De invloed van windmolens op ons klimaat

**De invloed van windmolens op ons klimaat**

Zaterdag 29 maart 2014

Grootschalig gebruik van windenergie kan het klimaat danig in de war schoppen.
De interactie tussen de hogere en lagere luchtlagen, als gevolg van het draaien van de wieken, zorgt ervoor dat een deel van de door windmolens gebruikte windenergie opnieuw wordt aangevuld vanuit de hogere luchtlagen.
Deze interactie heeft een ingrijpende ontregeling van het klimaat tot gevolg.

Maar dat niet alleen.

Ook de windsnelheid achter de windparken zal verminderen als gevolg van het onttrekken van energie aan de wind door windmolens.
Met name in landen die aan zee liggen, Nederland, België en Denemarken, kan daardoor de neerslaghoeveelheid toenemen. De toenemende neerslag in Nederland wordt nu toegeschreven aan de klimaatsveranderingen en opwarming van de aarde, maar is dat wel zo? De invloed van windmolenparken voor de kust wordt namelijk schromelijk onderschat.

Duitse wetenschappers hebben berekend dat indien wereldwijd alle door fossiele energie opgewekte elektriciteit door windmolens zou worden opgewekt er op een globaal niveau absolute veranderingen worden geregistreerd die even ingrijpend zijn als bij een verdubbeling van de hoeveelheid CO2 in de atmosfeer (800 ppm).

**Wetenschappelijk onderzoek**

Als eerste volgen hieronder enkele links naar artikelen en wetenschappelijk onderzoek over de temperatuurstijging die veroorzaakt wordt door grootschalige windparken.

[Wind farms can cause climate change](http://www.telegraph.co.uk/earth/earthnews/9234715/Wind-farms-can-cause-climate-change-finds-new-study.html)

[Impacts of wind farms on land surface temperature](http://www.nature.com/nclimate/journal/vaop/ncurrent/full/nclimate1505.html)

[Potential climatic impacts and reliability of very large-scale wind farms](http://fibronot.nl/download/acp-10-2053-2010.pdf)

[Positive surface temperature feedback in the stable nocturnal boundary layer](http://www.agu.org/pubs/crossref/2007/2007GL029505.shtml)

[Unresolved issues with the assessment of multi-decadal global land surface temperature trend](http://pielkeclimatesci.files.wordpress.com/2009/10/r-321.pdf)

[An alternative explanation for differential temperature trends at the surface and in the lower troposphere](http://pielkeclimatesci.files.wordpress.com/2009/11/r-345.pdf)

[Screen level temperature increase due to higher atmospheric carbon dioxide in calm and windy nights revisited](http://pielkeclimatesci.files.wordpress.com/2011/02/r-342.pdf)

**Veroorzaken windparken Global Warming?**

Het korte antwoord hierop zou luiden: Naar alle waarschijnlijkheid wel.

We gaan echter wat uitgebreider in op het artikel in [***Nature Climate Change***](http://www.nature.com/nclimate/journal/vaop/ncurrent/full/nclimate1505.html), waarin een wetenschappelijk onderzoek wordt gepubliceerd dat laat zien dat grote windparken een enorm opwarmend effect hebben op de landtemperatuur rondom, in- en achter die windparken.

De zes auteurs van het artikel in Nature Climate Change hebben gegevens van satellieten gebruikt om naar een deel van Texas te kijken waar zich ’s werelds grootste windparken bevinden. De meetgegevens betreffen de periode van 2003 t/m 2010 en waren er op gericht te kijken hoe het klimaat in deze streek zich in deze periode ontwikkelde.
De wetenschappers ontdekten een temperatuurstijging van bijna 1 graad Celsius per tien jaar, om precies te zijn 0.72 graad Celsius. Omgezet naar de meer algemene trend van presenteren zou dit een temperatuuurstijging van 7.2 graad Celsius per 100 jaar betekenen.
Nu moeten we niet direct geloven dat over 100 jaar de temperatuur met deze waarde is gestegen, maar als inderdaad het aantal windmolens gebouwd gaat worden dat men nog van plan is te doen, dan kan niet worden uitgesloten dat deze temperatuurstijging zich inderdaad gaat voor doen.



Opwarming van het land in Texas waar grote windparken staan. Klik om te vergroten

De kaart hierboven laat een stuk land in Texas zien dat vol staat met windparken.
Het gebied is bijna 1 vierkante graad groot.
De windmolens staan op de plaatsen waar de stipjes (kruisjes) staan.
De plaatsen waar de windmolens staan komen verbluffend nauwkeurig overeen
met de gebieden die opgewarmd zijn.
De lokale en regionale temperaturen van het landoppervlak in de buurt
van windparken zijn tussen 2003 en 2010 sterk toegenomen en de bron
lijkt duidelijk.
(Klik op de kaart om te vergroten)



De temperatuurstijging tussen 2003 en 2010

De stijging van de temperatuur tussen 2003 en 2010 in het gebied van de windparken

De zes onderzoekers die het onderzoek hebben uitgevoerd kregen veel vragen over hun werk.

De vragen en antwoorden van de onderzoekers staan in [**deze bijlage**](http://www.fibronot.nl/download/press_release_QA.pdf) .

**Grootschalige plannen voor de Noordzee kunnen effect hebben op het klimaat in de omringende landen**

Er is geen gebrek aan ambitieuze plannen voor de grootschalige inzet van windturbines op zee en op land.
Vooral de hoge windmolens met een tophoogte (inclusief wieken) van meer dan 100 meter hebben invloed op het klimaat. Niet alleen lokaal maar ook internationaal. Niet alleen op land maar ook en vooral op zee en aangrenzende kustgebieden.

Een klassiek voorbeeld is het Horns Rev I windpark dat op de Noordzee, 14 km voor de kust van Denemarken ligt. Het is een van de grotere windparken ter wereld. Vanaf de westkust van Jutland is het windpark bij helder weer goed te zien.
Het windpark bestaat uit 80 windmolens in een grid van 560 meter op een oppervlakte van 20 km² en kan 160 Megawatt aan elektriciteit produceren. Het windpark voorziet een equivalent van ongeveer 120.000 huishoudens van elektriciteit. Als alle windmolens goed werken tenminste.
Het komt namelijk regelmatig voor dat minstens de helft van de windmolens stil staat vanwege onderhoud of defecten.
In de praktijk is de opbrengst dus aanmerkelijk lager dan achter het bureau is uitgerekend.
Voor en tijdens de bouw van het windpark zijn uitgebreide milieu-onderzoeken gedaan wat de invloed van het windpark op de flora en de fauna zou zijn. De planten en dieren kregen alle aandacht, maar aan de gevolgen voor het klimaat werd volledig voorbijgegaan**.**

**Computersimulaties tonen aan dat grote aantallen windturbines het klimaat ingrijpend beïnvloeden tot op duizenden kilometers afstand**

Maar niet alleen computersimulaties hebben nu de invloed van windmolenparken op het klimaat aangetoond. Metingen in de praktijk bij grote windmolenparken in Texas en in China hebben aangetoond dat de temperatuur de afgelopen 10 jaar met bijna 1 graad Celsius is gestegen.

Vanwege de hoogte van de windmolens, meer dan 120 meter, inclusief wieken, wekt het draaien van de windmolens turbulentie op in de verschillende luchtlagen. Omdat warme lucht in hogere luchtlagen door het draaien van de molens vermengd wordt met koude lucht vlak boven het wateroppervlak, ontstaat er vlak achter de windmolens een hoeveelheid zeer vochtige lucht, wolken of dikke mist, die tot meer dan 100 km achter het windpark nog invloed heeft en vaak zware neerslag veroorzaakt.

Duitse wetenschappers hebben berekend dat indien wereldwijd alle door fossiele energie opgewekte elektriciteit door windmolens zou worden opgewekt er op een globaal niveau absolute veranderingen worden geregistreerd die even ingrijpend zijn als bij een verdubbeling van de hoeveelheid CO2 in de atmosfeer (800 ppm). Het gaat onder meer om veranderingen in temperatuur, neerslag, wolkenvorming, windsnelheid en luchtdruk.
Die zijn het gevolg van het naar beneden sleuren van hogere luchtlagen, die een hogere potentiële temperatuur hebben. Wanneer die lucht zich mengt met de lucht uit de lagere luchtlagen, resulteert dat in een temperatuurstijging (kinetische energie wordt omgezet in warmte).
Zie de foto hieronder die vanuit een vliegtuig is gemaakt op 12 februari 2008 en waar het turbulentie patroon achter de windmolens duidelijk te zien is en waar de wolken zich tot ver achter de horizon bewegen, waarbij het zwaar regende.



Turbulentiepatroon achter windmolens

Het turbulentiepatroon achter de windmolens is een praktijkvoorbeeld hoe
windmolens het klimaat kunnen beïnvloeden.
De kegelvormige wolk achter elk van de voorste rij windturbines maakt het zog zichtbaar.
Daardoor hebben de andere turbines van het park een veel turbulentere aanstroom.
Het windpark, Horns Rev I, voor de kust bij Denemarken veroorzaakte op 12 februari 2008
zoveel turbulentie dat de bewolking op meer dan 100 km zichtbaar was.
(Klik op de foto voor een vergroting)

De Technische Universiteit in Denemarken heeft een uitgebreide studie gedaan, [**Wind Farm Wake: The Horns Rev Photo Case**](http://www.groenerekenkamer.nl/download/energies-06-00696.pdf), naar aanleiding van de bovenstaande foto die door de piloot van een helikopter van Vattenfall is gemaakt die op weg was van de Deense kust naar een olieplatform op de Noordzee.

Het is niet het eerste onderzoek dat er op wijst dat grote aantallen windturbines het klimaat kunnen verstoren. De mechanismen achter de verstorende werking van windturbines werden gedetailleerd uit de doeken gedaan in studies uit 2008 (“On the impact of surface roughness anomalies”) en 2004 (“[The influence of large-scale wind power on global climate](http://www.pnas.org/content/101/46/16115.full)“).
Hoewel deze onderzoeken geen berekeningen maken voor de invloed van specifieke hoeveelheden windturbines, laten ze weinig twijfel over het feit dat er een groter dan verwachte invloed is.
Vooral het optreden van klimaatwijzigingen op duizenden kilometers afstand van de windparken baart de onderzoekers zorgen. Hoewel kinetische energie slechts 0,3 procent van de energiebalans van de aarde uitmaakt, heeft ze een relatief grote invloed op het klimaat omdat wind in grote mate verantwoordelijk is voor het transport van warmte en vochtigheid over de aarde.

Het onderzoek wijst uit dat de invloed op het klimaat van een grote verzameling windturbines veel groter is dan gedacht. Vlak achter een offshore windpark is de windsnelheid maar liefst 40 procent lager dan vlak ervoor en het vraagt honderden kilometers voordat de wind weer op hetzelfde niveau zit.

Het windpark “steelt” dus bijna de helft van de aanwezige energie in de wind. Als de windturbines verder uit elkaar worden geplaatst, bijvoorbeeld op een onderlinge afstand van 1.400 meter (14 rotorlengtes), “steelt” het park uiteraard minder wind: slechts 6 procent in dit geval. Maar dan gaat de energie-opbrengst van het windpark flink omlaag. Worden de turbines dichter bij elkaar geplaatst, bijvoorbeeld op een onderlinge afstand van 500 meter (5 rotorlengtes), dan neemt de windschaduw toe: tot 100 procent in dit geval, wat dus betekent dat er vlak achter het windpark *geen wind* meer is. In dit geval heeft een windpark dus hetzelfde effect als een muur op zee.
Afhankelijk van de windsnelheid is er een afstand van enkele honderden tot meer dan duizend kilometer nodig alvorens de windsnelheid terug op hetzelfde niveau zit (=99 procent van de oorspronkelijke windsnelheid, de “*velocity recovery distance*“). Bij een windsnelheid van 6 meter per seconde is die afstand 178 kilometer, bij een windsnelheid van 8 meter per seconde 554 tot 1047 kilometer en bij een windsnelheid van 10 meter per seconde 90 tot 832 kilometer.

Individuele windparken groter maken of meer windturbines in een windpark plaatsen, lost het probleem niet op. In beide gevallen veroorzaakt het windpark een langere windschaduw. Windturbines in grotere windparken stelen bovendien meer wind van elkaar, tenzij de onderlinge afstanden toenemen. Uit eerdere onderzoeken bleek al dat de achterste rij windturbines in een windpark 5 tot 40 procent minder vermogen kan opleveren dan de eerste rij.

Onderzoekers wijzen erop dat windmolenparken te dicht op elkaar worden gebouwd. Het zou zelfs conflicten tussen landen kunnen veroorzaken als blijkt dat het windmolenpark bij de ‘buren’ de oorzaak is van overmatige neerslag of de wind wegneemt waardoor het eigen windpark te weinig wind vangt.

**Onderzoek door *National Oceanic and Atmospheric Administration* (*NOAA*)**
Ter verbetering van de productie van energie door windmolenparken zijn onderzoekers van NOAA in april 2011 een studie begonnen naar het zichtbaar maken van het zog, of turbulentiepatroon dat wordt geproduceerd achter de windturbines.

“Deze turbulentie kan schade aan de windturbines veroorzaken, maar is tevens de oorzaak van een verminderde energie-opbrengst,” zegt één van de onderzoekers, Bob Banta, een wetenschapper bij NOAA’s Earth System Research Laboratory (ESRL) in Boulder, Colorado die onderzoek doet naar luchtstromingen in de atmosfeer.

Banta en collega’s van de Universiteit van Colorado (CU), van het US Department of Energy’s National Renewable Energy Laboratory (NREL) en van het Livermore National Laboratory hebben een experiment ten zuiden van Boulder in Colorado opgezet, waar met behulp van een dopplerlaserinstallatie drie-dimensionale afbeeldingen van windsnelheden en -richtingen in de turbulentiestroom achter windturbines worden gemaakt.



High Resolution Doppler Lidar (HRDL) op een schip gemonteerd, maar kan als platform ook de vaste grond of een vliegtuig hebben. Klik om te vergroten

Het testcentrum bevindt zich in Eldorado Canyon bij Boulder, waar de heersende krachtige oostelijke wind die vanuit de bergen komt, doorheen waait.



Eén van de windturbines van NOAA in Boulder, Colorado. De as van de windturbine bevindt zich op 100 meter hoogte met bladen van 45 meter lang. Klik om te vergroten.

“Het turbulentie patroon is onderzocht en gemodelleerd in windtunnel studies en numerieke modellen, maar de atmosfeer is anders, meer variabel en ingewikkelder,” zegt Banta.
“Normaal is het turbulentiepatroon op land onzichtbaar, maar op zee wordt het anders, daar zien we de effecten die we in windtunnel studies al berekend hadden. Zoals we duidelijk zien bij één van de grootste windparken in Europa, het Horns Rev I windpark, ten westen van Denemarken.
De huidige generatie windturbines zit met een wiekhoogte van 150 meter in een ingewikkeld deel van de atmosfeer. Vooral op zee zullen windturbines invloed op het klimaat hebben, maar ook op de mechanische eigenschappen. Het onderzoek is er dan ook op gericht de turbulente lagere lagen van de atmosfeer beter te leren kennen en om de productiviteit van windturbineparken te verhogen,”‘ zegt Banta. “Als we kunnen begrijpen hoe windstoten en snelle veranderingen in de windrichting de turbine activiteiten beïnvloeden en hoe het turbulentiepatroon zich achter de windturbines gedraagt, kunnen we tot verbetering van de ontwerp normen komen, die op zijn beurt de efficiëncy van de windparken vergroot en de kosten van opwekking van energie omlaag brengt.”

Het is dus de bedoeling met behulp van de hoge resolutie doppler laser gedetailleerde profielen van de atmosfeer achter windturbines te maken. Het drie-dimensionale turbulentiepatroon wordt vastgelegd in een brede wig van lucht tot 7 km lang en 1 km hoog achter de windturbine.

De studie naar het ontstaan en het gedrag van turbulentiepatronen achter windturbines, genaamd Turbine Wake and Inflow Characterization Study, is onderdeel van een Memorandum of Understanding, “Weather-dependent and Oceanic Renewable Energy Resources”, ondertekend door NOAA en het Amerikaanse ministerie van Energie (DOE).

**De plannen voor de Noordzee zijn ambitieus**
Windparken worden dus te dicht bij elkaar gebouwd.
De reden daarvoor is dat de meest winstgevende plek voor een windpark – de kustzone van de Randstad – grotendeels in beslag wordt genomen door scheepvaartroutes.



Bestaande en geplande windmolenparken op de Noordzee. Klik om te vergroten.

Bestaande windparken liggen erg dicht bij elkaar. In Nederland liggen het Offshore Windpark Egmond aan Zee (OWEZ) en het Prinses Amalia windpark, beide blauw in bovenstaande afbeelding, op 15 kilometer van elkaar, in Denemarken zijn Horns Rev I en Horns Rev II slechts 23 kilometer van elkaar verwijderd.

De Noordzee is groot genoeg, en dus lijkt het probleem gemakkelijk oplosbaar door windparken verder uit de kust te bouwen, op een grotere onderlinge afstand. Die aanpak roept echter nieuwe problemen op. Ten eerste is de bouw van windparken in dieper water een stuk duurder, en ten tweede gaat er meer energie verloren tijdens het transport van de elektriciteit.
Bovendien lijken Nederlandse windparken ver uit de kust niet compatibel met, bijvoorbeeld, Engelse windparken ver uit de kust. De Britten hebben al plannen voor drie gigantische windparken in water van 60 meter diep, langs de westelijke grens van het Nederlandse Noordzeegebied: Doggersbank, Hornsea en Norfolk. Samen moeten ze 20 gigawatt gaan leveren en de bouw is gepland voor 2014 en verder.
Volgens deskundigen als het ECN worden vooral Norfolk (westelijk van de Randstad) en Doggersbank zo groot dat ze aanzienlijke windschaduwen zullen leggen over de belangrijkste Nederlandse zones.

**Hoeveel windenergie kunnen we dan oogsten zonder het klimaat te beïnvloeden?**
Daar is recent meer onderzoek naar gedaan wat we hieronder publiceren bij [**Het overschatte potentieel van windenergie**](http://www.groenerekenkamer.nl/2518/de-invloed-van-windmolens-op-ons-klimaat/#overschat).
Computersimulaties tonen aan dat een door windturbines geleverde elektriciteitsproductie van 4,4 TW (tien procent van het verwachte energieverbruik in 2100) een temperatuurstijging veroorzaakt van 1 graad Celsius op de plaatsen waar windparken op land staan opgesteld. Bovendien werden er opnieuw ook op plaatsen ver weg van de windparken temperatuur-verschillen genoteerd, net als veranderingen in wolkenvorming en regenval.

**De afgelopen winters kenmerkten zich door veel sneeuwval**
In Nederland, België en Denemarken zorgt de wind ervoor dat de winters mild zijn. De wind waait in deze streken meestal uit het westen en brengt zo de warmte van de zee mee. Maar als deze wind door grote offshore windmolenparken ‘geoogst’ wordt, dan wordt de warmte ook niet meegenomen. Waardoor onze winters wel eens veel kouder en natter, met veel sneeuw, zouden kunnen worden.

**Theorie en praktijk**Alle onderzoeken aan dat duurzame energiebronnen niet de ideale oplossing zijn waar ze vaak voor worden gehouden. Er wordt nogal vlug beweerd dat het potentieel van duurzame energie zo groot is dat het makkelijk de bestaande energieconsumptie kan opvangen. Dat klopt in theorie, maar niet in de praktijk.

**Het massaal plaatsen van grote windmolenparken kan wel eens een grotere invloed op het klimaat hebben dan we juist van plan waren te bestrijden door over te schakelen van fossiele brandstoffen naar duurzame energie.**

De voorstanders van de bouw van windmolenparken grijpen de volgens hen genoemde klimaatverandering door het gebruik van fossiele brandstoffen aan om windmolens te plaatsen.
Het is opvallend dat de door windmolenparken veroorzaakte klimaatverandering, aantoonbaar bij het Horns Rev I windpark bij Denemarken, nooit door hen wordt genoemd.

**Het overschatte potentieel van windenergie**

**Over beschikbare windenergie boven land**



Klik op de afbeelding om te vergroten

De discussie over windenergie laait op. Dat is goed want nu wordt er ook aandacht besteed aan de punten die bij de energieconsumenten minder bekend zijn omdat de projectleiders van grootschalige windparken u dit liever niet vertellen.

Steeds meer wetenschappelijke onderzoeken bevestigen deze trend.

Nu hebben wetenschappers van twee Max-Planck instituten hebben een onderzoek gedaan hoeveel windenergie er eigenlijk nodig is voor de opwekking van elektriciteit door windmolens op land en wat de invloed van al die windmolens is op het klimaat.
De Duitse wetenschappers, Muller, Gans en Kleidon schatten de winbare windenergie met vaste windturbines wereldwijd op 18 – 68 TeraWatt terwijl schattingen van klimaatmodellen uitkomen op 18 – 34 TeraWatt.
Beide uitkomsten liggen verrassend dicht bij elkaar, maar zijn toch typisch 15 tot 100 keer zo klein als traditionele schattingen.

Gegeven een huidige globale energievraag van 17 TeraWatt en een geschatte verandering de komende 100 jaar tot misschien wel 120 TeraWatt (berekening van het Internationaal Energie Agentschap) suggereert dit dat windenergie geen haalbare kaart is, tenzij je min of meer al het beschikbare land en alle kustgebieden vol zet met windturbines.

Volgens Muller en collegae is de traditionele berekening van beschikbare windenergie (bottom-up of ingenieursbenadering) onjuist omdat ze geen rekening houdt met het feit dat je door winning van windenergie er energie uit het klimaatsysteem onttrokken wordt.
Dan bedoelen ze niet het “wake” –effect, maar letterlijk dat grootschalige windenergiewinning de wereldwijde productie van wind zal doen afnemen.

Omdat in het klimaatsysteem wind evenredig is met drukverschillen welke van invloed zijn op de energietransporten in het klimaatsysteem wordt met grootschalige windenergiewinning ook het klimaatsysteem grootschalig beïnvloed.
De energie balans wordt als het ware ernstig verstoord.
Dat laatste is overigens ook al eerder door anderen gesuggereerd.