

Defence, Safety & Security
Oude Waalsdorperweg 63
2597 AK Den Haag
+31 88 866 10 00

www.tno.nl

5.1.2.e @tno.nl
+ 5.1.2.e

Datum
11 april 2023
Onze referentie
DHW-2023-RT-100349061
Projectnummer
060.55909/01.06.01

Postbus 96864, 2509 JG Den Haag

WOAN B.V.
T.a.v. 5.1.2.e
Papaverweg 48
1032 KJ AMSTERDAM

Onderwerp Radarhindertoetsing windpark Noorder IJplas,
Amsterdam

Geachte heer Boon,

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

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 bouw van vier nieuwe windturbines. De coördinaten van de te plaatsen windturbine 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 worst case windturbine uit de 5-6 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 4.5 en 6.4 MW, met daarbij een maximale ashoogte van 119 m t.o.v. het maaiveld, en een maximale rotordiameter van 165 m, dus een maximale tiphoogte van 201.5 m ten opzichte van het maaiveld. Eén windturbines krijgt een kleinere rotor en opgewekt vermogen. Voor de afmetingen van deze windturbines is uitgegaan van een worst case windturbine uit de 4 MW klasse, met een maximale ashoogte van 84.5 m t.o.v. het maaiveld, en een maximale rotordiameter van 131 m, dus een maximale tiphoogte van 150 m.

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.

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.

De uitgevoerde berekeningen

TNO heeft de verstoring op de primaire radar als gevolg van radarreflectie en schaduw effect berekend met behulp van het radarhinder simulatiemodel PERSEUS, volgens de toetsingsmethode, die op 1 oktober 2012 is ingevoerd. Het bouwplan bevindt zich binnen de 75 km cirkels van minstens één van de Military Approach Surveillance System (MASS) verkeersleidingsradars en binnen de 75 km cirkels rond de locatie van de MPR Nieuw Milligen en van de nieuwe SMART gevechtsleidingsradar te Herwijnen en de drie alternatieve locaties Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort. De locatie bevindt zich gedeeltelijk eveneens in de CTR van de luchthaven Schiphol. Om die reden heeft LVNL verzocht om ook de effecten op de beide secundaire Terminal Approach radars (TAR) Centrum en TAR West bij Schiphol te onderzoeken.

De analyse is uitgevoerd voor de volgende radarsystemen:

1. Het primaire verkeersleidingsradarnetwerk, bestaande uit een zestal MASS verkeersleidingsradarsystemen verspreid over Nederland, aangevuld met de Terminal Approach radar (TAR) West bij Schiphol en de infill radar te Wemeldinge.
2. De MPR gevechtsleidingsradar bij Nieuw Milligen
3. De SMART gevechtsleidingsradar bij Herwijnen en op de alternatieve locaties van Herwijnen, te weten, Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort.
4. De secundaire radarsystemen TAR Centrum 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:
Ter hoogte of in de directe nabijheid van de locatie van het bouwplan en binnen het 500 voet normgebied is er een vermindering van de detectiekans geconstateerd tot maximaal 75%. De binnen het 500 voet normgebied liggende windturbine WT3 van het bouwplan voldoet dus **niet** aan de thans gehanteerde 2023 norm.
Ter hoogte of in de directe nabijheid van de locatie van het bouwplan en binnen het 1000 voet normgebied is er geen vermindering van de detectiekans geconstateerd. De binnen het 1000 voet normgebied liggende windturbine WT1 en WT2 van het bouwplan voldoen dus wel aan de thans gehanteerde 2023 norm.
2. Reductie van het maximum bereik ten gevolge van de schaduwwerking van het bouwplan:
De MASS radars te Soesterberg en De Kooy en de TAR West 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 voldoen dus aan de gehanteerde 2023 norm.

Resultaten gevechtsleidingsradar te Nieuw Milligen

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 waarden van het radaroppervlak van het doel hier niet vermeld.

De resultaten van de radarhinderberekening voor de gevechtsleidingsradar zijn 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 2023 norm gebleven voor Nieuw Milligen.
2. Reductie van de detectiekans ten gevolge van de schaduwwerking van het bouwplan:
Voor de gevechtsleidingsradars te Nieuw Milligen is het verlies aan maximum bereik op de hoogte van 1000 voet in de sector waarin schaduwwerking optreedt, na realisatie van het bouwplan binnen de thans gehanteerde 2023 norm gebleven.

Resultaten gevechtsleidingsradar te 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 2023 norm gebleven voor zowel Herwijnen als ook voor de drie alternatieve locaties voor Herwijnen.
2. Reductie van de detectiekans ten gevolge van de schaduwwerking van het bouwplan:
Voor de gevechtsleidingsradars te Herwijnen en de drie alternatieve locaties voor Herwijnen is het verlies aan maximum bereik op de hoogte van 1000 voet in de sector waarin schaduwwerking optreedt, na realisatie van het bouwplan binnen de thans gehanteerde 2023 norm gebleven.

Resultaten secundaire verkeersleidingsradars TAR Centrum en TAR West gelegen bij Schiphol

De resultaten van de berekende peilingsfouten of Off Boresight Errors (OBE) zijn voor de secundaire radar TAR Centrum samengevat in Tabel 1 en voor de TAR West in Tabel 2. Het 50ste, 90ste percentiel, de maximale fout en de standaard deviatie in de azimutsector met de grootste maximale peilingsfout worden gegeven voor de situatie waarbij de effecten worden bepaald door de mast en gondel (oranje gebied) en alleen het rechtopstaande windturbineblad (rode gebied).

Tabel 1 De peilingsfout statistieken voor de TAR Centrum MSSR in de azimutsector met de grootste peilingsfout, berekend voor 50, 90 en 100ste percentiel en de standaard deviatie (σ).

	50 %	90 %	100 %	σ	Azimut Sector (°)
Oranje (mast en gondel)					
Bestaand	0.03	0.12	0.29	0.07	20-21
Bouwplan	0.03	0.12	0.29	0.07	20-21
Rood (rechtopstaand turbineblad)					
Bestaand	0.02	0.05	0.19	0.04	16-17
Bouwplan	0.03	0.09	0.20	0.06	25-26

Tabel 2 De peilingsfout statistieken voor de TAR West MSSR in de azimutsector met de grootste peilingsfout, berekend voor 50, 90 en 100ste percentiel en de standaard deviatie (σ).

	50 %	90 %	100 %	σ	Azimut Sector (°)
--	------	------	-------	----------	-------------------

Oranje (mast en gondel)					
Bestaand	0.05	0.12	0.28	0.08	38-39
Bouwplan	0.06	0.15	0.30	0.10	42-43
Rood (rechtopstaand turbineblad)					
Bestaand	0.04	0.11	0.25	0.07	41-42
Bouwplan	0.05	0.10	0.27	0.07	44-45

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>.

Met vriendelijke groet,

5.1.2.e

5.1.2.e

Digitaal ondertekend door 5.1.2.e
op 2023-04-11 11:52:36

5.1.2.e

Senior Research Engineer

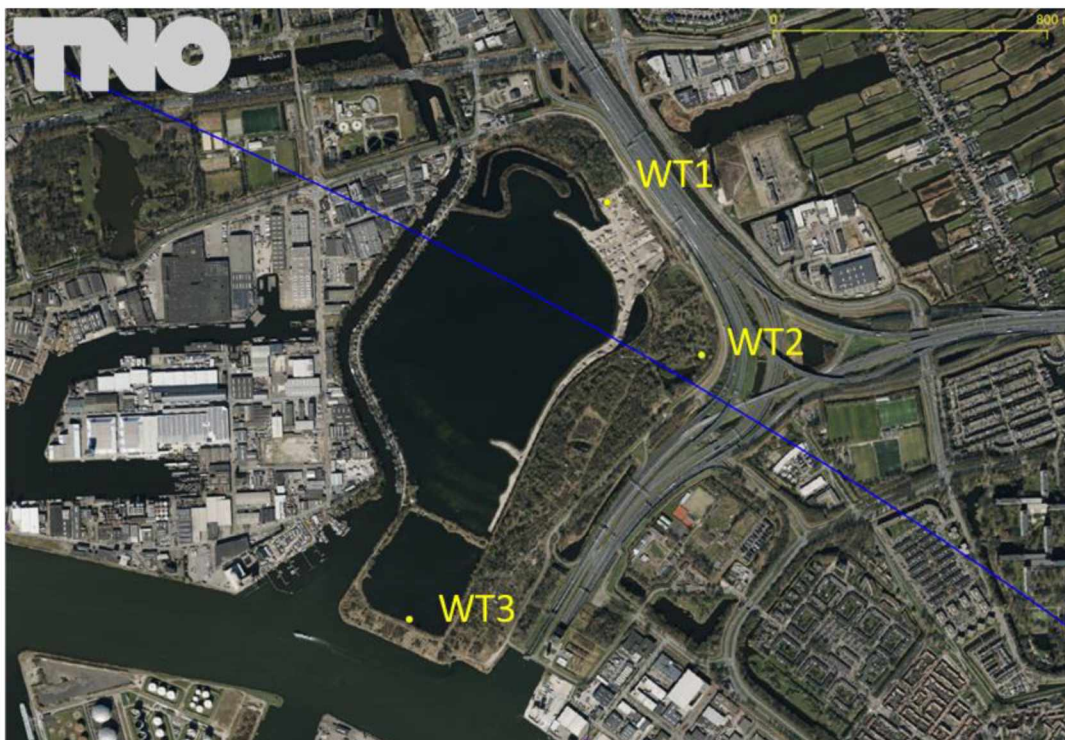
1 Locatie- en radargegevens

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

Tabel 3 Locatiegegevens van het bouwplan zoals opgegeven door de opdrachtgever.

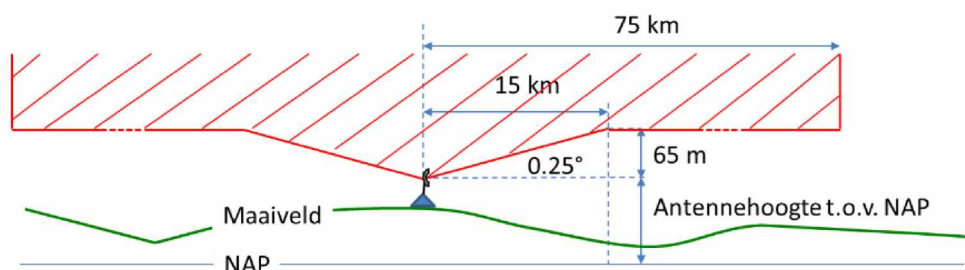
Nr	ID	Type	RDS coördinaten		WGS 84 coördinaten		Maaiveldhoogte t.o.v. NAP [m]
			X	Y	Latitude [°]	Longitude [°]	
1	WT1	5-6 MW	119760	493500	52.42816	4.86908	1.3
2	WT2	4 MW	120035	493053	52.42416	4.87317	2.1
3	WT3	5-6 MW	119181	492279	52.41715	4.86070	0.0

De positie van de te plaatsen windturbine is weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 De gele stippen geven de locaties aan van de nieuwe windturbines behorende bij het bouwplan. De blauwe lijn geeft de grens aan van de CTR van Schiphol [Bing].

Het Ministerie van Defensie hanteert een zogenaamd toetsingsvolume dat reikt tot aan 75 km rondom zowel de militaire als de civiele 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 radarsystemen.

Er wordt binnen de regeling op dit moment rekening gehouden met de zes Military Approach en Surveillance System (MASS) verkeersleidingsradars (te Leeuwarden, Twenthe, Soesterberg, Volkel, Woensdrecht en De Kooy in den Helder), de infill radar bij Wemeldinge en de civiele TAR West radar bij Schiphol. Ten behoeve van de extra ondersteuning van de radardekking boven zuidoost Nederland is ook de nieuwe Belgische militaire ASR-M verkeersleidingsradar bij Kleine Brogel in het primaire verkeersleidingsradarnetwerk opgenomen. Deze radar wordt vanaf 1 november 2020 meegenomen in de berekeningen indien er een normoverschrijding aanwezig is zonder de steun van deze radar. Naast de verkeersleidingsradars zijn er ook twee militaire gevechtsleidingsradars te Wier (Noord Friesland) en Nieuw Milligen (op de Veluwe), opgenomen in de regeling. Deze laatste zal op termijn worden vervangen door een nieuwe SMART-L radar op de locatie Herwijnen. De locatiegegevens van de verkeersleidingsradars en de gevechtsleidingsradars worden weergegeven in Tabel 4. 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 4 Locatiegegevens van de zes MASS radars, de TAR West, de TAR Centrum, de infill radar en de gevechtsleidingsradars te Nieuw Milligen en Wier De gevechtsleidingsradars zullen worden vervangen, waarbij de radarpositie Nieuw Milligen wordt verplaatst naar Herwijnen. Naast de locatiegegevens staan ook de aangehouden antennehoogte voor het toetsingsprofiel en de toepaste feitelijke hoogte van de primaire radarantenne aangegeven.

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	37	34.0
TAR Centrum* Schiphol	113877	480571	17	18.5
Scanter Wemeldinge	059912	392950	30	30.4
ASR-M Kleine Brogel (B)	160417	353466	n.v.t.**	84.0
Nieuw Milligen (MPR)	179258	471774	53	Gerubriceerd***
Wier (SMART-L)	170513	585673	24	Gerubriceerd***
Herwijnen (SMART-L)	137106	427741	25	Gerubriceerd***

* Dit is alleen een secundaire radar, ook bekend als TAR 1.

** Dit is een buitenlandse radar en is daarom niet opgenomen in de Rarro.

*** 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 is opgenomen in Tabel 5.

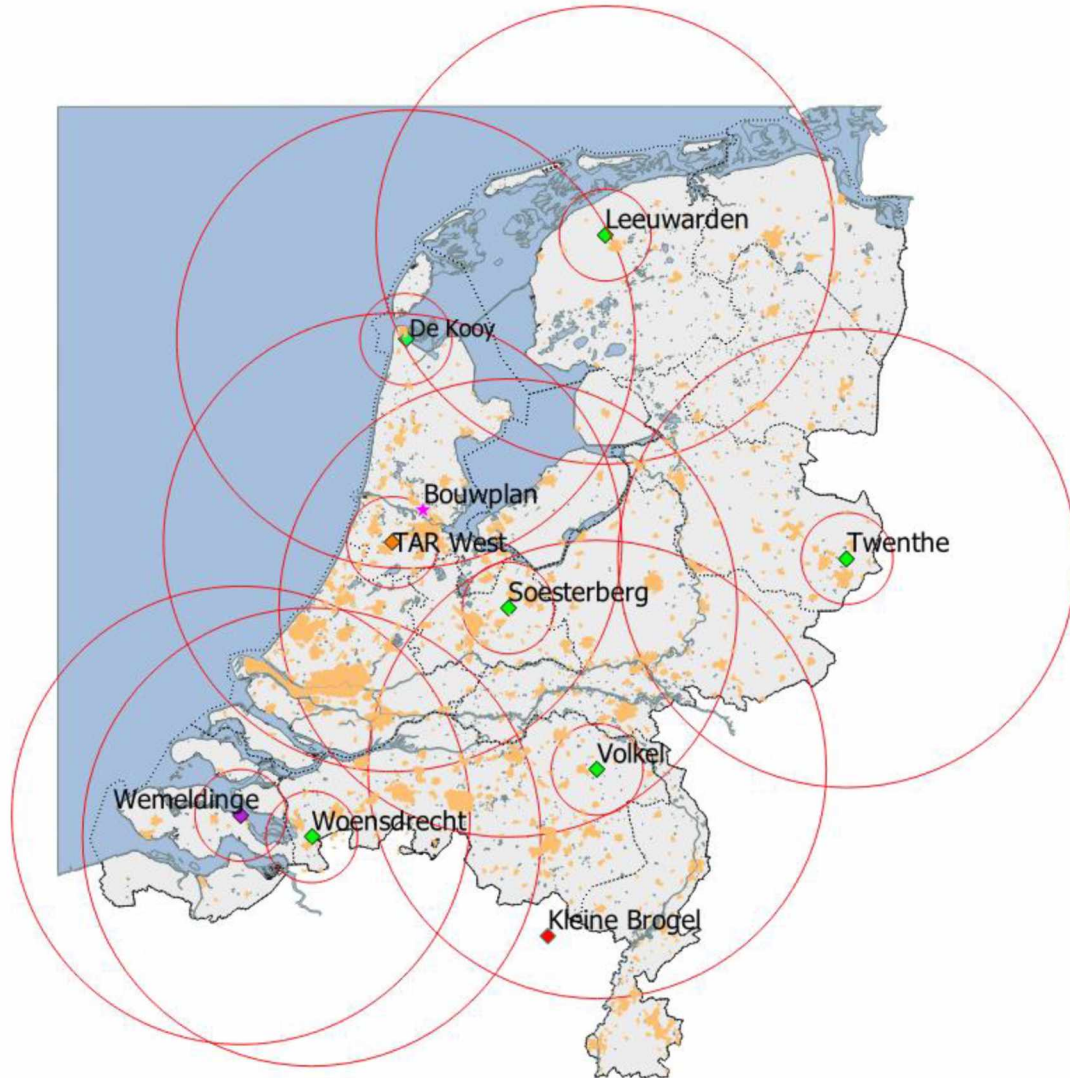
Tabel 5 Locatiegegevens van de drie alternatieve locaties voor de SMART-L radar te Herwijnen.

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

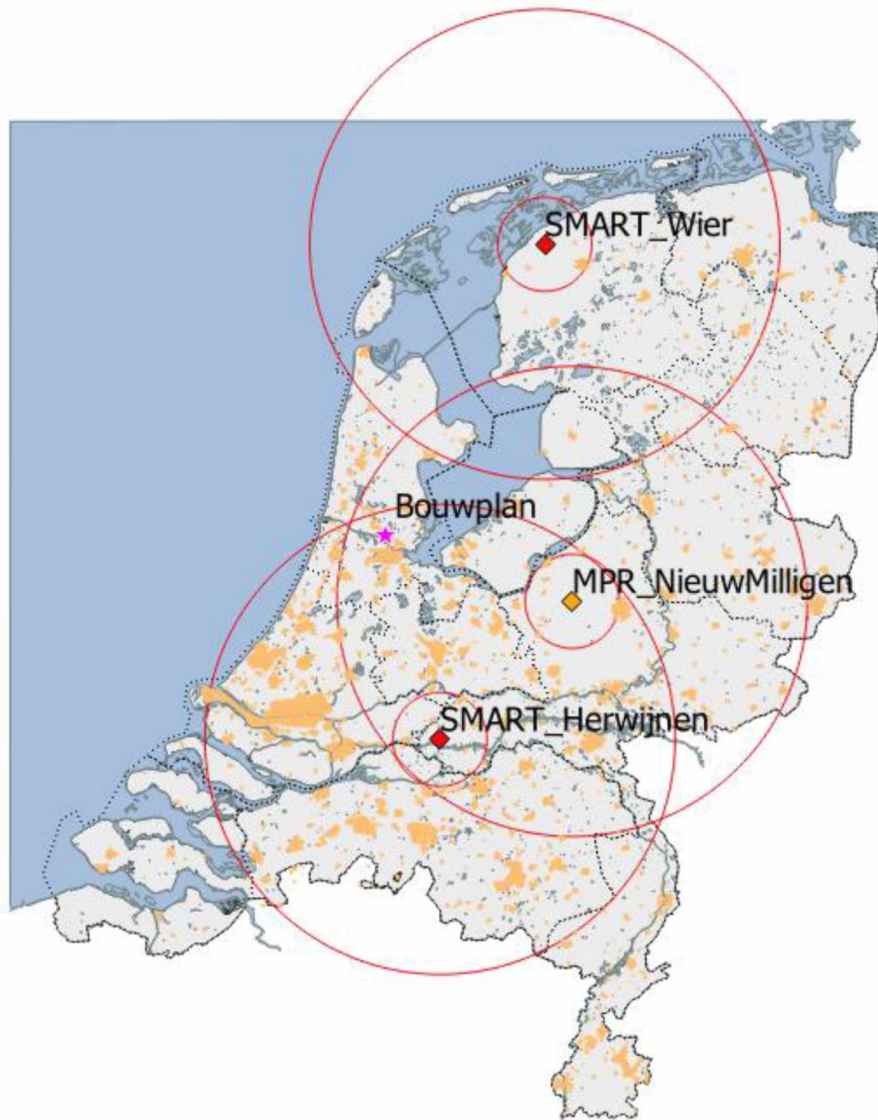
* Deze gegevens zijn bekend bij defensie.

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 terreinhoogtegegevens 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.

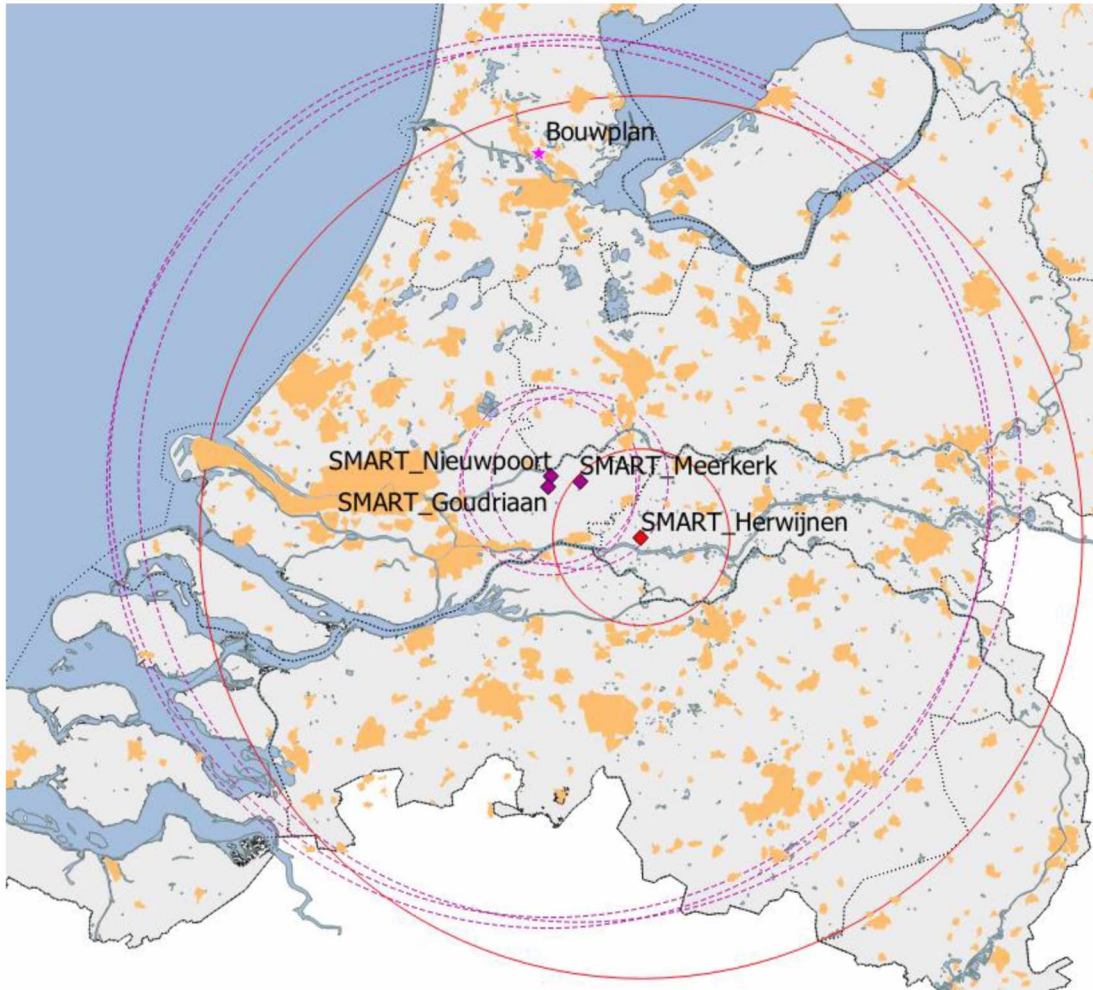
De 15 en 75 km cirkels rond de MASS radarsystemen en de stedelijke gebieden volgens het AHN-1 bestand zijn weergegeven in Figuur 3. De 15 en 75 km cirkels rond de gevechtsleidingsradars en de stedelijke gebieden volgens het AHN-1 bestand zijn weergegeven in Figuur 4. De 15 en 75 km cirkels rond de gevechtsleidingsradar te Herwijnen en de drie alternatieve locaties Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort zijn weergegeven in Figuur 5.



Figuur 3 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.



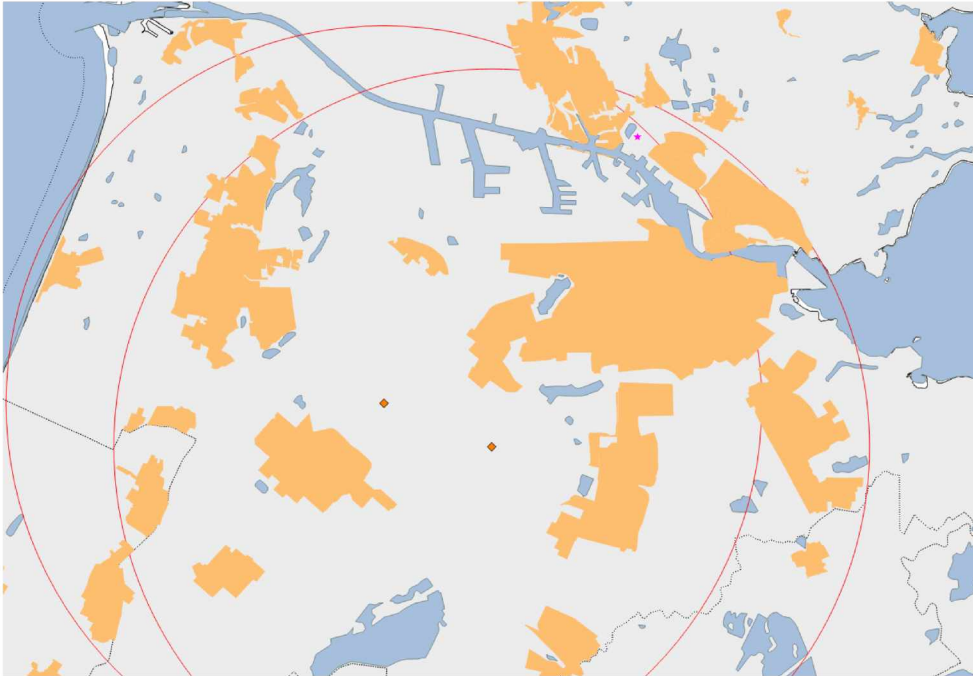
Figuur 4 Locaties van de nieuwe SMART-L EWC GB gevechtsleidingsradars (rode ruit) en de bestaande MPR (oranje ruit) met daaromheen de 15 en 75 km cirkels. De oranje vlakken zijn de in de AHN-1 gedefinieerde stedelijke gebieden. De ligging van het te toetsen bouwplan is aangegeven met een roze ster.



Figuur 5. 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 de TAR West bij Schiphol en binnen de 75 km cirkel rond de gevechtsleidingsradars bij Nieuw Milligen en Herwijnen en ook binnen de 75 km cirkels van de drie alternatieve locaties voor Herwijnen, te weten, Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort. Daarnaast zijn de tiphoogte van de te toetsen windturbine groter dan de in Figuur 2 aangegeven hoogte. Het onderhavige bouwplan dient derhalve getoetst te worden voor alleen het primaire verkeersleidingsradarnetwerk, de gevechtsleidingsradars te Nieuw Milligen, Herwijnen, en de drie alternatieve locaties voor Herwijnen te weten Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort.

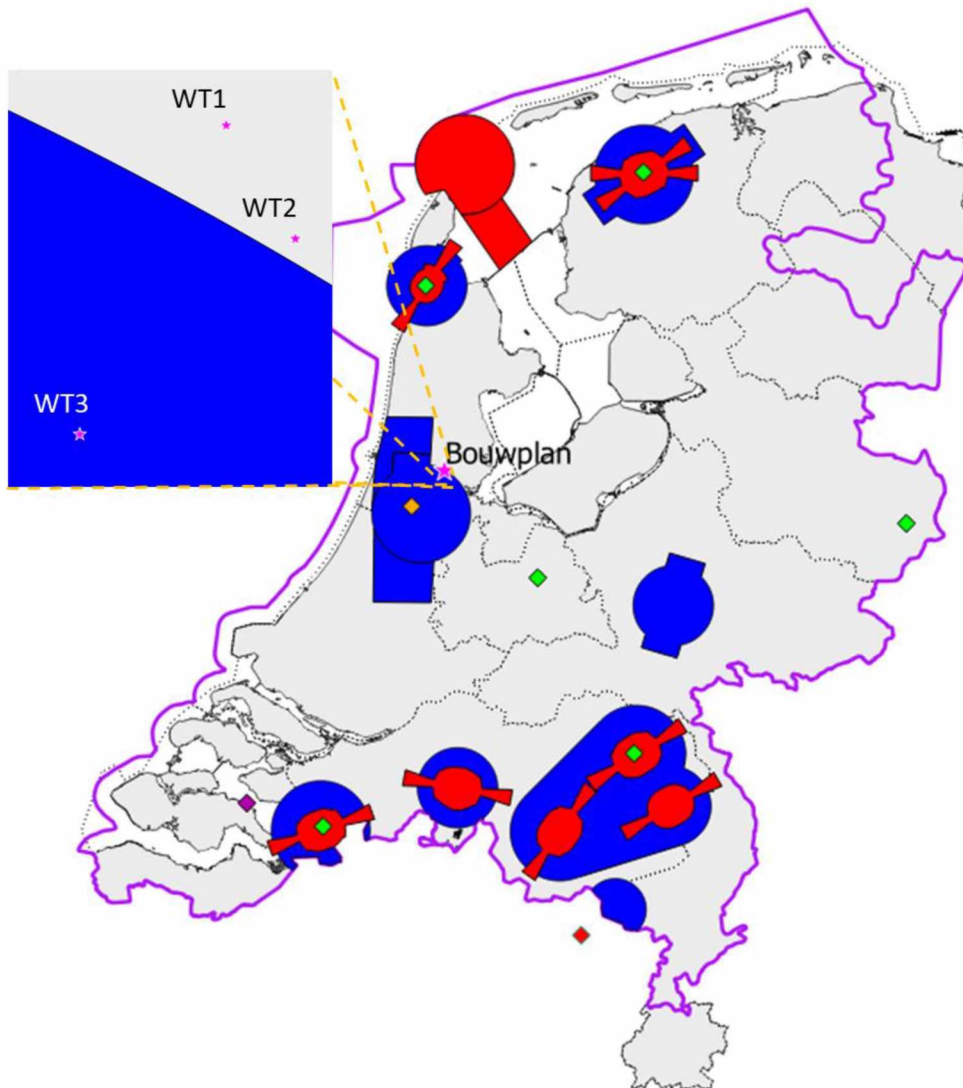
In Figuur 6 wordt de locatie van het bouwplan weergegeven in relatie met de afstand tot de beide secundaire verkeersleidingsradars TAR Centrum en TAR West van Schiphol. Het bouwplan ligt binnen één van de 15 km cirkels rond de secundaire radars. Om die reden heeft LVNL verzocht om ook de radarhinder voor deze beide radars vast te stellen.



Figuur 6. Locaties van de twee secundaire verkeersleidingsradars TAR Centrum (rechter oranje ruit) en TAR West (linker oranje ruit) met daaromheen de 15 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.

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 7 worden de normhoogtegebieden getoond.



)

Figuur 7 De ligging van het te toetsen bouwplan aangegeven met een ster en de ligging van de thans gehanteerde 2023 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 aangeven 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.

Windturbine WT3 van het bouwplan valt binnen de normhoogte van 500 voet en WT1 en WT2 binnen de normhoogte van 1000 voet.

De detectiekans van de zes MASS radarsystemen te Leeuwarden, Twenthe, Soesterberg, Volkel, Woensdrecht en De Kooy, aangevuld met de TAR West van Schiphol en de infill radar te Wemeldinge 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. De Belgische militaire ASR-M verkeersleidingsradar wordt vanaf 1 november 2020 meegenomen in de berekeningen indien er een normoverschrijding aanwezig is zonder de steun van deze radar.

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 2023, 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.

3 Gegevens windturbine

Voor de bepaling van de effecten op de radars is voor WT1 en WT3 de worst-case windturbine uit de 5-6 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 4.5 en 6.4 MW, een maximale ashoogte van 119 m t.o.v. het maaiveld en een maximale rotordiameter van 165 m, resulterend in een tiphoogte van 201.5 m t.o.v. het maaiveld. Voor de afmetingen van WT2 de worst-case windturbine uit de 4 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 3.5 en 4.4 MW, een maximale ashoogte van 84.5 m t.o.v. het maaiveld en een maximale rotordiameter van 131 m, resulterend in een tiphoogte van 150 m t.o.v. het maaiveld. 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 overgeschreden, 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 6 is de maatvoering weergegeven van de te toetsen windturbine, noodzakelijk voor de juiste modellering.

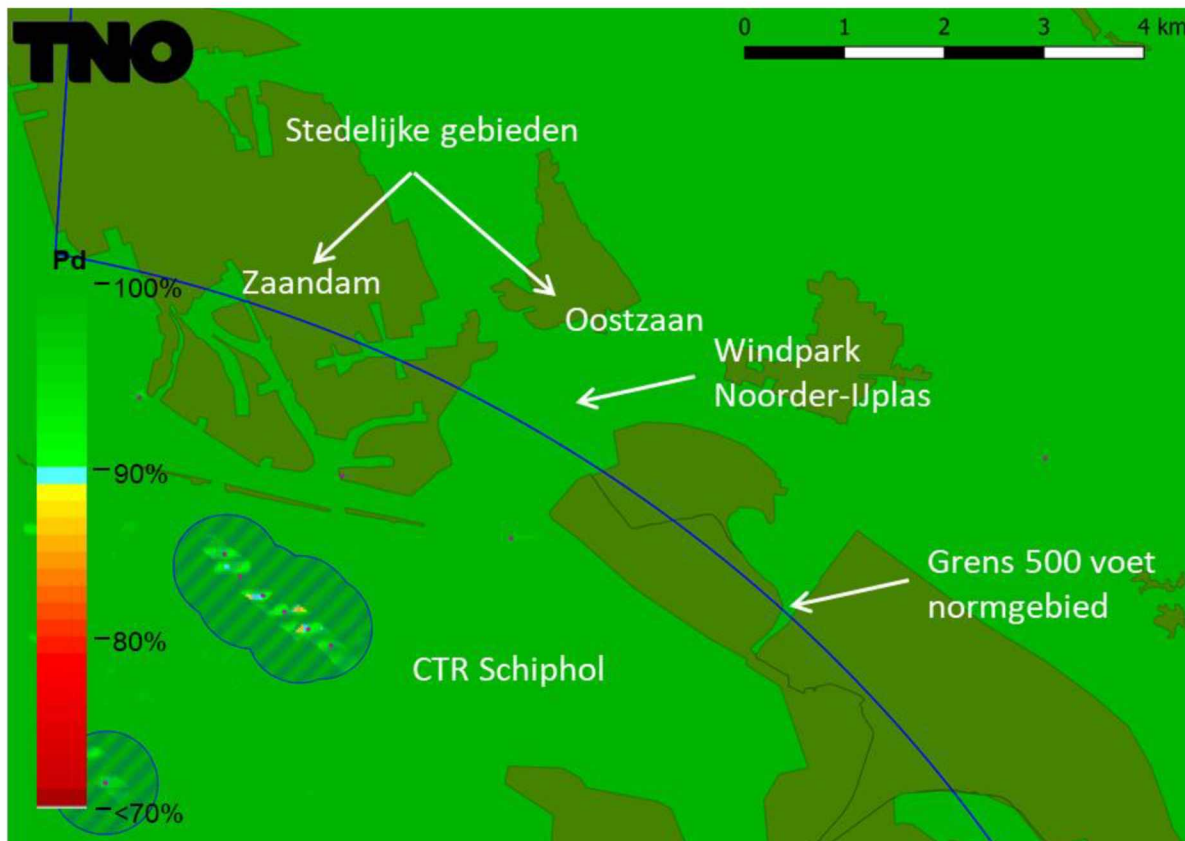
Tabel 6 De afmetingen de worst-case windturbine uit de 4 en 5-6 MW klasse met een ashoogte van respectievelijk 84.5 en 119 m t.o.v. het maaiveld en een rotordiameter van respectievelijk 131 en 165 m.

Onderdeel	Afmeting [m] 4 MW	Afmeting [m] 5-6 MW
Ashoogte t.o.v. maaiveld	84.5	119.0
Tiphoogte t.o.v. maaiveld	150.0	201.5
Fundatiehoogte t.o.v. maaiveld	0.0	0.0
Breedte gondel	5.6	5.6
Lengte gondel	19.0	24.1
Hoogte gondel	8.8	8.8
Diameter mast onder	8.6	11.7
Diameter mast boven	4.6	5.4
Lengte mast	80.1	114.6
Lengte wiek	65.5	82.5
Breedte wiek	3.8	3.9

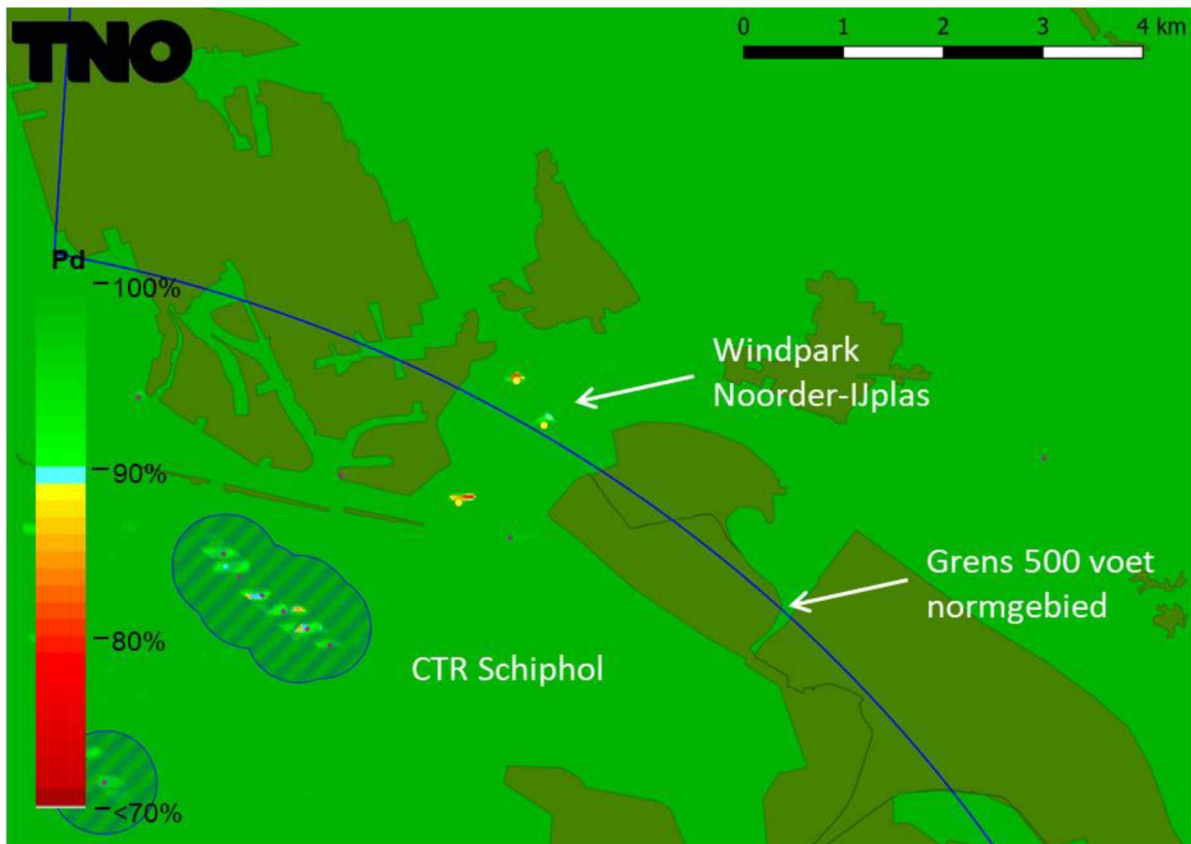
4 Berekeningen radardetectiekans diagrammen primaire verkeersleidingsradarnetwerk

Detectiekans in de directe nabijheid van het bouwplan op 500 voet

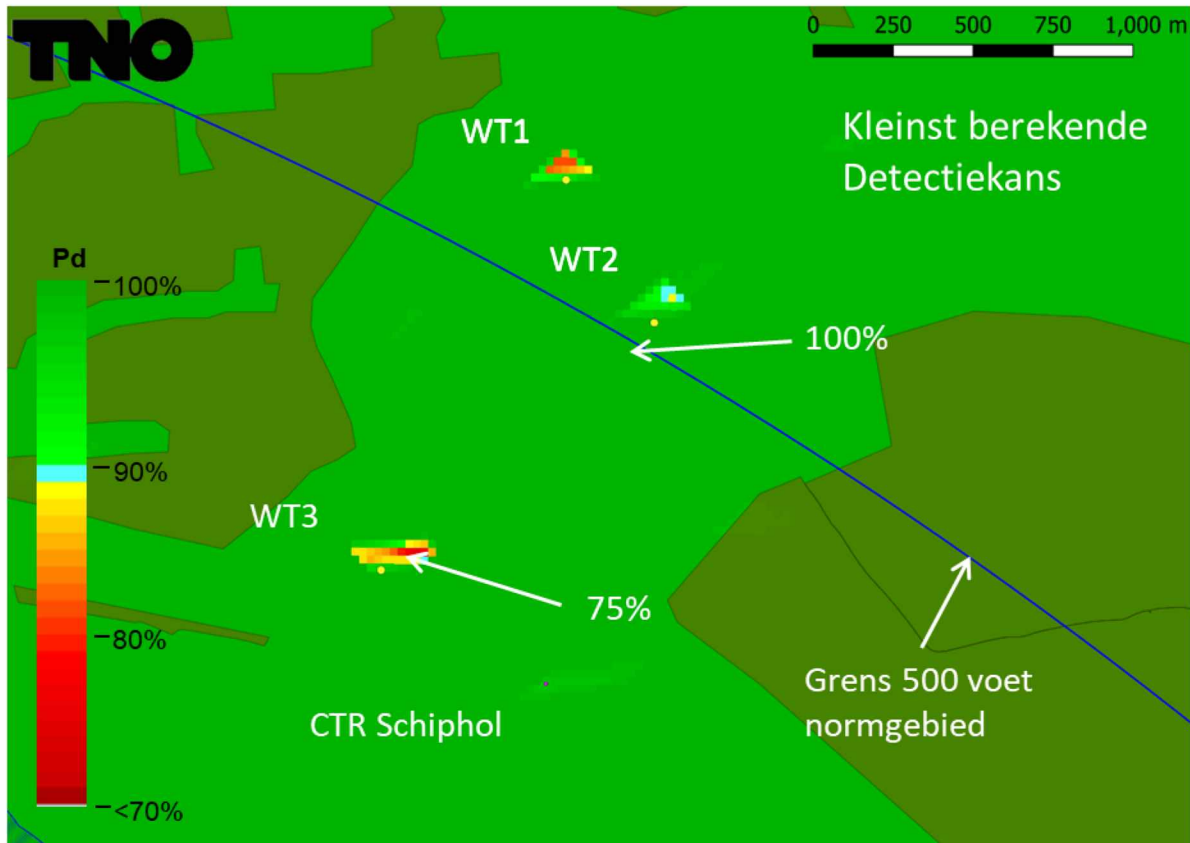
In Figuur 8 wordt de detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk van de baseline op 150 voet getoond rond het nog te realiseren bouwplan. Figuur 9 toont de detectiekans voor hetzelfde gebied, na realisatie van het bouwplan. In Figuur 10 is het gebied vergroot weergegeven. De minimale detectiekans 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 500 voet normgebied is er ter hoogte van WT3 een vermindering van de detectiekans geconstateerd tot maximaal 75%. Daarnaast vertoont de buiten het 500 voet normgebied liggende WT2 geen overschrijding van de norm binnen het 500 voet normgebied. Het bouwplan voldoet dus niet aan de thans gehanteerde 2023 norm.



Figuur 8 Detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk op 500 voet boven het bouwplan voordat dit is gerealiseerd (baseline).



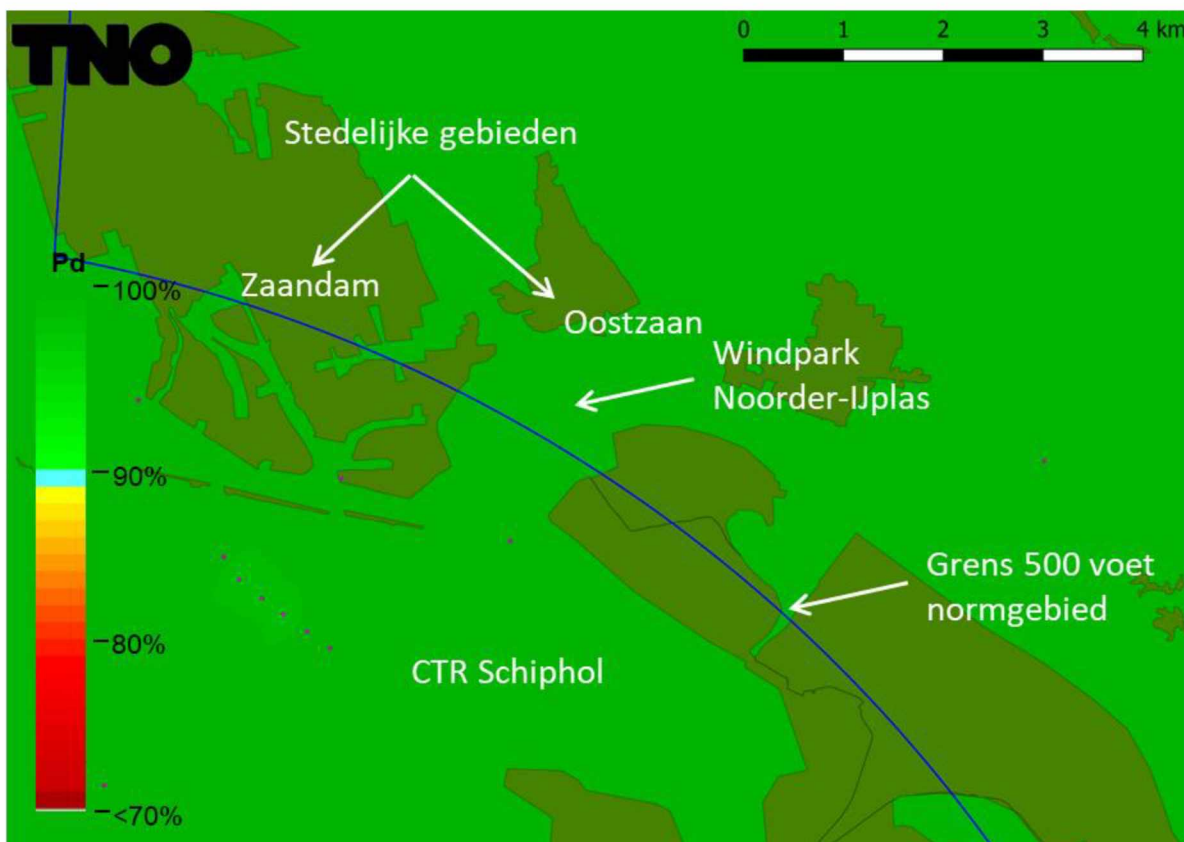
Figuur 9 Detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk op 500 voet boven het bouwplan nadat deze is gerealiseerd. De locaties van de nieuwe windturbines zijn aangegeven met een gele stip.



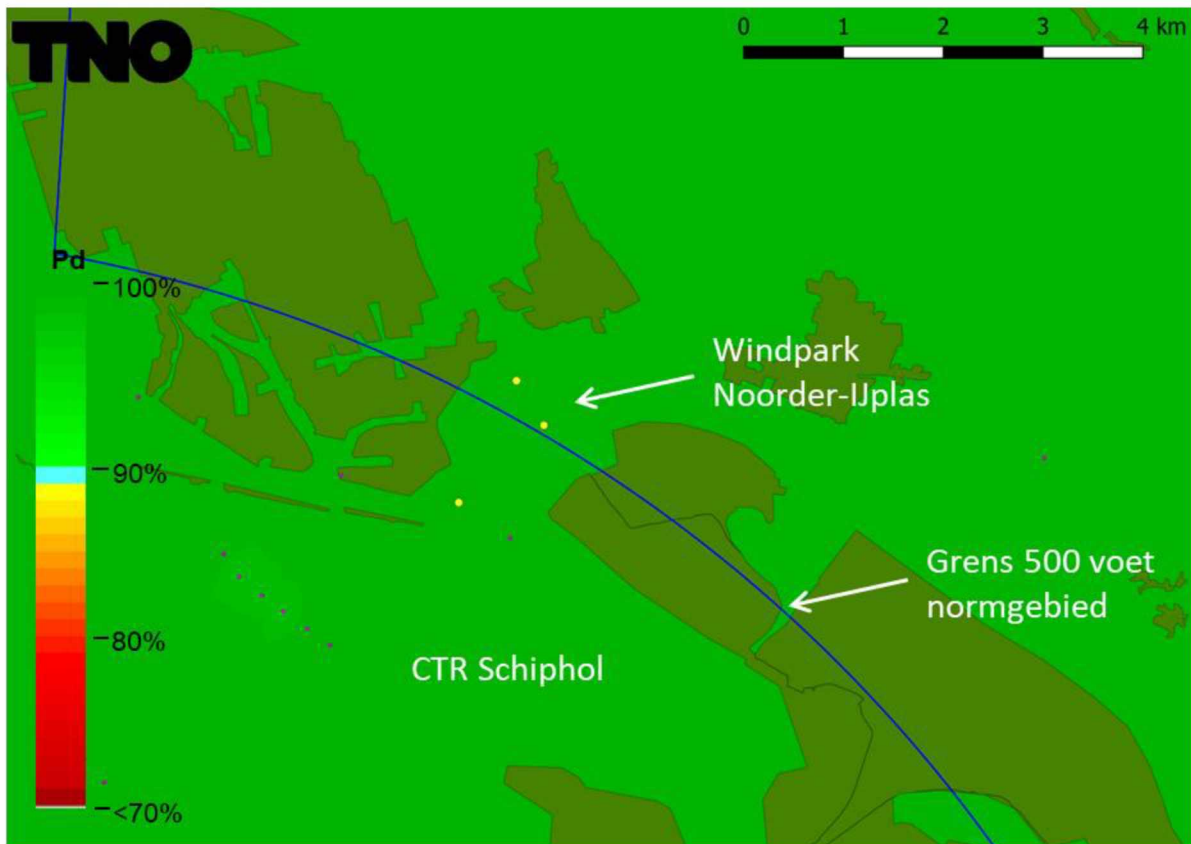
Figuur 10 Het gebied rond het bouwplan uit Figuur 9 groter weergegeven.

Detectiekans in de directe nabijheid van het bouwplan op 1000 voet

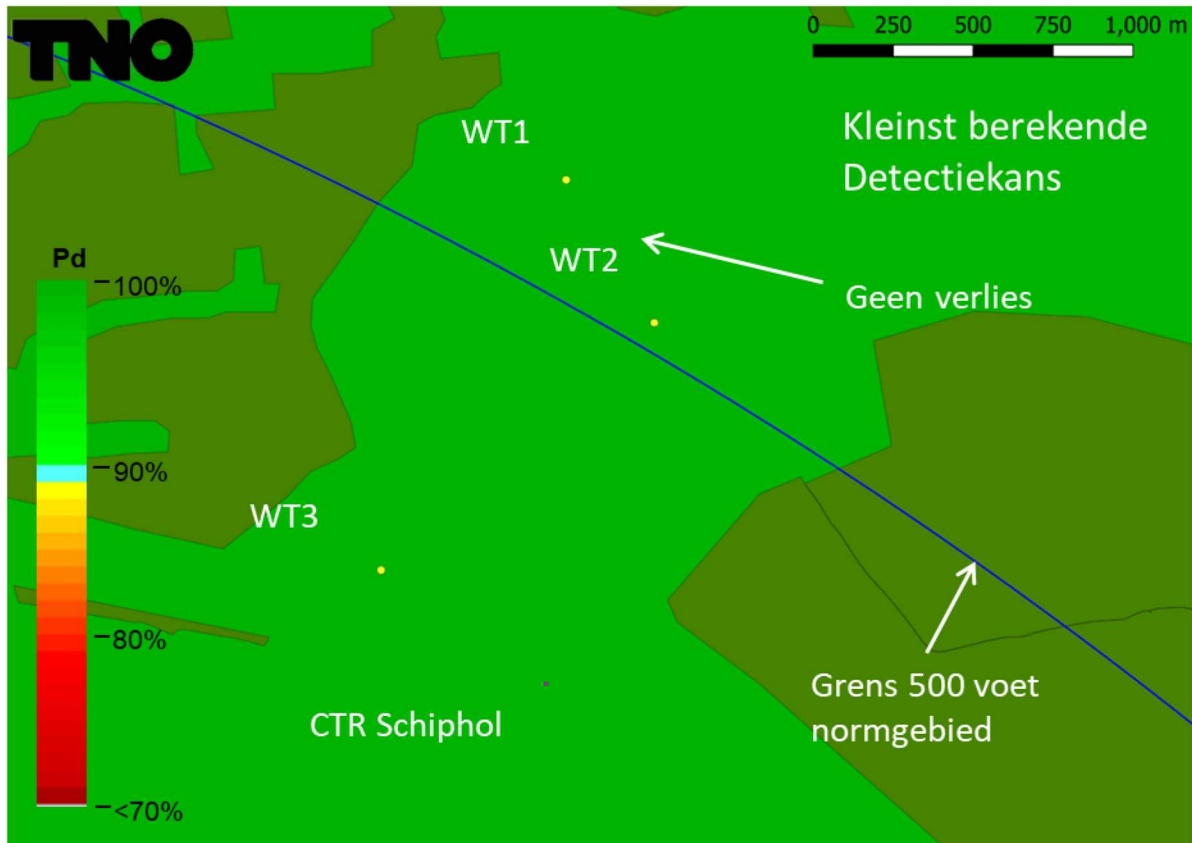
In Figuur 11 wordt de detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk van de baseline op 1000 voet getoond rond het nog te realiseren bouwplan. Op deze resultaten is detectiekansmiddeling toegepast met een straal van 500 m. Figuur 12 toont de detectiekans voor hetzelfde gebied, na realisatie van het bouwplan. In Figuur 13 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 WT 2 en WT3 van het bouwplan en binnen het 1000 voet normgebied is er geen vermindering van de detectiekans geconstateerd. Het bouwplan voldoet dus aan de thans gehanteerde 2023 norm.



Figuur 11 Detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk op 1000 voet boven het bouwplan voordat dit is gerealiseerd (baseline).



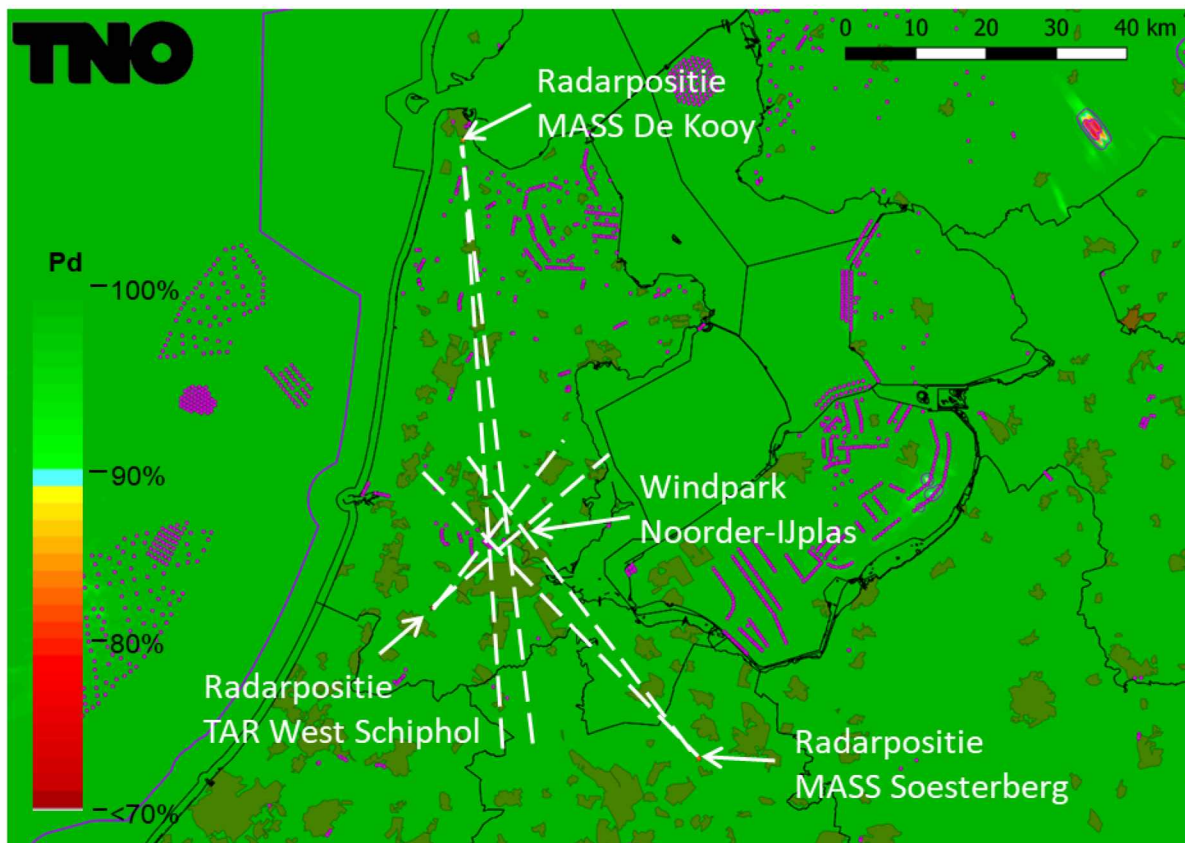
Figuur 12 Detectiekans van het primaire verkeersleidingsradarnetwerk op 1000 voet boven het bouwplan nadat deze is gerealiseerd. De locaties van de nieuwe windturbines zijn aangegeven met een gele stip.



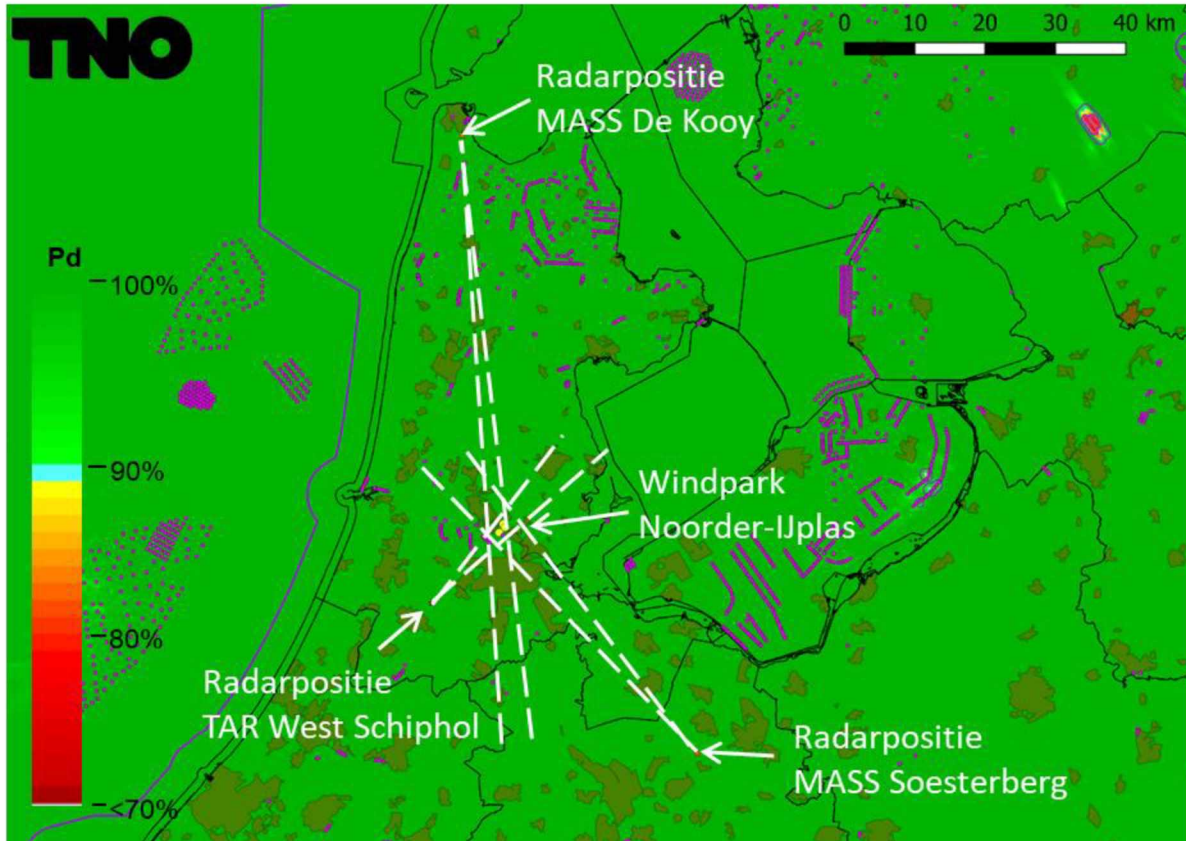
Figuur 13 Het gebied rond het bouwplan uit Figuur 12 groter weergegeven.

Detectiekans in de schaduw van het bouwplan

In Figuur 14 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 en 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 15 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 2023 norm.



Figuur 14 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 waartussen de schaduw kan gaan ontstaan.



)

Figuur 15 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.

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 2023 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 gevechtsleidingsradars 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 2023 norm gebleven.
2. Reductie van het maximum bereik ten gevolge van de schaduwwerking van het bouwplan:
Voor de gevechtsleidingsradars te Nieuw Milligen, Herwijnen en de drie alternatieve locaties voor Herwijnen is het verlies aan maximum bereik op de hoogte van 1000 voet in de sector waarin schaduwwerking optreedt, na realisatie van het bouwplan binnen de thans gehanteerde 2023 norm gebleven.

Secundaire verkeersleidingsradars TAR Centrum en TAR West

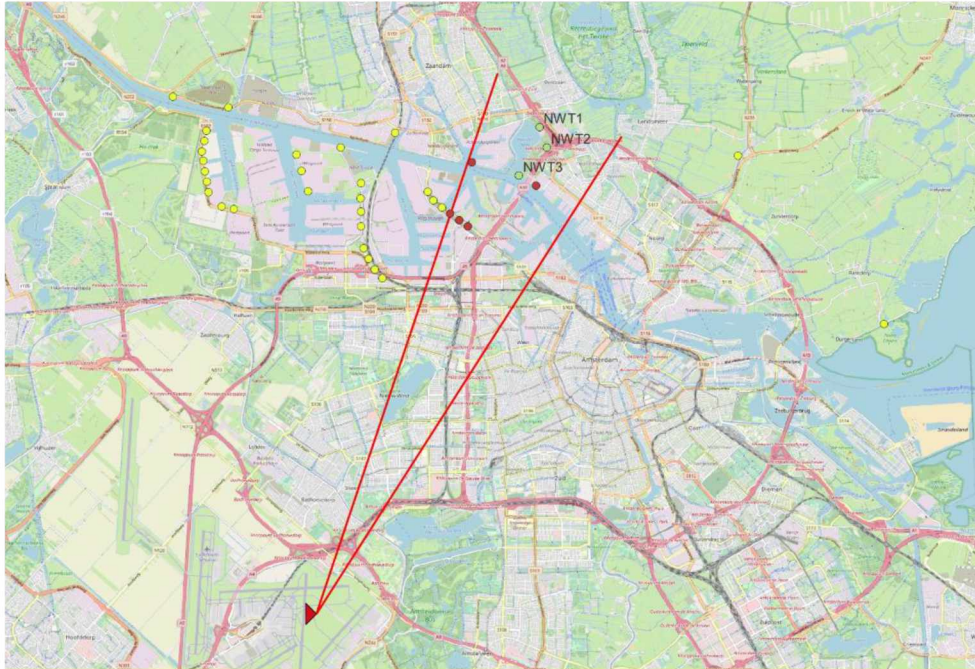
Uitgangspunten

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 Noorder IJplas op een tweetal secundaire radars: de TAR Centrum 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 ook de peilingsfout bepaald voor de bestaande situatie. Om een representatieve presentatie te verkrijgen van de bestaande situatie worden daar de bestaande windturbines meegenomen is een ruime sector van circa 6 graden links en rechts van het bouwplan.

In Figuur 16 zijn de locaties van de MSSR TAR Centrum samen met de geplande windturbines weergegeven. De locatie gegevens van deze windturbines zijn te vinden in Tabel 3. In de zelfde sector als het bouwplan staan een aantal bestaande windturbines die voor de bepaling van de cumulatieve effecten op de beide MSSR systemen meegenomen dienen te worden in de berekeningen. Dit zijn een aantal windturbines van windpark Hemweg (HE) en Havenweg (HA) en de solitaire windturbines Windenergie Achtersluispolder (WA) en Cornelis Douwes (CD). De locatiegegevens van deze turbines zijn weergegeven in Tabel 7.

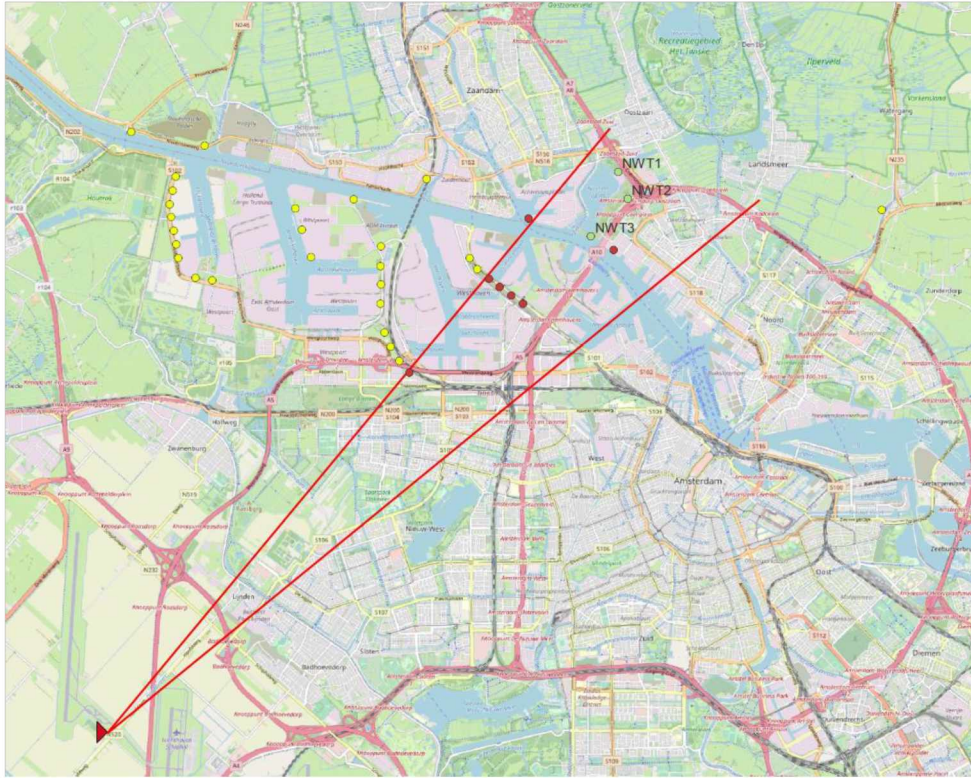


Figuur 16 De locaties van de MSSR TAR Centrum of TAR 1 aangegeven met rode driehoek en de geplande windturbines in het groen en de bestaande windturbines in het geel, zie ook Figuur 1. De bestaande windturbines die in de berekeningen worden meegenomen voor de bepaling van het cumulatieve effecten zijn in rood aangegeven.

Tabel 7 Locatiegegevens en de relevante afmetingen van de bestaande windturbines die meegenomen worden in de berekeningen voor de MSSR TAR Centrum.

Nr	ID	RDS coördinaten		WGS 84 coördinaten		Hubhoogte t.o.v. maaiveld [m]	Rotordiameter [m]
		X	Y	Latitude [°]	Longitude [°]		
1	HE4	117423	491189	52.40724	4.83498	100	100
2	HE5	117661	491013	52.40568	4.83850	100	100
3	HE6	117889	490850	52.40423	4.84187	100	100
4	WA1	118002	492550	52.41951	4.84334	70	52
5	CD1	119697	491923	52.41399	4.86832	67	80

Dezelfde benadering is toegepast voor de MSSR TAR West. In Figuur 17 zijn de locaties van de MSSR TAR West samen met de geplande windturbines weergegeven. Door de andere oriëntatie van de TAR West radar richting de nieuwe windturbine, vallen er andere bestaande windturbines in de zelfde sector als het bouwplan. De locatie gegevens van deze windturbines zijn te vinden in Tabel 8.



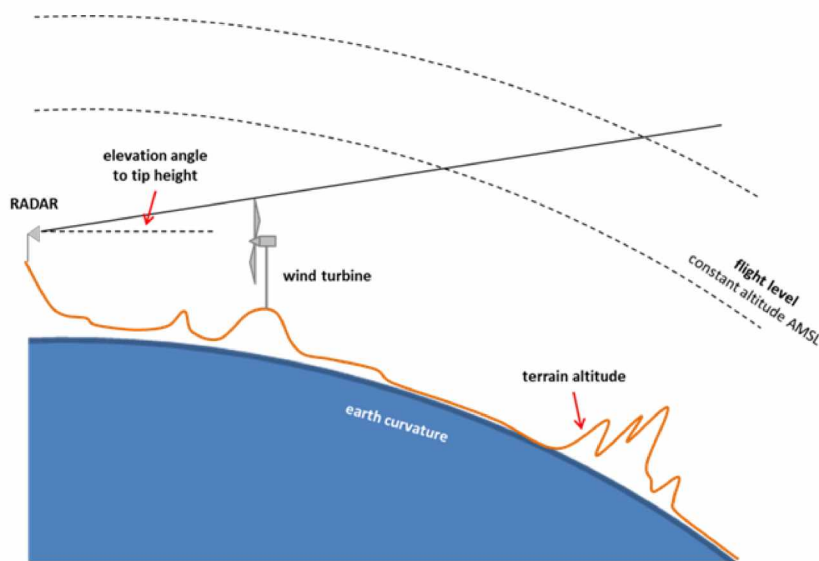
Figuur 17 De locaties van de MSSR TAR West Schiphol aangegeven met rode driehoek en de geplande windturbines in het groen en de bestaande windturbines in het geel, zie ook Figuur 1. De bestaande windturbines die in de berekeningen worden meegenomen voor de bepaling van het cumulatieve effecten zijn in rood aangegeven.

Tabel 8 Locatiegegevens en de relevante afmetingen van de bestaande windturbines die meegenomen worden in de berekeningen voor de MSSR TAR West.

Nr	ID	RDS coördinaten		WGS 84 coördinaten		Hubhoogte t.o.v. maaiveld [m]	Rotordiameter [m]
		X	Y	Latitude [°]	Longitude [°]		
1	HW4	115629	489473	52.39169	4.80882	95	90
2	HE3	117208	491348	52.40866	4.83180	100	100
3	HE4	117423	491189	52.40724	4.83498	100	100
4	HE5	117661	491013	52.40568	4.83850	100	100
5	HE6	117889	490850	52.40423	4.84187	100	100
6	WA1	118002	492550	52.41951	4.84334	70	52
7	CD1	119697	491923	52.41399	4.86832	67	80

Bepaling van radarhorizon

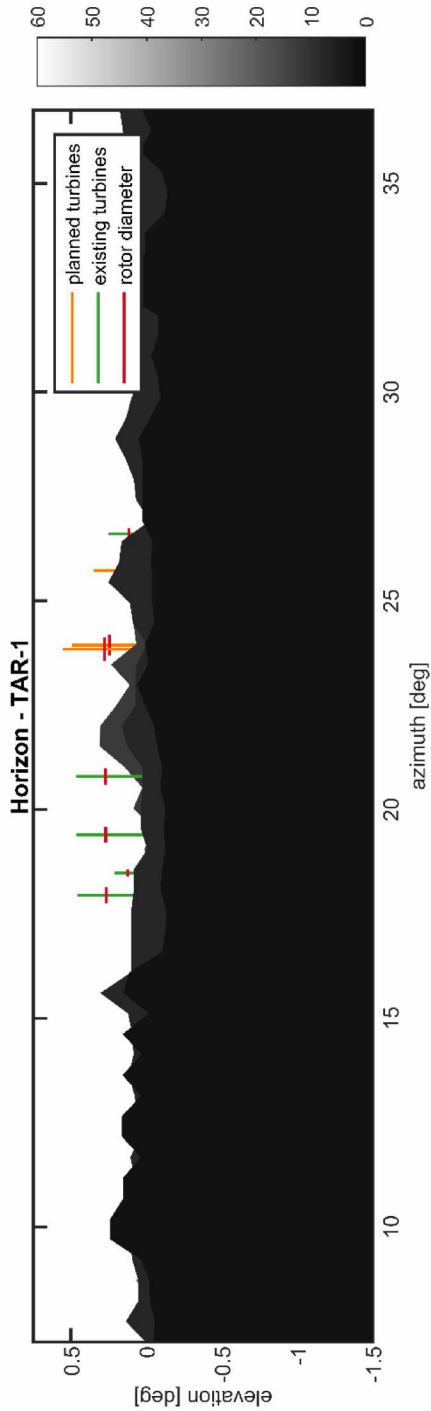
In deze paragraaf wordt de azimuthzone vastgesteld van het bouwplan en het hoogteprofiel voor beide MSSRs. Deze resultaten laten zien of het bouwplan invloed heeft op de radarhorizon. Een windturbine beïnvloedt de radarhorizon wanneer de elevatiehoek naar het hoogste punt van de turbine groter is dan 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.



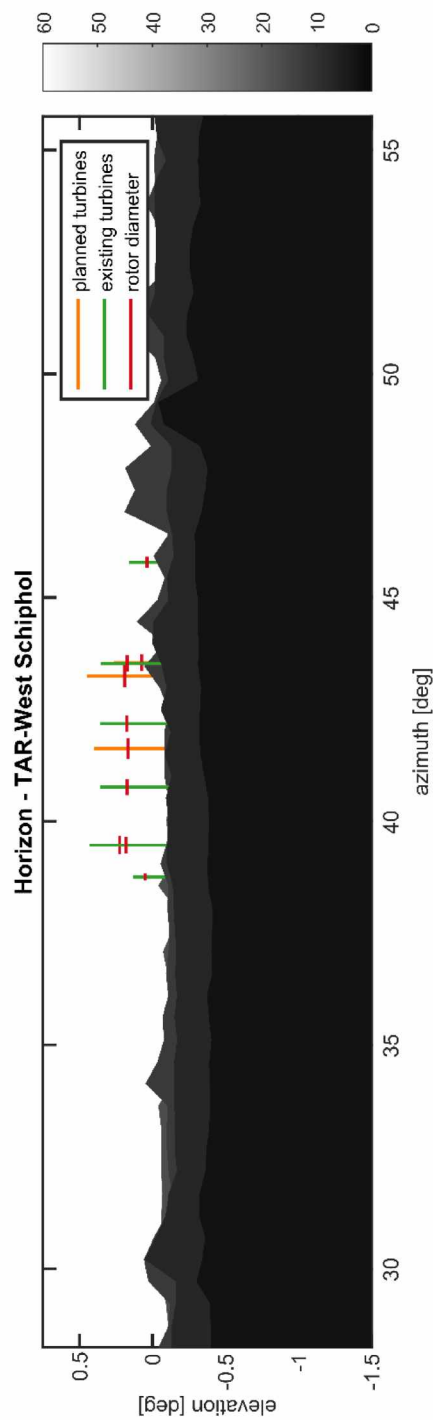
Figuur 18 Een overzicht van de algemene line-of-sight geometrie met een vast azimuth. De elevatiehoek naar het hoogste punt van de turbine wordt aangegeven met een grijze lijn. MSSR transponders signalen boven deze lijn worden niet beïnvloed door de windturbine. MSSR transponders van vliegtuigen onder 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 in dit onderzoek meegenomen bestaande windturbines en de geplande windturbines. Het windpark beslaat een sector van ongeveer 2°, van 24° tot 26 in noordelijke richting gezien vanuit de TAR Centrum en eveneens 2°, van 42° tot 44° in noordwestelijke richting gezien vanuit de TAR West. De radarhorizon wordt voor beide radars verhoogd in elevatie. Dit houdt in dat de windturbines invloed hebben op de radarhorizon van beide radars.



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

Line-of-sight analyse

In deze paragraaf worden de zichtlijnen, de zogenaamde line-of-sight of LoS, geanalyseerd. Voor beide radars zijn dit alleen de drie nieuwe windturbines die te vervangen windturbine. 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.

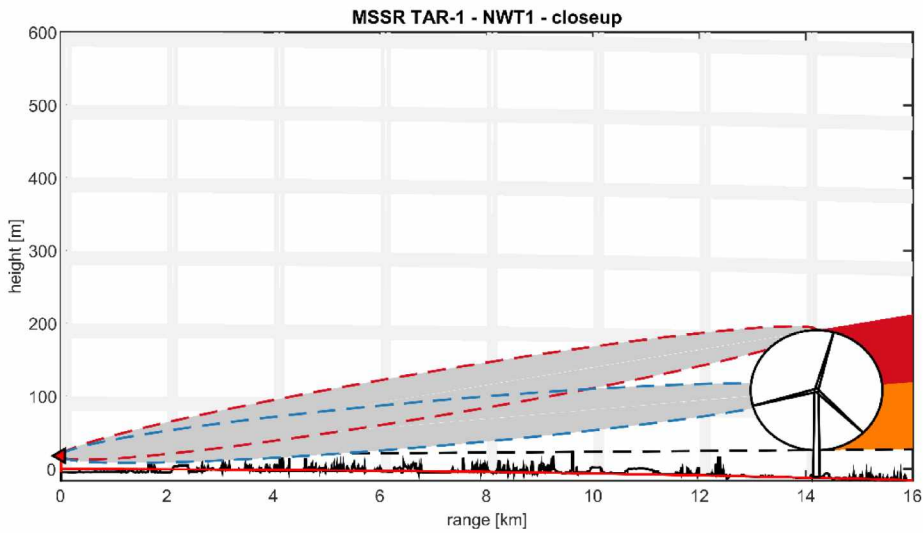
In alle LoS figuren die volgen wordt de kromming van de aarde weergegeven met een rode lijn. De hoogte van het terrein op de lijn radarantenne-windturbine wordt weergegeven met een zwarte lijn. De radar zelf wordt aangegeven met een rode driehoek aan de linkerkant van de figuur. De turbine is in elke 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.

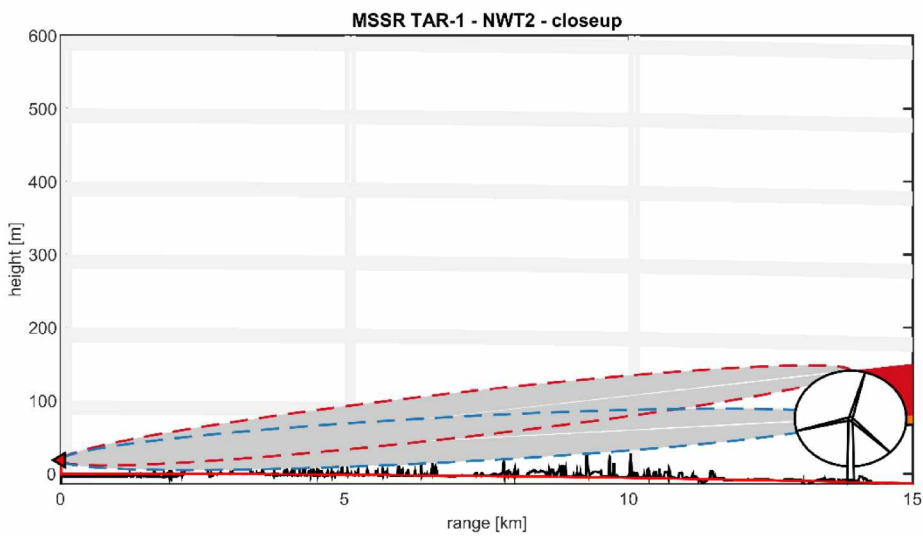
In de rode en oranje zones is de radar niet volledig 'blind'. De rode en oranje kleuren geven slechts aan waar de beïnvloeding van de windturbines op de radar performance kan voorkomen. In deze regionen komt het signaal van een SSR transponder richting de antennes nabij Schiphol langs een windturbine.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

Line-of-sight vanuit de TAR Centrum MSSR

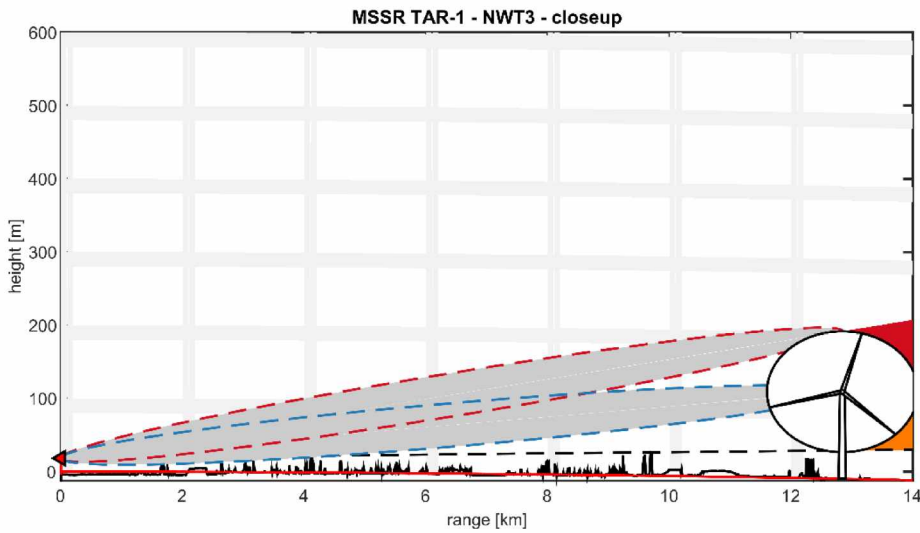
In Figuur 21 tot en met Figuur 36 wordt de LoS getoond de onderzochte windturbines, gezien vanuit de TAR Centrum. Allereerst de nieuwe windturbines en daarna de in dit onderzoek meegenomen bestaande windturbines. Verdere uitleg wordt onder ieder figuur gegeven.



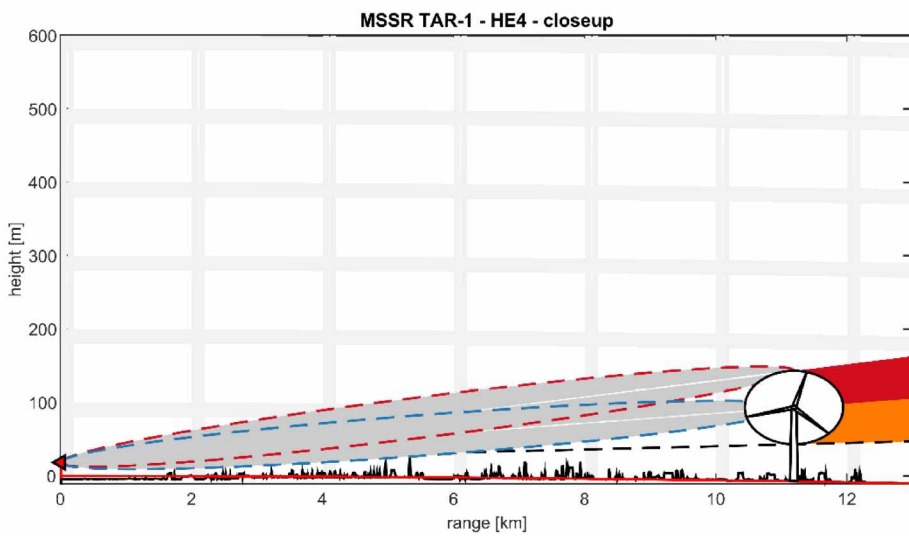
Figuur 21 Line-of-sight van de TAR Centrum naar de nieuwe windturbine WT1. De windturbine staat volledig in het zicht van de radar.



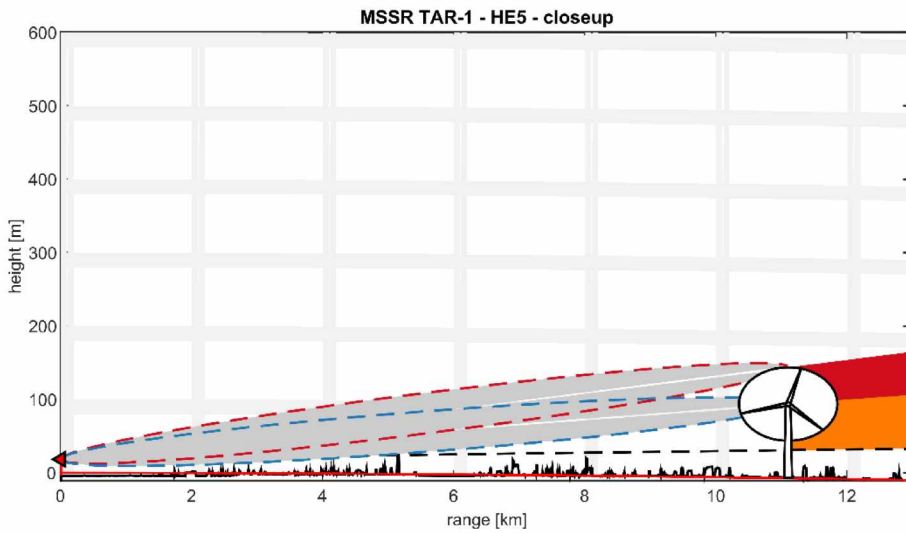
Figuur 22 Line-of-sight van de TAR Centrum naar de nieuwe windturbine NWT2. De windturbine staat volledig in het zicht van de radar.



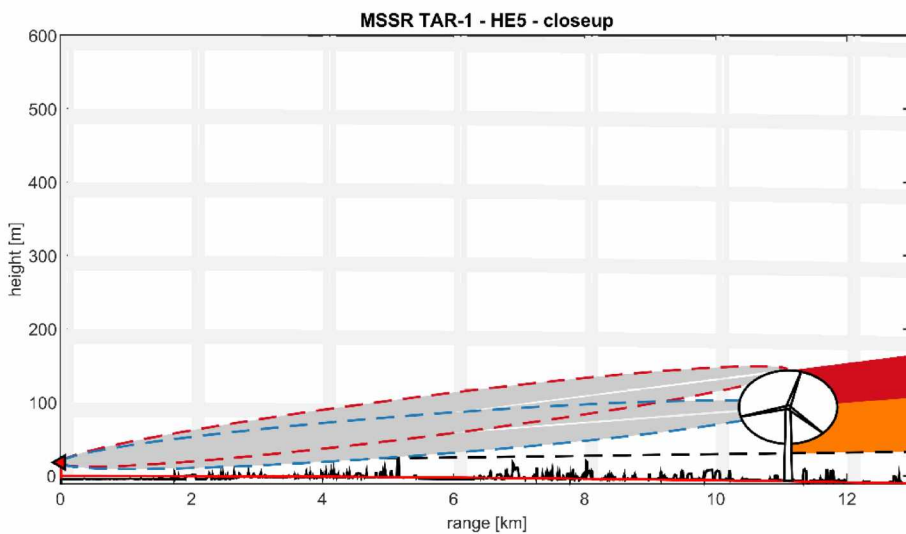
Figuur 23 Line-of-sight van de TAR Centrum naar de nieuwe windturbine NWT3. De windturbine staat volledig in het zicht van de radar.



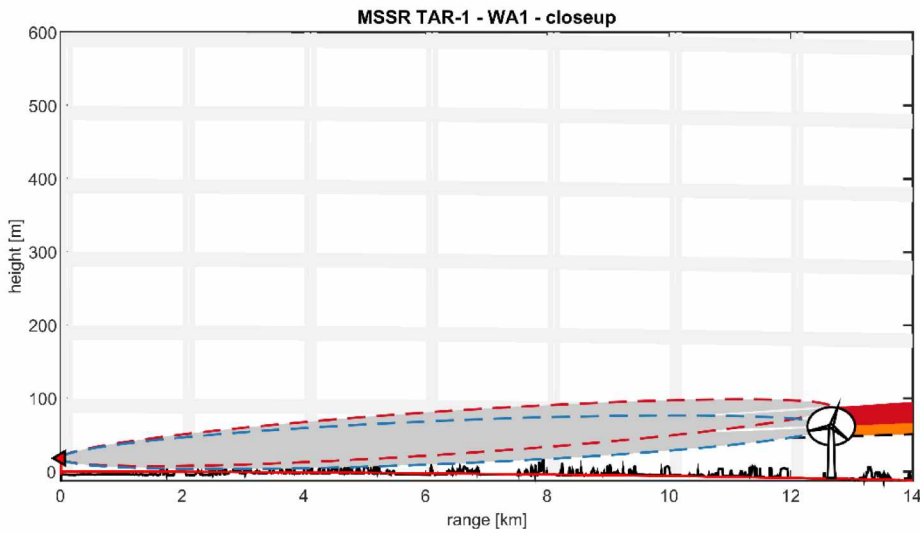
Figuur 24 Line-of-sight van de TAR Centrum naar de bestaande windturbine Hemweg HE4. De windturbine staat in het zicht van de radar, maar is sprake van gedeeltelijke obstructie van de Fresnel zones.



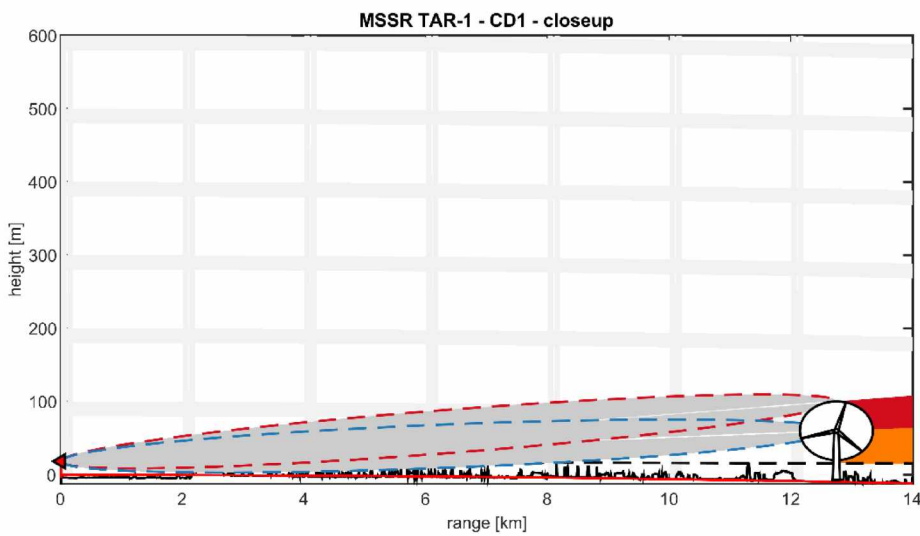
Figuur 25 Line-of-sight van de TAR Centrum naar de bestaande windturbine Hemweg HE5. De windturbine staat in het zicht van de radar, maar is sprake van gedeeltelijke obstructie van de Fresnel zones.



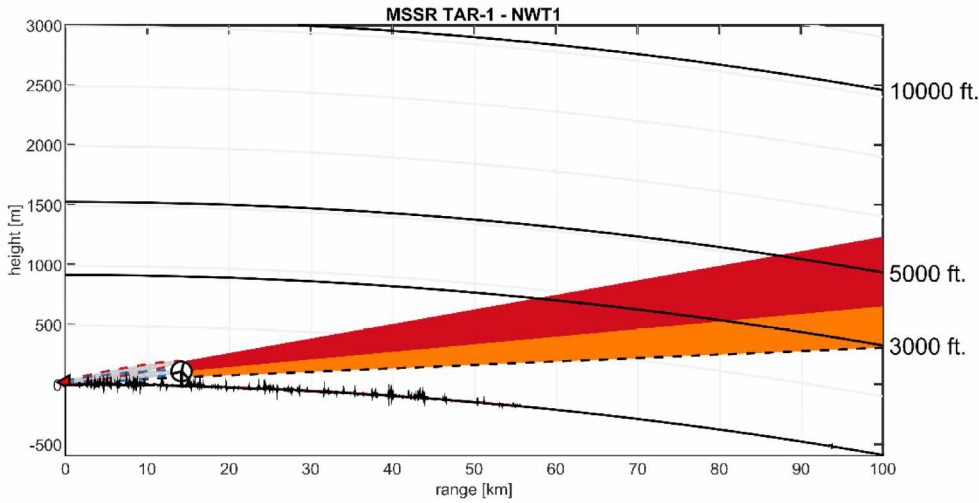
Figuur 26 Line-of-sight van de TAR Centrum naar de bestaande windturbine Hemweg HE6. De windturbine staat in het zicht van de radar, maar is sprake van gedeeltelijke obstructie van de Fresnel zones.



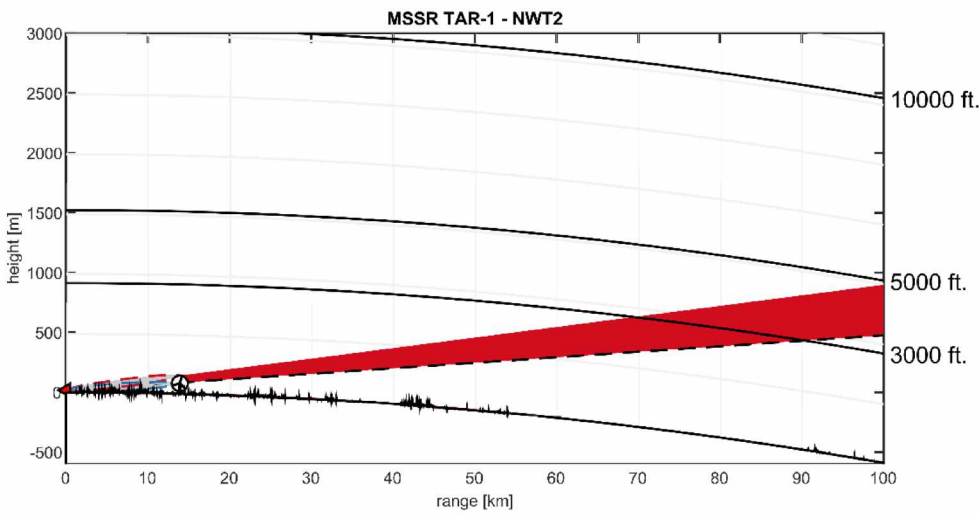
Figuur 27 Line-of-sight van de TAR Centrum naar de bestaande windturbine Windenergie Achtersluispolder WA1. De windturbine staat in het zicht van de radar, maar is sprake van gedeeltelijke obstructie van de Fresnel zones.



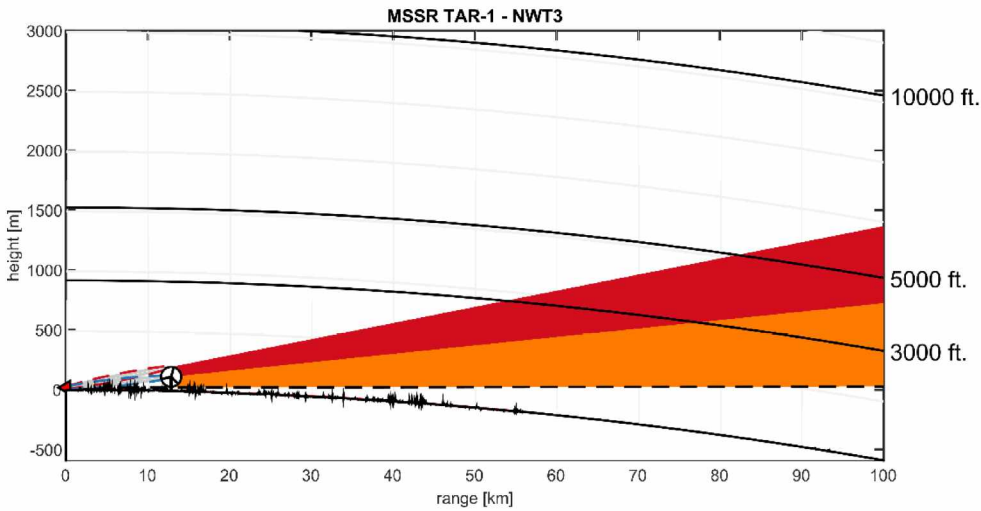
Figuur 28 Line-of-sight van de TAR Centrum naar de bestaande windturbine Cornelis Douwes CD1. De windturbine staat in het zicht van de radar, maar is sprake van gedeeltelijke obstructie van de Fresnel zones.



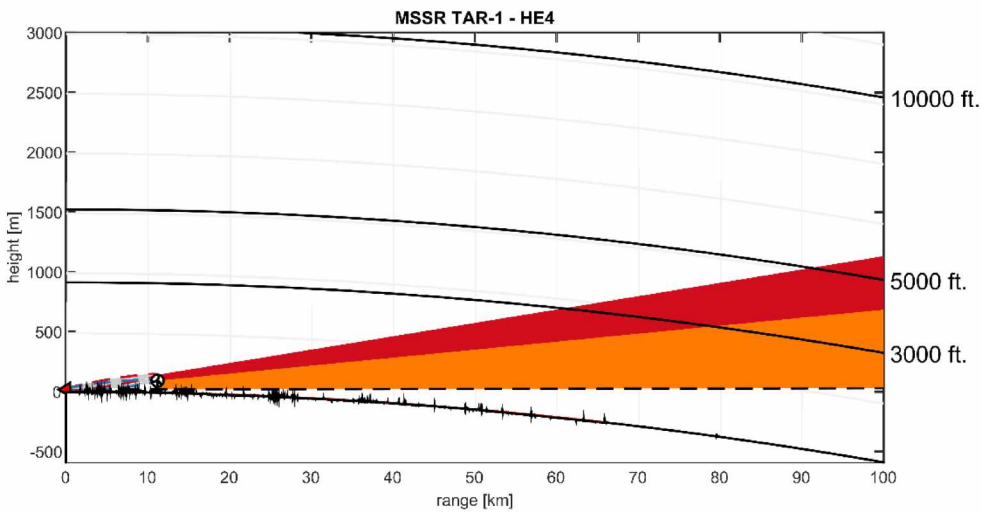
Figuur 29 Line-of-sight van TAR Centrum naar de nieuwe windturbine NWT1, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de TAR Centrum. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is.



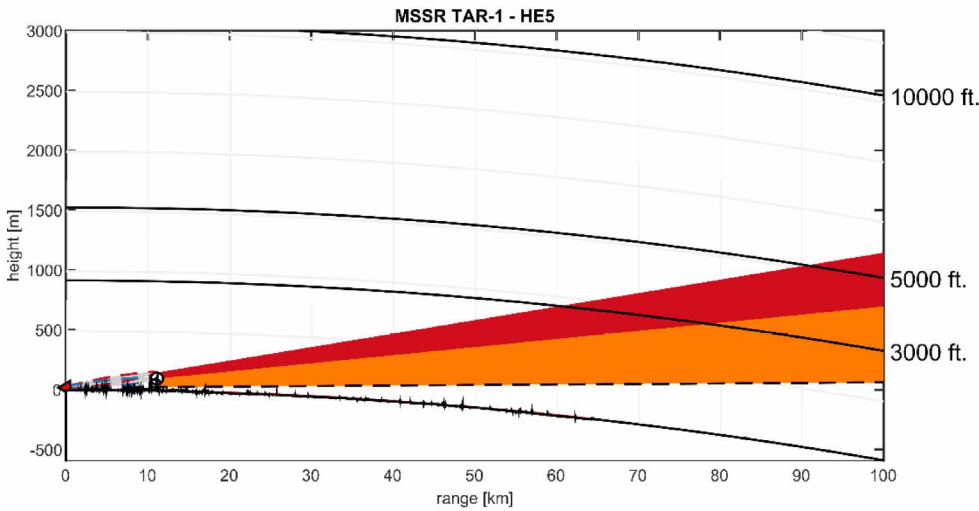
Figuur 30 Line-of-sight van TAR Centrum naar de nieuwe windturbine NWT2, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de TAR Centrum. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is.



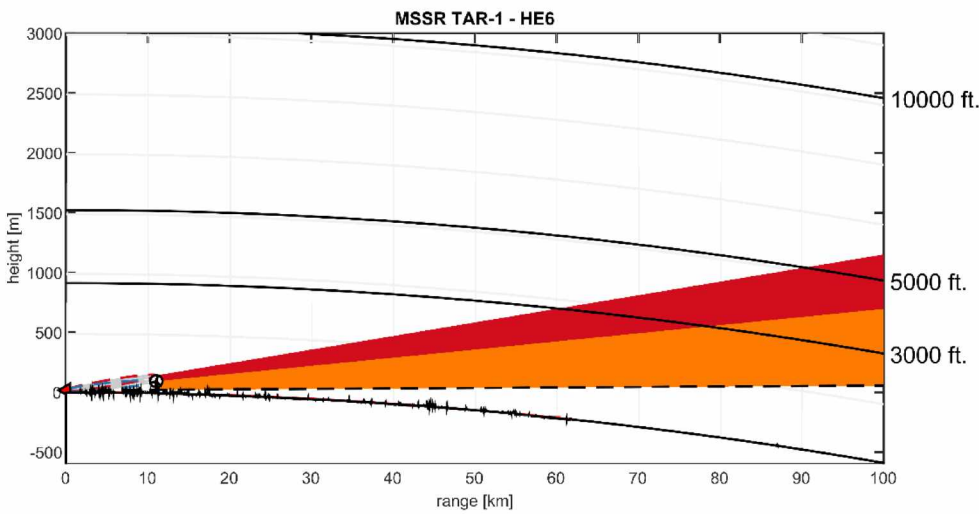
Figuur 31 Line-of-sight van TAR Centrum naar de nieuwe windturbine NWT3, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de TAR Centrum. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is.



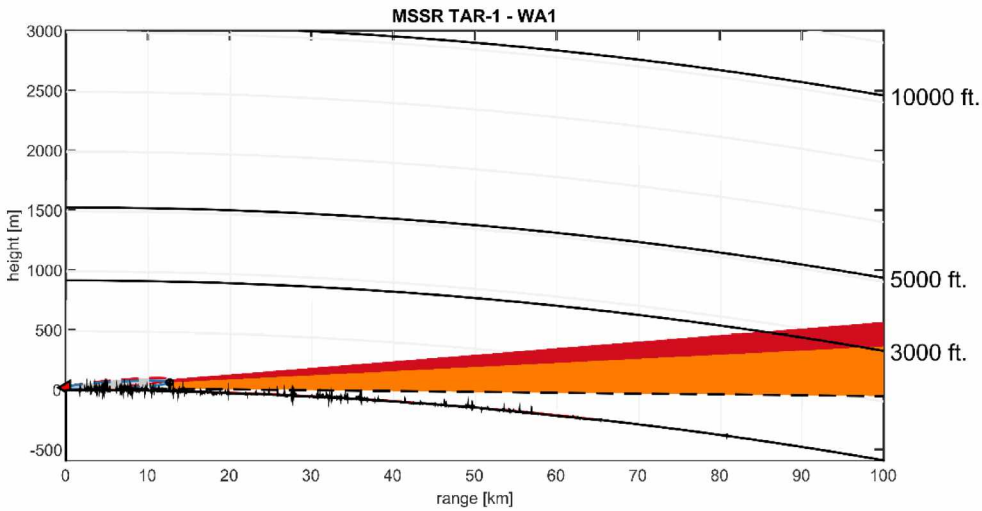
Figuur 32 Line-of-sight van TAR Centrum naar de bestaande windturbine Hemweg HE4, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de TAR Centrum. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is.



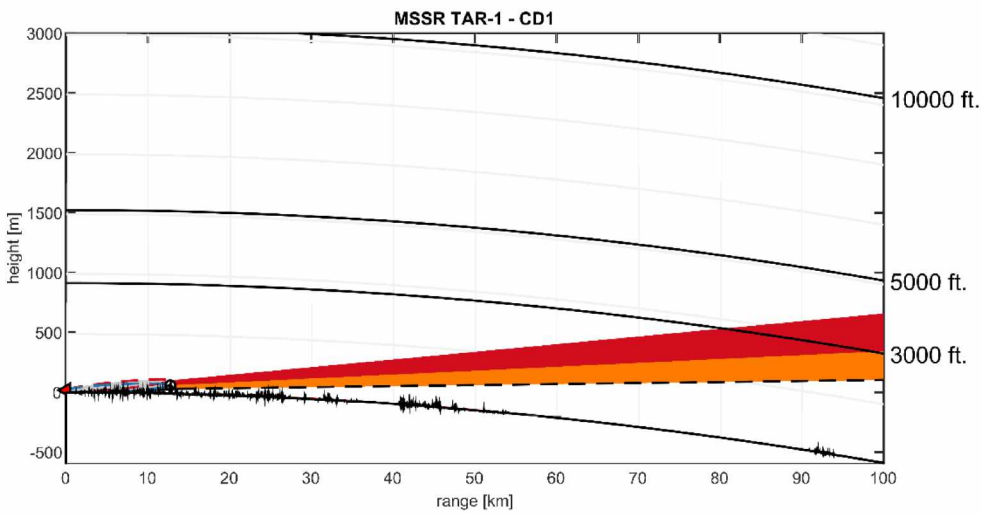
Figuur 33 Line-of-sight van TAR Centrum naar de bestaande windturbine Hemweg HE5, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de TAR Centrum. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstering van het windpark nog van invloed is.



Figuur 34 Line-of-sight van TAR Centrum naar de bestaande windturbine Hemweg HE6, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de TAR Centrum. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstering van het windpark nog van invloed is.



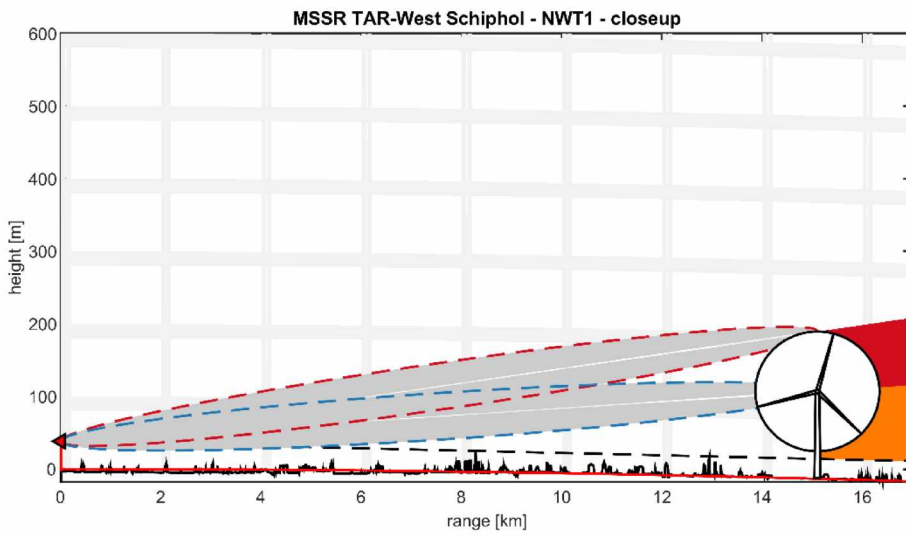
Figuur 35 Line-of-sight van TAR Centrum naar de bestaande windturbine Windenergie Achtersluispolder WA1, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de TAR Centrum. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is.



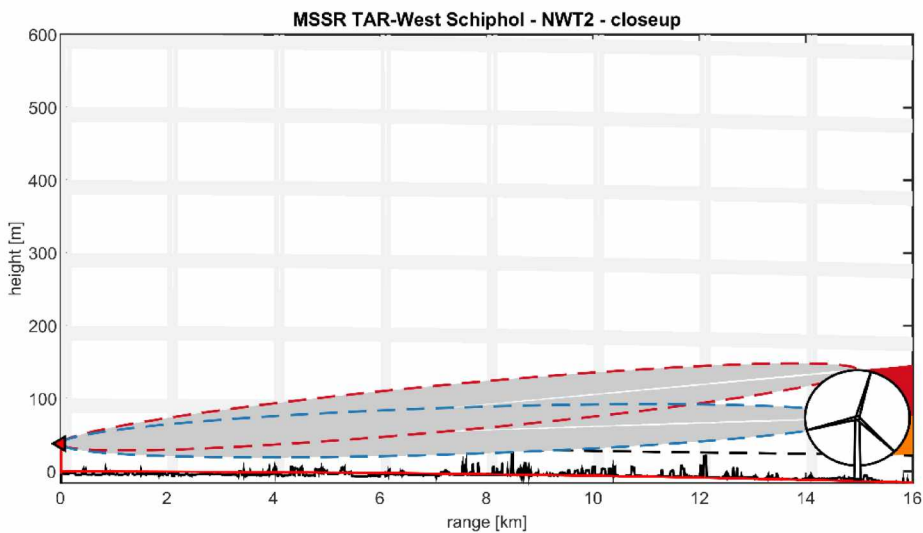
Figuur 36 Line-of-sight van TAR Centrum naar de bestaande windturbine Cornelis Douwes CD1, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de TAR Centrum. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is.

Line-of-sight vanuit de TAR West MSSR

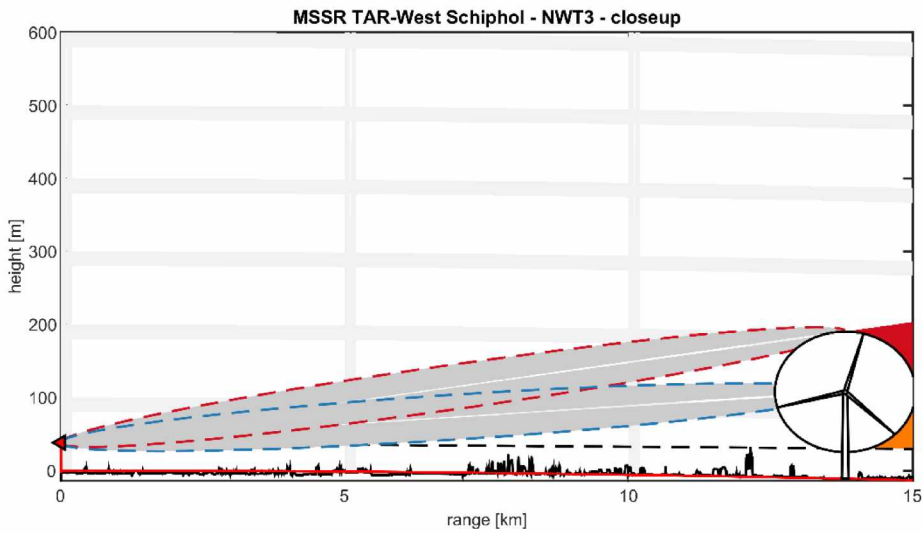
In Figuur 37 tot en met Figuur 56 wordt de LoS getoond naar de onderzochte windturbines gezien vanuit de TAR West. Allereerst de nieuwe windturbines en daarna de in dit onderzoek meegenomen bestaande windturbines. Verdere uitleg wordt onder ieder figuur gegeven.



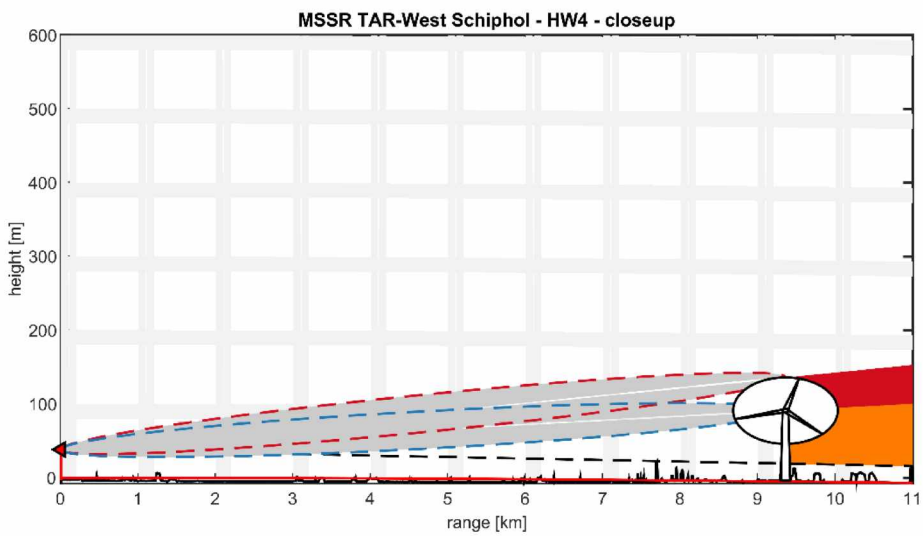
Figuur 37 Line-of-sight van de TAR West naar de nieuwe windturbine NWT1. De windturbine staat volledig in het zicht van de radar.



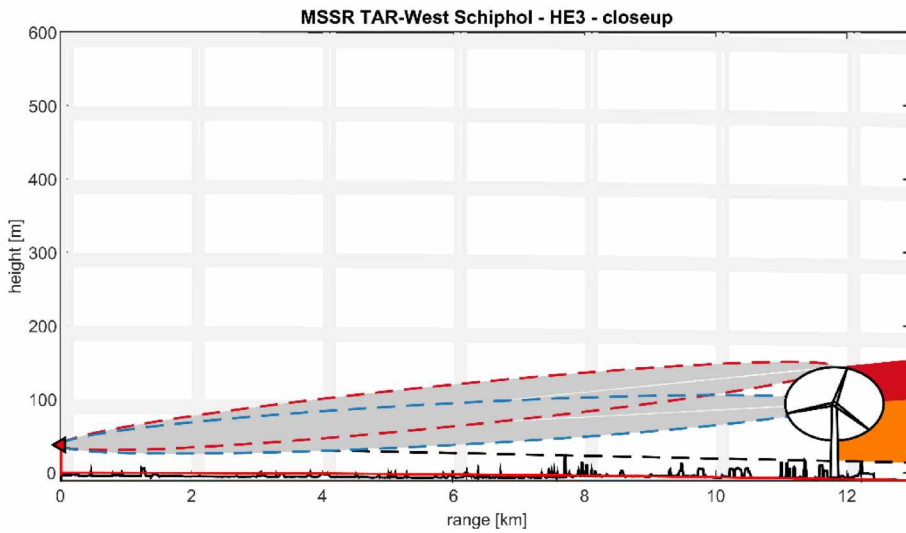
Figuur 38 Line-of-sight van de TAR West naar de nieuwe windturbine NWT2. De windturbine staat volledig in het zicht van de radar.



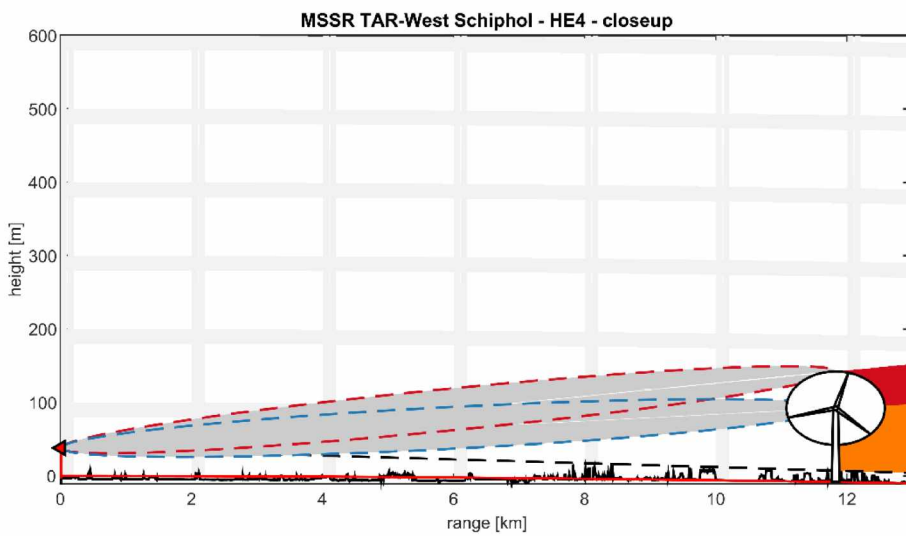
Figuur 39 Line-of-sight van de TAR West naar de nieuwe windturbine NWT3. De windturbine staat volledig in het zicht van de radar.



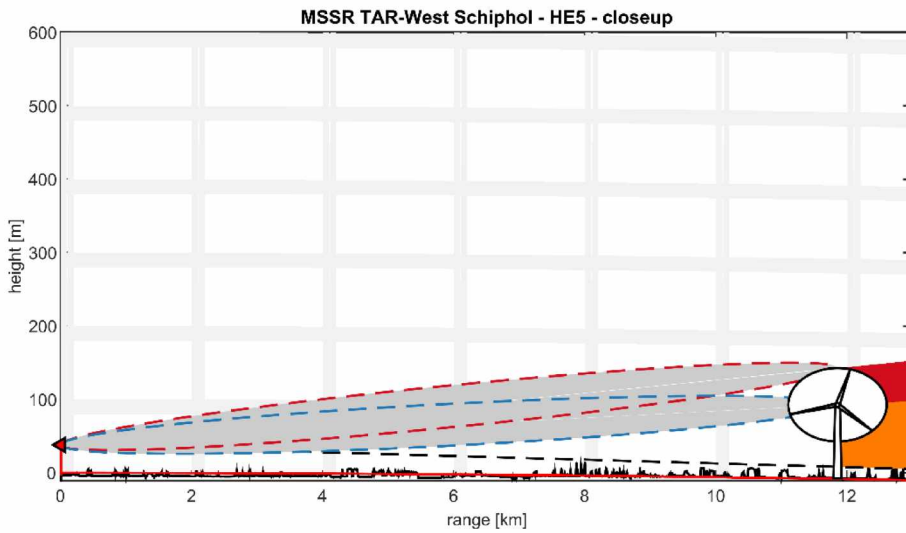
Figuur 40 Line-of-sight van de TAR West naar de bestaande windturbine Havenweg HW4. De windturbine staat volledig in het zicht van de radar.



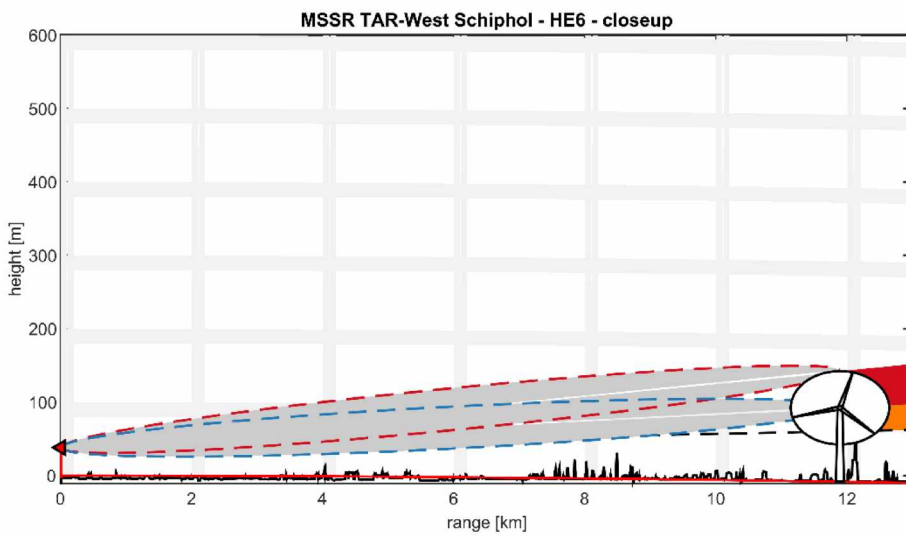
Figuur 41 Line-of-sight van de TAR West naar de bestaande windturbine Hemweg HE3. De windturbine staat volledig in het zicht van de radar.



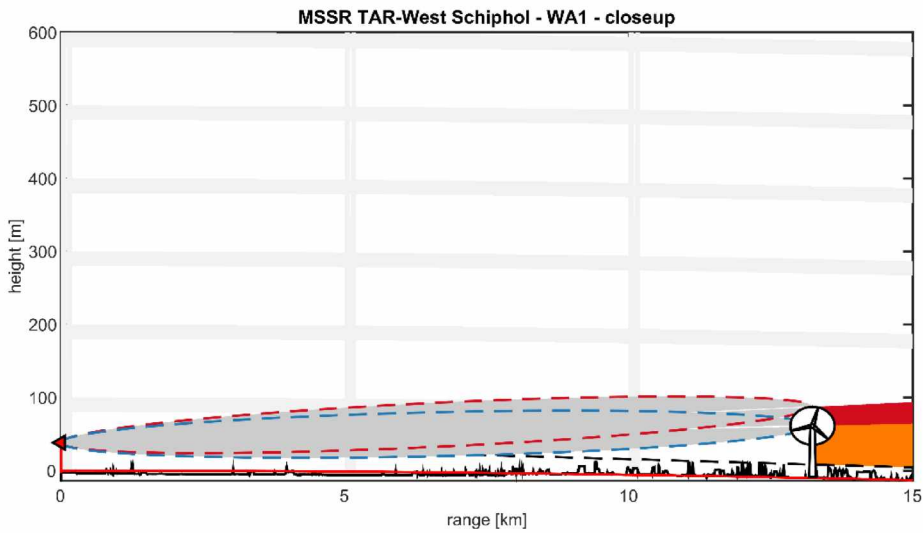
Figuur 42 Line-of-sight van de TAR West naar de bestaande windturbine Hemweg HE4. De windturbine staat volledig in het zicht van de radar.



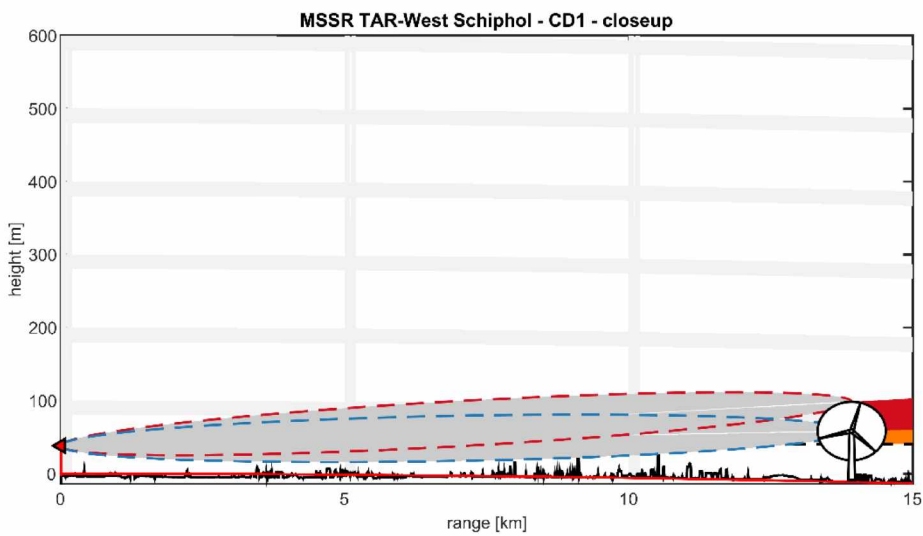
Figuur 43 Line-of-sight van de TAR West naar de bestaande windturbine Hemweg HE5. De windturbine staat volledig in het zicht van de radar.



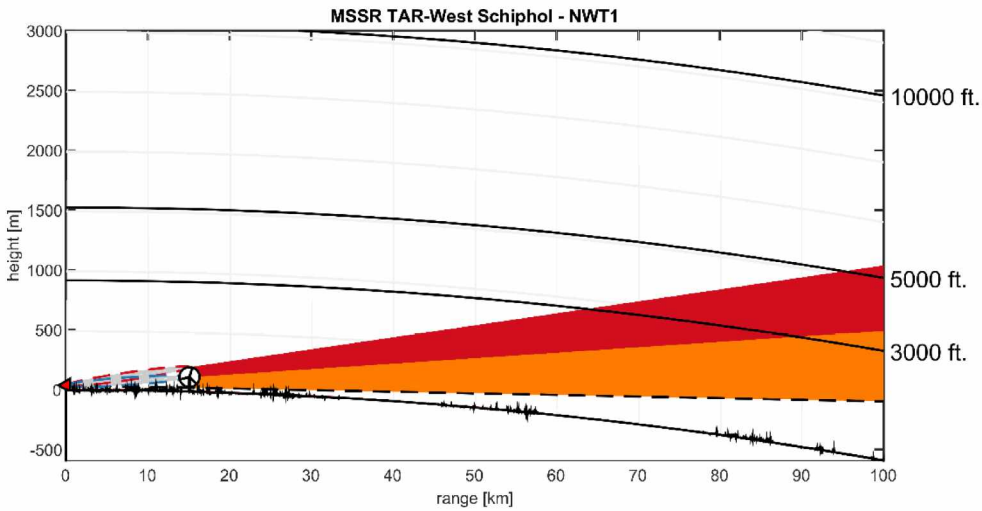
Figuur 44 Line-of-sight van de TAR West naar de bestaande windturbine Hemweg HE6. De windturbine staat volledig in het zicht van de radar.



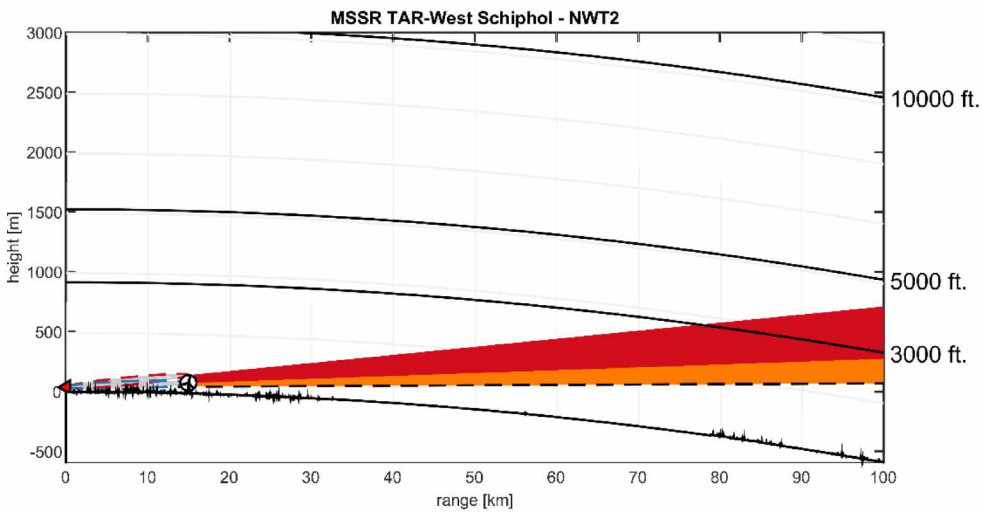
Figuur 45 Line-of-sight van de TAR West naar de bestaande windturbine Windenergie Achtersluispolder WA1. De windturbine staat volledig in het zicht van de radar.



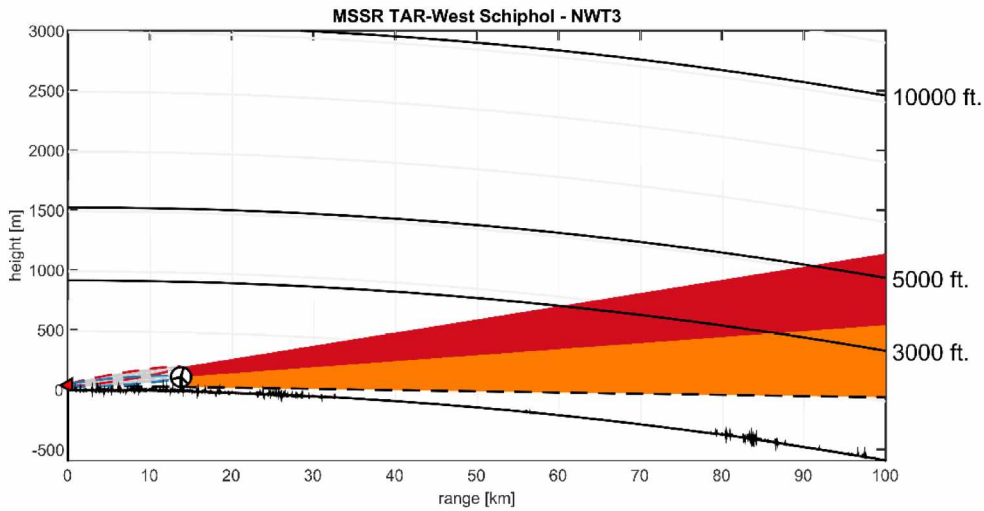
Figuur 46 Line-of-sight van de TAR West naar de bestaande windturbine Cornelis Douwes CD1. De windturbine staat volledig in het zicht van de radar.



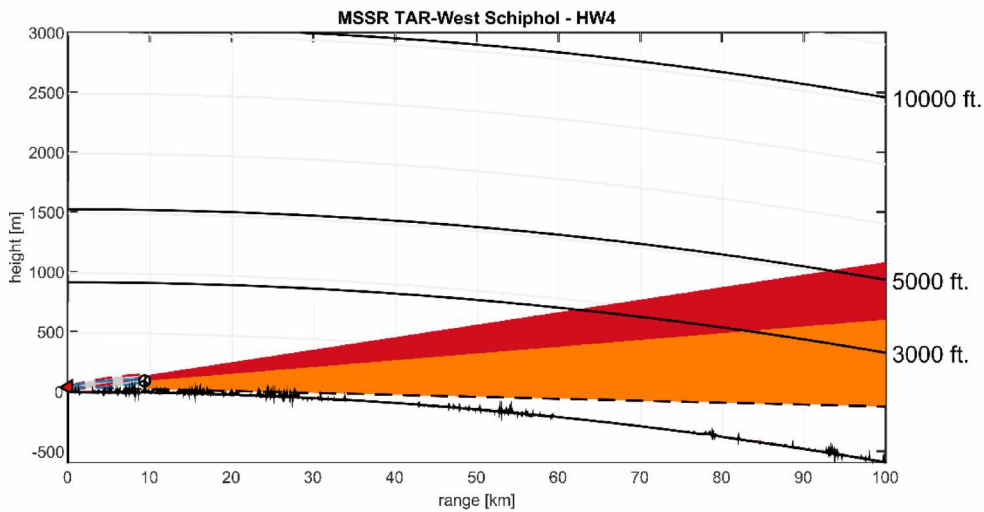
Figuur 47 Line-of-sight van TAR West naar de nieuwe windturbine NWT1, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de MSSR. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is.



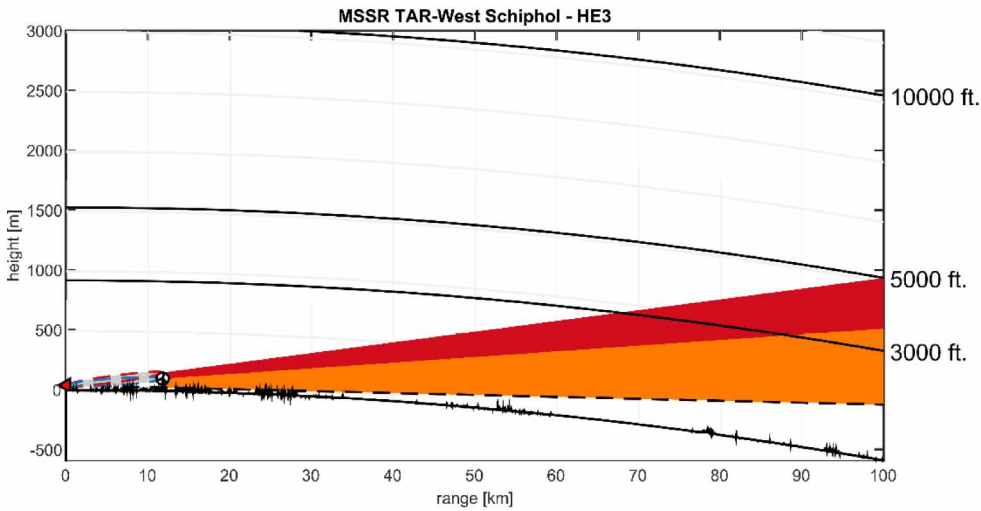
Figuur 48 Line-of-sight van TAR West naar de nieuwe windturbine NWT2, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de MSSR. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is.



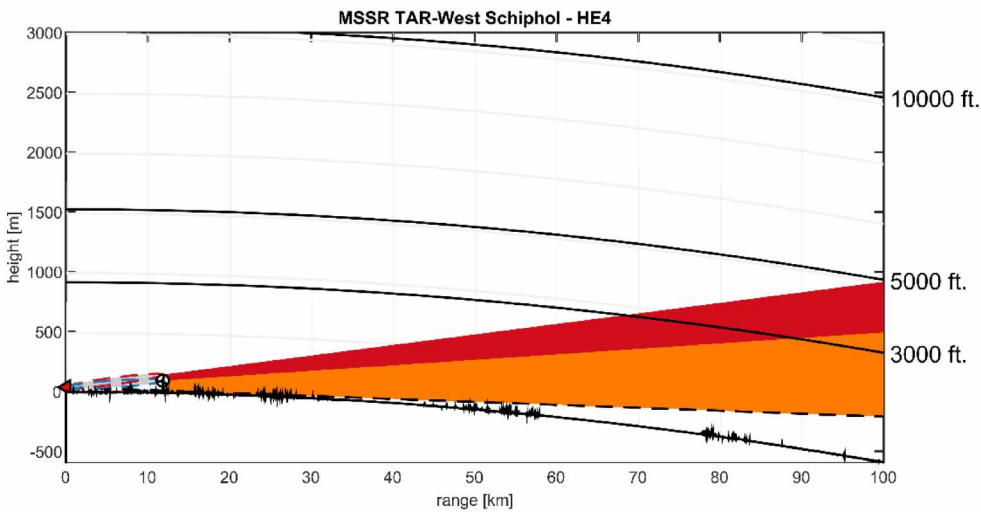
Figuur 49 Line-of-sight van TAR West naar de nieuwe windturbine NWT3, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de MSSR. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is.



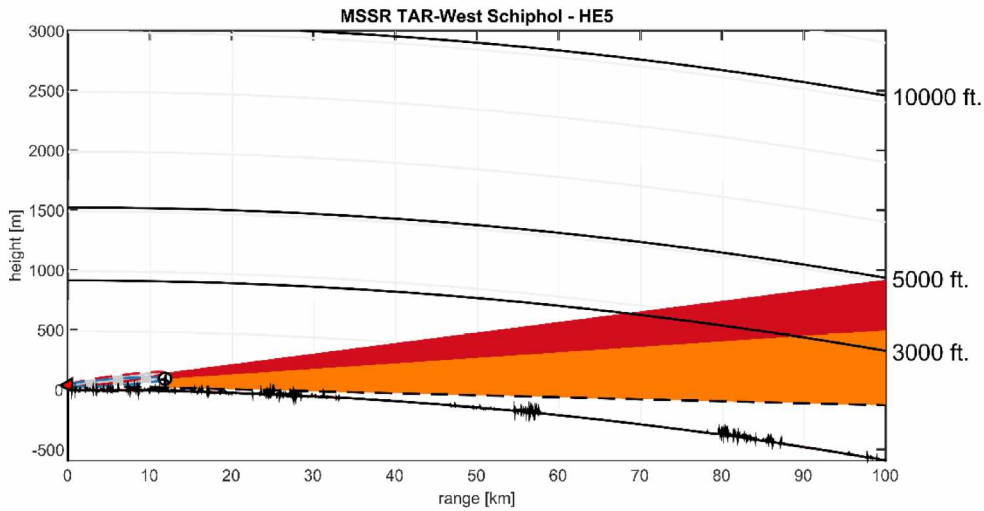
Figuur 50 Line-of-sight van TAR West naar de bestaande windturbine Havenweg HW4, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de MSSR. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is.



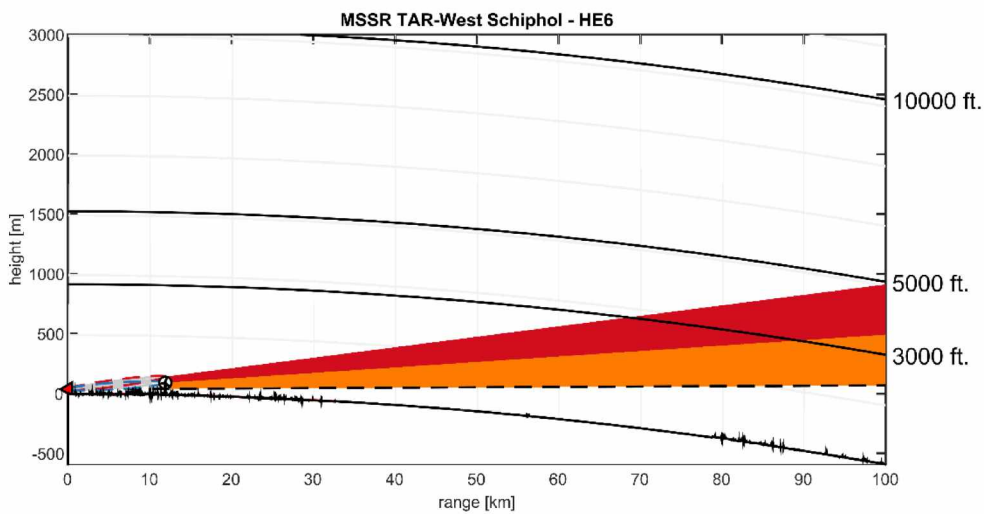
Figuur 51 Line-of-sight van TAR West naar de bestaande windturbine Hemweg HE3, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de MSSR. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstering van het windpark nog van invloed is.



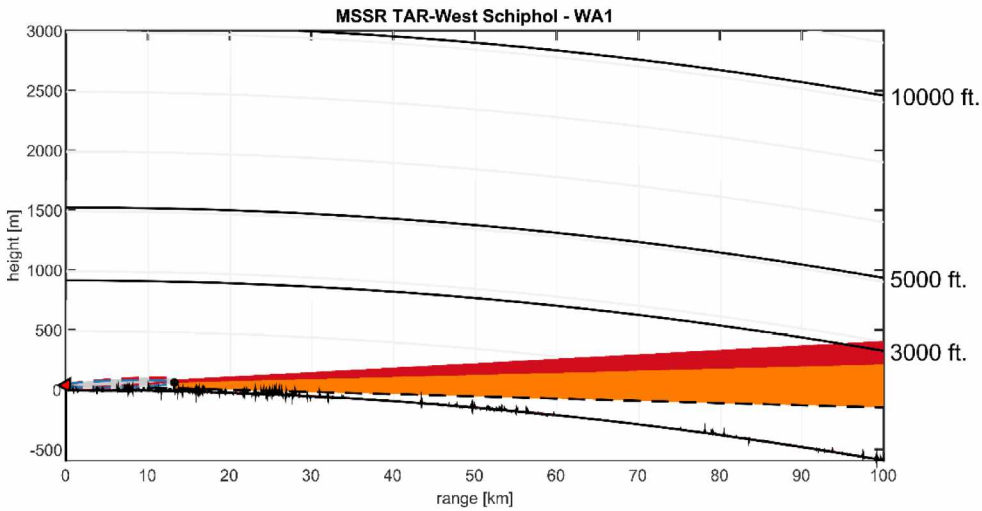
Figuur 52 Line-of-sight van TAR West naar de bestaande windturbine Hemweg HE4, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de MSSR. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstering van het windpark nog van invloed is.



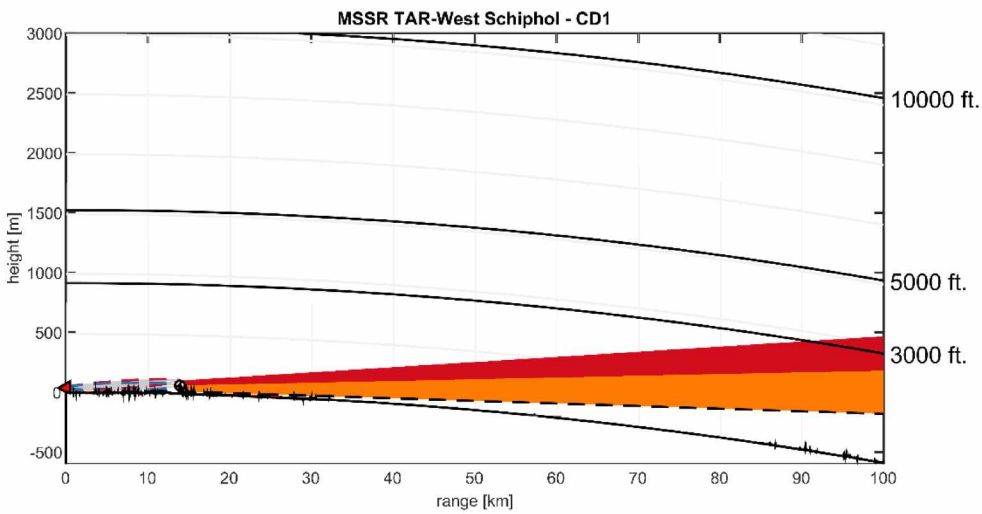
Figuur 53 Line-of-sight van TAR West naar de bestaande windturbine Hemweg HE5, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de MSSR. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is.



Figuur 54 Line-of-sight van TAR West naar de bestaande windturbine Hemweg HE6, 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.



Figuur 55 Line-of-sight van TAR West naar de bestaande windturbine Windenergie Achtersluispolder WA1, 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.

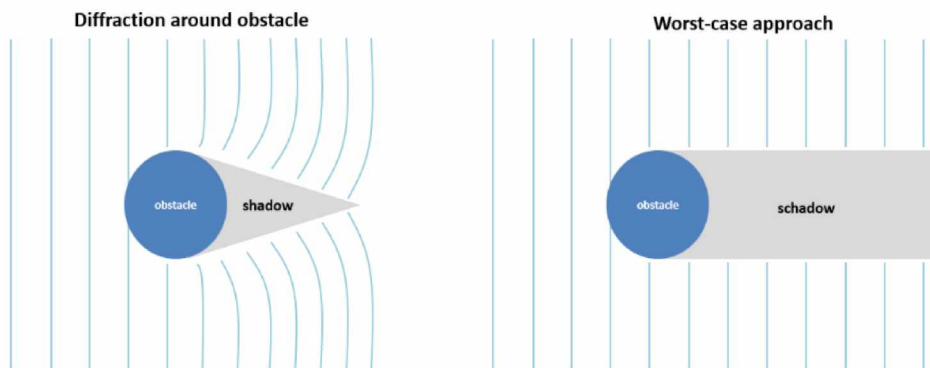


Figuur 56 Line-of-sight van TAR West naar de bestaande windturbine Cornelis Douwes CD1, maar nu doorgetrokken tot 100 km vanaf de MSSR. De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is.

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 TAR Centrum en in de daaropvolgende paragraaf voor de TAR West MSSR. De dekking diagrammen worden getoond voor doelen op vlieghoogtes van 3000, 5000 en 10000 voet. Een dekkingsdiagram laat beter zien of een secundaire radar een doel kan “zien” op een gegeven vlieghoogte.

Een windturbine in het pad van de zichtlijn tussen de radar en het doel beïnvloedt de zichtbaarheid, maar het doel zal in elk geval niet onzichtbaar zijn. Dit principe wordt weergegeven in Figuur 57. Radio golven buigen af rond een obstakel, dit limiteert de schaduwzone direct achter het obstakel.



Figuur 57 Grafische weergave van diffractie effecten

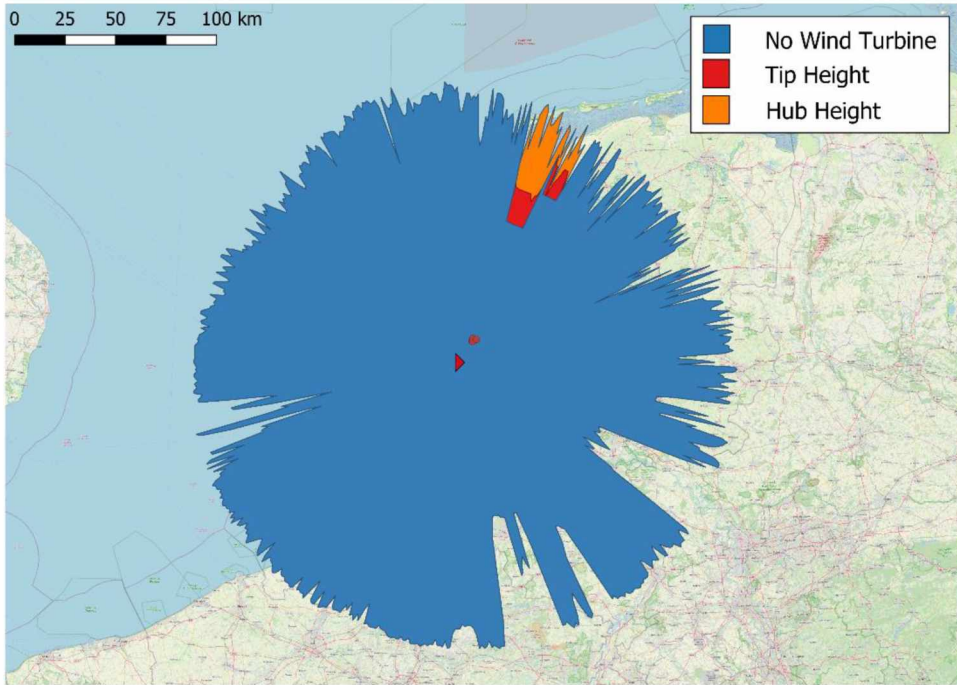
De beïnvloede azimuthzone van een windturbine is vastgelegd op 2.5° aan weerszijden van de turbine, dus 5° in het totaal. Buiten deze 2.5° azimuthzone is de impact van de windturbine op de peilingshoek bepaling kleiner dan de MSSR peilingshoek nauwkeurigheid. Dit wordt later uitgebreider besproken.

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

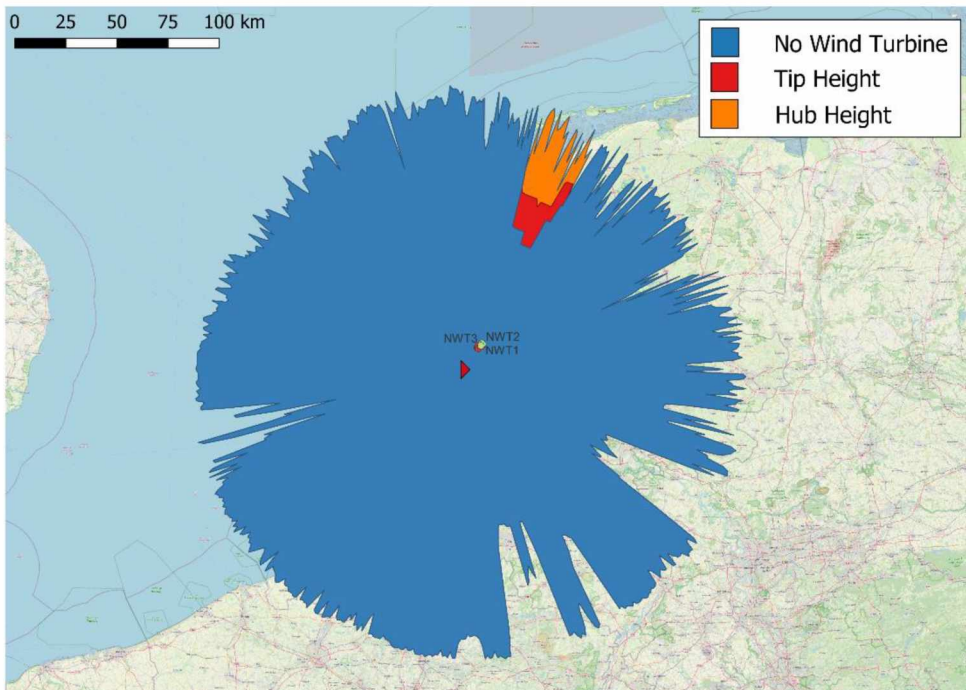
Line-of-sight dekking diagrammen voor de TAR Centrum MSSR

De line-of-sight dekking diagrammen voor de TAR Centrum MSSR voor doelhoogtes van 3000 voet, 5000 voet en 10000 voet worden getoond in de Figuur 58 tot en met Figuur 63. 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.

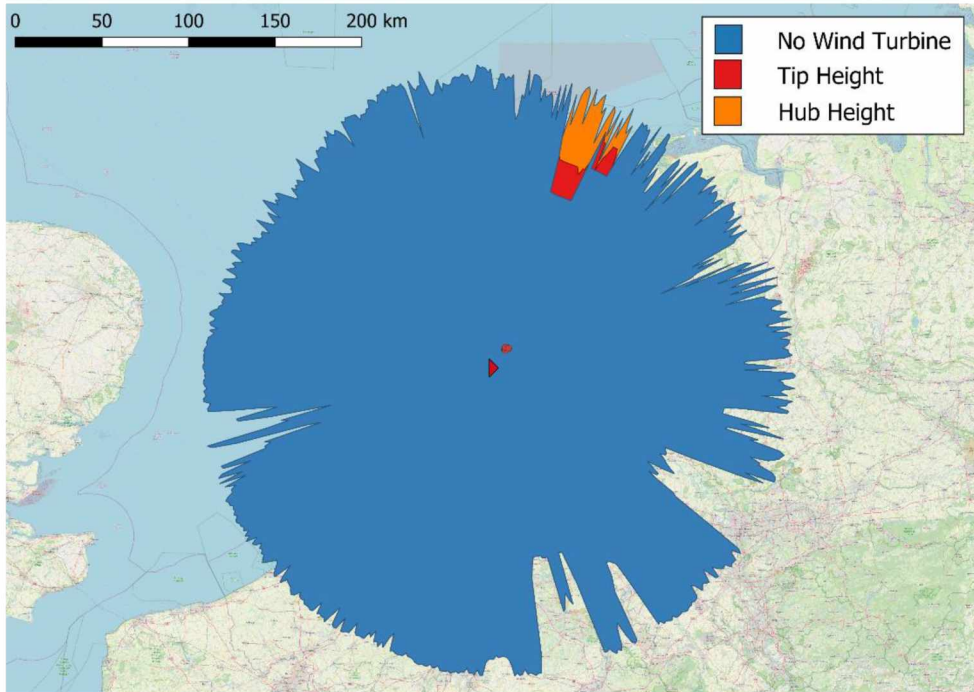
In de figuren kan worden gezien dat de geplande turbines de verstoorde azimuthzone verdiepen. In de zone 21° tot 29° is de dekking verminderd.



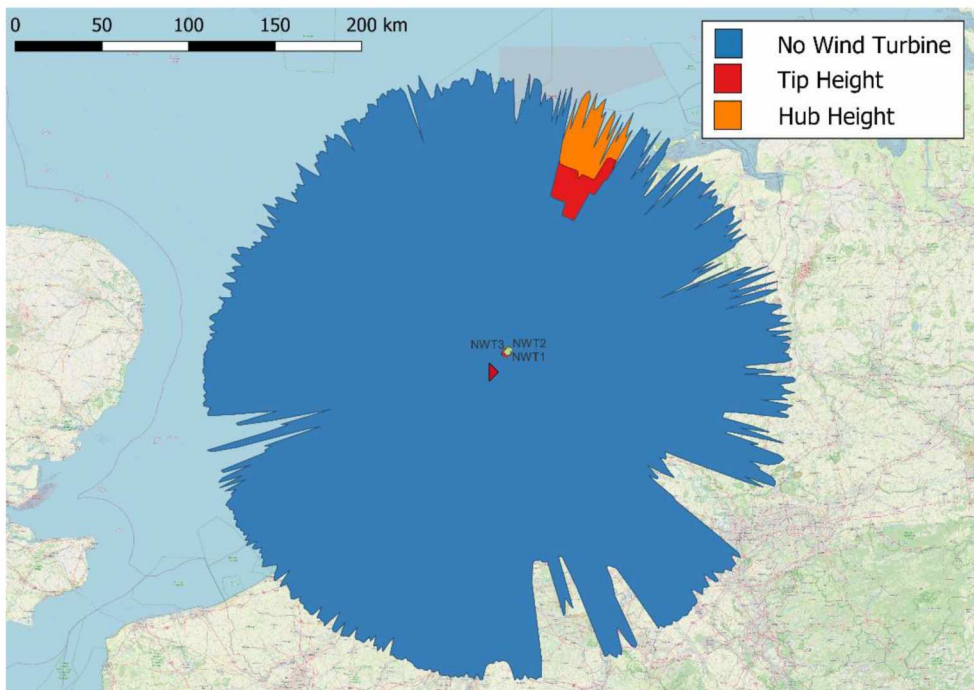
Figuur 58 Line-of-sight dekking diagram voor een doel op 3000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR Centrum MSSR. Alleen de bestaande windturbine is in beschouwing genomen.



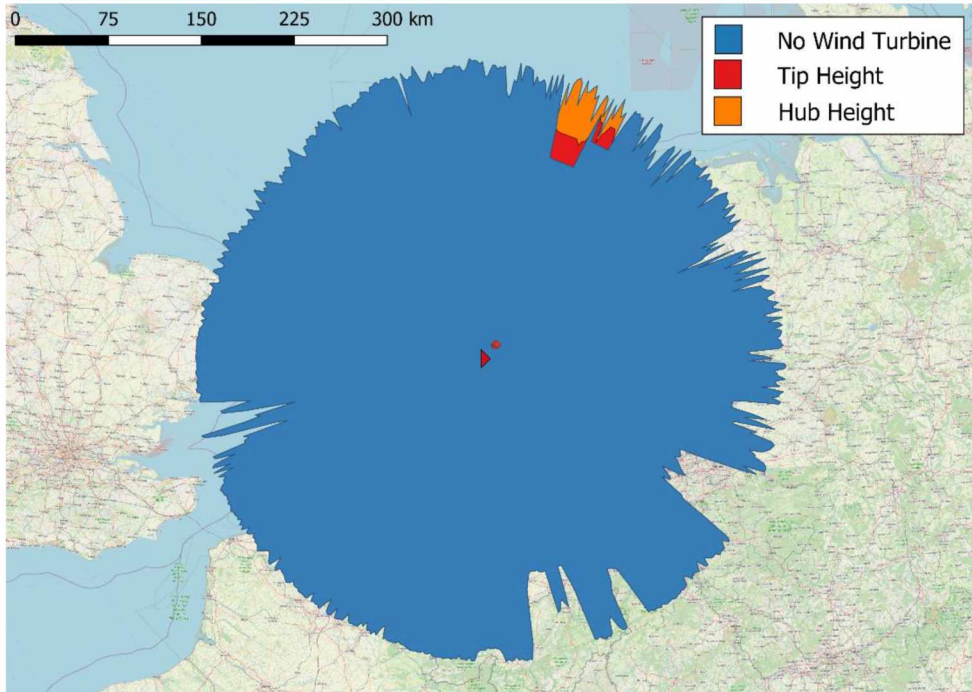
Figuur 59 Line-of-sight dekking diagram voor een doel op 3000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR Centrum MSSR. De nieuwe windturbines zijn nu ook in beschouwing genomen.



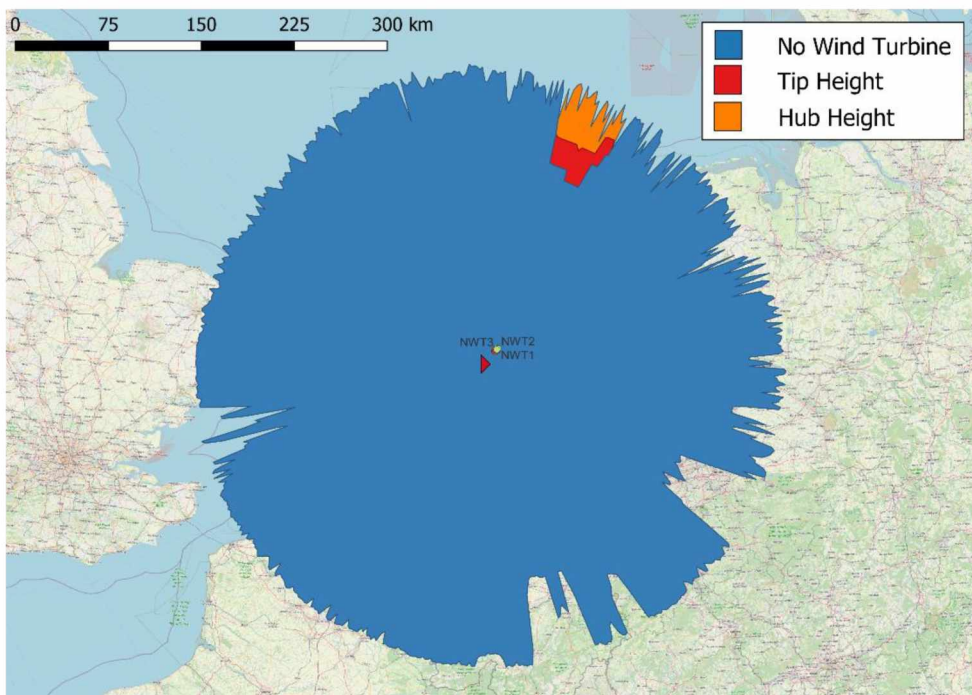
Figuur 60 Line-of-sight dekking diagram voor een doel op 5000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR Centrum MSSR. Alleen de bestaande windturbine is in beschouwing genomen.



Figuur 61 Line-of-sight dekking diagram voor een doel op 5000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR Centrum MSSR. De nieuwe windturbines zijn nu ook in beschouwing genomen.



Figuur 62 Line-of-sight dekking diagram voor een doel op 10000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR Centrum MSSR. Alleen de bestaande windturbine is in beschouwing genomen.

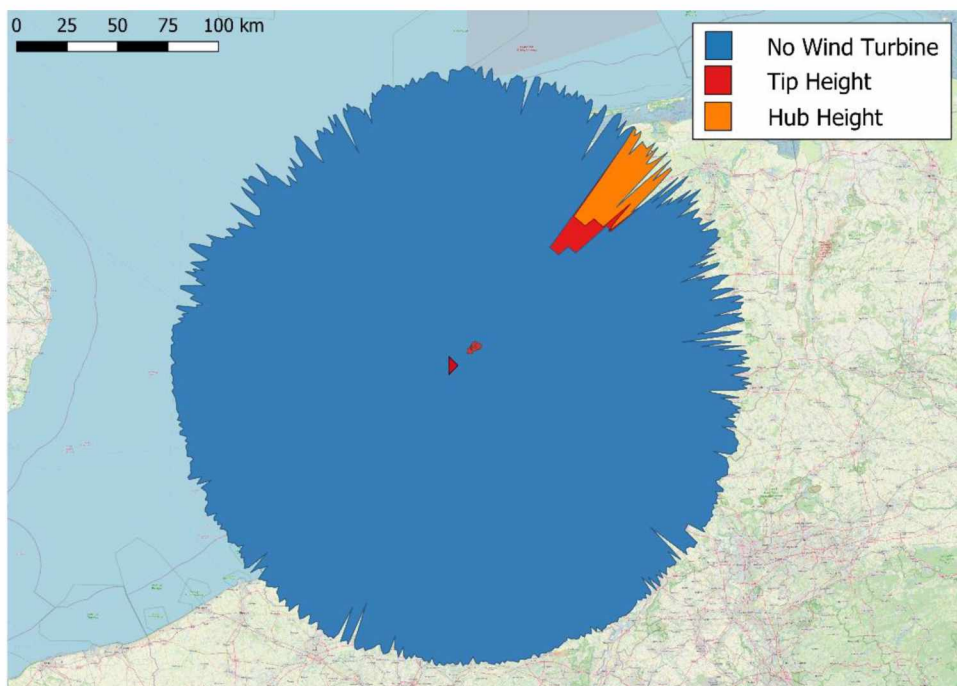


Figuur 63 Line-of-sight dekking diagram voor een doel op 10000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR Centrum MSSR. De nieuwe windturbines zijn nu ook in beschouwing genomen.

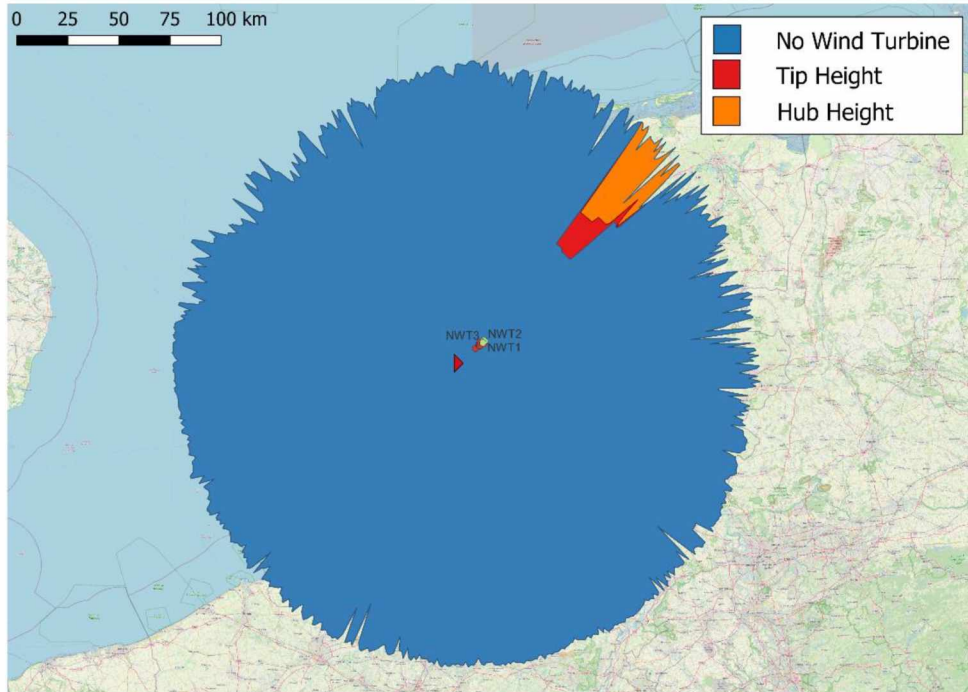
Line-of-sight dekking diagrammen voor de TAR West MSSR

De line-of-sight dekking diagrammen voor de TAR West MSSR voor doelhoogtes van 3000 voet, 5000 voet en 10000 voet worden getoond in de Figuur 64 tot en met Figuur 69. 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.

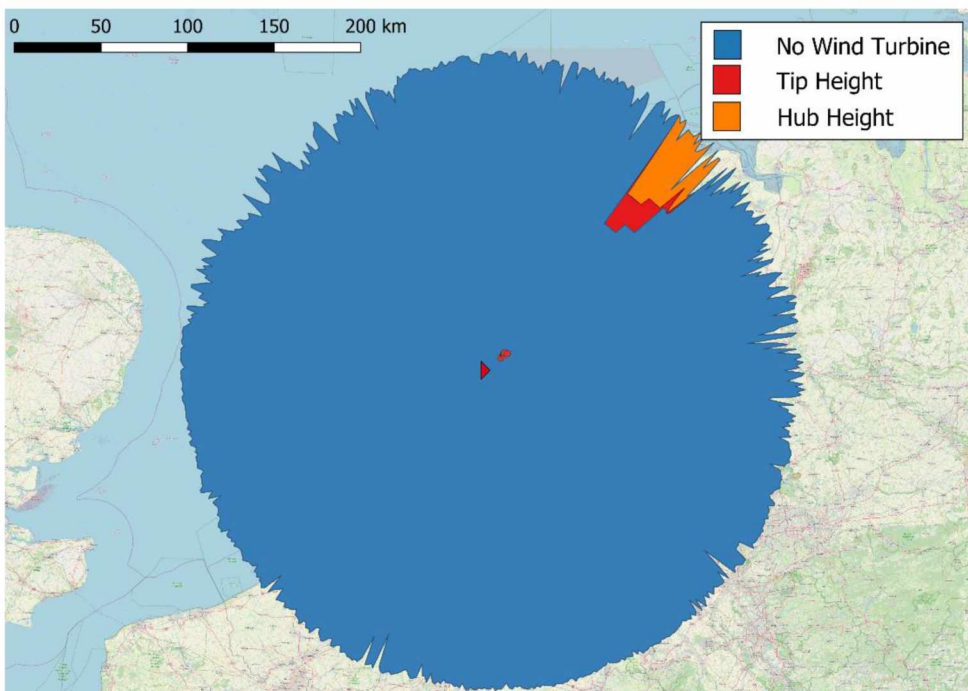
In de figuren kan worden gezien dat de geplande turbines de verstoorde azimutzone verdiepen. In de zone 41° tot 49° is de dekking verminderd.



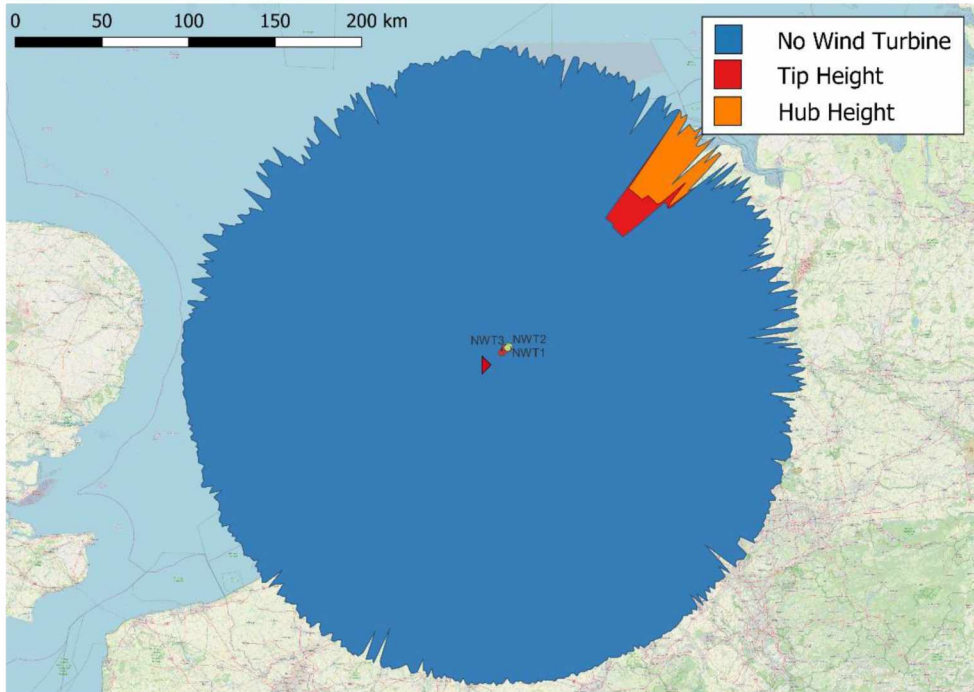
Figuur 64 Line-of-sight dekking diagram voor een doel op 3000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR West MSSR. Alleen de bestaande windturbine is in beschouwing genomen.



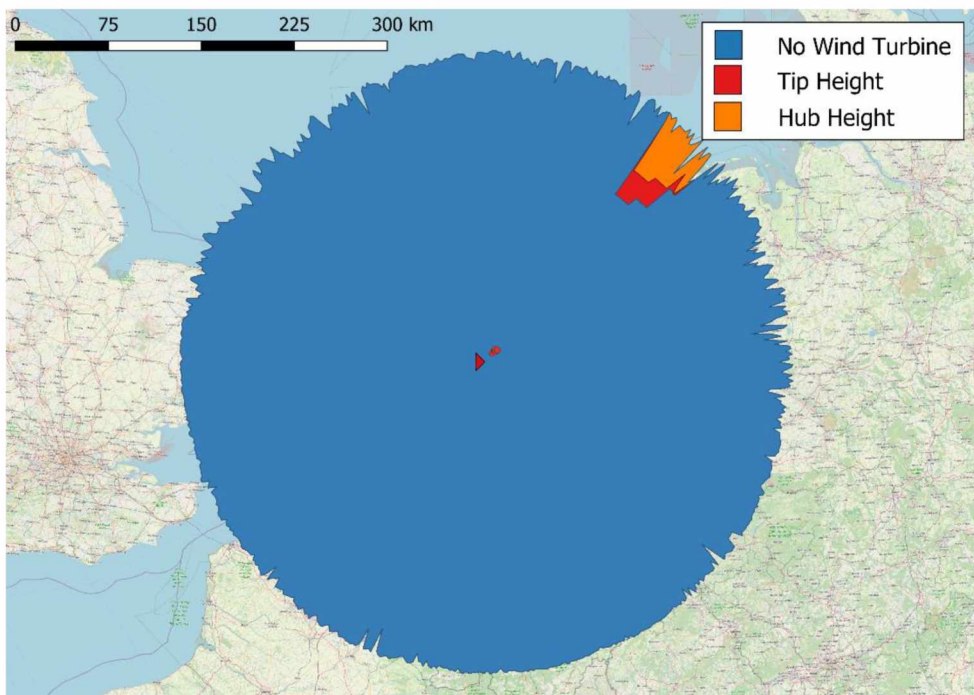
Figuur 65 Line-of-sight dekking diagram voor een doel op 3000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR West MSSR. De nieuwe windturbines zijn nu ook in beschouwing genomen.



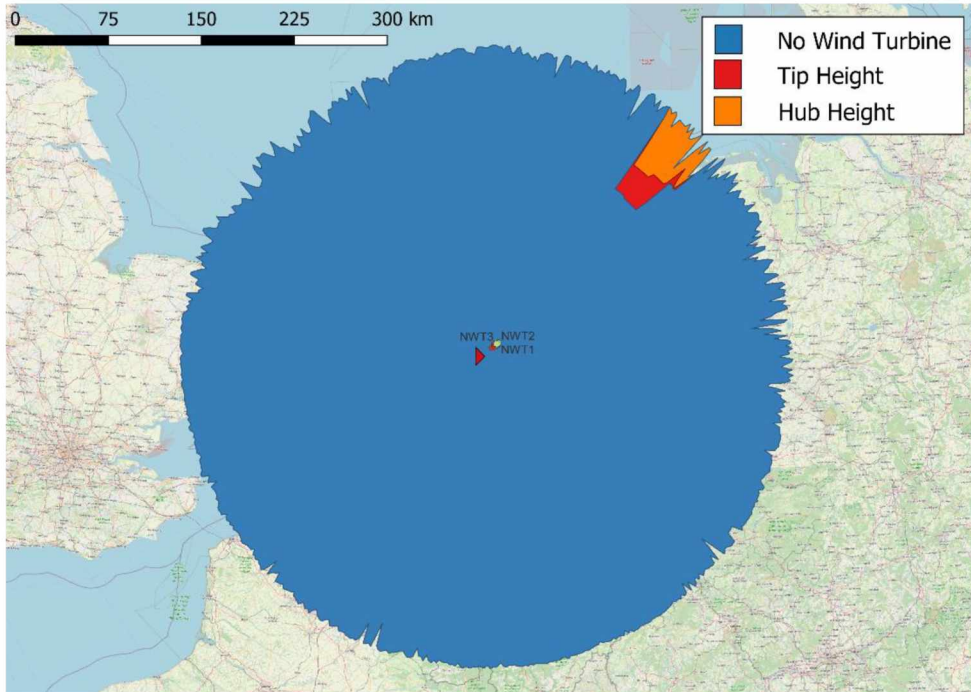
Figuur 66 Line-of-sight dekking diagram voor een doel op 5000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR West MSSR. Alleen de bestaande windturbine is in beschouwing genomen.



Figuur 67 Line-of-sight dekking diagram voor een doel op 5000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR West MSSR. De nieuwe windturbines zijn nu ook in beschouwing genomen.



Figuur 68 Line-of-sight dekking diagram voor een doel op 10000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR West MSSR. Alleen de bestaande windturbine is in beschouwing genomen.



Figuur 69 Line-of-sight dekking diagram voor een doel op 10000 voet boven NAP gezien vanuit de TAR West MSSR. De nieuwe windturbines zijn nu ook in beschouwing genomen.

Peilingsfouten berekeningen

Methode

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

In Figuur 70 wordt de MSSR antenne van de TAR West weergegeven en in Figuur 71 die van de TAR Centrum. 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.



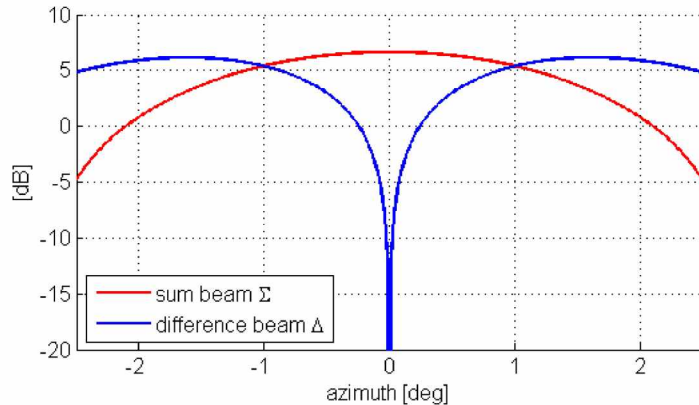
Figuur 70 De secundaire radarantenne gemonteerd op de STAR 2000 primaire radarantenne van de TAR West, bestaande uit 35 radar elementen.



Figuur 71 De TAR Centrum MSSR gelegen tussen de taxibanen van Schiphol.

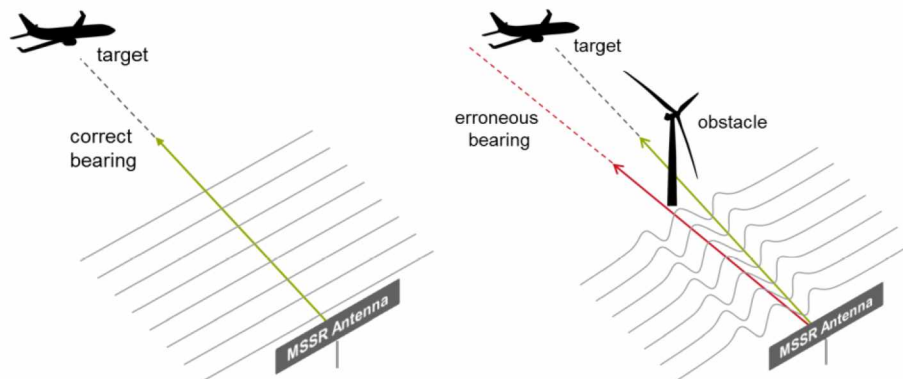
De peilingshoek naar een doel wordt bepaald met de zogenaamde monopulse techniek. Door verschillen weeg-factoren op ieder radarelement toe te passen worden twee radarbundels gevormd. Een zogenoemde sombundel en een verschilbundel, zie Figuur 72. Het transpondersignaal, afkomstig van het doel, wordt ontvangen 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 72 De som (rood) en verschilbundel (blauw) als functie van azimut. 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. Dat betekent dat bij het bepalen van de peilingshoek een fout wordt geïntroduceerd, zie Figuur 73. Deze hoekfout of off-boresight error (OBE) wordt hierna verder gekwantificeerd.



Figuur 73 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) cilindres. 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 cilindres, 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.

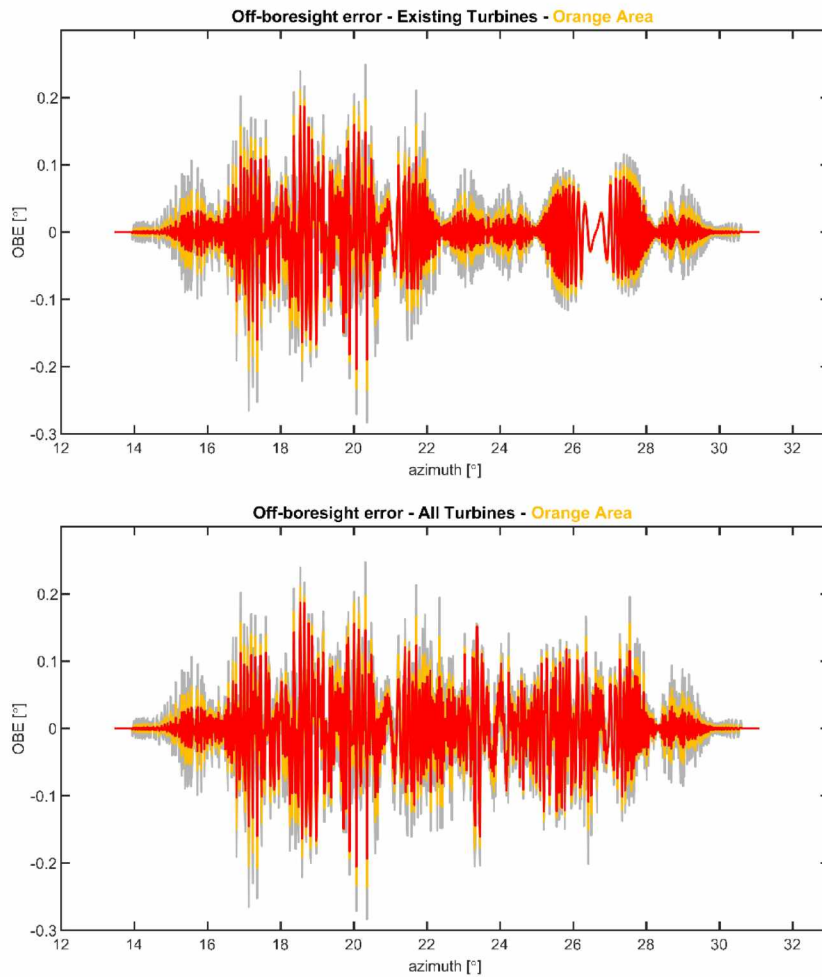
Verder wordt in de simulatie aangenomen dat er altijd een wijk in verticale positie staat. De volledige tiphoogte van de turbine wordt gebruikt in de analyse. Aangezien er niet altijd een wijk in verticale positie staat, gaat het hier om een worst-case aanname.

Resultaten van de Peilingsfouten berekeningen

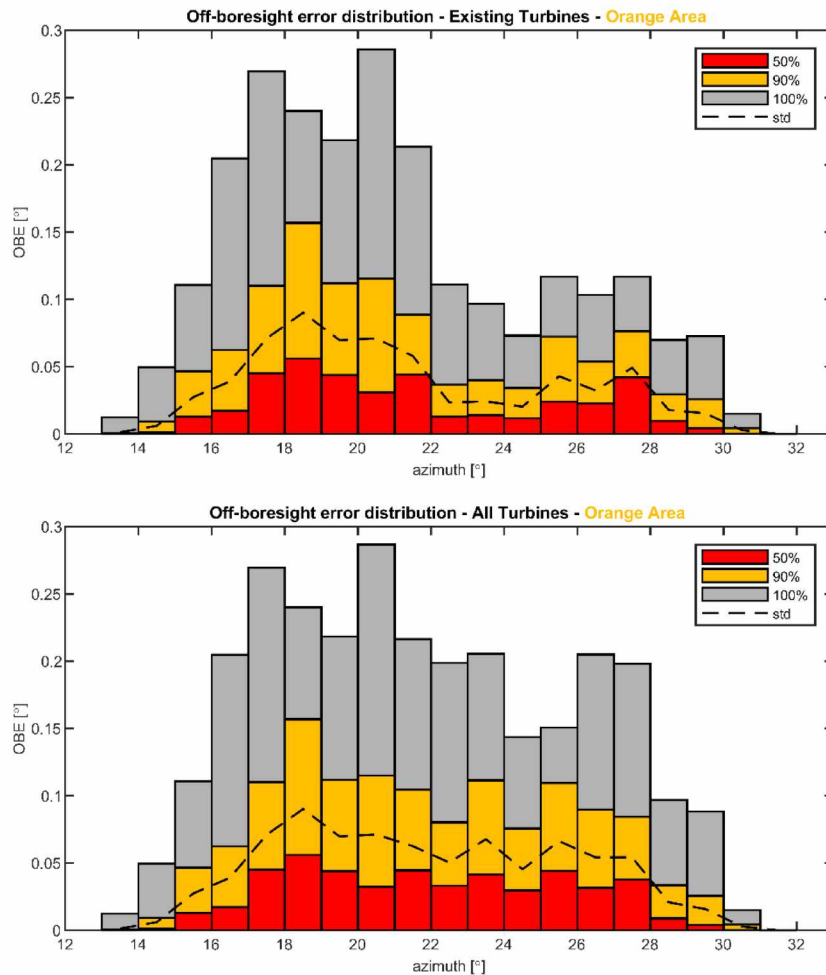
In deze paragraaf worden de peilingsfout berekeningen gepresenteerd voor beide MSSRs. Voor de zowel de situatie waarbij het zicht wordt belemmerd door de mast en gondel (oranje zone) als door alleen de rechtopstaande wijk (rode zone). Deze oranje en rode zone zijn weergegeven in Figuur 21 tot en met Figuur 56. 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.

Peilingsfouten TAR Centrum MSSR – Oranje Zone

In Figuur 74 wordt de peilingsfout getoond als functie van azimut van de TAR Centrum in de oranje zone, dus waar de peilingsfout wordt veroorzaakt door de mast en gondel. In Figuur 74 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 50e, 90e en 100e percentiel, respectievelijk. Met andere woorden, de peilingsfout is in 90% van de gevallen kleiner dan de waarde aangegeven met de oranje lijn. Zoals te zien, gedraagt de peilingsfout zich zeer grillig. Alleen de absolute fout is van belang. In Figuur 75 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 overeen komen met het 50e, 90e en 100e percentiel. De standaarddeviatie is ook weergegeven met een zwarte stippellijn.



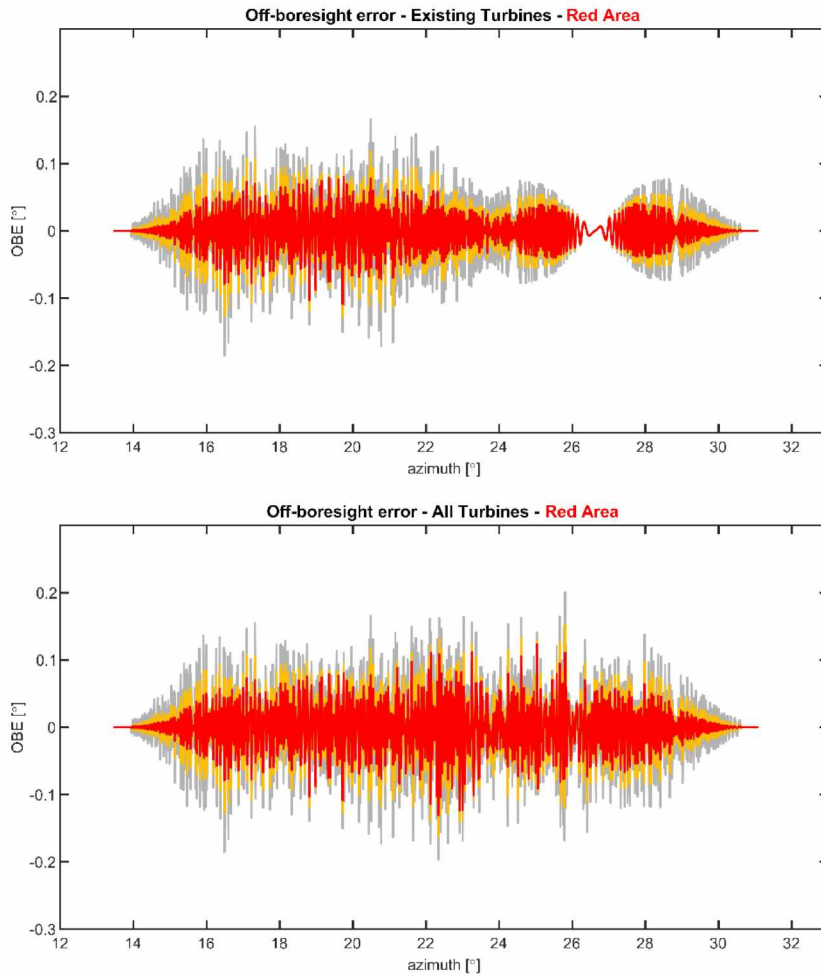
Figuur 74 Boven: de peilingshoek fout als functie van azimut voor de bestaande turbine voor de TAR Centrum MSSR, in de oranje zone. De maximale absolute fout voor de oranje zones is 0.28° . Onder: hetzelfde als boven, maar nu voor het bouwplan. De maximale absolute fout is ook hier 0.28° en ontstaat in de sector van de bestaande turbines.



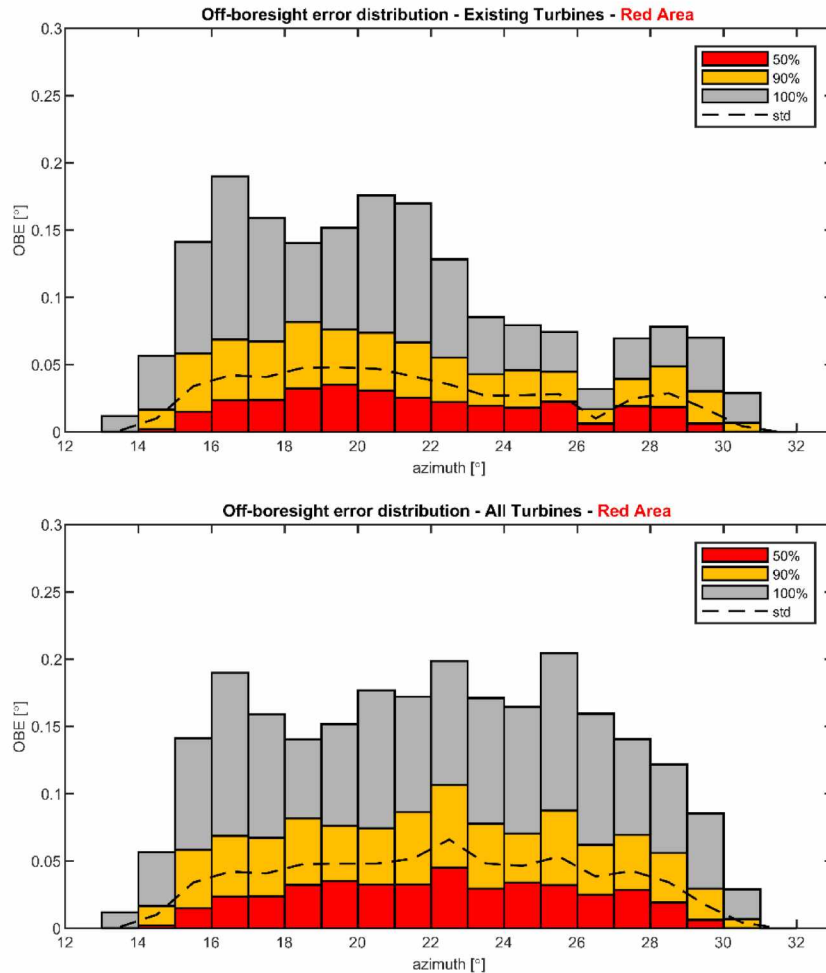
Figuur 75 Boven: de cumulatieve verdeling van de absolute peiling fout per azimuth sector van 1.0° wanneer alleen de bestaande turbine wordt beschouwd. Voor elke azimuth sector worden de waarden van het 50ste , 90ste en 100ste percentiel weergegeven, net als de standaard deviatie (1σ) van 68%, aangenomen dat de fout normaal verdeeld is. De maximale peilingshoek fout van de oranje zone van 0.29° komt voor bij een hoek van 20° - 21° . In 90% van de gevallen is de peilingshoek fout in deze sector onder de 0.12° en in 50% van de gevallen onder de 0.03° . Onder: Hetzelfde als de bovenste figuur, maar nu voor zowel de bestaande turbines als het bouwplan. De maximale absolute fout van 0.29° blijft in de azimuth sector van 20° - 21° . Hetzelfde geldt voor de 90ste percentiel van 0.13° en het 50ste percentiel is 0.03° .

Peilingsfouten TAR Centrum MSSR – Rode Zone

In Figuur 76, wordt de peilingsfout getoond als functie van azimuth van de TAR Centrum in de rode zone, dus waar de peilingsfout wordt veroorzaakt door het rechtopstaande turbineblad. In Figuur 77 is de absolute peilingsfout geplot per azimuthsector van 1.0° .



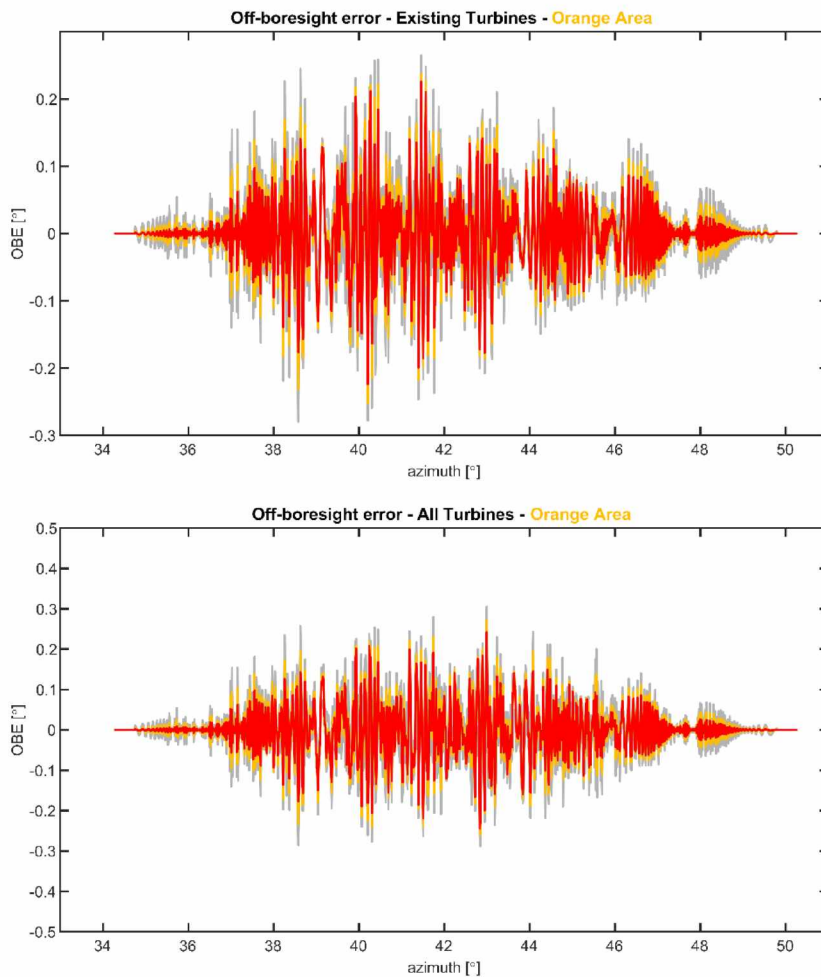
Figuur 76 Boven: de peilingsfout als functie van azimuth voor de bestaande turbine voor de TAR Centrum MSSR, in de rode zone. De maximale absolute fout voor de rode zones is 0.19° . Onder: hetzelfde als boven, maar nu voor het bouwplan. De maximale absolute fout is hier 0.20° en valt in de sector met de nieuw geplaatste windturbines.



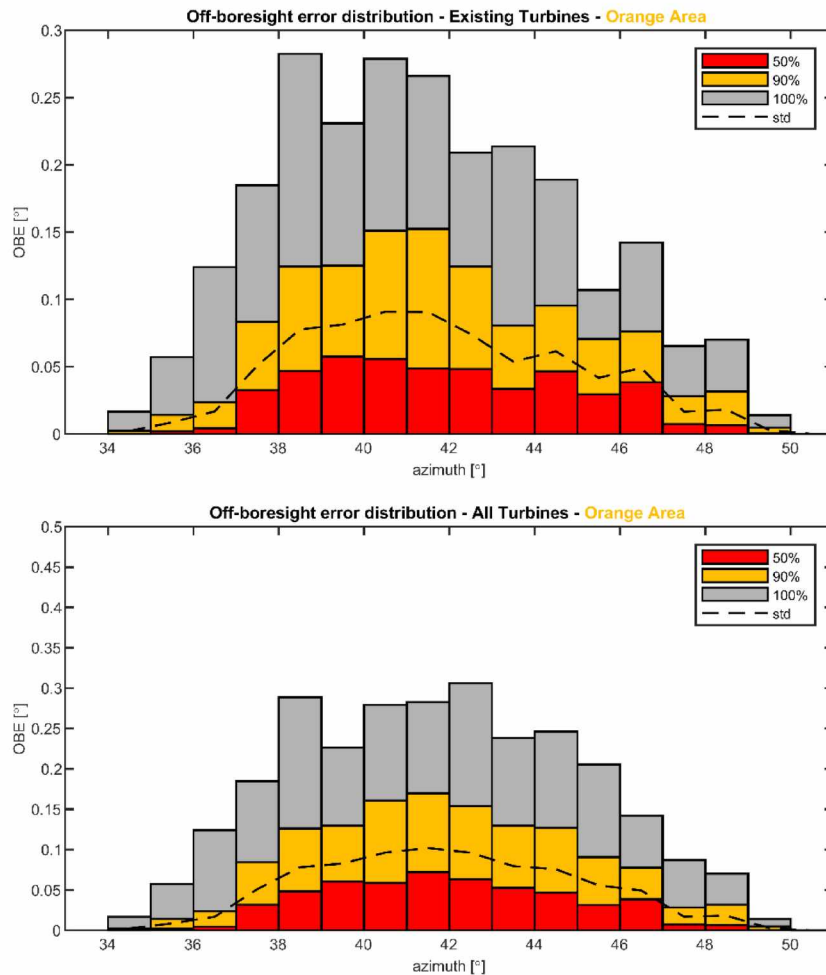
Figuur 77 Boven: de cumulatieve verdeling van de absolute peiling fout per azimuth sector van 1.0° wanneer alleen de bestaande turbine wordt beschouwd. Voor elke azimuth sector worden de waarden van het 50ste, 90ste en 100ste percentiel weergegeven, net als de standaard deviatie (1σ) van 68%, aangenomen dat de fout normaal verdeeld is. De maximale peilingshoek fout van de rode zone van 0.19° komt voor bij een hoek van 16° tot 17° . In 90% van de gevallen is de peilingshoek fout in deze sector onder de 0.05° en in 50% van de gevallen onder de 0.02° . Onder: Hetzelfde als de bovenste figuur, maar nu voor het bouwplan. De maximale absolute fout van 0.20° komt voor in de azimuth sector van 25° tot 26° . Het 90ste percentiel is 0.09° en het 50ste percentiel is 0.03°

Peilingsfouten TAR West MSSR – Oranje Zone

In Figuur 78 wordt de peilingsfout getoond als functie van azimut van de TAR West voor de oranje zone, dus waar de peilingsfout wordt veroorzaakt door de mast en gondel. In Figuur 79 is de absolute peilingsfout geplot per azimutsector van 1.0° .



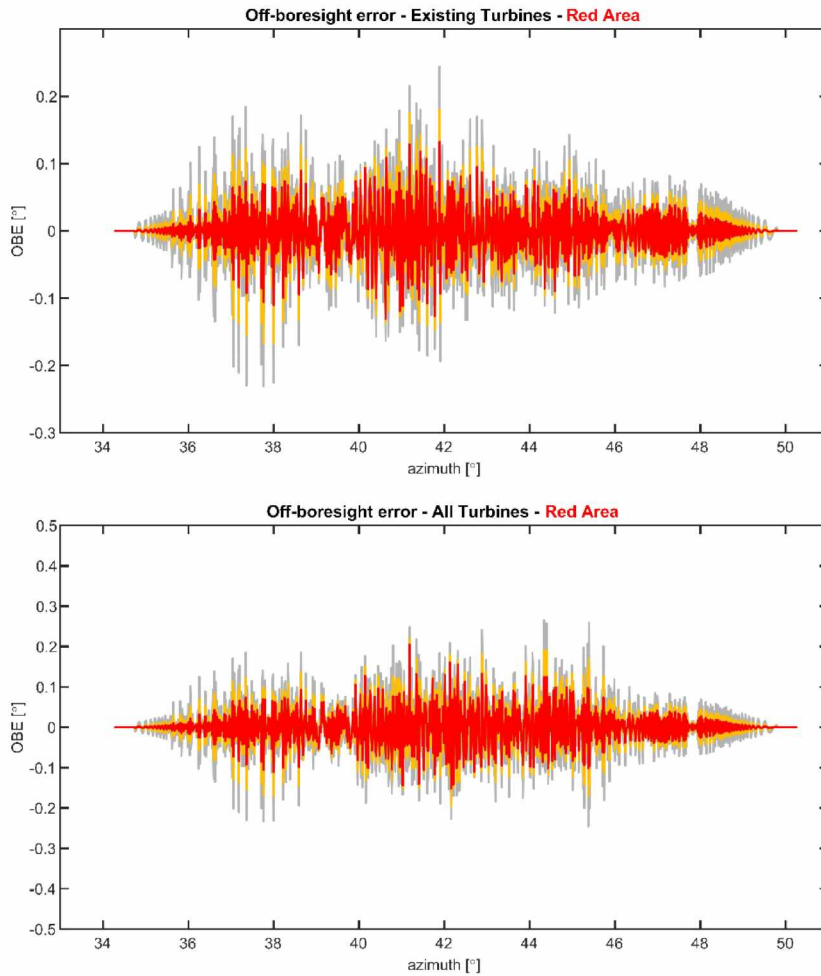
Figuur 78 Boven: de peilingshoek fout als functie van azimut voor de bestaande turbine voor de TAR West MSSR, in de oranje zone. De maximale absolute fout voor de oranje zones is 0.28° . Onder: hetzelfde als boven, maar nu voor het bouwplan en geplot in een andere schaal. De maximale absolute fout is hier 0.30° .



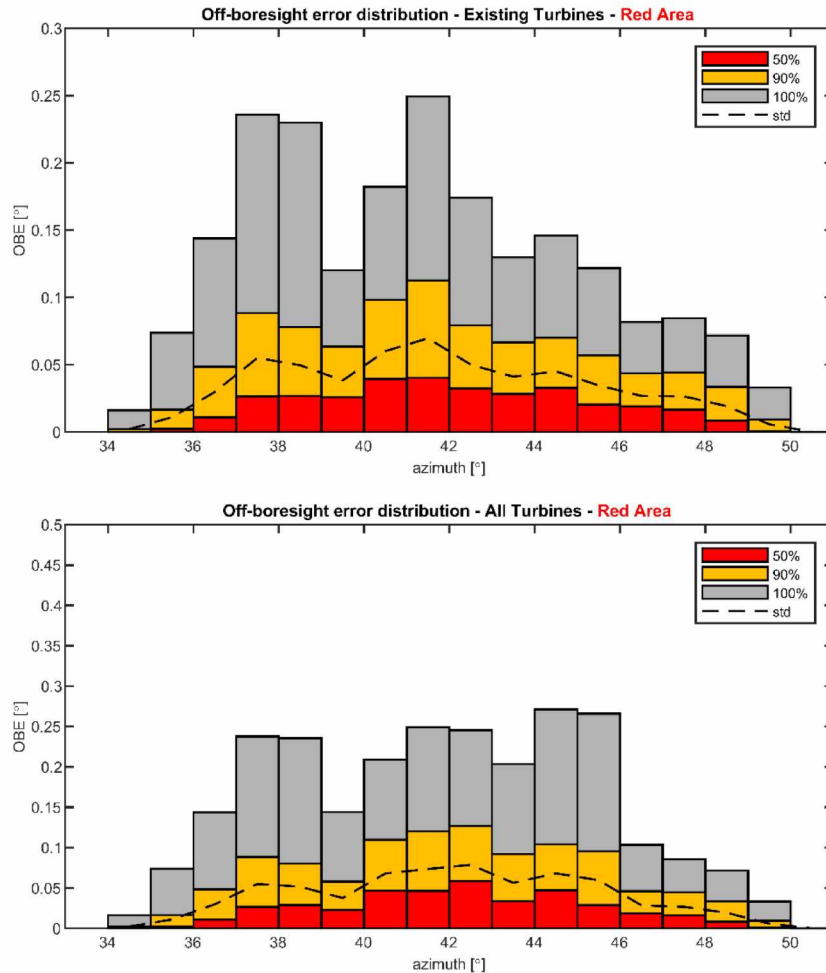
Figuur 79 Boven: de cumulatieve verdeling van de absolute peiling fout per azimuth sector van 1.0° wanneer alleen de bestaande turbine wordt beschouwd. Voor elke azimuth sector worden de waarden van het 50ste, 90ste en 100ste percentiel weergegeven, net als de standaard deviatie (1σ) van 68%, aangenomen dat de fout normaal verdeeld is. De maximale peilingshoek fout van de oranje zone van 0.28° komt voor bij een hoek van $38-39^\circ$. 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 het bouwplan en geplot op een andere schaal. De maximale absolute fout van 0.30° komt voor in de azimuth sector van $42^\circ-43^\circ$. Het 90ste percentiel is 0.15° en het 50ste percentiel is 0.06° .

Peilingsfouten TAR West MSSR – Rode Zone

In Figuur 80, wordt de peilingsfout getoond als functie van azimut van de TAR West Schiphol voor de rode zone, dus waar de peilingsfout wordt veroorzaakt door het rechtopstaande turbineblad. In Figuur 81 is de absolute peilingsfout geplot per azimutsector van 1.0°.



Figuur 80 Boven: de peilingsfout als functie van azimut voor de bestaande turbines voor de TAR West Schiphol MSSR, in de rode zone. De maximale absolute fout voor de rode zones is 0.24°. Onder: hetzelfde als boven, maar nu voor zowel de bestaande turbines als het bouwplan maar geplot op een andere schaal. De maximale absolute fout is hier 0.27°.



Figuur 81 Boven: de cumulatieve verdeling van de absolute peiling fout per azimuth sector van 1.0° wanneer alleen de bestaande turbine wordt beschouwd. Voor elke azimuth sector worden de waarden van het 50ste , 90ste en 100ste percentiel weergegeven, net als de standaard deviatie (1 σ) van 68%, aangenomen dat de fout normaal verdeeld is. De maximale peilingshoek fout van de rode zone van 0.25° komt voor bij een hoek van 41°-42°. In 90% van de gevallen is de peilingshoek fout in deze sector onder de 0.11° en in 50% van de gevallen onder de 0.04°. Onder: Hetzelfde als de bovenste figuur, maar nu voor het bouwplan en geplot in een andere schaal. De maximale absolute fout van 0.27° komt voor in dezelfde azimuth sector van 44°-45°. Het 90ste percentiel is 0.10° en het 50ste percentiel is 0.05°

Samenvatting van de peilingsfout resultaten

De resultaten van de voorgaande paragrafen zijn samengevat in Tabel 9 en Tabel 10. Het 50ste, 90ste percentiel, de maximale fout en de standaard deviatie in de azimuthsector met de grootste maximale peilingsfout worden gegeven voor alle situaties. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de situatie waarbij de effecten worden bepaald door de mast en gondel (oranje zone), en de situatie waarbij de effecten worden bepaald door alleen het rechtopstaande turbineblad (rode zone).

Tabel 9 De peilingsfout statistieken voor de TAR Centrum MSSR in de azimutsector met de grootste peilingsfout berekend voor 50, 90 en 100ste percentiel en de standaard deviatie (σ).

	50 %	90 %	100 %	σ	Azimut Sector (°)
Oranje (mast en gondel)					
Bestaand	0.03	0.12	0.29	0.07	20-21
Bouwplan	0.03	0.12	0.29	0.07	20-21
Rood (rechttopstaand turbineblad)					
Bestaand	0.02	0.05	0.19	0.04	16-17
Bouwplan	0.03	0.09	0.20	0.06	25-26

Tabel 10 De peilingsfout statistieken voor de TAR West MSSR in de azimutsector met de grootste peilingsfout, berekend voor 50, 90 en 100ste percentiel en de standaard deviatie (σ).

	50 %	90 %	100 %	σ	Azimut Sector (°)
Oranje (mast en gondel)					
Bestaand	0.05	0.12	0.28	0.08	38-39
Bouwplan	0.06	0.15	0.30	0.10	42-43
Rood (rechttopstaand turbineblad)					
Bestaand	0.04	0.11	0.25	0.07	41-42
Bouwplan	0.05	0.10	0.27	0.07	44-45

Interpretatie van de resultaten

Er bestaan vele geometrieën tussen het doel, het obstakel en de MSSR antenne. Dit betekent dat de peilingsfout verschillend kan zijn voor twee targets voor dezelfde azimut op verschillende tijdstippen. Voor elke azimutsector is ook de standaarddeviatie bepaald. Voor een normale verdeling correspondeert de standaarddeviatie met het 68ste percentiel. Hier is de fout data niet normaal verdeeld, maar de standaarddeviatie ligt desalniettemin tussen het 50ste en het 90ste percentiel. Om de fouten in perspectief te plaatsen kunnen de peilingsfout omgerekend worden naar een afstandsfout op een bepaalde doel afstand. Dit is de afstand loodrecht op de afstand naar het doel gezien vanuit de MSSR. Dit is uitgerekend voor de het 50ste, 90ste en 100ste 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 0.29° in een afstandsfout van 506 m op een afstand van 100 km.

Tabel 11 De peilingsfout, of Off-Boresight Error (OBE) omgerekend naar een afstand loodrecht op de doel afstand of cross range error. De fouten zijn uitgerekend voor verschillende afstanden tot de TAR Centrum MSSR.

OBE [°]	Percentiel [%]	Azimut sector [°]	Cross-range error in [m]				
			Doelafstand				
			50 km 27 NM	100 km 54 NM	200 km 108 NM	222 km 120 NM	278 KM 150 NM
0.03	50	20-21	26	52	105	116	146
0.12	90	20-21	105	209	419	465	582
0.29	100	20-21	253	506	1012	1124	1407

6 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
NAP	Normaal Amsterdams Peil
NASA	National Aeronautics and Space Administration
PSR	Primary Surveillance Radar
Rarro	Regeling algemene regels ruimtelijke ordening
RDS	Rijksdriehoekstelsel
SMART-L	Signaal Multibeam Acquisition Radar for Tracking, L band
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TAR	Terminal Approach Radar
WFF	Wind Farm Filter