

## **Bosch & van Rijn**

Franz-Lisztplantsoen 200  
3533 JG Utrecht  
030 - 677 6466

## **Auteurs**

Steven Velthuijsen MSc.  
Laurens Kik MSc.

## **Opdrachtgever**

Gemeente Doesburg  
Philippus Gastelaarsstraat 2  
6981 BH Doesburg



# Haalbaarheid windenergie in Doesburg

## Ruimtelijke analyse



**Bosch & van Rijn**  
experts in duurzame energie

# Haalbaarheid windenergie in Doesburg

## Ruimtelijke analyse

Datum  
6 mei 2020

Versie  
1.1

Bosch & Van Rijn  
Franz-Lisztplantsoen 200  
3533 JG Utrecht

Tel: 030-677 6466  
Mail: [info@boschenvanrijn.nl](mailto:info@boschenvanrijn.nl)  
Web: [www.boschenvanrijn.nl](http://www.boschenvanrijn.nl)

© Bosch & Van Rijn 2020

Behoudens hetgeen met de opdrachtgever is overeengekomen, mag in dit rapport vervatte informatie niet aan derden worden bekendgemaakt. Bosch & Van Rijn BV is niet aansprakelijk voor schade door het gebruik van deze informatie

## Inhoudsopgave

<b>HOOFDSTUK 1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>3</b>
1.1	<i>Aanleiding</i>	3
1.2	<i>Zoekgebied</i>	3
<b>HOOFDSTUK 2</b>	<b>RUIMTELIJKE HAALBAARHEID</b>	<b>4</b>
2.1	<i>Landelijk beleid</i>	4
2.2	<i>Ecologische waarden</i>	6
2.3	<i>Provinciaal beleid</i>	7
2.4	<i>Gemeentelijk beleid</i>	9
2.5	<i>Overzicht belemmeringen</i>	11
2.6	<i>Duiding ruimtelijke haalbaarheid</i>	13
<b>BIJLAGE: ANALYSE FINANCIËLE HAALBAARHEID</b>		<b>14</b>
	<i>Inleiding</i>	14
	<i>Elektriciteitsproductie</i>	14
	<i>Inkomsten</i>	17
	<i>Uitgaven</i>	18
	<i>Resultaten</i>	20
	<i>Duiding financiële analyse</i>	22

# Hoofdstuk 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

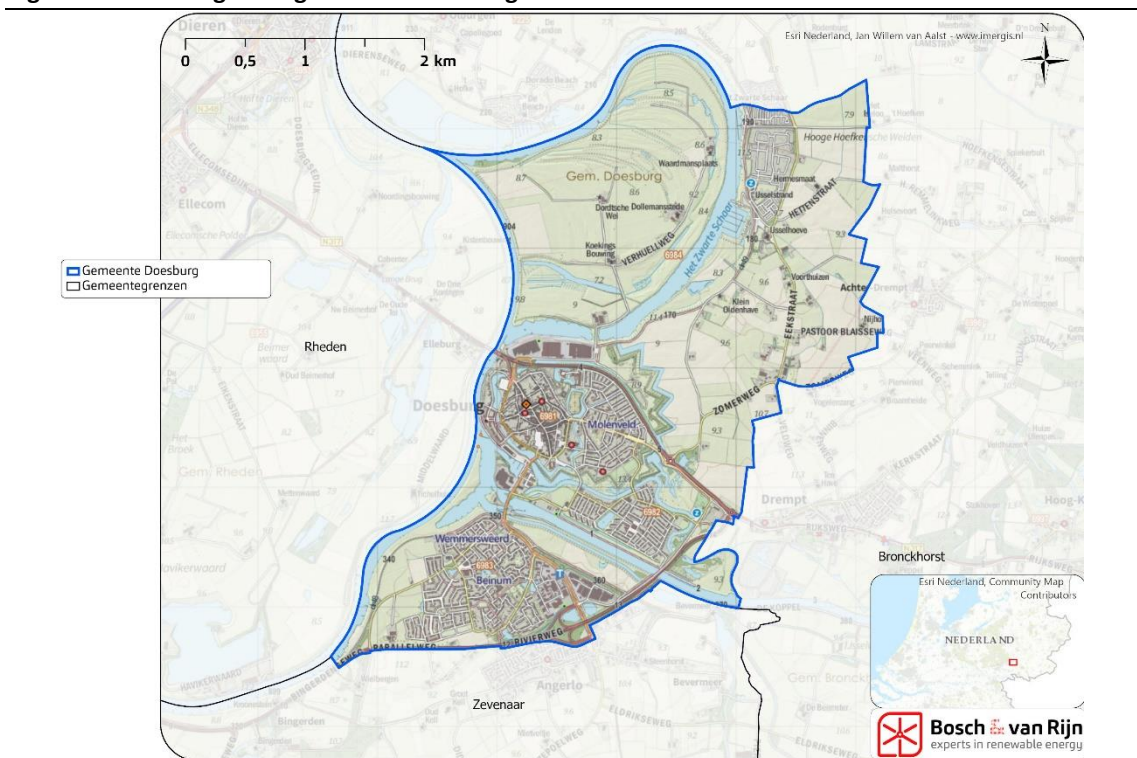
Bosch & van Rijn heeft een quick scan uitgevoerd om te kijken wat de mogelijkheden zijn voor windenergie. Dit rapport brengt alle landelijke en provinciale belemmeringen in kaart. Hiermee wordt duidelijk welke locaties worden uitgesloten voor de productie van windenergie. Van deze belemmeringenkaart wordt ook een inversie gemaakt die de kansen voor windenergie in de gemeente blootlegt. Deze informatie wordt aangevuld met een analyse van relevant provinciaal en gemeentelijk beleid.

De bijlage geeft een eerste verkenning naar de financiële haalbaarheid van turbines met diverse afmetingen specifiek voor de gemeente, op basis van lokaal windaanbod.

## 1.2 Zoekgebied

Figuur 1 toont het zoekgebied (het grondgebied van de gemeente Doesburg). De gemeente grenst aan de gemeentes Zevenaar, Rheden en Bronckhorst.

**Figuur 1** Zoekgebied gemeente Doesburg



# Hoofdstuk 2 Ruimtelijke haalbaarheid

Dit hoofdstuk bespreekt de ruimtelijke belemmeringen voor windturbines in de gemeente Doesburg. De ruimtelijke belemmeringen volgen uit landelijk, provinciaal en gemeentelijk beleid. Daarnaast spelen er nog belemmeringen vanuit ecologische waarden.

Om aan het beleid te voldoen is het van belang dat windturbines op voldoende afstand van de belemmeringen worden geplaatst. Deze minimaal aan te houden afstand is in dit onderzoek de bufferafstand genoemd. De bufferafstand is in veel gevallen afhankelijk van de grootte van de windturbine. Bij het vaststellen van de bufferafstand is in dit onderzoek uitgegaan van een windturbine met een ashoogte van 150 meter en een rotordiameter van 150 meter (en dus een tiphoogte van 225 meter). Dit zijn representatieve afmetingen voor een moderne windturbines. Het is waarschijnlijk dat deze afmetingen in de toekomst nog zullen toenemen.

## 2.1 Landelijk beleid

Vanuit landelijk beleid zijn windturbines gebonden aan regels op het gebied van externe veiligheid, geluid, slagschaduw en bouwhoogtebeperkingen vanuit de luchtvaart. Tabel 1 laat zien welke belemmeringen vanuit landelijk beleid in het zoekgebied aanwezig zijn. Voor elke belemmering is met voetnoten aangegeven vanuit welke wetgeving of beleidsdocument de belemmering afkomstig is.

### 2.1.1 Ruimtelijke beperkingen

**Tabel 1** In het zoekgebied aanwezige belemmeringen voor windturbines vanuit landelijk beleid.

Belemmering	Toelichting	Bufferafstand (m)
Vaarwegen <sup>1</sup>	Rijkswaterstaat staat windturbines toe bij een afstand van ten minste een halve rotordiameter plus 30 meter tot de rand van de vaarweg.	105
Hoogspanningsleidingen <sup>2</sup>	TenneT houdt voor hoogspanningslijnen als risicoafstand de grootste waarde aan van: 1) de tiphoogte of 2) de maximale werpafstand bij nominaal toerental. Voor een windturbine met een ashoogte van 150 meter en een rotordiameter van 150 meter is de tiphoogte de grootste waarde. Uit de scan blijkt dat er geen hoogspanningsleidingen door de gemeente lopen.	225
Buisleidingen <sup>3</sup>	Gasunie houdt voor ondergrondse gasleidingen als risicoafstand de grootste waarde aan van: 1) de ashoogte + 1/3 wielengte of 2) de maximale werpafstand bij nominaal toerental. Voor een windturbine met een ashoogte van 150 meter en een rotordiameter van 150 meter is de ashoogte + 1/3 wielengte de hoogste waarde	175

<sup>1</sup> Persoonlijke communicatie met Rijkswaterstaat

<sup>2</sup> Handboek Risicozonering Windturbines

<sup>3</sup> <https://www.kennistafelveiligheidwindenergie.nl/doc/LAJ%2015%200616%20Beleid%20windturbines%20GTS%20externe%20informatie%20v8%2031-08-2015.pdf>

<b>Woningen<sup>4</sup></b>	<p>Rondom woningen gelden regels wat betreft geluid en slagschaduw. Er is geen wettelijk vastgelegde minimumafstand. In plaats daarvan zijn er maximale hoeveelheden geluid en slagschaduw toegestaan op woningen van derden. Om aan deze regels te kunnen voldoen is een afstand van ca. 350-450 meter nodig, afhankelijk van het windturbinetype en het aantal windturbines. Dit vertaalt zich in een bufferafstand voor aaneengesloten woonbebouwing van 400 meter.</p> <p>Voor verspreid liggende woningen houden wij een kleinere vuistregelafstand aan. Dit is enerzijds omdat voor losliggende bewoning in sommige gevallen afwijkende normen kunnen worden vastgesteld, waardoor kleinere afstanden mogelijk zijn. Anderzijds geldt dat mitigatie mogelijk is (door de windturbines soms stil te zetten of in een geluidreducerende modus te laten draaien).</p>	<b>200/400</b>
<b>Beschermde dorpsgezichten<sup>5</sup></b>	<p>De Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed hanteert een afstandsnorm van 500 meter tussen windturbines en beschermde dorpsgezichten. Deze norm hanteren wij als 'harde belemmering'. De Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed adviseert daarnaast om in werelderfgoedgebieden, beschermde stads- en dorpsgezichten, historische buitenplaatsen en kenmerkende wederopbouwgebieden bij voorkeur een afstandsnorm van 1800 tot 2000 meter te hanteren. Deze adviesafstand hebben wij onder 'gemeentelijk beleid' geschaard en komt terug in paragraaf 2.4.</p>	<b>500</b>
<b>Panden<sup>6</sup></b>	<p>Panden (bebouwing) kunnen binnen de categorie 'beperkt kwetsbare objecten' of binnen de categorie 'kwetsbare objecten' vallen. De aan te houden afstand voor beperkt kwetsbare objecten is in het Handboek Risicozonering Windturbines omschreven als ½ x rotordiameter.</p>	<b>75</b>
<b>Autowegen<sup>7</sup></b>	<p>Het Handboek Risicozonering Windturbines noemt dat alleen rondom rijkswegen algemene veiligheidsnormen zijn opgesteld. Deze zijn in of rondom het zoekgebied niet aanwezig. Vanwege de veiligheid kan het echter wenselijk zijn om langs overige wegen dezelfde afstandsnorm als rondom rijkswegen te hanteren. Rondom alle autowegen is daarom een bufferafstand van ½ rotordiameter aangehouden.</p>	<b>75</b>

Deze belemmeringen uit landelijk beleid resulteren in de volgende kaart:

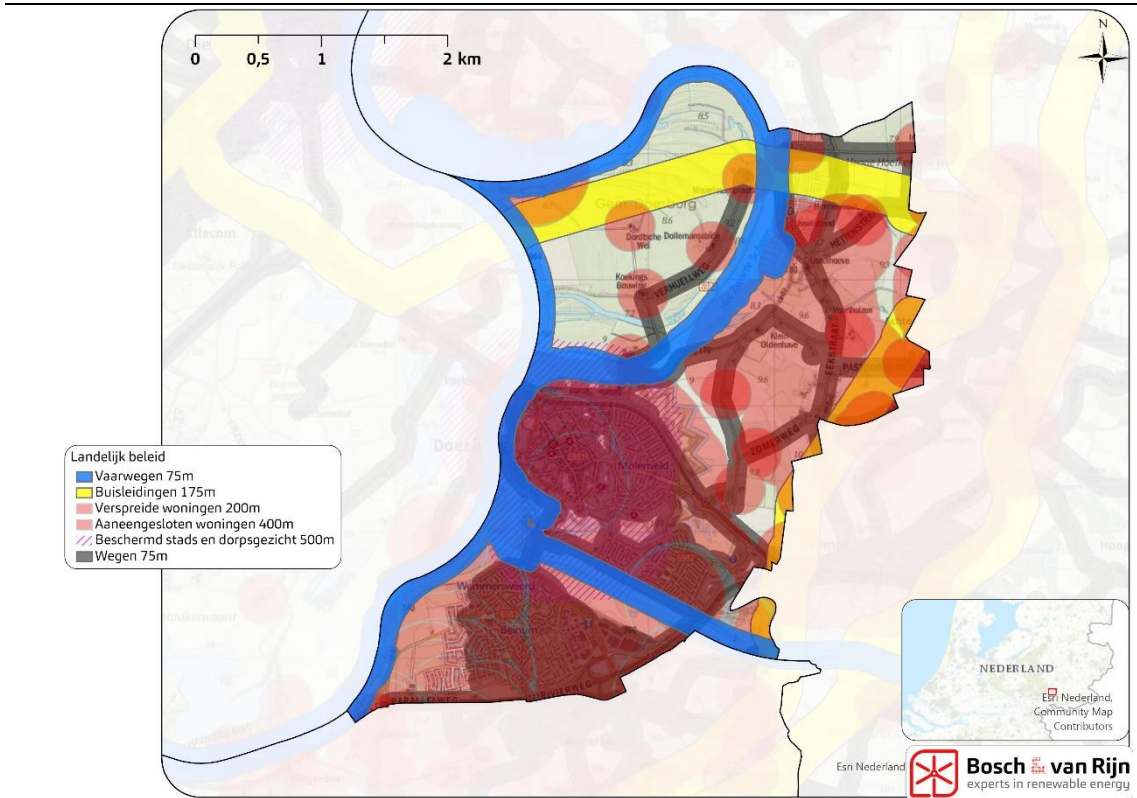
<sup>4</sup> Activiteitenbesluit Milieubeheer

<sup>5</sup> <https://erfgoedenruimte.nl/energie/windenergie>

<sup>6</sup> Activiteitenbesluit Milieubeheer

<sup>7</sup> Handboek Risicozonering Windturbines

**Figuur 2** In het zoekgebied aanwezige belemmeringen vanuit landelijk beleid. Omdat sommige halfdoorzichtige buffers deels overlappen wijken de kleuren soms iets af van de legenda.



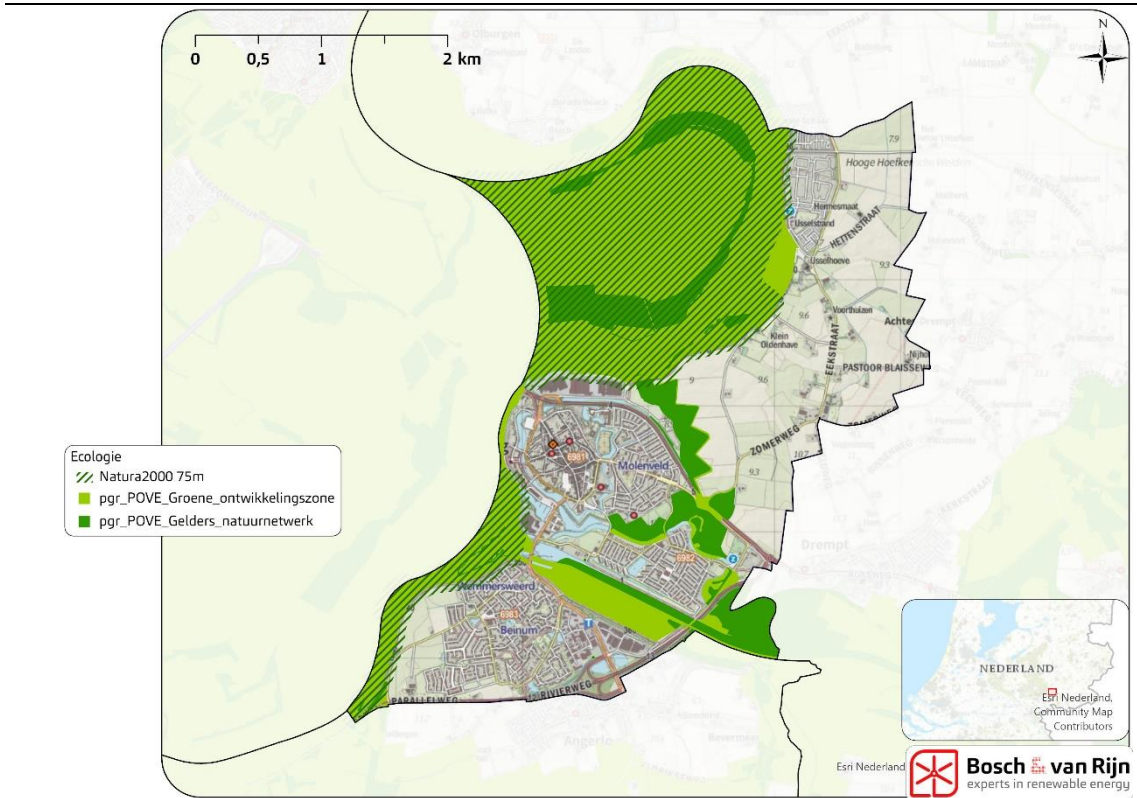
### 2.1.2 Overige belemmeringen vanuit landelijk beleid

Het zoekgebied overlapt volledig met het beschermingsvlak van de militaire radar-systemen Volkel, Soesterberg, Nieuw Milligen en Twente en grotendeels met het militaire radarsysteem Herwijnen. Van elk concreet initiatief voor een windturbine in het zoekgebied moet daarom te zijner tijd door TNO beoordeeld worden of deze een ontoelaatbare verstoring van het militaire radarbeeld veroorzaakt.

## 2.2 Ecologische waarden

De gemeente Doesburg overlapt deels met gebieden behorende tot het Gelders Natuurnetwerk, de Groene Ontwikkelingszone en Natura-2000. Om aantasting van de ecologische waarden te voorkomen is het overwegend wenselijk dat windturbines niet binnen deze gebieden geplaatst worden, alsmede dat de wieken niet boven deze gebieden overdraaien. In Figuur 3 is het Natura-2000 gebied weergegeven.

**Figuur 3** In het zoekgebied aanwezige belemmeringen vanuit ecologische waarden.



### 2.3 Provinciaal beleid

Het provinciaal beleid omtrent windenergie in de provincie Gelderland staat beschreven in de omgevingsverordening en de omgevingsvisie<sup>8</sup>. In de omgevingsverordening en -visie geeft de provincie aan binnen welke gebieden zij de ontwikkeling van windturbines wel of niet toestaat. Figuur 4 laat zien hoe deze gebieden het zoekgebied van Doesburg overlappen. Een toelichting van de in Figuur 4 weergegeven gebieden volgt hieronder:

- **Windenergie niet kansrijk:** binnen het zoekgebied zijn locaties behorende tot het Gelders Natuur Netwerk (GNN) door de provincie als ‘niet kansrijk’ aangemerkt. Omdat de (on)mogelijkheden voor windturbines binnen deze gebieden nog niet helemaal helder zijn wil de provincie de ontwikkeling van windturbines in deze gebieden niet op voorhand en als geheel uitsluiten. Echter zijn windturbines binnen GNN alleen toegestaan wanneer er 1) sprake is van groot openbaar belang, 2) er geen alternatieven mogelijk zijn en 3) compensatie plaatsvindt. Uit eerdere communicatie met de provincie is gebleken dat met name punt 2 zeer lastig te onderbouwen is. Hiertoe moet niet alleen bewezen worden dat windturbines niet op gronden buiten het GNN geplaatst kunnen worden, maar moeten ook alle alternatieven

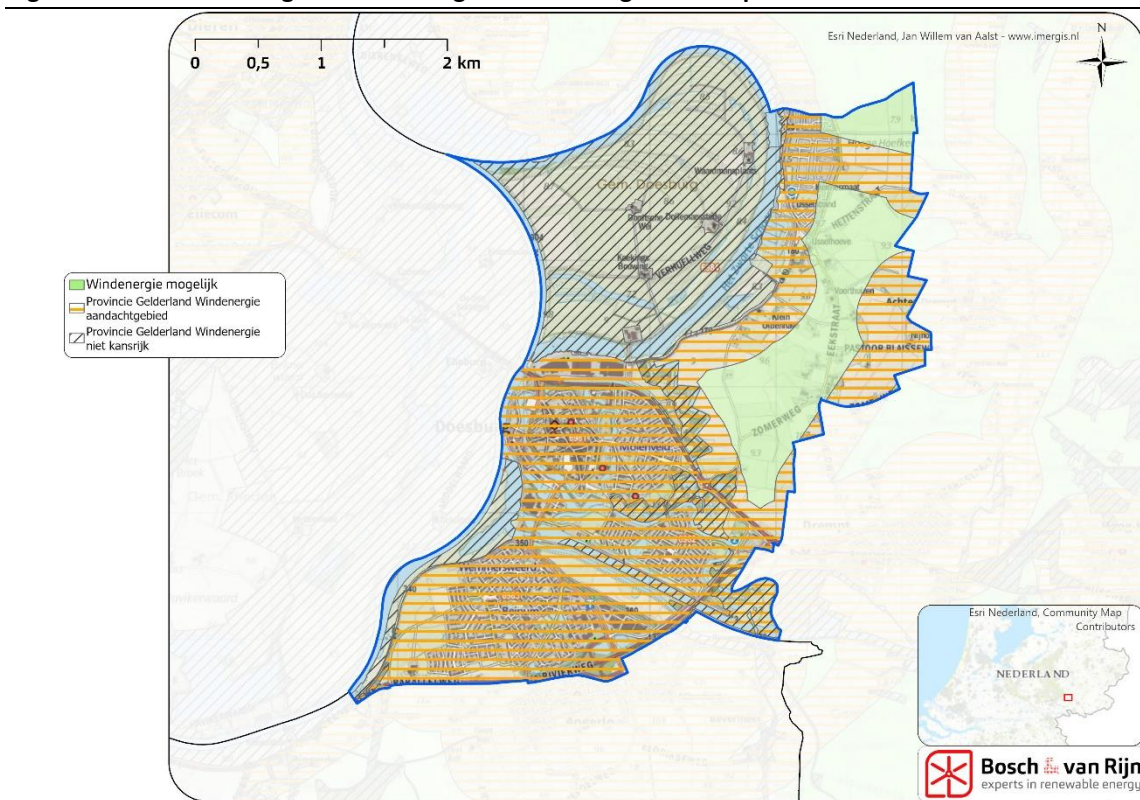
<sup>8</sup> Zie <https://gldanders.planoview.nl/planoview/>



voor duurzame energieopwekking zoals zonne-energie en geothermie uitgesloten worden. Overigens gelden dezelfde regels wanneer de wieken van de windturbine boven GNN zouden overdraaien.

- **Windenergie aandachtsgebieden:** met de ‘aandachtsgebieden voor windenergie’ geeft de provincie aan dat er zich objecten in het gebied bevinden die de aandacht vragen bij de ontwikkeling van een windpark. Binnen de gemeente Doesburg gaat het hier om buisleidingen en woonkernen. Omdat deze belemmeringen al vanuit het landelijk beleid in deze studie zijn opgenomen worden de ‘aandachtsgebieden voor windenergie’ verder niet meegenomen
- **Windenergie mogelijk:** in deze gebieden ziet de provincie op voorhand geen belemmeringen voor de ontwikkeling van windenergie. Wel kan dit gebied overlappen met gebieden behorende tot de Groene Ontwikkelingszone (GO). De ontwikkeling van een windpark in of binnen één wieklengete van GO-gebied is alleen toegestaan indien het windpark de kernkwaliteiten van het gebied per saldo substantieel versterkt. In deze studie wordt GO-gebied daarom als zachte belemmering beschouwd.

**Figuur 4** In het zoekgebied aanwezige belemmeringen vanuit provinciaal beleid



## 2.4 Gemeentelijk beleid

Met de aanvaarding van het Gelders Energieakkoord heeft de gemeente Doesburg toegezegd om in 2023 16% van de energie hernieuwbaar op te wekken. Om dit te behalen zullen zonneparken en/of windturbines geplaatst moeten worden. In december 2019 heeft de gemeente een nieuwe energiemix gepubliceerd. Deze toekomstige energiemix gaat uit van 5 windturbines binnen de gemeentegrenzen. In de bijlage is berekend hoeveel energie vijf windturbines jaarlijks opwekken. Zie onderstaande tabel. Deze waarden zijn gebaseerd op de berekeningen in de bijlage.

**Tabel 2** Jaarlijkse bijdrage van 5 windturbines aan de energiemix, afhankelijk van de afmetingen.<sup>9</sup>

Afmeting	Tiphoogte	Jaarlijkse energieproductie van 5 windturbines
		TJ/jr
Klein	150m	112
Middel	200m	240
Groot	260m	315

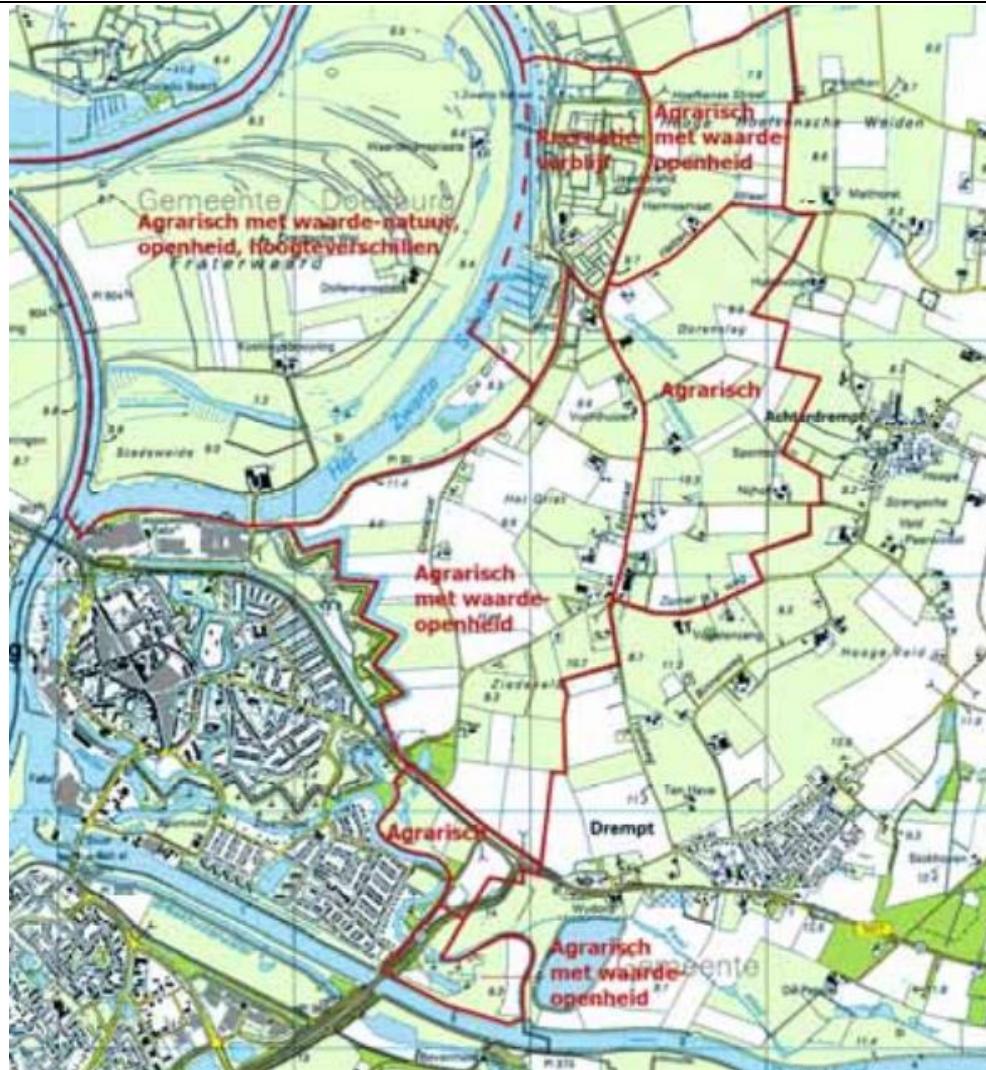
Aangezien de gemeentelijke energievraag in 2050 wordt geschat op 500 TJ volgt hieruit dat windenergie een groot deel van de duurzaamheidsdoelstelling voor zijn rekening zou kunnen nemen, mits windturbines ruimtelijk inpasbaar zijn.

Windmolens leveren veel energie op in verhouding tot de benodigde grond. Ter vergelijking: een gangbare windmolen van dit moment (tiphoogte 225 meter, ca. 5MW) levert net zoveel stroom als ca. 15 hectare zonneveld. Er moet echter ook rekening gehouden worden met beschermd stads- of natuurgezicht en het aanwezige toerisme. Het is wenselijk om zowel zonne-energie als windenergie op te wekken, aangezien dit een constanter aanbod van elektriciteit geeft. Deze combinatie aan oplossingen is nodig om het toekomstige net in balans te laten zijn. De overige ongelijktijdigheid tussen vraag en aanbod op een dag, binnen een week of tussen seizoenen zal opgelost moeten worden door middel van opslag.

In het bestemmingsplan buitengebied is de openheid van meerdere gebieden in de gemeente als landschappelijke kwaliteit aangemerkt. Figuur 5 laat deze gebieden zien. De aanduiding ‘agrarisch met waarde openheid’ is opgenomen voor het open schootsveld rondom de vestingwerken van Doesburg (Hoge Linie). De linie en het schootsveld hebben een hoge cultuurhistorische waarde. Vanuit cultuurhistorie wordt het afgeraden objecten te plaatsen die de kwaliteiten van deze openheid aantasten, zoals bijvoorbeeld windturbines. Daarnaast vragen ook het beschermd stadsgezicht en het landschap zelf een zorgvuldige afweging voor de realisatie van windmolens in het buitengebied aangezien deze van invloed zijn op de beleving ervan.

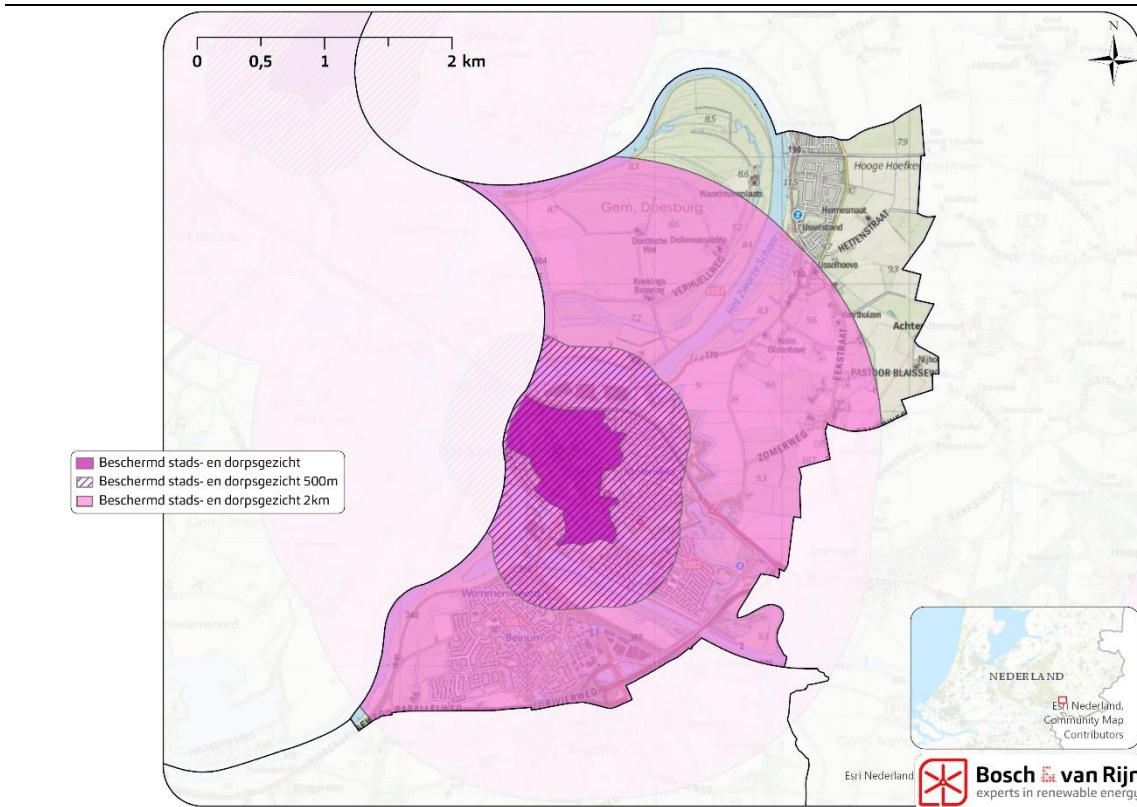
<sup>9</sup> De hier genoemde producties wijken af van de geschatte opbrengst van windturbines in de Energiemix. Die berekening was op achterhaalde productieaannames gebaseerd.

Figuur 5 Globale aanduiding agrarische gebieden met waarden in het buitengebied van Doesburg. Deze aanduidingen volgen uit het bestemmingsplan Buitengebied Doesburg.



Wat hier op aansluit is het cultuurhistorische karakter van de stad Doesburg. De Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed raadt af om windturbines te plaatsen binnen 2 kilometer van beschermde stadsgezichten. Figuur 6 laat zien hoe ver deze adviesafstand reikt.

**Figuur 6** Beschermd stads- en dorpsgezicht met de wettelijke (500m) en aanbevolen (2km) afstand.

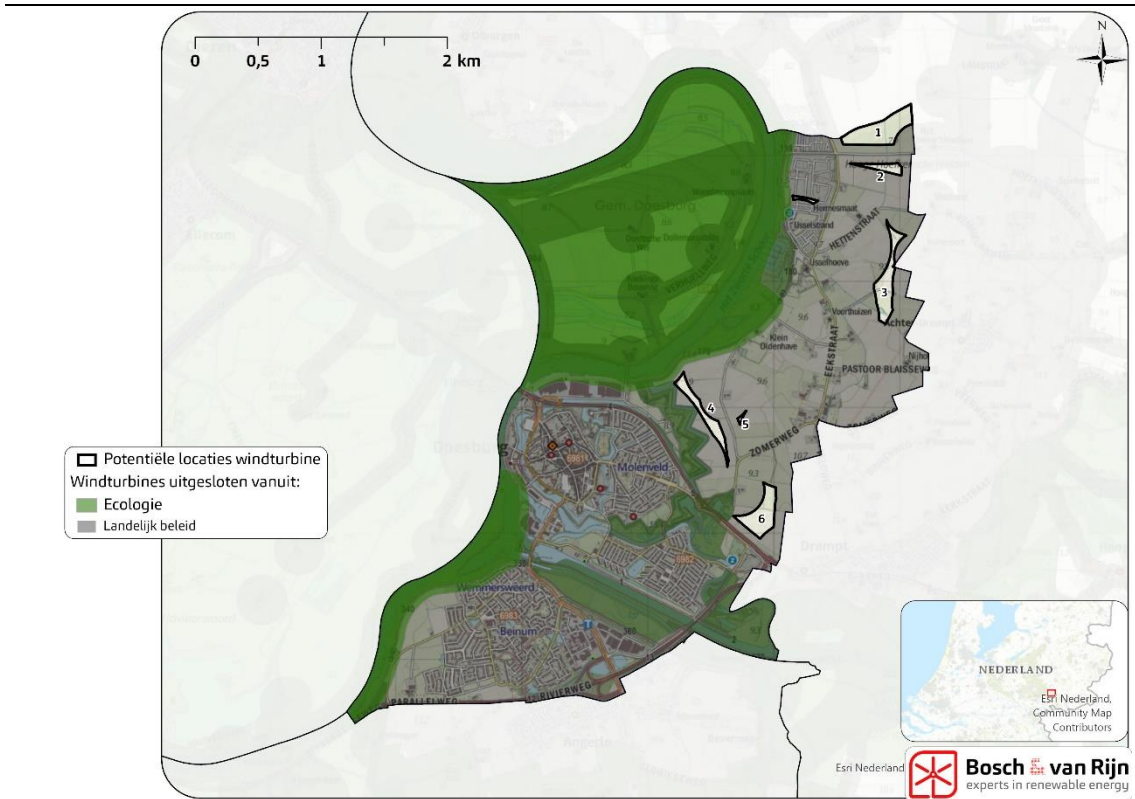


## 2.5 Overzicht belemmeringen

De ruimtelijke analyse resulteert in de ‘samengevoegde belemmeringenkaart’. Hierin zijn ruimtelijke belemmeringen samengevoegd zodat inzichtelijk wordt waar windturbines binnen het zoekgebied (onder voorwaarden) wel en niet geplaatst kunnen worden.

Daarbij zijn alleen bovenlokale belemmeringen meegenomen. Met andere woorden: zaken die op provinciaal of landelijk niveau zijn geregeld. Voor de gemeentelijke belemmeringen kan de gemeente zelf beslissen hoe ‘hard’ deze zijn. Daarom blijven deze bij de beschouwing van potentiële ‘windlocaties’ buiten beschouwing.

**Figuur 7** Samengevoegde belemmeringenkaart



Zwart omrand zijn de locaties weergegeven die binnen landelijke, provinciale, ecologische en gemeentelijke kaders mogelijk zijn. Van deze locaties is er 1 gelegen is op camping IJsselstrand. Deze locatie wordt op voorhand uitgesloten.

De potentiële gebieden worden hieronder kort beschreven en hebben in bovenstaand figuur een nummer gekregen.

#### 2.5.1 *Locatie 1: Hoefkensestraat Noord*

- Groot deel van dit gebied ligt op korte afstand van camping IJsselstrand.
- In bestemmingsplan aangeduid als 'agrarisch met waarde openheid'.
- Qua afmetingen zouden in het gebied maximaal twee windturbines passen, met een onderlinge tussenafstand van ca. 500 meter.

#### 2.5.2 *Locatie 2: Hoefkensestraat Zuid*

- Groot deel van dit gebied ligt op korte afstand van camping IJsselstrand.
- In bestemmingsplan aangeduid als 'agrarisch met waarde openheid'.
- Qua afmetingen zou in het gebied 1 windturbine passen.

#### 2.5.3 *Locatie 3: Doornslag*

- Noordelijk deel van het gebied nabij camping IJsselstrand.
- Qua afmetingen zouden in het gebied ca. 3 windturbines passen, met een onderlinge tussenafstand van ca. 400m.

- Er is een mogelijkheid voor een langere lijn die ook gebruikmaakt van locaties 1 en 2.

#### 2.5.4 *Locatie 4: Noordoostwal Doesburg*

- Vlakbij historische verdedigingswerk van de stad Doesburg
- Binnen 2000 meter van cultuurhistorisch centrum
- Grond aangeduid als 'agrarisch met waarde openheid'.
- Qua afmetingen zouden in het gebied maximaal 3 windturbines passen, met een onderlinge tussenafstand van ca. 400m.

#### 2.5.5 *Locatie 5: Grietweg*

- Vlakbij historische verdedigingswerk van de stad Doesburg.
- Binnen 2000 meter van cultuurhistorisch centrum.
- Grond aangeduid als 'agrarisch met waarde openheid'.
- Qua afmetingen past in het gebied 1 windturbine.

#### 2.5.6 *Locatie 6: Rotondes N317*

- Binnen 2000 meter van cultuurhistorisch centrum.
- Grond aangeduid als 'agrarisch met waarde openheid'
- Qua afmetingen passen in het gebied maximaal 2 windturbines, met een onderlinge tussenafstand van ca. 400m.

## 2.6 **Duiding ruimtelijke haalbaarheid**

---

Door een veelheid aan ruimtelijke beperkingen zijn er in Doesburg niet veel locaties waar windenergie past. Op de plakken waar windenergie niet op voorhand is uit te sluiten gelden onder het huidige ruimtelijke beleid enkele beperkingen voor het realiseren van windturbines

Er zijn 6 locaties waar windturbines niet op voorhand uit te sluiten zijn. Hiervan liggen 3 locaties binnen 2000 meter van het beschermd stadsgezicht en 3 locaties erbuiten.

De keuze om voor windenergie te kiezen zal dan in belangrijke mate een belangenafweging zijn tussen duurzaamheid, recreatie, landschap en cultuurhistorie.

# Bijlage: Analyse financiële haalbaarheid

## Inleiding

---

Dit hoofdstuk biedt inzicht in de business case van een windenergieproject in de gemeente Doesburg. De focus ligt op de belangrijkste kosten- en batenposten, de jaarlijkse winst en het rendement op eigen vermogen.

De financiële analyse is uitgevoerd met een gedetailleerd rekenmodel ontwikkeld door Bosch & van Rijn en aangepast aan het windaanbod binnen de gemeente Doesburg. We gaan hierbij uit van een denkbeeldig windpark van 3 windturbines.

De aannames in het rekenmodel komen grotendeels overeen met die uit het *eindadvies basisbedragen SDE++ 2020* (PBL) en zijn waar nodig aangevuld met bij Bosch & van Rijn bekende kentallen. De belangrijkste inputparameters van het model zijn:

- De windsnelheidsverdeling op ashoogte
- De vermogenscurve van voor de locatie geschikte windturbines
- De verwachte investeringskosten en jaarlijkse kosten
- De verwachte SDE++ subsidie (op basis van de gegevens over 2020)
- Rentekosten over de banklening
- Kosten equity (eigen vermogen)

Om inzicht te krijgen is de berekening uitgevoerd voor drie windturbineklassen:

- Klein (tiphoogte 150 meter, vermogen ca. 2,5 - 3 MW)
- Middel (tiphoogte 200 meter, vermogen ca. 4 - 5 MW)
- Groot (tiphoogte 240 meter, vermogen ca. 4,5 - 5,5 MW).

De verwachte opbrengst voor de windturbine volgt uit de financiële analyse. Hiermee is op grote lijnen een business case bepaald. Aangezien het hier een vroege inschatting van de kosten en baten van het windpark betreft kunnen aan de resultaten van dit hoofdstuk geen rechten worden ontleend.

## Elektriciteitsproductie

---

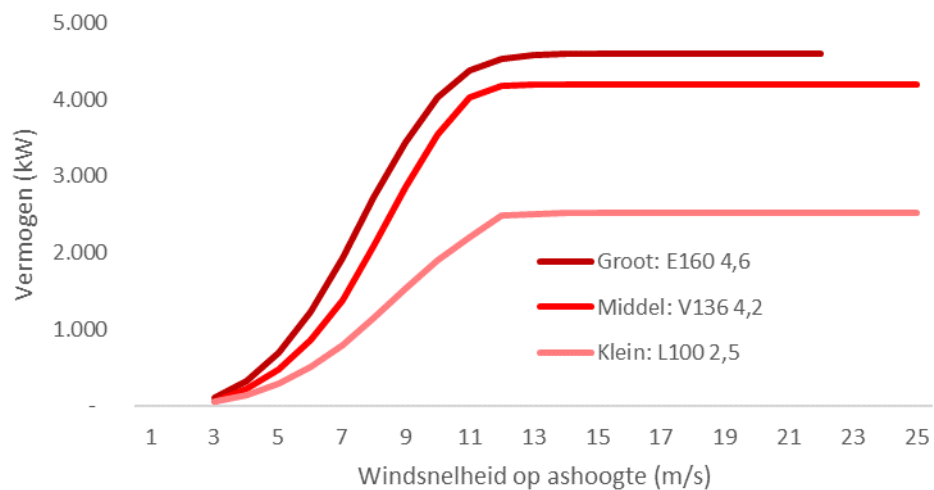
### *Windturbine*

Voor het berekenen van de financiële haalbaarheid gaan wij uit van een windpark van 3 windturbines. De drie afmetingsklassen worden doorgerekend met de volgende specifieke windturbintetypes:

- Klein: Lagerwey L100 2,5MW. (Zoals WP Nijmegen-Betuwe)
- Middel: Vestas V136 4,2MW. (Zoals WP Deil bij het gelijknamige knooppunt)
- Groot: Enercon E-160 4,6 MW. (Staat nog nergens in NL)

Elke windturbine heeft een vermogenscurve die aangeeft hoeveel vermogen de windturbine levert bij een bepaalde windsnelheid. Zie onderstaande grafiek.

**Figuur 8** Vermogenscurve van de drie onderzochte types.



### Vermogen vs Productie

Daarbij is het goed om even stil te staan bij het verschil tussen het ‘vermogen’ van een windturbine, uitgedrukt in megawatt (MW) en de hoeveelheid elektriciteit die in een jaar wordt geproduceerd, uitgedrukt in megawattuur (MWh).

Een windturbine met een vermogen van 3 MW die een uur lang op vol vermogen draait produceert in dat uur 3 MWh. Echter, zoals uit bovenstaande figuur ook duidelijk wordt draaien windturbines niet altijd op vol vermogen; het waait immers niet altijd, of niet hard genoeg om maximaal te produceren.

Windturbines met hetzelfde vermogen produceren niet per se evenveel energie. Zo Een windturbines van 4,5 MW met een rotordiameter van 140 meter zal minder elektriciteit opwekken dan een windturbine van 4,5 MW met een rotordiameter van 160 meter. Daarom is het niet verstandig om de bijdrage van windturbines (en zonneparken) uit te drukken in MW, maar liever in MWh/jr of TJ/jr.

1 gemiddeld huishouden in NL verbruikt jaarlijks ca. 3,2 MWh aan elektriciteit.

Elektriciteit wordt vaak uitgedrukt in MWh. Dit is een eenheid van energie. Een andere veelgebruikte eenheid is de terajoule. 1 TJ (terajoule) = 277.778 MWh.



### Windaanbod

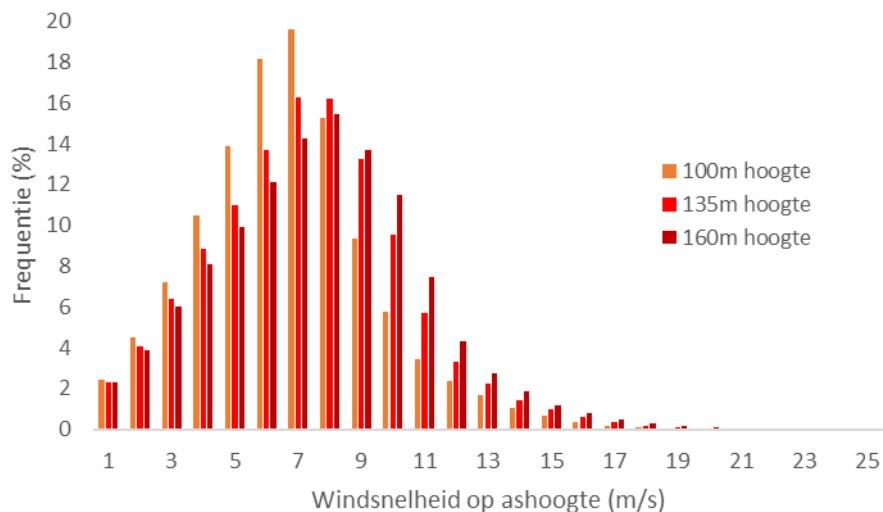
Windturbines genereren elektriciteit uit windenergie. Hoe harder het waait, hoe meer stroom er wordt geproduceerd. Daarom is het erg belangrijk om goed te weten wat het windaanbod is op de hoogte van de windturbines. Op grotere hoogte waait het gemiddeld harder, met meer productie tot gevolg, maar een hogere mast brengt ook hogere investeringskosten met zich mee.

Voor de bepaling van de windsnelheidsverdeling baseren wij ons op langjarige gemiddelde gegevens die door het KNMI beschikbaar zijn gesteld. De gemiddelde windsnelheid in de gemeente Doesburg is

- 6,7 m/s op 100 meter hoogte
- 7,3 m/s op 135 meter hoogte en
- 7,6 m/s op 160 meter hoogte

Onderstaande grafiek toont hoe vaak elke windsnelheid voorkomt.

**Figuur 9** Windsnelheidsverdeling in het zoekgebied Eldrik-Keppel op 143 meter hoogte



### Productie

Door de vermogenscurve en het lokale windaanbod te combineren maken wij een schatting van de jaargemiddelde energieproductie van het windpark.

De bruto productie is de vermenigvuldiging van de vermogenscurve, het windaanbod en het aantal windturbines in het windpark. De netto productie schatten wij op 85% van de bruto productie (verliezen voor o.a. zogeeffecten). Onderstaande tabel geeft de resultaten.

**Tabel 3** Geschatte elektriciteitsproductie van een windpark van 3 windturbines. Er zijn drie afmetingsklassen doorgerekend.

Afmeting	Tiphoogte	Bruto	Netto	Park	
		MWh/wtb/jr	MWh/wtb/jr	MWh/jr	TJ/jr
Klein	150m	7.300	6.200	18.600	67
Middel	200m	15.600	13.300	39.900	144
Groot	260m	20.600	17.500	52.400	189

Het effect van de afmetingen op de energieproductie is duidelijk zichtbaar; de energieproductie van een grote windturbine is ongeveer drie keer zo hoog als die van een kleine windturbine (met tiphoogte 150 meter).

## Inkomsten

### *Verkoop van stroom en subsidie*

De SDE++ is een regeling waarmee producenten van duurzame energie van de overheid een bedrag ontvangen per opgewekte kWh. Voor windenergie is dit basisbedrag vanaf 2020 afhankelijk van de windsnelheid op 100 meter hoogte ter plaatse van het windproject. Zoals in de vorige paragraaf aangegeven is dat voor Doesburg ca. 6,7 m/s.

Bij deze windsnelheid hoort een 'basisbedrag' van 56 euro / MWh (oftewel 5,6 cent/kWh).

De SDE++-bijdrage komt neer op het verschil tussen het basisbedrag en de gemiddelde 'grijzestroomprijs'. Op deze manier worden producenten van windstroom gecompenseerd voor het feit dat productiekosten van windenergie hoger zijn dan de productiekosten van grijze stroom. Op dit moment ligt de grijzestroomprijs rond de 45 €/MWh. Als de exploitant zijn stroom voor dat bedrag zou verkopen krijgt hij dus nog 11 €/MWh erbij van de overheid, voor een totaal van 56 €/MWh.

Als een project SDE krijgt is dat voor 15 jaar lang tegen hetzelfde basisbedrag. Wel is het zo dat elk jaar de basisbedragen voor *nieuwe* projecten lager wordt, aangezien dit gebaseerd is op de verwachte investeringskosten voor een nieuw windpark en windturbines steeds goedkoper worden.

Door de verwachte productie te vermenigvuldigen met het basisbedrag vinden we een schatting van de jaarlijkse inkomsten uit de productie van elektriciteit, voor de looptijd van de SDE++-regeling (15 jaar). In de daaropvolgende jaren ontvangt de exploitant enkel nog de verkoopprijs van de geproduceerde elektriciteit, waarbij we voor de berekening uitgaan van 45 €/MWh.

**Tabel 4** Inschatting van de jaarlijkse baten van een windpark van 3 windturbines.

Afmetingen	Jaarlijkse productie	Inkomsten eerste 15 jr	Inkomsten na 15 jr
	MWh/jr	€/jr	€/jr
Klein	18.600	1.042.000	837.000
Middel	39.900	2.234.000	1.796.000
Groot	52.400	2.934.000	2.358.000

### Garanties van Oorsprong (GvO's)

Per opgewekte MWh aan duurzame energie ontstaat 1 garantie van oorsprong. Deze kan worden losgekoppeld van de bijbehorende elektriciteit en apart worden verhandeld. De elektriciteit is dan niet langer 'groen'.

De markt voor GvO's is erg ondoorzichtig. De prijzen voor GvO's verschillen per opwekkingsvorm en land van herkomst. Adviesbureau Wise publiceert regelmatig prijzen van GvO's op [www.wisenederland.nl](http://www.wisenederland.nl).

**Figuur 10** Prijzen van GvO's (1 GVO = 1 MWh) van verschillende opwekkingsvormen en herkomsten.

**Tabel prijzen GvO's (laatste update: oktober 2018)**

GvO Nederlandse wind (stand 2018)	€ 7,00 - € 10,00
GvO wind EU (stand 2018)	€ 2,00
GvO Nederlandse zon (stand 2015)	€ 2,70 - € 5,-
GvO Italiaanse zon (stand 2015)	€ 0,35
GvO biomassa NL (stand 2015)	< € 0,50
GvO biomassa NL met NT8080 certificaat (stand 2015)	> € 0,85
GvO Noorse waterkracht (Nordic Hydro) (stand 2015)	€ 0,20

Door de grote onzekerheid van GvO's nemen wij deze vooralsnog niet mee in de beschouwing. De waarde is onzeker, en de mogelijkheid bestaat dat deze zal stijgen of dalen. Wij sorteren hier echter niet op voor. Een al te grote verandering van de business case wordt niet verwacht, omdat in dat geval met terugwerkende kracht de basisbedragen uit de SDE++ kunnen worden verlaagd.

## Uitgaven

### Investering (CAPEX)

Een windpark vergt een grote investering. Deze wordt doorgaans niet geheel door de ontwikkelaar uit eigen zak betaald: een deel (bijvoorbeeld 80%) wordt geleend van een kredietverstrekker, zoals een bank. Deze lening wordt in ca. 15 jaar terugbetaald. Over het openstaande bedrag wordt jaarlijks rente betaald. Momenteel is

de rente ca. 2,5%. Het resterende bedrag betaalt de ontwikkelaar zelf, of wordt (deels) geleend in de vorm van obligaties of venture capital.

Moderne windturbines kosten grofweg €780.000 per MW. Daarbij komt een bedrag voor de bouw en ontwikkeling van het windpark. De tabel hieronder toont indicatief de gemaakte aannames en de totale investeringskosten. Voor de netinpassing hebben we een schatting gemaakt van 2 miljoen. Omdat de business case niet gebaseerd is op een specifieke locatie kunnen deze kosten niet nauwkeuriger worden ingeschat.

**Tabel 5 Investeringskosten (CAPEX) van een windpark van 3 windturbines.**

Post	Aanname	Bedrag (keuro) <sup>10</sup>		
		Klein	Middel	Groot
Windturbine	780 keuro/MW	5.850	9.828	10.764
Fundering etc.	117 keuro/MW	878	1.474	1.615
Netaansluitkosten	Grove schatting	2.000	2.000	2.000
Bouwleges gemeente Doesburg	1,35% van bouwkosten + € 25.760	117	178	193
Onvoorzien	5% van prijs wtb & fundering	336	491	538
Ontwikkelingskosten (DEVEX)	21 keuro/MW	158	265	290
Overig	2 keuro/MW	15	25	28
<b>CAPEX Totaal</b>		<b>9.353</b>	<b>14.262</b>	<b>15.427</b>

### Operationele kosten (OPEX)

Een windturbine heeft, in tegenstelling tot de meeste productievormen, geen brandstof nodig om elektriciteit te produceren. Er zijn jaarlijks wel andere operationele kosten, zoals garantie- en onderhoudscontracten, grondkosten, diverse verzekeringen, netinstandhoudingskosten, eigenverbruik, OZB, beheer en land- en wegenonderhoud. Wij rekenen met de getallen die PBL gebruikt bij het vaststellen van de basisbedragen voor de SDE.

**Tabel 6 Operationele kosten (OPEX) van een windpark van 3 windturbines.**

OPEX	Aanname	Bedrag (keuro / jaar)		
		Klein	Middel	Groot
Indexering OPEX	2,0% per jaar			
Grondkosten	€2,6/MWh/jaar	48	104	136
Opslag voor transactiekosten	€2,7/MWh/jaar	50	108	142
Omgevingskosten	€0,5/MWh/jaar	9	20	26
Variabele O&M-kosten	€6,6/MWh/jr	123	263	346
Vaste O&M-kosten	11,5 keuro/MW/jr	86	145	159
Extra O&M-kosten na 15 jaar	5% bovenop vaste kosten	4	7	8
Management	0,10% van CAPEX	9	14	15
<b>OPEX eerste 15 jaar</b>		<b>326</b>	<b>654</b>	<b>824</b>
<b>OPEX na 15 jaar</b>		<b>330</b>	<b>661</b>	<b>832</b>

<sup>10</sup> keuro = 1000 euro

### *Financieringskosten*

Wanneer de windturbines deels met vreemd vermogen worden aangeschaft zal de uitgave in jaar 0 kleiner zijn. In plaats daarvan komen er echter jaarlijks financieringskosten bij: de lening zal moeten worden terugbetaald en er moet rente betaald worden over de openstaande lening.

In de analyse van de business case gaan wij uit van:

- 20% inleg eigen vermogen. 80% vreemd vermogen.
- Rente vreemd vermogen: 2,5%.
- Aflossing: lineair in 15 jaar.

### *Belasting*

Over het bedrijfsresultaat moet vennootschapsbelasting worden betaald. De afschrijving mag hiervan worden afgetrokken. Er is uitgegaan van een afschrijving in 15 jaar.

## **Resultaten**

---

### *Kasstroom*

De hierboven beschreven kosten en baten zorgen elk jaar van de exploitatie van het windpark voor een nettowinst of –verlies voor de ontwikkelaar/exploitant.

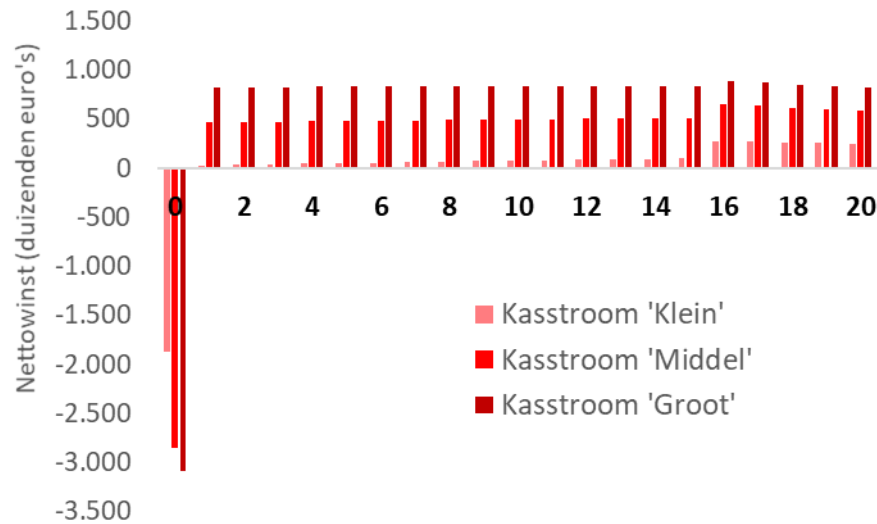
In jaar 0 wordt een grote uitgave gedaan: een deel van de investering zal uit eigen vermogen moeten worden betaald.

In de jaren 1 t/m 15 zijn de inkomsten hoog door de SDE++. De kosten zijn ook hoog vanwege de openstaande lening.

In de jaren 16 en verder vallen zowel de SDE-bijdrage als de financieringskosten weg.

Onderstaande figuur toont het verloop van de kasstroom eigen vermogen voor de drie afmetingen.

**Figuur 11** Kasstroom van de eerste 20 jaar van het windproject.



### Interne opbrengstvoet (IRR)

De belangrijkste resultante van de berekening is de interne opbrengstvoet (Internal Rate of Return, IRR) van het project, oftewel het netto rendement van de investering in het windproject. Hoe hoger de IRR, des te rendabeler het project.

Veel bedrijven hanteren een grenswaarde (bijvoorbeeld 8%). Als een project een hogere interne opbrengstvoet heeft dan deze grenswaarde wil dan niet alleen zeggen dat het project winstgevend is (dat is al het geval bij een IRR van 0,1%), maar dat het ook **voldoende winstgevend** is naar de maatstaven van het bedrijf.

### Project IRR

Het project IRR is berekend door de interne opbrengstvoet te berekenen van een reeks getallen met in jaar 0 de totale investering, gevolgd door de bruto winst (EBITDA) in de jaren daarop. Dit is dus het rendement zonder de (hefboom)effecten van financiering.

### Equity IRR

Het rendement op eigen vermogen is berekend door de interne opbrengstvoet te berekenen van een reeks getallen met in jaar 0 dat deel van de investering dat met eigen vermogen is betaald, gevolgd door de kasstroom na belasting (EBITDA minus rente & aflossing, minus vennootschapsbelasting).

### Netto Contante Waarde (NCW)

De netto contante waarde (Engels: NPV, net present value) is een andere maat voor de rentabiliteit van het project. Om deze te berekenen is het nettoresultaat van jaar 0 t/m jaar 15, 20 of 25 *contant gemaakt*, dat wil zeggen teruggerekend naar het jaar 0 tegen een disconteringsvoet van 8% (een marktconform percentage voor

het bepalen van dergelijke NCWs)<sup>11</sup>. Deze waarden zijn vervolgens opgeteld. Dit geeft een maat van de absolute waarde van het project. Een negatieve NCW betekent dat het project minder oplevert dan wanneer het geld in een andere investering een rendement van 8% kan genereren. Als het project dus een IRR heeft van 8% is de NCW precies gelijk aan €0.

### Business case

De kasstromen leiden tot de volgende resultaten, waarbij wij gekeken hebben naar de kasstromen over een periode van 20 jaar.

Tabel 7

Resultaat business case van een (denkbeeldig) windpark van 3 windturbines in Doesburg.			
	Klein	Middel	Groot
Project IRR	2,5%	7,5%	10,9%
Equity IRR	1,5%	16,3%	26,7%
Equity NPV (bij 8%)	-1 mln €	1,9 mln €	4,8 mln €

### Duiding financiële analyse

In zijn algemeenheid geldt: hoe groter de windturbines, des te goedkoper de stroom die zij produceren. Daarom heeft een windpark met grote windturbines een hoger rendement dan een windpark met kleine windturbines.

Belangrijk om te realiseren is dat elk jaar voor de nieuwe subsidieronde het *basisbedrag* wordt berekend: dit is het bedrag tot waar de overheid door middel van subsidie de inkomsten per geproduceerde MWh aanvult. Het doel van de subsidie-regeling is te zorgen dat een windpark precies zo rendabel is dat marktpartijen in het project willen investeren, zonder dat het ze teveel winst oplevert. Als windturbines goedkoper worden zal ook het basisbedrag dalen. Dat betekent dat oudere modellen die enkele jaren geleden gangbaar waren tegenwoordig niet meer rendabel geplaatst kunnen worden: de overheid stimuleert dat de meest kostenefficiënte windturbines worden geplaatst.

Uit de berekening blijkt dat windturbines met een tiphoogte van 150 meter nauwelijks rendabel zijn. Een commerciële partij die 8% rendement op zijn investering wenst te halen zal niet tot investering in een dergelijk project overgaan. De 'Equity IRR' van 1,5% voor dergelijke windturbines betekent dat de netto contante waarde van het windpark pas positief zal zijn als de initiatiefnemer genoeg neemt met een jaarlijks rendement van minder dan 1,5%.

Hoewel het denkbaar is dat een niet-commerciële initiatiefnemer (bijvoorbeeld een ideële stichting) met minder genoeg neemt is een rendement van 1,5% erg laag, zeker ook omdat in deze getallen nog geen rekening is gehouden met het feit dat een deel van deze kosten op voorhand gemaakt moet worden, op een moment in het proces dat nog niet zeker is dat het project doorgang zal kunnen vinden.

<sup>11</sup> Jaar 0 bevat de inleg eigen vermogen, een negatieve post.

Dit, in combinatie met het feit dat de voorbereidingstijd van een windpark enkele jaren vergt, waardoor de subsidiebedragen nog verder gedaald zullen zijn, leidt tot de verwachting dat dergelijke windturbines niet in de gemeente Doesburg geplaatst zullen worden.

Voor grotere modellen geldt nog steeds: hoe groter, hoe rendabeler. Op dat moment wordt echter ook de landschappelijke impact een relevante factor, gegeven de ruimte voor windenergie die blijkt uit de ruimtelijke analyse in hoofdstuk 2.







**Bosch & van Rijn**  
experts in duurzame energie

Franz-Lisztplantsoen 200  
3533 JG Utrecht  
[www.boschenvanrijn.nl](http://www.boschenvanrijn.nl)

