

Analyse af foranderlige vindmøllelandskaber

Bernd Möller

Vindmøllernes visuelle landskabspåvirkning er blevet et nøglebegreb for den haltende udvikling på området, efter at man i knap 30 år med kommerciel vindenergi i Danmark har haft befolkningens næsten ubetingede accept. Vindenergien dækker i dag 20 % af Danmarks elforbrug, hvilket skyldes bl.a. lokale vindmølleprojekters økonomiske forankring i vindmøllelaug, en sammenhængende planlægning og vindenergiens grønne image. Således har vindmøllernes voksende størrelse indtil for ganske kort tid siden ikke udgjort et egentligt problem. Nu ser det ud til at en grænse er nået. Der er flere bud på problemets oprindelse. Er det virkelig manglende tolerance overfor en ny generation endnu højere vindmøller? Er vindmøller blevet fremmedgjort i de senere år? Har vores værdisætning af landskabet ændret sig?

Baggrund

Et igangværende forskningstema ved Aalborg Universitet søger at nærme sig problematikken fra en geografisk, analytisk vinkel. Vindmøllerne i antal og størrelse, landskabets topografi, samt arealanvendelsen og befolkningens bosætning i landområderne er faktorer som præger vindmøllernes visuelle påvirkning. Denne påvirkning er højst subjektiv og svær at måle på en skala. Alligevel skal det her forsøges at skabe en kvantitativ sammenhæng mellem vindmøllernes placering og menneskers visuelle påvirkning samt landskabets udnyttelse.

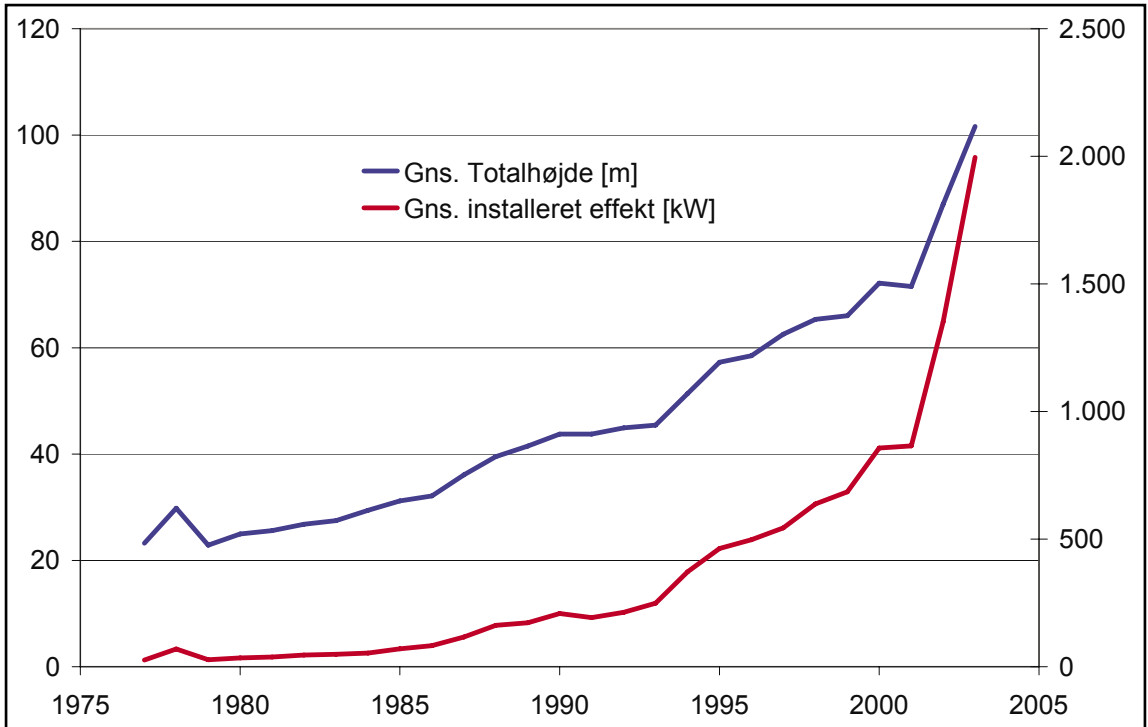
Landskaber forandrer sig i takt med at skove rejses, veje bygges og mennesker bosætter sig. Mennesket forandrer typisk landskaber meget hurtigere end naturlige processer. Vindmøllelandskabet forandrer sig i takt med at vindmøller bygges og nedtages på forskellige tidspunkter, lokaliteter og i uens antal og størrelser. Alt i alt er der ifølge Energistyrelsens Stamdataregister for Vindmøller blevet bygget rundt regnet 7.000 moderne vindmøller i Danmark siden 1977 med en samlet effekt på 3.300 MW. Året 2000 var det år med det største antal vindmøller her til lands med 6.300 møller på i alt 2.400 MW. Indtil den 1. januar 2007 har man nedtaget 2.000 gamle møller. Man kan altså anse vindmøller i landskabet som noget midlertidigt; dette betyder for analysen af landskabspåvirkningen, at denne ikke er konstant men i permanent forandring. Det er måske snarere takten og hastigheden af landskabsændringen, der opleves negativt, ikke så meget forandringen selv. Naturligvis skal man se bort fra forhold

som støj, skygge og umiddelbar nærhed, som planlægningen normalt tager højde for.

Vindmøllernes tekniske udvikling har gjort at deres effekt i gennemsnit fordobledes hvert 4. til 5. år, mens totalhøjden har set en fordobling kun hvert 10. til 12. år, se figur 1. Vindmøllernes specifikke elproduktion stiger; dermed bruges mindre areal til produktion af energi, samt at produktionsomkostningerne pr kWh falder. Det er blevet foreslået at gå tilbage til mindre vindmøller for at reducere indvirkningen på miljøet, men hvis man samtidig vil have en omkostningseffektiv elforsyning, er dette en dårlig idé.

Synlige møller

Den visuelle påvirkning, en vindmølle har på et landskab, fladt eller bakket, samt dets beboere, kan kortlægges ved hjælp af højdemodeller og beregningen af rasterbaserede synlighedsoplade, som ved hjælp af kontinuerlige flader kortlægger om et objekt er synligt fra alle andre steder i landskabet eller ej. Der er mange faktorer, som påvirker denne analyse af såkaldte viewsheds. Landskabet i de almindelige digitale højdemodeller er bart af skove, bygninger og hegn; atmosfæriske effekter er udelukkede; synligheden er strengt binært (synligt eller usynligt); og selvom noget er synligt under disse forhold, så er det typisk langt fra målbar synlighed til subjektiv visuel påvirkning. Desuden er det nødvendigt at sætte synlighed i forhold til den fiktive betrægters tærskel for, hvornår synlighed bliver til irritation. Derfor gennemføres viewshed-analyser med forskellige maksimale afstande, som er en funktion



Figur 1. Vindmøllernes gennemsnitlige installerede effekt er blevet øget med en faktor 100 gennem de sidste 30 år, mens totalhøjden er blevet femdoblet.

af møllernes synlige areal i kvadratvinkelsekunder. Vindmøller vil således kun forårsage en visuel påvirkning inden for denne radius. Forsøg af Ian D. Bishop (2002) viser, at denne tærskel er ret udpræget, hvorfor det er realistisk at arbejde med en absolut grænse snarere end en kontinuerlig aftagende visuel påvirkning med afstanden.

Synlig påvirkning som model

En GIS-baseret model er blevet bygget dækkende det gamle Nordjyllands Amt for at modellere den visuelle tilstedeværelse af vindmøller i området mellem årene 1990 og 2003 samt for året 2010. Data for vindmøllerne blev hentet fra Energistyrelsens løbende opgørelse af vindmøllerne og deres væsentlige attributter, herunder opstillingsdato, eventuelt nedtagningsdato, rotordiameter, navhøjde og naturligvis den enkelte mølles placering. Højdemodellen er baseret på KMS' 10m

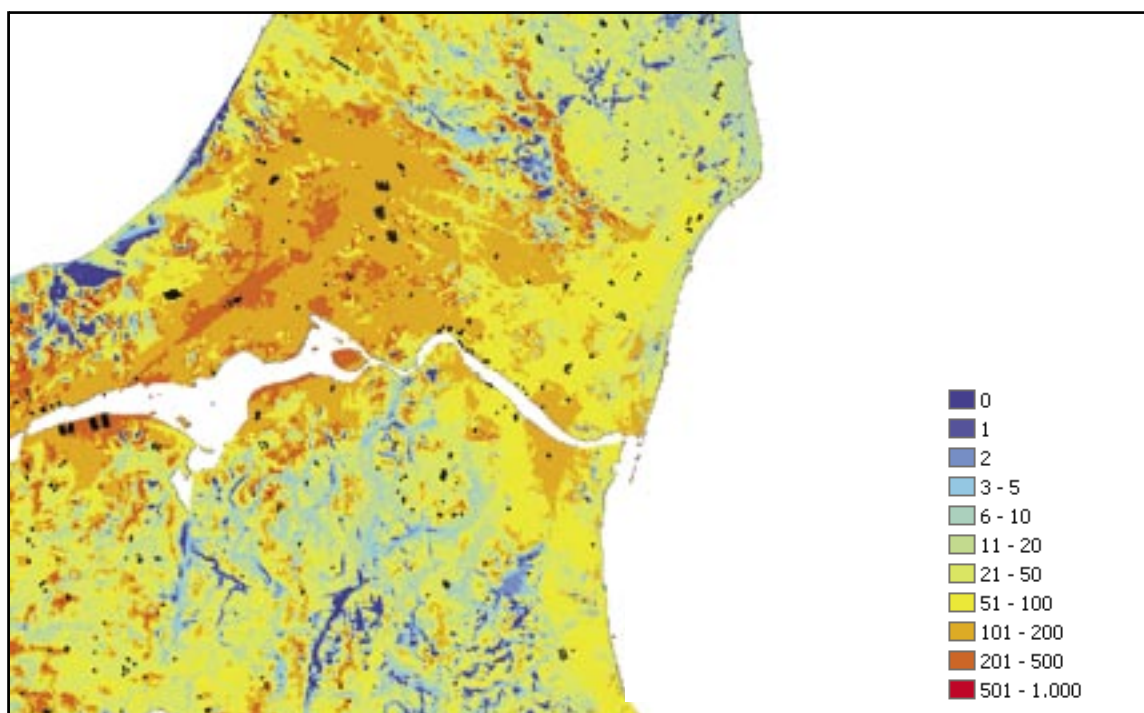
rastermodel, som er blevet udvidet med en 30 km bufferzone for at imødekomme randeffekter og resamlet til 100 m cellestørrelse for at lette beregningen. Den hermed inducerede fejl er ganske signifikant, men da projekter mere handler om at sammenligne end at producere absolutte tal, er dette underordnet indtil videre. Det er værd at bemærke at cellestørrelsen er langt mere kritisk ved beregningen af viewsheds i et stærkt kuperet eller skovdækket landskab end selve højdeværdien. Modellen leverer kumulative viewsheds, hvor rastercellernes talværdier svarer til antallet af synlige vindmøller.

En række valgte beregningsforudsætninger indgik i modelleringsarbejdet. Nuværende møller udskiftes automatisk når deres levealder har nået 20 år. Nye møller etableres i perioden 2007-2010 således at elproduktionen er den samme som i 2003. De nye

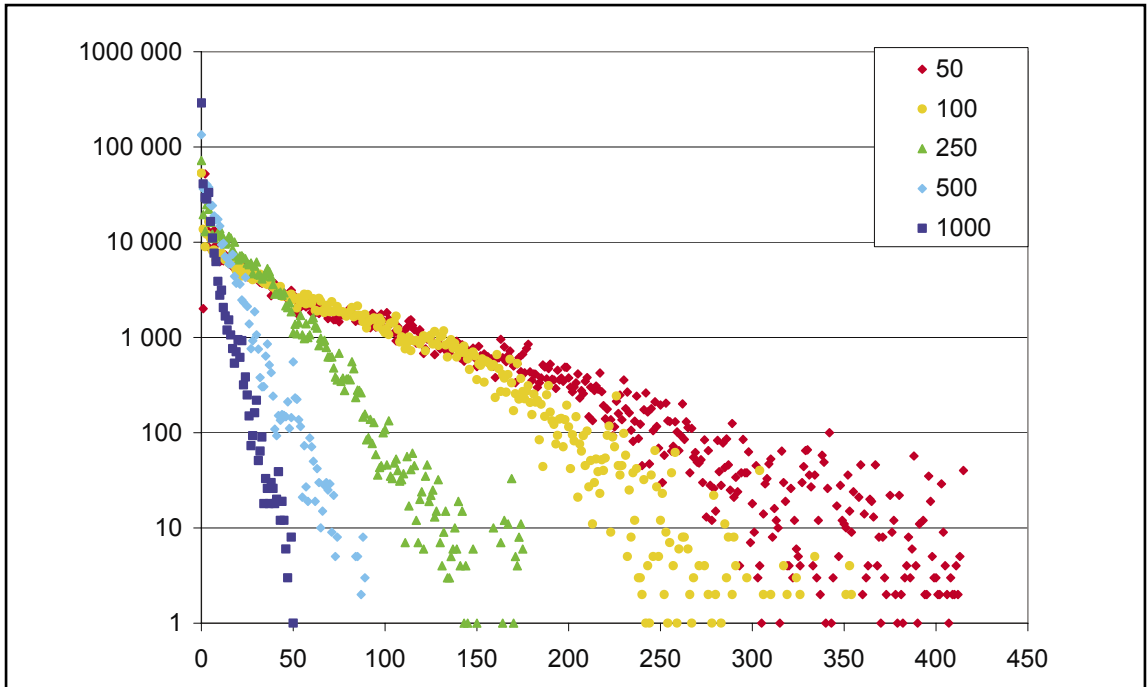
møller etableres udelukkende i de regionale vindmølleområder i Aalborg Østhavn, ved Brønderslev og Løgstør. Her er der delvist tale om udskiftning af eksisterende vindmølleparker. For hvert scenarieår blev de ved årets udgang eksisterende møller udpeget til et nyt tema. For hver vindmølle beregnedes de ydre radier som funktion af en tærskelværdi for visuel påvirkning og møllens maksimalt synlige tværsnitsareal. Tærskelværdien er vindmøllens tværsnitsareal i vinkelstørrelse i anden potens, målt i kvadratbueminutter. Dermed etableres et fast trigonometrisk forhold mellem størrelse og afstand. Tværsnitsarealet for tårn, rotor og nacelle beregnedes gennem en regression af typiske møllers geometri gennem tiden. Møllernes kote stammer fra højdemodellen, mens betragterens øjenhøjde blev sat til 2 m. Et resultat af en så-dan kumulativ viewshed-flade vises i figur 2.

Modellens spændvidde

Befolkningstal i form af kvadratnetdata venligst udlånt af BVL-projektet ved Henrik HarderHovgesen ved Aalborg Universitet og arealanvendelse fra Arealinformationssystemets arealdækkkort konverteret til et rastertema er blevet knyttet til viewshed-flader for årene 1990, 1997, 2003 og 2010 og beregnet for tærskelværdier på 50, 100, 250, 500 og 1000 kvadratbueminutter ved hjælp af zonebaseret statistik. Årene blev valgt med følgende overvejelser. Før år 1990 fandtes der kun få og små vindmøller, men først omkring 1990 tog udviklingen fart. En vindmølle havde på dette tidspunkt en effekt på 250 kW, en rotordiameter på 25 m og en totalhøjde på 42 m. Omkring årtusindskiftet tog udviklingen yderligere fart med markedsføringen af megawatt-møllerne, som havde en generatoreffekt omkring de 1000 kW, en rotordiameter på ca. 54 m og en totalhøjde på over



Figur 2. En viewshed-flade for en del af Nordjylland, hvor det antal synlige vindmøller er blevet beregnet for året 2003 og en tærskelværdi på 250 kvadratbueminutter.



Figur 3. Antal synlige møller for det kumulative befolkningstal i en logaritmisk fremstilling for de fem tærskelværdier og for året 2003.

80 m. Denne forøgelse og det faktum at der blev installeret et større antal møller af denne størrelse havde ganske stor effekt på møllernes synlighed. Efter år 2000 trådte dog nye regler for afregning af vindmølle-produceret el i kraft, hvilket har resulteret i at der kun blev bygget ganske få landbaserede møller efter 2003. Siden år 2000 blev desuden sat mange udskiftningsprojekter i gang, og tusindvis af gamle møller forsvandt fra landskabet. Tanken var således at disse fakta måtte afspejle sig i en analyse af alle vindmøllers synlighed i landskabet.

En gennemgang af viewshedfladerne viser at, vindmøllernes synlighed i landskabet har været voksende i hele perioden frem til 2003, uanset tærskelværdi. Små tærskelværdier på 50 eller 100 kvadratbueminutter, forbundet med høj følsomhed over for vindmøller, betyder at store dele af Nordjylland er påvirket af vindmøllerne, på nær dalene i Himmerland,

Han Herreds kyst samt det flade landskab syd for Skagen. Store tærskelværdier på 500 og 1000 kvadratbueminutter påvirker kun vindmøllernes umiddelbare nærhed. Interessant er, at udskiftningsscenarioet markant øger de store tærskelværdiers påvirkning af landskabet. Figur 3 viser for året 2003, hvordan det store antal indbyggere i regionen kun påvirkes af ganske få vindmøller til dagligt. Ved lave tærskelværdier er der omkring en promille af befolkningen, som "ser" mere end 50 % af det maksimalt mulige antal møller. For en detaljeret statistisk gennemgang henvises til artiklen (Møller, 2006).

Konklusioner

Inden konklusioner kan træffes, kræver den her præsenterede metode, at man accepterer denne slags "mekanistiske" syn på landskabet i det omfang, det anvendes for komparative analyser mellem flere scenarier og ikke nødvendigvis til at frembringe absolutte sandheder. Model-

len kunne forbedres på flere måder ved at gøre landskabsrepræsentationen mere virkelighedstro, ved at arbejde med distance decay funktioner at synligheden såsom Skov-Petersen og Snizek (2007) har foreslået, ved at arbejde med spørgeskemaundersøgelser af vindmøllernes lokale accept i stedet for deterministiske demografiske data, eller ved at inkorporere "fuzziness" i vurderingen af visuel påvirkning.

Ud fra resultaterne kan der trækkes en række konklusioner med betydning for den videre udvikling på vindmølleområdet. For det første betyder afviklingen af mange gamle møller, at den samlede mulige landskabspåvirkning er på tilbagegang. At man får en samlet set mindre synlighed skyldes at de færre og større møller som bygges – forudsat at udskiftningsprogrammerne tager fart – koncentrerer i nogle få områder, såsom at den regionale vindmølleplanlægning har lagt op til i lang tid. Det næste indtryk, som bliver hængende er at vindmøllernes synlighed ændres uhomogent. Nogle områder kommer til at blive mere udsat, mens synligheden over det hele aftager. Oprydningen i landskabet kommer altså til at ramme skævt. Få mennesker kommer til at se meget mere til vindmøllerne mens det store flertal i fremtiden ikke længe har vindmøller i landskabet som en daglig oplevelse. Bortset fra at nogle områder dermed må bære lasten for en fortsat udvikling af vindenergien, vil dette ganske sandsynligvis føre til en fremmedgørelse af vindmøller og underminere den generelt positive holdning, befolkningen har til vindmøller.

Man kan desuden se ud fra denne kvantificering af landskabspåvirkningen, at mennesker

med en generelt dårlig holdning overfor vindmøller vil få deres fobi bekræftet fordi møllerne bliver mere synlige i dette synlighedssegment. Omvendt vil folk med større accept af vindmøller i landskabet – tilhørende den store del af befolkningen, som ikke ser vindmøller dagligt – se færre af dem. At man således ikke længere bliver "mindet om" at vindmøller er en naturlig del af landskabet, bidrager til fremmedgørelsen. I forvejen er danskernes viden om energi ret begrænset, og de små vindmøllers forsvinden fra det daglige samt deres erstatning med store møller i ofte industripåvirkede kommer måske til at rykke billedet. I den nuværende krise i udviklingen af landbaseret vindenergi kan vi måske lære af en vurdering af den regionale landskabspåvirkning gennem tiderne. Især den ønskede koncentration af vindmøller og fjernelsen af mange små vindmøller burde revurderes.

Referencer

- Bishop, Ian D.: Determination of thresholds of visual impact: the case of wind turbines. Environ Plan B: Plan Des 29 (2002) 707-18.
- Möller, Bernd: Changing wind-power landscapes: regional assessment of visual impact on land use and population in Northern Jutland, Denmark. Applied Energy 83 (2006) 477-494.
- Skov-Petersen, Hans og Snizek, Bernhard: To see or not to see: Assessment of Probabilistic Visibility. Proceedings, 10th AGILE International Conference on Geographic Information Science 2007 Aalborg University, Denmark.

Om forfatteren:

Bernd Möller er lektor i geospatial analyse og modellering og tilknyttet forskningsgrupperne for Energiplanlægning og for Geografi ved Institut for Samfundsudvikling og Planlægning, Aalborg Universitet. E-mail: berndm@plan.aau.dk