

Retouradres: Postbus 96864, 2509 JG Den Haag

Gemeente Amsterdam
Waternet
T.a.v. de heer B. Konneman
Postbus 94370
1090 GJ AMSTERDAM

**Onderwerp**

Radarhindertoetsing windpark Westpoortweg Amsterdam

Geachte heer Konneman,

Bijgaand ontvangt u onze rapportage aangaande het radarverstoringsonderzoek voor het windpark Westpoortweg gelegen in het havengebied van de gemeente Amsterdam, Noord-Holland.

Voor de radardefinitie van de SMART-L EWC GB is uitgegaan van de verbeterde versie, die in de loop van 2019 is ingevoerd, waardoor het detectiegedrag boven het windpark realistischer wordt gesimuleerd. Aangezien de nieuwe locatie bij Herwijnen nog niet definitief is, worden de drie formele alternatieve locaties, Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort ook in de berekeningen meegenomen.

Het bouwplan

Het bouwplan betreft alle wijzigingen ten opzichte van de huidige situatie die betrekking hebben op het te bouwen windturbinepark. In dit rapport zullen deze wijzigingen worden aangeduid als 'het bouwplan'. Voor de huidige aanvraag betreft dit de plaatsing van vier nieuwe windturbines. De coördinaten van de te plaatsen windturbines zijn verderop gegeven. Aangezien er in dit stadium van het project nog geen keuze is gemaakt voor een specifiek windturbinetype, is voor de afmetingen van de windturbines uitgegaan van een windturbine uit de 3 MW klasse. Dit is een windturbine met worst-case afmetingen, samengesteld uit het op dit moment bij TNO beschikbare windturbinebestand met een opgewekt vermogen tussen de 3.5 en 4.4 MW, een maximale ashoogte van 88.5 m en een maximale rotordiameter van 103 m.

Aangezien zich in de directe nabijheid van het bouwplan zich een reeds gegund bouwplan bevindt voor de uitbreiding van windpark Havenwind met vier windturbines, zullen deze windturbines eveneens meegenomen worden in de berekeningen. Aangezien ook daar nog geen keuze is gemaakt voor het toe te passen type windturbine, zal worden uitgegaan van de afmetingen waarvoor een vergunning is afgegeven, te weten, een windturbine met worst-case afmetingen uit de 3 MW klasse een maximale ashoogte van 98 m en een maximale rotordiameter van 100 m.

Defensie & Veiligheid

Oude Waalsdorperweg 63
2597 AK Den Haag
Postbus 96864
2509 JG Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 10 00

Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

E-mail

onno.vangent@tno.nl

Doorkiesnummer

+31888664025

Projectnummer

060.42771/01.15.01

Op opdrachten aan TNO zijn de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, zoals gedeponeerd bij de Griffie van de Rechtbank Den Haag en de Kamer van Koophandel Den Haag van toepassing. Deze algemene voorwaarden kunt u tevens vinden op www.tno.nl. Op verzoek zenden wij u deze toe.

Handelsregisternummer 27376655.

Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

2/58

De toepassing van een windturbine met worst case afmetingen houdt in dat de berekende effecten op de radars altijd minder zullen zijn, als bij de keuze van de specifieke windturbine het opgewekt vermogen, maximale ashoogte en rotordiameter niet wordt overschreden.

De uitgevoerde berekeningen

TNO heeft de verstoring op de primaire radar als gevolg van radarreflectie en schaduw effect berekend met behulp van het radarhindersimulatiemodel PERSEUS, volgens de toetsingsmethode, die op 1 oktober 2012 is ingevoerd. Het bouwplan bevindt zich binnen de 75 km cirkels van één van de Military Approach Surveillance System (MASS) verkeersleidingsradars en binnen de 75 km cirkels rond de locatie van de huidige MPR gevechtsleidingsradar te Nieuw Milligen en de nieuwe SMART gevechtsleidingsradar te Herwijnen en de drie alternatieve locaties Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort.

Daarnaast bevindt het bouwplan zich eveneens binnen de 15 km cirkels rond de secundaire radars TAR 1 en TAR West en binnen het Landvaart Inpassing besluit (LIB) van Schiphol. De analyse is uitgevoerd voor de volgende radarsystemen:

- (1) Het primaire verkeersleidingsradarnetwerk, bestaande uit een zestal MASS primaire verkeersleidingsradarsystemen verspreid over Nederland, aangevuld met de Terminal Approach radar (TAR) West bij Schiphol en de infill radar te Wemeldinge.
- (2) De MPR primaire gevechtsleidingsradar op de locatie Nieuw Milligen.
- (3) De SMART primaire gevechtsleidingsradar op de locatie Herwijnen.
- (4) De SMART primaire gevechtsleidingsradar op de alternatieve locaties bij Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort.
- (5) De Secundaire verkeersleidingsradars TAR 1 en TAR West gelegen bij Schiphol.

Resultaten primaire verkeersleidingsradarnetwerk

Op de locatie van de windturbines eist het Ministerie van Defensie voor het verkeersleidingsradarnetwerk een minimale detectiekans van 90% voor een doel met een radaroppervlak van 2 m². Twee mogelijke optredende effecten zijn onderzocht:

1. Reductie van de detectiekans ter hoogte van het bouwplan:
Na realisatie van het bouwplan is er op de toetsingshoogte van 1000 voet een vermindering van de detectiekans geconstateerd tot 99% ter hoogte of in de directe nabijheid van het bouwplan. Het bouwplan voldoet dus aan de thans gehanteerde 2020 norm.
2. Reductie van het maximum bereik ten gevolge van de schaduwwerking van het bouwplan:
De MASS radars te Soesterberg, De Kooy en de TAR West radar bij Schiphol ondersteunen elkaar volledig in de gebieden waar door de schaduwwerking van het bouwplan een verlies aan bereik kan ontstaan. Na realisatie van het bouwplan is er op de toetsingshoogte van 1000 voet geen verlies aan bereik geconstateerd. Het bouwplan voldoet dus aan de thans gehanteerde 2020 norm.

Het bouwplan ligt in de CTR van Schiphol. Voor dit gebied geldt echter geen formele minimale detectiekans van 90% voor een doel met een radaroppervlak

Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

3/58

van 2 m². Daarom is geen toetsing, maar alleen een berekening uitgevoerd op een hoogte van 500 voet, zonder toepassing van ruimtelijke middeling. Ter hoogte of in de directe nabijheid van de locatie van de windturbines behorende bij windpark Westervoort is er een verlies van de radardetectiekans waarneembaar tot 89%. Ter hoogte of in de directe nabijheid van de locatie van de windturbines behorende bij de uitbreiding van windpark Havenwind is een verlies waarneembaar tot 84%.

Resultaten gevechtsleidingsradar te Nieuw Milligen, Herwijnen en de alternatieve locaties voor Herwijnen, te weten, Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort

Op de locatie van de windturbines eist het Ministerie van Defensie voor de gevechtsleidingsradars een minimale detectiekans van 90%.

Omdat de specificaties van de gevechtsleidingsradars gerubriceerd zijn, wordt de in de berekening gebruikte waarde van het radaroppervlak van het doel hier niet vermeld. De resultaten van de radarhinderberekening voor de gevechtsleidingsradar zijn eveneens gerubriceerd en kunnen om die reden alleen rechtstreeks naar het ministerie van Defensie worden verstuurd. Dit gebeurt echter pas na toestemming van u. Wel mag in deze brief worden vermeld dat er twee mogelijke optredende effecten zijn onderzocht:

1. Reductie van de detectiekans ter hoogte van het bouwplan:
De detectiekans is na realisatie van het bouwplan op de toetsingshoogte van 1000 voet binnen de thans gehanteerde 2020 norm gebleven voor zowel Nieuw Milligen, Herwijnen als ook voor de drie alternatieve locaties voor Herwijnen.
2. Reductie van de detectiekans ten gevolge van de schaduwwerking van het bouwplan:
Het maximum bereik van de radar op deze hoogte in de sector waarin schaduwwerking optreedt, blijft na realisatie van het bouwplan binnen de thans gehanteerde 2020 norm voor zowel Nieuw Milligen, Herwijnen als ook voor de drie alternatieve locaties voor Herwijnen.

Resultaten secundaire verkeersleidingsradars TAR 1 en TAR West gelegen bij Schiphol

De resultaten van de berekende peilingsfouten of Off Boresight Errors (OBE) zijn voor de secundaire radar TAR 1 samengevat in Tabel 1 en voor de TAR West in Tabel 2. Het 50ste, 90ste percentiel, de maximale fout en de standard deviatie in de azimutsector met de grootste maximale peilingsfout worden gegeven voor alle situaties. Daarbij is onderscheid gemaakt voor de situatie waarbij de effecten worden bepaald door de mast en gondel (oranje gebied) en alleen het windturbineblad (rode gebied). De maximale fout in de oranje zone zakt met 0.01° voor de TAR 1. De maximale fout in de rode zone stijgt met 0.07°. In het geval van de TAR West MSSR stijgt de maximale fout in de oranje zone met 0.13° en in de rode zone met 0.6°.

Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

4/58

Tabel 1 De peilingsfout statistieken voor de TAR 1 MSSR in de azimuthsector met de grootste peilingsfout.

	50 %	90 %	100 %	σ	Azimut Sector (°)
Oranje (mast en gondel)					
Bestaand	0.04	0.16	0.38	0.09	4-5
Alles	0.08	0.19	0.37	0.11	6-7
Rood (turbineblad)					
Bestaand	0.003	0.06	0.28	0.04	-2 - -1
Alles	0.02	0.09	0.35	0.06	-2 - -1

Tabel 2 De peilingsfout statistieken voor de TAR West MSSR in de azimuthsector met de grootste peilingsfout

	50 %	90 %	100 %	σ	Azimut Sector (°)
Oranje (mast en gondel)					
Bestaand	0.06	0.17	0.41	0.11	26-27
Alles	0.08	0.18	0.54	0.12	26-27
Rood (turbineblad)					
Bestaand	0.05	0.12	0.29	0.08	27-28
Alles	0.05	0.15	0.35	0.09	27-28

Details vindt u in bijgaande documentatie.

Voor de achtergronden van de toegepaste rekenmethode wordt korthedshalve verwezen naar de toelichting die is te downloaden van de TNO-website:

<http://www.tno.nl/perseus>.

Hoogachtend,



Ing. O.J. van Gent

Senior Research Medewerker

Datum
23 april 2020

Onze referentie
DHW-2020-RT-100332251

Blad
5/58

1 Locatie- en radargegevens

De locaties van de te toetsen windturbines van het bouwplan zijn weergegeven in Tabel 3. De weergegeven rijksdriehoekcoördinaten en fundatiehoogtes zijn afkomstig van de opdrachtgever. De WGS 84 coördinaten voor de locaties zijn hiervan afgeleid.

Tabel 3 Locatiegegevens van het bouwplan Westpoortweg (WPW) zoals opgegeven door de opdrachtgever.

Nr	ID	Rijksdriehoekstelsel		WGS 84 coördinaten		Maaiveld- hoogte t.o.v. NAP [m]
		X [m]	Y [m]	Latitude [°]	Longitude [°]	
1	WPW1	113439	490237	52.3984	4.77656	2.1
2	WPW2	113789	490205	52.39813	4.78170	1.1
3	WPW3	114147	490203	52.39814	4.78696	1.1
4	WPW4	114492	490196	52.39811	4.79203	1.2

Aangezien zich in de directe nabijheid van het bouwplan zich een reeds gegund bouwplan bevindt voor de uitbreiding van windpark Havenwind met vier windturbines, zullen deze windturbines eveneens meegenomen worden in de berekeningen. De locatiegegevens van deze vier windturbines is weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4 Locatiegegevens van het naast dit bouwplan gelegen en reeds gegunde uitbreiding windpark Havenwind (HVW).

Nr	ID	Rijksdriehoekstelsel		WGS 84 coördinaten		Maaiveld- hoogte t.o.v. NAP [m]
		X [m]	Y [m]	Latitude [°]	Longitude [°]	
1	HVW6	115131	490273	52.39884	4.80141	1.3
2	HVW7	115254	489978	52.39620	4.80325	1.0
3	HVW8	115424	489707	52.39378	4.80578	1.2
4	HVW9	115629	489473	52.39169	4.80882	1.1

De locaties van de te plaatsen windturbines zijn weergegeven in Figuur 1.

Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

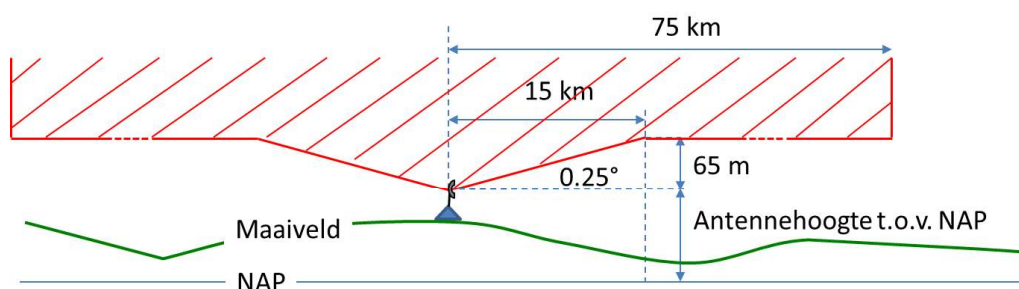
Blad

6/58



Figuur 1 De gele stippen geven de locaties aan van de nieuwe windturbines behorend bij Westpoortweg (WPW) en de reeds gegunde uitbreiding Havenwind (HVVW) [Bing].

Het Ministerie van Defensie hanteert een zogenaamd toetsingsvolume dat reikt tot aan 75 km rondom de primaire verkeersleidingsradars en de gevechtsleidingsradars. Het profiel van het toetsingsvolume is weergegeven in Figuur 2. Er dient getoetst te worden indien de tip van de wiek hoger is dan de rode lijn. Bouwplannen die verder verwijderd zijn dan 75 km kunnen zondermeer geplaatst worden.



Figuur 2 Het toetsingsprofiel (niet op schaal) zoals gehanteerd door het Ministerie van Defensie rondom elk van de militaire primaire radarsystemen.

De gevechtsleidingsradars zullen binnenkort worden vervangen, waarbij de radarlocatie Nieuw Milligen wordt verplaatst naar Herwijnen. Deze nieuwe locatie is per 1 juli 2016 in de Rarro opgenomen en is dan ook meegenomen in deze toetsing. Begin 2017 is de nieuwe Terminal Approach Radar, TAR West bij Schiphol operationeel geworden en is deze radar opgenomen in het MASS verkeersleidingsradarnetwerk. Omdat het geen militaire radar is, geldt er rond deze radar geen toetsingsprofiel zoals weergegeven in Figuur 2. De toetsingsplicht voor windturbines rond deze radar zijn vastgelegd in het Luchtvaart Inpassingsbesluit (LIB) van Schiphol. Tot slot is in 2019 het verkeersleidingsradarnetwerk verder uitgebreid worden met een extra Hensoldt ASR-NG MASS radar op het Marinevliegveld De Kooy bij Den Helder, die dan

Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

7/58

ook per 1 januari 2019 eveneens opgenomen is in de Rarro en in 2020 de Scanter 4002 infill radar bij Wemeldinge. De locatiegegevens van de verkeersleidingsradars en de gevechtsleidingsradars worden weergegeven in Tabel 5. In deze tabel zijn zowel de antennehoogtes aangegeven die aangehouden worden voor de bepaling van het toetsingsprofiel als ook de feitelijke antennehoogtes van de primaire radarantenne, toegepast in de detectiekansberekeningen.

Tabel 5 Locatiegegevens van de zes MASS radars, de TAR West, de infill radar en de gevechtsleidingsradars te Nieuw Milligen en Wier, de aangehouden antennehoogte voor het toetsingsprofiel en de toepaste feitelijke hoogte van de primaire radarantenne. De gevechtsleidingsradars zullen worden vervangen, waarbij de radarpositie Nieuw Milligen wordt verplaatst naar Herwijnen.

Radar	Coördinaten Rijksdriehoekstelsel		Antennehoogte toetsingsprofiel t.o.v. NAP	Feitelijke antennehoogte t.o.v. NAP
	X [m]	Y [m]	[m]	[m]
Leeuwarden	179139	582794	30	27.3
Twenthe	258306	477021	71	68.8
Soesterberg	147393	460816	63	60.2
Volkel	176525	407965	49	46.9
Woensdrecht	083081	385868	48	45.2
De Kooy	113911	548781	27	27.1
TAR West Schiphol	109603	482283	n.v.t.*	34.0
Scanter Wemeldinge	059912	392950	30	30.4
Nieuw Milligen (MPR)	179258	471774	53	Gerubriceerd**
Wier (SMART-L)	170513	585673	24	Gerubriceerd**
Herwijnen (SMART-L)	137106	427741	25	Gerubriceerd**

* Deze radar zijn niet opgenomen in de Rarro en heeft dus geen toetsingsprofiel.

** Deze gegevens zijn bekend bij defensie.

Aangezien er nog geen volledige zekerheid is over de plaatsing van de gevechtsleidingsradar op de beoogde locatie Herwijnen, is een onderzoek uitgevoerd naar alternatieve locaties. Daar zijn drie locaties uitgekomen, die in deze rapportage eveneens worden getoetst. De coördinaten van deze drie locaties en de antennehoogte is opgenomen in Tabel 6.

Tabel 6 Locatiegegevens van de SMART-L radar te Herwijnen en de drie alternatieve locaties.

SMART-L radar	Coördinaten Rijksdriehoekstelsel		Antennehoogte t.o.v. NAP
	X [m]	Y [m]	[m]
Herwijnen	137106	427741	Gerubriceerd*
Goudriaan	121286	436321	Gerubriceerd*
Meerkerk	126684	437319	Gerubriceerd*
Nieuwpoort	121789	438142	Gerubriceerd*

* Deze gegevens zijn bekend bij defensie.

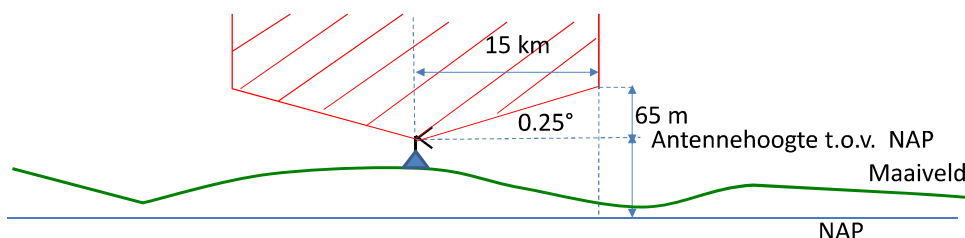
Voor de secundaire verkeersleidingsradars hanteert het Ministerie van Defensie en LVNL een toetsingsvolume dat reikt tot aan 15 km rondom deze radars.

Datum
23 april 2020

Onze referentie
DHW-2020-RT-100332251

Blad
8/58

Het profiel van het toetsingsvolume is weergegeven in Figuur 3. Er dient getoetst te worden indien de tip van de wiek hoger is dan de rode lijn. Bouwplannen die verder verwijderd zijn dan 15 km worden niet getoetst voor de secundaire radars.



Figuur 3 Het toetsingsprofiel (niet op schaal) zoals gehanteerd door het Ministerie van Defensie rondom elk van de secundaire verkeersleidingsradarsystemen.

De locatiegegevens van de beide secundaire verkeersleidingsradars die zijn toegepast bij de berekeningen zijn weergegeven in Tabel 7. In deze tabel zijn eveneens de antennehoogtes aangegeven die aangehouden worden voor zowel de bepaling van het toetsingsprofiel als ook de feitelijke antennehoogtes van de primaire radarantenne, toegepast in de detectiekansberekeningen.

Tabel 7 Locatiegegevens van de secundaire radars TAR West en TAR 1.

SMART-L radar	Coördinaten Rijksdriehoekstelsel		Antennehoogte toetsingsprofiel t.o.v. NAP
	X [m]	Y [m]	[m]
TAR West*	109598	482303	38.2
TAR 1	113877	480571	18.5

* Deze recent door LVNL opgegeven coördinaten wijken enige meters af van de coördinaten zoals vermeldt in Tabel 5 en toegepast bij de primaire TAR West radar.

Variaties in de hoogte van het terrein worden bepaald uit het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN-2) en AHN3 voor alleen Friesland, Zeeland en delen van Zuid-Holland. In dit bestand bevindt zich bebouwing zoals aanwezig tijdens de opnames tussen 2007 en 2012 voor AHN2 en 2014 voor AHN3. Naast dit hoogtebestand met bebouwing hanteert TNO eveneens een bestand voor het maaiveld bepaald met alleen het AHN2 bestand. Beide bestanden bezitten een ruimtelijke resolutie van 10 m. Buiten Nederland gebruikt TNO terrein hoogtegegevens afkomstig van de NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM1) met een resolutie van 1 boogseconde (ongeveer 30 m langs een meridiaan). Het kan voorkomen dat een deel van het bouwplan wordt afgeschermd door het tussenliggende terrein of door bebouwing en dus niet wordt belicht door de radar. In dat geval wordt dit deel van het bouwplan niet meegenomen in de berekening.

De 15 en 75 km cirkels rond de MASS radarsystemen en de stedelijke gebieden volgens het AHN-1 bestand zijn weergegeven in Figuur 4. De 15 en 75 km cirkels rond de gevechtsleidingsradars en de stedelijke gebieden volgens het AHN-1

bestand zijn weergegeven in Figuur 5 en van de drie alternatieve locaties voor gevechtsleidingsradar in Herwijnen in Figuur 6.

Datum

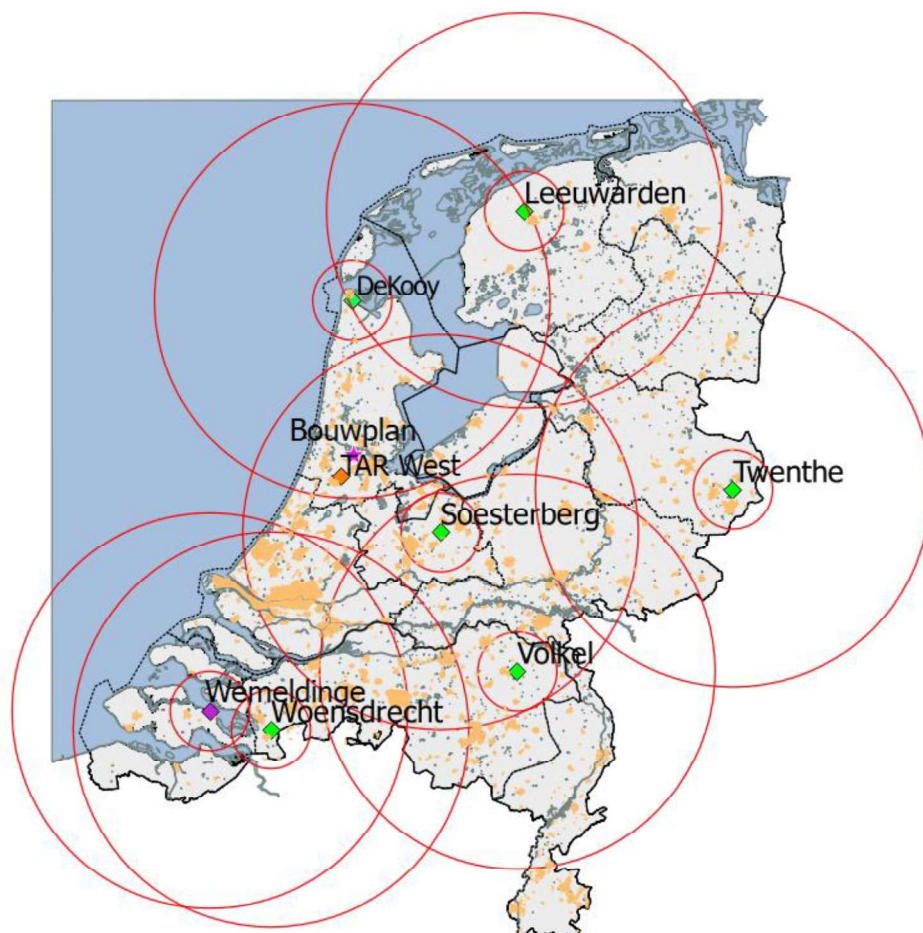
23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

9/58



Figuur 4 Locaties van de zes MASS verkeersleidingsradarsystemen (groene ruit) met daaromheen de 15 en 75 km cirkels. De TAR West radar bij Schiphol is aangegeven met een oranje ruit en de infill radar te Wemeldinge met een paarse ruit. De oranje vlakken zijn de in de AHN-1 gedefinieerde stedelijke gebieden. De ligging van het te toetsen bouwplan is aangegeven met een roze ster.

Datum

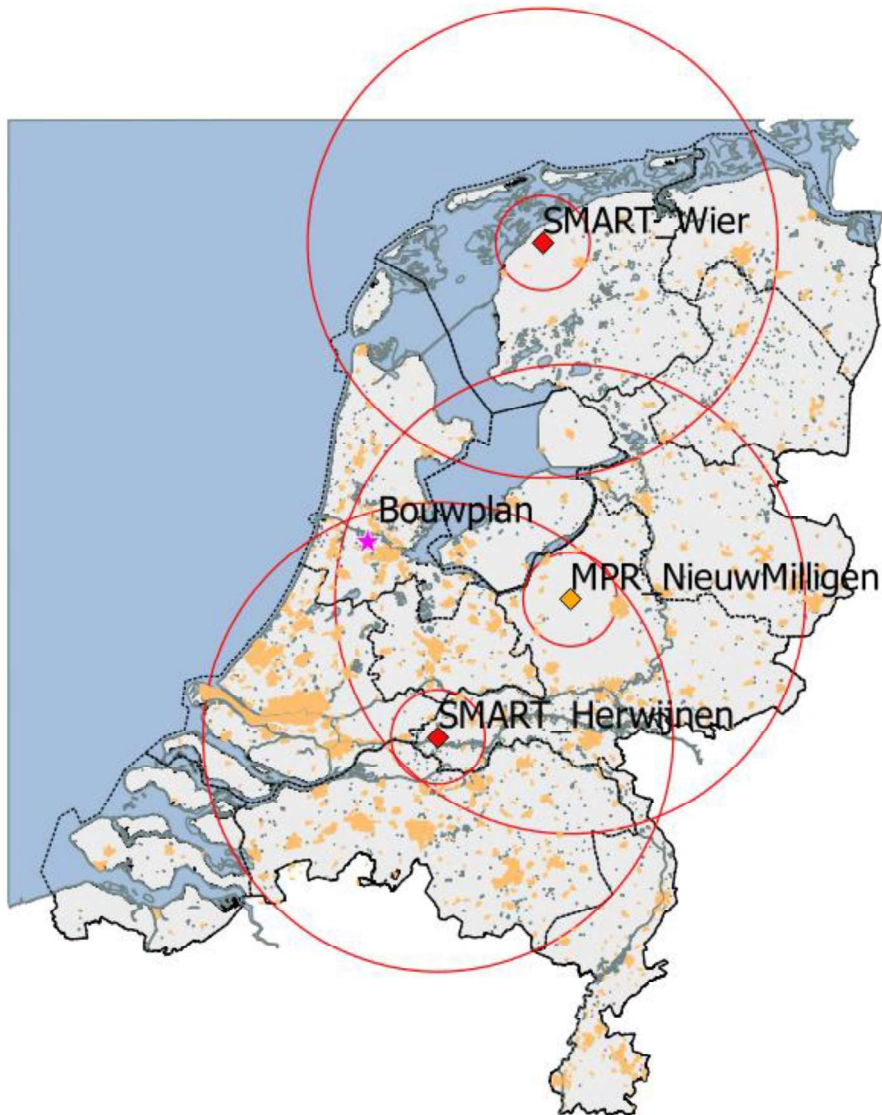
23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

10/58



Figuur 5 Locaties van de nieuwe SMART-L EWC GB gevechtsleidingsradars (rode ruit) en de bestaande MPR (oranje ruit) met daaromheen de 15 en 75 km cirkels. De oranje vlakken zijn de in de AHN-1 gedefinieerde stedelijke gebieden. De ligging van het te toetsen bouwplan is aangegeven met een roze ster.

Datum

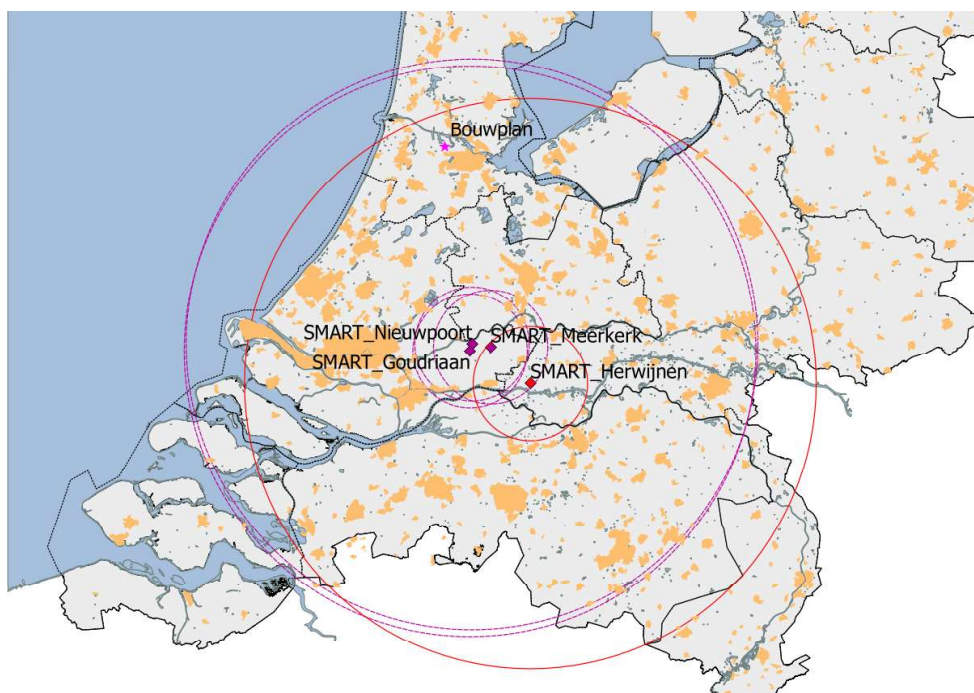
23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

11/58



Figuur 6 Locaties van de drie alternatieve locaties Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort (paarse ruit) voor de nieuwe SMART-L EWC GB gevechtsleidingsradar te Herwijnen (rode ruit). De oranje vlakken zijn de in de AHN-1 gedefinieerde stedelijke gebieden. De ligging van het te toetsen bouwplan is aangegeven met een roze ster.

Het bouwplan ligt binnen de 75 km cirkel rond de MASS radar van Soesterberg en De Kooy en binnen de 75 km cirkel rond de gevechtsleidingsradars van Nieuw Milligen, Herwijnen en de drie alternatieve locaties voor Herwijnen, te weten, Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort. Daarnaast zijn de tiphoogtes van alle te toetsen windturbines groter dan de in Figuur 2 aangegeven hoogte.

Het onderhavige bouwplan dient derhalve getoetst te worden voor zowel het primaire verkeersleidingsradarnetwerk als de gevechtsleidingsradar te Nieuw Milligen en Herwijnen derhalve getoetst te worden voor zowel het primaire verkeersleidingsradarnetwerk als de gevechtsleidingsradars te Nieuw Milligen, Herwijnen en de drie alternatieve locaties.

De 15 km cirkels rond de MASS secundaire radarsystemen, de TAR 1 en TAR West bij Schiphol, en de LIB windturbine toetsingszone rond Schiphol en de stedelijke gebieden volgens het AHN-1 bestand zijn weergegeven in Figuur 7.

Datum

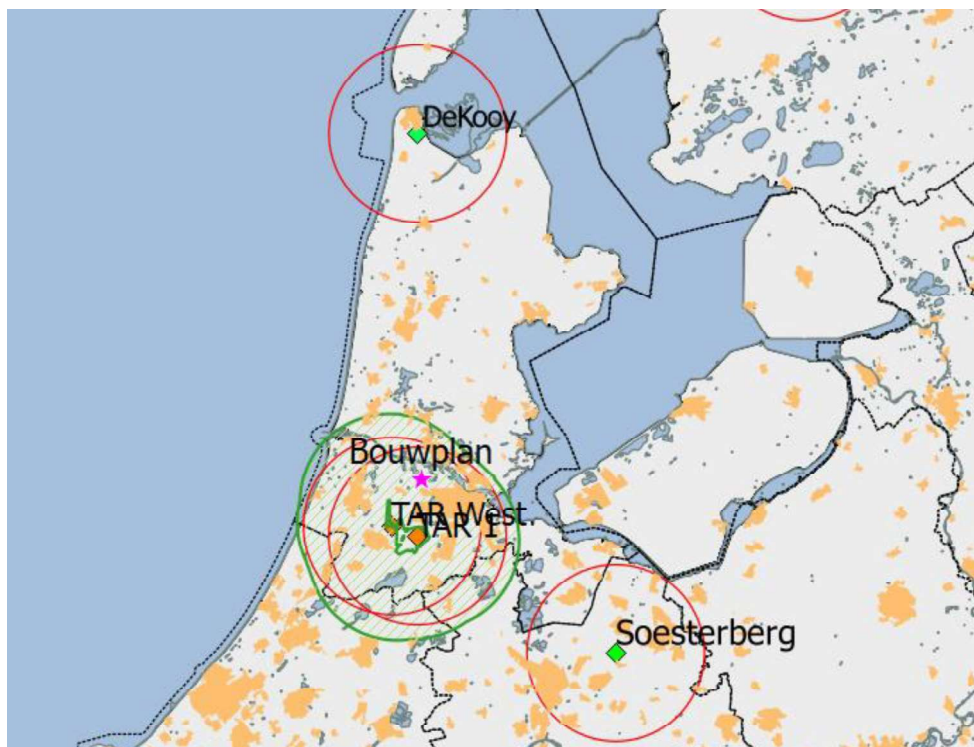
23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

12/58



Figuur 7 Locaties van de MASS secundaire radars (groene ruit) en de twee secundaire radars bij Schiphol, TAR 1 en TAR West (oranje ruit) met daaromheen de 15 km toetsingscirkels (rood) en de LIB windturbine toetsingszone rond Schiphol (groen). De oranje vlakken zijn de in de AHN-1 gedefinieerde stedelijke gebieden. De ligging van het te toetsen bouwplan is aangegeven met een roze ster.

Het bouwplan ligt binnen de 15 km cirkels rond de TAR 1 en TAR West en eveneens binnen het LIB windturbine toetsingsgebied van Schiphol. Daarnaast zijn de tiphoogtes van alle te toetsen windturbines groter dan de in Figuur 3 aangegeven hoogte. De effecten van het bouwplan op deze twee secundaire radars dient derhalve eveneens bepaald te worden.

Datum

23 april 2020

Onze referentie

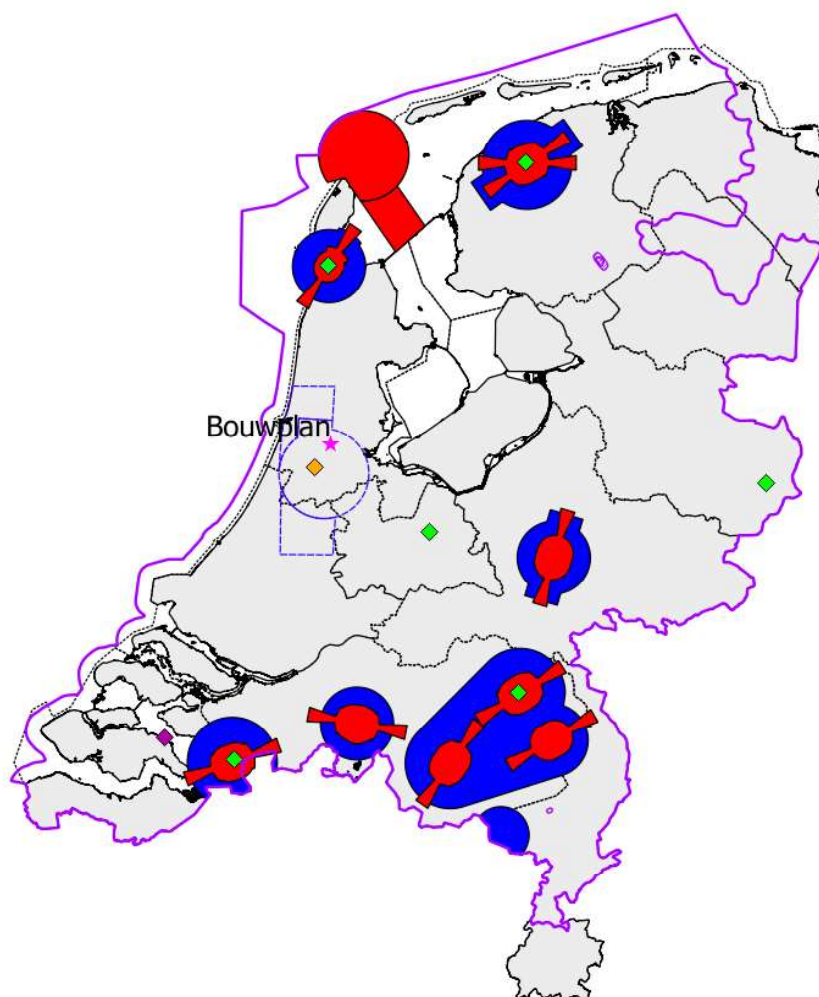
DHW-2020-RT-100332251

Blad

13/58

2 Rekenmethode primaire verkeersleidingsradarnetwerk

Het radarsimulatiemodel PERSEUS berekent voor elk radarsysteem de detectiekans van een doel met een radardoorsnede van 2 m^2 , fluctuatiestatistiek Swerling case 1, en loos alarmkans 1×10^{-6} . Afhankelijk van de locatie van het bouwplan moet de detectiekans geëvalueerd worden op een normhoogte van 300, 500 of 1000 voet ten opzichte van het maaiveld. Indien op 1000 voet geëvalueerd wordt, zal middeling van detectiekansen binnen een cirkel met een straal van 500 m toegepast worden. De 300 en 500 voet normhoogtes liggen over het algemeen rond de verschillende militaire vliegvelden in Nederland. Op een hoogte van 1000 voet dient er, met enige uitzonderingen, landelijke dekking te zijn. In Figuur 8 worden de normhoogtegebieden getoond.



Figuur 8 De ligging van het te toetsen bouwplan aangegeven met een ster en de ligging van de thans gehanteerde 2020 normhoogtes op 300 voet (rood) en 500 voet (blauw). Op 1000 voet (paars) dient het verkeersleidingsradarnetwerk, op enkele uitzonderingen na, een landelijke dekking te hebben. Tevens zijn op deze kaart met een groene markering de locaties aangegeven van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk bestaande uit een zestal MASS radarsystemen en in oranje de TAR West radar te Schiphol en in paars de infill radar te Wemeldinge. De CTR van Schiphol is met stippellijnen aangegeven.

Het bouwplan valt voor Defensie binnen de het 1000 voet normhoogtegebied, maar ook in de Controlled Traffic Region (CTR) van Schiphol, waar voor LVNL een normhoogte van 500 voet geldt. Aangezien dit 500 voet gebied bij de toetsingen voor defensie niet wordt gehanteerd, zijn de berekeningen ook uitgevoerd op een doelhoogte van 1000 voet, inclusief ruimtelijk middeling.

De detectiekans van de zes MASS radarsystemen te Leeuwarden, Twenthe, Soesterberg, Volkel, Woensdrecht en De Kooy, aangevuld met de TAR West van Schiphol is conform de met Defensie overeengekomen rekenmethode gesimuleerd in één radarnetwerk, waarbij de radars elkaar eventueel ondersteuning kunnen bieden bij de detectie van radarobjecten. Daarbij wordt rekening gehouden met de upgrade van de MASS primaire radar en het Wind Farm Filter (WFF) in de TAR West radar, zoals TNO die op dit moment in PERSEUS gemodelleerd heeft.

Als referentie zijn ook de radardetectiekansdiagrammen berekend voor de zogenaamde baseline situatie, dat wil zeggen, rekening houdend met alle bestaande windturbines en dus voor realisatie van het bouwplan. Het baseline-bestand van windturbines geeft de situatie aan binnen Nederland, vastgelegd in het begin van januari 2020, door Windstats.nl. De voor de simulatie noodzakelijke afmetingen van de windturbines zijn afgeleid van de in dit bestand opgenomen gegevens, zijnde: fabrikant, opgewekt vermogen, ashoogte en rotordiameter. Het bouwplan wordt daar vervolgens aan toegevoegd en voor beide situaties (baseline en baseline met bouwplan) worden detectiediagrammen berekend. Door een vergelijking van beide diagrammen kan het detectieverlies worden vastgesteld in de directe nabijheid van het bouwplan veroorzaakt door reflecties van het bouwplan en het eventuele verlies aan radarbereik ten gevolge van de schaduwwerking van het bouwplan.

Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

14/58

Datum
23 april 2020

Onze referentie
DHW-2020-RT-100332251

Blad
15/58

3 Gegevens windturbines

Voor de bepaling van de effecten op de radars is de *worst-case* windturbine uit de 3 MW klasse genomen. TNO heeft deze windturbine met worst-case afmetingen gedefinieerd uit de reeks turbines die TNO thans in haar bestand heeft op basis van het opgewekt vermogen tussen de 2.5 en 3.4 MW. Voor dit bouwplan is uitgegaan van een maximale ashoogte van 88.5 m en een maximale rotordiameter van 103 m, en voor de uitbreiding van windpark Havenwind met een maximale ashoogte van 98 m en een maximale rotordiameter van 100 m.

Bij toepassing van een specifieke windturbine met realistische afmetingen uit een zelfde of lagere vermogensklasse en waarbij de maximaal getoetste ashoogte en rotordiameter niet wordt overschreden, zullen de berekende effecten op de radars geringer zijn.

De lengte van de gondel is gedefinieerd als de afstand van de 'hub' tot aan de achterzijde van de gondel in het verlengde van de as. De hoogte en breedte van de gondel zijn gebaseerd op het effectieve oppervlak van de voor- en zijkant van de gondel en kunnen dus iets afwijken van de feitelijke afmetingen. De lengte van de wiek is gedefinieerd als de halve diameter van de rotor. De breedte van de wiek wordt afgeleid van het frontaal oppervlak van de wiek.

In Tabel 8 is de maatvoering weergegeven van de te toetsen windturbine, noodzakelijk voor de juiste modellering.

Tabel 8 De afmetingen van de windturbines voor Westpoortweg (WPW) en uitbreiding Havenwind (HVW).

Onderdeel	WPW	HVW
Ashoogte t.o.v. maaiveld	88.5	98.0
Tiphoogte t.o.v. maaiveld	140.0	148.0
Fundatiehoogte t.o.v. maaiveld	0.0	0.0
Breedte gondel	4.4	4.4
Lengte gondel	17.5	17.5
Hoogte gondel	6.4	6.4
Diameter mast onder	6.2	6.9
Diameter mast boven	4.4	4.4
Lengte mast	85.3	94.8
Lengte wiek	51.5	50.0
Breedte wiek	3.8	3.8

Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

16/58

4 Berekeningen radardetectiekans diagrammen primaire verkeersleidingsradarnetwerk

Detectiekans in de directe nabijheid van het bouwplan op 500 voet

Aangezien het bouwplan zich in de CTR van Schiphol bevindt, zijn de detectieberekeningen uitgevoerd op een doelhoogte van 500 voet. In Figuur 9 wordt de detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk van de baseline op 500 voet getoond rond het nog te realiseren bouwplan. Figuur 10 toont de detectiekans voor hetzelfde gebied, na realisatie van het bouwplan. In Figuur 11 is het gebied vergroot weergegeven. Voor de CTR van Schiphol geldt geen formele minimale detectiekans van 90% voor een doel met een radaroppervlak van 2 m². Ter hoogte of in de directe nabijheid van de locatie van de windturbines behorende bij windpark Westerpoort en binnen het 500 voet gebied is er een verlies van de radardetectiekans waarneembaar tot 89%. Ter hoogte of in de directe nabijheid van de locatie van de windturbines behorende bij de uitbreiding van windpark Havenwind is een verlies waarneembaar tot 84%.



Figuur 9 Detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk op 500 voet boven het bouwplan voordat dit is gerealiseerd (baseline).

Datum

23 april 2020

Onze referentie

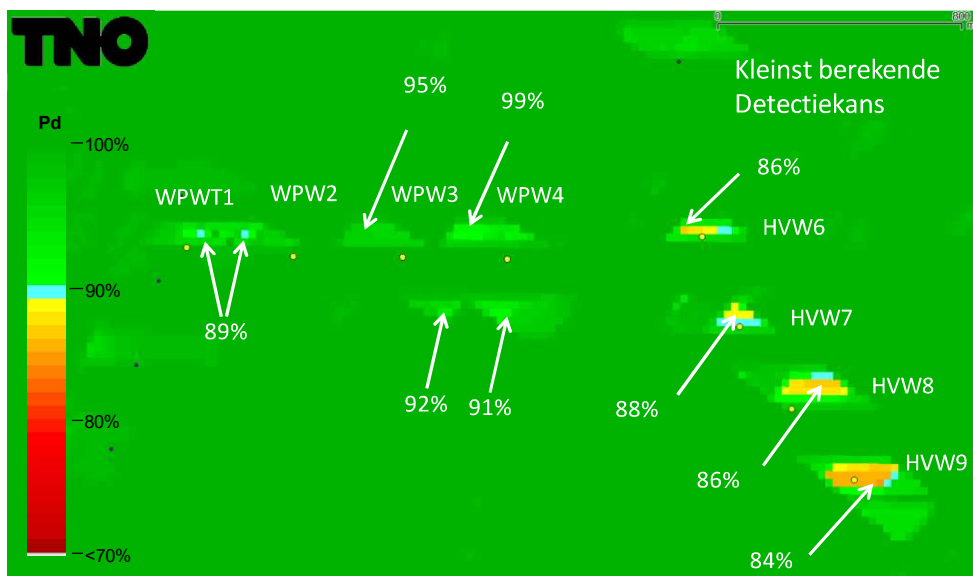
DHW-2020-RT-100332251

Blad

17/58



Figuur 10 Detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk op 500 voet boven het bouwplan nadat deze is gerealiseerd. De locatie van de nieuwe windturbines is aangegeven met gele stippen.



Figuur 11 Het gebied rond het bouwplan uit Figuur 10 groter weergegeven.

Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

18/58

Detectiekans in de directe nabijheid van het bouwplan op 1000 voet

In Figuur 12 wordt de detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk van de baseline op 1000 voet getoond rond het nog te realiseren bouwplan. Op deze resultaten is detectiekansmiddeling toegepast met een straal van 500 m. Figuur 13 toont de detectiekans voor hetzelfde gebied, na realisatie van het bouwplan. In Figuur 14 is het gebied vergroot weergegeven. De minimale detectiekans die door het Ministerie van Defensie wordt geëist bedraagt 90%. In groen gekleurde gebieden wordt aan deze eis voldaan. Ter hoogte of in de directe nabijheid van de locatie van het bouwplan en binnen het 1000 voet normgebied is er een verlies van de radardetectiekans waarneembaar tot 99%. Het bouwplan voldoet dus aan de thans gehanteerde 2020 norm.



Figuur 12 Detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk op 1000 voet boven het bouwplan voordat dit is gerealiseerd (baseline).

Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

19/58



Figuur 13 Detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk op 1000 voet boven het bouwplan nadat deze is gerealiseerd. De locatie van de nieuwe windturbines is aangegeven met gele stippen.



Figuur 14 Het gebied rond het bouwplan uit Figuur 13 groter weergegeven.

Datum

23 april 2020

Onze referentie

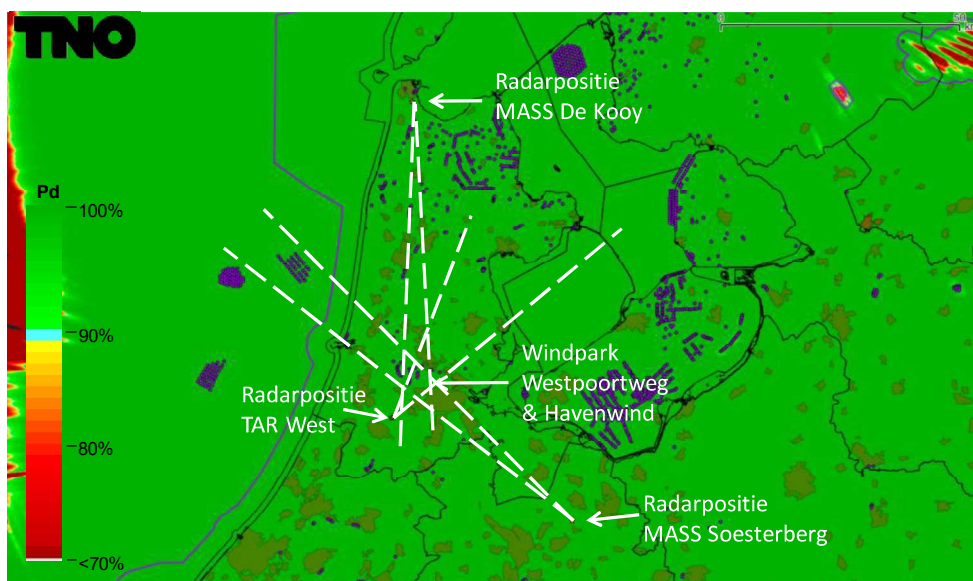
DHW-2020-RT-100332251

Blad

20/58

Detectiekans in de schaduw van het bouwplan

In Figuur 15 is de detectiekans op 1000 voet van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk uitgerekend voor de gebieden waar schaduw kan ontstaan ten gevolge van het nog te realiseren bouwplan. Op deze resultaten is detectiekansmiddeling toegepast met een straal van 500 m. De stippellijnen afkomstig van de MASS posities van Soesterberg, De Kooy en de TAR West bij Schiphol, lopend over het bouwplan, geven de zones aan waartussen een verminderde detectiekans zou kunnen ontstaan als gevolg van de schaduwwerking. In Figuur 16 is de detectiekans berekend voor hetzelfde gebied na realisatie van het bouwplan. De figuur toont aan dat de betrokken radars elkaar volledig ondersteunen in de gebieden waar door de schaduwwerking van het bouwplan een verlies aan bereik kan ontstaan. Er is dan ook geen verlies aan bereik aanwezig is. Het bouwplan voldoet dus aan de thans gehanteerde 2020 norm.



Figuur 15 Detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk op 1000 voet in het schaduwgebied van het bouwplan voordat deze is gerealiseerd (baseline). Op dit figuur is detectiekansmiddeling toegepast. De stippellijnen geven aan waar de schaduw kan gaan ontstaan.

Datum

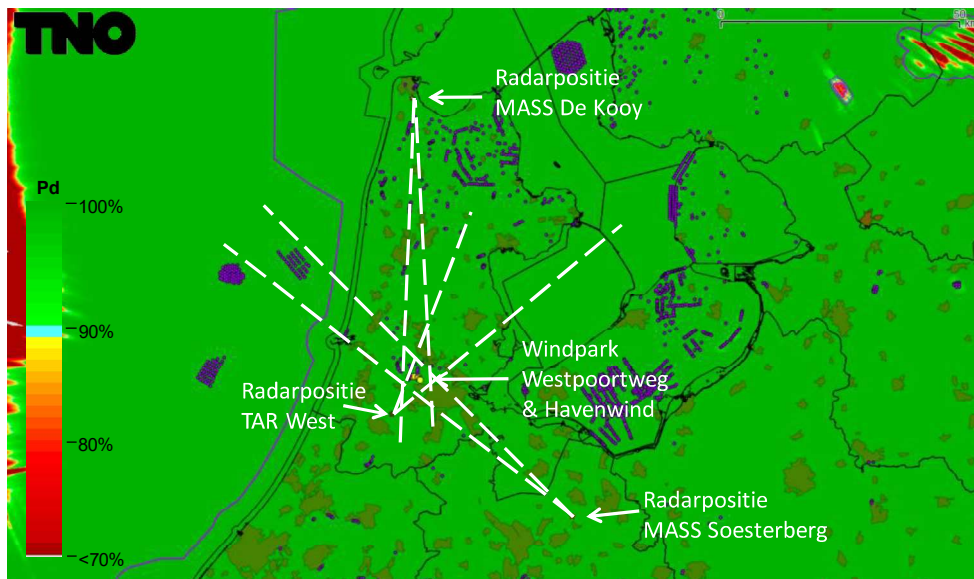
23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

21/58



Figuur 16 Detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk berekend op 1000 voet in het schaduwgebied van het bouwplan nadat deze is gerealiseerd. Op dit figuur is detectiekansmiddeling toegepast. De stippellijnen geven aan waar de schaduw kan ontstaan.

Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

22/58

5 Rekenmethode gevechtsleidingsradars

Een vergelijkbare methodiek als bij de verkeersleidingsradars is toegepast bij de gevechtsleidingsradars. De bestaande MPR-radars hebben hun maximale levensduur bereikt en zullen worden vervangen door de nieuwe SMART-L EWC GB radar. Deze vervanging vindt plaats voor de locatie Wier, maar niet voor de locatie Nieuw Milligen. De tweede SMART-L zal worden geplaatst op de locatie Herwijnen, waarna de radarlocatie Nieuw Milligen komt te vervallen. Ook de bestaande radarlocatie te Nieuw Milligen blijft tot nader orde toetsingsplichtig. Voor de radardefinitie van de SMART-L EWC GB is uitgegaan van de verbeterde versie, die in de loop van 2019 is ingevoerd, waardoor de detectiegedrag boven het windpark realistischer wordt gesimuleerd. Aangezien er nog geen volledige zekerheid is over de plaatsing van de radar op deze locatie, is een onderzoek uitgevoerd naar alternatieve locaties, te weten Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort. Voor de militaire gevechtsleidingsradars wordt één toetsingshoogte van 1000 voet aangehouden. Daarnaast wordt geen rekening gehouden met een eventuele ondersteunende dekking van elkaar. Iedere radar dient dus afzonderlijk een goede dekking te hebben.

Als referentie zijn ook de radardetectiekansdiagrammen berekend voor de zogenaamde baseline situatie, dat wil zeggen, rekening houdend met alle bestaande windturbines en dus voor realisatie van het bouwplan. Het baseline-bestand van windturbines geeft de situatie aan binnen Nederland, vastgelegd in begin januari 2020 door Windstats.nl. De voor de simulatie noodzakelijke afmetingen van de windturbines zijn afgeleid van de in dit bestand opgenomen gegevens, zijnde fabrikant, opgewekt vermogen, ashoogte en rotordiameter. Het bouwplan wordt daar vervolgens aan toegevoegd en voor beide situaties (baseline en baseline met bouwplan) worden detectiediagrammen berekend. Door een vergelijking van beide diagrammen kan het detectieverlies worden vastgesteld in de directe nabijheid van het bouwplan veroorzaakt door reflecties van het bouwplan en het eventuele verlies aan radarbereik ten gevolge van de schaduwwerking van het bouwplan.

Conclusies over de detectiekans van de gevechtsleidingsradars op de locatie Nieuw Milligen, Herwijnen en de drie alternatieve locaties voor Herwijnen ten gevolge van het bouwplan

De radardetectiekansdiagrammen die het resultaat van deze berekeningen zijn, kunnen niet worden overhandigd omdat deze gerubriceerd zijn.

Twee mogelijke optredende effecten zijn onderzocht, de conclusie van deze berekeningen is als volgt:

1. Reductie van de detectiekans ter hoogte van het bouwplan:
Voor de gevechtsleidingsradar te Nieuw Milligen, Herwijnen en de drie alternatieve locaties voor Herwijnen is de detectiekans na realisatie van het bouwplan op de toetsingshoogte van 1000 voet binnen de thans gehanteerde 2020 norm gebleven.
2. Reductie van het maximum bereik ten gevolge van de schaduwwerking van het bouwplan:
Voor de gevechtsleidingsradar te Nieuw Milligen, Herwijnen en de drie

alternatieve locaties voor Herwijnen is het verlies aan maximum bereik op deze hoogte van 1000 voet in de sector waarin schaduwwerking optreedt, na realisatie van het bouwplan binnen de thans gehanteerde 2020 norm gebleven.

Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

23/58

Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

24/58

6 Secundaire verkeersleidingsradars TAR 1 en TAR West

Uitgangspunten

Naast versturende effecten op de primaire radar, hebben windturbines ook mogelijk een versturend effect op de secundaire radar (Monopulse Secondary Surveillance Radar, of MSSR).

Een secundair radarsysteem verschilt van een primair radarsysteem op een aantal vlakken. Primaire radarsystemen zijn non-coöperatief en meten de afstand en peilingshoek van het doel. Secundaire radarsystemen, daarentegen, zijn coöperatief, dat wil zeggen, het doel werkt actief mee aan de detectie. De secundaire radar zendt ondervragingssignalen uit met een frequentie van 1030 MHz. Het doel, uitgerust met een radar transponder, antwoordt vervolgens door signalen uit te zenden met een frequentie van 1090 MHz. Het antwoord bevat aanvullende informatie, zoals hoogte (mode C) en een identiteitscode (mode A). In het geval van een monopulse SSR is het systeem ook in staat om een nauwkeurige peiling te doen van het doel uit een enkel antwoord. De peiling kan, over het algemeen, tot op een fractie van een graad ($\sim 0.05^\circ$) nauwkeurig worden bepaald.

In deze paragraaf wordt de verstoring bepaald van de geplande windturbines van windpark Westpoortweg op een tweetal secundaire radars: de TAR 1 en de TAR West, gelegen bij Schiphol. Als eerste wordt vastgesteld welke windturbines in het zicht van de MSSR staan (line-of-sight) en, vervolgens, wat de invloed van het windturbinepark is op de nauwkeurigheid van de peiling. Om de resultaten in perspectief te plaatsen, wordt tot slot de peilingsfout bepaald voor de bestaande situatie.

In Figuur 17 zijn de locaties van de MSSRs samen met de windturbines weergegeven. Naast het huidige bouwplan, bestaande uit vier windturbines, bevinden zich in roze sector ook een aantal bestaande windturbines. Deze windturbines worden ook meegenomen in de berekening. Aangezien voor de uitbreiding van het windpark Havenwind reeds een vergunning is verleend, zijn deze vier turbines eveneens als bestaand beschouwd. Hierbij komt het totaal op 18 extra windturbines. De locatiegegevens van de betreffende turbines, afkomstig van het WindStats bestand, zijn weergegeven in Tabel 9.

Datum

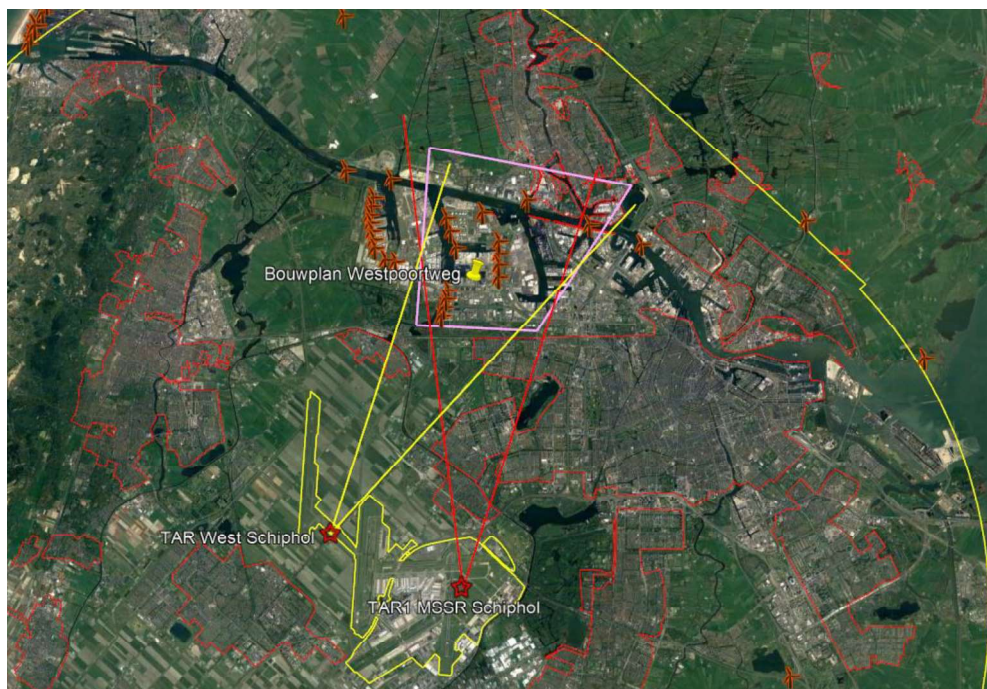
23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

25/58



Figuur 17 De locaties van de MSSR TAR West Schiphol en TAR 1 aangegeven met rode sterren en de bestaande windturbines uit het baseline 2020 bestand. In het roze vlak staan de turbines die worden meegenomen in de berekeningen. Aangezien de vier geplande turbines van Havenwind nog ontbreken in de baseline 2020 windturbinebestand, zijn zij hier niet zichtbaar [Google Earth].

Tabel 9 Locatiegegevens en de nummering van de bestaande windturbines uit het windstats bestand die meegenomen worden in de radarhinder berekeningen samen met het nieuwbouwplan.

Nr.	Rijksdriehoekstelsel		WGS 84 coördinaten		WindStats
	X [m]	Y [m]	Lat. [°]	Long. [°]	benaming
544	113192	489574	52.39242	4.773011	Sloterdijk 1
545	113273	489850	52.39490	4.774167	Sloterdijk 4
546	113346	490126	52.39739	4.775205	Sloterdijk 3
548	113421	490406	52.39991	4.776272	Sloterdijk 2
1054	115967	493336	52.42643	4.813339	Windenergie Hemspoorntunnel B.V.
1157	113346	492754	52.42101	4.774879	BP Amsterdam T1
1158	113477	492325	52.41716	4.776857	BP Amsterdam T2
1159	113662	491779	52.41227	4.779644	BP Amsterdam T3
1299	115057	491995	52.41431	4.800120	Havenwind. Australiëhaven T1
1300	115053	490849	52.40402	4.800198	Havenwind. Australiëhaven T3
1301	115055	491240	52.40753	4.800181	Havenwind. Australiëhaven T4
1302	115050	491597	52.41074	4.800065	Havenwind. Australiëhaven T5
1303	114515	492934	52.42271	4.792041	Havenwind. Siciliëweg T2

Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

26/58

Nr.	Rijksdriehoekstelsel		WGS 84 coördinaten		WindStats
	X [m]	Y [m]	Lat. [°]	Long. [°]	benaming
1506	118002	492550	52.41951	4.843343	Windenergie Achtersluispolder turbine 1
ntb	115131	490273	52.39884	4.80141	Havenwind. Australiëhaven T6
ntb	115254	489978	52.39620	4.80325	Havenwind. Australiëhaven T7
ntb	115424	489707	52.39378	4.80578	Havenwind. Australiëhaven T8
ntb	115629	489473	52.39169	4.80882	Havenwind. Australiëhaven T9

Datum

23 april 2020

Onze referentie

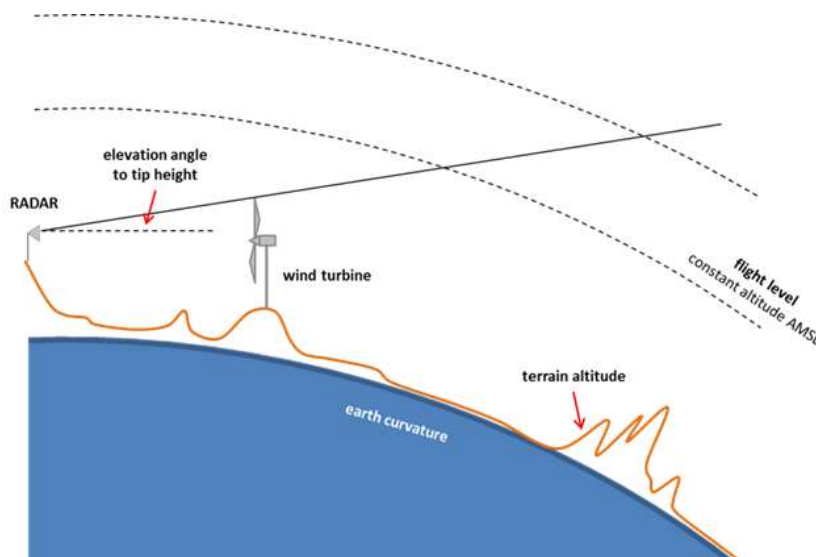
DHW-2020-RT-100332251

Blad

27/58

Bepaling van radarhorizon

In deze paragraaf wordt de azimuthzone vastgesteld van het windpark en het hoogteprofiel voor beide MSSRs. Deze resultaten laten zien of het windpark invloed heeft op de radarhorizon. Een windturbine beïnvloedt de radarhorizon wanneer de elevatiehoek naar het hoogste punt van de turbine groter is dan de elevatiehoek naar alle andere objecten met dezelfde azimuthhoek, bekeken tot aan het maximale bereik van de MSSR (256 NM voor deze radar). Gegeven de elevatiehoek naar het hoogste punt van de turbine, worden luchtvaartuigen op verschillende vlieghoogtes beïnvloed op verschillende afstanden tot de radar, zie Figuur 18.



Figuur 18 Een overzicht van de algemene line-of-sight geometrie met een vaste azimuth. De elevatiehoek naar het hoogste punt van de turbine wordt aangegeven met een grijze lijn. MSSR transponders signalen boven deze lijn worden niet beïnvloed door de windturbine. MSSR transponders van vliegtuigen onder deze lijn worden mogelijk beïnvloed door de turbine.

In de volgende twee figuren worden azimuth-elevatie plots van het terrein inclusief de windparken (de radarhorizon) weergegeven voor beide radarsystemen. Een oranje of groene lijn geeft de windturbine aan tot aan de tip. De horizontale rode lijn geeft de wieken van de turbine aan op de ashoogte. De schalen van de horizontale en verticale as in beide figuren is verschillend, waardoor de turbines hoog en smal lijken. De breedte van de wieken in horizontale richting (azimut) is de werkelijke breedte van de turbine, gezien vanuit de radar.

Figuur 19 en Figuur 20 tonen aan dat beide radars line-of-sight hebben naar alle bestaande (groen) en geplande (oranje) windturbines. Het windpark beslaat een sector van ongeveer 6°, van -3° tot 3° in noordelijke richting gezien vanuit de TAR 1 en 7°, van 25° tot 32° in noordwestelijke richting gezien vanuit de TAR West. De radarhorizon wordt voor beide radars verhoogd in elevatie. Dit houdt in dat windturbines invloed hebben op de radarhorizon van beide radars.

Datum

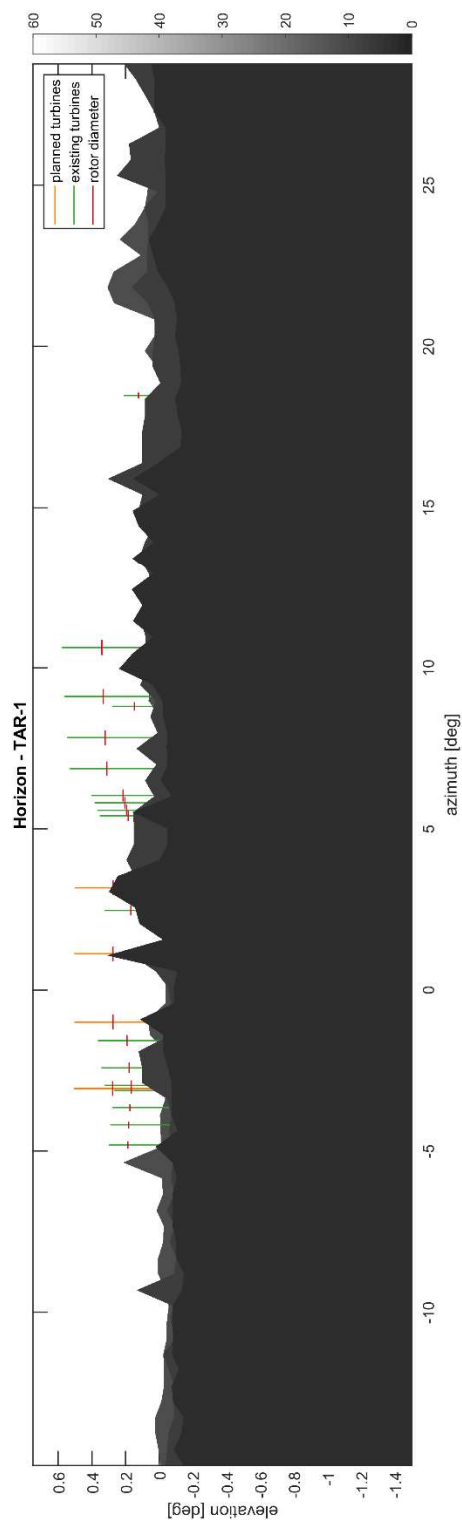
23 april 2020

Onze referentie

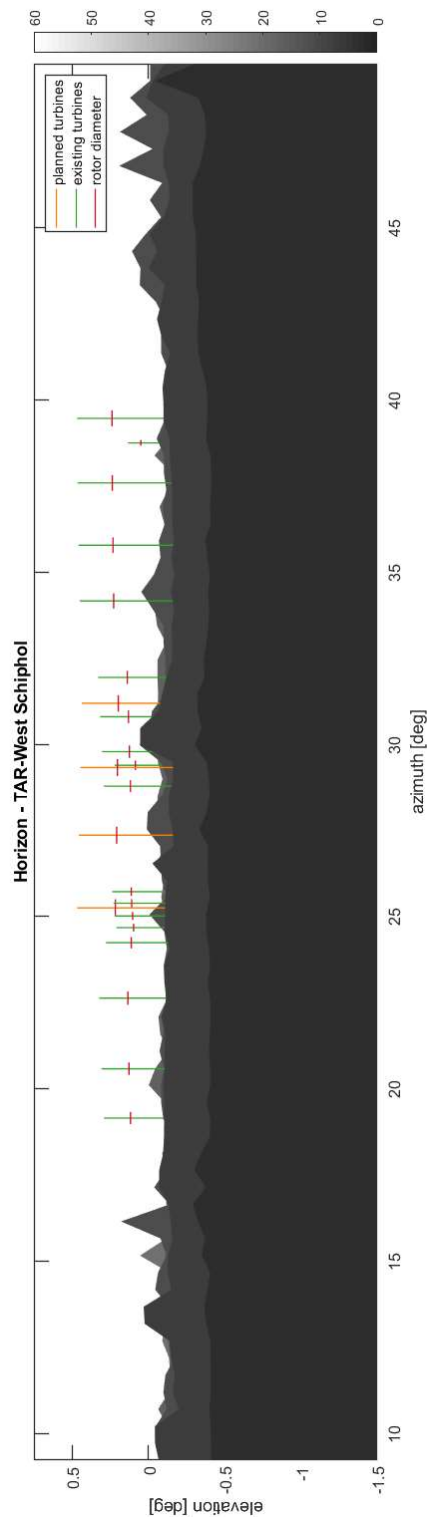
DHW-2020-RT-100332251

Blad

28/58



Figuur 19 Overzicht van de radar horizon in de richting van het bouwplan, gezien vanuit de TAR 1 MSSR. De bestaande windturbines zijn groen gekleurd en de nieuwe oranje.



Figuur 20 Overzicht van de radar horizon in de richting van het bouwplan, gezien vanuit de TAR West MSSR. De bestaande windturbines zijn groen gekleurd en de nieuwe oranje.

Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

29/58

Line-of-sight analyse

In deze paragraaf worden de zichtlijnen, de zogenaamde line-of-sight of LoS, geanalyseerd voor een aantal afzonderlijke windturbine afzonderlijk. Voor beide radars is dit de dichtstbijzijnde en verste geplande turbines. Voor TAR 1 zijn dit respectievelijk WPW2 en WPW1 en voor TAR West zijn dit WPW1 en WPW4. Ook worden de LoS figuren gepresenteerd die van de bestaande turbines de grootste en kleinste elevatiehoek hebben, gezien vanaf beide MSSRs. Voor elk van deze turbines wordt een figuur gemaakt zoals Figuur 18. Met behulp van deze figuren wordt bepaald op welke doel afstand en vlieghoogte de turbine het functioneren van de MSSR beïnvloed.

In alle LoS figuren die volgen wordt de kromming van de aarde weergegeven met een rode lijn. De hoogte van het terrein op de lijn radarantenne-windturbine wordt weergegeven met een zwarte lijn. De radar zelf wordt aangegeven met een rode driehoek aan de linkerkant van de figuur. De turbine is in elke figuur getekend op een bepaalde afstand. De Fresnel zone van de eerste orde richting het hoogste punt van de turbine en het dak van de gondel zijn getekend in gestippelde rode en blauwe ellips, respectievelijk.

Een zwarte stippellijn passeert het punt op de grond met de hoogste elevatie hoek gezien vanuit de radar antenne. Dit is het punt dat de radarhorizon bepaald in afwezigheid van de windturbine. Verder zijn er een rode en oranje zone getekend. Wanneer de oranje en rode zone zichtbaar zijn, wordt de radarhorizon verslechterd door de windturbine. De rode zone geeft de vermindering van de radarhorizon door de bladen van de turbine aan. De oranje zone geeft de vermindering van de radarhorizon door de mast van de windturbine. In elk figuur worden de vlieghoogtes van 3000 ft, 5000 ft en 10000 ft weergegeven.

In de rode en oranje zones is de radar niet volledig 'blind'. De rode en oranje kleuren geven slechts aan waar de beïnvloeding van de windturbines op de radar performance kan voorkomen. In deze regionen komt het signaal van een SSR transponder richting de antennes nabij Schiphol langs een windturbine. Dit betekent dat het golfvront van het signaal, uitgezonden door de transponder, verstoord zal worden door de windturbine. Maar dit betekent echter nog niet dat de impact op de positiebepaling door de MSSR significant wordt beïnvloed. De fout in de positiebepaling door de turbines in het pad van het signaal wordt verderop vastgesteld.

Line-of-sight vanuit de TAR 1 MSSR

In Figuur 21 en Figuur 22 wordt de LoS getoond naar de dichtstbijzijnde en verst verwijderde geplande windturbine gezien vanuit de TAR 1. In dit geval zijn dat windturbine WPW2 en WPW1. In de Fresnel zone van de radarantenne naar windturbine WPW2 is enige bebouwing zichtbaar. Echter, dit is niet voldoende om het zicht naar de windturbine volledig te blokkeren¹. In Figuur 23 en Figuur 24

¹ De Fresnel zone wordt in de figuren als een tweedimensionaal object getoond, maar in werkelijkheid is het een (driedimensionale) ellipsoïde. Ter hoogte van de bebouwing is de

Datum

23 april 2020

Onze referentie

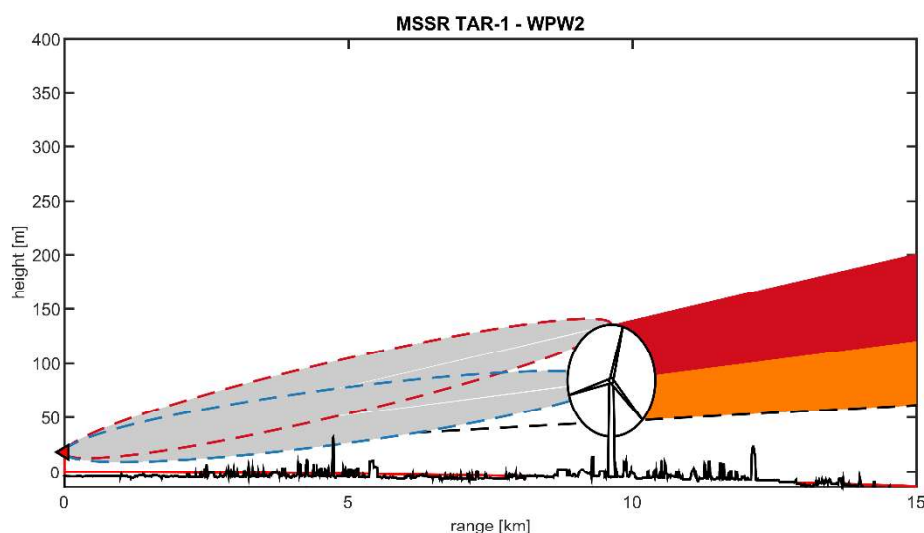
DHW-2020-RT-100332251

Blad

30/58

worden nogmaals de LoS naar windturbine WPW2 en WPW1 getoond, maar nu doorgetrokken tot een afstand van 100 km van de TAR 1. De bovenzijde van het rode vlak in het figuur geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is. Op 100 km van de radar zal de peiling van vliegtuigen tot een hoogte van circa 1800 m beïnvloed worden voor zowel WPW2 als WPW1.

Figuur 25 en Figuur 26 laten de LoS zien richting de bestaande turbines Havenwind, Australiëhaven T9 (HWA-T9) en Windenergie Achtersluispoort 1 (WASP-T1). Verdere uitleg wordt onder ieder figuur gegeven.



Figuur 21 Line-of-sight van de TAR 1 naar de dichtstbijzijnde geplande windturbine van het windpark. Op vrij korte afstand van de radar is enige bebouwing zichtbaar dat in de Fresnel zone staat. Echter, dit is niet genoeg om het zicht van de radar naar de windturbine te blokkeren.

ellipsoïde circa 50 m breed. Alleen een gebouw dat hoger is dan de groene lijn en breder dan 50 m zal dus de LoS naar de windturbine verhinderen.

Datum

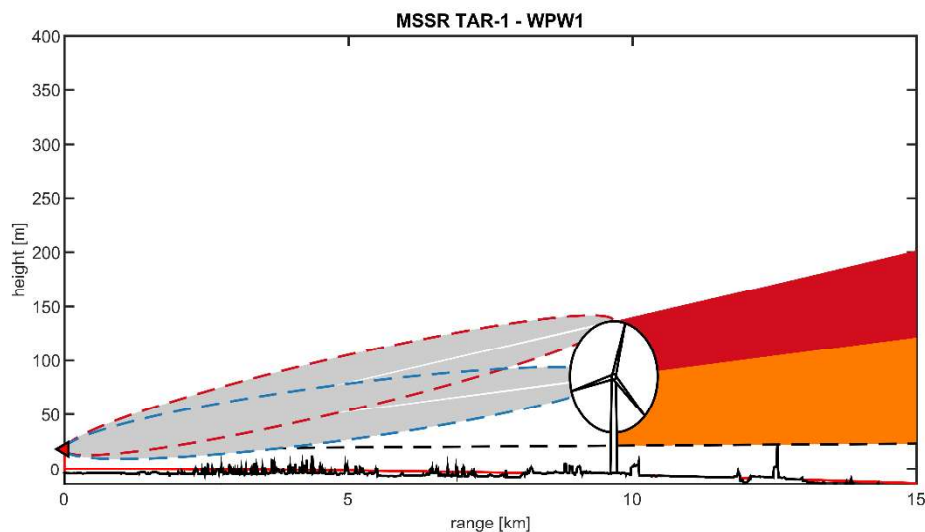
23 april 2020

Onze referentie

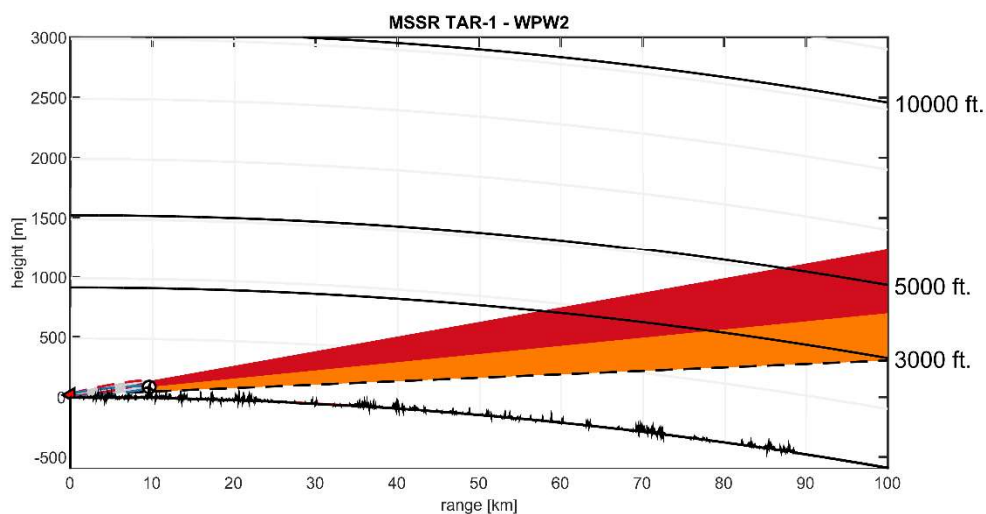
DHW-2020-RT-100332251

Blad

31/58



Figuur 22 Line-of-sight van de TAR 1 naar de verst verwijderde geplande windturbine van windpark Westpoortweg. De windturbine staat volledig in het zicht van de radar.



Figuur 23 Line-of-sight van TAR 1 naar WPW2, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de TAR 1. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is. Op 100 km van de radar zal de peiling van vliegtuigen tot een hoogte van circa 1800 m beïnvloed worden. Zonder de turbine zou dit een hoogte zijn van circa 1000 m.

Datum

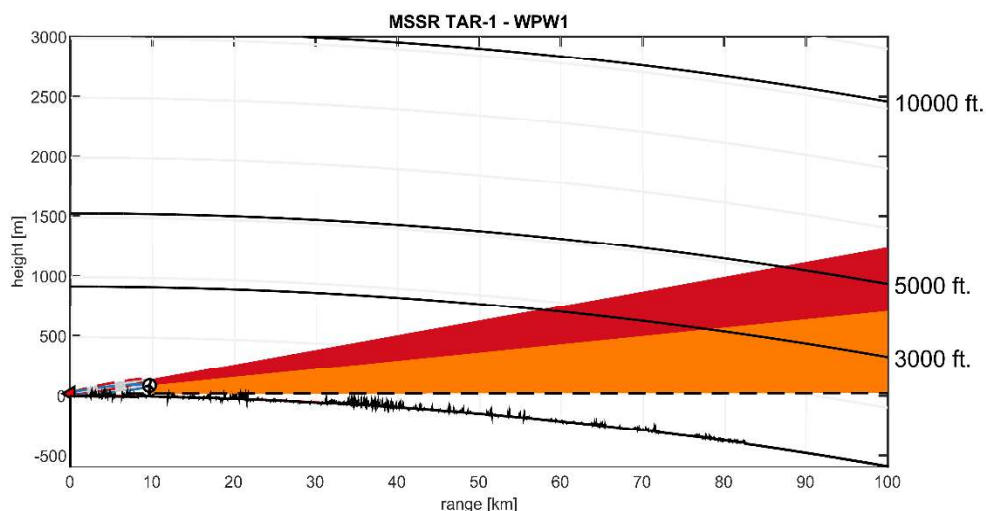
23 april 2020

Onze referentie

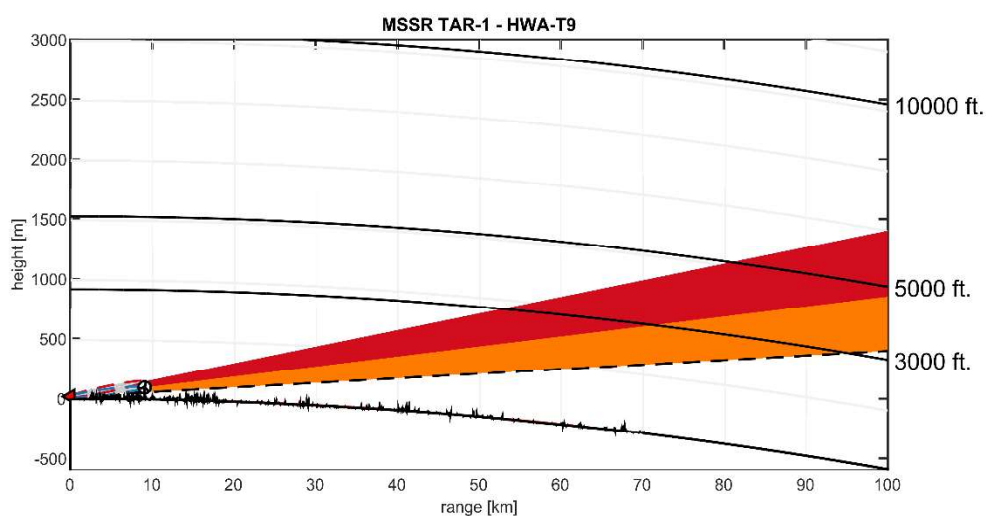
DHW-2020-RT-100332251

Blad

32/58



Figuur 24 Line-of-sight van TAR 1 naar WPW1, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de TAR 1. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is. Op 100 km van de radar zal de peiling van vliegtuigen tot een hoogte van circa 1800 m beïnvloed worden. Zonder de turbine zou dit een hoogte zijn van circa 600 m.



Figuur 25 Line-of-sight van TAR 1 naar HWA-T9, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de TAR 1. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is. Op 100 km van de radar zal de peiling van vliegtuigen tot een hoogte van circa 2000 m beïnvloed worden. Zonder de turbine zou dit een hoogte zijn van circa 1000 m.

Datum

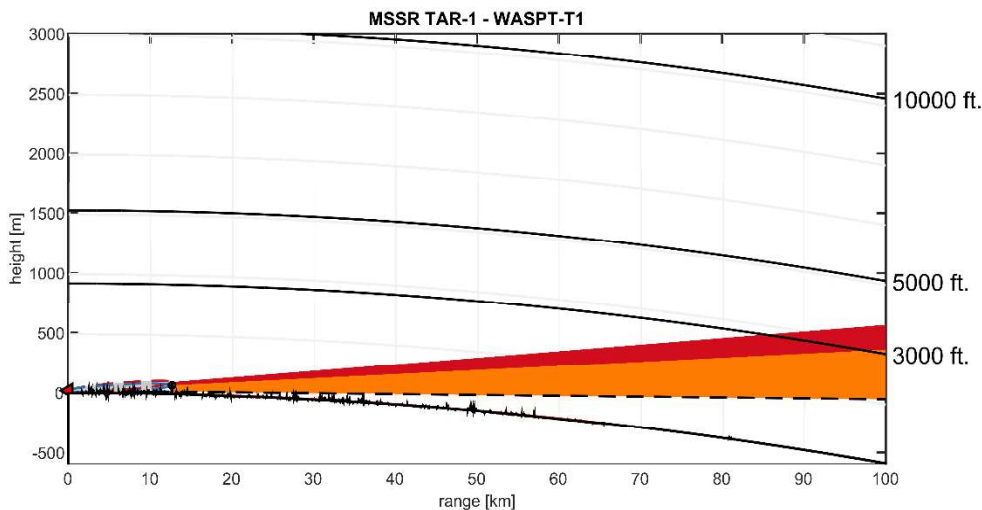
23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

33/58



Figuur 26 Line-of-sight van TAR 1 naar WASPT-T1, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de TAR 1. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is. Op 100 km van de radar zal de peiling van vliegtuigen tot een hoogte van circa 1200 m beïnvloed worden. Zonder de turbine zou dit een hoogte zijn van circa 500 m.

Line-of-sight vanuit de TAR West MSSR

In Figuur 27 en Figuur 28 wordt de LoS getoond naar de dichtstbijzijnde en verst verwijderde geplande windturbine gezien vanuit de TAR West Schiphol. In dit geval zijn dat windturbine WPW1 en WPW4 respectievelijk. In Figuur 29 en Figuur 30 worden nogmaals de LoS naar windturbine WPW1 en WPW4 getoond, maar nu doorgetrokken tot een afstand van 100 km van de MSSR. De bovenzijde van het rode vlak in het figuur geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is. Op 100 km van de radar zal de peiling van vliegtuigen tot een hoogte van circa 1750 m beïnvloed worden voor WPW1 en tot een hoogte van circa 1700 m voor WPW4.

Figuur 31 en Figuur 32 laten de LoS zien richting de bestaande turbines Havenwind, Australiëhaven T9 (HWA-T9) en Windenergie Achtersluispoort 1 (WASP-T1). Verdere uitleg wordt onder ieder figuur gegeven.

Datum

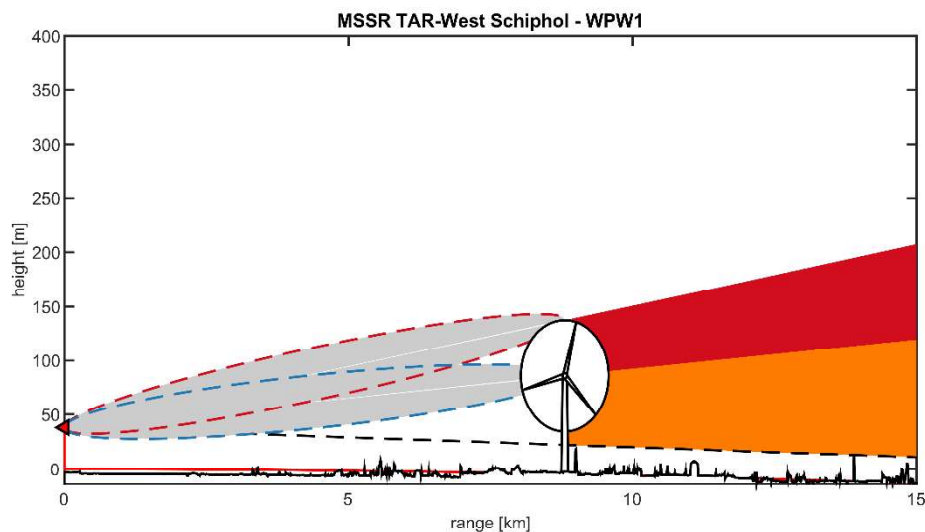
23 april 2020

Onze referentie

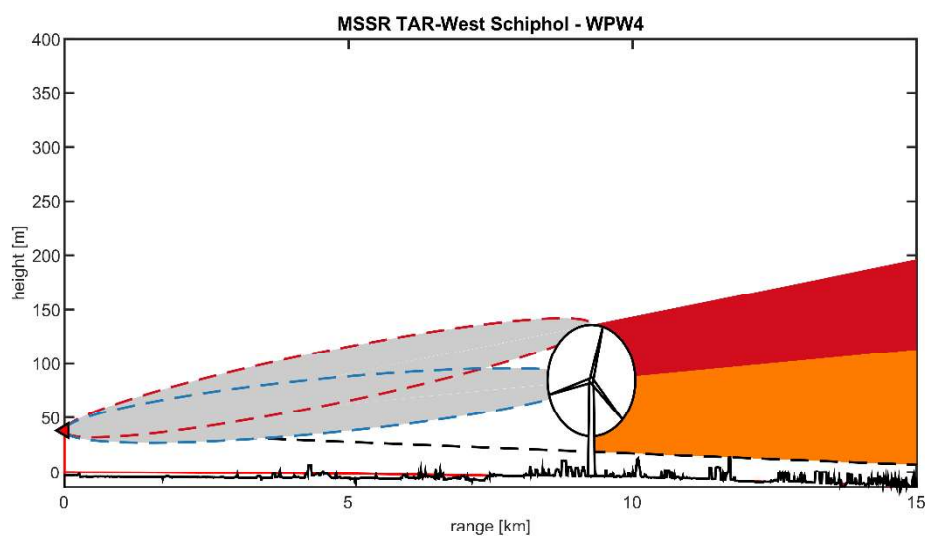
DHW-2020-RT-100332251

Blad

34/58



Figuur 27 Line-of-sight van de TAR West Schiphol naar de dichtstbijzijnde geplande windturbine van windpark Westpoortweg. De windturbine staat volledig in het zicht van de radar.



Figuur 28 Line-of-sight van de TAR West Schiphol naar de verst verwijderde geplande windturbine van windpark Westpoortweg. De windturbine staat volledig in het zicht van de radar.

Datum

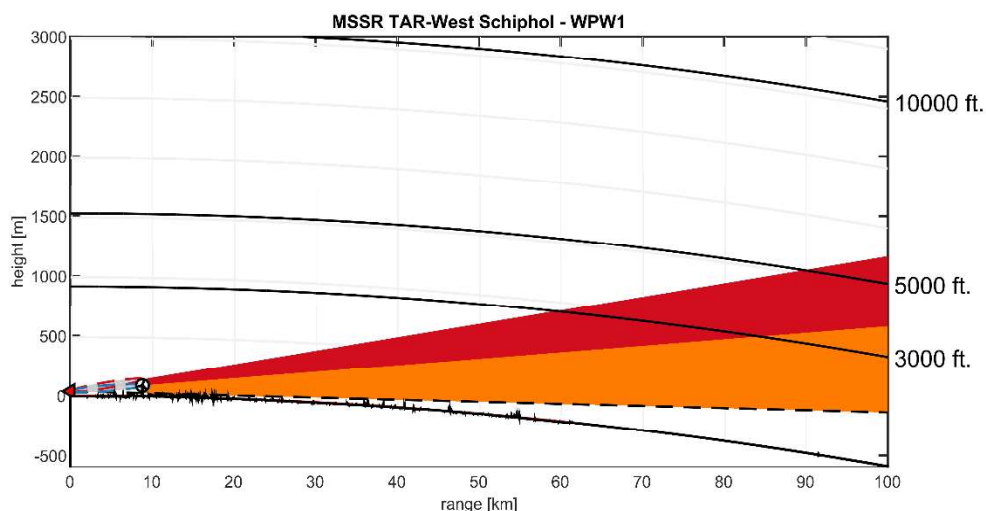
23 april 2020

Onze referentie

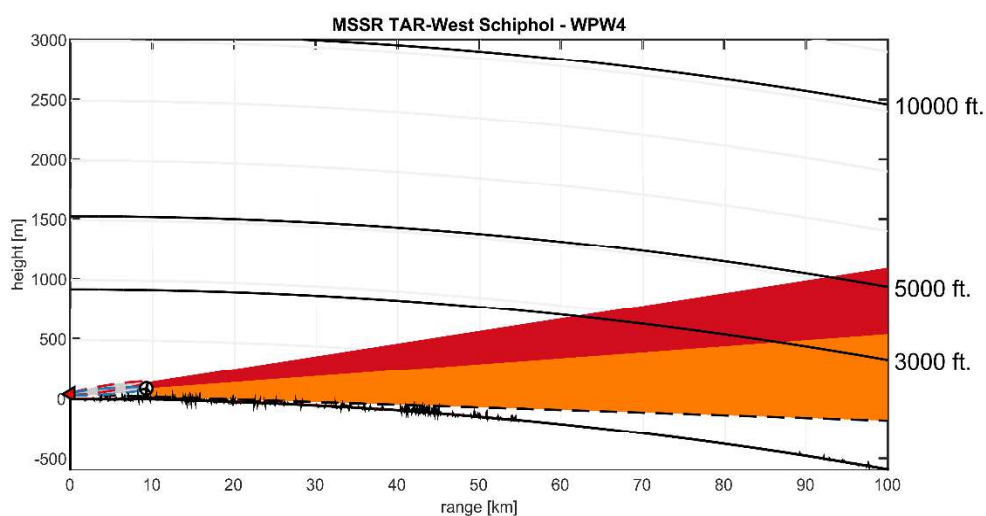
DHW-2020-RT-100332251

Blad

35/58



Figuur 29 Line-of-sight van TAR West Schiphol naar WPW1, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de MSSR. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is. Op 100 km van de radar zal de peiling van vliegtuigen tot een hoogte van circa 1750 m beïnvloed worden. Zonder de turbine zou dit een hoogte zijn van circa 450 m.

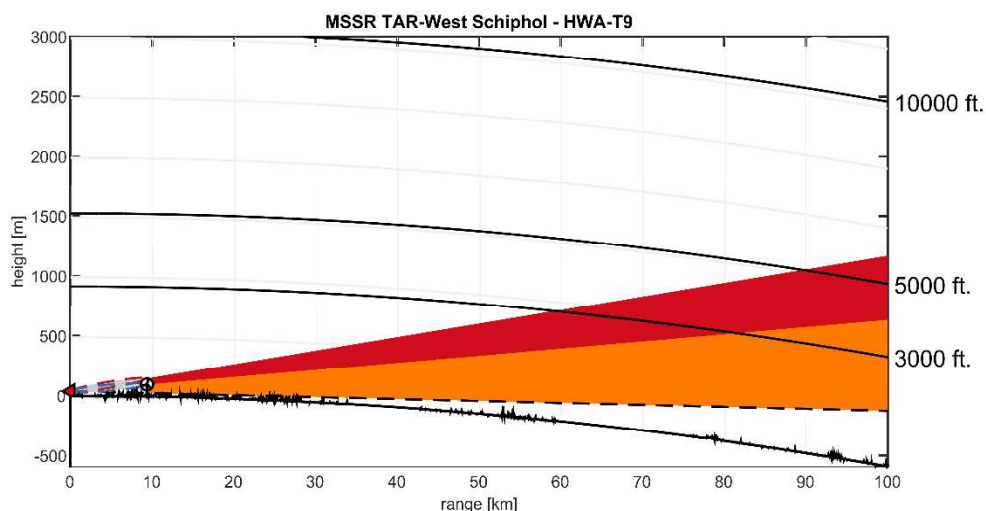


Figuur 30 Line-of-sight van TAR West Schiphol naar WPW4, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de MSSR. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is. Op 100 km van de radar zal de peiling van vliegtuigen tot een hoogte van circa 1700 m beïnvloed worden. Zonder de turbine zou dit een hoogte zijn van circa 430 m.

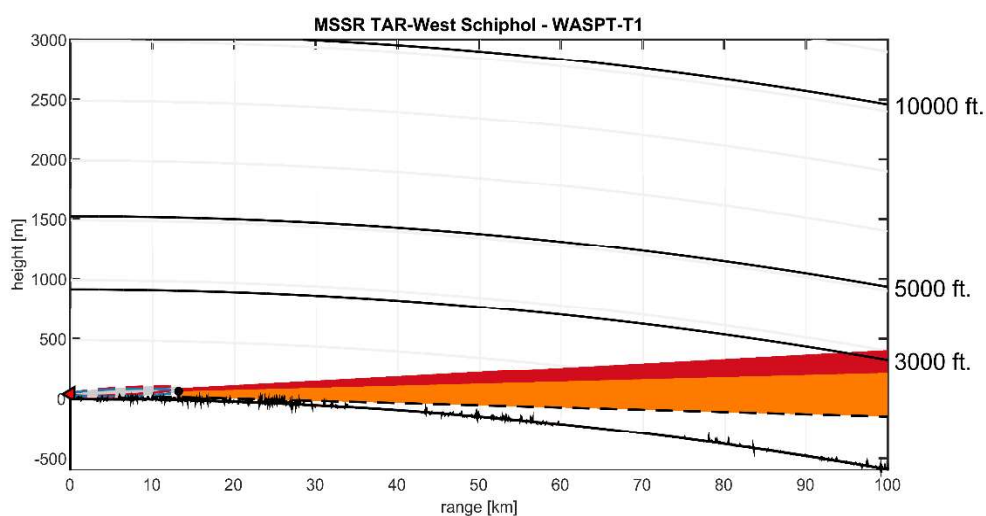
Datum
23 april 2020

Onze referentie
DHW-2020-RT-100332251

Blad
36/58



Figuur 31 Line-of-sight van TAR West Schiphol naar HWA-T9, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de MSSR. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is. Op 100 km van de radar zal de peiling van vliegtuigen tot een hoogte van circa 1750 m beïnvloed worden. Zonder de turbine zou dit een hoogte zijn van circa 450 m.



Figuur 32 Line-of-sight van TAR West Schiphol naar WASPT-T1, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de MSSR. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is. Op 100 km van de radar zal de peiling van vliegtuigen tot een hoogte van circa 1000 m beïnvloed worden. Zonder de turbine zou dit een hoogte zijn van circa 450 m.

Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

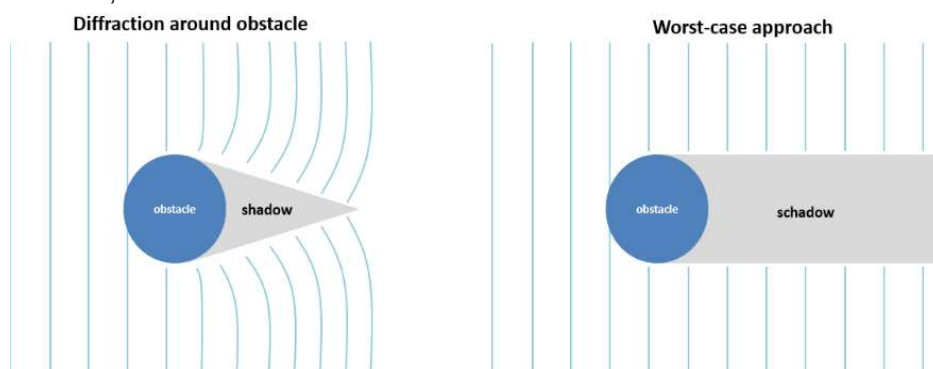
Blad

37/58

Line-of-sight dekking diagrammen

De resultaten in de voorgaande paragrafen geven inzicht in welke mate het windpark de individuele MSSR systemen nabij Schiphol beïnvloedt. In komende paragraaf worden de beïnvloede gebieden met behulp van een line-of-sight dekking diagram bepaald voor de TAR1 en in de daaropvolgende paragraaf voor de TAR West Schiphol MSSR. De dekking diagrammen worden getoond voor doelwitten op vlieghoogtes van 3000, 5000 en 10000 voet. Een dekkingsdiagram laat beter zien of een secundaire radar een doelwit kan “zien” op een gegeven vlieghoogte.

Een windturbine in het pad van de zichtlijn tussen de radar en het doelwit beïnvloedt de zichtbaarheid, maar het doelwit zal in elk geval onzichtbaar zijn. Dit principe wordt weergegeven in Figuur 33. Radiogolven buigen af rond een obstakel, dit limiteert de schaduwzone direct achter het obstakel.



Figuur 33 Grafische weergave van diffractie effecten.

De beïnvloede azimuthzone van een windturbine is vastgelegd op 2.5° aan weerszijden van de turbine, dus 5° in het totaal. Buiten deze 2.5° azimuthzone is de impact van de windturbine op de peilingshoek bepaling kleiner dan de MSSR peilingshoek nauwkeurigheid. Dit wordt later uitgebreider besproken.

Voor elke vlieghoogte van het doelwit worden twee situaties in beschouwing genomen: zowel de dekking van alleen de bestaande turbines wordt bekeken als de dekking van de bestaande turbines met het bouwplan. Door deze figuren te vergelijken wordt het effect van de geplande turbines op de line-of-sight vastgesteld.

Line-of-sight dekking diagrammen voor de TAR 1 MSSR

De line-of-sight dekking diagrammen voor de TAR1 MSSR voor doelwithoogtes van 3000 voet, 5000 voet en 10000 voet worden getoond in de Figuur 34 tot en met Figuur 39. Gebieden die worden beïnvloed door de mast tot de hoogte van de gondel van de turbines worden in oranje weergegeven. Gebieden die beïnvloed worden door het turbineblad tot en met de tiphoogte worden in het rood getoond.

In de figuren kan worden gezien dat de geplande turbines de verstoorde azimuthzone niet verbreden. In de zone -4° tot 6° is de dekking verminderd.

Datum

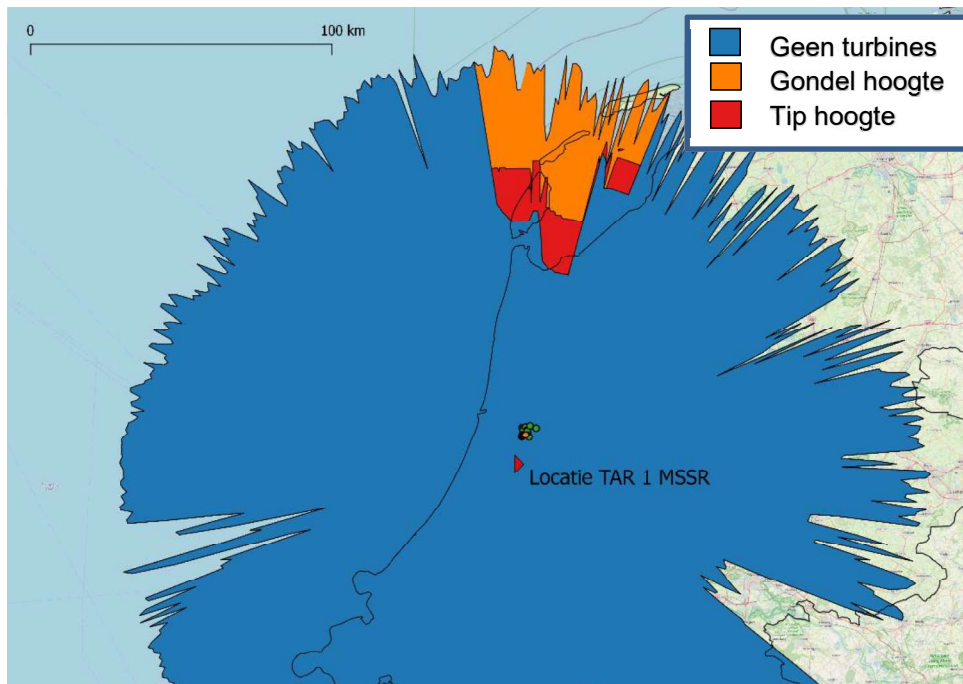
23 april 2020

Onze referentie

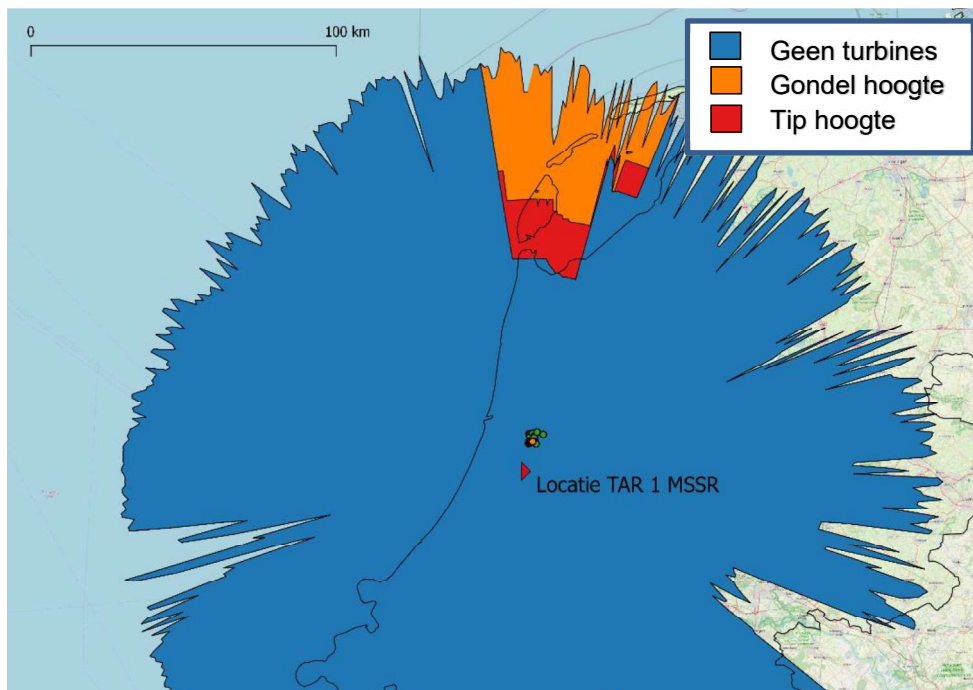
DHW-2020-RT-100332251

Blad

38/58



Figuur 34 Line-of-sight dekking diagram voor een doelwit op 3000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR 1 MSSR. Alleen de bestaande windturbines zijn in beschouwing genomen.



Figuur 35 Line-of-sight dekking diagram voor een doelwit op 3000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR 1 MSSR. Zowel de bestaande windturbines als het bouwplan zijn in beschouwing genomen.

Datum

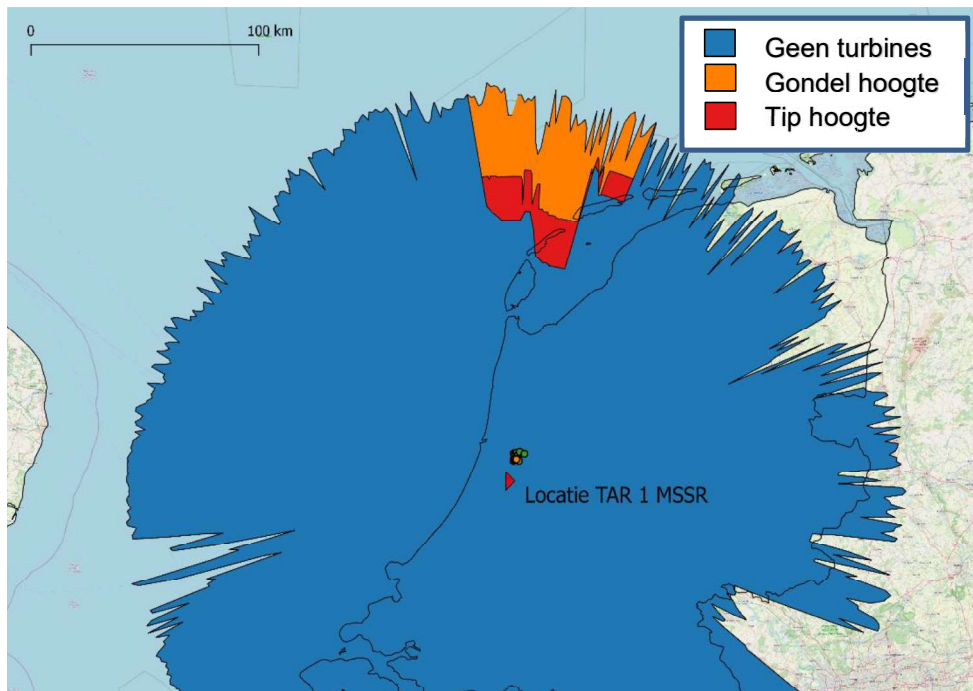
23 april 2020

Onze referentie

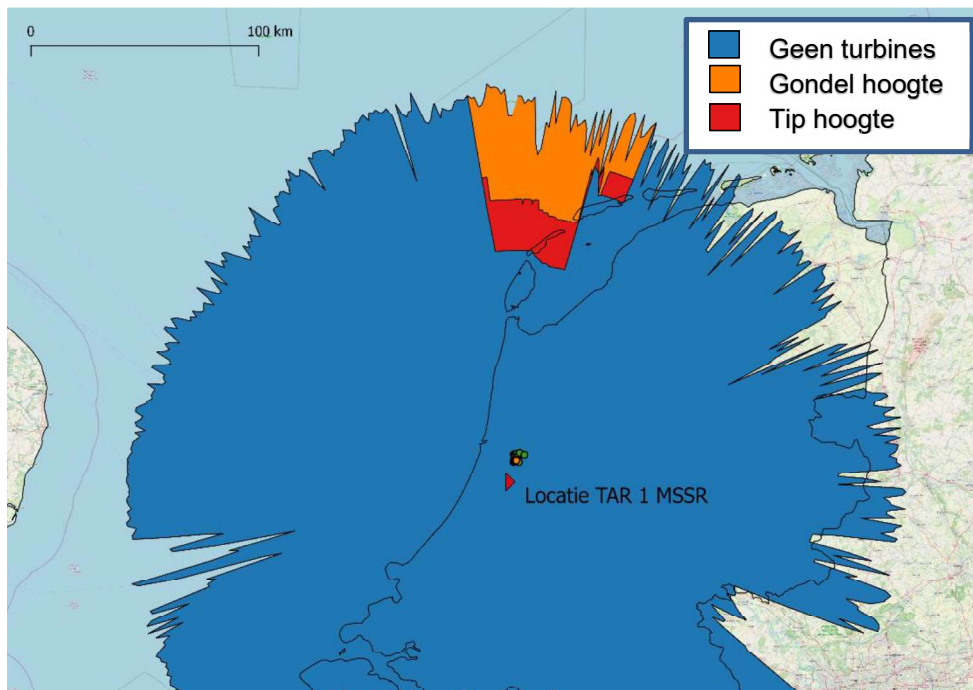
DHW-2020-RT-100332251

Blad

39/58



Figuur 36 Line-of-sight dekking diagram voor een doelwit op 5000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR 1 MSSR. Alleen de bestaande windturbines zijn in beschouwing genomen.



Figuur 37 Line-of-sight dekking diagram voor een doelwit op 5000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR 1 MSSR. Zowel de bestaande windturbines als het bouwplan zijn in beschouwing genomen.

Datum

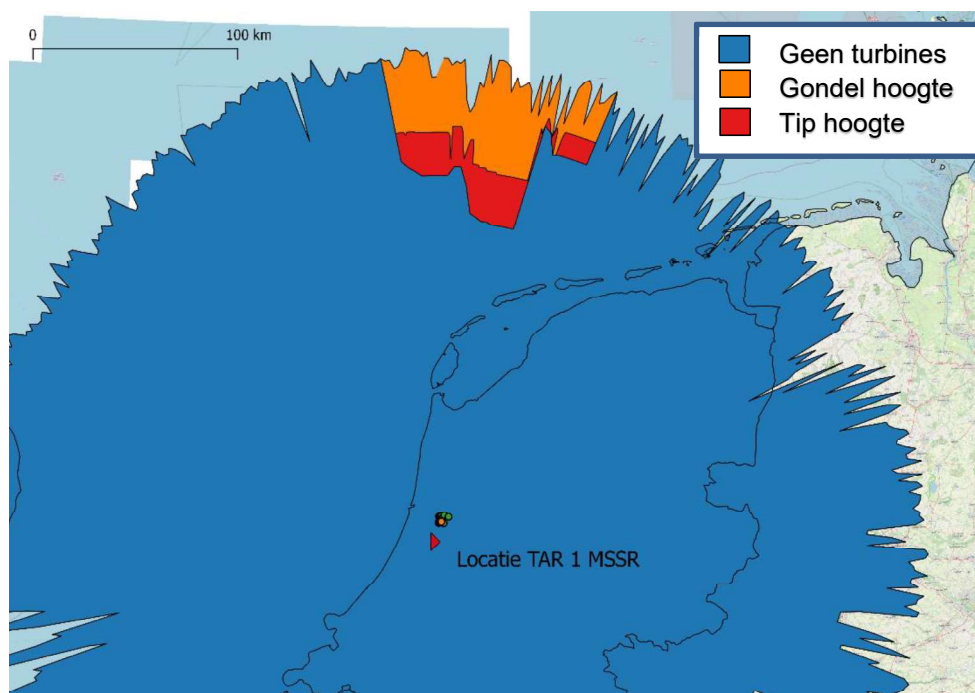
23 april 2020

Onze referentie

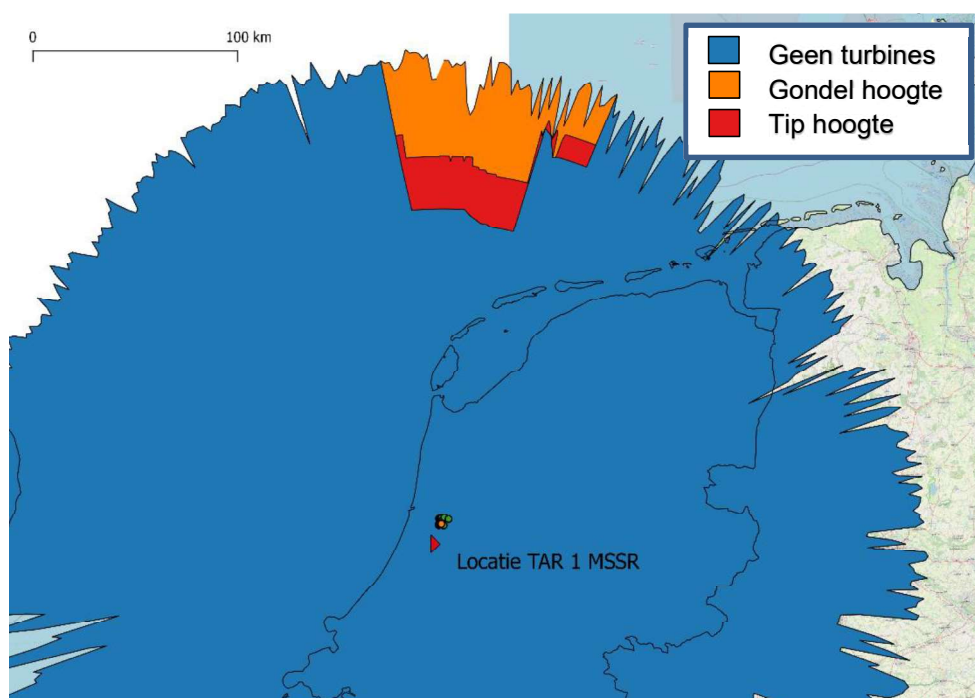
DHW-2020-RT-100332251

Blad

40/58



Figuur 38 Line-of-sight dekking diagram voor een doelwit op 10000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR 1 MSSR. Alleen de bestaande windturbines zijn in beschouwing genomen.



Figuur 39 Line-of-sight dekking diagram voor een doelwit op 10000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR 1 MSSR. Zowel de bestaande windturbines als het bouwplan zijn in beschouwing genomen.

Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

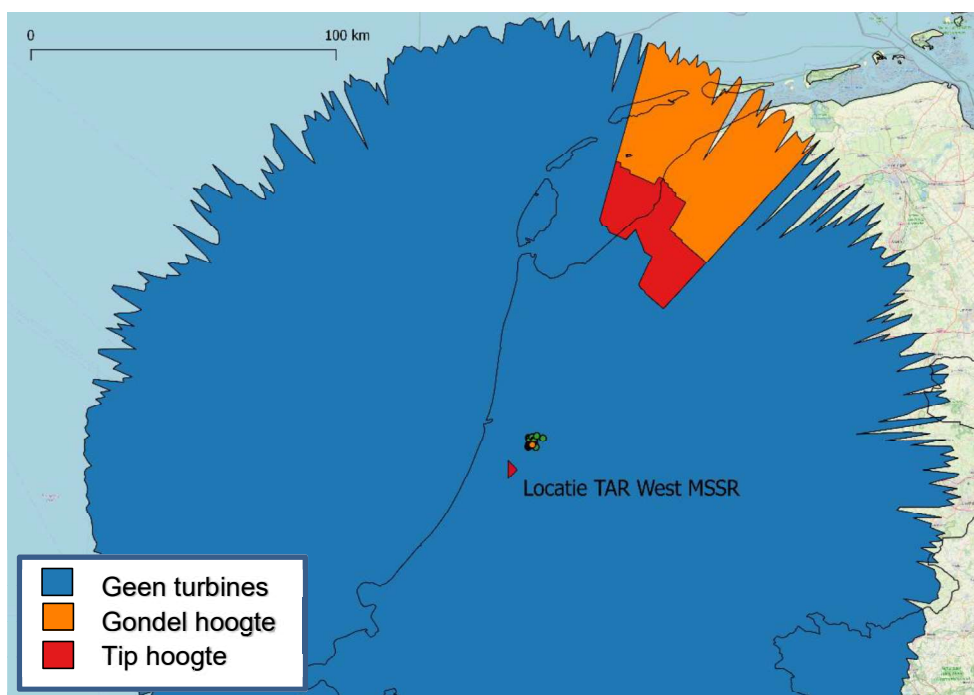
Blad

41/58

Line-of-sight dekking diagrammen voor de TAR West MSSR

De line-of-sight dekking diagrammen voor de TAR West Schiphol MSSR voor doelwithoogtes van 3000 voet, 5000 voet en 10000 voet worden getoond in de Figuur 40 tot en met Figuur 45. Gebieden die worden beïnvloed door de mast tot en met de hoogte van de gondel van de turbines worden in oranje weergegeven. Gebieden die beïnvloed worden door het turbineblad tot en met de tiphoogte worden in het rood getoond.

In de figuren kan worden gezien dat de geplande turbines de verstoorde azimutzone niet verbreden. In de zone 21° tot 36° is de dekking verminderd, gezien vanuit de TAR West MSSR.



Figuur 40 *Line-of-sight dekking diagram voor een doelwit op 3000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR West MSSR. Alleen de bestaande windturbines zijn in beschouwing genomen.*

Datum

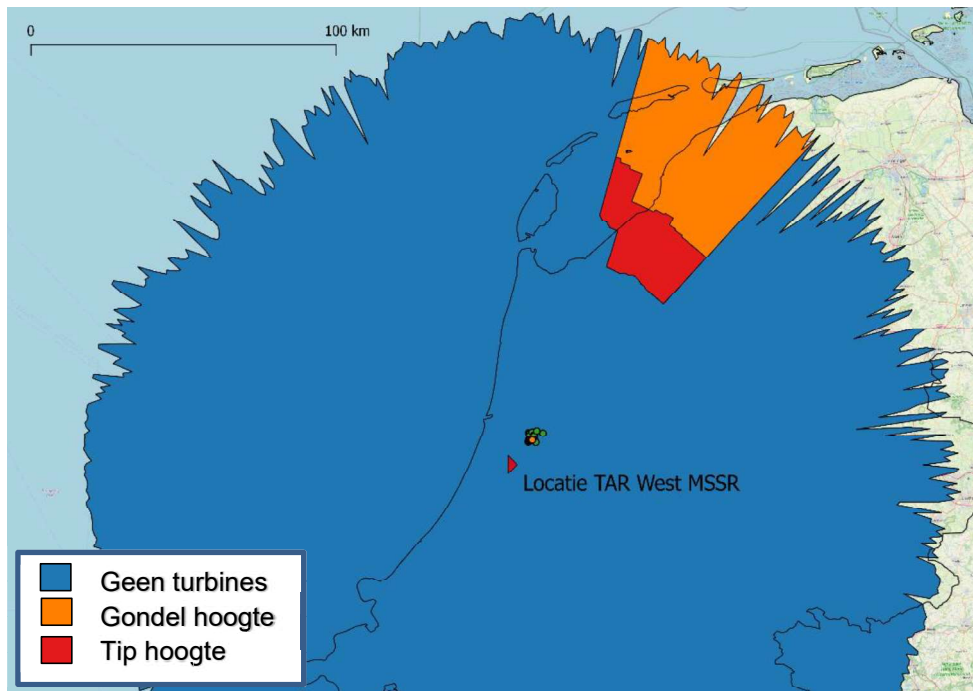
23 april 2020

Onze referentie

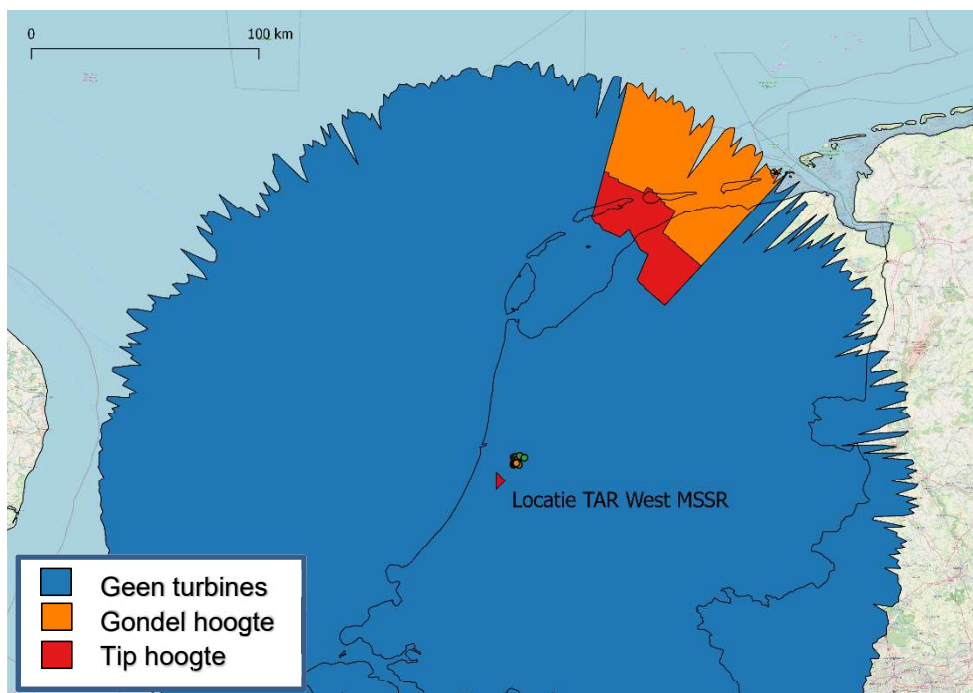
DHW-2020-RT-100332251

Blad

42/58



Figuur 41 Line-of-sight dekking diagram voor een doelwit op 3000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR West MSSR. Zowel de bestaande windturbines als het bouwplan zijn in beschouwing genomen.



Figuur 42 Line-of-sight dekking diagram voor een doelwit op 5000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR West MSSR. Alleen de bestaande windturbines zijn in beschouwing genomen.

Datum

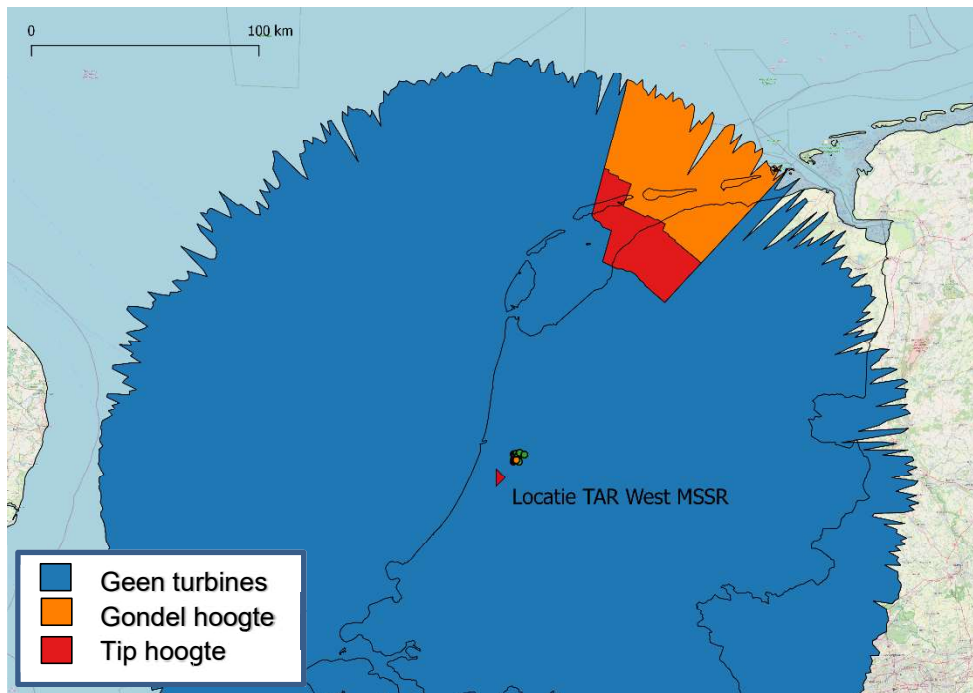
23 april 2020

Onze referentie

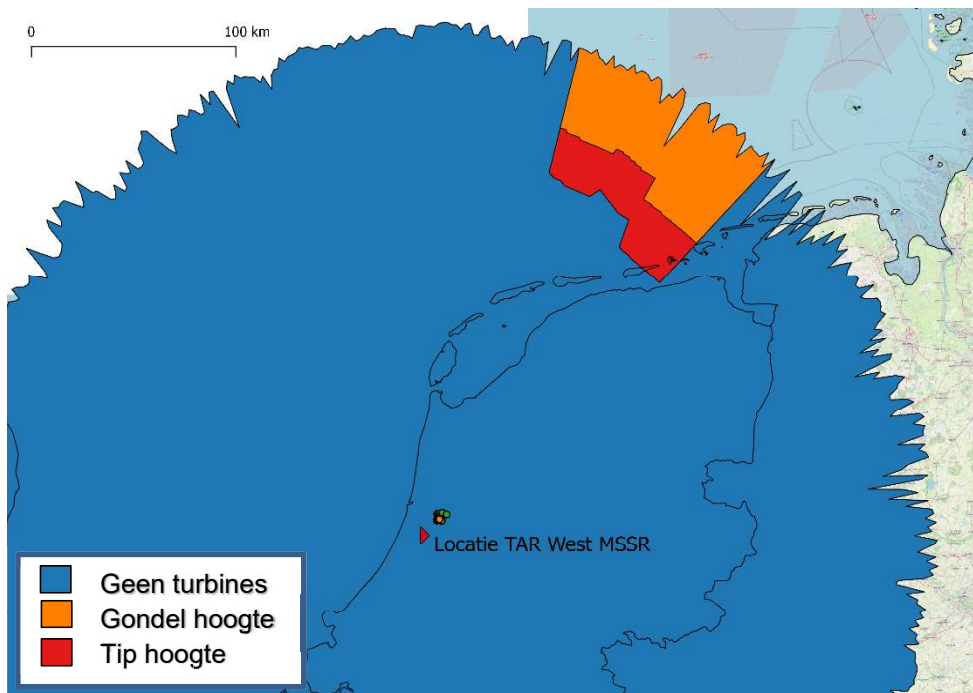
DHW-2020-RT-100332251

Blad

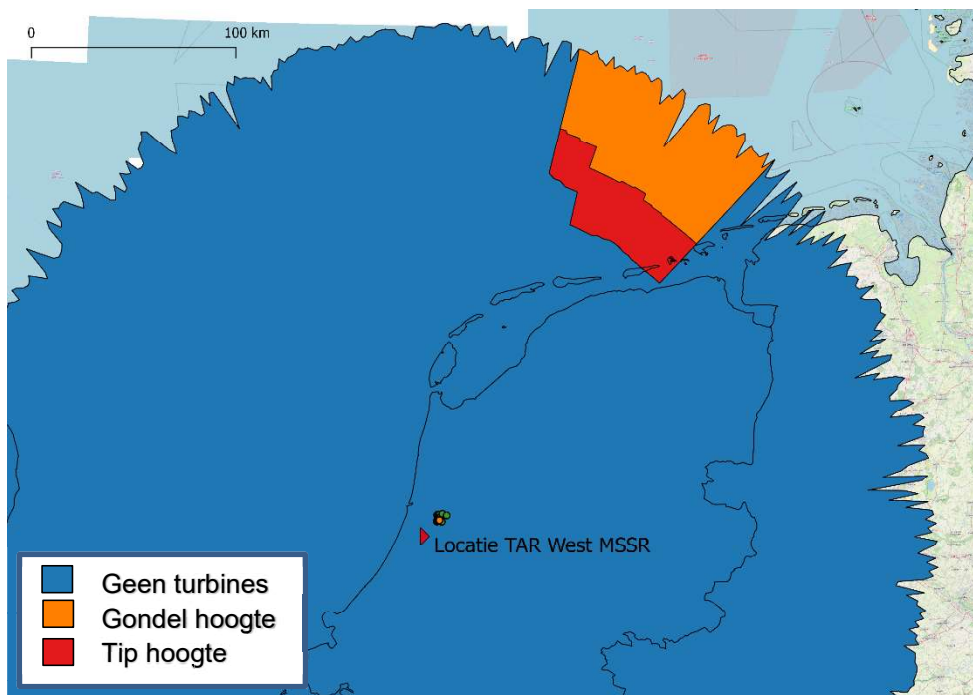
43/58



Figuur 43 Line-of-sight dekking diagram voor een doelwit op 5000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR West MSSR. Zowel de bestaande windturbines als het bouwplan zijn in beschouwing genomen.



Figuur 44 Line-of-sight dekking diagram voor een doelwit op 10000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR West MSSR. Alleen de bestaande windturbines zijn in beschouwing genomen.



Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

44/58

S

Figuur 45

Line-of-sight dekking diagram voor een doelwit op 10000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR West MSSR. Zowel de bestaande windturbines als het bouwplan zijn in beschouwing genomen.

Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

45/58

Peilingsfouten berekeningen**Methode**

Zoals in de voorgaande paragrafen genoemd, kan een obstakel (zoals een berg, gebouw of windturbine) tussen de MSSR antenne en het doelwit een fout opleveren bij het bepalen van de peilingshoek van het doelwit. In deze paragraaf wordt de grootte van deze peilingshoek bepaald aan de hand van een model ontwikkeld door TNO.

In Figuur 46 wordt de MSSR antenne van de TAR West weergegeven en in Figuur 47 die van de TAR 1. Beide bestaan typisch uit 35 verticale antenne elementen. Hieronder wordt een korte omschrijving gegeven over hoe de peilingshoek metingen door een MSSR worden uitgevoerd gedaan en hoe de turbines deze meting beïnvloeden.



Figuur 46 De secondaire radarantenne gemonteerd op de STAR 2000 primaire radarantenne antenne van de TAR West, bestaande uit 35 radar elementen.

Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

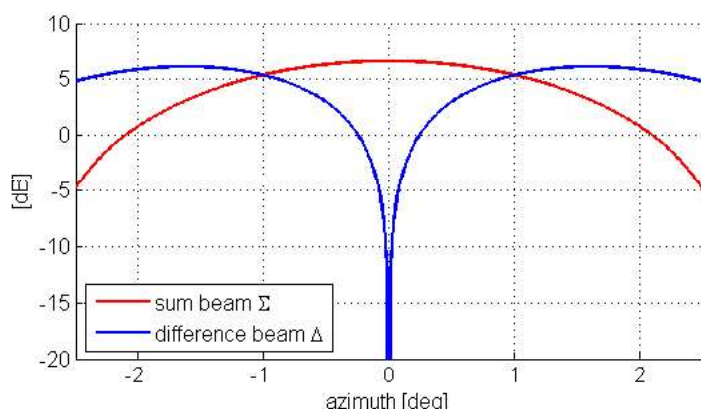
Blad

46/58



Figuur 47 De TAR 1 MSSR gelegen tussen de taxibanen van Schiphol.

De peilingshoek naar een doelwit wordt bepaald met de zogenaamde monopulse techniek. Door verschillen weeg-factoren op ieder radarelement toe toepassen worden twee radarbundels gevormd. Een zogenoemde *sombundel* en een *verschilbundel*, zie Figuur 48. Het transpondersignaal, afkomstig van het doel, wordt ontvangen in beide bundels. Door de signaalsterkte in het somkanaal te vergelijken met de signaalsterkte in het verschilkanaal, kan een nauwkeurige peilingshoek worden bepaald. De links-rechts dubbelzinnigheid wordt opgelost door te kijken naar de fase van het ontvangen signaal. Stel dat de MSSR bijvoorbeeld een signaal ontvangt met gelijke sterkte in het som- en verschilkanaal, dan betekent dit dat de peiling naar het doel, afhankelijk van de fase, gelijk moet zijn aan $+1^\circ$ of -1° .



Figuur 48 De som (rood) en verschilbundel (blauw) als functie van azimuth. De peiling naar het doel wordt bepaald door de signaalsterkte van het transpondersignaal in beide bundels met elkaar te vergelijken.

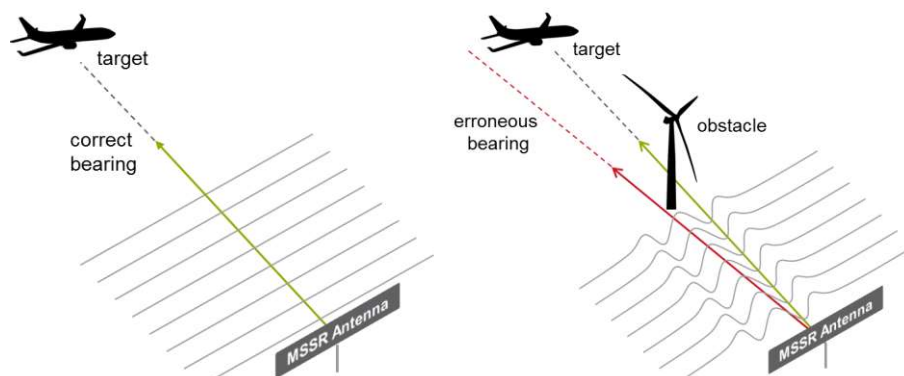
Als er zich een obstakel, zoals een windturbine, bevindt tussen het doel en de radar, zullen de som- en verschilbundel verschillend worden beïnvloed.

Datum
23 april 2020

Onze referentie
DHW-2020-RT-100332251

Blad
47/58

Dat betekent dat bij het bepalen van de peilingshoek een fout wordt geïntroduceerd, zie Figuur 49. Deze hoekfout of off-boresight error (OBE) wordt hierna verder gekwantificeerd.



Figuur 49 De windturbine tussen het vliegtuig en de MSSR antenne veroorzaakt een verstoring van het golffront van het signaal afkomstig van de transponder, waardoor de peilingsmeting wordt beïnvloed.

Om de peilingsfout te bepalen wordt gebruik gemaakt van een model waarbij de windturbines worden gemodelleerd als (oneindig lange) cilinders. Een inkomende vlakke golf valt in op de cilinder en wordt verstoord. Voor deze verstoring bestaat een analytische oplossing. TNO heeft de methode uitgebreid, zodat nu de verstoring van meerdere obstakels kan worden gekwantificeerd. Hierbij wordt de onderlinge invloed van de windturbines genegeerd. Als twee windturbines, gezien vanaf de radar, achter elkaar staan, wordt alleen de windturbine het dichtst bij de radar meegenomen in de berekening.

Aangezien de windturbines worden gemodelleerd als oneindig lange cilinders, kan iedere windturbine in het model worden beschreven door een enkele parameter: de diameter van de cilinder. In de simulaties is ervoor gekozen om de breedte van de cilinder afhankelijk te maken van de zichtbaarheid van de gondel. Wanneer de gondel zichtbaar is, is de breedte van de cilinder gelijk aan de gemiddelde breedte en lengte van de gondel. Wanneer de gondel niet zichtbaar is, wordt de breedte van de wijk gekozen als breedte van de cilinder.

Verder wordt in de simulatie aangenomen dat er altijd een wijk in verticale positie staat. De volledige tiphoogte van de turbine wordt gebruikt in de analyse.

Aangezien er niet altijd een wijk in verticale positie staat, gaat het hier om een worst-case aanname.

Resultaten van de Peilingsfouten berekeningen

In deze paragraaf worden de peilingsfout berekeningen gepresenteerd voor beide MSSRs. Voor de zowel de situatie waarbij het zicht wordt belemmerd door de mast en gondel (oranje zone) als door alleen het rechtopstaande turbinesblad (rode zone). Deze oranje en rode zone zijn weergegeven in Figuur 21 tot en met Figuur 32. Daarbij wordt steeds de situatie met alleen bestaande turbines vergeleken met de situatie waarin de geplande turbines zijn toegevoegd aan de huidige situatie. De peilingsfout wordt voor elke zone gepresenteerd door twee verschillende figuren. Dit resulteert in een totaal van acht figuren voor iedere MSSR.

Datum

23 april 2020

Onze referentie

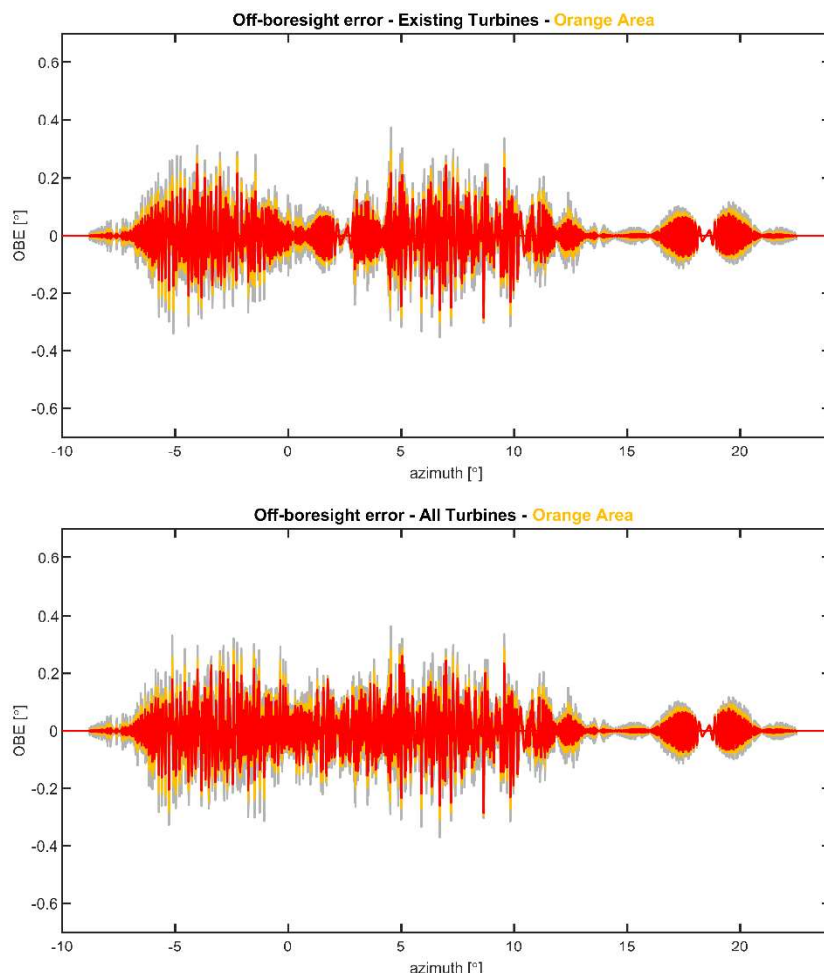
DHW-2020-RT-100332251

Blad

48/58

Peilingsfouten TAR 1 MSSR – Oranje Zone

In Figuur 50 wordt de peilingsfout getoond als functie van azimut van de TAR 1 in de oranje zone, dus waar de peilingsfout wordt veroorzaakt door de mast en gondel. In Figuur 50 wordt de peilingsfout (in het figuur aangeduid met off-boresight error, of OBE geplot zoals deze direct in het TNO-model wordt bepaald. De rode, oranje en grijze kleur komen overeen met het 50^e, 90^e en 100^e percentiel, respectievelijk. Met andere woorden, de peilingsfout is in 90% van de gevallen kleiner dan de waarde aangegeven met de oranje lijn. De maximale absolute peilingsfout is circa 0.37°. Zoals te zien, gedraagt de peilingsfout zich zeer grillig. Alleen de absolute fout is van belang. In Figuur 51 wordt daarom ook nog dezelfde grafiek op een andere manier gepresenteerd. In dit figuur wordt de absolute peilingsfout weergegeven per azimutsector van 0.5°. Wederom met de drie kleuren, waarbij rood, oranje en grijs overeenkomen met het 50^e, 90^e en 100^e percentiel. De standaarddeviatie is ook weergegeven met een zwarte stippellijn.



Figuur 50 Boven: de peilingshoek fout als functie van azimut voor de bestaande turbines voor de TAR 1 MSSR, in de oranje zone. De maximale absolute fout voor de oranje zones is 0.38°. Onder: hetzelfde als boven, maar nu voor zowel de bestaande turbines als het bouwplan. De maximale absolute fout is ook hier 0.37°.

Datum

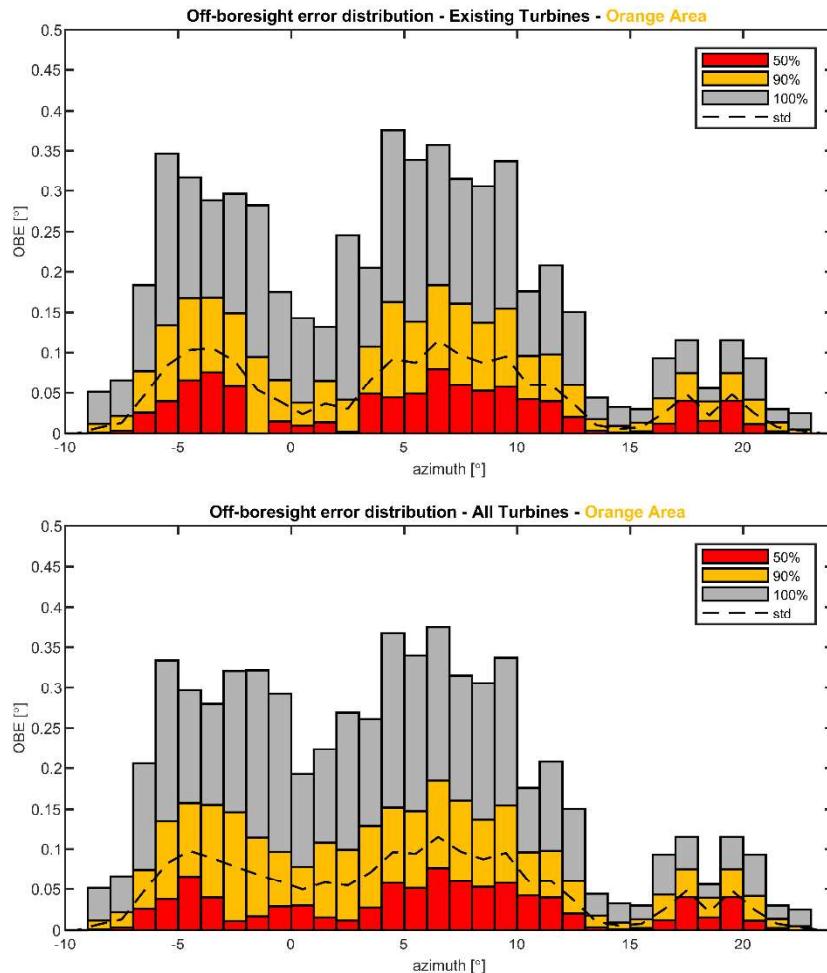
23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

49/58



Figuur 51

Boven: de cumulatieve verdeling van de absolute peiling fout per azimuth sector van 1.0° wanneer alleen de bestaande turbines worden beschouwd. Voor elke azimuth sector worden de waarden van het 50^{ste}, 90^{ste} en 100^{ste} percentiel weergegeven, net als de standaard deviatie (1σ) van 68%, aangenomen dat de fout normaal verdeeld is. De maximale peilingshoek fout van de oranje zone van 0.38° komt voor bij een hoek van 4° - 5° . In 90% van de gevallen is de peilingshoek fout in deze sector onder de 0.16° en in 50% van de gevallen onder de 0.04° . Onder: Hetzelfde als de bovenste figuur, maar nu voor zowel de bestaande turbines als het bouwplan. De maximale absolute fout van 0.37° komt voor in de azimuth sector van 6° - 7° . Het 90^{ste} percentiel is 0.19° en het 50^{ste} percentiel is 0.08° .

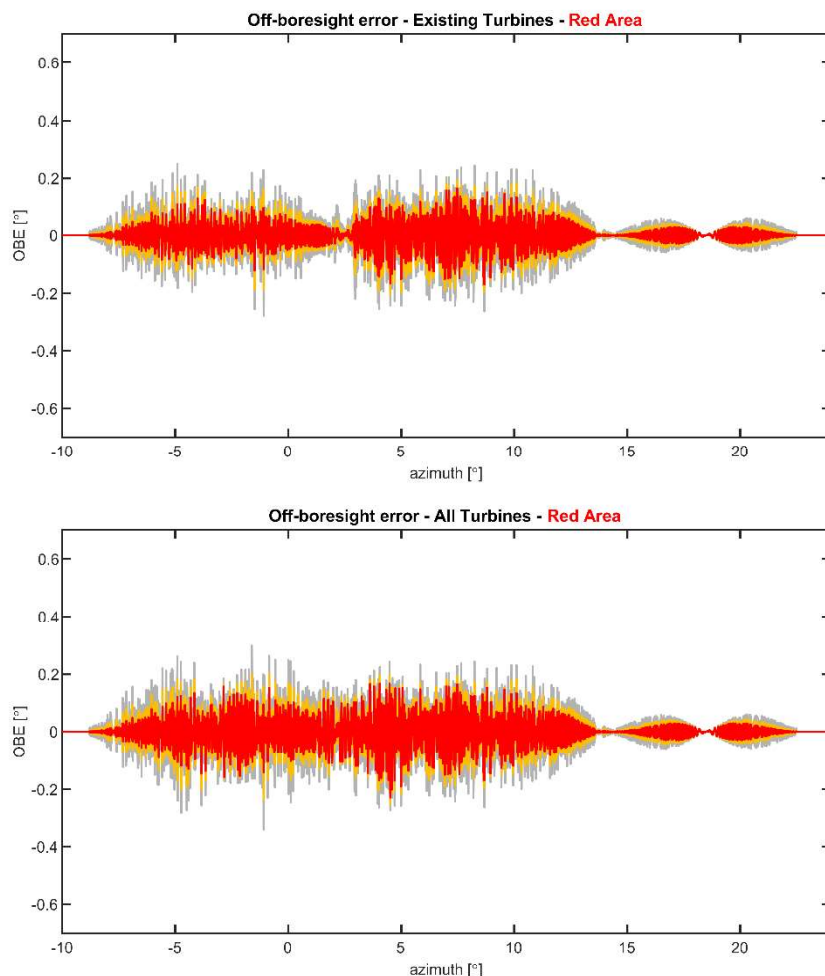
Datum
23 april 2020

Onze referentie
DHW-2020-RT-100332251

Blad
50/58

Peilingsfouten TAR 1 MSSR – Rode Zone

In Figuur 52, wordt de peilingsfout getoond als functie van azimut van de TAR 1 in de rode zone, dus waar de peilingsfout wordt veroorzaakt door het rechtopstaande turbineblad. In Figuur 53 is de absolute peilingsfout geplot per azimutsector van 1.0° .



Figuur 52 Boven: de peilingsfout als functie van azimut voor de bestaande turbines voor de TAR 1 MSSR, in de rode zone. De maximale absolute fout voor de rode zones is 0.28° . Onder: hetzelfde als boven, maar nu voor zowel de bestaande turbines als het bouwplan. De maximale absolute fout is hier 0.34° .

Datum

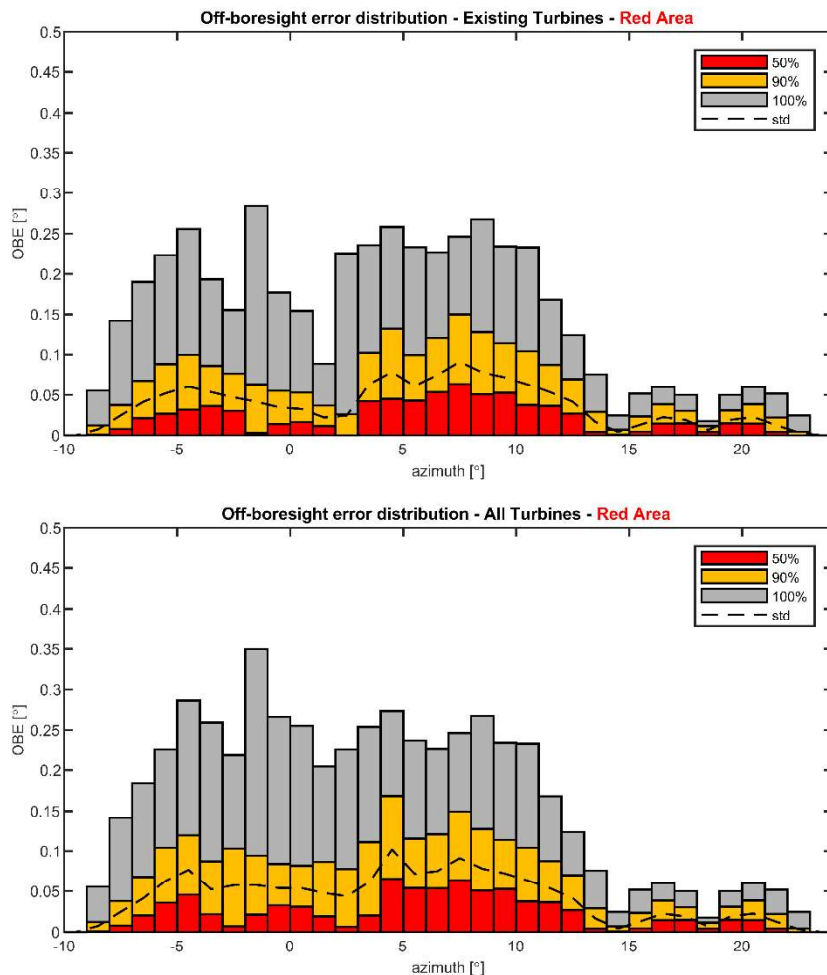
23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

51/58



Figuur 53

Boven: de cumulatieve verdeling van de absolute peiling fout per azimuth sector van 1.0° wanneer alleen de bestaande turbines worden beschouwd. Voor elke azimuth sector worden de waarden van het 50^{ste}, 90^{ste} en 100^{ste} percentiel weergegeven, net als de standaard deviatie (1σ) van 68%, aangenomen dat de fout normaal verdeeld is. De maximale peilingshoek fout van de rode zone van 0.28° komt voor bij een hoek van -2° tot -1° . In 90% van de gevallen is de peilingshoek fout in deze sector onder de 0.06° en in 50% van de gevallen onder de 0.003° . Onder: Hetzelfde als de bovenste figuur, maar nu voor zowel de bestaande turbines als het bouwplan. De maximale absolute fout van 0.35° komt voor in de azimuth sector van -2° tot -1° . Het 90^{ste} percentiel is 0.09° en het 50^{ste} percentiel is 0.02° .

Datum

23 april 2020

Onze referentie

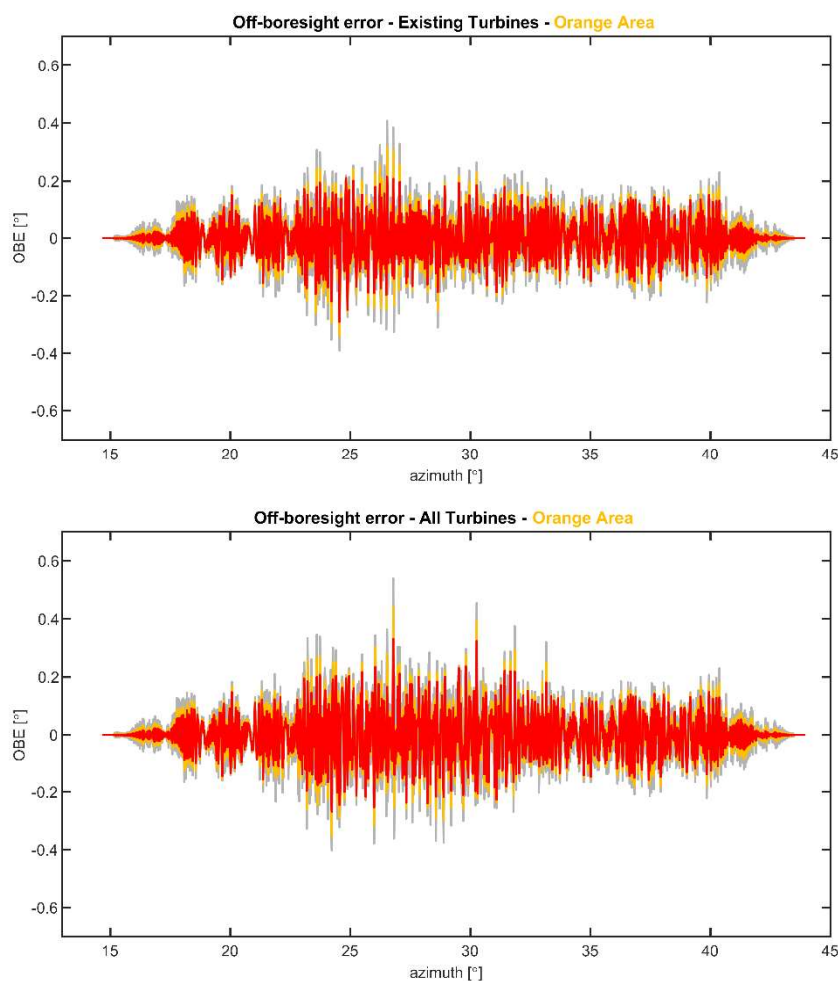
DHW-2020-RT-100332251

Blad

52/58

Peilingsfouten TAR West MSSR – Oranje Zone

In Figuur 54 wordt de peilingsfout getoond als functie van azimuth van de TAR West voor de oranje zone, dus waar de peilingsfout wordt veroorzaakt door de mast en gondel. In Figuur 55 is de absolute peilingsfout geplot per azimuthsector van 1.0° .



Figuur 54

Boven: de peilingshoek fout als functie van azimuth voor de bestaande turbines voor de TAR West MSSR, in de oranje zone. De maximale absolute fout voor de oranje zones is 0.41° . Onder: hetzelfde als boven, maar nu voor zowel de bestaande turbines als het bouwplan. De maximale absolute fout is hier 0.54° .

Datum

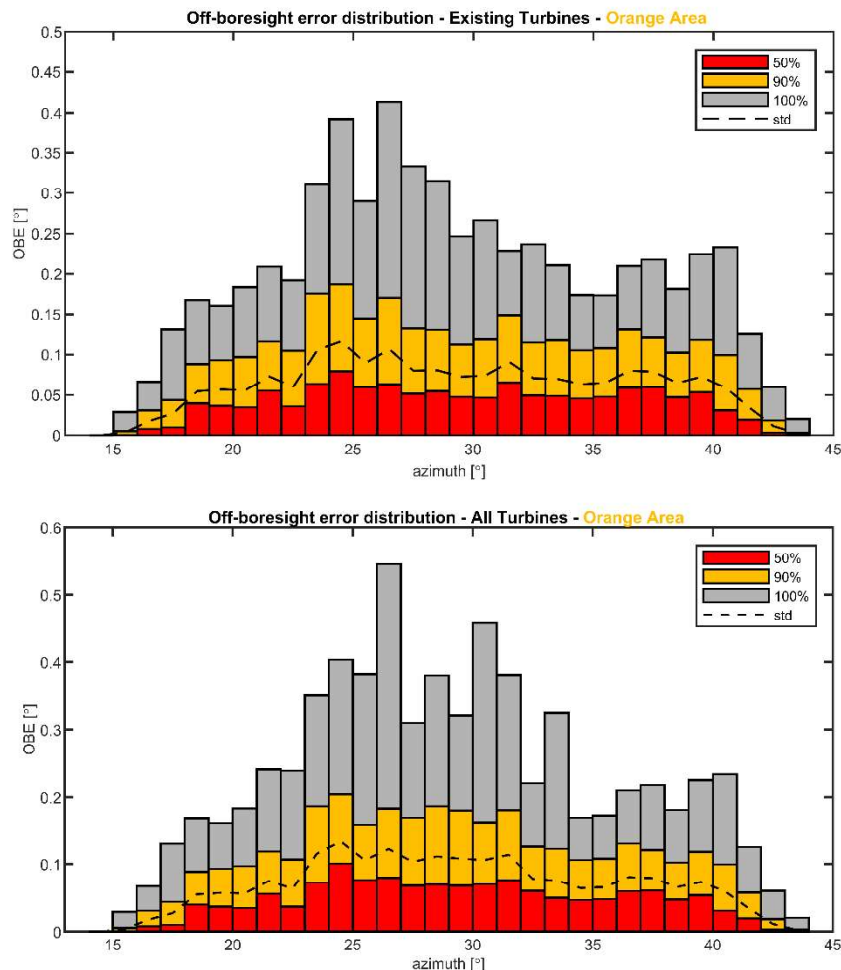
23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

53/58



Figuur 55

Boven: de cumulatieve verdeling van de absolute peiling fout per azimuth sector van 1.0° wanneer alleen de bestaande turbines worden beschouwd. Voor elke azimuth sector worden de waarden van het 50^{ste}, 90^{ste} en 100^{ste} percentiel weergegeven, net als de standaard deviatie (1σ) van 68%, aangenomen dat de fout normaal verdeeld is. De maximale peilingshoek fout van de oranje zone van 0.41° komt voor bij een hoek van 26° - 27° . In 90% van de gevallen is de peilingshoek fout in deze sector onder de 0.17° en in 50% van de gevallen onder de 0.06° . Onder: Hetzelfde als de bovenste figuur, maar nu voor zowel de bestaande turbines als het bouwplan. De maximale absolute fout van 0.54° komt voor in de azimuth sector van 26° - 27° . Het 90^{ste} percentiel is 0.18° en het 50^{ste} percentiel is 0.08° .

Datum

23 april 2020

Onze referentie

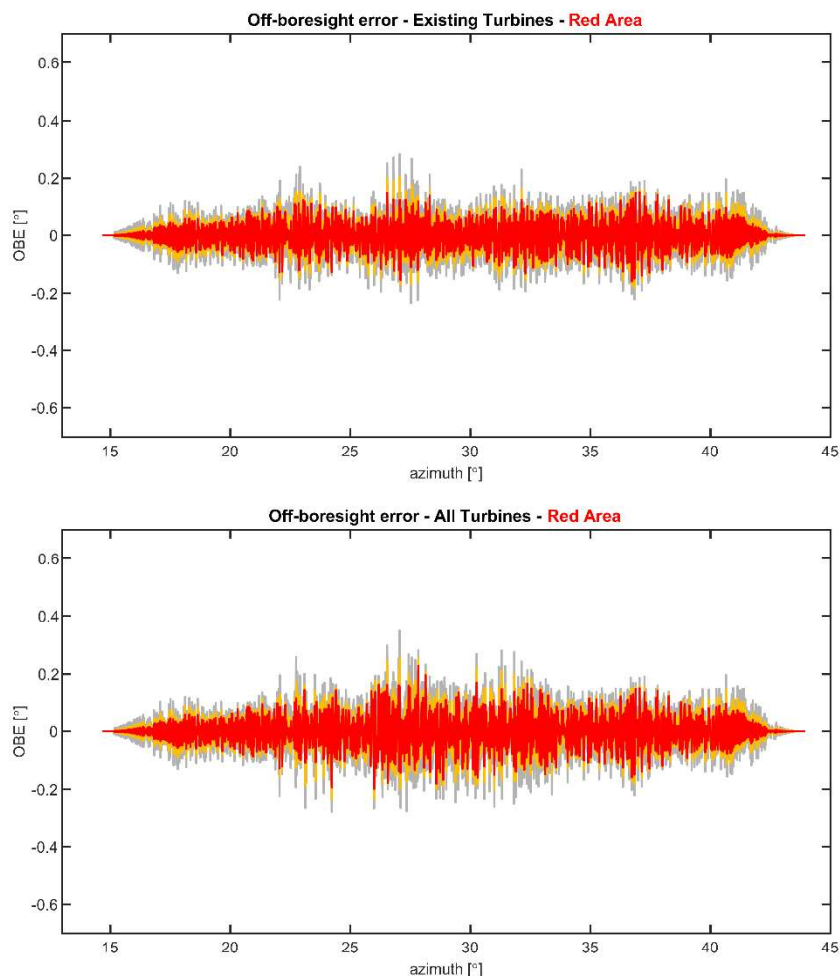
DHW-2020-RT-100332251

Blad

54/58

Peilingsfouten TAR West MSSR – Rode Zone

In Figuur 56, wordt de peilingsfout getoond als functie van azimuth van de TAR West Schiphol voor de rode zone, dus waar de peilingsfout wordt veroorzaakt door het rechtopstaande turbineblad. In Figuur 57 is de absolute peilingsfout geplot per azimuthsector van 1.0° .

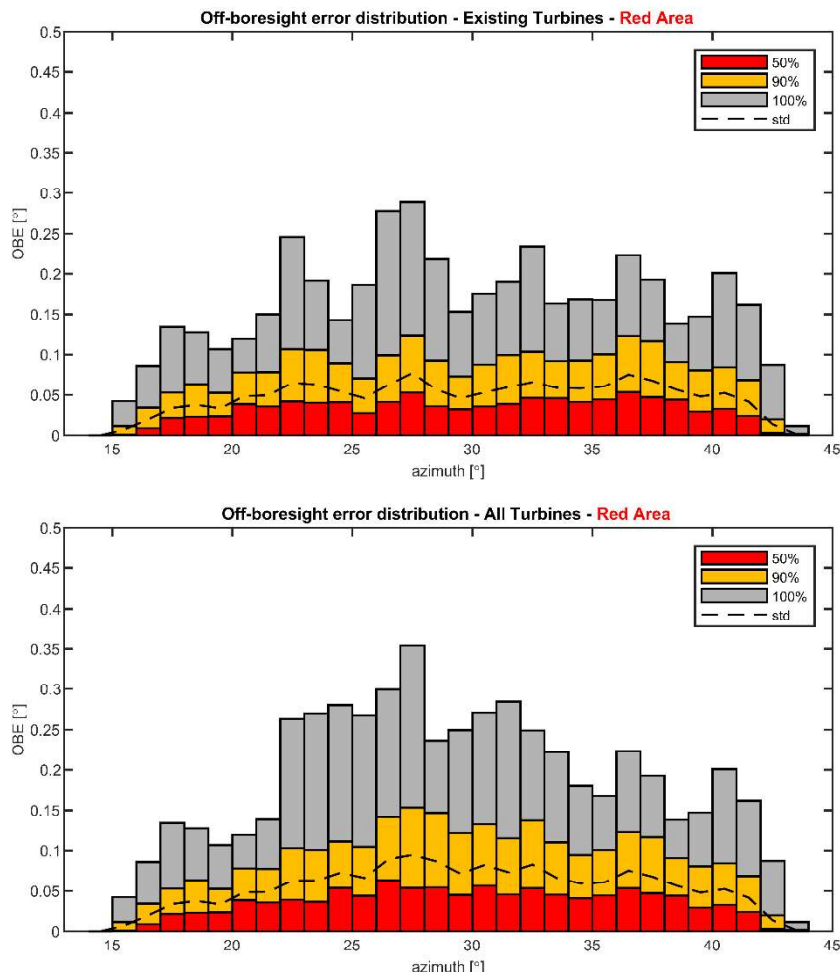


Figuur 56 Boven: de peilingsfout als functie van azimuth voor de bestaande turbines voor de TAR West Schiphol MSSR, in de rode zone. De maximale absolute fout voor de rode zones is 0.28° . Onder: hetzelfde als boven, maar nu voor zowel de bestaande turbines als het bouwplan. De maximale absolute fout is hier 0.35° .

Datum
23 april 2020

Onze referentie
DHW-2020-RT-100332251

Blad
55/58



Figuur 57 Boven: de cumulatieve verdeling van de absolute peilingsfout per azimuth sector van 1.0° wanneer alleen de bestaande turbines worden beschouwd. Voor elke azimuth sector worden de waarden van het 50^{ste}, 90^{ste} en 100^{ste} percentiel weergegeven, net als de standaard deviatie (1σ) van 68%, aangenomen dat de fout normaal verdeeld is. De maximale peilingshoek fout van de rode zone van 0.29° komt voor bij een hoek van 27°-28°. In 90% van de gevallen is de peilingshoek fout in deze sector onder de 0.12° en in 50% van de gevallen onder de 0.05°. Onder: Hetzelfde als de bovenste figuur, maar nu voor zowel de bestaande turbines als het bouwplan. De maximale absolute fout van 0.35° komt voor in de azimuth sector van 27°-28°. Het 90^{ste} percentiel is 0.15° en het 50^{ste} percentiel is 0.05°.

Samenvatting van de Peilingsfout Resultaten

De resultaten van de voorgaande paragrafen zijn samengevat in Tabel 10 en Tabel 11. Het 50^{ste}, 90^{ste} percentiel, de maximale fout en de standard deviatie in de azimuthsector met de grootste maximale peilingsfout worden gegeven voor alle situaties. De maximale fout in de oranje zone, dus de situatie waarbij de effecten worden bepaald door de mast en gondel, daalt met 0.01° voor de TAR 1. De maximale fout in de rode zone, dus de situatie waarbij de effecten worden bepaald door alleen het rechtopstaande turbineblad, stijgt met 0.07°. In het geval van de TAR West MSSR stijgt de maximale fout in de oranje zone met 0.13° en in de rode zone met 0.6°.

Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

56/58

Tabel 10 De peilingsfout statistieken voor de TAR 1 MSSR in de azimuthsector met de grootste peilingsfout.

	50 %	90 %	100 %	σ	Azimut Sector (°)
Oranje (mast en gondel)					
Bestaand	0.04	0.16	0.38	0.09	4-5
Alles	0.08	0.19	0.37	0.11	6-7
Rood (turbineblad)					
Bestaand	0.003	0.06	0.28	0.04	-2 - -1
Alles	0.02	0.09	0.35	0.06	-2 - -1

Tabel 11 De peilingsfout statistieken voor de TAR West MSSR in de azimuthsector met de grootste peilingsfout.

	50 %	90 %	100 %	σ	Azimut Sector (°)
Oranje (mast en gondel)					
Bestaand	0.06	0.17	0.41	0.11	26-27
Alles	0.08	0.18	0.54	0.12	26-27
Rood (turbineblad)					
Bestaand	0.05	0.12	0.29	0.08	27-28
Alles	0.05	0.15	0.35	0.09	27-28

Interpretatie van de resultaten

Er bestaan vele geometrieën tussen het doelwit, het obstakel en de MSSR antenne. Dit betekent dat de peilingsfout verschillend kan zijn voor twee targets voor dezelfde azimuth op verschillende tijdstippen. Voorbeeld: In Figuur 51 vindt de maximale fout van de TAR 1 in de oranje zone plaats in de azimuthsector van 6° tot 7°. In deze sector is de maximale waarde gelijk aan het 100^{ste} percentiel en dat is 0.37°. De maximale “oranje waarde”, het 90^{ste} percentiel is 0.19° en de maximale “rode waarde”, het 50^{ste} percentiel is 0.08°. Dit betekent dat de peilingsfout in 100% van de gevallen, in deze specifieke azimuthsector, kleiner zal zijn dan 0.37°, in 90% van de gevallen kleiner zal zijn dan 0.19° en in 50% van de gevallen kleiner dan 0.08°. Een fout tussen de 0.19° en 0.37° komt in 10% van de gevallen voor. Voor elke azimuthsector is ook de standaarddeviatie bepaald. Voor een normale verdeling correspondeert de standaarddeviatie met het 68^{ste} percentiel. Hier is de fout data niet normaal verdeeld, maar de standaarddeviatie ligt desalniettemin tussen het 50^{ste} en het 90^{ste} percentiel.

Om de fouten in perspectief te plaatsen kunnen de peilingsfout omgerekend worden naar een afstandsfout op een bepaalde doelwit afstand. Dit is de afstand loodrecht op de afstand naar het doelwit gezien vanuit de MSSR. Dit is uitgerekend voor de het 50^{ste}, 90^{ste} en 100^{ste} percentiel en voor de afstanden van de MSSR van 50, 100, 200, 222 en 278 km. De grootste peilingsfout uit de resultaten wordt gebruikt. De resultaten staan in de onderstaande tabel. Zoals te zien in de tabel correspondeert bijvoorbeeld een peilingsfout van 0.18° in een afstandsfout van 314 m op een afstand van 100 km.

Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Tabel 12 *De peilingsfout, of Off-Boresight Error (OBE) omgerekend naar een afstand loodrecht op de doelwit afstand of cross range error. De fouten zijn uitgerekend voor verschillende afstanden tot de MSSR.*

OBE [°]	Percentile [%]	Azimut sector [°]	Cross-range error in [m]				
			Doelsafstand				
			50 km 27 NM	100 km 54 NM	200 km 108 NM	222 km 120 NM	278 KM 150 NM
0.08	50	26-27	70	139	279	310	388
0.18	90	26-27	157	314	628	697	873
0.54	100	26-27	471	943	1885	2092	2620

Blad

57/58

Datum

23 april 2020

Onze referentie

DHW-2020-RT-100332251

Blad

58/58

7 Afkortingen

AHN	Actueel Hoogtebestand Nederland
CTR	Controlled Traffic Region
EWC GB	Early Warning Capability Ground Based
LIB	Luchtvaart Inpassingsbesluit
MASS	Military Approach Surveillance System
MPR	Medium Power Radar
MSSR	Monopulse Secondary Surveillance Radar
NAP	Normaal Amsterdams Peil
NASA	National Aeronautics and Space Administration
OBE	Off Boresight Error
PSR	Primary Surveillance Radar
Rarro	Regeling algemene regels ruimtelijke ordening
RDS	Rijksdriehoekstelsel
SMART-L	Signaal Multibeam Acquisition Radar for Tracking, L band
SSR	Secondary Surveillance Radar
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TAR	Terminal Approach Radar
WFF	Wind Farm Filter