

Windturbine bouw en de CO₂-uitstoot in Ierland.

Lessen voor de Nederlandse ambities.

F. Udo

5 feb 2015

1. Inleiding.

Het rendement van windmolens is eind 2014 het onderwerp geweest van een discussie tussen de vaste commissie voor economische zaken en minister Kamp.

De vragen aan de minister betroffen het rendement van inpassing van windenergie in het bestaande elektriciteitsnet op een schaal als voorzien in het energieakkoord (6GW op land en 4,5GW op zee). De vragen waren gebaseerd op een artikel van vijf auteurs over dit onderwerp¹). Het artikel stelt op grond van resultaten behaald in de praktijk in 3 verschillende landen, dat het rendement veel lager is dan de verwachting uitgesproken door de windindustrie.

Het enigszins hilarische antwoord van de minister was:

Praktijkmetingen zijn niet geschikt, men moet modelberekeningen doen.

Hierop schreven dezelfde auteurs een uitvoerig antwoord op deze brief. De inhoud van deze brief wordt weergegeven in een blog getiteld "Hoe de minister water kookt"⁽²⁾.

Het antwoord eindigt met een uitvoerig citaat uit de ministeriële brief:

Net als in eerdere publicaties en bijdragen van de schrijvers van de notitie worden ook in de onderhavige notitie op basis van bronmateriaal dat daar niet voor geschikt is zeer negatieve conclusies getrokken over de bijdrage van windenergie aan het behalen van de doelstellingen op het gebied van duurzame energie en CO₂-reductie. Ik onderschrijf deze conclusies niet en zie hierin dan ook geen enkele aanleiding tot het bijstellen van mijn beleid.

Onderbouwing van deze conclusie werd niet gegeven. De berichten over het doordrukken van windturbines op land en het onverdroten doorgaan met wind op zee laten zien, dat het groene geloof nog steeds heerst in de ambtelijke burelen.

In het citaat wordt gesteld, dat praktijkervaring niet geschikt zou zijn om conclusies te trekken over het nut van windenergie. Is er misschien nog ander materiaal, dat zo overtuigend is, dat zelfs de ambtenaren/propagandisten van windenergie moeite zullen hebben om de botte ontkenning van de werkelijkheid vol te houden?

Hiervoor gaan wij net als in 2011⁽³⁾ naar Ierland.

2. Het Ierse stroomdistributienet

Het Ierse elektriciteitsnet is een factor 5 kleiner dan het Nederlandse en had tot eind 2012 vrijwel geen verbindingen met de buitenwereld.

Hieronder een tabel met de karakteristieken van beide systemen.

	<i>Ierland</i>	<i>Nederland</i>
Gas	65,5%	54%
Kolen plus veen	21,4%	31% (kolen + biomassa)
Samen	86%	85%

Verder heeft Ierland nog 2% waterkracht en een gepompte waterkrachtcentrale van 250MW om overtollige stroom op te slaan. Deze stroom wordt met een rendement van 75% weer teruggevoerd naar het net. Het bovenstaande laat zien, dat het Ierse stroomnet beter in staat is om grote hoeveelheden windstroom op te nemen, dan het Nederlandse net.

In de periode 2010-2014 werd in Ierland 1,4 miljard euro uitgegeven aan 835 MW windvermogen. Er staat nu ruim 2 GW aan windvermogen in Ierland, dus dit komt via de schaalfactor vijf overeen met de geplande hoeveelheid windenergie in Nederland.

Verder werd 0,6 miljard uitgegeven aan een 500MW hoogspanning verbinding naar Engeland. De hoogspanningsverbinding wordt overdag gebruikt om stroom te importeren en gedurende de daluren om overtollige windstroom te exporteren ⁽⁴⁾.

3. Het brandstofverbruik, een goed bewaard geheim.

In principe kan het rendement van inpassing van windstroom in bestaande distributienetten nauwkeurig gemeten worden door het volgen van het brandstofverbruik van de betrokken centrales.

Het probleem is, dat deze gegevens niet beschikbaar zijn in het publieke domein, zodat men zijn toevlucht zoekt in modelberekeningen die gebaseerd zijn op de statische karakteristieken van de generatoreenheden. Hierbij worden dynamische effecten als gevolg van het regelen van de generatoren en spinning reserves meestal verwaarloosd.

De gepubliceerde gegevens over de CO₂ uitstoot in het Ierse distributienet zijn hier een goed voorbeeld van. De Ierse netautoriteit Eirgrid publiceert elke 15 minuten de totale vraag, de productie van wind energie en de *berekende* CO₂ uitstoot⁵).

Toch was het mogelijk om met deze gegevens te laten zien, dat door de afwezigheid van waterkracht in april 2011 het rendement van het bijvoegen van windenergie in het net minder dan 40% was. Anders geformuleerd: Zestig procent van de geproduceerde windenergie bespaarde geen brandstof (6). Over heel 2011 is dit getal teruggedrongen naar dertig procent onder andere door hernieuwde beschikbaarheid van waterkracht. Wheatley⁽⁷⁾ bewees met gedetailleerde uitvoergegevens van generatoren, dat in heel 2011 de CO₂ vermindering 70% van de verwachte waarde bedroeg. Een bevestiging van dit effect is gegeven door de SEAI zelf⁽⁸⁾. De SEAI rapporteert, dat in 2012 door het bijvoegen van 16% windstroom het rendement van de bestaande centrales met 7% verlaagd werd. Verwaarlozen wij andere bijdragen in het brandstofmengsel, dan staat hier, dat 84% van de stroom geleverd werd door fossiele brandstof met een rendement dat 7% lager is, dan wanneer het systeem alles zou leveren.

Het brandstofverbruik (CO₂ uitstoot) is dus $1,07 \times 84\% = 90\%$ van het brandstofverbruik zonder wind. De brandstofvermindering is dus 10% voor een bijdrage van 16% wind.

Het rendement van inpassing van 16% windstroom in het net is dus $10/16 = 0,63$

Dit resultaat is in goede overeenstemming met de resultaten in de referenties 6 en 7.

Het brandstofrendement zal snel verminderen met toenemende windbijdrage.

Dit roept twee vragen op:

- A. *Hoe goed benaderen de resultaten van de Eirgrid berekeningen de werkelijke CO₂ uitstoot?*
- B. *Hebben de investeringen tot een aanzienlijke brandstofbesparing geleid?*

Alle cijfers in dit artikel zijn afkomstig uit de websites van Eirgrid en SEAI (Sustainable Energy Authority of Ireland).

4. De CO₂-uitstoot berekend uit het primaire brandstofverbruik.

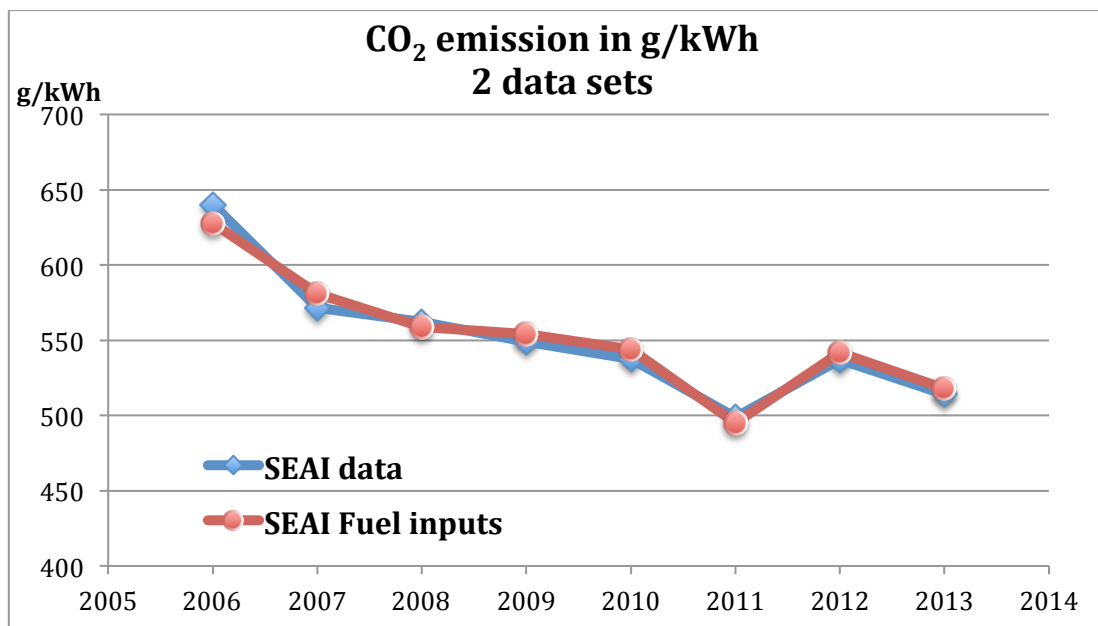
Het totale brandstofverbruik en de samenstelling van het brandstofmengsel voor de opwekking van elektriciteit staan in de jaarverslagen van de SEAI. Uit deze rapporten halen wij de samenstelling van het brandstofmengsel, het totale brandstofverbruik en de totale elektriciteitsproductie van Ierland. Uit deze gegevens kan de CO₂-uitstoot per kilowattuur worden afgeleid.

Bijlage 1 berekent de CO₂ uitstoot uit het totale brandstofverbruik voor de Ierse elektriciteitsproductie in 2006.

De berekening is uitgevoerd voor de jaren 2006 tot en met 2013 en de resultaten zijn de rode punten in grafiek 1. Deze resultaten vergelijken wij voor elk jaar in de periode 2006-2013 met de getallen gegeven door de SEAI.

De Europese regel is om de CO₂-uitstoot van ingevoerde stroom toe te schrijven aan het land van herkomst, zodat officiële cijfers voor de CO₂-uitstoot geen bijdrage voor de invoer bevatten. In dit artikel worden de importen van stroom dus niet meegerekend.

Figuur 1 toont de vergelijking van de twee sets gegevens.



De resultaten van de twee methoden zijn vrijwel identiek, dus de SEAI getallen zijn waarschijnlijk op dezelfde manier verkregen.

In de periode voor 2010 daalt de CO₂ uitstoot geleidelijk door het vergroten van het aandeel gas in het brandstofmengsel.

De dip in 2011 wordt door SEAI verklaard als zijnde het gevolg van de ingebruikname van twee nieuwe gascentrales in 2010, die in de volgende jaren weinig gebruikt zijn als gevolg van de beschikbaarheid van goedkope steenkool...

Let wel:

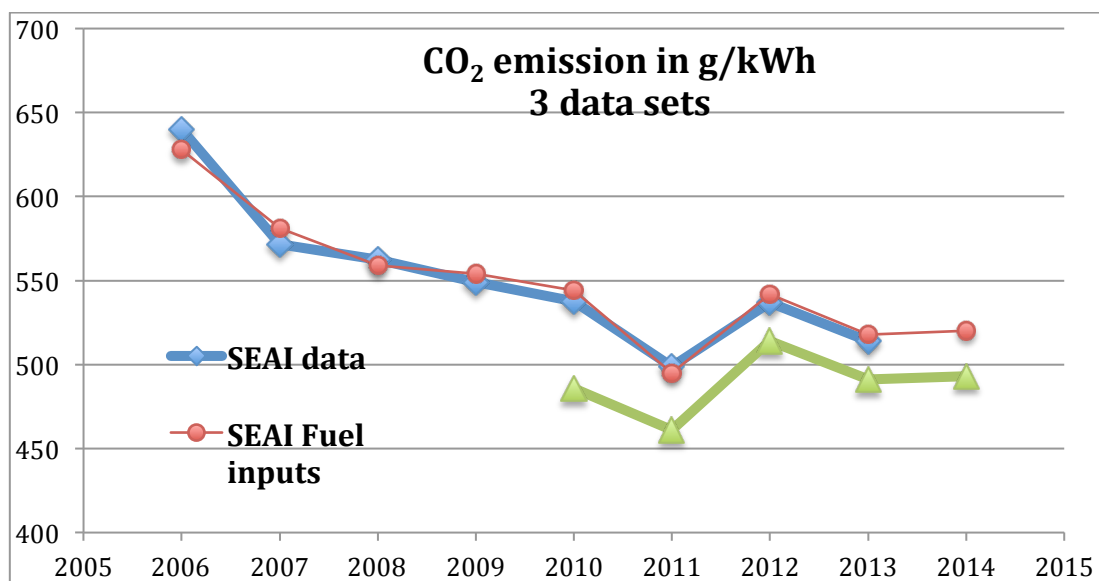
Grafiek 1 toont de CO₂ uitstoot, die rechtstreeks is afgeleid van de hoeveelheid verstoekte brandstof.

5. De vergelijking met de gegevens van Eirgrid.

Bijlage 2 toont de resultaten verkregen uit de 15 minuten gegevens van Eirgrid.

De gegevens zijn gesommeerd over de jaren 2010 tot en met 2014 en gecorrigeerd voor de stroom in- en exporten.

De berekende CO₂ emissieintensiteiten kunnen nu worden vergeleken met de gegevens uit brandstofverbruik voor de periode 2010 tot 2014. *Figuur 2* toont de vergelijking tussen berekening (de groene punten) en het werkelijke brandstofgebruik (de blauwe en de rode punten).

**Noot 1**

De brandstof gegevens voor 2014 zijn nog niet gepubliceerd, maar de Eirgrid 15 minuten data geven aan dat de CO₂ uitstoot over 2014 hoger is dan in 2013. Het laatste rode punt is 520g/kWh, geëxtrapoleerd met behulp van de berekende groene punten. Dit houdt in, dat de prestaties van de Ierse stroomproductie tussen 2010 en 2014 nauwelijks zijn verbeterd. *In 2011 was de uitstoot lager dan in de volgende jaren ondanks het extra windvermogen en de nieuwe verbinding met Engeland.*

Noot 2

De energie-inhoud van wind turbines maakt, dat CO₂ intensiteit van het hele net met 10 g/kWh verhoogd moet worden als de windbijdrage 20% is. (zie bijlage 3).

6. Conclusies

De eerste opmerking is, dat het Eirgrid model de werkelijke emissies onderschat met ongeveer 6%. Dit is het gevolg van de beperkingen van het model.

De tweede opmerking is, dat de CO₂-intensiteit van het systeem nauwelijks daalt sinds 2010, ondanks een toename van de windturbine capaciteit van 1260 MW naar 2095 MW tussen 2010 en 2014, en het gebruik van de Oost-West verbinding sinds eind 2012.

In 2011 was de uitstoot lager dan in de volgende jaren ondanks het extra windvermogen en ondanks de nieuwe verbinding met Engeland.

Het effect van deze investering wordt geheel teniet gedaan door een lichte toename van het gebruik van steenkool in het brandstofmengsel, omdat gas in de afgelopen jaren duur is geworden. De prestaties van het systeem in 2011 tonen duidelijk aan, dat het systeem *minder CO₂ uitstoot* zonder de extra windmolens en zonder de E-W koppeling, maar met de nieuwe STEG-gas-centrales.

De E-W koppeling wordt nu nog gebruikt om windenergie te exporteren naar het Verenigd Koninkrijk. Dit zal steeds problematischer worden, want het Verenigd Koninkrijk zet ook in op verhoging van de productie van windenergie. De windsterkte in Ierland en het Verenigd Koninkrijk is sterk gecorreleerd in de tijd.

Hernieuwbare energiebronnen worden altijd beschreven als CO₂ vrij, maar windmolens en houtpellets zijn verre van CO₂ vrij. Bijlage 3 geeft enkele gegevens voor windmolens. Een recente publicatie van het KNAW zet grote vraagtekens bij de rol van biobrandstoffen in het reduceren van de CO₂ uitstoot. De werkelijkheid is dus slechter dan grafiek 2 weergeeft.

Deze wanprestatie van de "vergroening" van de elektriciteitsvoorziening komt bovenop de enorme sociale en economische kosten van de verrommeling van het landschap met duizenden roterende monsters van 160 meter hoog.

Ierland heeft het punt bereikt, waar windenergie is geworden tot een sociale en economische last voor de samenleving. Verdere uitbreiding van windenergie zal de zakken van de eigenaren van de windturbines verder vullen en zal er alleen toe dienen de aanhangers van de groene kerk tevreden te stellen.

Het Nederlandse energie-akkoord streeft hetzelfde doel na.

Hierbij moet worden opgemerkt, dat het Nederlandse net vergelijkbaar is met het Ierse in April 2011 omdat wij geen waterkracht kunnen inzetten ter compensatie. De ervaringen met overtollige windstroom uit Duitsland doen het ergste vrezen voor 2020.

Bijlage 1

Berekening CO₂ intensiteit uit brandstofverbruik.

De hoeveelheid brandstof en de hoeveelheid elektriciteit worden in de Ierse rapporten uitgedrukt in Kilo Ton Olie Equivalent (ktoe).

Hieronder gebruikt tabel 1 als illustratie het brandstofmengsel voor het jaar 2006.

SEAI gegevens	1	2	3	4
In	Calorische	Aandeel	Verbranding	Mengsel
Brandstof	waarde	%	gCO₂ /kWh	gCO₂ /kWh
Kolen	1265	26,2	340	89
Turf	458	9,5	414	39
Olie e.d.	693	14,3	264	38
Gas	2417	50,0	206	103
Totaal	4833	100%		269

Tabel 1: Berekening CO₂-intensiteit gebaseerd op SEAI gegevens uit het jaar 2006.

-De Totale energietoevoer voor fossiel opgewekte elektriciteit is 4833 ktoe.

Dit is de som van de vier onderdelen in kolom 1.

-De 2e kolom geeft het aandeel van elke brandstof in het mengsel, afgeleid uit kolom 1.

-De 3e kolom toont de hoeveelheid CO₂ die wordt uitgestoten door verbranding van 1 kWh van elk element van het brandstofmengsel. Met andere woorden de kolom zegt:

Een centrale, die draait op steenkool met 100% rendement, stoot 340 g per kWh uit.

- Kolom 4 toont de bijdrage van elke brandstofcomponent aan de CO₂-uitstoot van het brandstofmengsel. Dit wordt verkregen door middel van vermenigvuldigen van kolom 2 met kolom 3.

Kolom 4 toont, dat de brandstofmix 269 gram CO₂ produceert voor de verbranding van 1 kWh brandstof. Op deze manier berekenen we van ktoe de CO₂ uitstoot zonder gebruik te maken van het rendement voor elke brandstof afzonderlijk.

Het rendement van de omzetting van brandstof tot elektriciteit volgt uit de verhouding tussen de totale hoeveelheid verbruikte brandstof en de totale hoeveelheid geproduceerde elektriciteit.

De onlangs voltooide Oost-West verbinding wordt gebruikt om tot 500 MW gedurende de dag te importeren, terwijl tijdens winderige nachten overtollige windenergie wordt geëxporteerd.

Hier bestuderen we de prestaties van het Ierse systeem, zodat invoer wordt afgetrokken van (en de export wordt toegevoegd aan) de "totale vraag" om de binnenlandse productie te bepalen.

In het jaarverslag 2006 van het SEAI staan de volgende getallen:

De totale stroomproductie in 2006 2.225 ktoe.

Aftrekken de netto-invoer 153 ktoe

Aftrekken de bijdrage van hernieuwbare energiebronnen 231 ktoe

Blijft de netto fossiele elektriciteitsproductie **1841 ktoe**

Tabel 1 geeft de totale energie, die toegevoerd wordt als 4833 ktoe

Het rendement is nu (energie uit) / (energie in) of:

$1841\text{ktoe}/4833\text{ktoe} = 38,1\%$ voor de stroomopwekking uit fossiele brandstoffen.

Tabel 1 laat zien, dat 1 kWh brandstofmix 269 g CO₂ / kWh produceert, zodat de CO₂ uitstoot wordt: $269/0,381 = 706$ gram CO₂ per kilowattuur, een verrassend hoog getal.

Het toevoegen van de bijdrage van hernieuwbare energiebronnen (231 ktoe) aan de 1841 ktoe elektriciteitsproductie verhoogt de inheemse stroomproductie tot 2072 ktoe en verhoogt het rendement schijnbaar tot 42,9%. Dit verlaagt de *schijnbare* CO₂-intensiteit tot **628 g CO₂/kWh**. Deze CO₂ intensiteiten zijn berekend voor de jaren 2006 tot 2013 en worden getoond als rode punten in de grafieken 1 en 2.

Bijlage 2. De CO₂ berekening van Eirgrid.

Op de website van Eirgrid vindt men de volgende tekst:

EirGrid, with the support of the Sustainable Energy Authority of Ireland, has together developed the following methodology for calculating CO₂ emissions. The rate of carbon emissions is calculated in real time by using the generators MW output, the individual heat rate curves for each power station and the calorific values for each type of fuel used. The heat rate curves are used to determine the efficiency at which a generator burns fuel at any given time. The fuel calorific values are then used to calculate the rate of carbon emissions for the fuel being burned by the generator.

De definitie stelt duidelijk, dat het dynamische gedrag van het systeem niet in het model zit, net zomin als de bijdrage van de “spinning reserve”. Het model levert dus een onderschatting van de CO₂ uitstoot.

De “Stroomvraag, de CO₂ uitstoot, de windstroomproductie en de import worden ieder kwartier op de Eirgrid website geschreven, dus dit levert 2900 sets getallen per maand op.

De tabel hieronder laat alle gegevens zien, die door Eirgrid gepubliceerd zijn voor de periode november 2010 tot december 2014. Over het jaar 2010 zijn alleen de gegevens van de laatste 2 maanden bekend.

De totale stroomvraag is verassend stabiel. De totale vraag minus de importen laat zien, dat de binnenlandse stroomproductie in Ierland langzaam afneemt ondanks het in gebruik nemen van twee nieuwe gascentrales in 2010.

	2010	2011	2012	2013	2014
Stroomvraag GWh	4880	25791	25631	25846	25781
Import GWh	88	516	436	2249	2552
Netto-prod. GWh	4792	25275	25195	23597	23229
CO ₂ uitstoot kTon	2333	11660	12960	11590	11450
CO₂ g/kWh	486,8	461,3	514,4	491,2	492,9
Tot. Wind GWh	515	4233	4104	4644	4925
Wind (%)	10,6%	16,4%	16,0%	18,0%	19,1%

-Rij 3 is de netto binnenlandse productie of de totale vraag minus import.

-De CO₂-uitstoot is gegeven in de 15 minuten Eirgrid tabellen. De eenheden zijn ton (1000kg).

-Deze CO₂-emissies worden gegenereerd door het Eirgrid model volgens de methode, die hierboven cursief is aangegeven.

-De Emissie-intensiteit in gCO₂/kWh wordt berekend door de totale CO₂-uitstoot in kiloton te delen door de netto binnenlandse productie (Rij 4 gedeeld door rij 3). Dit zijn de groene punten in grafiek 2.

Bijlage 3 Brandstof gebruik door windmolens.

Windenergie wordt bijna altijd gezien als een schone bron van energie zonder CO₂-uitstoot.

Dit is niet waar, want de bouw, transport, bouw en onderhoud van windmolens kost energie.

Deze component wordt gebagatelliseerd door windenergie voorstanders door te stellen, dat een molen zijn eigen energie binnen een paar maanden terugverdient.

Auteurs van buiten de windindustrie zijn kritischer.

- A. Ir J van Oorschoot directeur van een grote Nederlandse bouwbedrijf betrokken bij de bouw van windmolens berekent een periode van 1,5 jaar bij een capaciteit factor van

0,22, het Nederlandse gemiddelde⁹.

- B. Een berekening¹⁰⁾ op basis van gegevens uit een groep Sydney geeft 11,5 maanden terugverdientijd basis van een capaciteitsfactor van 25%.

De conclusie uit deze twee onderzoeken is, dat een periode van één jaar een redelijke schatting is voor de terugverdientijd van de Ierse molens. Dit getal moet vermenigvuldigd worden met 1,5 om het rendement van inpassing in rekening te brengen, zodat de terugverdienperiode 1,5 jaar wordt.

De Ierse molens worden gesubsidieerd voor een periode van 15 jaar, dus na deze periode worden zij meestal gesloopt en ingeruild voor nieuwe met nieuwe subsidies.

Het resultaat is, dat het effectieve brandstofgebruik 1,5 jaar is van de levensduur van 15 jaar. Het gevolg is, dat fossiele energie 10% van de totale windenergieproductie uitmaakt. Stellen wij de bijbehorende CO₂-uitstoot van ongeveer 500 gram CO₂ per kilowattuur, dan is het CO₂-gehalte van windenergie gelijk aan 50 g CO₂/kWh geproduceerde stroom.

De hoeveelheid windenergie neemt per jaar toe, zodat de extra bijdrage aan de CO₂-intensiteit toeneemt met de tijd. Deze bijdrage noch het CO₂ gehalte in de andere hernieuwbare bronnen is in deze tekst in rekening gebracht.

Literatuur.

- 1 De besparing van brandstof en CO₂ uitstoot door Windenergie.
F. Udo, C. le Pair, K. de Groot, A. H.M. Verkooijen, C. van den Berg.
<http://www.clepair.net/windbesparing.html>
- 2 <http://www.stichting-jas.nl/2014/11/hoe-minister-kamp-water-kookt.html>
- 3 F. Udo Wind energie en CO₂ uitstoot.
<http://www.clepair.net/Udo-okt-nl.html>
- 4 Deze bewering is rechtstreeks overgenomen uit het jaarverslag 2014 van de SEAI.
De jaarverslagen voor de periode 2006 tot 2013 staan onder de titel "Energy in Ireland"
www.seai.ie/Publications/Statistics_Publications/
- 5 www.eirgrid.com
De sectie "operations" bevat de 15 minuten gegevens over het totale verbruik, de CO₂ uitstoot en de productie van windstroom. De kwartierdata voor de East-West verbinding zijn beschikbaar onder de titel "East West"
- 6 [F. Udo, Wind energy in the Irish power system.](http://www.clepair.net/IerlandUdo.html)
<http://www.clepair.net/IerlandUdo.html>
- 7 · [J.B. Wheatley: Quantifying CO₂ savings from windpower;](#)
Energy Policy, 2013, vol. 63, issue C, pages 89-96.
- 8 In het jaarverslag 2013 van de Sustainable Energy Authority genaamd "Quantifying Ireland's Fuel and CO₂ Emissions Savings from Renewable Electricity in 2012" staat: op pagina 2:
Individual fossil-fuel generators run in less efficient modes with renewable electricity generation on the system, showing a 7% increase in the CO₂ emissions intensity for such generators.
In 2012 was het aandeel wind 16%. van de totale stroomproductie.

-
- 9 · De berekening staat in ref 13 van:
C. le Pair en K. de Groot:
[De invloed van elektriciteit uit wind op het fossiel brandstofgebruik.](#)
- 10 · [F. Udo: Building wind turbines costs more energy than you think.](#)