

Windrapport Lidar meetcampagne Maasvlakte 2

Datum	29 juni 2018
Referentie	1806-1067
Versie	1.0
Auteur(s)	Daan Houf Ardaan Walvis (AWa)

Inhoudsopgave

Inleiding	3
1. Lidar installatierapport	4
1.1. Lidar instellingen	4
1.2. Locatie, plaatsing en obstakels	4
1.3. Operationele periode en beschikbaarheid van meetdata	5
2. Analyse van het windklimaat	7
2.1. Verdeling van windsnelheid en windrichting	7
2.2. Verticaal profiel	8
2.3. Horizontale extrapolatie en vergelijking Windviewer	8
Bijlage: Beschikbaarheid Lidar windmeetdata	10

Inleiding

In opdracht van Havenbedrijf Rotterdam en Rijkswaterstaat heeft Ventolines een windmeetcampagne en windstudie uitgevoerd op Maasvlakte 2. Hiervoor is een ZephIR 300 Lidar geplaatst op de buitencontour van het gebied, op de grens van de Harde Zeewering en de Zachte Zeewering. De Lidar heeft in de periode van 6 april 2017 tot 15 mei 2018 windmetingen verricht. In dit rapport worden de resultaten van de metingen en de windstudie gepresenteerd.

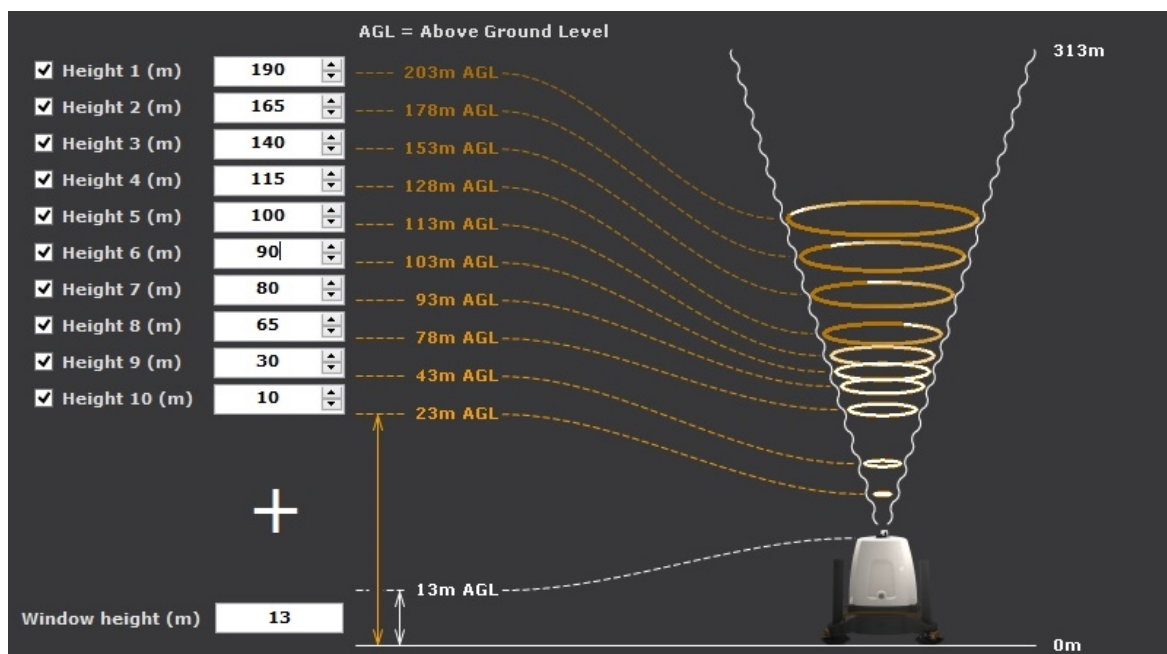
1. Lidar installatierapport

1.1. Lidar instellingen

De ZephIR Lidar is ingesteld om op 10 hoogten de horizontale en verticale windsnelheid en de windrichting te meten (zie Figuur 1-1). Op basis van deze metingen genereert en verstuurt de Lidar dagelijks voor elk van deze hoogten de 10-minuten gemiddelde waarden voor de horizontale en verticale windsnelheid, alsmede per tijdstap van 10 minuten de turbulentie-intensiteit, de minimale en maximale horizontale windsnelheid en de standaarddeviatie van de horizontale windsnelheid.

De 'Window height' bedraagt ca. 13 meter +NAP (de hoogte van het dijkprofiel en de unit zelf bij elkaar opgeteld). De meethoogten ten opzichte van NAP zijn dus 13 meter hoger dan de meethoogten zoals ingesteld op de Lidar. Naast de 10 ingestelde meethoogten meet de ZephIR Lidar standaard op een hoogte van 38m, oftewel 51m +NAP. Onderstaande definitieve meethoogten zijn ingesteld op 6 april 2017.

De ZephIR beschikt verder over een ingebouwd meteostation, welke zich bovenop de unit bevindt op een hoogte van 13m +NAP. Hier worden naast de windsnelheid en windrichting ook andere atmosferische gegevens gemeten, te weten: temperatuur, luchtdruk en relatieve luchtvochtigheid. Ook wordt geregistreerd of er regen is waargenomen. Verder registreert de ZephIR de kompasmetingen, de GPS-coördinaten en hellingshoek van de unit, alsook het voltage van de interne batterij en de generator, de interne temperatuur en de interne luchtvochtigheid.



Figuur 1-1 Ingestelde meethoogten van ZephIR unit 598 te Maasvlakte 2

1.2. Locatie, plaatsing en obstakels

Locatie: Dijk langs de Prinses Máximaweg, Maasvlakte 2
 Coördinaten: N: 444.265m / E: 58.142m
 Hoogte terrein: 11,75m +NAP
 Datum installatie: 6 april 2017

De ZephIR 300 wind Lidar, unit nummer ZP598, is geplaatst op het verhoogde dijklichaam langs de Prinses Máximaweg te Maasvlakte 2. De buitencontour van deze dijk wordt als een belangrijke locatie beschouwd voor de plaatsing van toekomstige windturbines. De locatie van de Lidar op de dijk is te zien in Figuur 1-2. De dijk waarop de Lidar geplaatst is is de hoogst gelegen zone in het gebied.



Figuur 1-2 Locatie van de Lidar ZP598 op de buitendijk van Maasvlakte 2

Het type Lidar ZephIR 300 staat erom bekend dat onder specifieke omstandigheden 'windflip' kan optreden, waarbij de gemeten windrichting 180° afwijkt van de werkelijke windrichting. Dit kan worden veroorzaakt door obstakels in de nabije omgeving van de Lidar. Ondanks de aanwezigheid van diverse obstakels nabij de Lidar, zoals te zien in Figuur 1-3, is uit analyse van de meetdata gebleken dat er vrijwel geen sprake is geweest van 'windflip' gedurende de meetperiode.



Figuur 1-3 Plaatsing van de Lidar naast de zichtbaarheidsmeter en windsnelheidsmeter van Havenbedrijf Rotterdam.

1.3. Operationele periode en beschikbaarheid van meetdata

De Lidar heeft tussen 6 april 2017 en 15 mei 2018 windmetingen verricht. Tabel 1-1 geeft de beschikbaarheid van de Lidar meetdata voor de meethoogte van 103m +NAP als het aantal waargenomen 10-minuten metingen per dag. Voor de gehele periode is de beschikbaarheid van meetdata met ca. 99% zeer hoog, en ruimschoots voldoende voor betrouwbare analyse van het windklimaat. Ook de beschikbaarheid per maand is zeer hoog, en in alle gevallen boven de 96%. Voor de meeste dagen is sprake van maximale beschikbaarheid (144). Sommige dagen laten een beperkte beschikbaarheid van de meetdata zien. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door zware regen of dichte mist. In de Bijlage zijn voor de volledigheid de tabellen met beschikbaarheden voor de andere meethoogten opgenomen. Deze laten een vergelijkbaar beeld zien, met ook een zeer hoge beschikbaarheid van de meetdata.

Tabel 1-1 Beschikbaarheid van de Lidar op 103m +NAP

103m	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
apr-17	100						101	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	143	144	144	144	144	144	143	144	143	144	144	144	144	144	
mei-17	98	143	144	143	144	144	144	144	144	144	144	143	144	144	144	144	144	144	132	142	144	142	144	144	122	107	144	144	144	144	141	144
jun-17	100	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	143	144	144	144	144	144	144	143	143	144	144	144	144	143	144	144	144	144
jul-17	99	144	144	144	141	141	134	144	144	144	144	144	136	144	143	144	142	143	144	144	144	144	144	144	139	144	144	144	144	144	144	144
aug-17	100	144	144	144	144	144	144	144	144	143	144	144	144	144	144	144	134	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	141	144	144	140	144
sep-17	100	142	141	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	141	144	143	144	144	144	144	142	144	144	144	142	144	144	144	144
okt-17	100	144	144	144	144	144	144	144	144	143	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	142	144	144	144	144
nov-17	100	144	144	144	144	144	138	142	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	142	143
dec-17	96	143	122	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	127	56	77	144	144	144	144	143	144	144	144
jan-18	99	144	144	144	144	144	143	142	142	143	144	102	144	144	144	144	144	144	144	144	144	138	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144
feb-18	99	144	144	135	144	144	144	144	144	144	142	142	144	144	144	139	144	143	144	144	140	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144
mrt-18	97	144	144	144	144	144	143	144	143	129	107	142	144	144	143	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	118	123	130	140	143	144	144
apr-18	100	144	144	143	144	144	144	144	138	141	144	144	144	138	144	143	144	144	144	144	142	144	144	144	144	144	144	144	144	143	143	
mei-18	99	144	144	144	144	144	144	144	138	144	144	144	144	135	57																	
All	99																															

2. Analyse van het windklimaat

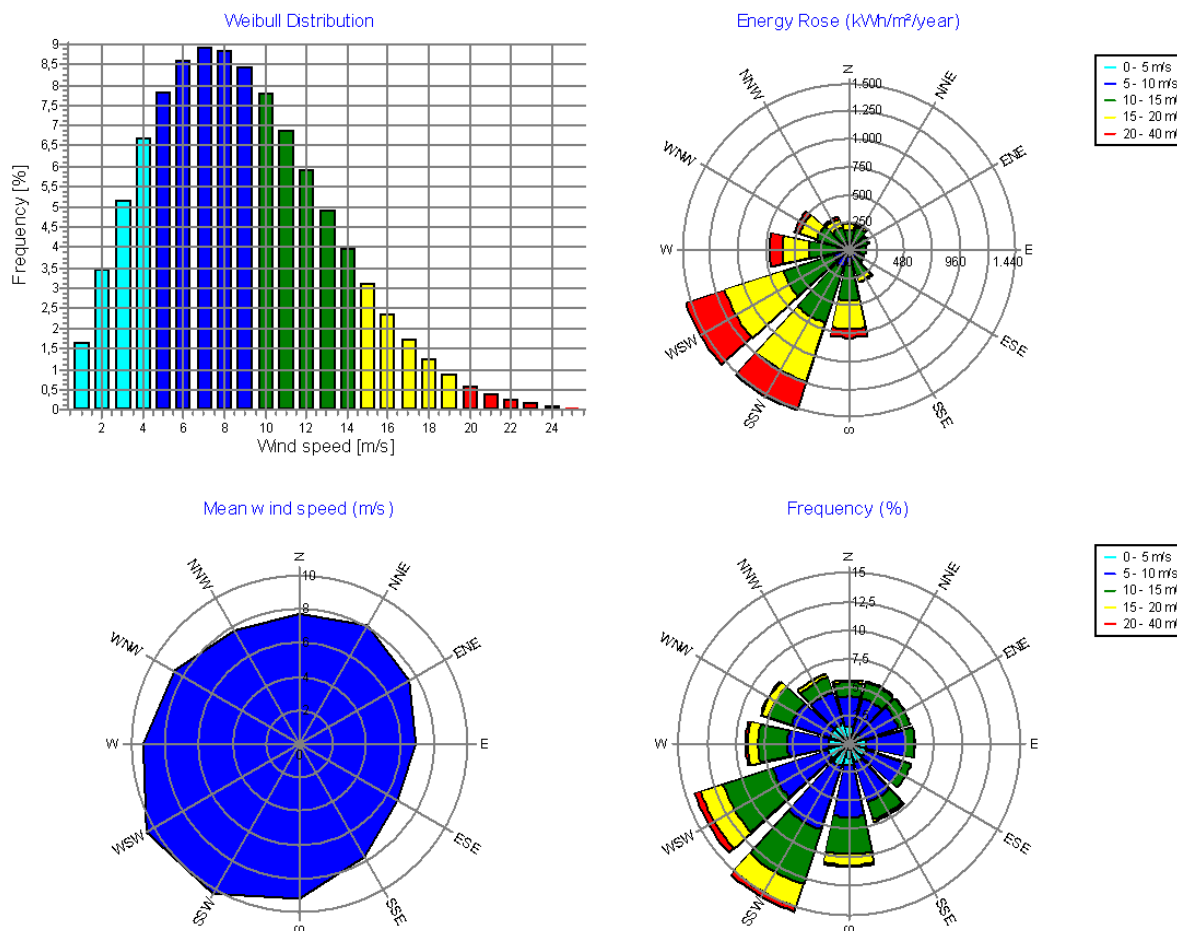
De operationele periode van de Lidar betreft ruim een jaar. Het is waarschijnlijk dat dit jaar qua windcondities afwijkt van een 'gemiddeld windjaar'. Zo waren de landelijke windcondities in 2017 beneden gemiddeld ten opzichte van het meerjarig gemiddelde.

Om representatieve winddata op de locatie van de Lidar te verkrijgen is de meetdata van de Lidar gecorreleerd aan een meerjarige referentie dataset. Hiervoor is gebruik gemaakt van de MERRA-2 dataset met een referentieperiode van 15 jaar (1 mei 2003 – 1 mei 2018). De correlatie is berekend met de 'Linear Regression MCP (Measure Correlate Predict)' methode en uitgevoerd voor de volgende meethoogten: 78m, 93m, 103m, 113m en 128m (+NAP).

Voor de analyse is gebruik gemaakt van windPRO, waarin zowel de MERRA-2 dataset als de MCP module beschikbaar zijn. In secties 2.1, 2.2 en 2.3 wordt het hieruit volgende lokale windklimaat beschreven.

2.1. Verdeling van windsnelheid en windrichting

Het lokale windklimaat op de positie van de Lidar en een hoogte van 103m (+NAP) is weergegeven in de vier grafieken in Figuur 2-1. Uit de grafiek rechtsonder valt op te maken dat de overwegende windrichtingen zuidzuidwest (SSW) en westzuidwest (WSW) zijn. In deze windrichtingen komen ook de hoogste windsnelheden voor, zoals te zien in de grafiek linksonder. De grafiek linksboven laat zien hoe vaak de verschillende windsnelheden voorkomen. Deze windsnelheidsverdeling kan het best worden benaderd door een Weibull-verdeling met een A- en k-parameter van respectievelijk 9,94 m/s en 2,111.



Figuur 2-1 Overzicht van het windklimaat op 103m +NAP

2.2. Verticaal profiel

Tabel 2-1 geeft per windrichting de gemiddelde windsnelheden op verschillende hoogten, het zogeheten verticale profiel. Naast de windsnelheden is ook de '*power law exponent*' gegeven. Dit geeft aan hoe 'steil' het verticale profiel is. Een hogere '*power law exponent*' betekent dat de gemiddelde windsnelheid sterker toeneemt op grotere hoogte.

De gemiddelde '*power law exponent*' bedraagt 0,101. Dit komt overeen met een redelijk vlak profiel. Hieruit kan worden geconcludeerd dat een hogere ashoogte alleen niet tot een veel hogere energieopbrengst zal leiden.

Tabel 2-1 Verticaal profiel per windrichting

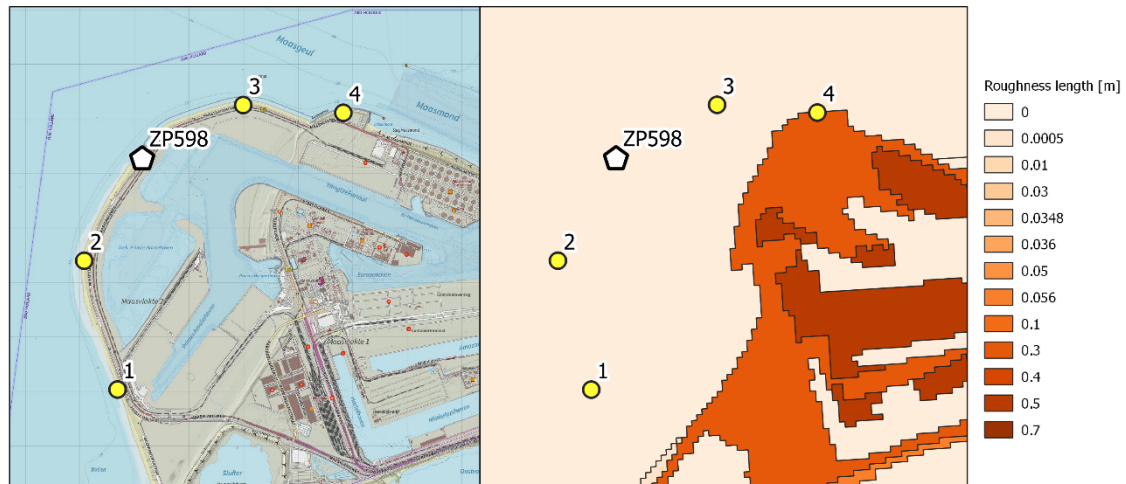
Sector	Power law exponent	Mean wind speed				
		at 78m	at 93m	at 103m	at 113m	at 128m
		[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
N	0,049	7,42	7,54	7,56	7,59	7,55
NNE	0,045	7,73	7,81	7,85	7,8	7,95
ENE	0,057	7,23	7,33	7,39	7,42	7,48
E	0,091	6,77	6,86	6,91	6,95	7,03
ESE	0,14	6,39	6,52	6,58	6,63	6,73
SSE	0,187	7,32	7,5	7,67	7,83	8,03
S	0,165	8,84	9,05	9,21	9,34	9,48
SSW	0,13	9,92	10,12	10,25	10,35	10,5
WSW	0,105	10,14	10,36	10,5	10,56	10,7
W	0,067	9,01	9,1	9,23	9,24	9,32
WNW	0,047	8,43	8,47	8,53	8,63	8,65
NNW	0,042	7,66	7,75	7,69	7,78	7,76
Average	0,101	8,50	8,65	8,74	8,82	8,92

2.3. Horizontale extrapolatie en vergelijking Windviewer

Tot slot is het windklimaat op 4 locaties langs de buitencontour onderzocht. De gekozen referentiepunten en bijbehorende coördinaten zijn gegeven in Figuur 2-2 en Tabel 2-2. Het lokale windklimaat zoals vastgesteld op de positie van de Lidar is hiertoe horizontaal geëxtrapoleerd naar deze referentiepunten. Hiervoor is gebruik gemaakt van WAsP in windPRO.

WAsP gebruikt een methode die het windklimaat van één positie kan 'vertalen' naar een verwacht windklimaat op een andere (nabijgelegen) positie. Hiertoe maakt WAsP gebruik van informatie over de terreinruwheid en –hoogte, en eventuele obstakels in de omgeving. Voor Maasvlakte 2 is deze informatie echter nog niet beschikbaar. Daarom wordt dit terrein door WAsP nog als 'water' verondersteld (zie Figuur 2-2), met een bijbehorende terreinruwheid en –hoogte van 0. Hierdoor kunnen de in dit rapport getoonde resultaten voor de referentiepunten nog iets afwijken van de resultaten indien de juiste terreindata zou zijn meegenomen. Voor een financieerbaar windopbrengstenrapport wordt daarom geadviseerd om te zijner tijd de terreinruwheid en –hoogte van Maasvlakte 2 op te nemen in de analyse van het lokale windklimaat voor elk van de uiteindelijke turbineposities.

De berekende windsnelheden zijn vergeleken met de windsnelheden uit de Windviewer. Deze waarden zijn voor een hoogte van 103m weergegeven in Tabel 2-2. De Windviewer windsnelheid is relevant, omdat dit de maximale gemiddelde windsnelheid is waarmee mag worden gerekend om de energieopbrengsten te bepalen voor de SDE+ aanvraag. Zoals te zien in de tabel zijn de Windviewer windsnelheden vergelijkbaar met de berekende windsnelheden.



Figuur 2-2 Locaties van de gekozen referentiepunten en de onderliggende ruwheidskaart

Tabel 2-2 Gemiddelde windsnelheid en Windviewer windsnelheid op 103m (+NAP) voor de Lidar positie en de gekozen referentiepunten

	X (East)	Y (North)	Mean wind speed	Wind- viewer SDE+
	[m]	[m]	[m/s]	[m/s]
Lidar position	58.142	444.265	8,74	8,81
Reference point 1	57.689	440.036	8,80	8,74
Reference point 2	57.078	442.398	8,81	8,82
Reference point 3	59.993	445.253	8,77	8,81
Reference point 4	61.829	445.111	8,57	8,58

