  og indføj samme information som angivet i boksen her til højre. Husk at angive et beskrivende filnavn. Tilføj evt også et felt med gennemsnitlig energiindhold.



6. Tilføj filen som nyt view i ArcView. Energiindholdet er nu mellem 200 og 300 W/m² og polygonerne er samlet.



7. Hvis andre intervaller ønskes, gentag blot pkt. (3) til (6).

Vejledning i anvendelse af programmet Resource_Mapper ver. 1.2

Installation

Programmet installeres på harddisken ved at køre installationsprogrammet *setup.exe* og derefter følge anvisningerne på skærmen. Installationsprogrammet åbner mulighed for, at ArcView shapefiler for de danske amter gemmes direkte på harddisken. Det er muligt at anvende Kort og Matrikelstyrelsens digitale kort i IT-format sammen med Resource_Mapper. Har man modtaget programmet på CD-rom fra EMD findes også andet software på CD-en, som dog kræver licens for at anvende. Kontakt EMD herom.

Vælg først område

Hele Danmark (noget tidskrævende), et amt eller en kommune eller en UTM-afgrænsning. Man kan bygge et ressourcekort op for fx. flere kommuner ved at vælge et område ad gangen.

Vælg herefter (nav)højde

Vælg parameter

Bemærk at W/m^2 samt $kWh/m^2/år$ er hvor meget energi, der i alt passerer gennem en kvadratmeter i valgt højde. En vindmølle udnytter ca. 1/3-del heraf. Vælges produktion, kan man selv specificere en mølletype: Generatoreffekt: fra 150 - 2000 kW, rotordiameter: fra 20 til 90 m, effektregulering: Stall eller Pitch, generatorprincip: Fast omdrejningstal (1 generator) eller Variabel (2 generatorer). Produktionen beregnes herefter via opslag i tabeller beregnet af Helge Petersen [7]. Han har undersøgt et stort antal effektkurver, og ud fra disse opstillet tabeller til beregning af energiproduktion, udelukkende baseret på ovennævnte parametre. Denne metode er ofte mere præcis end anvendelse af en målt effektkurve. For Pitchregulerede møller, er datagrundlaget så begrænset, at der ikke vil være forskel på 1 og 2 generatordrift. Man kan kun vælge møllekonstruktioner indenfor de områder, tabellerne skønnes at dække, dvs. fra ca. 0.30 til 0.60 kW/m^2 rotorareal. Antal farver samt start og slutværdi for de intervaller, man ønsker at præsentere, kan vælges. En lille detalje: Man kan vælge at gøre laveste interval værdi blank - dette kan eksempelvis udnyttes til at tydeliggøre de områder, som er absolut uegnede grundet for ringe vindforhold.

Kort baggrund

Man kan præsentere ressourceværdierne ovenpå et KMS-kort, hvis man har adgang til Kort og Matrikelstyrelsens CD-ROM kort. Kun det såkaldte IT-format understøttes (de 'røde' CD-ROM kort.)

Kort skala

Ved KMS-baggrund kan man vælge en vilkårlig kortskala blandt dem, der findes på CD-ROM med kort. Ved "blank" baggrund, kan en Zoom faktor frit sættes. Her er blot tale om en relativ angivelse.

Beregning

Når alle specifikationer, for hvad man vil se, er givet, klikkes på "Beregn". Når kortet er præsenteret, kan et nyt område vælges og beregnes med de samme parametre og afgrænsninger - eller baggrundskort kan nyvælges eller skaleres. Ønsker man derimod at ændre parametre eller intervalgrænser, skal man først slette det, der er tegnet.

Gem

Man kan gemme som .BMP, .JPG og .BMI format. BMP er det mest "gængse" windowsformat og kan læses fra stort set alle Windows programmer. JPG er væsentlig bedre komprimeret og filerne fylder derfor kun en brøkdel af .BMP filerne. JPG kan i øvrigt med fordel anvendes, hvis filer skal læses fra fx. MAC computer eller sendes over internettet. BMI formatet kan direkte anvendes fra WindPRO vindmølleprojekteringssoftware fra Energi- og Miljødata. Man kan da anvende vindressourcekort som baggrund ved fx vindmølleplanlægning i en kommune eller ved energimæssig optimering af layout for et vindmølleområde. Man kan gemme enten det man ser på skærmen eller et antal skærmområder. BEMÆRK: ved flere skærmområder, startes i øverste venstre hjørne - dvs. man skal placere kortet, så det, der ses i øverste venstre hjørne er det man vil have som øverste venstre hjørne af den fil, man danner. Hvis man ikke har KMS-kort som baggrund, kan der være problemer med sammensætningen af delkortene.

Eksport til GIS

Tryk på denne knap eksporterer det valgte område til GIS-format (en shapefil, en indexfil og en tilhørende databasefil). Inden beregningen gennemføres vælges der koordinatsystem samt de navnhøjder der ønskes eksporteret. Det er ikke nødvendigt at have gennemført beregningen først. For en beskrivelse af de valgte eksporterede parametre, se Tabel 1. Hvis der er valgt produktion fra en specifik mølle, så inkluderes et ekstra felt i databasefilen. Her gemmes produktionsdata fra den specifikke mølle: enhed [MWh/år]. Bemærk venligst, at eksport til GIS af store områder, f.eks. amter, stiller store krav til den virtuelle hukommelse i computeren. PC-en bør have mindst 128 Mb ram.

Lidt hjælp til beregning af et helt Danmarkskort

Hvis du vil lave et helt Danmarkskort med en rimelig opløsning, bør du gøre følgende: Sæt PC skærmopløsning til: 1280x 1024 pixel. Maksimer ressourcekort vindue. Vælg baggrundskort 1:500.000, Zoom 50% Sæt beregning i gang natten over. Test først på udvalgte kommuner, at du har de rigtige intervalværdier. Når beregning er klar:(næste morgen): Placer øverste venstre hjørne af KMS kort i øvre venstre skærmhjørne ved at skubbe kort. (tager noget tid pga. gentegning når der skubbes sørg for at trække helt fra det ene til det modstående hjørne i eet træk). Gem med 5 skærbilleder nedad og 3 skærbilleder hen ad så får du hele DK excl. Bornholm i een fil. Kør herefter Bornholm Amt alene. Evt i en zoom 100%. Gem kun eet skærbillede med Bornholm så får du overskrifter og tegnforklaringer med. Tag de to filer ind i et billedbehandlingsprogram, f.eks. Paint Shop Pro. Klip tegnforklaring ud fra Bornholm, gem som fil, resize til 200%, klip og sæt ind på kort. Tag selve Bornholm og reducer til 50% (hvis du har kørt Bornholm i 100% tidligere) Klip Bornholm ud og sæt ind på DK kort.

Referencer

- [1] Mortensen, N.G.; Rathmann, O.; Landberg, L.; Jensen, G. & Petersen, E.L.: *Wind Atlas Analysis of 26 Danish Stations (1987-96)*, Risø-R-1092(EN), ISBN: 87-550-2492-0 (p.t. ikke afsluttet)
- [2] *Internet hjemmeside for Informi GIS*, www.informi.dk. Se under Produkter / Informi Programmer.
- [3] *Internet hjemmeside for Environmental Systems Research Institute, Inc (Esri)*, <http://www.esri.com>.
Anvend den seneste version af programmet, p.t. version 3.0.
- [4] Troen, Ib & Petersen, Erik Lundtang: *European Wind Atlas*, Risø National Laboratory, 1989, ISBN 87-550-1482-8.
- [5] Petersen, Erik Lundtang; Troen, Ib & Frandsen, Sten: *Vindatlas for Danmark*, Risø, August 1980, ISBN 87-550-0702-3.
- [6] Environmental Systems Research Institute: *ArcView GIS*, 1996 (Manual til version 3.2a).
- [7] Petersen, Helge: *Comparison of Wind Turbines Based on Power Curve Analysis*, Helge Petersen Consult, Dartup Associates Ltd, February 1998.