Memorandum **ONGERUBRICEERD**

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

www.tno.nl

T +31 88 866 10 00
F +31 70 328 09 61
infodesk@tno.nl

Aan
[redacted]

Van
[redacted]

Onderwerp
Lage hoogte dekking MPR-opvolger Nieuw Milligen

Datum
11 december 2012

Onze referentie
<vnr-ext>

Doorkiesnummer
+31 88 866 40 70

1. Inleiding

In het DMP-A document wordt voor de geëiste radardekking van de MPR-opvolgers verwezen naar het NATO ACCS C&S document, [1]. Eisen zijn evenwel verwoord in het SHAPE "Air Surveillance (Sensor) Plan" (ASP) uit 2006, [2]. In 'windturbinenormvergaderingen' is gesproken over een lagere ondergrens van de radardekking.[1] De destijds gevoerde discussies hebben bij de behoeftesteller niet geleid tot aangepaste eisen wat betreft de radardekking. In het B-beraad is gesteld dat onderzocht moet worden of de dekking op de huidige locaties kan worden verbeterd, wat in dit stuk aan de orde komt. Tevens wordt in dit document aandacht besteed aan enkele BMD eisen, voor zover die van invloed zijn op de radardekking.

2. Historie

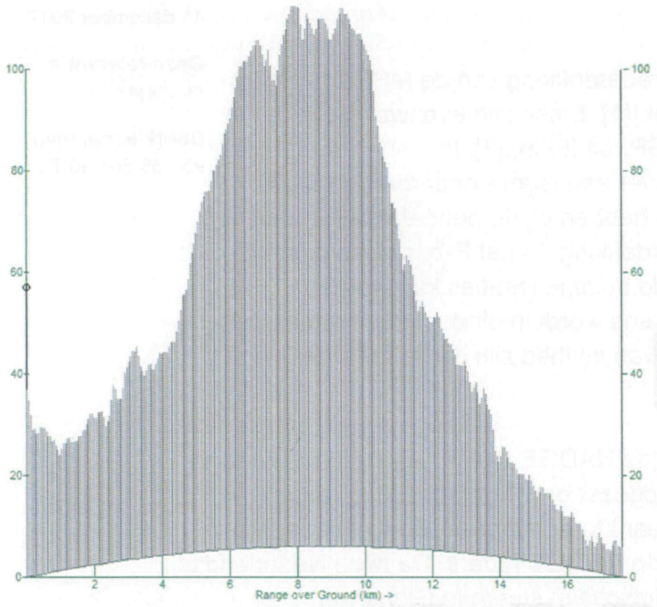
De huidige MPR installaties maken deel uit van de NADGE (NATO Air Defence Ground Environment) radarketen, die van origine was opgezet om Russische long range bommenwerpers (Tupolev Tu-95, codenaam 'bear') te detecteren. De wandkaart op onderstaande foto toont het detectiebereik van de NADGE radars. De twee Nederlandse radars lijken niet op deze kaart te staan, het Belgische systeem te Glons wel.



Figuur 1: Ondertekening van het NADGE initiatief op 1 juli 1966.

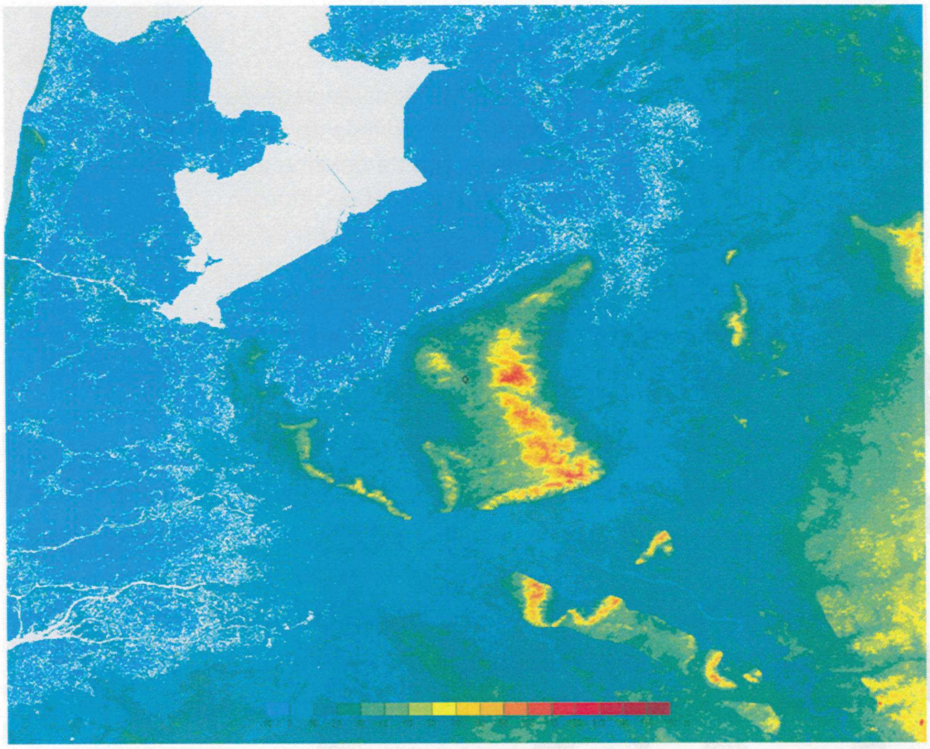
[1] Motiveringen waren: het vermijden van onopgemerkte penetratie van het Nederlandse luchtruim ('actie Matthias Rust'), het begeleiden van laagvliegende gevechtstoestellen boven de Noordzee, en het verruimen van plaatsingsmogelijkheden van windturbines.

In een door TNO uitgevoerde studie naar de prestaties van de MPR's, [3], bleek dat de lage-hoogte-dekking van de radar in Wier op orde is, terwijl de dekking van het systeem te Nieuw Milligen te wensen overlaat. De oorzaak is evident; Nieuw Milligen is gelegen aan de westelijke rand van de Veluwe. Het terreinhoogteprofiel in oostelijke richting wordt gegeven in Figuur 2. De MPR antenne bevindt zich ter hoogte van de cirkel op de linker verticale as (onder het getal '60'), de schaalverdeling is de hoogte in m (ten opzichte van de EGM96 geoïde, wat vergelijkbaar is met NAP).



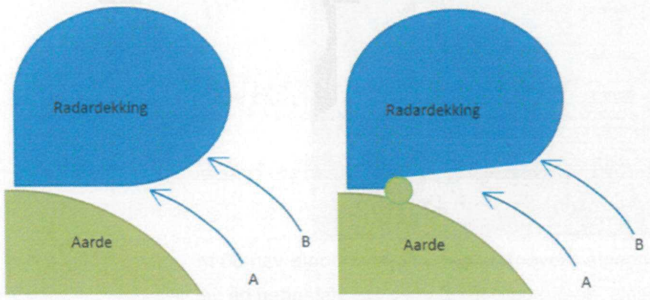
Figuur 2: Terreinprofiel in oostelijke richting vanaf radarpost Nieuw Milligen.

Een terreinhoogtekaart met de radarpost Nieuw Milligen in het midden wordt weergegeven in Figuur 3. Ook in zuid-westelijke richting is de lage-hoogte-dekking gebrekkig, veroorzaakt door de Utrechtse Heuvelrug. Voor dekkingsdiagrammen van Wier en Nieuw Milligen bij verschillende doelhoogten refereren wij naar [3].



Figuur 3: Terreinhoogtekaart, gebaseerd op space shuttle hoogte data (STRM). De stip in het midden is de locatie van radarpost Nieuw Milligen.

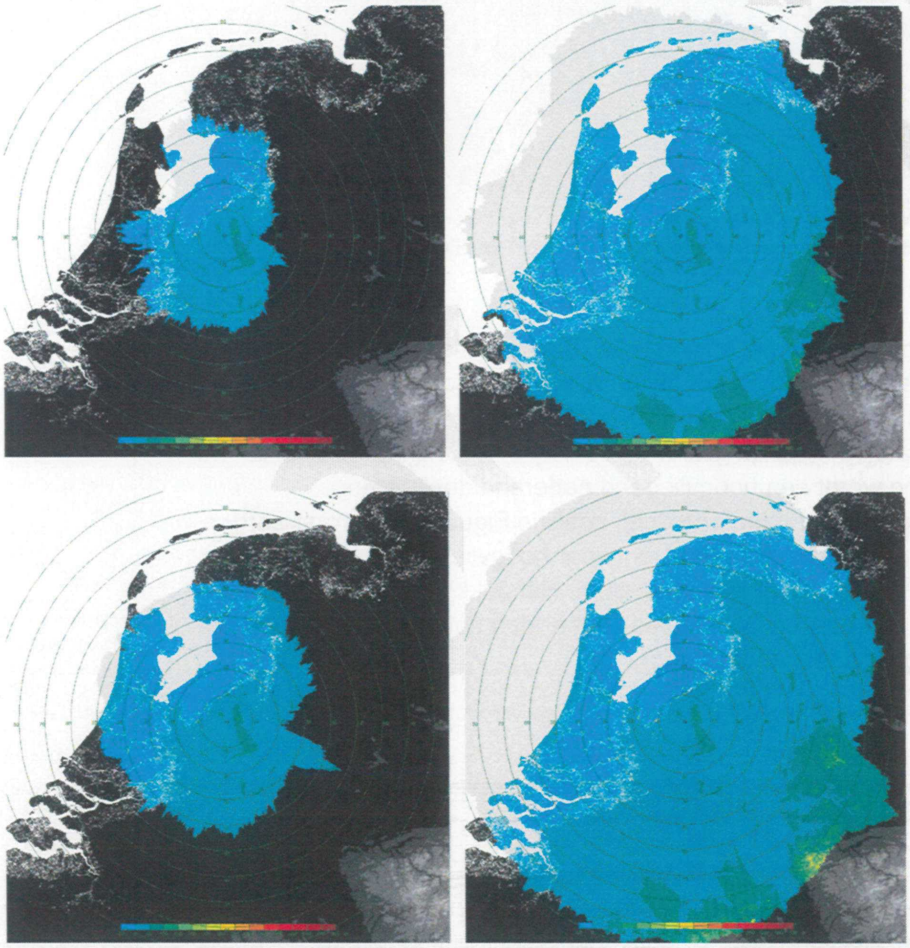
Omdat bij NADGE de primaire interesse uitging naar Russische long range bommenwerpers die op aanzienlijke hoogte vliegen, werd het door de geografische omstandigheden veroorzaakte verlies aan lage hoogte dekking van het systeem Nieuw Milligen klaarblijkelijk niet als bezwaarlijk gezien.
Vanwege de aardkromming wordt een hoogvliegend naderend doel eerder gedetecteerd dan een laagvliegend naderend doel, zoals in Figuur 3 is geïllustreerd. Tevens wordt terreinaccidentatie minder prominent voor hoogvliegers, hetgeen eveneens in Figuur 3 (rechter diagram) is geïllustreerd. Het dekkingsdiagram van de radar Nieuw Milligen voor een doel op 30.000 voet ziet er dan ook alleszins redelijk uit. Situatie B uit de rechter figuur doet zich dan voor.



Figuur 3: Links: een doel dat op lage hoogte naar een radar vliegt (traject A) zal op een kortere afstand tot de radar voor het eerst gedetecteerd worden dan een doel dat op grote hoogte naar de radar vliegt (traject B). Rechts: naarmate de vlieghoogte toeneemt heeft men minder last van terreinaccidentatie. Doel A zal ten gevolge van afscherming later gedetecteerd worden. Bij doel B treedt dit effect niet op.

3. Verbeteren van lage hoogte dekking

In tegenstelling tot Wier (Radar Post Noord) is radarpost Nieuw Milligen vanwege de topologie van het omringende landschap geen optimale locatie. Een triviale oplossing is dan ook: wijk uit naar een andere locatie. Een andere remedie om de dekking te verbeteren is het omhoog brengen van de antenne. Om aan de oostkant de effecten veroorzaakt door het terreinprofiel te verkleinen moet men voor Nieuw Milligen echter denken aan een mast van aanzienlijke hoogte. Figuur 4 toont zogenaamde line-of-sight dekkingsdiagrammen voor een doel op 1000 voet hoogte en voor een doel op 5000 voet hoogte, bij de huidige antennehoogte, en bij een radarmast van 60 m hoog. Deze diagrammen geven een goede eerste indruk van de radardekking die gehaald kan worden. In het gekleurde vlak is het doel 'in zicht.' Wanneer de rand van het gekleurde vlak rafelig is betekent dit dat er afscherming door terrein plaatsvindt, waarbij het terrein het zicht op de horizon belemmert.

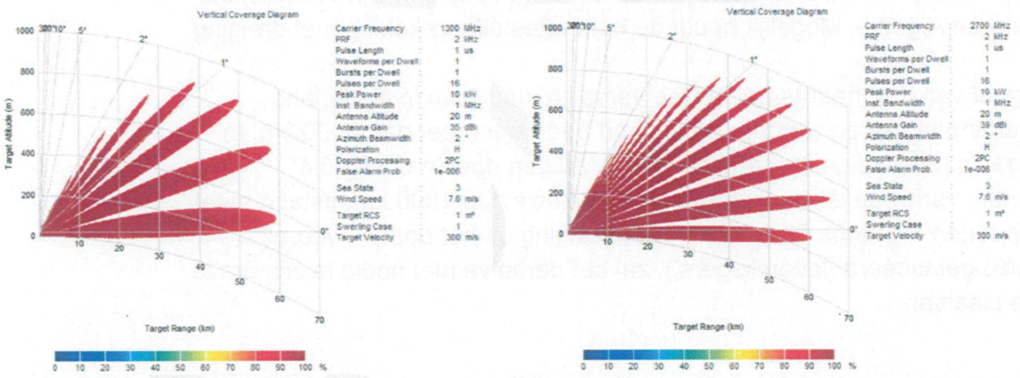


Figuur 4: Line-of-sight diagrammen voor de huidige antennehoogte (boven) en een antennehoogte van 60 m boven het maaiveld (onder). Links: doelhoogte 1000 voet, rechts: doelhoogte 5000 voet. De afstanden bij de ringen zijn in NM.

De extra dekking die ten gevolge van de (beduidend) hogere mast verkregen wordt blijkt voor de noord-west sector zeer sterk te zijn. Het verlengen van de radarmast

levert aan de oostkant circa 15 NM op. Analyse toont voorts aan dat de oppervlakte van het dekkingsgebied lineair toeneemt met de hoogte van de mast; een optimale masthoogte is derhalve lastig te destilleren. Vergelijkbare diagrammen voor de radarstations Wier, Herwijnen en Gilze-Rijen worden gegeven in Appendix A. Dekkingdiagrammen voor radarstation Nieuw Milligen en verschillende antennehoogten worden gegeven in Appendix B.
Naast het aanpassen van de hoogte waarop zich de radarantenne bevindt is het aantal middelen om de dekking te verbeteren beperkt. Voor de volledigheid noemen wij een tweetal.

- In geaccidenteerd terrein is het toepassen van VHF/UHF (30 – 1000 MHz) radar geopperd omdat diffractie (breking) aan terreinstructuren zich sterker voordoet bij deze relatief lage draaggolffrequenties. Een nadeel is dat de antenne relatief groot moet zijn om goede hoeknauwkeurigheid te bereiken. Ook begeeft men zich in een drukbezet frequentiegebied, denk aan communicatie, GPS, radio en televisie. Geen der respondenten van RFI heeft dan ook een VHF/UHF systeem voorgesteld, wel S-band (rond 2700 MHz, zoals de huidige MPR) of L-band (rond 1300 MHz).
- Wanneer multipad in het verticale vlak zich voordoet (denk aan shipborne radar), dan is het gebruik van hogere radarfrequenties profijtelijk, zie de met CARPET gemaakte diagrammen voor een L-band en een S-band systeem, waarbij het gaat het om de hoogte van de onderste flank van het dekkingsdiagram. Het effect dat de lage-hoogte-dekking bij L-band minder is, is te compenseren door bij toepassing van L-band de antenne hoger te plaatsen. Radarspecifieke aspecten (zoals zendvermogen en ontvangergevoeligheid) laten we hier buiten beschouwing.



Figuur 4: Verticale dekkingsdiagrammen bij L-band (links) en bij S-band (rechts). In het donker-rode vlak is de single-scan detectiekans 80% of meer.

De conclusie is dan ook dat in eerste instantie de hoogte van de antenne in relatie tot de terreinaccidentatie beschouwd moet worden.

4. BMD

In de Herijkingsnota heeft de behoeftesteller ambities op het gebied van BMD kenbaar gemaakt. Gesteld wordt dat de MPR-vervanger een ballistisch doel op minimaal 1000 km afstand 'en bij voorkeur meer' moet kunnen waarnemen. Niet wordt aangegeven welk type doel of welke radardoorsnede hierbij hoort, wat het toetsen van aangeboden systemen bemoeilijkt.
Of Nieuw Milligen als locatie geschikt is voor BMD, hangt af van de elevatiehoek waaronder het missile binnen het radarbereik komt. Dit is weer afhankelijk van de dracht van het missile, en de afstand waarop het missile gelanceerd wordt. In de Herijkingsnota wordt gesproken over medium tot intermediate range missiles voor vast opgestelde sensoren, en over short en medium range missiles voor een systeem dat verplaatsbaar is.
De dracht van deze missiles is als weergegeven in Tabel 1. Het apogeum (hoogste punt) van het traject is ruwweg 1/5 à 1/3 deel van de dracht.

Tabel 1. Dracht van ballistische missiles.

Missile	Dracht (km)
Short Range Ballistic Missile	< 1000
Medium Range Ballistic Missile	1000 tot 2500
Intermediate Range Ballistic Missile	2500 tot 3500

Het is profijtelijk de radar die voorwaarschuwing verschaft zo dicht mogelijk bij de lanceerlocatie te situeren, opdat voldoende tijd beschikbaar is. Binnen een straal van 1000 km rond Nederland bevinden zich louter landen die tot het NAVO bondgenootschap behoren. De vier dichtstbijzijnde niet-NAVO-landen zijn Wit Rusland, Oekraïne, Rusland en Algerije. Mogelijk houdt de behoeftesteller rekening met dreiging vanaf zee.
Een missile dat gaat van Iran naar Israël of vice versa zal door een in Nederland gestationeerde radar niet gezien worden, de afstand bedraagt meer dan 3000 km. In oostelijke richting kan het huidige systeem te Nieuw Milligen doelen boven 0.4° elevatie waarnemen, vanwege de heuvelrug van de Veluwe. Op 1000 km afstand moet de hoogte om die reden minstens 66 km zijn. Voor dreiging uit het oosten, voorbij NAVO grondgebied gelanceerd ('overvliegers'), zal het derhalve niet nodig te zijn om te antenne hoger te plaatsen.

5. Conclusies

In deze notitie wordt een indruk gegeven van de lage hoogte dekking van het radarsysteem te Nieuw Milligen. Een mast van circa 60 m hoog is nodig opdat de radar over de Veluwe heen kan kijken. De dekking tegen laagvliegers blijft bij een dergelijke masthoogte evenwel beperkt. Voor het waarnemen van een ballistisch doel is de huidige antennehoogte mogelijk wel geschikt, maar afhankelijk van de lanceerpositie en de dracht. Om dit nader te beoordelen is het nodig dat inzage wordt verschaft in plausibele BMD scenario's. Ook voor dekking op lage hoogte moet de eis kenbaar gemaakt worden, opdat een gefundeerde uitspraak omtrent de benodigde masthoogte kan worden gedaan.

6. Referenties

[1] NATO document 3835.10/SHAPO/060/01, Air Command and Control System, Criteria and Standards, fourth edition, second draft.

[2] SHAPE "Air Surveillance (Sensor) Plan" (ASP), 2006

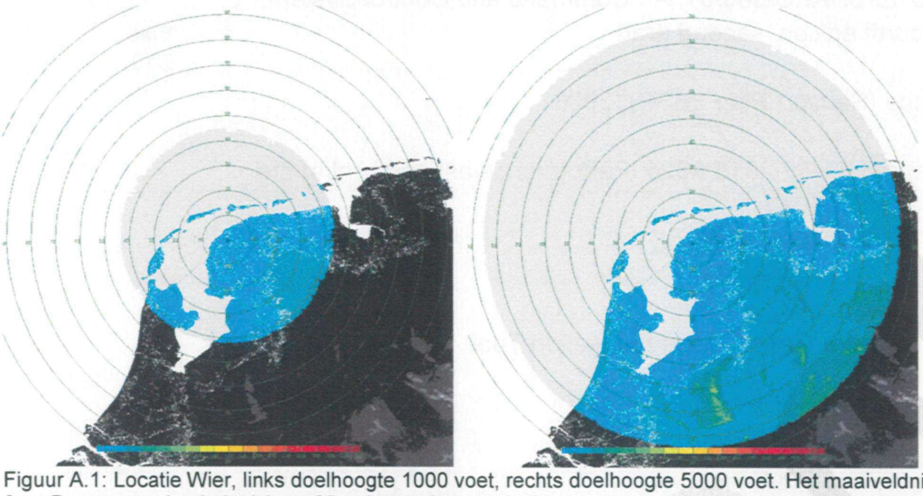
[3] [redacted], TNO document TNO-DV 2010 A325, Performance assessment of the Dutch MPR systems, 12 oktober 2010

7. Afkortingen

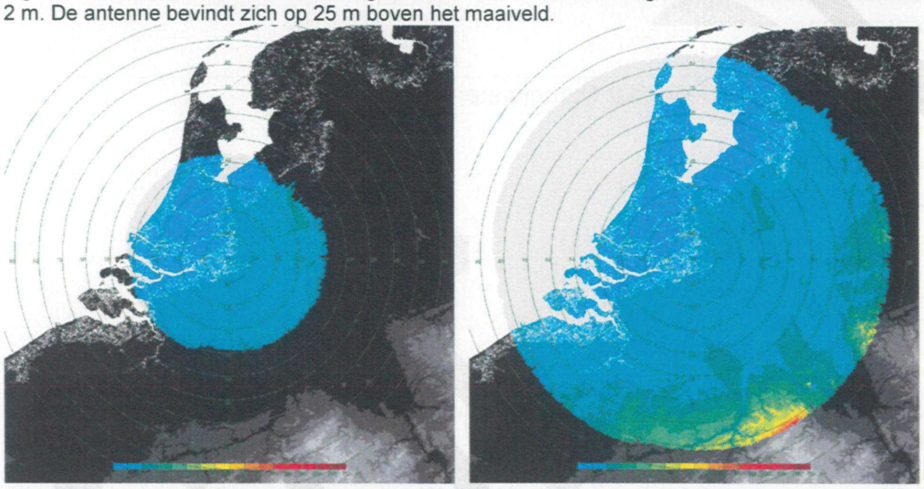
BMD	Ballistic Missile Defence
CARPET	Computer Aided Radar Performance Evaluation Tool
DMP	Defensie Materieelproces
GPS	Global Positioning System
MPR	Medium Power Radar
NADGE	NATO Air Defense Ground Environment
RFI	Request For Information
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek
UHF	Ultra High Frequency
VHF	Very High Frequency

Concept

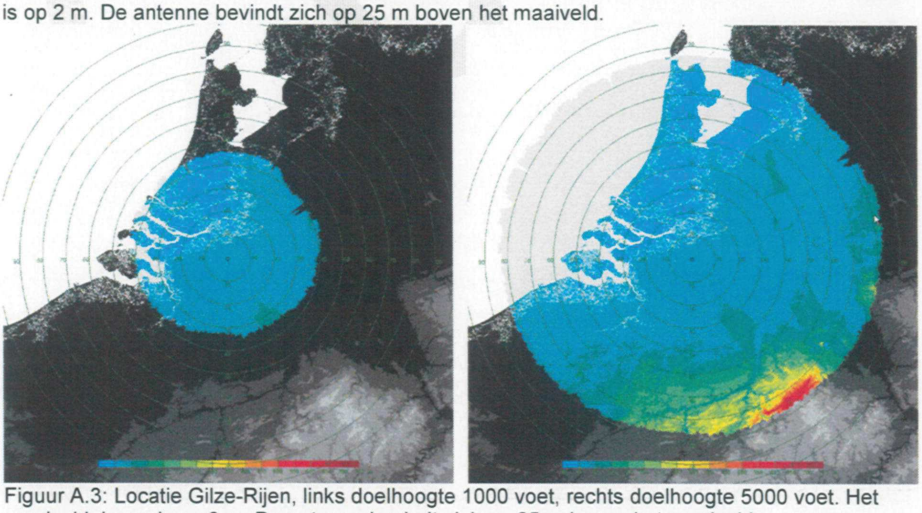
Appendix A



Figuur A.1: Locatie Wier, links doelhoogte 1000 voet, rechts doelhoogte 5000 voet. Het maaiveldniveau is op 2 m. De antenne bevindt zich op 25 m boven het maaiveld.

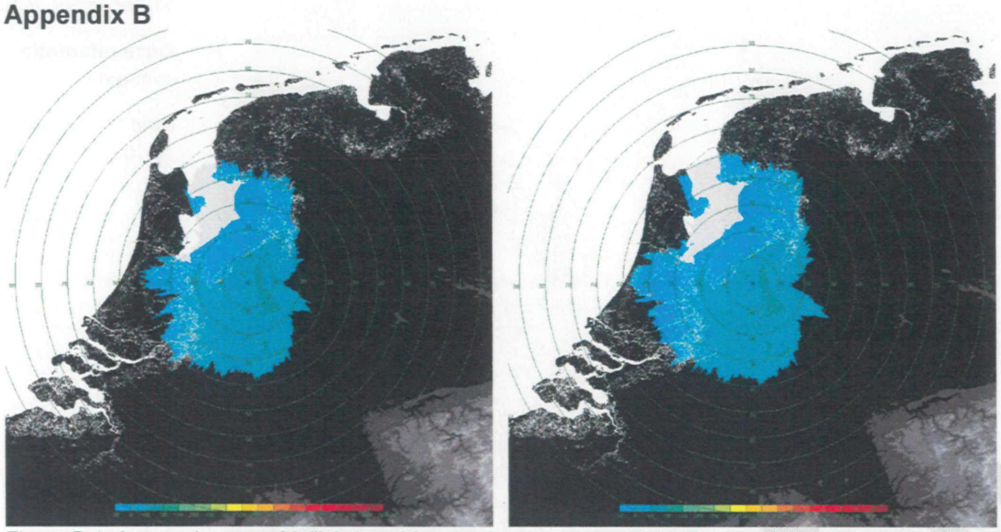


Figuur A.2: Locatie Herwijnen, links doelhoogte 1000 voet, rechts doelhoogte 5000 voet. Het maaiveldniveau is op 2 m. De antenne bevindt zich op 25 m boven het maaiveld.

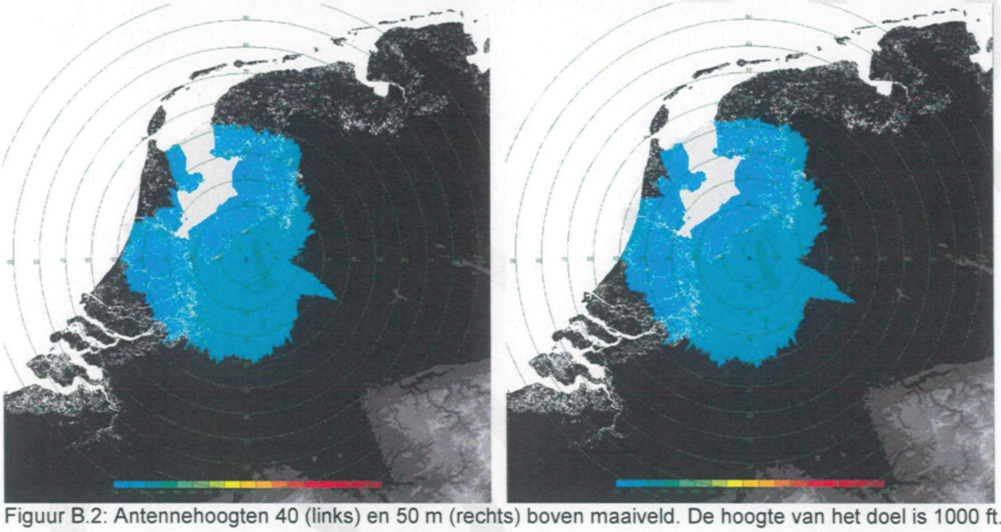


Figuur A.3: Locatie Gilze-Rijen, links doelhoogte 1000 voet, rechts doelhoogte 5000 voet. Het maaiveldniveau is op 8 m. De antenne bevindt zich op 25 m boven het maaiveld.

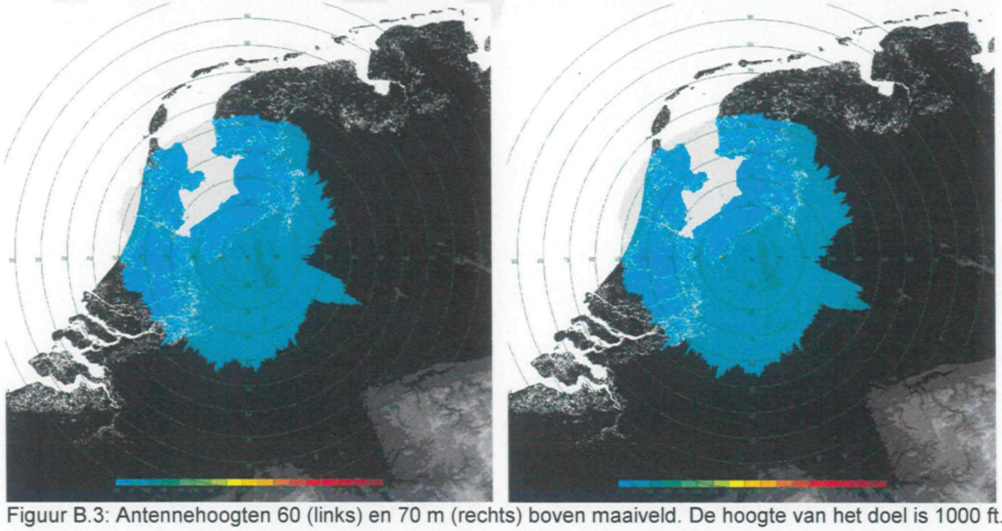
Appendix B



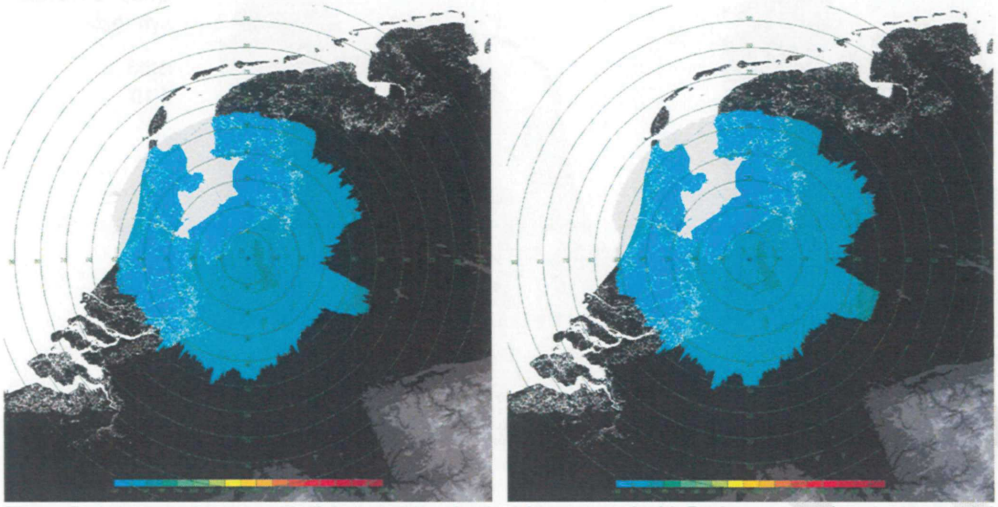
Figuur B.1: Antennehoogten 20 (links) en 30 m (rechts) boven maaiveld. De hoogte van het doel is 1000 ft.



Figuur B.2: Antennehoogten 40 (links) en 50 m (rechts) boven maaiveld. De hoogte van het doel is 1000 ft.



Figuur B.3: Antennehoogten 60 (links) en 70 m (rechts) boven maaiveld. De hoogte van het doel is 1000 ft.



Figuur B.4: Antennehoogten 80 (links) en 90 m (rechts) boven maaiveld. De hoogte van het doel is 1000 ft.

Concept