

0,93 Petajoule, doelstelling gemeente, vanuit Rijk
 0,51 Petajoule, gedeelte doelstelling dat niet op andere wijze kan worden ingevuld (via zon op daken & ander kleinschalig)
 510.000.000.000 Joule (Peta = "1 met 15 nullen")
 141.666,67 Megawattuur (1 MWh = 3.600.000.000 J)
 8720 Aantal draaiuren per jaar, met jaargemiddelde windsnelheid (jaarlijks 40 uur onderhoud)
16,25 Aantal MWh productie nodig per draaiuur van windpark

Vermogensberekeningsformule [bron: https://www.dgem.nl/nl/windenergie/windenergie-en-opbrengstfactoren](https://www.dgem.nl/nl/windenergie/windenergie-en-opbrengstfactoren)

$P = 0,5 \cdot A \cdot \rho \cdot v^3$ A is oppervlak rotor, ρ = dichtheid lucht, v = windsnelheid

Vermogensberekening windturbine windpark Lith
 Hoogte tip 240 meter
 Diameter rotor 150 meter
 Hoogte toren (as) 165 meter
 Rotor oppervlak 17.671 m²

Vermogensberekening windturbine windpark Lith
 A 17.671 m²
 ρ 1,25 kg/m³
 v 7,25 m/s

Zie kaartje, rode cirkel, windsnelheid op 165 m iets hoger dan op 100 m, aanname +0,25 m/s
 Met deze gemiddelde windsnelheid kun je voor het gehele jaar rekenen
 (dag/nacht, zomer/winter)

Theoretisch maximum vermogen windturbine windpark Lith volgens formule:

P 4.208.878,96 Watt **4,21** MW

Betz limiet 59,3% Maximale omzetting van luchtbeweging in windenergie (anders vacuum nodig achter rotor)

Technische omzettingsefficiëntie 40%

Werkelijke opbrengst bij gemiddelde wind 998.346 Watt **1,00** MW, gemiddelde opbrengst gedurende het hele jaar

Turbines nodig voor MWh productie voor doelstelling, uitgaande van jaargemiddelde wind

16,27

Bij deze berekening is het jaargemiddelde genomen van de wind, om zo het continue vermogen te krijgen

Het maximum vermogen dat een turbine levert is hoger, maar geeft een onterecht gunstig beeld van de opbrengst

Aansluiting op elektriciteitsnet voor inkoppelen opgewekt windvermogen

Aantal turbines

16,27

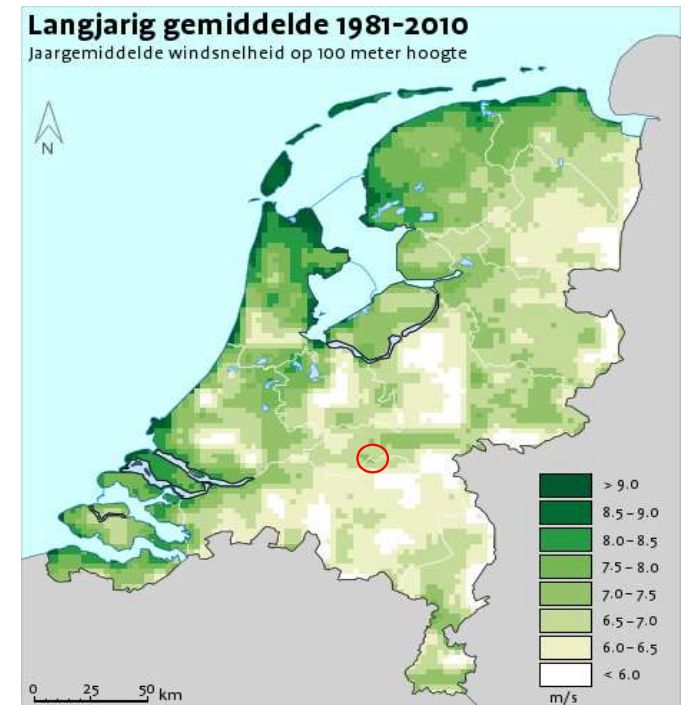
Theoretisch maximumvermogen per turbine

4,21 MW

Benodigde transportcapaciteit (tenminste) tot dichtstbijzijnde onderstation, dit is het geleverd piekvermogen bij vollast van alle turbines

68,49 MW

De locatie van het windpark is hemelsbreed ~7 km verwijderd van het onderstation Landweerstraat-Zuid, verwachte benodigde transportkabel lengte ~8-9 km bij directe gestuurde boring, anders langer



Jaargemiddelde windsnelheid op 100 m hoogte

Bron: https://cdn.knmi.nl/knmi/map/page/klimatologie/klimaatatlas/kaart/wind/fgem_8110_100.png

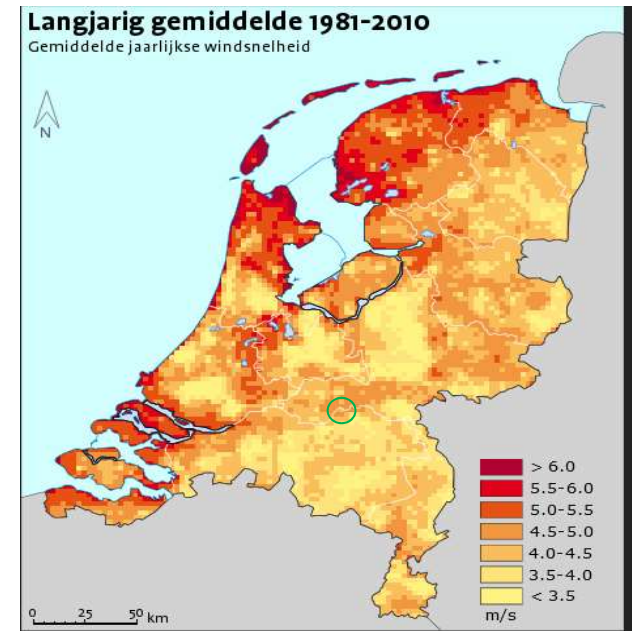
0,93 PetaJoule, doelstelling gemeente, vanuit Rijk
 0,51 PetaJoule, gedeelte doelstelling dat niet op andere wijze kan worden ingevuld (via zon op daken & ander kleinschalig)
 510.000.000.000.000 Joule (Peta = "1 met 15 nullen")
 141.666,67 Megawattuur (1 MWh =3.600.000.000 J)
 8720 Aantal draaiuren per jaar, met jaargemiddelde windsnelheid (jaarlijks 40 uur onderhoud)
16,25 Aantal MWh productie nodig per draaiuur van windpark

Een aantal soorten VAWT en hun prestatie		In meter			
		Dimensie (h)	Dimensie (b)	Vermogen (W)	@ wind (m/s)
Savonius		1	1	1000	10
Darrieus		22	10	?	
Aerotecture (gebaseerd op Darrieus)		3	1,5	6000	
Giromill (gebaseerd op Darrieus)	Toren 18 m	9	6?	40000	https://www.osti.gov/biblio/6046045
Cycloturbine (variant op de Giromill)					
Quietrevolution-windturbine (Naar Gorlov Helical Turbine / Darrieus-ontwerp)		5	3	6000	
Turby (Naar Gorlov Helical Turbine / Darrieus-ontwerp)		2,9	2	2500	
Windwokkel (Helixvariant van Savonius)		2	1,3	3000	

Bronnen:
<https://nl.wikipedia.org/wiki/Verticaleaswindturbine>
<https://www.greenhybrids.nl/solution/windwokkel/>

3.000 Watt 1 VAWT
 10.800.000 Joule per uur 1 VAWT per uur
 94.176.000.000 Joule per jaar Productie 1 VAWT
5.415 Aantal nodig VAWT

VAWT werken in de meeste gevallen reeds bij zeer lage windsnelheid (~1-2 m/s)
 Energie van deze turbines kan in de meeste gevallen via omvormer direct in een gewone meterkast worden ingevoerd, zijn dus geschikt voor thuisgebruik
 Nadeel van VAWT is (of was tot voor kort) de variable kracht op de rotorbladen, hierdoor ontstaan trillingen die de constructie verzwakken (vermoeiing)
 De windwokkel heeft het nadeel van variabele belasting niet door zijn ontwerp en kan bijv. Op lantaarnpalen worden geplaatst



Jaargemiddelde windsnelheid

Bron: https://cdn.knmi.nl/knmi/map/page/klimatologie/klimaatatlas/kaart/wind/fgem_8110_jaar.png

Kabel per fase in grond nabij bebouwing of onder straat, 3 fases een paar meter uit elkaar, naast elkaar liggend*E-veld wordt vrijwel geheel gedempt door mantel en bodem, M-veld vrijwel niet*

Vermogen P (= U * I)	68,49 MW	Dit is het vermogen dat moet worden getransporteerd <u>in geval van vollast</u> van de turbines
	68.491.473 W	
	16,25 MW	Dit is het vermogen dat moet worden getransporteerd <u>gemiddeld over het jaar</u>
	16.246.177 W	
Spanning (U)	150.000 V	(hogere spanning wordt ondergronds nog niet toegepast)
Diepte (R (m))	1,5	
μ_0	1,25664E-06	($=4*\pi*10^{-7}$)
Stroom (I), is P/U	457 A	Stroomsterkte bij vollast turbines
	108 A	Stroomsterkte gemiddeld over het jaar

B (magnetische fluxdichtheid) aan oppervlakte recht boven 1 fasekabel (hierbij doven de fasekabels elkaar wel deels uit qua B-flux, dit hangt af van de volgorde van de fases en van de onderlinge afstand)

<https://www.kennisplatform.nl/vergelijking-magneetveld-hoogspanningslijnen/>

<https://www.kennisplatform.nl/hoe-sterk-zijn-de-magneetvelden-van-ondergrondse-kabels/>

$$B = \mu_0 * I / 2 * \pi * R$$

B (T)	6,1E-05 T	
B (nT)	60.881 nT	Magnetische inductie van 1 fasekabel bij vollast turbines
B (T)	1,4E-05 T	
B (nT)	14.441 nT	Magnetische inductie van 1 fasekabel gemiddeld over het jaar

Veilige norm 400 nT Dit is de maximale gemiddelde magnetische fluxdichtheid (wissel met 50 Hz!) over het hele jaar die als veilig wordt beschouwd
<https://www.kennisplatform.nl/beleidsadvies-emv-bovengrondse-hoogspanningslijnen/>

Ter vergelijking:

Magnetische flux aarde (NL)	4,80E-05 T	
	48.000 nT	Gelijk, niet wissel

In de praktijk zijn metingen uitgevoerd aan dergelijke configuraties:

<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/609300011.pdf>

Hieruit bleek het volgende (zie hoofdstuk 5 van het gelinkte PDF document)

- Bij een meting in IJburg werd tot aan **45 μ T** gemeten direct boven een kabelbed met drie fasekabels op 150 kV en een stroom van 450 A
- Dit is **45000 nT**, vergelijkbaar met de situatie in Lith bij vollast van de turbines
- Pas op een afstand van 21 m naast het hart van het kabelbed, met 4 sets van 3 kabels (totaal 16 m breed) was de magnetische inductie beneden de veilige norm van 400 nT

In België is een model met metingen gevalideerd (zie eveneens hoofdstuk 5 van het gelinkte PDF document)

Hieruit bleek dat voor een 433 A maximum kabel op 150 kV ongeveer **9 μ T** (= **9000 nT**) magnetische inductie meetbaar was direct boven het kabelbed (1,5 m)

Dit zou betekenen voor de gemiddelde stroomsterkte van 110 A **2,3 μ T** (= **2300 nT**) magnetische inductie direct boven het kabelbed (1,5 m).

De conclusie is, ondanks de iets andere configuratie met meerdere kabels bij de meting in 2002, dat de uitdoving tussen 3 fasekabels onvoldoende is om beneden de veilige norm te komen (zie hoofdstuk 5.5 PDF document)
Afhankelijk van de stroom door de kabel kan de afstand tot 0,4 μ T variëren tussen enkele meters en enkele tientallen meters