

Retouradres: Postbus 96864, 2509 JG Den Haag

Windpark Den Tol Exploitatie BV  
T.a.v. de heer F.J.M. Simmes  
Jonkerstraat 21  
7077 AT NETTERDEN

**Onderwerp**

Radarverstoringsonderzoek windpark Netterden

Geachte heer Simmes,

Bijgaand ontvangt u onze rapportage aangaande het radarverstoringsonderzoek voor een windturbinepark Netterden. Het betreft tien nieuwe turbines. Het radarverstoringsonderzoek is uitgevoerd in opdracht van Windpark Den Tol Exploitatie BV te Netterden. 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 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.

Voor de afmetingen van de windturbines is uitgegaan van de volgende gegevens:

- Een 3 MW worst case windturbine met maximale ashoogte van 139 m en een rotordiameter van 122 m.

**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<sup>2</sup>. Twee mogelijke optredende effecten zijn onderzocht:

1. Reductie van de detectiekans ter hoogte van de turbines:  
Na plaatsing van de tien nieuwe windturbines is er op de toetsingshoogte van 1000 voet een minimale detectiekans geconstateerd van 98% ter hoogte of in de directe nabijheid van het bouwplan.
2. Reductie van de detectiekans ten gevolge van de schaduwwerking van de turbines:  
Na plaatsing van de tien nieuwe windturbines 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

**Technical Sciences**

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

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T +31 88 866 10 00

F +31 70 328 09 61

[infodesk@tno.nl](mailto:infodesk@tno.nl)

**Datum**

23 augustus 2013

**Onze referentie**

TNO-060-DHW-2013-02111

**E-mail**

[onno.vangent@tno.nl](mailto:onno.vangent@tno.nl)

**Doorkiesnummer**

+31 88 866 40 25

**Doorkiesfax**

+31 88 866 65 75

**Projectnummer**

053.02838/28.01

Op opdrachten aan TNO zijn de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, zoals gedeponereerd 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](http://www.tno.nl).  
Op verzoeken zenden wij u deze toe.

Handelsregisternummer 27376655 .

MASS radar van Volkel in het gebied achter de windturbines wordt ondersteund door de MASS radar van Twenthe.

*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%. Twee mogelijke optredende effecten zijn onderzocht:

1. Reductie van de detectiekans ter hoogte van de turbines:  
De detectiekans is na plaatsing van de tien nieuwe windturbines op de toetsingshoogte van 1000 voet binnen de norm gebleven.
2. Reductie van de detectiekans ten gevolge van de schaduwwerking van de turbines:  
De schaduw is na plaatsing van de tien nieuwe windturbines op de toetsingshoogte van 1000 voet binnen de norm gebleven

Details vindt u in bijgaande documentatie. Een vergelijkbare rapportage, echter met de resultaten van de MPR, is eveneens verstuurd aan Defensie Directie Ruimte, Milieu en Vastgoedbeleid.

Hoogachtend,

Ing. O.J. van Gent  
Senior Research Medewerker

*by afwezigheid Alwin Brettschneider*



**Datum**  
23 augustus 2013

**Onze referentie**  
TNO-060-DHW-2013-02111

**Blad**  
2/16

**Datum**

23 augustus 2013

**Onze referentie**

TNO-060-DHW-2013-02111

**Blad**

3/16

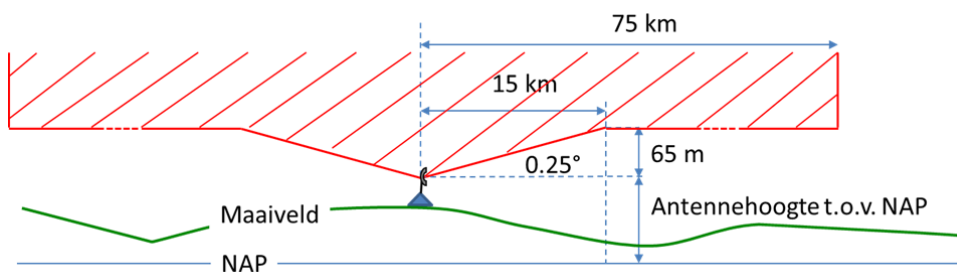
## 1 Locatie- en radargegevens

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 t.o.v. NAP [m]
	X [m]	Y [m]	Latitude [°]	Longitude [°]	
T1	219388	431472	51.86807	6.32209	14.4 m
T2	219511	431089	51.86461	6.32380	14.4 m
T3	219631	430703	51.86113	6.32547	14.4 m
T4	219756	430317	51.85765	6.32722	14.6 m
T5	219875	429935	51.85420	6.32887	14.6 m
T6	221051	431314	51.86645	6.34620	14.5 m
T7	220730	431018	51.86383	6.34149	14.2 m
T8	220657	430587	51.85997	6.34034	14.3 m
T9	220773	430219	51.85665	6.34196	14.5 m
T10	220893	429857	51.85338	6.34363	14.5 m

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.

**Datum**

23 augustus 2013

**Onze referentie**

TNO-060-DHW-2013-02111

**Blad**

4/16

*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 [m]	Feitelijke antennehoogte t.o.v. NAP [m]
	X [m]	Y [m]		
Leeuwarden	179139	582794	30	27.3
Twente	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 spatiële 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<sup>2</sup>. 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 75 km cirkels rond de MASS radarsystemen en de stedelijke gebieden volgens het AHN-1 bestand zijn weergegeven in Figuur 2. De 75 km cirkels rond de MPR gevechtsleidingsradars en de stedelijke gebieden volgens het AHN-1 bestand zijn weergegeven in Figuur 3.

**Datum**

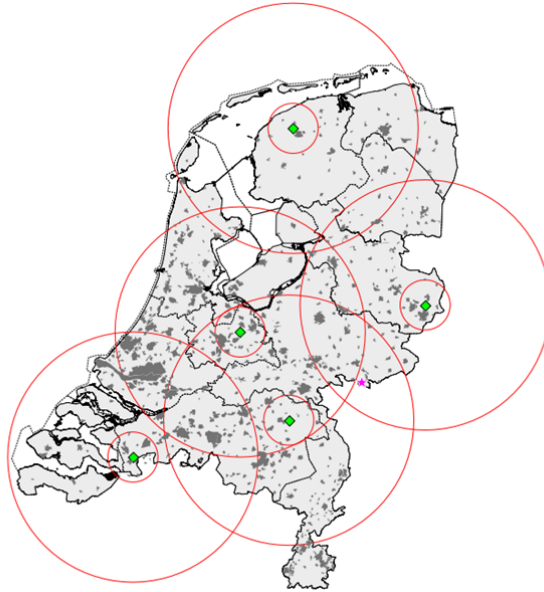
23 augustus 2013

**Onze referentie**

TNO-060-DHW-2013-02111

**Blad**

5/16



*Figuur 2. Locaties van de vijf MASS verkeersleidingsradarsystemen (groene ruit) met daaromheen de 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 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.*

**Datum**

23 augustus 2013

**Onze referentie**

TNO-060-DHW-2013-02111

**Blad**

6/16

Het bouwplan ligt binnen de 75 km cirkel rond de MASS radar van Volkel en Twenthe 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  $2 \text{ m}^2$ , fluctuatiestatistiek Swerling case 1, en loos alarmkans  $1 \times 10^{-6}$ . 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.

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.

**Datum**

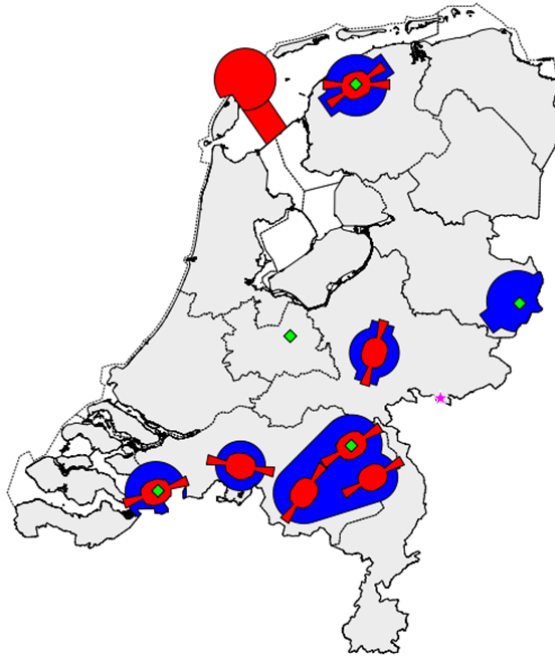
23 augustus 2013

**Onze referentie**

TNO-060-DHW-2013-02111

**Blad**

7/16



*Figuur 4. De ligging van het te toetsen bouwplan aangegeven met een ster en de voorlopige ligging van de normhoogtes op 300 voet (rood) en 500 voet (blauw). Op 1000 voet 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.*

De detectiekans van de vijf radarsystemen te Leeuwarden, Twente, 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 radarobjecten. 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 zonder de windturbines uit het bouwplan. Het baseline-bestand van windturbines geeft de situatie aan binnen Nederland, vastgelegd in het begin van januari 2013, door Windenergie Nieuws<sup>1</sup>. 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. De tien nieuwe turbines worden 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

<sup>1</sup> Voor meer informatie, zie <http://www.windenergie-nieuws.nl/>

**Datum**

23 augustus 2013

**Onze referentie**

TNO-060-DHW-2013-02111

**Blad**

8/16

veroorzaakt door reflecties van de turbines en het eventuele verlies aan radarbereik ten gevolge van de schaduwwerking van het bouwplan.

**3 Berekeningen worst case 3 MW, ashoogte 139 m, rotordiameter 122 m**Gegevens windturbine

Voor de bepaling van de windturbine afmetingen is een worst case 3 MW als uitgangspunt genomen met een ashoogte van 139 m en een rotordiameter van 122 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 wijk is gedefinieerd als de halve diameter van de rotor. De breedte van de wijk wordt afgeleid van het frontaal oppervlak van de wijk.

In Tabel 3 is de maatvoering weergegeven 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*	139.0
Tiphoogte*	200.0
Breedte gondel	4.5
Lengte gondel	17.5
Hoogte gondel	6.1
Diameter mast onder	11.1
Diameter mast boven	3.3
Lengte mast	135.9
Lengte wijk*	61.0
Breedte wijk	3.8

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



**Datum**

23 augustus 2013

**Onze referentie**

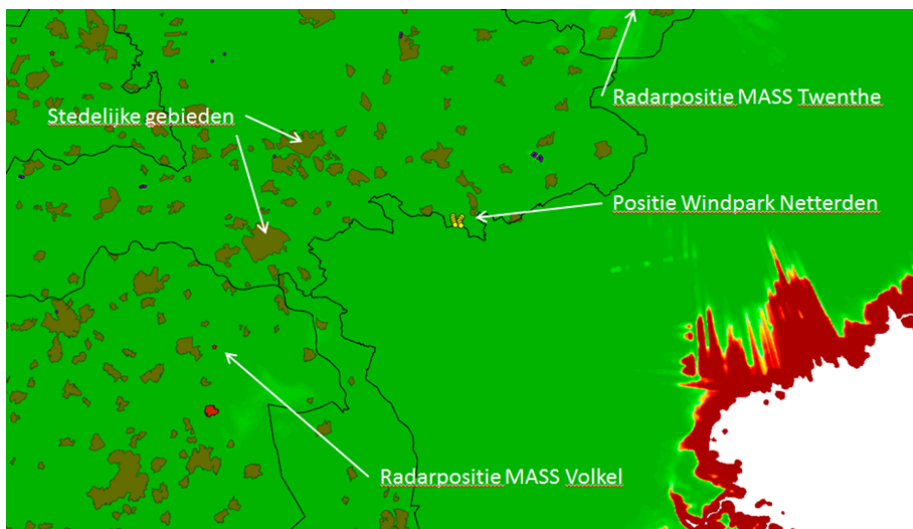
TNO-060-DHW-2013-02111

**Blad**

9/16

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

In Figuur 5 wordt de detectiekans van het MASS primaire verkeersleidingsradarnetwerk met toepassing van de middeling getoond van de baseline voor het gebied rond het nog te realiseren bouwplan. Zoals hierboven gesteld bevindt dit gebied zich in een 1000 voet normhoogtevlak. Tevens is middeling van detectiekansen binnen een cirkel met een straal van 500 m toegepast. Figuur 6 toont de detectiekans voor hetzelfde gebied, na realisatie van het bouwplan, dat wil zeggen, de plaatsing van tien nieuwe turbines. 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 de windturbines is er een detectiekans van 98% waarneembaar.



*Figuur 5 Detectiekans van het MASS primaire verkeersleidingsradarnetwerk op 1000 voet boven het bouwplan voordat dit is gerealiseerd (baseline). De detectiekans is overall in het figuur 100% (donkergroen). Op dit figuur is detectiekansmiddeling toegepast.*

**Datum**

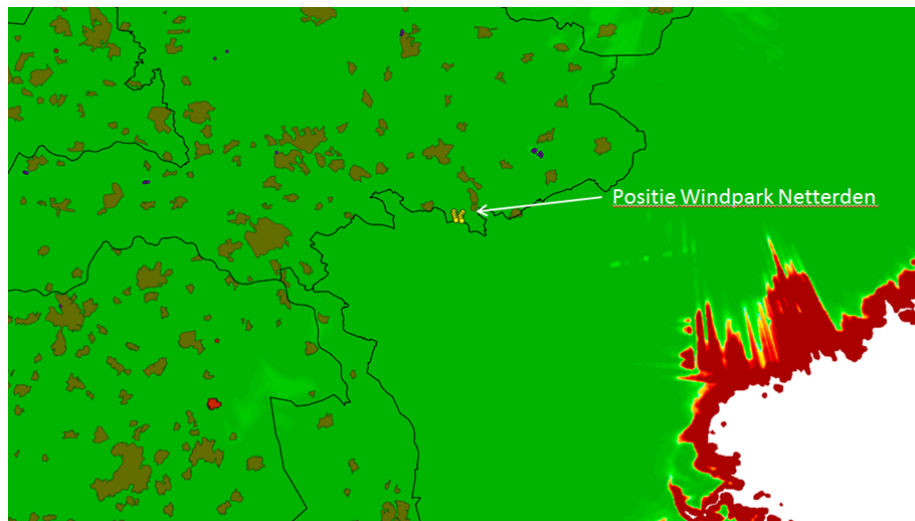
23 augustus 2013

**Onze referentie**

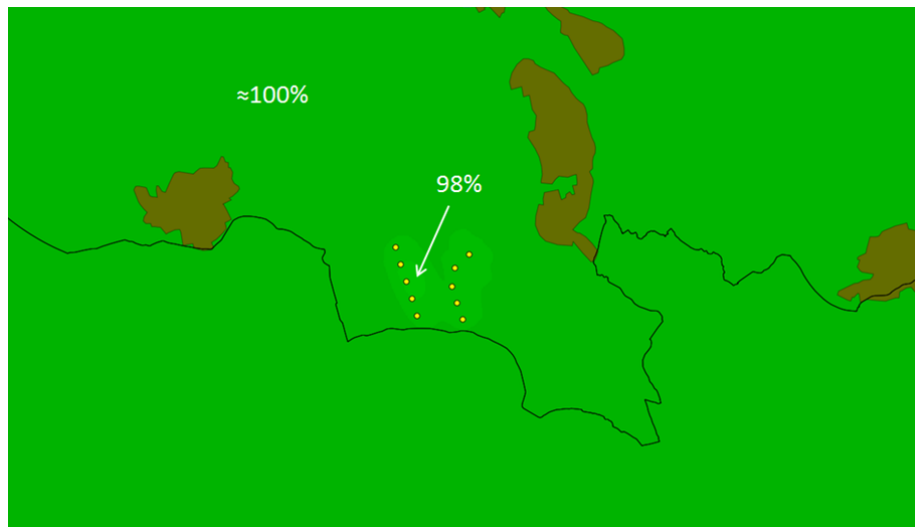
TNO-060-DHW-2013-02111

**Blad**

10/16



*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.*

**Datum**

23 augustus 2013

**Onze referentie**

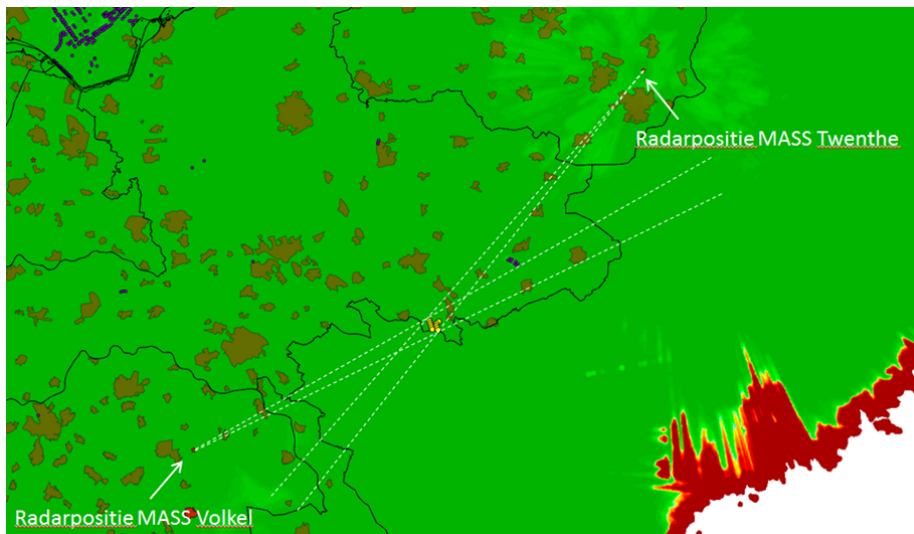
TNO-060-DHW-2013-02111

**Blad**

11/16

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 verkeersleidingsradarnetwerk uitgerekend voor de gebieden waar schaduw kan ontstaan ten gevolge van het nog te realiseren bouwplan, dus nog met de bestaande acht turbines. Op deze resultaten is detectiekansmiddeling toegepast met een straal van 500 m. De stippellijnen afkomstig van de MASS posities van Twenthe en Volkel, lopend over de positie van de windturbines, 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, dat wil zeggen, de plaatsing van tien nieuwe turbines. Uit de figuur blijkt dat er geen verlies aan detectiekans waarneembaar is ten gevolge van een schaduw van de nieuwe windturbines. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat de MASS radar van Volkel in het gebied achter de windturbines wordt ondersteund door de MASS radar van Twenthe.



*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.*

**Datum**

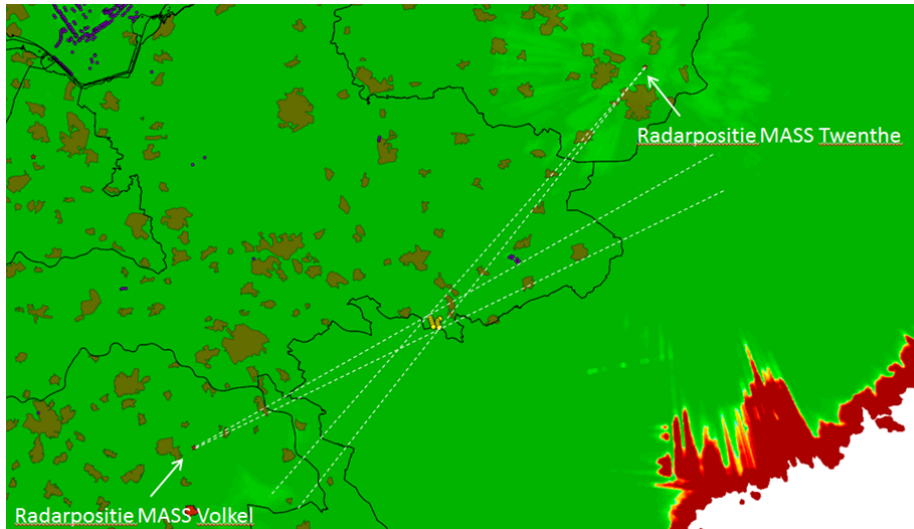
23 augustus 2013

**Onze referentie**

TNO-060-DHW-2013-02111

**Blad**

12/16



*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.*

**Datum**

23 augustus 2013

**Onze referentie**

TNO-060-DHW-2013-02111

**Blad**

13/16

**5 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 slechts 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 zonder de windturbines uit het bouwplan. Het baseline-bestand van windturbines geeft de situatie aan binnen Nederland, vastgelegd in begin januari 2013, door Windenergie Nieuws<sup>2</sup>. 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. De tien nieuwe turbines worden 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.

---

<sup>2</sup> Voor meer informatie, zie <http://www.windenergie-nieuws.nl/>

Detectiekans van de MPR gevechtsleidingsradar te Nieuw Milligen in de directe nabijheid van het bouwplan

De resultaten van deze berekeningen kunnen niet worden overhandigd omdat deze gerubriceerd zijn.

De conclusie van deze berekeningen is als volgt:  
De detectiekans is na plaatsing van de tien nieuwe windturbines op de toetsingshoogte van 1000 voet binnen de norm gebleven.

**Datum**

23 augustus 2013

**Onze referentie**

TNO-060-DHW-2013-02111

**Blad**

14/16

Detectiekans van de MPR gevechtsleidingsradar te Nieuw Milligen in de schaduw van het bouwplan

De resultaten van deze berekeningen kunnen niet worden overhandigd omdat deze gerubriceerd zijn.

De conclusie van deze berekeningen is als volgt:  
De schaduw is na plaatsing van de tien nieuwe windturbines op de toetsingshoogte van 1000 voet binnen de norm gebleven

**Datum**

23 augustus 2013

**Onze referentie**

TNO-060-DHW-2013-02111

**Blad**

15/16

## 6 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

**Datum**

23 augustus 2013

**Onze referentie**

TNO-060-DHW-2013-02111

**Blad**

16/16