



Bronnen Duurzame energie in perspectief

Ir. Harry Assen

Megawat@KPNmail.nl

Lokatie Koppert Cress

Datum: 2023-09-19



Doel van mijn verhaal is duidelijk te maken dat het energieverbruik van de moderne mens enorm is.

Ik hoop dat u zich straks realiseert hoe groot het probleem is en waardoor vaak verkeerde (en soms bijna idiote) oplossingen worden aangedragen.

Overzicht

- Hoeveel energie in Nederland
- Methoden van opwekking klassiek en nieuw
- Oppervlak gebruik / energie dichtheid
- Buffering van elektriciteit
- Conclusie
- Vragen / Opmerkingen?

17e eeuw
BRANDSTOF
Productie
1 kg / sec ?



74 De Veender

Jan Luijken 17e eeuw

nu

BRANDSTOF

Productie

10 ton/sec



Waar hebben we het over bij energie?

Zonder getallen erbij wordt het al gauw een soort **luchtfietserij**

(Prof. Jo Hermans (in zijn Energie Survival Gids))

In Sustainable Energy "**without the hot air**"

(David J.C. MacKay)

CBS

Sankey diagram

Energiegebruik in
Nederland

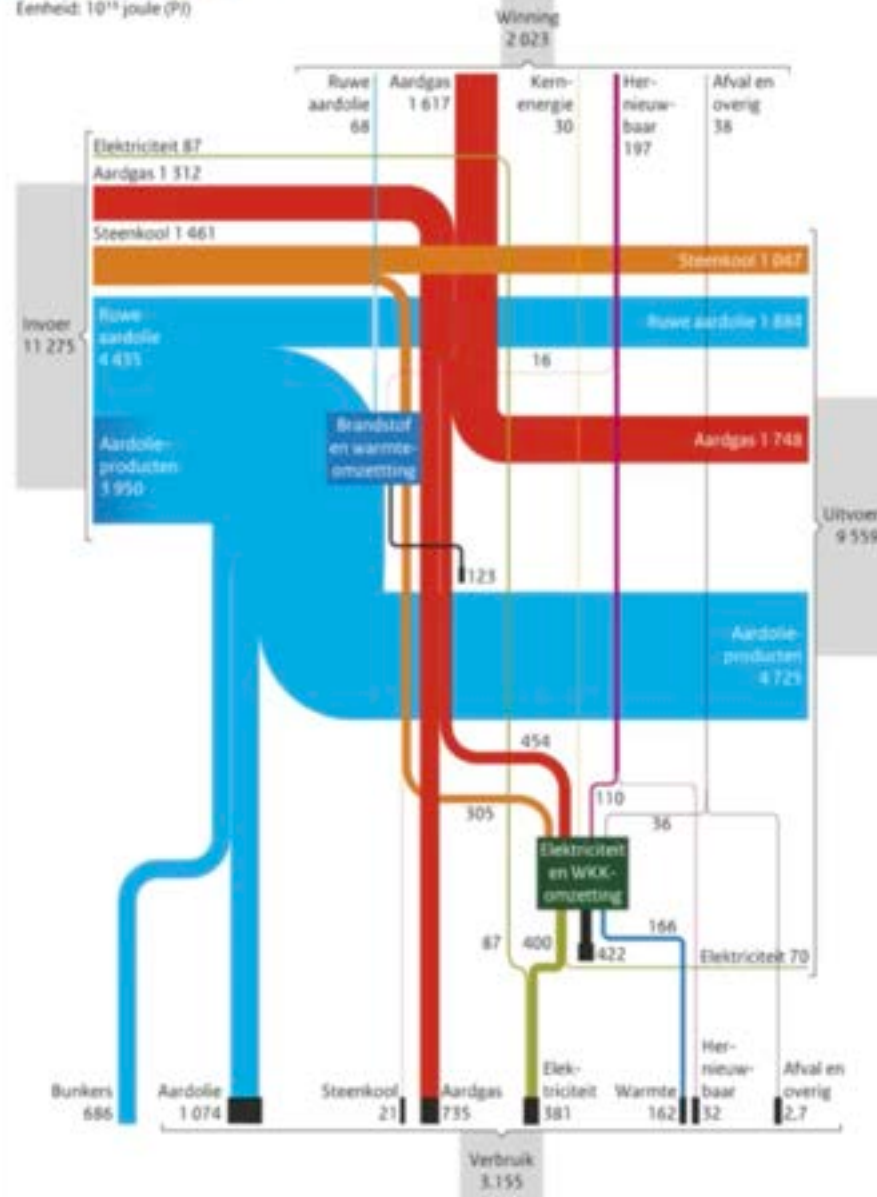
In 2016 3155 PJ

In 2021 3024 PJ

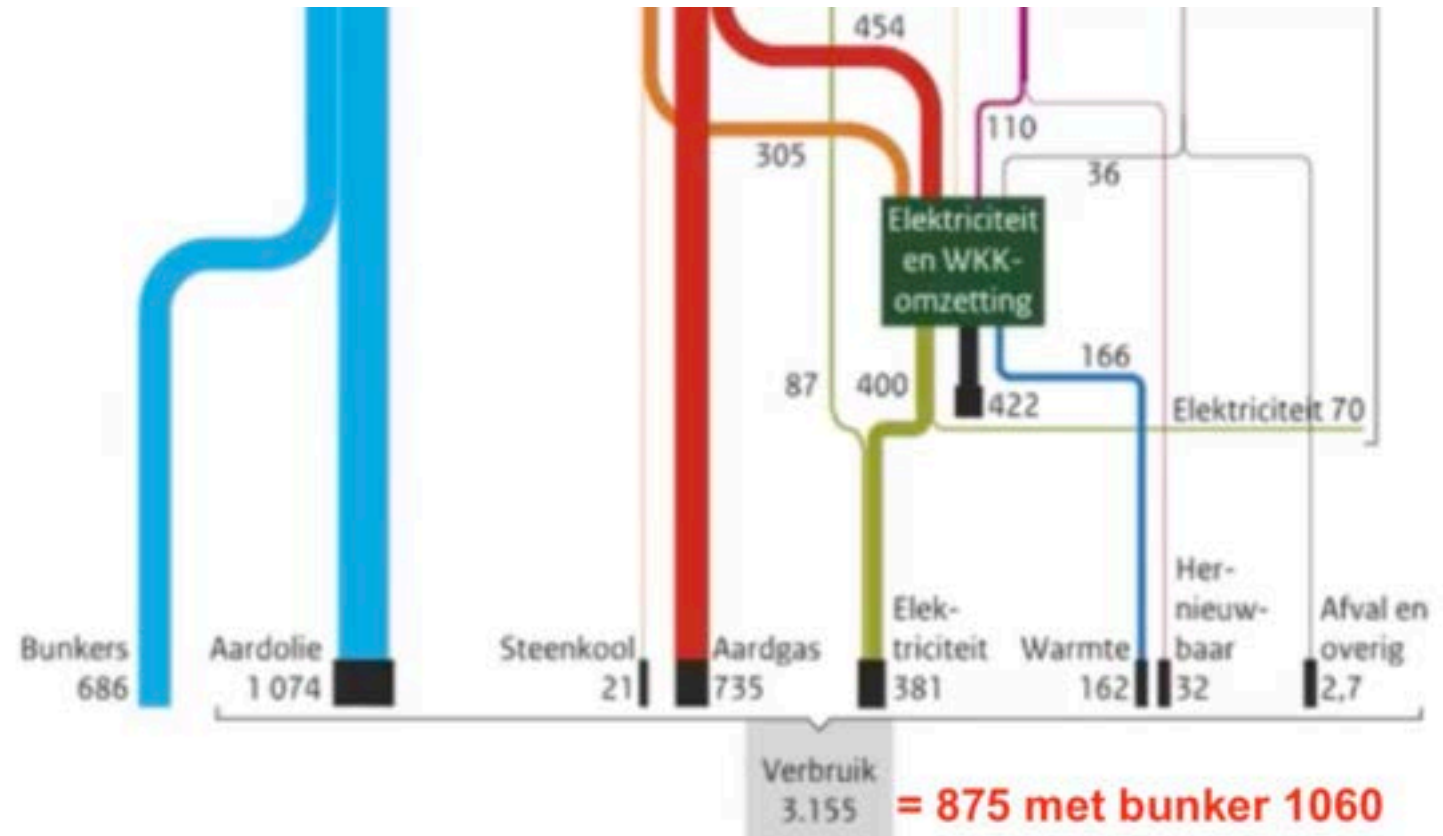
(Nauwelijks gedaald)

Energiestromen, 2016**

Eenheid: 10¹¹ joule (PJ)



N.B. De som van de zwarte blokjes is het totale energieverbruik (finaal verbruik en saldo omzetting). In deze figuur zijn verschillende details verwaarloosd.



190 300 6 200 100 45 10 1

Puur elektriciteit is $100 : 1060 = 9\%$ van alle energie

Getallen hierboven in rood zijn afgerond in miljoenen MWh uitgedrukt
Ofwel in TWh (TeraWattuur)

1 060 miljoen MWh delen door 8 760 uur geeft 125 000 MW

Totale energie 125 stuks 1 000 MW centrales

Elektrische energie 10 stuks 1 000 MW centrales

**Of 50 000 windmolens van 10 MW, met 5 MW productie
(het grote Borssele park heeft 79 molens van 9,5 MW)**

Gerekend is dat offshore molens 50 % van de tijd energie op vol vermogen leveren (op land is dat drastisch minder)

Dit is
1000 MW

Amercentrale



Duwbak Combinatie 6 bakken

27 000 ton (36 x een VOC Schip)

Om de Amer Centrale

1 jaar van brandstof te voorzien

zijn 111 eenheden per jaar nodig



Elektrische voorziening moet zijn:

Beschikbaar

Betrouwbaar

Betaalbaar

B₃

Energie-vormen

- **Warmte**
 - uit bodem, waar GBP zich mee bezig houdt
 - uit klassieke brandstof, biomassa en zon
- Straling
- Mechanisch
- Potentiële
- Kinetische
- Kernenergie
- **Elektrische**
 - waar ik me toe beperk

Omzetting van de ene in de andere vorm geeft vaak verliezen
Van Warmte naar Elektrisch bijvoorbeeld:

Carnot $\eta = 1 - T_{\text{laag}} / T_{\text{hoog}}$ (T in Kelvin)

Opwekking elektrische energie

- Moleculen (hout, turf, kolen, olie, gas, **biomassa** en afval) = klassiek
- Wind Windmolens / Turbines
- Zon PV panelen of via warmte en stoomcircuit
- Water Hoogte (witte steenkool)

- Waterstof Is gefabriceerd gas

- Nucleair Apart onderwerp

- Talloze andere chemische / fysische / biologische methoden

- Water Stroming (Oosterschelde 3x failliet nu Afsluitdijk)
 Verschil in zoutgehalte (Afsluitdijk)
- Rechtstreeks uit planten

Wind-energie

1993 Windmolen

Burgerveen kruising A-4 A-44

Nominaal 250 kW

Werkelijk 38 kW (14 %)



Windpark Wester Meer Wind

48 Molens à 3 MW

Nominaal 144 MW
Werkelijk 55 MW
(38 %)



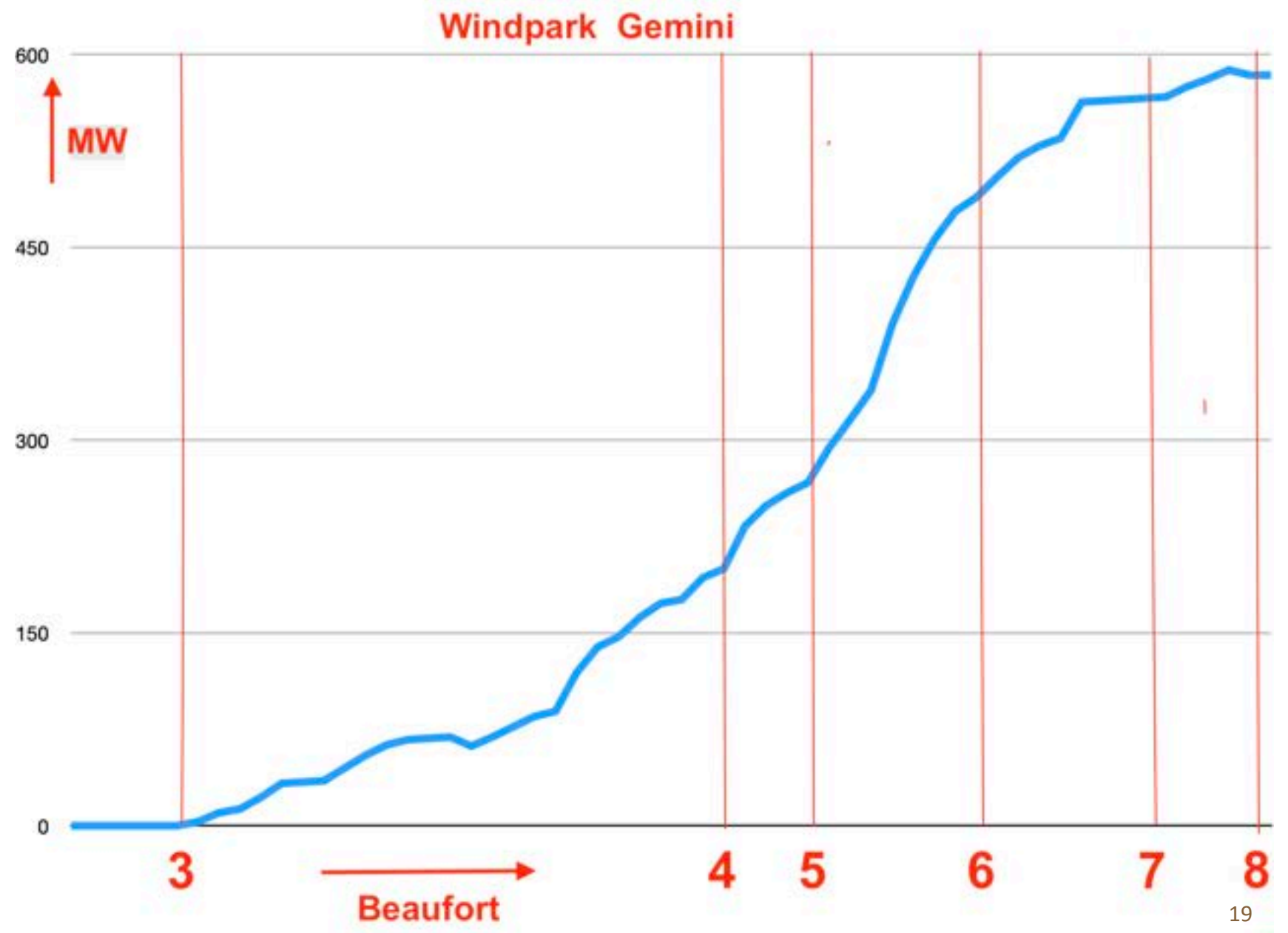
Offshore Windpark Gemini

150 Molens à 4 MW

Nominaal 600 MW
Werkelijk 298 MW
(50 %)



Grafiek
Productie /
Windsterkte



Beaufort	Uren van voorkomen	Percentage tijd van voorkomen	V
0		0,1	
1		9,0)
2		21,0)
3		29,0)
4		25,0)
5		11,0)
6		4,0	
7		0,5	
8		0,3	
9		0,1	
10			
11			
12			
		100,0	

Samen 95 %

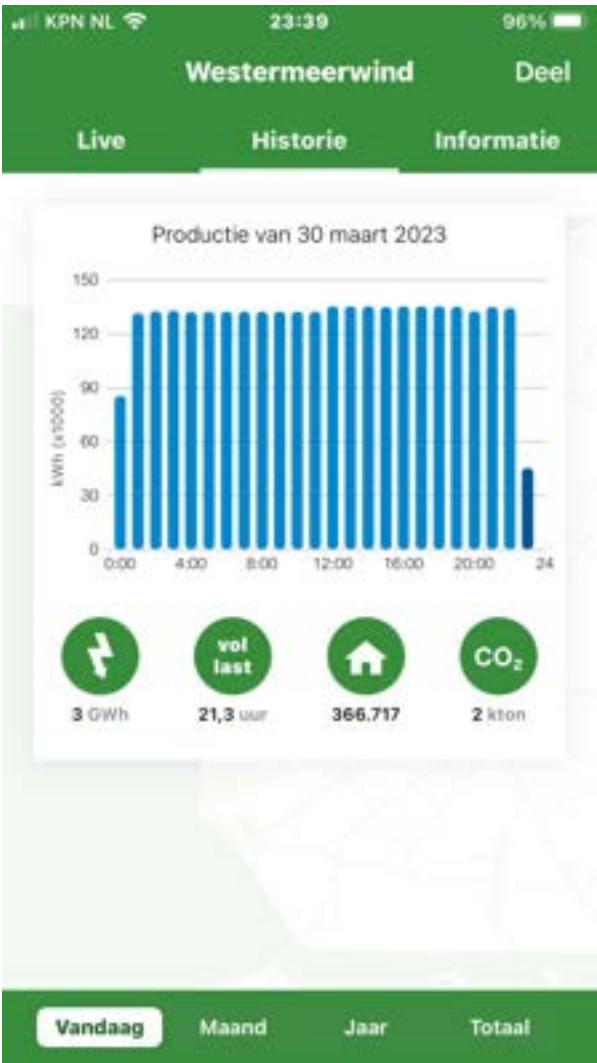
Weerbericht

2023-04-11

Verskil tussen wind

boven land en zee





Een goede en een slechte dag



Dag Producties (film)

Augustus



Benodigde energie 3500 MWh/dag
Voor bijv. datacentrum continue vraag

Wester Meer Wind

Max. dagproductie $144 \times 24 = 3456$ MWh

Gemiddelde productie 2022-April 34 %

Gas-Bijstook met 1 park dus 66 %

Met 2 parken 47 %

Met 3 parken 39 %

Met 10 parken 19 %



Conclusie

$$10 \times \text{nix} = \text{nix}$$

Jaarlijkse Productie Wind op land

Jaarproductie in Nederland op land^[14]

Jaar	Aantal turbines	Opgesteld vermogen (MW)	Jaarproductie (GWh)	Capaciteitsfactor (%)
2021	2.403	5.258	10.028	23,9
2020	2.175	4.235	9.801	29,0
2019	2.032	3.527	7.935	25,9
2018	2.029	3.436	6.918	23,7
2017	1.981	3.245	6.869	24,2
2016	2.041	3.300	5.901	21,0

Netto vermogen
(MW)

1150

1120

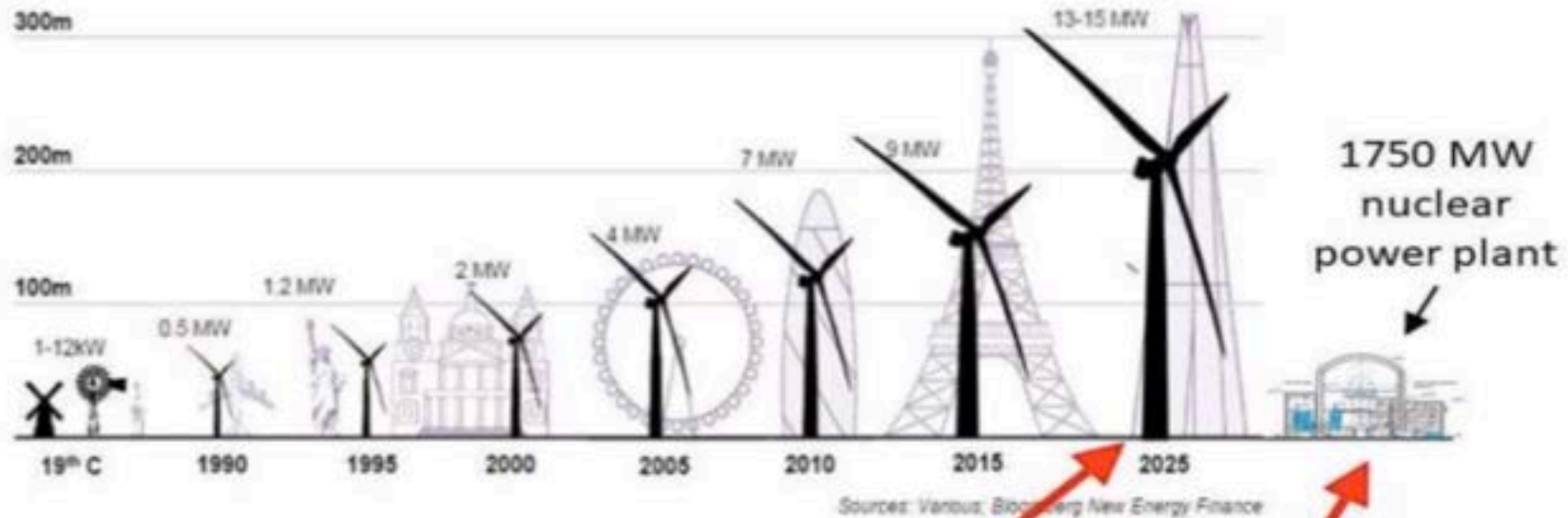
900

800

800

700

Evolution of wind turbine heights and output



You need two hundred of **these**
(and a windy day)
to match the power output of one of **these**

Zonne-energie

2008 Mijn eerste 6 PV panelen van 160 Wattpiek
Geïnstalleerd 1 kW

2019 Grootste zonnepark NL in Hoogezand - Sappemeer
315 000 PV panelen van 320 Wattpiek
Geïnstalleerd 110 MW

Zonne (PV)park

Hoogezand/Sappemeer

315 000 panelen

120 hectare

Geïnstalleerd 110 MW

Geproduceerd 12 MW (11 %)



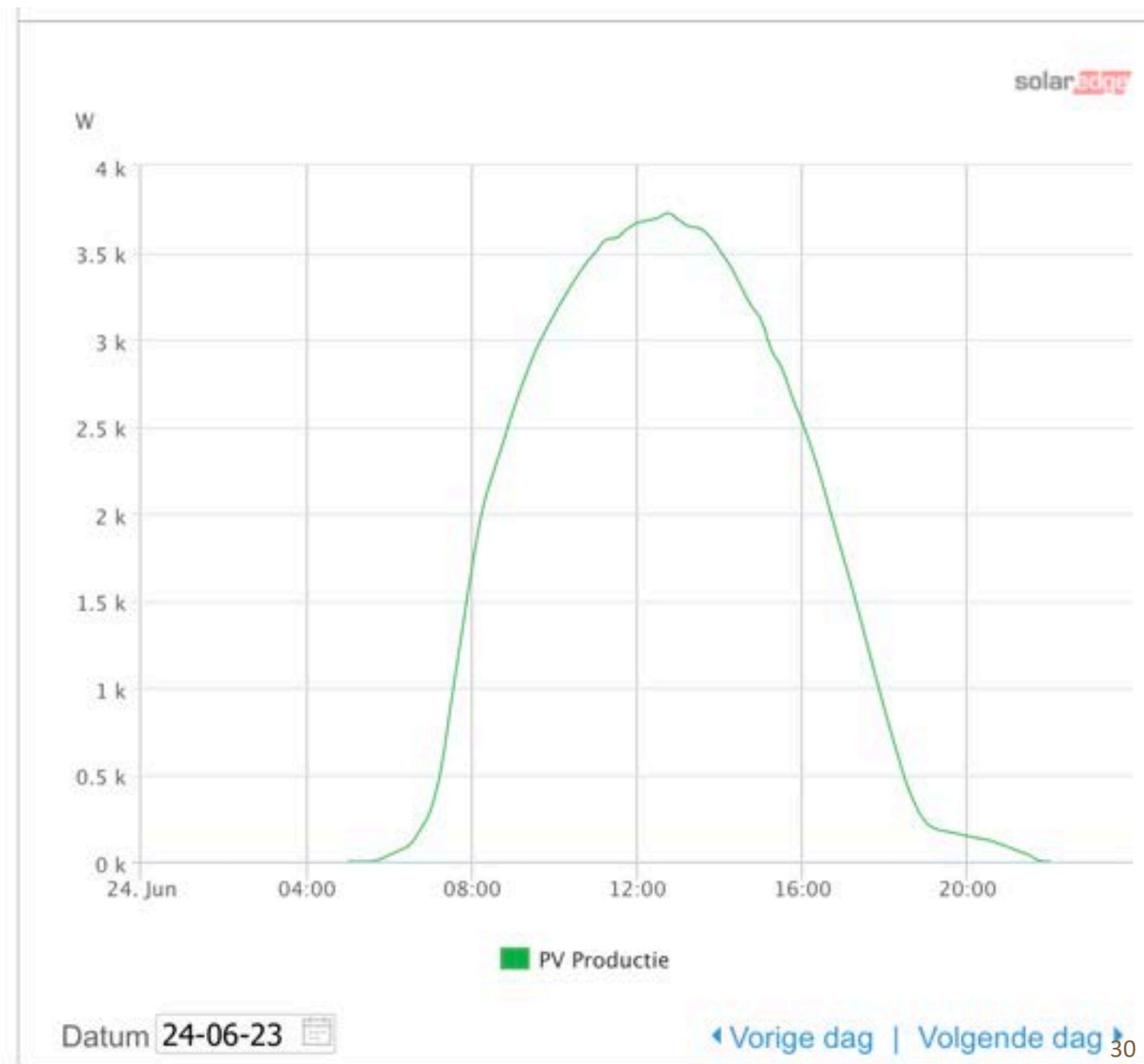
PV Topdag

Vermogen

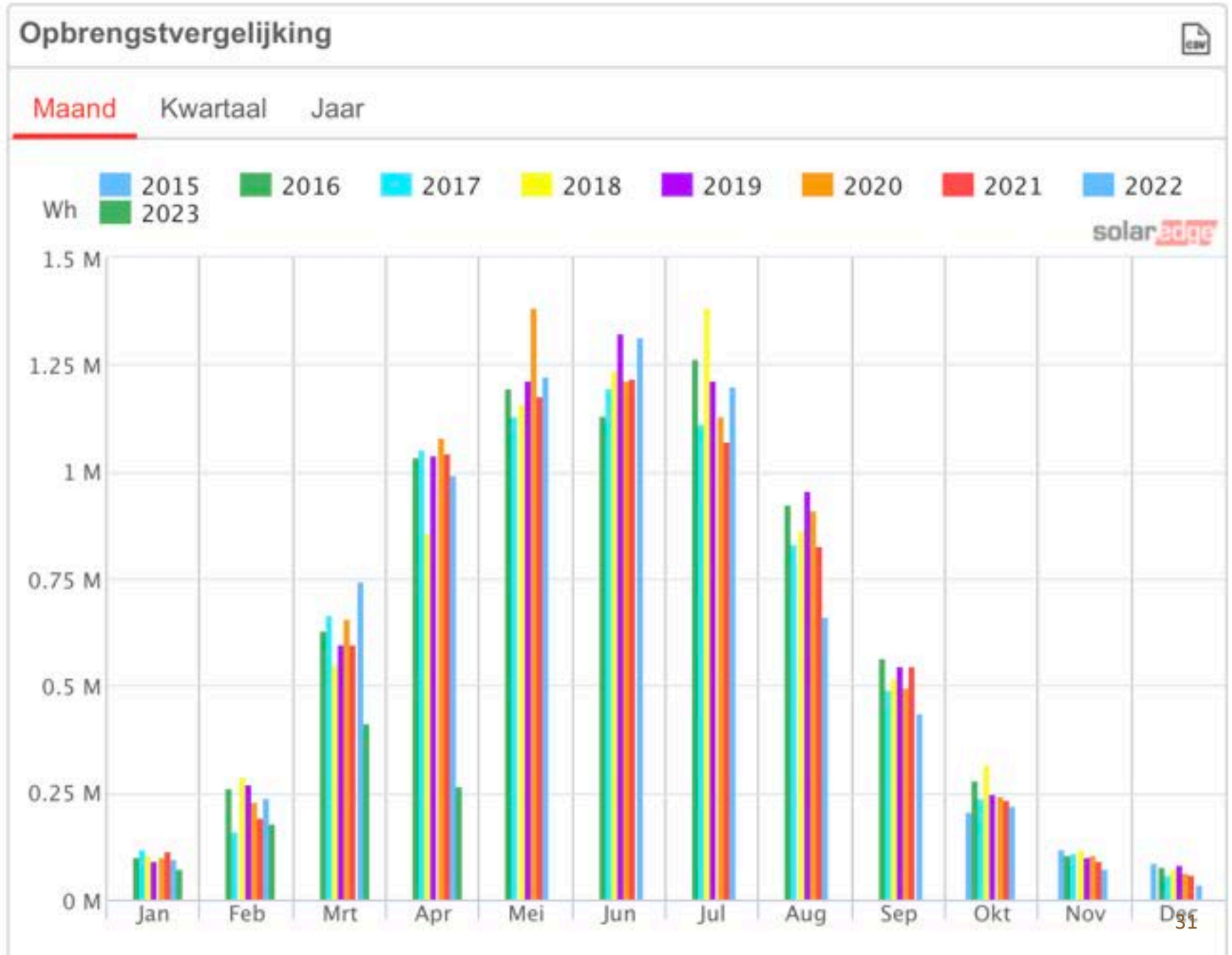
Nominaal 5 kW
Piek 3,8 kW

Geproduceerd
32 kWh dit is 1,3 kW
(27 %)

Slechts 7 uur lang 2,5 kW



Maand Producties PV

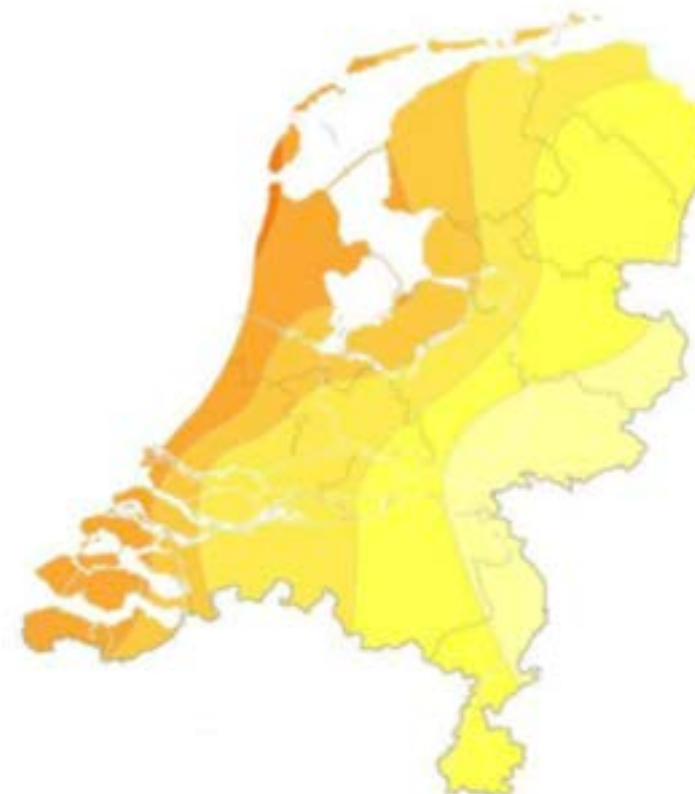


Gemiddeld aantal zonne-uren is

circa 1500 / jaar = 17 % van 8760 uur

Gemiddeld aantal productie-uren is

circa 1100 / jaar = 13 % van 8760 uur



Gemiddeld aantal zon uren



Jaarlijkse PV Productie

	Bijgeplaatst vermogen (MW)	Opgesteld vermogen (MW)	Elektriciteits- productie (mln kWh)	Netto vermogen (MW)
1990	.	1	0	0
2000	4	13	8	0,1
2005	2	51	35	0,4
2010	21	90	56	0,6
2015	519	1 526	1 109	125
2018	1 697	4 608	3 709	420
2019	2 618	7 226	5 336	800
2020**	3 491	10 717	8 144	930

Bron: CBS.

Oppervlak vergelijking in het Westland



Water-energie

Als 1 m³ water in 1 seconden 1 m valt komt er 10 kW aan vermogen vrij.

Groot vermogen = veel water en / of grote hoogtes

Energie uit hoogteverschil is daarom in Nederland nauwelijks

Waterkracht Centrale Linne

Flow max. 450 m³/h
(Maas 20 - 3 500 m³/s)

Geïnstalleerd 11,5 MW
Productie 3,5 MW
Dit is 31 %

The Hydro Station at Linne.



Photograph courtesy of KLM aerials photography, Schiphol

			Geïnst.		Netto		
Nr.	Naam van de dam	Land	Vermogen	Productie	Vermogen		Opp.
			[MW]	[MWh/a]	[MW]		[km2]
1	Driekloven	China	22.500	95.000.000	10.845	48%	1.000
2	Itaipu	Brazilië	14.000	100.000.000	11.416	82%	1.350
3	Xiluodu	China	13.860	55.000.000	6.279	45%	
4	Guri	Venezuela	10.235	47.000.000	5.365	52%	4.250
5	Tucurui	Braxilië	8.370	21.400.000	2.443	29%	2.850
6	Grand Coulee	USA	6.809	20.240.000	2.311	34%	324
7	Xiangjiaba	China	6.448	30.700.000	3.505	54%	100
8	Longtan	China	6.426	18.700.000	2.135	33%	
9	Sayano-Shushenkaya	Rusland	6.400	23.500.000	2.683	42%	621
10	Krasnoyarsk	Rusland	6.000	23.500.000	2.683	45%	2.000
		Totaal	101.048	435.040.000	49.662	49%	
	Kachovka Dam	Oekraïne	357	1.420.000	162	0,45	2.155

De grootste werkende getijden centrale ter wereld (Rance in Bretagne) maakt gebruik van een niveauverschil van 8 tot maximaal 13,5 m en heeft een oppervlak van 21 km²

Vermogen:

geïnstalleerd 240 MW

productie 62 MW

26 %



Water-energie

Na 3 faillissementen
nu op Afsluitdijk
subsidie aan het
verbranden



Energie Dichtheid

Soort energie		Vermogen		Oppervlak	Vermogen/m2
		Geïnstalleerd	Productie		
		[MW]	[MW]	[km ²]	[m2 /kW]
		-----	-----	-----	-----
WE op zee	Gemini	600	300	68.000.000	227,0
WE op land	WMW	144	60	12.000.000	200,0
PV panelen	Vlagtwedde	120	12	1.100.000	90,0
Witte steenkool	Drieklovendam	22.500	10.000	1.100.000.000	110,0
Klassiek	Maxima Centrale	800	700	70.000	0,1
Kerncentrale	Borsele	500	450	60.000	0,1
Reactorvat Ø 3,8 m	Borsele	1.500	1.350	11	0,007

Conclusie

Elektriciteit uit Wind en Zon is in grote hoeveelheden beschikbaar maar levering is niet betrouwbaar daarom afgezien van meervoudige investeringen:

IMPORTEREN of BUFFEREN



Genoemde oplossingen

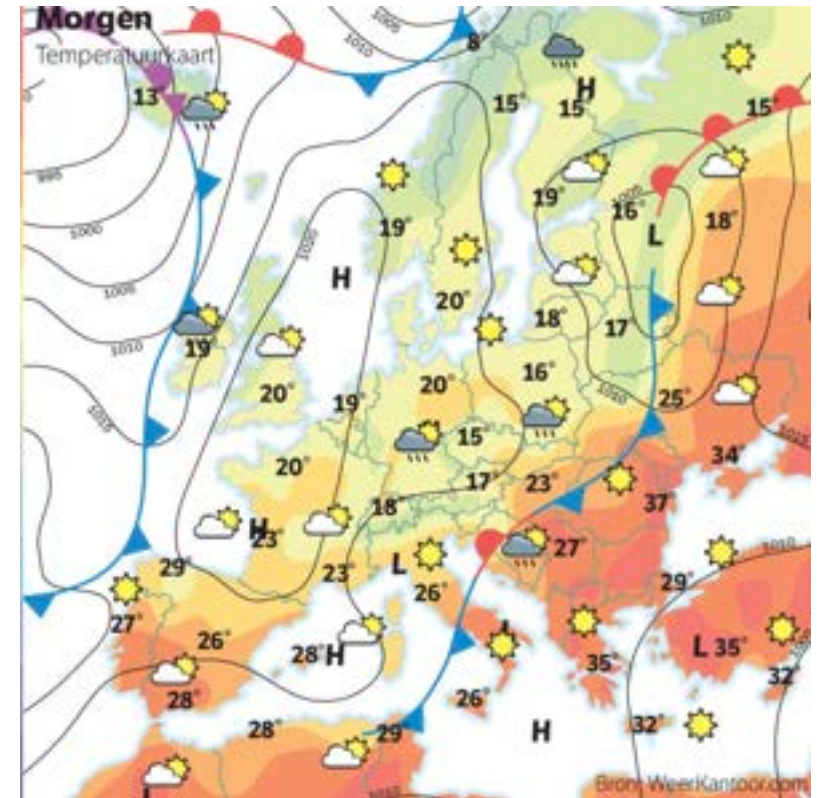
- Als het niet waait is er wel zon

Ook 's nachts en 's winters?

Genoemde oplossingen

- Als er geen wind is is er bij de buurlanden wel wind

Bij een dergelijk patroon van isobaren is dat onmogelijk, West Europa heeft nauwelijks elektriciteit productie uit wind in een groot hogedrukgebied



Genoemde oplossingen

- Dan plaatsen we wel accu's

Dit is de grootste accu
opstelling ter wereld
250 MWh
(= 15 minuten 1000 MW)

Plannen in USA voor 6000 MWh = 6 uur

In Nederland de Rhino Lelystad van 12 MWh

(= 43 seconden vulling voor 1000 MW)



Genoemde oplossingen

Auto accu's hebben een gigantische capaciteit

Als 30 % van alle auto's elektrisch is en iedere auto een 75 kWh accu heeft geeft dat een capaciteit van 225 000 MWh.

Het gemiddelde elektrisch vermogen van 11 000 MW in NL kan dan gedurende 20 uur geleverd worden.

Het opladen van de auto's om de volgende ochtend een rit te maken is dan wel de volgende "uitdaging".

Genoemde oplossingen

Overtollige energie wordt gebufferd in een stuwmeer

De grootste stuwmeer centrales in Duitsland, België en Engeland hebben een capaciteit van circa 5000 MWh; dit is net voldoende voor 5 uur opslag van één 1000 MW centrale, dit is **peak-shaving**, geen energie opwekking.



Genoemde oplossingen

We moeten de elektriciteit opslag, omzetting en verdeling beter regelen en onze behoefte anders timen.

Door regelen wek je geen stroom op en het gebruikstijdstip van bijvoorbeeld (continue) industrie kan vaak niet of alleen met productieverlies en dus hogere kosten worden aangepast

Genoemde oplossingen

Plan Lieveense in 1979 en
update "valmeer" in 2007

Capaciteit 20 000 MWh

= 35 % van het elektrische
dagverbruik in NL.

Bedoeld voor peakshaving van
wind energie.

Commercieel niet haalbaar
gebleken.



Kunnen we met wind en zon een goede
elektriciteitsvoorziening realiseren?

Ja / Nee

Mijn Conclusie

Elektriciteit is praktisch gezien niet op te slaan en import uit Europese landen nauwelijks mogelijks is, ontstaat er een groot energie opwekking probleem waarvoor geen oplossing is zonder gebruik te maken van

Nucleaire energie (evt. met Thorium /MSR)

Als een fractie van de Wind en Zon subsidies aan Kernenergie research was besteed waren de problemen die daar tegen pleiten inmiddels opgelost.



