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

www.tno.nl

T +31 88 866 10 00

Retouradres: Postbus 96864, 2509 JG Den Haag

Eneco Wind B.V.
T.a.v. de heer F.P. de Jong
Postbus 19020
3001 BA ROTTERDAM

Datum
15 mei 2014

Onze referentie
TNO-060-DHW-2014-01110

E-mail
onno.vangent@tno.nl

Doorkiesnummer
+31 88 866 40 25

Doorkiesfax
+31 88 866 65 75

Projectnummer
060.07833/15.01

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

Onderwerp
Radarverstoringsonderzoek windpark Autena Vianen

Geachte heer de Jong,

Bijgaand ontvangt u onze rapportage aangaande het radarverstoringsonderzoek voor een windturbinepark Autena te Vianen. Deze rapportage is een vervolg op een eerdere toetsing uitgevoerd in 2013 voor drie windturbine met een lagere ashoogte en kleinere rotordiameter. Daarnaast waren de posities enigszins afwijkend ten opzichten dit nieuwe onderzoek. Zie briefnummer TNO-060-DHW-2013-01136, d.d. 15 mei 2013.

Het bouwplan
Het bouwplan bestaat uit alle wijzigingen t.o.v. de huidige situatie die betrekking hebben op het te bouwen windturbinepark. Voor de huidige aanvraag betreft dit drie nieuwe turbines. De coördinaten van deze turbines zijn verderop gegeven. Voor de afmetingen van de windturbines is uitgegaan van de volgende gegevens:

- Een 3 MW worst case windturbine met maximale ashoogte van 100 m en een rotordiameter van 131 m.

In de rest van het rapport zullen deze wijzigingen worden aangeduid als 'het bouwplan'.

De uitgevoerde berekeningen
TNO heeft de verstoring op de primaire radar als gevolg van radarreflectie en schaduweffect berekend met behulp van het radarhinder simulatiemodel PERSEUS, volgens de nieuwe toetsingsmethode, die op 1 oktober 2012 is ingevoerd. De analyse is uitgevoerd voor een tweetal radarsystemen:
(1) Het Military Approach Surveillance System (MASS) radarnetwerk, bestaande uit een vijftal verkeersleidingsradarsystemen verspreid over Nederland.
(2) De gevechtsleidingsradar Medium Power Radar (MPR) te Nieuw Milligen.

Resultaten verkeersleidingsradarsystemen MASS
Op de locatie van de windturbine eist het Ministerie van Defensie voor het verkeersleidingsradarnetwerk een minimale detectiekans van 90% voor een doel

met een radaroppervlak van 2 m^2. 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 minimale detectiekans geconstateerd van 99% ter hoogte of in de directe nabijheid van het bouwplan. Het bouwplan voldoet dus aan de thans gehanteerde 2014-2 norm.
2. Reductie van het maximum bereik ten gevolge van de schaduwwerking van het bouwplan:
   Na realisatie van het bouwplan is er op de toetsingshoogte van 1000 voet geen afname van de detectiekans waarneembaar ten gevolge van schaduw van de windturbines. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat de MASS radar van Soesterberg, Volkel en Woensdrecht in het gebied achter de windturbines elkaar ondersteunen. Het bouwplan voldoet dus aan de thans gehanteerde 2014-2 norm.

Resultaten gevechtsleidingsradar MPR te Nieuw Milligen
Op de locatie van het windturbinepark eist het Ministerie van Defensie voor de gevechtsleidingsradar te Nieuw Milligen een detectiekans van minstens 90%. Omdat de specificaties van de MPR 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 te Nieuw Milligen 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 realisatie van het bouwplan op de toetsingshoogte van 1000 voet binnen de thans gehanteerde 2014-2 norm gebleven.
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 is na realisatie van het bouwplan binnen de thans gehanteerde 2014-2 norm.

Details vindt u in bijgaande documentatie. Een vergelijkbare rapportage, echter met de resultaten van de MPR, wordt na toestemming uwerzijds eveneens verstuurd aan Defensie Directie Ruimte, Milieu en Vastgoedbeleid en het Commando Luchtstrijdkrachten.

Hoogachtend,

Ing. O.J. van Gent
Senior Research Medewerker

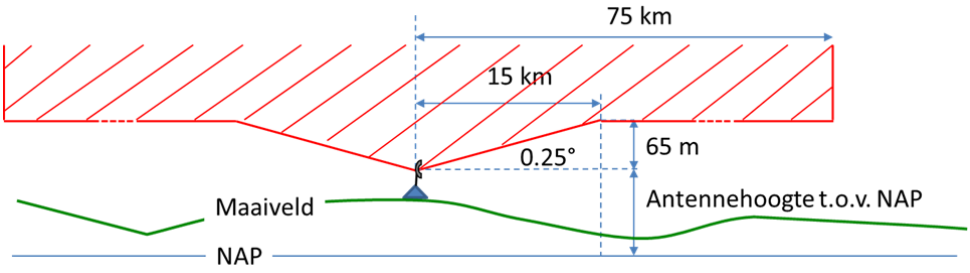
1 Locatie- en radargegevens

De locatie van het te toetsen bouwplan is weergegeven in Tabel 1. De gegeven maaiveldhoogtes zijn afkomstig uit het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN).

Tabel 1 Locatiegegevens van het bouwplan zoals opgegeven door de opdrachtgever.

ID	Rijksdriehoekstelsel		WGS 84 coördinaten		Maaiveldhoogte
	X [m]	Y [m]	Latitude [º]	Longitude [º]	t.o.v. NAP [m]
WT1	135561	442659	51.97200	5.10431	0.7
WT2	135782	442431	51.96996	5.10754	0.7
WT3	135845	442105	51.96703	5.10848	0.7

Het Ministerie van Defensie hanteert een zogenaamd toetsingsvolume dat reikt tot aan 75 km rondom de vijf verkeersleidingsradars en de twee gevechtsleidingsradars. Het profiel van het toetsingsvolume is weergegeven in Figuur 1. 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 1. Het toetsingsprofiel (niet op schaal) zoals gehanteerd door het Ministerie van Defensie rondom elk van de militaire radarsystemen.

De locatiegegevens van de vijf MASS verkeersleidingsradarsystemen en de gevechtsleidingsradars te Nieuw Milligen en Wier worden weergegeven in Tabel 2. 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 2 Locatiegegevens van de vijf MASS radars en de gevechtsleidingsradars te Nieuw Milligen en Wier, de aangehouden antennehoogte voor het toetsingsprofiel en de toepaste feitelijke hoogte van de primaire radarantenne.

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
Nieuw Milligen (MPR)	179258	471774	53	Gerubriceerd*
Wier (MPR)	170509	585730	24	Gerubriceerd*

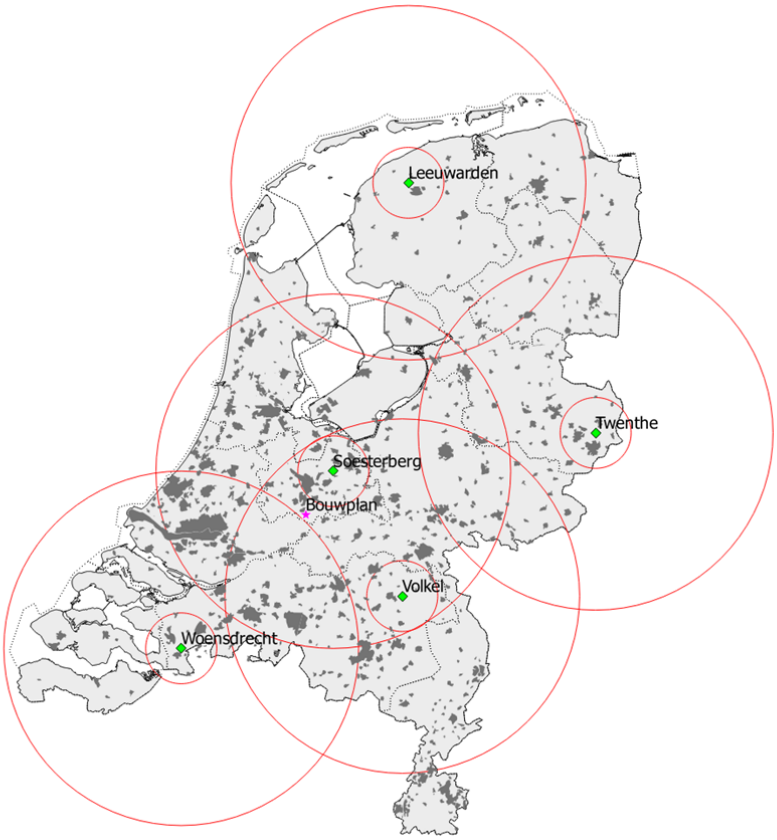
* *deze gegevens zijn bekend bij defensie*

Variaties in de hoogte van het terrein worden bepaald uit het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN-1) met een ruimtelijke resolutie van 10 m. In dit bestand bevindt zich bebouwing van de stedelijke gebieden mits de aaneengesloten bebouwing een oppervlakte beslaat die groter is dan 1 km^2. Het hoogtebestand is opgenomen in de periode tussen 1998 en 2003, dus veranderingen in bebouwing van na die datum zijn in het model niet meegenomen. Buiten deze gebieden is de hoogte gelijk aan het maaiveld. Buiten Nederland gebruikt TNO terreinhoogtegegevens afkomstig van de NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) met een resolutie van 3 boogseconde (ongeveer 90 m langs een meridiaan). Het kan voorkomen dat een deel van het bouwplan wordt afgeschermd door het tussenliggende terrein of door bebouwing in een stedelijk gebied 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 weergeven in Figuur 2. De 15 en 75 km cirkels rond de MPR gevechtsleidingsradars en de stedelijke gebieden volgens het AHN-1 bestand zijn weergeven in Figuur 3.

Datum
15 mei 2014

Onze referentie
TNO-060-DHW-2014-01110

Blad
5/15



Figuur 2. Locaties van de vijf MASS verkeersleidingsradarsystemen (groene ruit) met daaromheen de 15 en 75 km cirkels. De donkergrijze vlakken zijn de in de AHN-1 gedefinieerde stedelijke gebieden. De ligging van het te toetsen bouwplan is aangegeven met een roze ster.

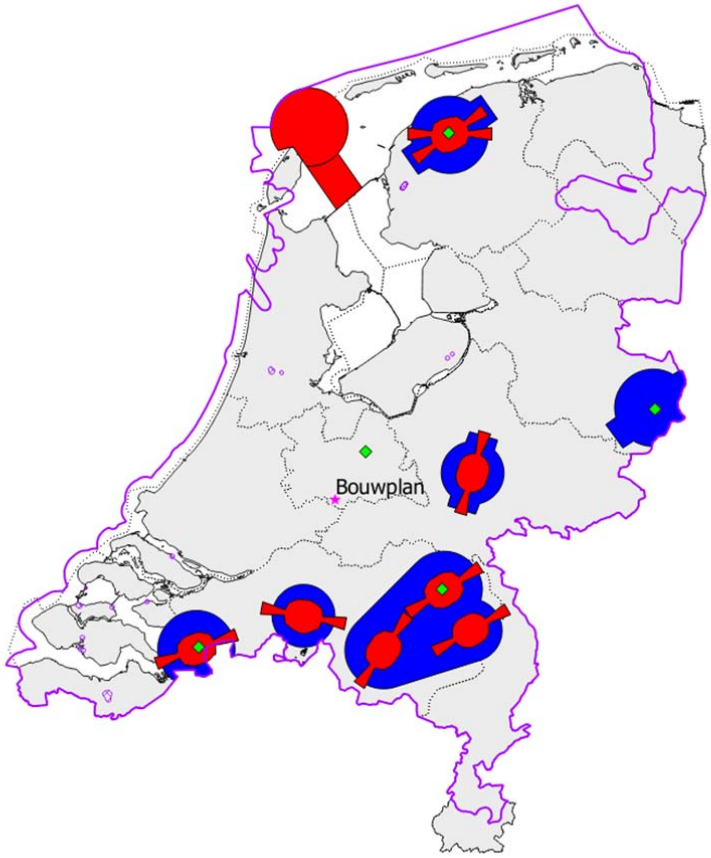


Figuur 3. Locaties van de twee MPR gevechtsleidingsradars (rode ruit) met daaromheen de 15 en 75 km cirkels. De donkergrijze vlakken zijn de in de AHN-1 gedefinieerde stedelijke gebieden. De ligging van het te toetsen bouwplan is aangegeven met een roze ster.

Het bouwplan ligt binnen de 75 km cirkel rond de MASS radar van Soesterberg en Volkel en binnen de 75 km cirkel rond de MPR te Nieuw Milligen. Daarnaast is de tiphoogte groter dan de in Figuur 1 aangegeven hoogte. Het onderhavige bouwplan dient derhalve getoetst te worden voor zowel het MASS verkeersleidingsradarnetwerk als de MPR gevechtsleidingsradar te Nieuw Milligen.

2 Rekenmethode MASS 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 vliegvelden in Nederland. Op een hoogte van 1000 voet dient er, met enige uitzonderingen, landelijke dekking te zijn. In Figuur 3 worden de normhoogtegebieden getoond.



Figuur 4. De ligging van het te toetsen bouwplan aangegeven met een ster en de voorlopige ligging van de thans gehanteerde 2014-2 normhoogtes op 300 voet (rood) en 500 voet (blauw). Op 1000 voet (paars) dient het MASS radarnetwerk, op enkele uitzonderingen na, een landelijke dekking te hebben. Tevens zijn op deze kaart met een groene markering de locaties aangeven van het MASS verkeersleidingsradarnetwerk bestaande uit een vijftal radarsystemen.

Het bouwplan valt niet binnen de normhoogtes van 300 en 500 voet. De detectiekans boven het bouwplan zal dan ook alleen voor een hoogte van 1000 voet worden berekend.

De detectiekans van de vijf radarsystemen te Leeuwarden, Twenthe, Soesterberg, Volkel en Woensdrecht is conform de nieuwe rekenmethode gesimuleerd in één radarnetwerk, waarbij de radars elkaar eventueel ondersteuning kunnen bieden bij de detectie van radardoelen. Daarbij wordt rekening gehouden met de aanstaande upgrade van de MASS primaire 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 2014, door Windstats[1]. 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.

[1] Voor meer informatie, zie http://www.windstats.nl/

3 Berekeningen worst case 3 MW, ashoogte 100 m, rotordiameter 131 m

Gegevens windturbine

Voor de bepaling van de windturbine afmetingen is een worst case 3 MW als uitgangspunt genomen met een ashoogte van 100 m en een rotordiameter van 131 m.

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 3 is de maatvoering weergeven van de te toetsen windturbine, noodzakelijk voor de juiste modellering.

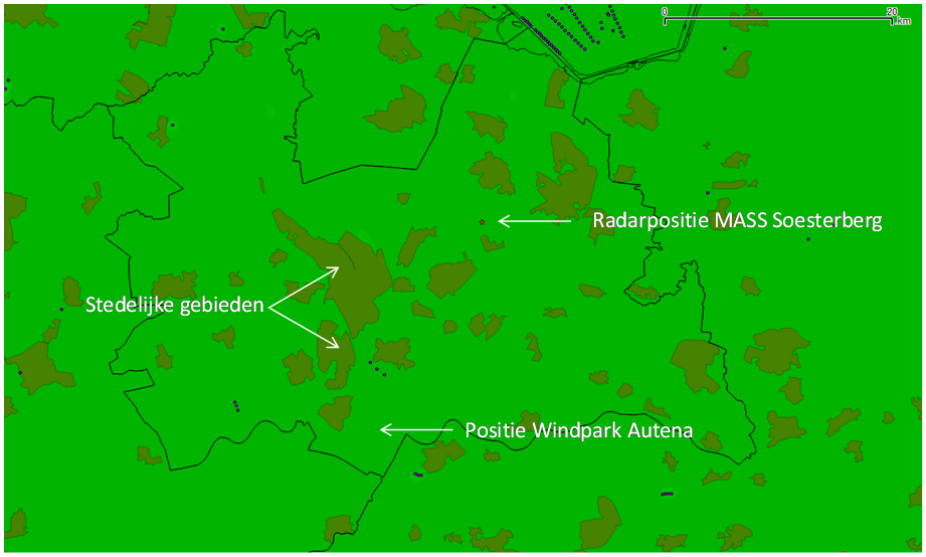
Tabel 3 De afmetingen van de worst case 3 MW windturbine.

Onderdeel	Afmeting [m]
Ashoogte*	100.0
Tiphoogte*	165.5
Breedte gondel	4.2
Lengte gondel	17.5
Hoogte gondel	6.1
Diameter mast onder	7.9
Diameter mast boven	3.3
Lengte mast	96.9
Lengte wiek*	65.5
Breedte wiek	3.8

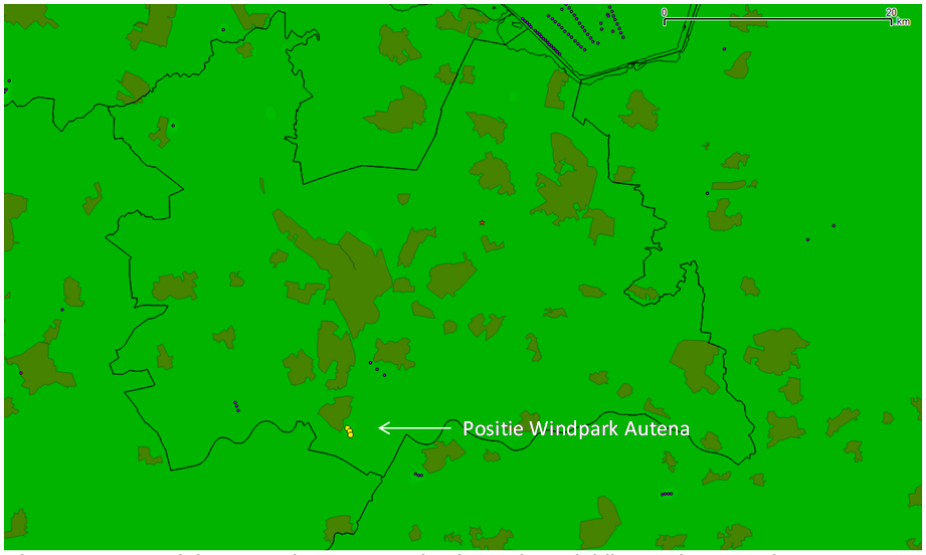
* Deze gegevens zijn gebaseerd op afmetingen opgegeven door de opdrachtgever.

Detectiekans van het MASS primaire verkeersleidingsradarnetwerk in de directe nabijheid van het bouwplan

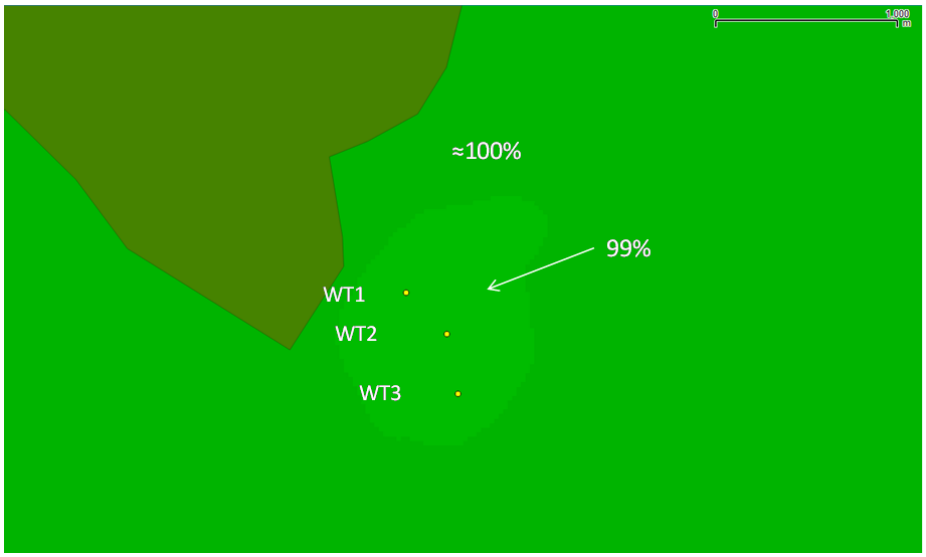
In Figuur 5 wordt de detectiekans van het MASS primaire verkeersleidings-radarnetwerk van de baseline op 1000 voet getoond rond het nog te realiseren bouwplan. Op het 1000 voet normhoogtevlak wordt een middeling toegepast van de detectiekansen binnen een cirkel met een straal van 500 m. Figuur 6 toont de detectiekans voor hetzelfde gebied, na realisatie van het bouwplan. In Figuur 7 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 van de locatie van het bouwplan is er een detectiekans van 99% waarneembaar. Het bouwplan voldoet dus aan de thans gehanteerde 2014-2 norm.



Figuur 5 Detectiekans van het MASS primaire verkeersleidingsradarnetwerk op 1000 voet boven het bouwplan voordat dit is gerealiseerd (baseline). Op dit figuur is detectiekansmiddeling toegepast.



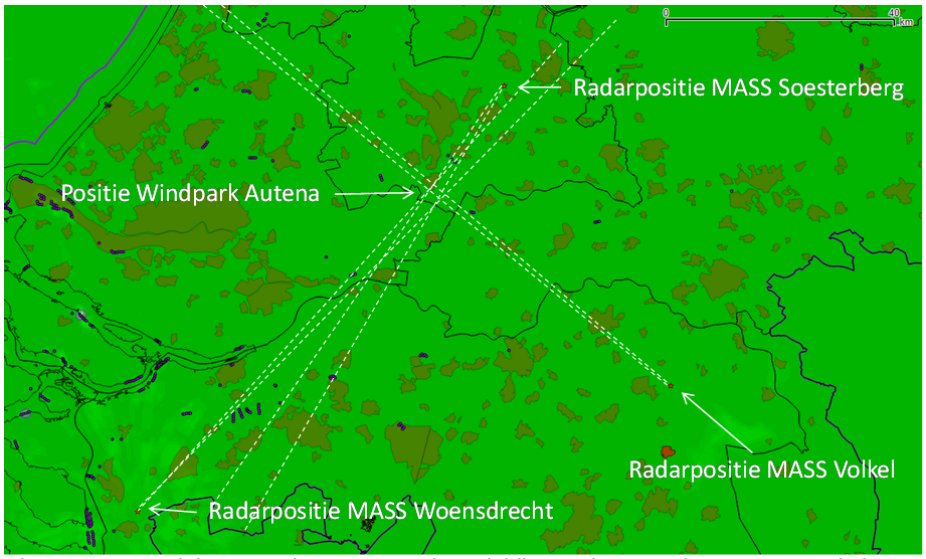
Figuur 6 Detectiekans van het MASS primaire verkeersleidingsradarnetwerk op 1000 voet boven het bouwplan nadat deze is gerealiseerd. De locaties van de windturbines zijn aangegeven met gele stippen. Op dit figuur is detectiekansmiddeling toegepast.



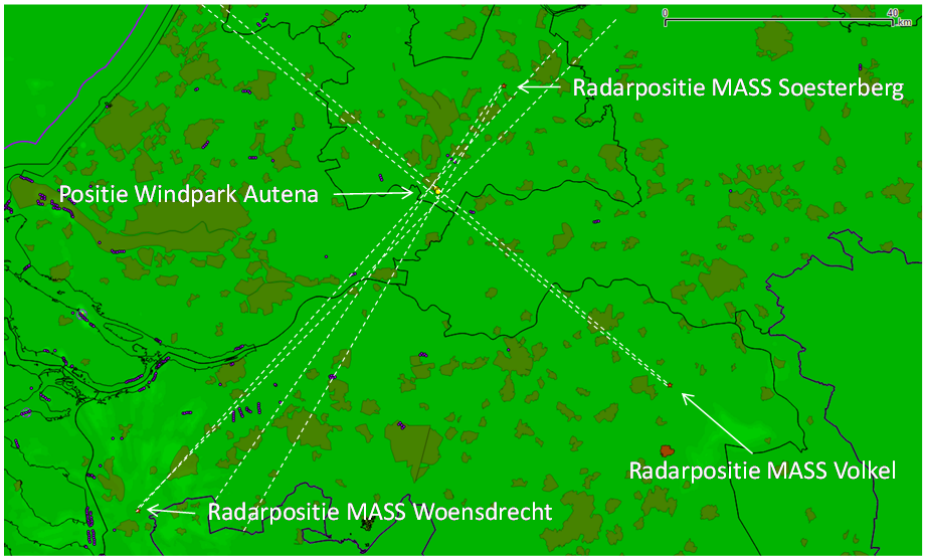
Figuur 7 Het gebied rond de turbines uit Figuur 6 groter weergegeven.

Detectiekans van het MASS primaire verkeersleidingsradarnetwerk in de schaduw van het bouwplan

In Figuur 8 is de detectiekans op 1000 voet van het MASS primaire verkeers-leidingsradarnetwerk 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, Volkel en Woensdrecht, lopend over het bouwplan, geeft de zone aan waartussen een verminderde detectiekans zou kunnen ontstaan als gevolg van de schaduwwerking. In Figuur 9 is de detectiekans berekend voor hetzelfde gebied na realisatie van het bouwplan. Uit de figuur blijkt dat er geen afname van het maximum bereik waarneembaar is ten gevolge van een schaduw van de nieuwe windturbines. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat de MASS radar van Soesterberg, Volkel en Woensdrecht elkaar ondersteunen in elkaars schaduwgebieden. Het bouwplan voldoet dus aan de thans gehanteerde 2014-2 norm.



Figuur 8 Detectiekans van het MASS 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.



Figuur 9 Detectiekans van het MASS 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.

4 Rekenmethode MPR gevechtsleidingsradar Nieuw Milligen

Een vergelijkbare methodiek als bij de MASS radarketen is toegepast bij de MPR te Nieuw Milligen. Deze radar kent echter slecht één toetsingshoogte van 1000 voet. Daarnaast wordt geen rekening gehouden met een eventuele ondersteunende dekking van de MPR radar te Wier.
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 2014, door Windstats[2]. 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 de windturbines veroorzaakt door reflecties van de turbines en het eventuele verlies aan radarbereik ten gevolge van de schaduwwerking van het bouwplan.

<u>Conclusies over de detectiekans van de MPR gevechtsleidingsradar te Nieuw Milligen ten gevolge van het bouwplan</u>

De resultaten van deze berekeningen 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:
   De detectiekans is na realisatie van het bouwplan op de toetsingshoogte van 1000 voet binnen de thans gehanteerde 2014-2 norm gebleven.
2. Reductie van het maximum bereik 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 2014-2 norm.

[2] Voor meer informatie, zie http://www.windstats.nl/

5 Afkortingen

AHN	Actueel Hoogtebestand Nederland
CTR	Control
MASS	Military Approach Surveillance System
MPR	Medium Power Radar
NAP	Normaal Amsterdams Peil
NASA	National Aeronautics and Space Administration
PSR	Primary Surveillance Radar
RDS	Rijksdriehoekstelsel
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission