

Onderbouwing

1. Nederland in de Europese discussie

Wind is een van de belangrijke toekomstige energiebronnen van Europa. Andere duurzame alternatieven zijn op grote schaal niet direct beschikbaar of duur. Bovendien is de maatschappelijke houding tegenover wind als energiebron over het algemeen positief. Het publiek ziet wind als een schone en duurzame energiebron.

Vergeleken met de rest van Europa beschikt Nederland over een gunstige geografische uitgangspositie voor windenergie. Nederland is nu al een van de grootste producenten, zeker naar oppervlakte gemeten; in 2007 stond het Nederlandse opgesteld vermogen in Europa op de achtste plaats. Bovendien beschikt Nederland over gunstige ruimtelijke omstandigheden om meer windenergie te leveren dan het zelf consumeert. Daarbij heeft de ruimte op zee het grootste potentieel.

Richtlijnen van de Europese Commissie dwingen alle lidstaten om serieus te investeren in duurzame energie. Onderdeel van de richtlijnen is de nadrukkelijke wens om te spreiden over de verschillende duurzame bronnen. Landen moeten niet een eenzijdige keuze maken voor bijvoorbeeld alleen zonne-energie, alleen waterkracht of alleen windenergie. Europa streeft juist een breed pakket aan duurzame energiebronnen na. Op die manier maakt zij zich minder kwetsbaar voor onderbrekingen in de levering en minder afhankelijk van andere continenten.

Welke energiebronnen Europa in de toekomst zullen voorzien van energie, staat van te voren niet vast. De eerste reden daarvoor vormen de discussies over het begrip duurzaamheid. De uitkomsten van deze discussie kunnen leiden tot andere voorkeuren voor energiebronnen. Zo lopen de meningen sterk uiteen over de vraag of bijvoorbeeld kernenergie duurzaam is. Ook biomassa staat als energiebron ter discussie, omdat deze energiebron zonder verdere eisen aan de teelt van gewassen grote schade aan de natuur en aan de menselijke voedselproductie kan inhouden (Wiesenthal 2006).

De tweede reden is dat sommige energievormen zich nog in de ontwikkelingsfase bevinden, maar wel een goede kans maken om op langere termijn een belangrijk deel van de energie in Europa te leveren. Mogelijke kanshebbers zijn kernfusie en golfslagenergie. Beide energiebronnen zijn meer berekenbaar dan windenergie en kunnen op termijn meer vermogen leveren. Deze methoden zijn nu echter nog niet commercieel inzetbaar.

Windenergie zal de komende decennia al een relevante bijdrage leveren aan het energiepakket van Europa, en waarschijnlijk ook daarna (Chandler e.a. 2004; European Environment Agency 2008). Het Europese publiek ziet windenergie als een schone, duurzame bron van energie. Wind is beschikbaar en wordt op grote schaal ingezet, niet alleen in Europa maar ook in China, India en de VS. Windtechniek, de zoekrichtingen voor verbetering en de mogelijke uitkomsten zijn goed bekend (Menkveld e.a. 2004). Op dit moment moet de installatie van windmolens nog gesubsidieerd worden, maar schaalvergroting en lessen uit de praktijk zullen de prijs verder doen dalen. Naar verwachting wordt windenergie op land in de komende tien jaar ook zonder subsidie rendabel; voor windmolens op zee duurt dat zeker nog tot na 2020 (Verrips e.a. 2005).

De totale theoretische beschikbaarheid van wind in Europa is ruim genoeg om heel Europa van elektriciteit te voorzien (European Environment Agency 2008; Eerens e.a. 2008). Zouden windmolens gebouwd mogen worden op alle locaties waar voldoende wind is, dan zou het opgesteld vermogen in 2020 veertig keer de jaarlijkse elektriciteitsconsumptie van Europa bereiken. Wordt daarvan slechts het

rendabele deel opgesteld, dan bedraagt het theoretisch potentieel voor 2030 nog altijd 35 keer de verwachte elektriciteitsconsumptie in dat jaar.

Het potentieel van windenergie is verdeeld over land en zee. De grootste capaciteit voor windenergie ligt op zee. Daar gelden minder maatschappelijke obstakels en ligt de windsnelheid hoger (Gordijn 2003). De bouw van molens op zee kwam de afgelopen tien jaar in vrijwel heel Europa nog niet echt op gang. Dat heeft vooral te maken met de kosten. De kosten om windenergie op zee op te stellen en naar land te krijgen, zijn twee keer zo hoog als die voor windenergie op land. Inmiddels zijn Engeland, Duitsland, Noorwegen en Ierland met een inhaalslag bezig (Evers e.a. 2006).

Nederland heeft gunstige omstandigheden om windenergie te oogsten. Ons land levert een benedengemiddelde prestatie voor duurzame energie (2,5% in 2004; Mertens e.a. 2007). Landen die hoger scoren, zijn rijkelijker bedeed met natuurlijke bronnen, zoals waterkracht of geothermische bronnen. Nederland heeft dat soort voordelen niet, maar voor wind liggen de verhoudingen gunstiger.

Nederland ligt in een driehoek over Europa, waar de geschiktheid hoger is dan gemiddeld (zie figuur 1). De driehoek ligt tussen Vigo (PT), Tallinn (EE) en Aberdeen (SCO). De geschiktheid in deze zone is een functie van de windsnelheid, het huidige bodemgebruik en kosten voor installatie. Gezien zijn ligging, belooft vooral de Noordzee veel voor de toekomst. Met alle praktisch beschikbare capaciteit zou Nederland zelfs exporteur van duurzame energie kunnen worden (Eerens e.a. 2008).

In absolute termen is Nederland eind 2007 een van de acht grootste producenten van windenergie; naar oppervlakte gemeten zelfs een van de drie grootste producenten (ESRI, EWEA 2008; bewerking RPB). In Nederland stonden eind 2007 1.867 windmolens, waarvan 36 op zee (Langenbach 2008) (zie figuur 2). Het totale opgestelde vermogen op land was 1.544 MW en op zee 108 MW.

2. Ruimtelijke regels

Voor de plaatsing van windmolens op land zijn de planologische voorwaarden genoegzaam bekend. Windmolens brengen het meeste op op locaties waar het vaak en stevig waait, maar ze mogen niet in de weg staan van bijvoorbeeld luchtvaart, radar of natuur. Daarnaast mogen ze niet voor fysieke overlast zorgen voor omwonenden, bijvoorbeeld door geluidhinder, verhoogd risico of zichthinder (slagschaduw, schittering). Ook in het buitenland worden vergelijkbare criteria gehanteerd, zoals bij de regionale geschiktheidanalyses voor windmolens in Frankrijk (ADEME 2003).

Langs deze weg zoekt de Landelijke Uitwerking Windmolens (LUW) enerzijds naar locaties waar windmolens onder gunstige omstandigheden in grootschalige parken kunnen worden geplaatst en anderzijds naar manieren om verrommeling tegen te gaan. In de ateliers van dgR worden de mogelijkheden onderzocht om planologische voorwaarden cartografisch te stapelen. Dit zou een eindkaart moeten opleveren met de mogelijkheden van windenergie voor heel Nederland. Maar is zo'n kaart op nationale schaal wel werkbaar?

Windmolens kunnen in de huidige situatie niet zonder meer overal geplaatst worden. Naast technische en economische beperkingen zijn ook ruimtelijke regels van invloed op de plaatsingsmogelijkheden. Bestemmingsplannen leggen de locatie van windmolens vast. Voor het aanwijzen van een nieuwe locatie moet de bestemmingsplanprocedure doorlopen worden, en deze is aan ruimtelijke regels gebonden.

Ten eerste zijn er gebieden die wettelijk van molens worden uitgesloten. Een van de grootste uitsluitinggebieden is de Waddenzee. Een Planologische Kernbeslissing (pkb) sluit dit gebied uit van deze vorm van energiewinning (Vierde deel PKB Derde Nota Waddenzee, 3.2 lid I). De pkb gaat zelfs zo ver dat er in de omgeving van het pkb-gebied beperkingen gelden. Daar zal per geval moeten worden bekeken wat de mogelijkheden zijn om windmolens in het gebied te passen. Windturbines nemen hier een aparte positie in. Andere (stedelijke) bouwwerken in de omgeving van Den Helder, Harlingen, Delfzijl en de Eemshaven zijn wel toegestaan, mits ze in de bestaande *skyline* passen.

Ten tweede zijn er beperkingen die voortkomen uit een al bestaande functie die in belang voorgaat, of uit de situatie dat de bestaande externe veiligheid zal verslechteren (Braam e.a. 2005). De wetgeving legt beperkingen op aan het bouwen van grote windmolens in drukke binnensteden in verband met mogelijke ongelukken. Ook de lucht- en scheepvaart, radar, straalverbindingen, kabels en leidingen, infrastructuur, bouwwerken, hoogspanningsleidingen en dijken leggen lokaal beperkingen op aan de plaatsing van windmolens.

Te snelle acceptatie van deze hinder als afwijzingsgrond belemmert echter creatieve oplossingen voor lokale problemen. Zo leek de plaatsing van windmolens bij de NEREFSCO-raffinaderij in eerste instantie niet mogelijk vanwege de risicocontour. Na aanpassing van het ontwerp (aanbrengen van verstevigingen in de toren) bleek het toch haalbaar op deze locatie negen windmolens te plaatsen van in totaal 22,5 MW.

Ten derde kan de plaatsing van windmolens worden beperkt door de bescherming van gebieden en diersoorten. Beschermde stads- en dorpsgezichten en monumenten worden geconserveerd vanwege hun specifieke uiterlijk. Regels bepalen wat daaraan mag veranderen. Soms zijn die regels minder hard, zoals bij de Belvédèregebieden, en is het aan de lagere overheden om de bescherming te interpreteren. Meestal gebieden de beleidsregels zorgvuldigheid, maar sluiten ze windmolens niet op voorhand uit.

Zo moet in beschermde natuurgebieden worden vastgesteld dat de komst van windmolens niet tot significante schade leidt (Nota Ruimte, art. 6.2 en 6.3). Daarmee is echter niet gezegd dat de Habitatgebieden zonder meer uitgesloten zijn van de plaatsing van windmolens. Als de aantasting van de soorten niet significant is en bovendien niet bewezen is, kan toch worden overgegaan tot plaatsing van de windmolens. Zo maakt het bezoekerscentrum Mijl op Zeven in het beschermde gebied De Peel gebruik van een aangepaste kleine windmolen om op energiegebied *selfsupporting* te zijn. Zelfs als de schade wel significant zou zijn, dan nog kunnen de windmolens geplaatst worden. Wel moeten de doelen van Natura2000 dan gecompenseerd worden.

Ook Nationale Landschappen sluiten in de praktijk geen windmolens uit (zie figuur 2). Binnen de grenzen van de Nationale Landschappen staan meer dan 130 windmolens. In totaal vertegenwoordigen zij een opgesteld vermogen van bijna 100 MW (bijna 7% van het nationaal opgestelde vermogen). De hoogste molen in de Nationale Landschappen is 85 meter, en de krachtigste molen heeft een vermogen van 3 MW. Van alle 30 windmolens met een vermogen van 3 MW op land staan er in Nederland hooguit vier niet in het zicht van de Nationale Landschappen.

Ten vierde kunnen omwonenden van beoogde locaties bezwaar maken tegen windmolens, omdat zij hen fysieke overlast kunnen bezorgen. Erkende vormen van

overlast die tot uitsluiting kunnen leiden, zijn zichthinder (schaduw, schittering, flikker) en geluidhinder.

Ten slotte kunnen de bestemmingsplanwijzigingen stuiten op inspraak over ervaren verlies aan omgevingskwaliteit of landschappelijke kwaliteit. Anders dan bij directe visuele hinder gaan deze bezwaren over de beleving van bijvoorbeeld het eigen woongenot, of over het bederf van waardevolle landschappen, ook wel verrommeling genoemd.

De bestemmingsplanprocedures maken het verplicht om rekening te houden met alle bovenstaande argumenten. Voor- en tegenstanders blijken in de praktijk in staat hun zienswijze te laten toetsen voor het bestemmingsplan. Daarna kunnen zij zich nog beroepen op de Raad van State; een procedure die bijna standaard is geworden. Dit leidt in de staande praktijk tot aanpassingen, verplaatsingen en afwijzingen van de plannen voor windmolenparken. De aanpassing van het Evelop-plan voor Vlissingen-Oost (in het originele plan WinWind waren molens voorzien van 45 meter hoger), de keuze van de gemeente Hardenberg om een zoeklocatie voor windmolens te verplaatsen van de Dedemsvaart naar het industrieterrein Broeklanden, en de afwijzing van de gemeente Zevenbergen (onder meer na de argumentatie van Natuurmonumenten) illustreren dit.

De lijst criteria die de dgR-ateliers hanteren, dekt naar ons inzicht de ruimtelijke beperkingen zoals hierboven beschreven. Wij vragen ons echter af of het rijk hier een aanvullende oplossing biedt door windmolenparklocaties aan te wijzen op basis van een nationale kaart. In de LUW wil men alle ruimtelijke regels cartografisch bij elkaar optellen tot een totale kaart die de uitsluitingen weergeeft. Het nadeel van zo'n aanpak is drieledig.

Ten eerste zijn er in de gevoelige gebieden vrijwel altijd mogelijkheden voor creatieve oplossingen. Een stapeling van kaartlagen tot een rigide eindbeeld van onmogelijkheden doet daar geen recht aan. Dat geldt ook voor kaartlagen waarin het eindbeeld voor de plaatsing van windmolens positief is. De optelsom van gunstige omstandigheden voor windmolenparken, zoals distributienetwerken of industriële bebouwing, biedt geen garantie dat de locatie ook inderdaad geschikt is. Of een locatie geschikt is voor plaatsing, zal telkens per geval in een totaalafweging moeten worden bekeken (door belangstellende ondernemers overigens).

Ten tweede blijft de aantasting van het landschap, een lastig punt. Het is ondoenlijk en ondoelmatig om de belevingsaspecten van windmolens in objectieve, algemeen geldende criteria te vatten en vervolgens op nationale schaal over het landschap uit te rollen (Schöne 2007). Vaak wordt de negatieve beleving van windmolens ontrafeld in losse kenmerken van de windmolens. Dat helpt om wetenschappelijk te begrijpen wat er gebeurt, maar het biedt geen basis voor topdown toe- of afwijzing (interview Farjon). De ene locatie is immers de andere niet. Of plaatsing van windmolens de kwaliteiten van het te beschermen gebied niet wezenlijk aantast hangt af van het aantal, de hoogte en de opstelling van de windmolens in relatie tot het lokale beeld.

En ten derde blijkt uit de buitenlandse praktijk dat de benadering van een nationale blauwdruk een negatief effect kan hebben op de maatschappelijke acceptatie. Maatschappelijke acceptatie blijkt in het buitenland een cruciale voorwaarde voor om windmolenparken te kunnen ontwikkelen. De wijze waarop plannen worden gevormd, is van grote invloed op de acceptatie (interview Lukkes).

Daarom pleiten wij ervoor om de inpassing van windmolens een lokale aangelegenheid te laten zijn. De planologische criteria hebben terecht een

vanzelfsprekende plaats gekregen in de lokale en regionale planvorming. Voor- en tegenstanders weten zich van deze argumenten te bedienen. Het is daarom van groot belang om de omwonenden vooraf goed te informeren en te betrekken bij de planvorming. Het nalaten daarvan kan nadelige gevolgen hebben voor de acceptatie.

3. Maatschappelijke acceptatie

Hoewel de argumenten in het publiek debat inhoudelijk vooral gaan over het beeld van windmolens in het landschap, zijn het ook kenmerken van de planvorming die de weerstand oproepen. Als bij betrokkenen het gevoel overheerst dat zij onvoldoende geïnformeerd zijn, of buitenspel staan bij onbillijke besluiten, neemt de maatschappelijke acceptatie af. Institutionele arrangementen en ruimtelijke inpassingstrategieën kunnen dit probleem gedeeltelijk oplossen, zo blijkt uit de bestudeerde binnen- en buitenlandse voorbeelden.

De maatschappelijke acceptatie van windmolens is hoog (Schöne 2007). Toch zal met klakkeloos doorbouwen altijd een grens bereikt worden. Als betrokkenen het gevoel hebben onvoldoende geïnformeerd te zijn, of buitenspel te staan bij onbillijke besluiten, neemt de maatschappelijke acceptatie af (Beekman 2003; Lukkes 2005; Breukers 2006). Dit kan leiden tot hogere procedurekosten of zelfs tot een belemmering voor de verdere ontwikkeling van windmolenlocaties.

Uiteindelijk is een negatieve lokale beleving, behalve een probleem in zichzelf, een mogelijke bedreiging voor de doelstelling voor duurzame energie. Voorbeelden in het buitenland laten zien wat er gebeurt als de grens aan de maatschappelijke acceptatie is bereikt (Eerens e.a. 2008). Zo is Denemarken weliswaar koploper op het gebied van windenergie, maar ligt het installatietempo hier lager dan in voorgaande jaren en is het publiek minder geneigd om extra parken te accepteren. De druk om (duurdere) plekken op zee te gaan exploiteren, loopt hier op.

Hoe kan de overheid maatschappelijke acceptatie vergroten? De theorie zegt daarover dat drie stadia van belang zijn, te weten informatie vooraf, betrokkenheid bij de beslissing over locaties en financiële betrokkenheid (Chandler e.a. 2005). In verschillende landen in Europa is daar ervaring mee opgedaan, enerzijds met institutionele arrangementen en anderzijds met ruimtelijke inpassingstrategieën.

De institutionele arrangementen zijn erop gericht lokale gemeenschappen financieel te betrekken bij het geplaatste windvermogen (Chandler 2005). Dat kan bijvoorbeeld door ze direct te laten delen in het eigendom, of door ze op een andere manier te compenseren. Voorbeelden hiervan zijn te vinden in Denemarken, Duitsland en Zweden (Bolinger 2001). Banken zijn in deze landen eerder bereid leningen te verstrekken aan burgers om (mede-)eigenaar te worden van windmolens, omdat de overheid vaste tarieven afsprekt voor de afname van windenergie.

Een andere manier waarop de overheid de betrokkenheid van burgers kan vergroten is informatie vooraf te verstrekken en inspraak te verlenen in de locatiekeuze en het landschappelijk ontwerp. Ook deze methoden blijken de lokale acceptatie te vergroten (Eerens e.a. 2008). Onderling overleg tussen ontwikkelaars en inwoners versterkt het wederzijds begrip. Op die manier worden de lokale gemeenschappen niet overrompeld door plaatsing van de windmolens. Voor de ondernemer schept het duidelijkheid als gemeenten vooraf al locaties hebben aangewezen. Voor het publiek schept het begrip als de ruimtelijke inpassing een wezenlijk onderdeel van het proces is.

In verschillende Europese landen zijn hier ervaringen mee opgedaan. Duitsland verplicht gemeenten ertoe een locatie aan te wijzen waar ondernemers

windmolens mogen bouwen. Frankrijk heeft een vergelijkbare regeling. Voorafgaand aan de planning van locaties moeten de regionale overheden zonerings aangeven die geschikt of ongeschikt zijn voor de plaatsing van windmolens (zie figuur 3). In Spanje is ervaring opgedaan met landschapsinrichting en architectuur van de installatiegebouwen. De aandacht voor esthetiek is in eerste instantie door het publiek afgedwongen, maar heeft geleid tot een positieve waardering voor het lokale park.

Een correcte ruimtelijke procedure biedt de mogelijkheid om beleving beter op de agenda te zetten. In het vergroten van de maatschappelijke acceptatie liggen dan ook de taken van de Nederlandse overheid. Ten eerste kan zij aandacht besteden aan de institutionele randvoorwaarden; deze kunnen alleen centraal georganiseerd worden. En ten tweede moet zij bewaken dat de beleving in het lokale en regionale ruimtelijk proces voldoende aandacht krijgt.

4. De hoogte is een discussie waard

Een van de belangrijke aandachtspunten in de lokale bestemmingsplanprocedures is de hoogte van de windmolens. Dit onderwerp leidt tot veel publieke onrust. In de LUW wordt uitgegaan van zogenaamde nieuwe generatie windmolens. Deze worden gepresenteerd als onvermijdelijke vervolgstap in de ontwikkeling van de techniek.

Het is echter de vraag of deze benadering tot de beste resultaten leidt. Immers, naarmate de molens hoger zijn, neemt hun zichtbaarheid in het landschap toe. Afhankelijk van de lokale situatie kan het juist aantrekkelijk zijn om te kiezen voor hoge windmolens. Het gaat dan ook te ver om hoge molens op voorhand uit te sluiten. Daarvoor zijn verschillen in lokale belangen te groot. Per locatie zou bekeken moeten worden wat de beste optie is. De mogelijkheden daarvoor lopen sterk uiteen.

Uit de evaluatie van het Friese windmolenbeleid (Grontmij Nederland 2007) is gebleken dat de storendheid voor het landschap oploopt met de grootte van het silhouet van de windmolens. Windmolens in dezelfde grootteklasse als boerderijen en bosschages worden als veel minder storend ervaren.

Maar soms bieden hoge molens juist oplossingen. In Flevoland is men toe aan herstructurering (Omgevingsplan Flevoland 2006, paragraaf 5.7.1). Daar wordt overwogen te kiezen voor grotere molens met hogere vermogens, om zo minder masten over te houden. In het omgevingsplan wordt daarom juist gesproken over een minimum ashoogte en vermogen van de molens, om zowel een betere landschappelijke inpassing als doelstelling te halen.

De afgelopen jaren zijn windmolens typisch hoger geworden, wat vooral te maken heeft met het zoeken naar hogere energieopbrengst. Het vermogen dat een molen maximaal uit wind kan halen, is namelijk gerelateerd aan de oppervlakte van de cirkel die de wieken beschrijven. Ook de ashoogte speelt een rol. Landoppervlakte is ruw en verstoort de wind. Op grotere hoogte daalt het effect van de verstoring, waardoor de windsnelheid toeneemt. Grotere molens, met grotere wieken brengen meer energie op. De hoogste molens in Nederland staan in de Dintelhaven; deze vier molens hebben een hoogte van 105 meter, met een vermogen van 3 MW per stuk (Langenbach 2008).

Toch loopt die meeropbrengst niet oneindig door. Met de hoogte lopen ook de constructiekosten op. Die gaan uiteindelijk opwegen tegen de meeropbrengst. In Nederland begint de meeropbrengst op ongeveer 100 meter af te nemen (Beurskens e.a. 2005). Vanaf die hoogte stijgt de windsnelheid niet meer zo snel als de constructiekosten. Hoger bouwen heeft dan nog wel als voordeel dat er minder

verschil is in krachten tussen de bovenkant en onderkant, wat tot minder scheef belaste (en dus goedkopere) constructies leidt. Naarmate de prijs van de techniek daalt en de energieprijzen hoger wordt, zullen dus ook de meer bescheiden molens renderen (ECN 2008).

Voor de ondernemer kunnen hogere molens weliswaar aantrekkelijk zijn, maar het is geen wet van meden en perzen dat er alleen steeds hogere molens gebouwd moeten worden. Bescheiden molens zijn zeker niet nutteloos. Het grootste vermogen dat in Nederland per molen geleverd wordt, is 3 MW (Langenbach 2008, bewerking RPB). De molens die dit opbrengen, variëren in hoogte van 75 tot 105 meter (zie figuur 4). Op land stonden er in Nederland meer dan 240 molens met een vermogen van 2 MW of meer (zie figuur 2). De kleinste in deze categorie zijn negen molens met een ashoogte van 58 tot 60 meter (zie figuur 4). Molens in de categorie 20 tot 60 meter droegen voor bijna een derde bij aan het landelijk opgestelde vermogen.

Er bestaan ook nog lagere molens, met een hoogte van onder de 20 meter. Hoewel deze molens in de toekomst wellicht ook een grotere toepassing hebben, zal duidelijk zijn dat zij niet de drager zijn kunnen van de nationale energievoorziening (Laakeman e.a. 2002). Daarvoor is hun vermogen te laag. Het vermogen dat ze leveren, is relevant op de schaal van een woning of kantoorgebouw. Doordat de vorm vrijer is en de overlast lager, kunnen ze makkelijker in de gebouwde omgeving worden toegepast. De investering per geleverd vermogen is vergelijkbaar met een zonnecel, al zijn de zonnecellen op de langere termijn overigens goedkoper. Zonnecellen eisen namelijk minder onderhoud, omdat ze geen bewegende delen hebben.

De hoogte van de molens zouden dus, net als hun aantal en opstelling, een uitkomst moeten zijn van het lokale debat. Dat voorkomt enerzijds dat ondernemers al te gemakkelijk de grootst mogelijke molens plaatsen en anderzijds dat tegenstanders al te gemakkelijk windmolens rabiaat afwijzen. De belevingswaarde is het beste gediend bij een lokaal debat over welke molens in welke situatie passen.

5. Zichtbaarheidsanalyse

In het kader van 'Snelwegpanorama's in Nederland' heeft het RPB een methode ontwikkeld voor zichtbaarheidsanalyse (Piek e.a. 2007). Met enkele aanpassingen geeft deze methode mogelijkheden om meer grip te krijgen op de zichtbaarheid van grote windmolens. De analyse kan voorspellen hoe vaak en tot welke afstand windmolens zichtbaar zijn in een landschap.

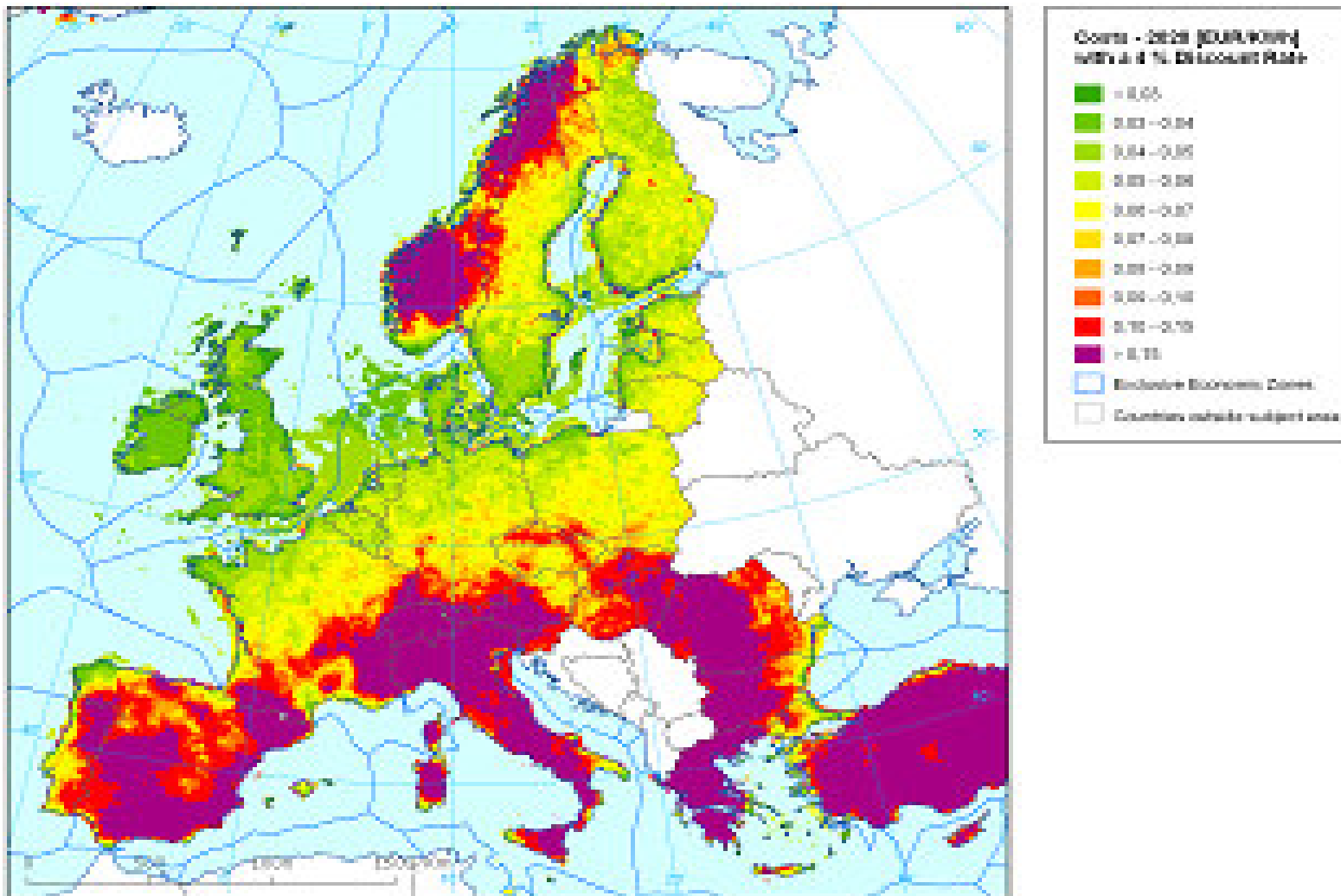
De methode draait rond de *viewshed*-functie uit de software *ArcGIS Spatial Analyst*. Deze functie rekent uit welk deel van een landschap - voorgesteld door een grid - zichtbaar is vanuit een vooraf bepaald punt. Bij deze methode maken wij de windmolens onderdeel van het landschap, zodat de software kan vaststellen of zij zichtbaar zijn. Deze berekening herhalen we voor een groot aantal punten.

De analyse houdt rekening met het reliëf in het landschap, zichtbeperkende barrières door het huidige gebruik en de potentiële locaties voor windmolens. Daarnaast tellen de zichthoek en kijkhoogte mee. Hoe de verschillende basisbestanden die input zijn voor de analyse, zijn gemaakt en welke instellingen zijn gebruikt, staat in de bijlage.

Het RPB heeft de methode eerder toegepast op het begrensde snelweguitzicht in het Heuvelland (briefadvies 26 november 2007) en het begrensde snelweguitzicht bij

Bodegraven - Woerden (briefadvies 26 november 2007). Voor het huidige advies hebben we gerekend met een zogenaamde nieuwegeneratiewindmolen, met een ashoogte van 120 meter. De resultaten zijn afgebeeld in figuur 5 en 6.

De uitkomsten roepen vragen op over de draagkracht van het *vide*-concept voor Nationale Landschappen. Windmolens zijn, zoals men kan verwachten vanwege de hoogte, tot op grote afstand in het landschap zichtbaar. Omgekeerd geldt dat ook voor de 'onzichtbaarheidseis'. De eis dat specifieke landschappen gevrijwaard moeten worden van zicht op windmolens, leidt tot beperkingen op grote afstanden van die landschappen. Indien de Nationale Landschappen categoriaal deze bescherming gaan genieten, dan is dat een grote aanslag op de zoekruimte voor windmolenlocaties.



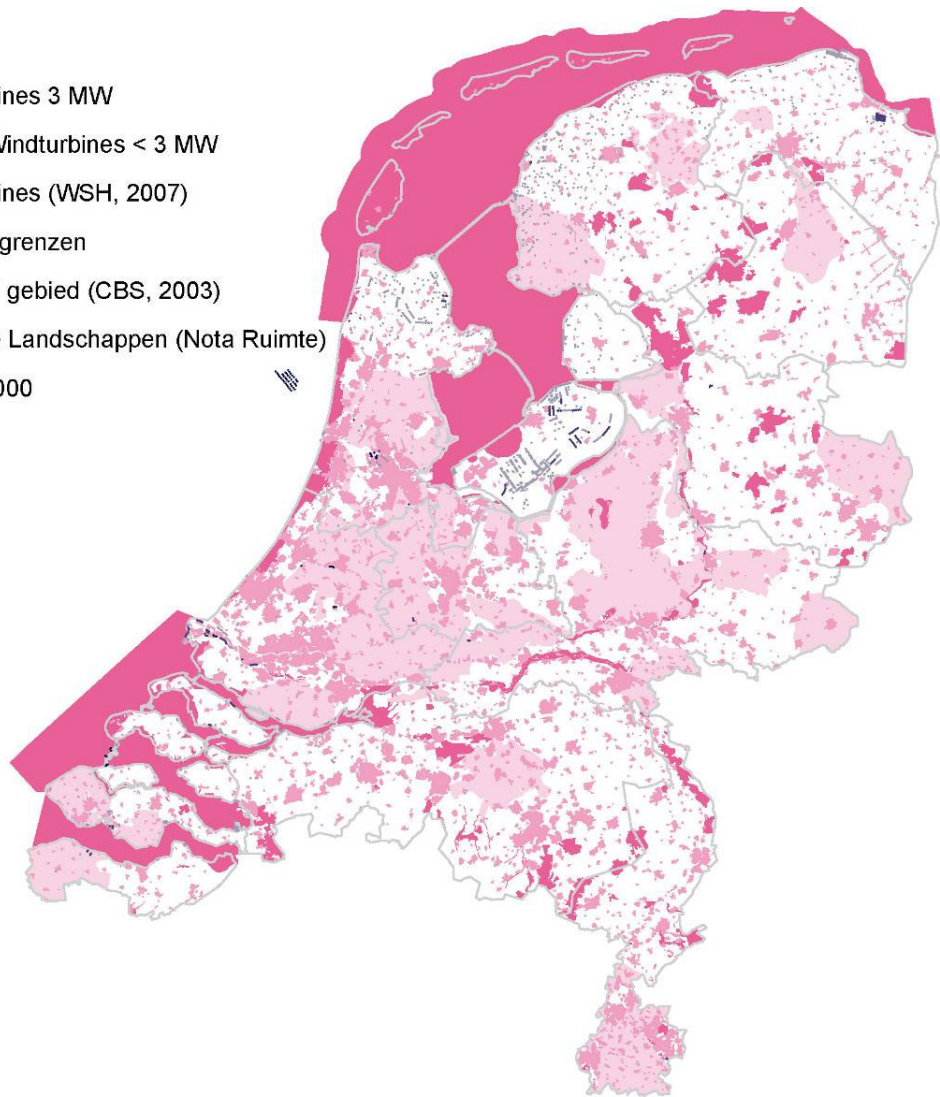
Figuur 1. Opwekkingskosten voor windenergie in Europa 2020

Deze kaart is samengesteld uit verschillende parameters die invloed hebben op de kosten, zoals de meteorologische omstandigheden. Op zee speelt de bodemdiepte mee. De kleur groen geeft de beste omstandigheden weer voor windmolenparken. Nederland ligt in de groene wig tussen Vigo (PT), Tallinn (EE) en Aberdeen (SCO). Het Nederlandse deel van de Noordzee is een waardevol zoekgebied voor windenergie in Europa.

Bron: Eerens e.a. 2008

Legenda

- Windturbines 3 MW
- 2MW < Windturbines < 3 MW
- Windturbines (WSH, 2007)
- Provinciegrenzen
- Bebouwd gebied (CBS, 2003)
- Nationale Landschappen (Nota Ruimte)
- Natura 2000

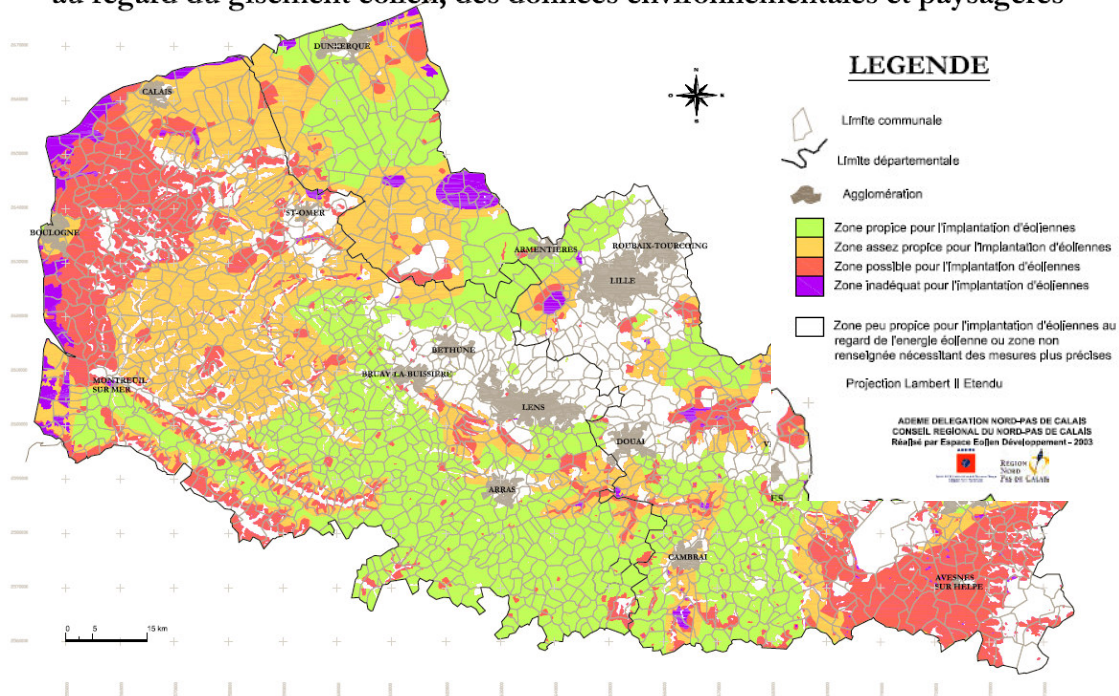


Figuur 2: Locatie van windmolens in Nederland eind 2007

Bron: Langenbach 2008, Nota Ruimte, bewerking RPB

ZONES PROPICES AU DEVELOPPEMENT MAITRISE DE L'ENERGIE EOLIENNE

au regard du gisement éolien, des données environnementales et paysagères

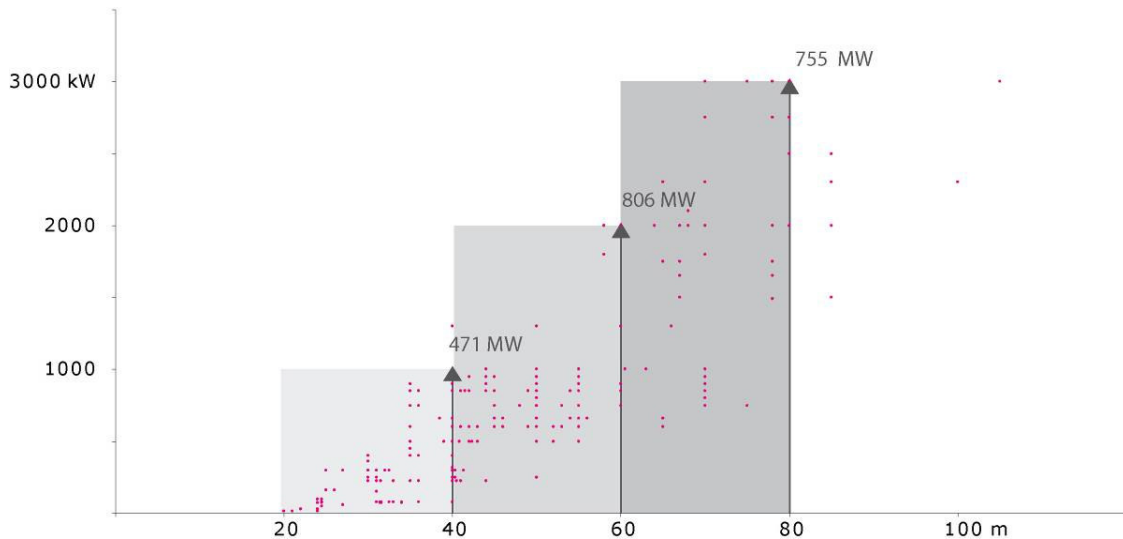


Figuur 3 Voorbeeldkaart van zonerings voor windmolens in Noord-Frankrijk
De kleurgradaties van groen naar paars geven de geschiktheid voor windmolenparken aan, waarbij groen zeer geschikt is, geel goed mogelijk, rood mogelijk geschikt en paars niet geschikt.

De criteria zijn windopbrengst, kwetsbaarheid landschap, ornithologische gevoeligheid, luchthavengebieden, laagvliegzones, aansluitingsmogelijkheden hoogspanningsnet. De criteria 'kwetsbaarheid landschap' en 'ornithologische gevoeligheid' zijn op hun beurt weer uit opgebouwd uit vele subcriteria als 'beschermde biotopen', 'architecturaal erfgoed' of 'Zones 146.6 en application de la loi littoral'.

In de toelichting wordt gesteld dat ook in de zones die als geschikt ('propice') worden beoordeeld een goede milieueffectrapportage (mer) verplicht is. Andersom wordt gesteld dat bij kwetsbare zones een windmolen niet *per se* is uitgesloten, maar dat in dit geval bijzondere aandacht moet worden besteed aan de inpasbaarheid.

Bron: Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie Délégation Nord-Pas-de-Calais: Schema regional eolien Nord-Pas-de-Calais, 2003



Figuur 4. Hoogte en vermogen van de windmolens in Nederland eind 2007

In deze grafiek betekent elke punt een windmolen in Nederland. In totaal bevat de grafiek meer dan 1.800 punten, maar sommige punten overlappen.

Op de horizontale as staat de hoogte van de windmolens boven het maaiveld. Op de verticale as staat het vermogen van de molen. Zo is te zien hoeveel vermogen een windmolen levert bij een gegeven ashoogte.

De spreiding wordt veroorzaakt door tal van factoren, zoals de techniek van de turbine, het oppervlak van de rotor en het lokale windklimaat. Hogere molens leveren meer vermogen, maar de andere factoren zijn soms dominantier.

De grijze vlakken geven de denkoefening van *repowering* weer. Repowering is het opschalen van oudere windmolens door nieuwere. De economische afschrijving van de windmolens staat dit na zo'n zes jaar toe (H. Eerens). In deze denkoefening vervangen we de masten per categorie:

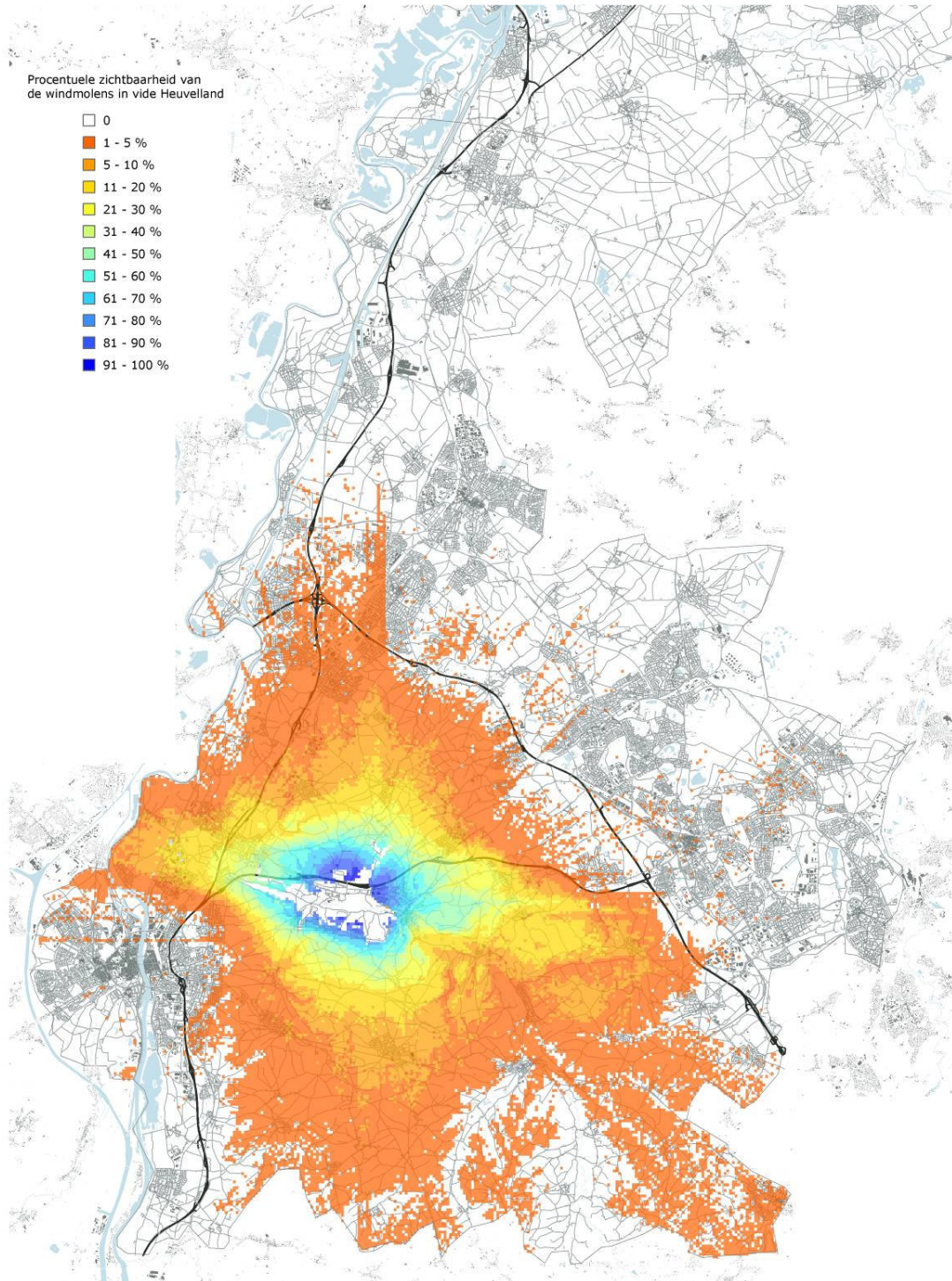
- alle molens tussen de 20 en 40 meter schalen we op naar 40 meter en 1 MW
- alle molens tussen de 40 en 60 meter schalen we op naar 60 meter en 2 MW
- alle molens tussen de 60 en 80 meter schalen we op naar 80 meter en 3 MW

De bij de pijlen vermelde vermogens zijn de extra vermogens die bij repowering gewonnen zouden worden. Dat komt neer op in totaal meer dan 2.000 MW op bestaande locaties ten opzichte van de huidige situatie.

In werkelijkheid zal dit vermogen lager uitpakken, omdat repowering niet op elke locatie mogelijk is.

Bron: Langenbach 2008, bewerking RPB

Figuur 5. Zichtbaarheid van windmolens in het Heuvelland

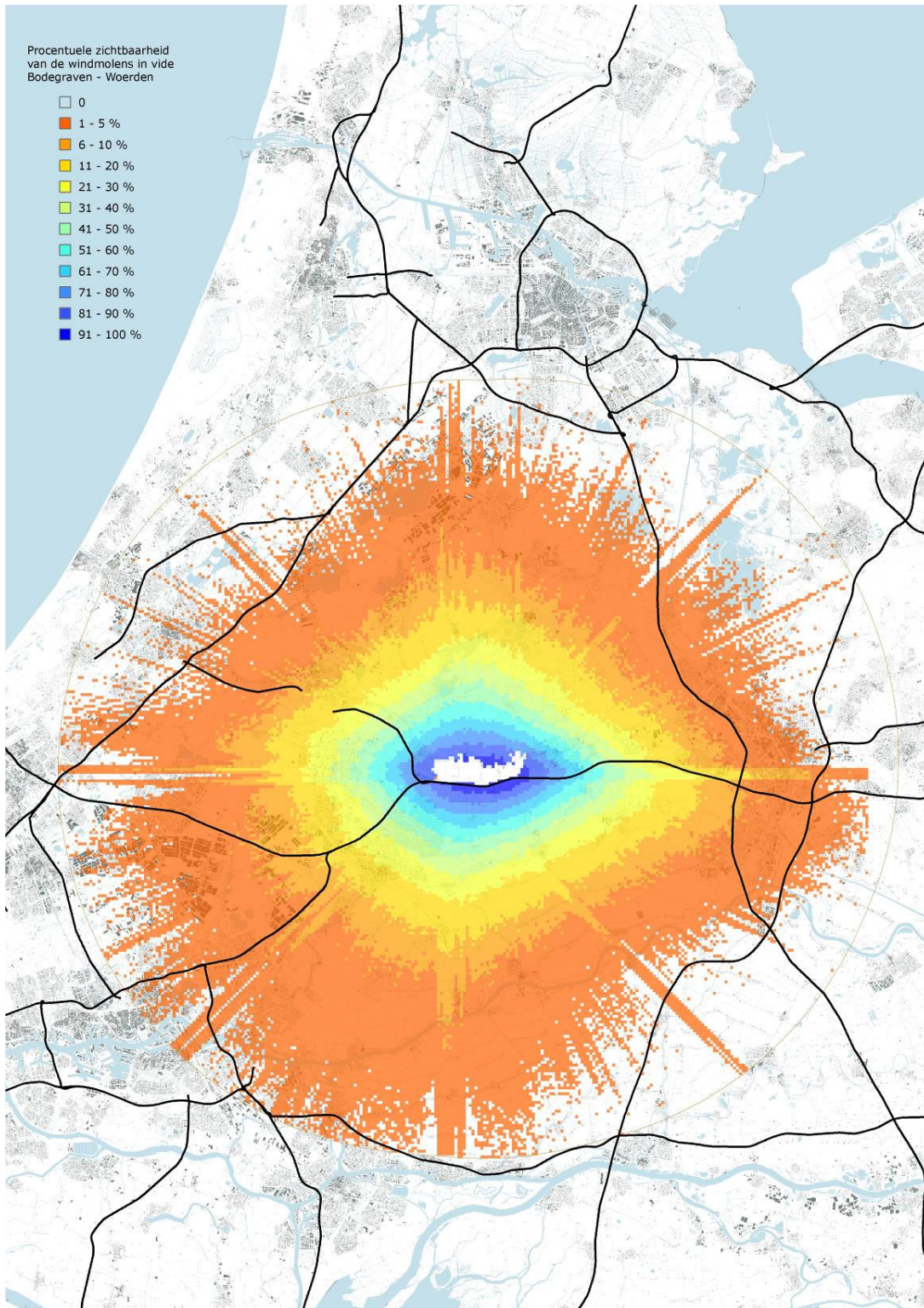


Voor onze analyse hebben we het zoekgebied begrensd tot snelweguitzicht nr12 in het Heuvelland (briefadvies 26 november 2007). In werkelijkheid is het Heuvelland natuurlijk groter.

De score geeft aan hoe zichtbaar, vanuit de zoekgebieden, alleen al de mast van een windmolen op een locatie is. De zichtbaarheid is hier gedefinieerd als het aandeel van de cellen binnen het zoekgebied die zicht hebben op de windmolen, in dit geval de vide. Het theoretisch maximum is gelijk aan het aantal punten binnen het zoekgebied. Windmolens die dit maximum scoren, zijn dus vanuit alle punten in de vide zichtbaar. Deze krijgen dan een zichtbaarheidsscore van 100%.

Verder dan 26 km wordt in de berekeningen niet gekeken (oranje cirkel op de kaart).

Figuur 6. Zichtbaarheid van windmolens in het Groene Hart



Het zoekgebied is begrensd tot het snelweguitzicht nr 8 bij Bodegraven - Woerden (briefadvies 26 november 2007). In werkelijkheid is het Groene Hart natuurlijk groter.

De score geeft aan hoe zichtbaar, vanuit de zoekgebieden, alleen al de mast van een windmolen op een locatie is. De zichtbaarheid is hier gedefinieerd als het aandeel van de cellen binnen het zoekgebied die zicht hebben op de windmolen, in dit geval de vide. Het theoretisch maximum is gelijk aan het aantal punten binnen het zoekgebied. Windmolens die dit maximum scoren, zijn dus vanuit alle punten in de vide zichtbaar. Deze krijgen dan een zichtbaarheidsscore van 100%.

Verder dan 26 km wordt in de berekeningen niet gekeken (oranje cirkel op de kaart).

Literatuur

- Beekman, M. (2003), *Compensatie als middel tegen nimby-verzet bij de plaatsing van windturbines*, Amsterdam, Vrije Universiteit en Den Haag, RPB.
- Beurskens J. & G. van Kuik (2004), *Alles in de wind, vragen en antwoorden over windenergie*, Maastricht: Daedelus (voor Senternovem).
- Beurskens M. e.a. 2004, *Energieopties voor de 21e eeuw*, Wiardi Beckman Stichting <http://www.wbs.nl/renderer.do/clearState/true/menuId/143979/returnPage/143974/> Accessed on 15 april 2008.
- Bolinger M. (2001), *Community Wind Power Ownership Schemes in Europe and their Relevance to the United States*, Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Braam H. e.a. (2005), *Handboek risicozonering windmolens*, Utrecht, Senter-Novem.
- Breukers S. (2006), *Changing institutional landscapes for implementing wind power, A geographical comparison of institutional capacity building: The Netherlands, England and North Rhine-Westphalia*, Amsterdam: Vossiuspers.
- Chandler H. (2005), *Windenergy,- the facts, an analyses of wind power in the EU25*, Brussels: EWEA.
- Eerens H. e.a. (to be published in 2008), *Renewables: Wind-energy potential in Europe 2020-2030 (draft technical paper)*, EEA/MNP.
- ECN (2008), *Rekenmodule Windenergie op land*, Petten, ECN.
- European Environment Agency (2008), *Renewables: Wind-energy potential in Europe 2020-2030*, Kopenhagen, EEA.
- Evers D. e.a. (2006), *Atlas Europa, Planet people profit politics*, Rotterdam/Den Haag: Nai Uitgevers/RPB.
- EWEA, *Wind power installed in Europe by end of 2007* http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/mailling/windmap-08g.pdf Accessed 15 april 2008.
- Gordijn H. e.a. (2003), *Energie is ruimte*, Rotterdam/Den Haag: Nai Uitgevers/RPB.
- Grontmij Nederland (2007), *Evaluatie Windstreek 2000*, Waddinxveen: Grontmij.
- Lakeman L. e.a. 2002, *Opwekking windenergie in de gebouwde omgeving*, L1829.A0, Nijmegen: Royal Haskoning.
- Langenbach J.(2008), *Windenergy statistics 2007*, Woudsend:WSH.
- Lukkes P. (2003), *Iewiewaaiweg; sociaal-geografische maatschappelijke kosten-batenanalyse van windenergie*, Sumar:Stichting Frija.
- Menkveld M. e.a. (2004), *Energietechnologieen in relatie tot transitiebeleid*, ECN-C--04-020, Amsterdam: ECN.

Mertens R. e.a. (2007), *Panorama of energy, Energy statistics to support EU policies and solutions*, Luxembourg: Eurostat/Office for Official Publications of the European Communities

Piek, M. e.a. (2007), *Snelwegpanorama's in Nederland*, Rotterdam/Den Haag: Nai Uitgevers/RPB.

Prefecture du Nord, Prefecture du Pas-de-Calais (2003), *Schema regional eolien Nord-pas-de-Calais*, Conseil regional du Nord-Pas-de-Calais.

Schöne M.B. (2007), *Windturbines in het landschap*, Wageningen: Alterra.

Verrips A. e.a., (2005), *Windenergie op de Noordzee, Een maatschappelijke kosten-batenanalyse*, Den Haag: CPB.

Vlek, C. A. J. (2000) Locatie-beslissingen over energievoorziening: Verdamping van het Nimby-cliché door verbetering van besluitvorming. Adviesrapport Algemene Energie Raad, in *Energie en Ruimtelijke Ordening; Advies aan de Minister van Economische Zaken*.

Wiesenthal T. (2006), *How much bioenergy can Europe produce without harming the environment?*, Copenhagen/Luxembourg: EEA/Office for Official Publications of the European Communities.

Interviews en presentaties

Interview Hans Farjon (MNP), 4 maart 2008

Interview Pieter Lukkes, 12 maart 2005

Interview Ruud van den Wijngaart (MNP), 20 maart 2008

Interview Hans Eerens (MNP), 20 maart 2008 en 10 april 2008

Op 17 april 2008 heeft Hugo Gordijn een presentatie gegeven op basis van de concepttekst. Enkele reacties zijn aanleiding geweest tot kleine aanpassingen en aanvullingen in de tekst.

Bijlage Methode zichtbaarheidsanalyse

Voor het berekenen van de zichtbaarheid wordt gebruikt gemaakt van de Viewshed Analysis uit de GIS Spatial Analyst. Met behulp van deze methode kan worden uitgerekend uit welk deel van het landschap - voorgesteld door een raster - zichtbaar is vanuit een bepaald punt. Door windmolens onderdeel uit te laten maken van het landschap kan ook worden vastgesteld of deze windmolens zichtbaar zijn. Om de zichtbaarheid vanuit een gebied te berekenen, wordt de analyse herhaald voor een groot aantal punten binnen dat gebied.

Barrièrebestand

In de analyse wordt rekening gehouden met het reliëf (maaiveldgrid) in dat landschap en de zichtbeperkende barrières (occupatiegrid) en de potentiële molens (molengrid) die in dat landschap staan.

Definitie maaiveldgrid

Op aangeven van VROM gebruik gemaakt van het AHN 25m (Actueel Hoogtebestand Nederland 25 meter). Op basis van het actueel hoogte bestand (AHN 25m) wordt het maaiveld voor de studiegebieden gedefinieerd. Voor deze studie wordt het AHN van een 25 bij 25 meter raster omgerekend naar een 5 bij 5 meter raster.

Voor de zichtbaarheidsanalyse moeten de barrières uit de occupatie worden opgeteld bij dit maaiveld.

Definitie barrièregrid uit occupatie

Barrières worden generiek opgetrokken volgens de methode zoals beschreven in 'Snelwegpanorama's in Nederland' (Piek e.a. 2007). Het occupatiegrid is op basis van twee bronnen opgebouwd (zie tabel 1). Uit de topografische kaarten 1:10.000 (Topografische Dienst Kadaster 2005) zijn elementen geselecteerd die als barrière kunnen werken, zoals bebouwing en vegetatie. Aan deze elementen is per type een hoogte toegekend. Tenslotte is aan de geluidsschermen (Adviesdienst Verkeer en Vervoer 2005) een hoogte toegekend. De bestanden worden verrasterd naar een resolutie van 5 bij 5 meter.

Tabel 1. Hoogte naar soort barrière en bronbestand

<i>Bestand</i>	<i>Omschrijving</i>	<i>Hoogte</i>
TOP10 Vlakken (TDK)	Naaldbos, loofbos, gemengd bos, populierenopstand	15m
	Griend	5m
	Boomgaard, boomkwekerij, fruitkwekerij	3m
	Bebouwing	7m
	Hoogbouw	30m
	Kassen	15m
TOP10 Lijnen (TDK)	Bomenrij enkel/dubbel	15m
	Muur/hek/heg	2m
	Dijk > 2,5m	5m
	Dijk 1m-2,5m	2m
TOP10 Huizen (TDK)	Gebouw/huis	7m
	Tank	5m
	Hoogbouw	30m
Geluidsbeperingen (AVV)	Geluidsscherm, geluidswal met daarop of in een scherm, geluidswal met luifelconstructie, geluidswand, niet doorzichtig geluidsscherm	5m

Definitie molengrid

De laatste stap in het bouwen van het barrièrebestand is de toevoeging van de molens.

Door in het molengrid rond de vides (gebieden van waaruit het zicht op molens ongewenst is) binnen een buffer van 26km windmolens te plaatsen kan uitgerekend worden of deze molens vanuit de vide zichtbaar zijn. Bij de analyse dient er rekening mee te worden gehouden dat de molens zelf ook als barrière kunnen gaan werken waardoor je door het bos aan molens letterlijk de molens niet meer kunt zien. Om dit te voorkomen zijn de molens met een celgrootte van 5mx5m op een onderlinge vast afstand van 200m geplaatst.

Het totale barrièrebestand bestaat uit het maaiveldgrid plus het occupatiegrid en het molengrid.

Variabelen: viewshed punten, kijkhoek en ooghoogte

Voor de vides is een puntenbestand gemaakt op een raster van 100m bij 100m. Op basis van de berekening kunnen de zichtbaarheidsscore op kaart met een resolutie van 200mx200m gepresenteerd worden. Om deze resolutie te verhogen is voor het Heuvelland de berekening vier keer uitgevoerd waarbij het windmolengrid respectievelijk 100m naar rechts, 100 meter naar boven en tenslotte 100m naar rechts én 100 meter naar boven is verschoven. Op die manier is een resolutie van 100mx100m te bereiken.

Punten die vallen binnen bebouwing, kassen, bossen, fruitteelt en boomkwekerijen worden uit het puntenbestand verwijderd omdat je vanuit deze elementen geen zicht op de omgeving hebt. De zichtpunten zijn verschoven ten opzichte van het molengrid om te voorkomen dat je door de molens de molens niet meer ziet (dat er interferentie optreedt).

Als kijkhoek wordt 360 graden aangehouden, op elk punt wordt rondom gekeken. Voor alle punten geldt een kijkhoogte van 1,6m ten opzichte van het maaiveld.

Berekening zichtbaarheid

Voor iedere gridcel uit het samengestelde barrièrebestand wordt uitgerekend hoe vaak deze gezien wordt door een punt uit het puntenbestand. Het theoretisch maximum is gelijk aan het aantal punten binnen de vide. Molens die dit maximum scoren zijn dus vanuit alle punten uit het gebied zichtbaar. Deze hebben een zichtbaarheidsscore van 100%. De zichtbaarheidsscore is afhankelijk van de morfologie het landschapstype en occupatiepatroon. Bij de keuze voor de vides is daarom gekozen voor een vide in geaccidenteerd terrein in het Heuvelland en een vide in het relatief vlakke veenlandschap rondom Bodegraven en Woerden.

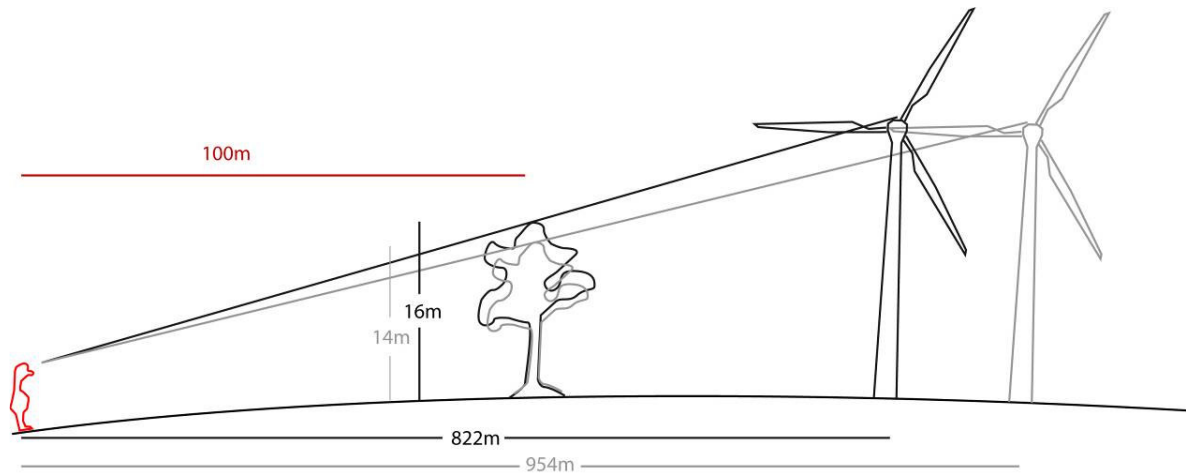
Methodische tekortkomingen

Nauwkeurigheid van het gebruikte barrière bestand.

Het barrièrebestand wordt opgebouwd uit het maaiveld en elementen uit de top10 waaraan een generieke hoogte is toegekend. Het gebruik van dit barrièrebestand leidt tot goede resultaten als je analyses draait waarbij je meet of platte elementen uit het landschap zichtbaar zijn. Zodra een barrière in dat geval in vlak terrein boven de ooghoogte uitkomt blokkeert deze het zicht op het achterliggende landschap volledig.

Bij de analyse waarbij punten op 120m hoog in de lucht op zichtbaarheid worden getoetst is dat echter een ander verhaal.

Onderstaande illustratie demonstreert de meetfout die dan kan ontstaan.



Op 100m vanaf het kijkpunt op 1,6 m hoogte staat een boom. Het barrière werpend effect van deze boom is geïllustreerd voor een hoogte van 14m en 16m.

In het geval dat de boom 16m hoog is kan de windmolen tot 822m gezien worden. In het geval dat de boom 14m hoog is kan de windmolen tot 954M gezien worden. Een meetfout van 132m dus. Bij een afstand tot de bomen van 500m loopt het verschil op tot 640m. Door bijvoorbeeld gebruik te maken van de nieuwste versie van AHN met een resolutie van 5mx5m kan de occupatie ook mee worden genomen vanuit het hoogtebestand en kan een hogere nauwkeurigheid behaald worden.

Interferentie door molens

De streefresolutie voor de presentatie van de zichtbaarheidsscores is 100mx100m.

Om te voorkomen dat met deze resolutie zoveel molens in het barrièrebestand komen te staan dat letterlijk door de molens de molens niet meer zichtbaar zijn, is gekozen voor een onderlinge afstand tussen de molens van 200m. Met vier rekenslagen kan dan ook weer een 100 meter resolutie bereikt worden. Aangezien een rekenslag met de huidige rekencapaciteit minimaal drie dagen duurt komt de totale rekentijd voor één vide daarmee op twaalf dagen.

Ondanks de afstand van 200mx200m tussen de molens is in het eindbeeld (zie vooral figuur3) toch te zien dat er interferentie optreedt. Om dit te voorkomen zouden de molens uit elkaar moeten staan, bijvoorbeeld een meter of 400. Dit houdt in dat de rekentijd oploopt tot minimaal 48 (16 x 3) dagen voor één vide met de huidige rekencapaciteit.