



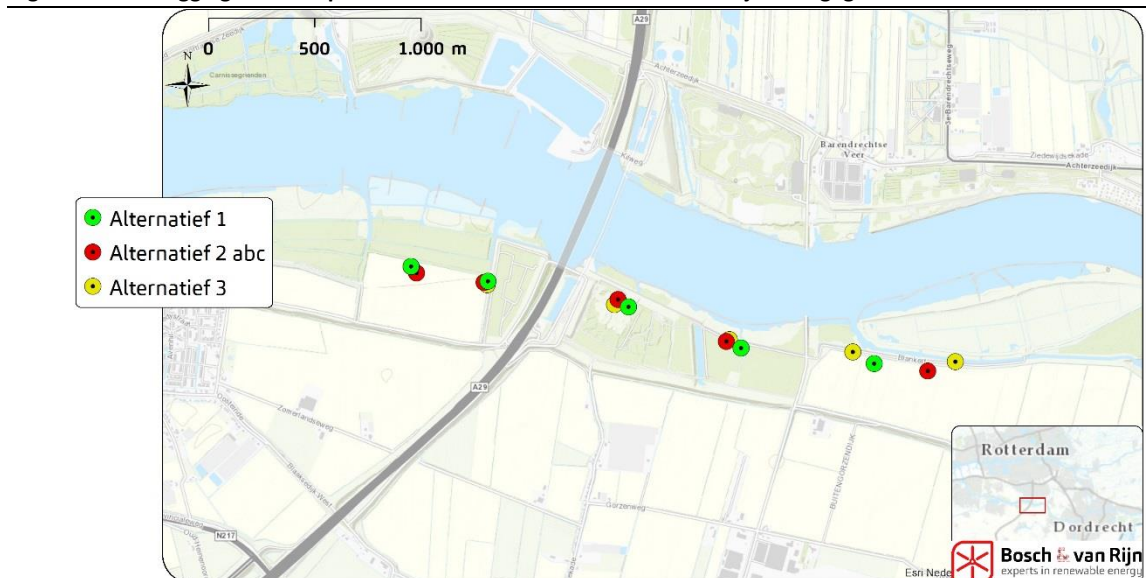
Titel Opbrengstberekening t.b.v. CombiMER Windpark Oude Maas
Datum 8-12-16
Auteur Steven Velthuisen
Versie 3

Inleiding

In het gecombineerde Plan- en ProjectMER voor Windpark Oude Maas worden verschillende inrichtingsalternatieven met elkaar vergeleken op het gebied van diverse milieueffecten. Een daarvan is de elektriciteitsproductie. Om de inrichtingsalternatieven met elkaar te vergelijken is in dit document een gefundeerde schatting gemaakt van de jaarlijkse elektriciteitsproductie van de onderzochte windturbintypes op de locatie Oude Maas. Deze waarde kan vervolgens worden vermenigvuldigd met het aantal windturbines in elk alternatief om een indicatie te krijgen voor de hoeveelheid elektriciteit die jaarlijkse kan worden geproduceerd. Hierbij is rekening gehouden met mitigatie als gevolg van geluid, ecologie en slagschaduw (paragrafen 7.2, 7.3 en XXX uit het MER).

Van de vijf opstellingen uit het MER wordt een indicatie gegeven van de jaarlijkse elektriciteitsproductie. Er zijn hierbinnen drie onderscheidende opstellingen, waarvan de locatie is te zien in Figuur 1. De afmetingen van de windturbines staan in Tabel 1. Voor de alternatieven is steeds een specifiek windturbintype aangenomen, waarop de berekening is gebaseerd. Andere windturbines zullen andere opbrengsten genereren, maar de berekening geeft een goede indicatie van de grootte-orde van de productie van duurzame energie.

Figuur 1 Ligging van windpark Oude Maas. De MER-alternatieven zijn weergegeven.



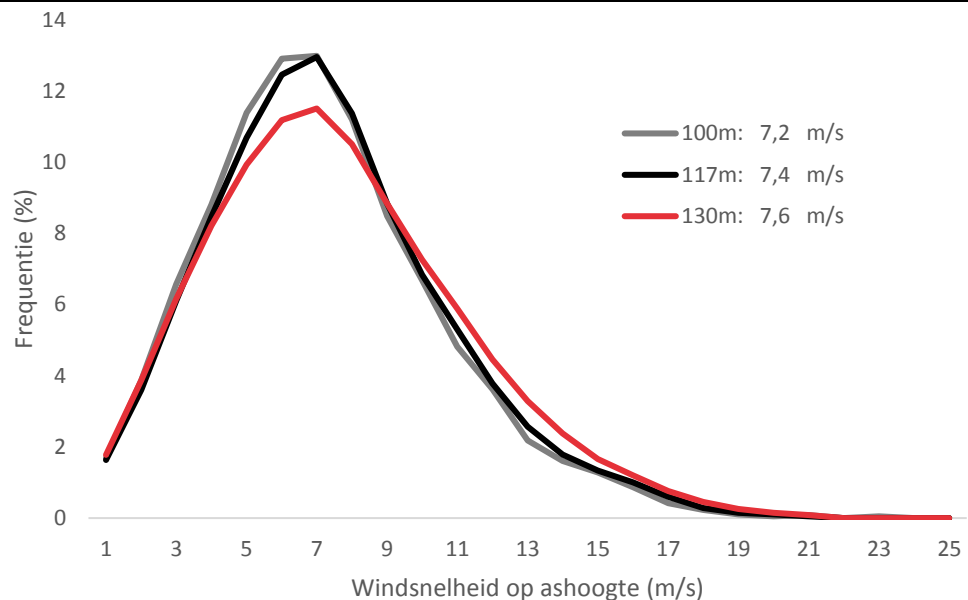
Tabel 1 MER-alternatieven. Alle windturbintypes behoren tot de 3MW-klasse.

Alt/var.	Aantal windturbines	Ashoogte	Rotordiameter
1	5	100m	117m
2/a	5	100m	117m
2/b	5	117m	140m
2/c	5	130m	140m
3	6	100m	117m

Berekening

De verwachte jaargemiddelde elektriciteitsproductie is te berekenen met de jaargemiddelde windsnelheidsverdeling¹ in de Hoeksche Waard en de zogenaamde 'power curve' van de windturbines die in de alternatieven van het ProjectMER gedefinieerd zijn.

De windsnelheidsverdeling ter plaatse is voor de 3 gehanteerde ashoogten berekend (zie Figuur 2).

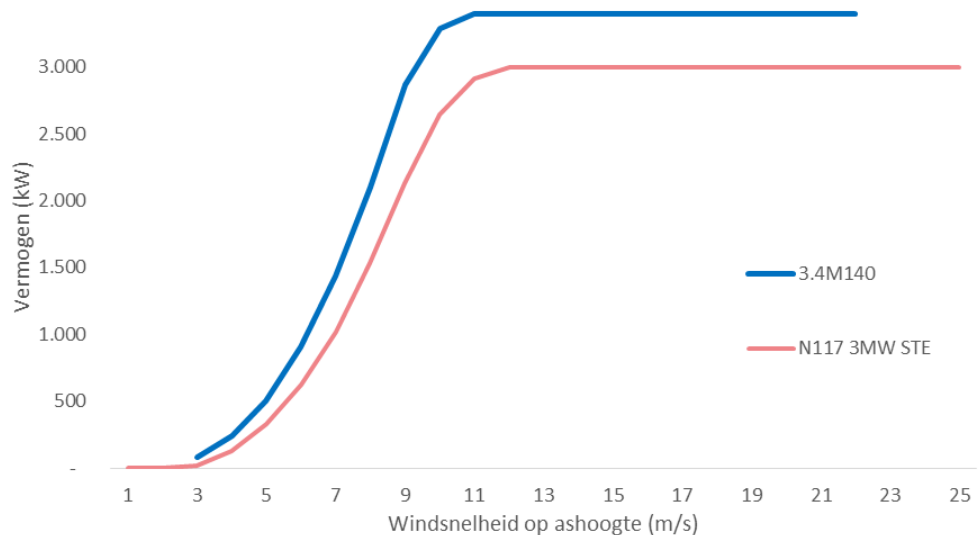
Figuur 2 Windsnelheidsverdeling op drie ashoogten.


De windsnelheidsverdeling toont dat hogere windsnelheden minder vaak voorkomen. Op hogere hoogtes komen hogere windsnelheden vaker voor, wat resulteert in een hogere gemiddelde windsnelheid. Omdat de elektriciteitsproductie zich verhoudt met de derde macht van de windsnelheid zijn dergelijke verschillen zeer significant.

De power curve (Figuur 3) toont hoeveel vermogen de windturbine bij elke windsnelheid levert. Zoals uit de grafiek is op te maken leveren de windturbines vanaf ca. 11-12 m/s (windkracht 6) hun maximale vermogen.

¹ Een windsnelheidsverdeling zegt hoe vaak elke windsnelheid naar verwachting voorkomt. Onze berekeningen maken gebruik van het HIRLAM KNMI-model.

Figuur 3 Power curves van de MER-alternatieven.



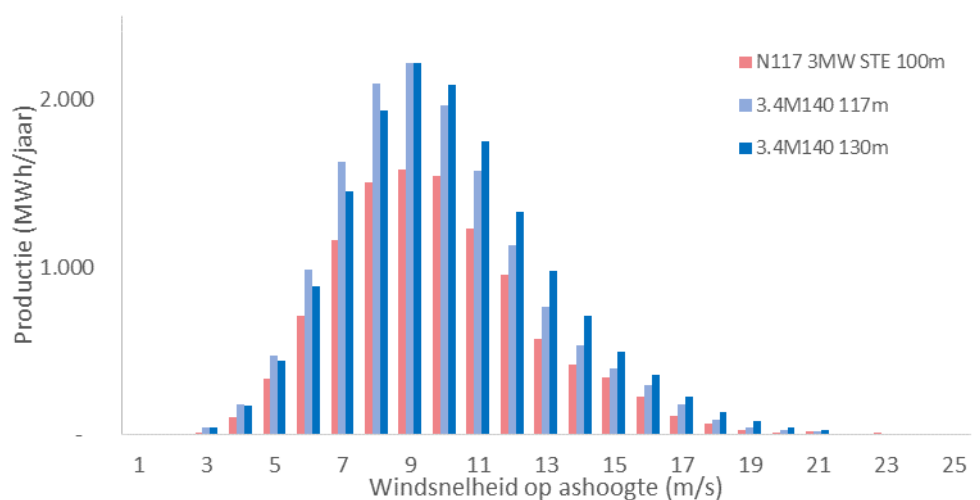
Resultaten excl. mitigatie

De combinatie van de windsnelheidsverdeling en de power curve resulteert in productie-grafieken.

De staven in de grafiek zijn de bruto productie, oftewel het aantal uren per jaar dat een bepaalde windsnelheid voorkomt, vermenigvuldigd met het vermogen van de windturbine bij die windsnelheid. Optelling van de staven levert de jaarlijkse verwachte bruto elektriciteitsproductie.

Bijbehorende waarden staan in Tabel 2.

Figuur 4 Productiegrafiek van de MER-alternatieven.



De netto jaarproductie van het windpark is vervolgens berekend door op de bruto productie te afslag in mindering te brengen van 15%. Deze afslag is een schatting die termen bevat voor parkverliezen, onderhoud, storing en transportverliezen.

Tabel 2 Bruto opbrengst, samenvatting. In MWh/jaar

Alt./var	Bruto productie		Netto productie
	per windturbine	per opstelling	per opstelling
1	10.900	54.600	46.400
2/a	10.900	54.600	46.400
2/b	14.600	73.200	62.200
2/c	15.400	76.800	65.300
3	10.900	65.600	55.700

Uit de onderzoeken naar geluid, slagschaduw en ecologie blijkt dat er enige terugregeling nodig is om alle alternatieven aan de geluid- en slagschaduwnorm te laten voldoen. Deze maatregelen hebben effect op de jaarproductie. De opbrengsten *inclusief* mitigatie worden hieronder berekend.

Mitigatie geluid

Zoals blijkt uit het akoestisch onderzoek voldoen alle MER-alternatieven aan de geluidsnorm zonder dat er maatregelen nodig zijn.

Mitigatie slagschaduw

Voor slagschaduw is bekend hoeveel uur de windturbines van elk alternatief per jaar gemiddeld moeten stilstaan om aan de norm te voldoen. In dit onderzoek maken we de aanname dat deze stilstand niet gerelateerd is aan de windsnelheid. Daardoor kunnen we de totale stilstand vermenigvuldigen met de windsnelheidsverdeling en de power curve om de mitigatieverliezen te berekenen.

Tabel 3 Mitigatie en bijbehorende derving a.g.v. slagschaduw.

Alt./var	Stilstand	Mitigatieverlies	Derving
	Uren/jaar	netto, MWh/jaar	%
1	1:15	1,3	0,0
2/a	26:37	28,2	0,1
2/b	123:36	175,6	0,3
2/c	146:50	172,9	0,3
3	23:27	24,9	0,0

Mitigatie ecologie

Uit het ecologisch onderzoek blijkt dat er mitigatie moet plaatsvinden ter bescherming van vleermuizen.

De maatregel bestaat eruit dat de windturbines moeten worden stilgezet als aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

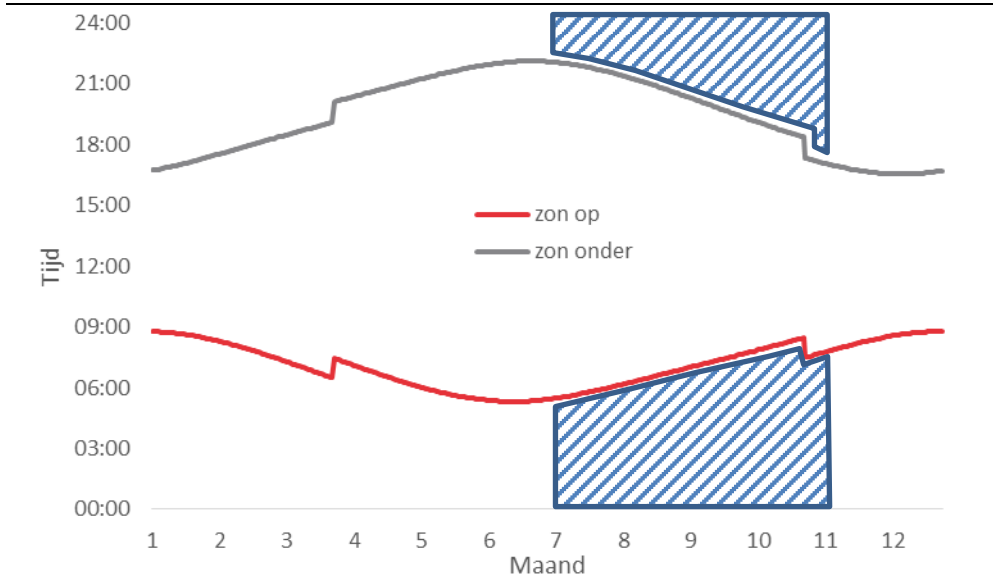
- Periode: 1 augustus t/m 15 oktober
- Tijdvak: half uur na zonsondergang tot half uur voor zonsopgang
- Windomstandigheden: windsnelheid op ashoogte <6 m/s.

Om te berekenen tot hoeveel stilstand dit leidt zijn de volgende stappen uitgevoerd:

- 1) Bepalen zonsop- en -ondergangstijden voor de locatie;
- 2) Berekenen hoeveel uren er binnen het betreffende tijdvak/periode vallen;

3) Deze uren vermenigvuldigen met de windsnelheidsverdeling op ashoogte, voor de betreffende windsnelheden (< 6 m/s) en de betreffende power curve, om de derving te berekenen.

Figuur 5 Schematische weergave van de periode waarin mitigatie nodig *kan zijn* bij bepaalde windsnelheden (blauw gearceerd vlak). De zonsop- en -ondergangtijden zijn berekend voor Barendrecht. Dit is voldoende dichtbij om een goede schatting te maken.



Hieruit blijkt dat er per jaar ca. 953 uur binnen de betreffende periode/tijdvak vallen (blauw gearceerde vlak uit bovenstaande figuur).

Door de windsnelheidsverdeling (Figuur 2) voor enkel de windsnelheden kleiner dan 6 m/s te vermenigvuldigen met de power curve van het betreffende MER-alternatief en de totale 'gevoelige periode' van 953 uur vinden we de mitigatieverliezen.

Tabel 4 Mitigatie t.b.v. ecologie.

Alt./var	Productie netto, MWh/jaar	Mitigatieverlies netto, MWh/jaar	Derving %
1	46.400	240	0,5
2/a	46.400	240	0,5
2/b	62.200	377	0,6
2/c	65.300	356	0,5
3	55.700	288	0,5

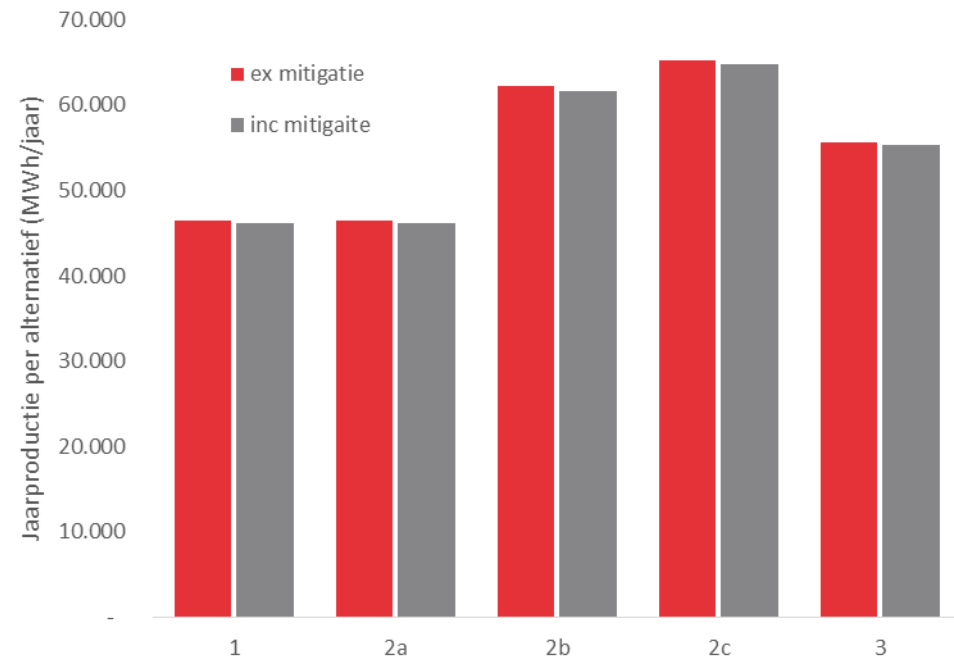
Totaal MER

Door mitigatieverliezen voor geluid, slagschaduw en ecologie af te trekken van de nettoproductie berekenen we de verwachte productie *inclusief mitigatie*. Deze is gegeven in onderstaande figuur en tabel.

N.B. Er is geen rekening gehouden met het feit dat een soort mitigatie ook gevolgen heeft voor andere milieueffecten. Daarom is de hierberekende totale mitigatie een kleine overschatting van de werkelijke derving.

Tabel 5 Samenvatting productieschatting MER.

Alt/var.	Productie excl. mitigatie	Productie incl. mitigatie
1	46.400	46.200
2/a	46.400	46.100
2/b	62.200	61.600
2/c	65.300	64.800
3	55.700	55.400

Figuur 6 Verwachte elektriciteitsproductie per MERalternatief, met en zonder mitigatie.


Voorkeursalternatief

Het voorkeursalternatief bestaat uit 5 windturbines die voldoen aan de volgende voorwaarden:

Voor wat betreft de *afmetingen* is een bandbreedte als volgt opgespannen:

- Ashoogte: minimaal 117 meter, maximaal 128,5 meter.
- Rotordiameter: minimaal 117 meter, maximaal 140 meter.
- Tiphoogte: maximaal 187 meter

Voor het milieueffect geluid is de bandbreedte opgespannen door een stille en een luide windturbine te beschouwen, i.p.v. naar de afmetingen te kijken. Hieruit volgt dat er in het geval van de bovenvariant (5 x GE 2.75-120) enige geluidsreductie nodig is. Door windturbine 4 's nachts in een reductiemodus (NRO 103) te schakelen wordt normoverschrijding bij alle woningen voorkomen. Dit is een maatregel waarbij de geluidsterkte van de windturbine wordt gemaximeerd op 103 dB (i.p.v. 106 dB).

Een dergelijke maatregel heeft enig opbrengstverlies tot gevolg. Een windturbine in modus NRO 103 produceert op deze locatie ca. 11% minder dan de standaardoperatie. Doordat het 1 windturbine betreft (factor $\frac{1}{5}$) die in de nachtperiode (factor

$^{1/3}$) wordt teruggeregeld is het mitigatieverlies a.g.v. geluid gelijk aan $11\% \times ^{1/5} \times ^{1/3}$
= 0,7% van de parkopbrengst.

Voor slagschaduw zijn twee windturbines met de volgende kenmerken onderzocht:
Ondervariant: ashoogte 117m, rotordiameter 117m. (Nordex N117 3MW STE)

Bovenvariant: ashoogte 117m, rotordiameter 140m. (Senvion 3.4M140)

Uit het slagschaduwonderzoek blijkt hiervoor een stilstand nodig van 68:11 respectievelijk 135:11 uur per jaar.

Deze waarden resulteren in een mitigatieverlies van 0,1 resp. 0,3%.

Voor ecologie zijn dezelfde windturbines doorgerekend als voor slagschaduw. Hieruit volgt dat de derving vrijwel hetzelfde is, namelijk 0,5% voor de ondervariant en 0,6% voor de bovenvariant.



Bosch & Van Rijn
Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht

Tel: 030 - 677 64 66
Mail: info@boschenvanrijn.nl
Web: www.boschenvanrijn.nl

© Bosch & Van Rijn 2016

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.