



Folder



Anne.Melchers@

Retouradres: Postbus 96864, 2509 JG Den Haag

Eneco Wind B.V.
T.a.v. mevr. A.B. Melchers
Postbus 19020
3001 BA ROTTERDAM



Onderwerp

Onderzoek effecten windturbines Spuisluizen Velsen op wal- en scheepsradarsystemen en marifoon rond Sluizencomplex IJmuiden

Geachte mevrouw Melchers,

Eneco heeft TNO op verzoek van Rijkswaterstaat (RWS) gevraagd onderzoek te doen naar de gevolgen van het plaatsen van een zestal windturbines voor het radarbeeld van de VTS walradars, het radarbeeld van scheepsradars van de zeeschepen die door de sluizen varen en de marifooncommunicatie rond het Sluizencomplex IJmuiden.

- Allereerst is door middel van een zichtlijn-analyse nagegaan of het bouwen van een zestal windturbines in de omgeving van de spuisluizen resulteert in een belemmerd zicht van de VTS radars op de vaarweg. Indien er bij een enkele radar sprake is van belemmerd zicht, is nagegaan of dit verminderd zicht kan worden opgevangen in het radarbeeld van de andere radars.
- Vervolgens is nagegaan of scheepsradars hinder kunnen ondervinden van de te plaatsen windturbines. In het bijzonder is onderzocht of sterke reflecties op de rotors van de windturbines het verloop van scheepvaartverkeer rondom de zeeluizen eventueel nadelig beïnvloeden.
- Tenslotte is een zichtlijn-analyse vergelijkbaar met die voor de walradars uitgevoerd voor de vier marifoon zendmasten die rondom de spuisluizen staan opgesteld. Voor ieder marifoon kanaal is deze analyse gedaan. Ook hier is nagegaan of verminderde dekking van een mast kan worden opgevangen door een van de andere marifoon zendmasten.

In bijgaande rapportage worden de bevindingen van het onderzoek gepresenteerd. De belangrijkste conclusies:

- 1) Radarbeeld van VTS walradars: Er is sprake van schaduwwerking vanwege de te plaatsen windturbines op de VTS radars rond het sluizencomplex. Deze wordt echter bijna volledig opgeheven doordat tenminste één andere radar wel echo's vanuit de schaduwgebieden kan ontvangen. Slechts een drietal smalle stroken ter grootte van enkele honderden vierkante meters achter twee windturbines (aangeduid als "D" en "E") worden niet gedekt door één van de radars.

Technical Sciences

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

www.tno.nl

T +31 88 866 10 00

Datum

6 juli 2016

Onze referentie

DHW-TS-2016-0100298130

E-mail

onno.vangent@tno.nl

Doorkiesnummer

+31 88 866 40 25

Projectnummer

060.22829

Uw referentie

Bestelnummer 4500649028

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

Handelsregisternummer 27376655.

Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
2/35

De stroken zijn met 15 m smal ten opzichte van de meest gangbare vaarrichting, waardoor een schip dat langer is dan 15 m zich nooit zal kunnen verschuilen in de schaduw en daardoor tijdelijk onzichtbaar wordt voor alle VTS radars. Daarnaast zal een schip zich altijd langzaam verplaatsen, waardoor het verlies van de radartrack binnen het VTS systeem onwaarschijnlijk zal zijn.

- 2) De radarecho's die worden veroorzaakt door radarreflecties van scheepsradars op de wieken van de te plaatsen windturbines veroorzaken geen hinder op de van tevoren gedefinieerde scheepstrajecten door de Noorder- en Middensluis. Sterke radarreflecties aan de wieken zorgen bij waarneming op een afstand van 1200 m weliswaar voor verbreding die zich kan uitstrekken over het water. Dit gebeurt echter op grote afstand van beide scheepstrajecten. Daarnaast is er bij de berekeningen uitgegaan van een radar van een binnenvaartschip. Radars op zeeschepen, daarentegen, hebben een smallere bundelbreedte, waardoor de effecten in de praktijk voor dit type radar nog kleiner zullen zijn.
- 3) De marifooncommunicatie: De schaduwwerking van de te plaatsen windturbines heeft invloed op de marifoon signalen. Er is sprake van schaduwwerking door de te plaatsen windturbines op alle marifoon kanalen. De schaduwen bevinden zich bij de Hoogovenhaven, de 1^e, 2^e en 3^e Rijksbinnenhaven en het Binnenkanaal. De schaduwgebieden kunnen een maximale lengte hebben van 360 m en een maximale breedte van 30 m. Een belangrijke kanttekening hierbij is dat de schaduwstroken in werkelijkheid smaller en korter zullen zijn vanwege diffractie rondom de windturbines. Niet elk kanaal hoeft echter een optimale dekking te hebben over het gehele gebied rond de sluizen. In hoeverre schaduwgebieden het functioneren van het totale communicatiesysteem zal beïnvloeden kan alleen door RWS worden bepaald.

Voor de verdere details verwijs ik naar de rapportage in de bijlage van deze brief.

Hoogachtend,



Ing. O.J. van Gent
Senior Research Medewerker

Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
3/35

1 Inleiding

Voor de begeleiding van de scheepvaart in de omgeving van de zeesluizen bij IJmuiden wordt een keten van Vessel Traffic Service (VTS) radars gebruikt. Rondom de zeesluizen staat een viertal van deze radarsystemen opgesteld: VTS Spuigebouw, VTS Middelsluis, VTS Deurenberging en VTS Velsen Zuid. De radar bij het Haven Operatie Centrum (HOC) maakt ook deel uit van deze keten. Ook staan er een aantal masten voor marifooncommunicatie opgesteld. Ten noorden van de spuisluizen heeft Eneco plannen voor het plaatsen van een zestal windturbines.

Eneco heeft TNO op verzoek van Rijkswaterstaat (RWS) gevraagd onderzoek te doen naar de gevolgen van het plaatsen van een zestal windturbines voor het radarbeeld van de VTS walradars, het radarbeeld van scheepsradars van de zeeschepen die door de sluisen varen en de marifooncommunicatie rond het sluisencomplex. In deze rapportage worden de bevindingen van het onderzoek gepresenteerd.

Deze rapportage bevat een drietal elementen:

- 1) Allereerst is door middel van een zichtlijn-analyse nagegaan of het bouwen van een zestal windturbines in de omgeving van de spuisluizen resulteert in een belemmerd zicht van de VTS radars op de vaarweg. Indien er bij een enkele radar sprake is van belemmerd zicht, is nagegaan of dit verminderd zicht kan worden opgevangen in het radarbeeld van de andere radars.
- 2) Vervolgens is nagegaan of scheepsradars hinder kunnen ondervinden van de te plaatsen windturbines. In het bijzonder is onderzocht of sterke reflecties op de rotors van de windturbines het verloop van scheepvaartverkeer rondom de zeesluizen eventueel nadelig beïnvloeden.
- 3) Tenslotte is een zichtlijn-analyse vergelijkbaar met die voor de walradars uitgevoerd voor de vier marifoon zendmasten die rondom de spuisluizen staan opgesteld. Voor ieder marifoon kanaal is deze analyse gedaan. Ook hier is nagegaan of verminderde dekking van een mast kan worden opgevangen door een van de andere marifoon zendmasten.

2 Overzicht situatie

In Figuur 1 is de situatie rondom de spuisluizen weergegeven. De verschillende walradars zijn weergegeven met een rode ster. De zes windturbines zijn weergegeven met een witte stip. In het vervolg zal naar de windturbines worden verwezen als windturbine A, B, C, D, E of F, waarbij windturbine A de meest westelijk te plaatsen windturbine is en windturbine F de meest oostelijk te plaatsen windturbine. Bij elk van de walradars hoort een zogenaamd mozaïek, dat aangeeft in welke sector de radargegevens verwerkt worden. Reflecties afkomstig van buiten het mozaïek worden genegeerd. Als voorbeeld is in de figuur het mozaïek van VTS Velsen Zuid weergegeven met het blauw gearceerde gebied.

Verder is in de figuur een tweetal scheepsroutes aangegeven. De invloed van sterke reflecties aan de wieken van de windturbine op deze routes zal worden

Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

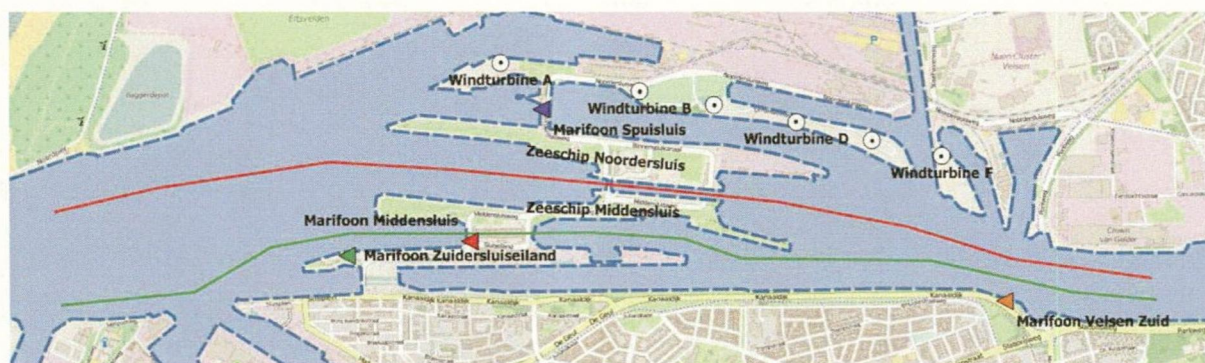
Blad
4/35

onderzocht. Deze trajecten zijn gedefinieerd in samenspraak met RWS. De rode route 'Zeeschip Noordersluis' geeft het traject weer van een zeeschip dat in westelijke richting door de Noordersluis vaart. De groene route 'Zeeschip Middensluis' geeft het traject weer van een zeeschip dat in oostelijke richting door de Middensluis vaart.



Figuur 1 Overzicht situatie rondom de spuisluizen. De verschillende radars zijn aangegeven met een ster, de windturbines met een witte cirkel. De twee scheepstrajecten zijn aangegeven met een groene en een rode lijn. Het mozaïek van de VTS radar Velsen Zuid is aangegeven met het blauw gearceerde gebied.

In Figuur 7 zijn de locaties van de marifoon zendmasten opgenomen. In het vervolg wordt naar deze marifoon masten gerefereerd als: 'marifoon Spuisluis', 'marifoon Middensluis', 'marifoon Zuiderluseiland' en 'marifoon Velsen Zuid'. In de analyse is aangenomen dat alleen het bereik op het water relevant is. In de figuur is dit gebied weergegeven als het blauw omrande gedeelte.



Figuur 2 Overzicht met de positie van de marifoon zendmasten. In de analyse is alleen het blauw omrande gedeelte meegenomen.

De antennes op de marifoon masten zijn richtingsgevoelig. Dit betekent dat schepen een voldoende sterk signaal zullen ontvangen als ze zich in het gebied bevinden dat binnen de openingshoek van de antenne valt¹. In dit onderzoek wordt de 3 dB openingshoek uit de specificaties van de antennes als openingshoek genomen voor de zichtlijnanalyse. In Figuur 3 wordt de

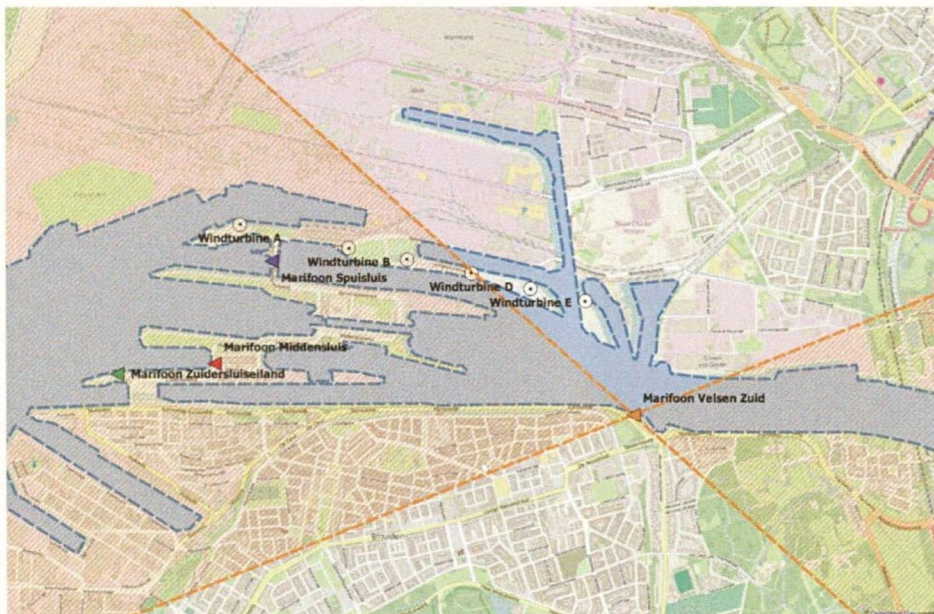
¹ Merk op dat dit een vereenvoudiging van de werkelijkheid is. Als een schip dichtbij de antenne is, kan het voorkomen dat het ook buiten de openingshoek berichten kan ontvangen, omdat het ontvangen vermogen op deze korte afstand groot genoeg is. Verder spelen effecten als reflecties en diffractie een rol. In hoofdstuk 4 van deze rapportage wordt diffractie verder besproken.

Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
5/35

openingshoek voor kanaal 6a van marifoon Velsen Zuid getoond. Voor elke mast en elk kanaal kan de oriëntatie en openingshoek verschillen.



Figuur 3 Illustratie van de openingshoek van marifoon zendmast Velsen Zuid, kanaal 6a. Binnen de oranje gearceerde hoeken wordt minstens de helft van het maximale vermogen van deze antenne uitgezonden. Voor iedere antenne en ieder kanaal kan zich een andere situatie voordoen.

In tabel 1 tot en met 3 worden de posities en maaiveldhoogtes van de marifoons, windturbines en walradars weergegeven die zijn gebruikt in de verschillende berekeningen.

Tabel 1 De coördinaten van de te realiseren windturbines in Rijksdriehoekskoördinaten en de lokale maaiveldhoogtes ten opzichte van NAP.

Windturbine	RDX (m)	RDY(m)	Maaiveldhoogte (m +NAP)
A	101450	498565	0.0
B	102033	498440	3.0
C	102347	498381	3.9
D	102691	498308	3.8
E	103009	498226	3.2
F	103301	498160	0.0

Tabel 2 Posities van de marifoons in Rijksdriehoekskoördinaten.

Marifoon	RDX (m)	RDY (m)
Zuidersluis	100790	497773
Velsen Zuid	103559	497556
Spuisluis	101617	498372
Middelensluis	101309	497828

Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
6/35

Tabel 3 Posities van de walradars in Rijksdriehoekskoördinaten.

Walradar	RDX (m)	RDY(m)	Maaiveldhoogte (m +NAP)
Velsen Zuid	103559	497557	26.7
Deurenberging	102772	498101	26.0
Spuigebouw	101617	498372	40.0
Middensluis	100665	497735	26.0
HOC	99801	497467	40.0

3 Gegevens radars en windturbines

In Tabel 4 zijn de relevante specificaties van de verschillende walradars weergegeven. Deze gegevens zijn verkregen via RWS.

In Tabel 5 zijn de gegevens van de windturbine weergegeven, die zijn gebruikt in alle berekeningen. Eneco heeft tijdens het uitvoeren van dit onderzoek nog geen definitieve keuze gemaakt voor de windturbine die aangeschaft zal gaan worden. Wel was al een lijst met specificaties van mogelijke opties beschikbaar. Uit deze lijst zijn vervolgens de grootste dimensies voor wieklengte, basis diameter en as-hoogte gekozen om op die manier een worst-case berekening uit te kunnen voeren.

Tabel 4 Relevante gegevens walradars

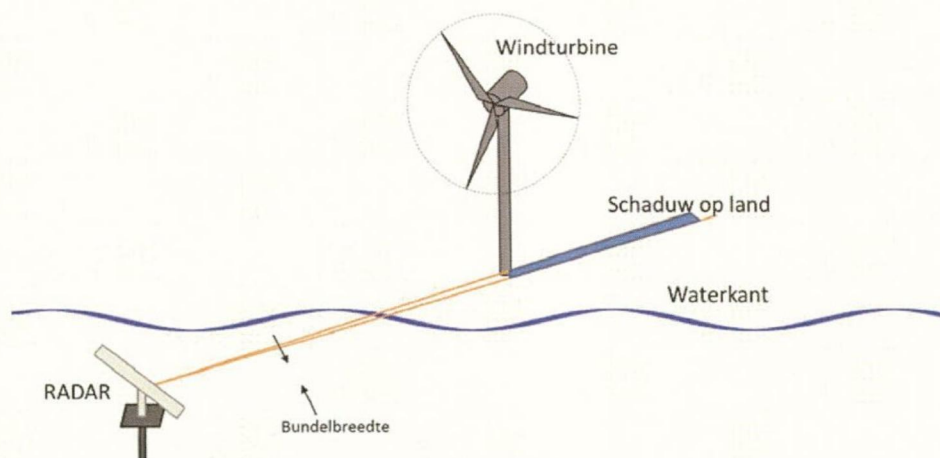
	Velsen Zuid	Deurenberging	Spuigebouw	Middensluis	HOC
Type	Onbekend	Visionmaster FT 8'	Onbekend	Visionmaster FT 8'	Onbekend
Rotatiesnelheid	20 rpm	28 rpm	20 rpm	28 rpm	20 rpm
Gain	36 dB	31 dB	36 dB	31 dB	36 dB
Azimut	0.4°	1.0°	0.4°	1.0°	0.4°
Elevatie	20°	24°	20°	24°	20°
Vermogen	3.7 kW	4 kW	3.7 kW	4 kW	25 kW
Pulsduur	50 ns	50 ns	50 ns	50 ns	50 ns
Pulsherhalingsfrequentie	2402 Hz	1760 Hz	2402 Hz	1760 Hz	2411 Hz
Zijlusniveau > 1.5°	-28 dB	-23 dB	-28 dB	-23 dB	-28 dB
Zijlusniveau 5°-10°	-30 dB	-23 dB	-30 dB	-23 dB	-30 dB
Zijlusniveau > 10°	-35 dB	-35 dB	-35 dB	-35 dB	-35 dB

Tabel 5 Gegevens van de worst-case windturbine.

Rotordiameter	117 m
Diameter mast basis	7.8 m
Diameter mast top	3.4 m
Ashoogte (t.o.v maaiveld)	122.1 m

4 Schaduwwerking

Windturbines hebben op een aantal manieren invloed op de radar. Allereerst blokkeert de windturbine de radarstraling. Achter de mast ontstaat daardoor een schaduwgebied. Gezien vanuit een walradar ligt deze schaduw doorgaans op het land, zie Figuur 4. Dit effect treedt overigens ook op bij iedere andere vorm van bebouwing. In werkelijkheid zal door diffractie rond de mast van de windturbine de radardekking in het schaduwgebied zich op enige afstand achter de windturbine herstellen. Dit effect wordt in dit onderzoek echter buiten beschouwing gelaten. Dit is dus een worst-case aanname. Zie figuur 5.



Figuur 4 Illustratie van schaduwwerking van windturbines.

Voor marifoon radioverkeer gaat hetzelfde op. De radiogolven afkomstig van een marifoon zendmast kunnen niet door een mast van een windturbine propageren. Dit betekent dat in het schaduwgebied van de mast er geen signaal, of in ieder geval een verzwakt signaal, zal zijn. In dit onderzoek nemen we ook voor de marifoon geen diffractie (figuur 5) in rekening. Het uitrekenen van de werkelijke verzwakking kan eventueel in een vervolgonderzoek aan de orde komen.

Merk op dat bij lange golflengtes het schaduwgebied sneller zal verdwijnen dan bij korte golflengtes. De golflengte van marifoon radioverkeer (VHF) is circa 100 maal groter dan de golflengte van een scheepsradar (X-band). Dit betekent dat met name het niet meenemen van diffractie bij de marifoon een flinke overschatting zal geven van het werkelijke schaduwgebied. Voor de verschillende radarsystemen is het niet meenemen van diffractie beter geoorloofd.

Datum
6 juli 2016

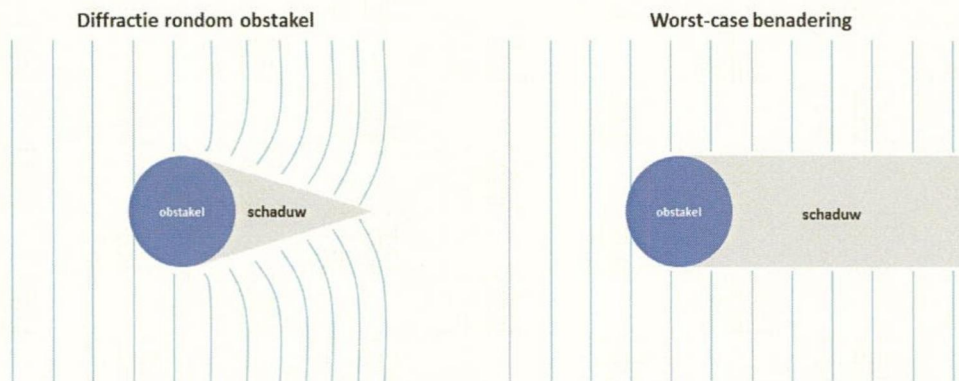
Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
7/35

Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
8/35



Figuur 5 Diffractie rondom een obstakel (links). Het schaduwgebied achter een obstakel zal na enige afstand verdwijnen, omdat de straling om het obstakel heen buigt. Deze afstand is sterk afhankelijk van de golflengte. Met name voor de marifoon zal de schaduw snel verdwijnen. In deze rapportage gaan we echter uit van een worst-case benadering (rechts), waar het schaduwgebied niet wordt opgevuld.

5 Bundelverbreding

Het tweede onderwerp dat onderzocht zal worden is de verstoring van het radarbeeld van scheepsradars ten gevolge van reflecties aan de rotors van de windturbine.

Het kleinste object dat een radar waar kan nemen, de minimaal waarneembare objectgrootte, hangt af van een groot aantal parameters zoals het vermogen van de zender, de duur van de puls, de herhalingsfrequentie, de afstand tot het object en de gevoeligheid van de ontvanger. Een objectgrootte wordt uitgedrukt in een radardoorsnede of Radar Cross Section (RCS), die de eenheid vierkante meters heeft. Voor scheepsradars is de minimaal waarneembare objectgrootte typisch enkele vierkante meters. Hoewel de RCS zijdelings gerelateerd is aan de effectieve oppervlakte van het doel, kan ook een object met een klein oppervlak een grote RCS hebben. In Tabel 6 wordt weergegeven wat de typische RCS voor een aantal objecten is.

Tabel 6 Ordegrootte RCS voor verschillende soorten objecten [4].

Object	Orde grootte RCS
Grote gebouwen en kranen	$> 100.000 \text{ m}^2$
Container Carriers en tankers	$10.000 \text{ m}^2 - 100.000 \text{ m}^2$
Grote coasters en bulk carriers	$1.000 \text{ m}^2 - 10.000 \text{ m}^2$
Coasters	$100 \text{ m}^2 - 1.000 \text{ m}^2$
Vissersboten en patrouilleboten	$10 \text{ m}^2 - 100 \text{ m}^2$
Zeilboten, speedboten, kano's, rubberboten, boeien	$< 10 \text{ m}^2$

De reflectie van de straling van de radar op de wieken van de windturbine hangt sterk af van de stand van de wieken. Als een groot deel van het oppervlak van de wieken op de radar is gericht dan zal dit oppervlak de straling rechtstreeks terug reflecteren naar de antenne van de radar. Het punt dat het sterkst reflecteert kan verschuiven van de tip naar de as van de wiek. Dit sterk reflecteren van de wieken

wordt 'blade flash' genoemd. Deze blade flash is vergelijkbaar met het verblind worden door een spiegellend oppervlak. De intensiteit van deze blade flash kan een orde grootte hebben van 10.000 m^2 .

De bundelbreedte van de radarantenne bepaalt het onderscheidend vermogen van een radar in de dwarsrichting. Des te smaller de bundel, des te groter het onderscheidend vermogen. Als twee objecten meer dan een bundelbreedte uit elkaar staan, dan zijn deze objecten afzonderlijk van elkaar waar te nemen.

De bundelbreedte in de dwarsrichting van een radar wordt bepaald door de horizontale afmeting van de antenne. Zeeschepen beschikken vaak over een grotere radar dan binnenvaartschepen. Voor de berekeningen zijn we uitgegaan van de worst case situatie, dus van een binnenvaartschip die door de sluisen vaart. Er bestaan wettelijke eisen voor de bundelbreedtes van radars die op binnenvaartschepen geplaatst worden. De -3 dB bundelbreedte van een scheepsradar is de horizontale openingshoek van de radar waarvoor geldt dat de versterking altijd groter is dan de helft de maximale versterking. Deze mag maximaal 1.2° zijn voor een binnenvaartschip. De -20 dB bundelbreedte – de horizontale openingshoek waarvoor de versterking groter is dan $1/100$ van de maximale versterking – mag maximaal 3° zijn. Op een scheepsradar van een binnenvaartschip kan een blade flash met een intensiteit van 10.000 m^2 worden weergegeven als een boog van 3° . Als zich een blade flash voordoet op de punt van de wijk betekent dit dat aan weerszijden van de wijk onder een hoek van 1.5° de echo van het blad op de radar kan worden verlengd. Hierdoor kan de wijk als een extra doel of obstakel zichtbaar worden in de vaarweg, terwijl de wiken fysiek niet over de vaarweg draaien. Bij minder of slecht zicht zou een schipper van het schip kunnen besluiten nodeloos af te remmen of uit te wijken.

Tijdens het analyseren van deze blade flashes nemen we de minimum specificaties van de radar van een binnenvaartschip als uitgangspunt. Zoals reeds eerder aangegeven, beschikken zeeschepen in de regel over radars met een smallere bundelbreedte. Voor dit onderzoek betekent dit, dat als binnenvaartschepen geen hinder zullen ondervinden vanwege blade flashes voor zeeschepen hetzelfde op zal gaan.

Datum

6 juli 2016

Onze referentie

DHWTS-2016-0100298130

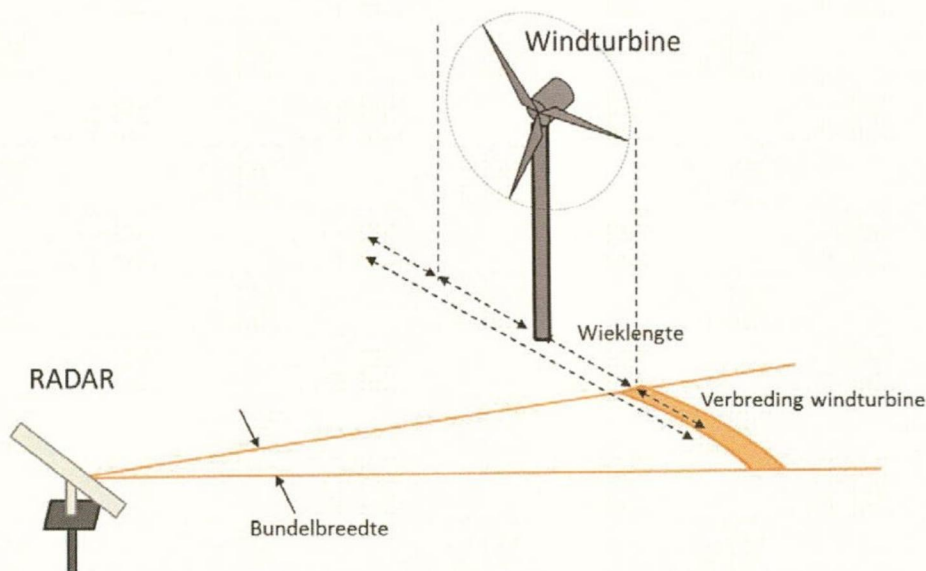
Blad

9/35

Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
10/35



Figuur 6 Illustratie van doelverbreiding vanwege reflecties op de wiek van een windturbine.

6 Onderzoeksopzet

Schaduwwerking Walradars

Allereerst zal de schaduwwerking veroorzaakt door de windturbines op het radarbeeld van de walradars worden onderzocht. Dit gebeurt in een drietal stappen:

- 1) Eerst wordt berekend in welke gebieden de radars geen zicht hebben omdat de windturbines een schaduw veroorzaken. Met wat eenvoudige geometrie kan aan de hand van de posities van radars en windturbines en de diameter van de windturbine (zoals gedefinieerd in Tabel 5) worden berekend waar een radarsysteem geen zicht zal hebben.
- 2) In een tweede stap wordt rekening gehouden met het mozaïek van elke radar. De posities waar de schaduwen binnen de mozaïeken van de desbetreffende radar vallen zullen worden berekend.
- 3) Tot slot zal worden nagegaan of andere radars in de keten het verlies van signaal vanwege schaduwwerking op kunnen vangen. We gaan er hierbij vanuit dat het voldoende is dat één andere radar wel signaal kan ontvangen vanuit het schaduw gebied veroorzaakt door de windturbine.

Blade Flashes

Zoals eerder is beschreven kan een windturbine door een binnenvaartscheeps-radar in het ongunstigste geval waargenomen worden met een breedte van de rotordiameter plus een verbreding van 3° . Het ongunstigste geval betekent dat de zendrichting van de radar loodrecht op de stand van de rotor staat. Aangezien de absolute breedte van de verbreding vermindert als het schip dichterbij de windturbine komt, betekent dit ook dat hoe dichterbij de windturbine komt, des te minder de radar hinder zal ondervinden van blade flashes, radarecho's op de wieken van de windturbine.

Datum

6 juli 2016

Onze referentie

DHWTS-2016-0100298130

Blad

11/35

We kunnen met een eenvoudige formule uitrekenen wat de waargenomen breedte $b_{turbine}$ van de windturbine is op een afstand van de windturbine R .

$$b_{turbine} = R * \tan(\theta_{-20dB}) + D$$

In deze uitdrukking is D de diameter van de rotor en θ_{-20dB} de -20 dB openingshoek van de radar, die voor scheepsradars maximaal 3° is.

Voor de situatie rondom de zeesluizen willen we nu onderzoeken of er echo's van de windturbine zichtbaar zullen zijn op de vaarweg. We nemen hiervoor als uitgangspunt dat een schip op 1200 m afstand een ongestoorde radarwerking moet hebben². We kunnen nu dus uitrekenen wat de waargenomen breedte van de windturbines op een afstand van 1200 m zal zijn en vervolgens bekijken of er echo's waar te nemen zullen zijn op de vaarweg. We kunnen deze echo's vervolgens naast de twee gedefinieerde scheepstrajecten leggen om hieruit te concluderen of scheepvaartverkeer hier hinder van zal ondervinden.

Schaduwwerking Marifoon

Het laatste onderwerp dat aan bod komt, is het effect van schaduwwerking door de windturbines op het marifoonverkeer. We doorlopen hierbij dezelfde stappen als bij de walradars. Het enig verschil is dat we nu niet een radar mozaïek beschouwen maar voor ieder kanaal en iedere zendmast rekening houden met de verschillende openingshoeken van de antennes. Opnieuw gaan we ervan uit dat het voldoende is dat één andere marifoon zendmast signaal kan ontvangen uit en verzenden naar het schaduw gebied.

7 Zichtlijnanalyse Walradars

In Figuur 7 zijn de volledige schaduwgebieden voor iedere radar en iedere windturbine weergegeven. Zoals te zien in de figuur bevinden alle schaduwen zich ten noorden van het sluizencomplex. In Figuur 8 zijn de gedeeltes van de schaduwen die zich binnen de mozaïeken bevinden weergegeven. Het gaat hier om een klein aantal relatief smalle stroken waar sprake is van schaduwwerking. In Figuur 9 is tenslotte weergegeven welke schaduwen niet opgeheven worden door de werking van een andere radar. In de figuur is te zien dat het slechts gaat om drietal gebieden ten noorden van windturbine D die niet gedekt worden door een van de radars. De strook boven windturbine D heeft een lengte van zo'n 80 m en een maximale breedte van ongeveer 12 m. De schaduw veroorzaakt door turbine E is maximaal zo'n 15 m breed en 60 m lang. De stroken zijn met 15 m smal ten opzichte van de meest gangbare vaarrichting, waardoor een schip die langer is dan 15 m zich nooit zal kunnen verschuilen in de schaduw en daardoor tijdelijk onzichtbaar wordt voor alle VTS radars. Daarnaast zal een schip zich altijd langzaam verplaatsen, waardoor het verlies van de radar track binnen het VTS systeem onwaarschijnlijk zal zijn.

² In Richtlijn nr. 2006/87/EG [1] zijn eisen opgenomen ten aanzien van de kwaliteit van radarwaarneming. Toetsing van de waarneming tot op 1200 m maakt deel uit van de keuringsprocedure. Ongestoorde radarwerking tot op 1200 m moet derhalve mogelijk zijn.

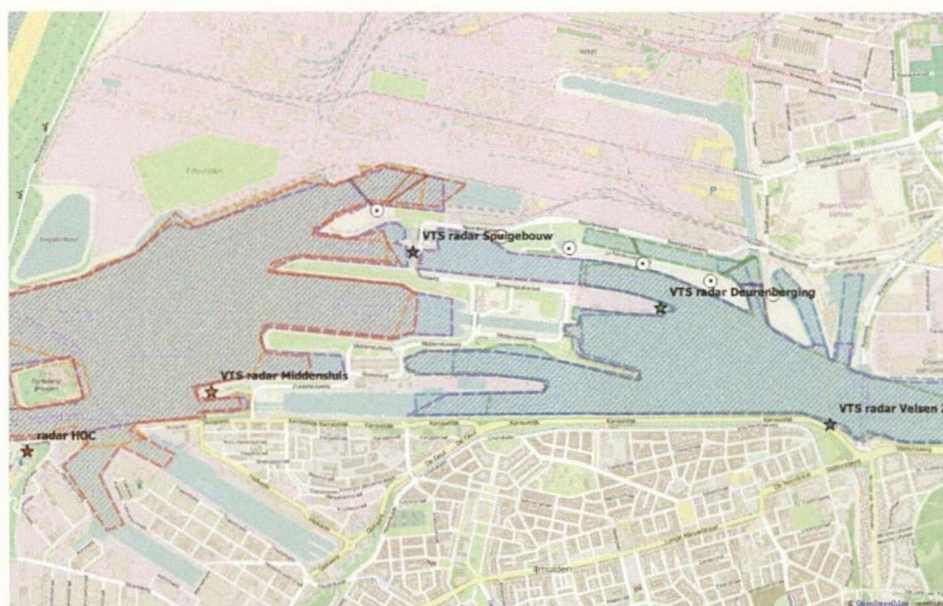
Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
12/35



Figuur 7 De volledige schaduw gebieden voor elke radar. Met kleuren is aangegeven welke schaduw bij welke radar hoort. De windturbine masten zijn niet op schaal weergegeven.

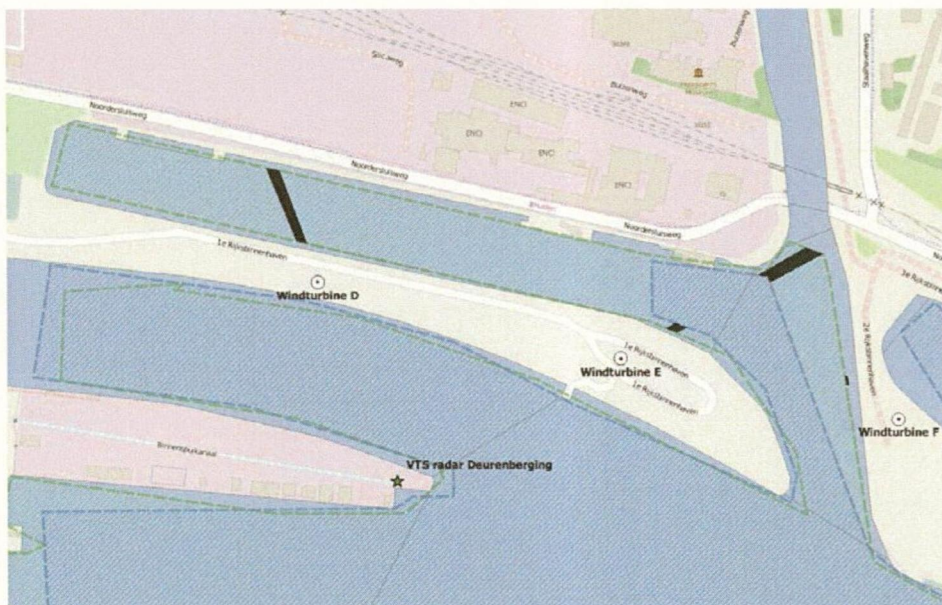


Figuur 8 In een tweede stap zijn alleen de delen van de schaduwen geselecteerd die binnen het mozaïek van de verschillende radars vallen. Zowel de mozaïeken als de delen van de schaduwen die binnen de mozaïeken vallen zijn weergegeven met kleuren die bij de radar horen.

Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

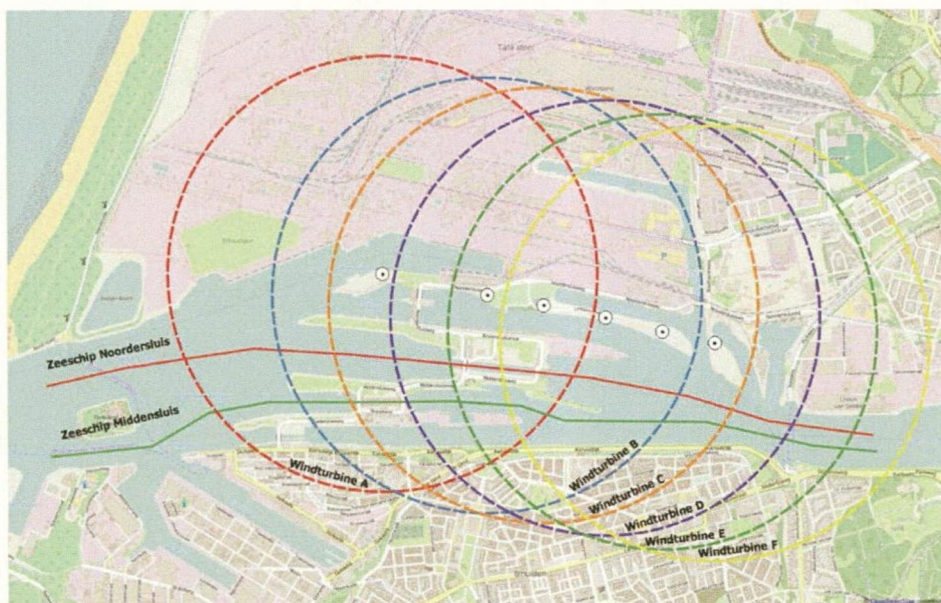
Blad
13/35



Figuur 9 In een laatste stap is bekeken welke deel van de schaduwvorming niet kan worden ondervangen door een van de andere radars. Het betreft hier de drie zwarte gebieden.

8 Sterke reflecties op de wieken

In Figuur 10 zijn de cirkels weergegeven waarop de afstand tot de bijbehorende windturbines 1200 m is, weergegeven. In Figuur 11 is telkens vervolgens met een tweetal cirkels voor iedere windturbine de rotordiameter (de binnenste cirkel) en de doelverbreding op een afstand van 1200 m weergegeven (de middelste cirkel). Op de figuur is te zien dat de blade flashes telkens ver uit de buurt van de scheepstrajecten 'Zeeschip Noordersluis' en 'Zeeschip Middensluis' blijven.

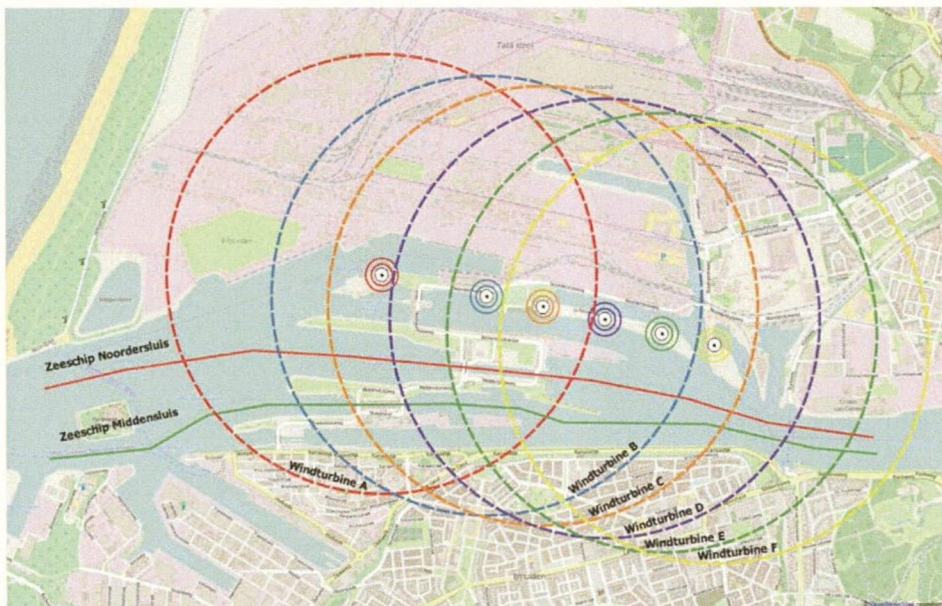


Figuur 10 De cirkels waarop de afstand tot de windturbine 1200 m is.

Datum
6 juli 2016

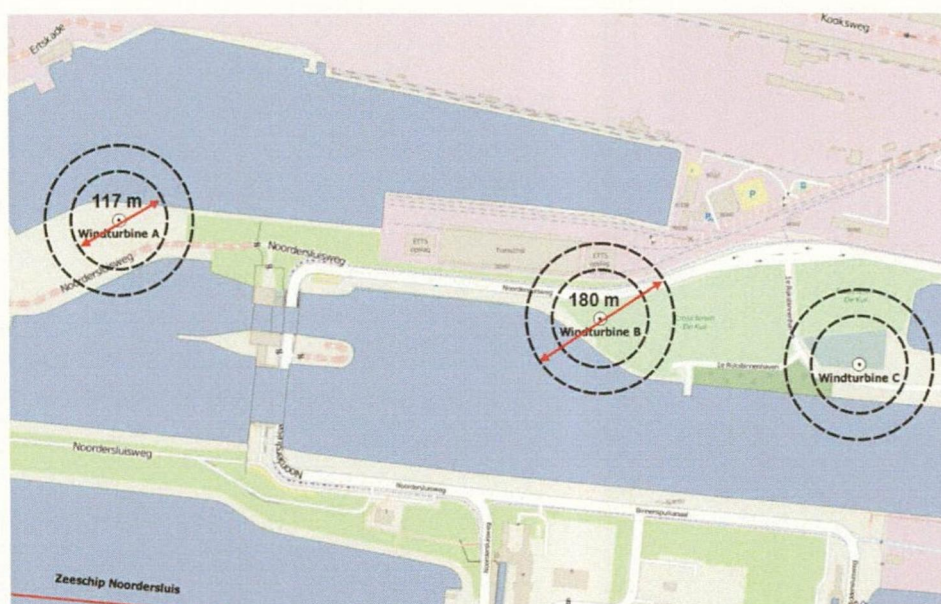
Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
14/35



Figuur 11 Op deze figuur zijn ook de diameter van de rotors weergegeven (voor elke turbine de binnenste cirkel). Daarnaast is ook de verbreding van de wieken weergegeven (telkens de middelste cirkel).

In Figuur 12 en Figuur 13 is vervolgens in meer detail weergegeven wat de doelverbreding van ieder van de windturbines is. Hier is te zien dat voor radarwaarneming op een afstand van 1200 m de verbreding van de wieken zich enkele tientallen meters over het water uitstrekt



Figuur 12 Een detailweergave van de wiekverbreding op een afstand van 1200 m voor Turbine A, B en C. De binnenste cirkel geeft telkens de werkelijke diameter van de rotors weer, de buitenste cirkel de breedte als waargenomen door een scheepsradar op een afstand van 1200 m van de windturbine.

Datum

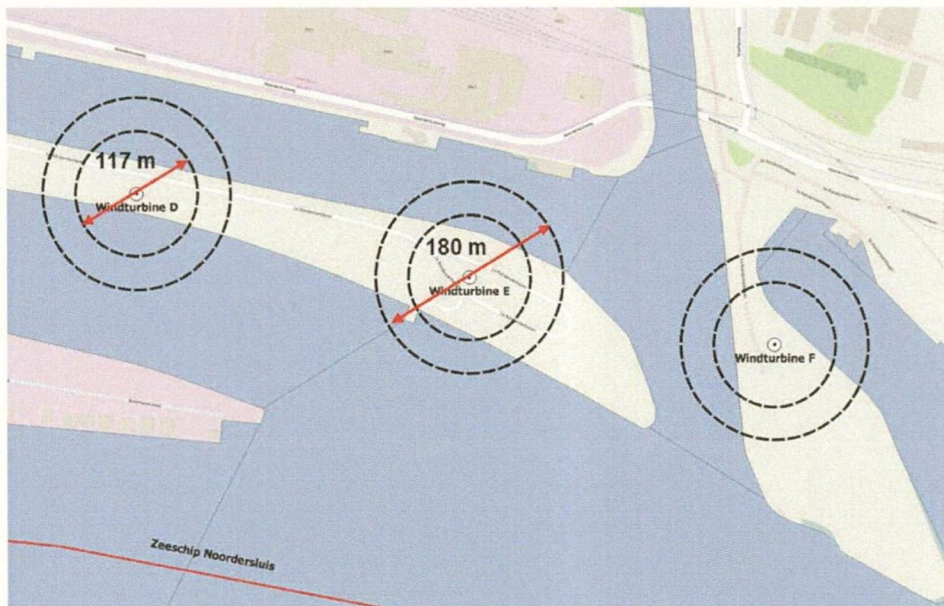
6 juli 2016

Onze referentie

DHWTS-2016-0100298130

Blad

15/35



Figuur 13 Een detailweergave van de wijkverbreiding op een afstand van 1200 m voor Turbine A, B en C. De binnenste cirkel geeft telkens de diameter van de rotors weer, de buitenste cirkel de breedte als waargenomen door een scheepsradar op een afstand van 1200 m van de windturbine.

9 Zichtlijnanalyse marifoon

In dit deel van deze rapportage wordt de zichtlijnanalyse voor de marifoons besproken. Voor ieder marifoonkanaal is een aparte analyse uitgevoerd. In een aantal gevallen hebben verschillende marifoonkanalen exact dezelfde antenne-configuratie. Wanneer dit het geval is wordt de analyse slechts één keer getoond. Het overzicht van de verschillende kanalen en de koppeling naar een specifieke zend-/ontvang-locatie en antenne is afgeleid van het handboek met de technische gegevens van de Marifoon communicatiemasten rond de sluizen [2]. Deze gegevens zijn verstrekt door RWS.

In het vervolg wordt voor ieder kanaal een aantal gegevens getoond:

- 1) Allereerst wordt in een tabel een overzicht gegeven van de verschillende antennes die betrekking hebben op dat specifieke kanaal. De posities, zendrichtingen en openingshoeken van de verschillende antennes worden getoond. Ook wordt aangegeven of het een ontvangstantenne (Rx) of zendantenne (Tx) betreft.
- 2) Vervolgens wordt in een overzichtskaartje aangegeven waar de verschillende antennes een voldoende sterk signaal hebben, namelijk binnen de horizontale openingshoeken van de antennes.
- 3) Tot slot wordt in een kaartje getoond waar de windturbines schaduwen veroorzaken. Hierbij worden schaduwen die buiten de horizontale openingshoeken van de antennes vallen genegeerd. In de meeste gevallen gaat het per kanaal om één mast met zendantennes en één mast met ontvangstantennes. Dit betekent dat in deze gevallen schaduwen veroorzaakt door de windturbines niet opgeheven kunnen worden door een tweede antenne. Een uitzondering hierop is kanaal 22. Deze heeft twee zenders en ontvangers op twee locaties.

Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
16/35

Datum
6 juli 2016

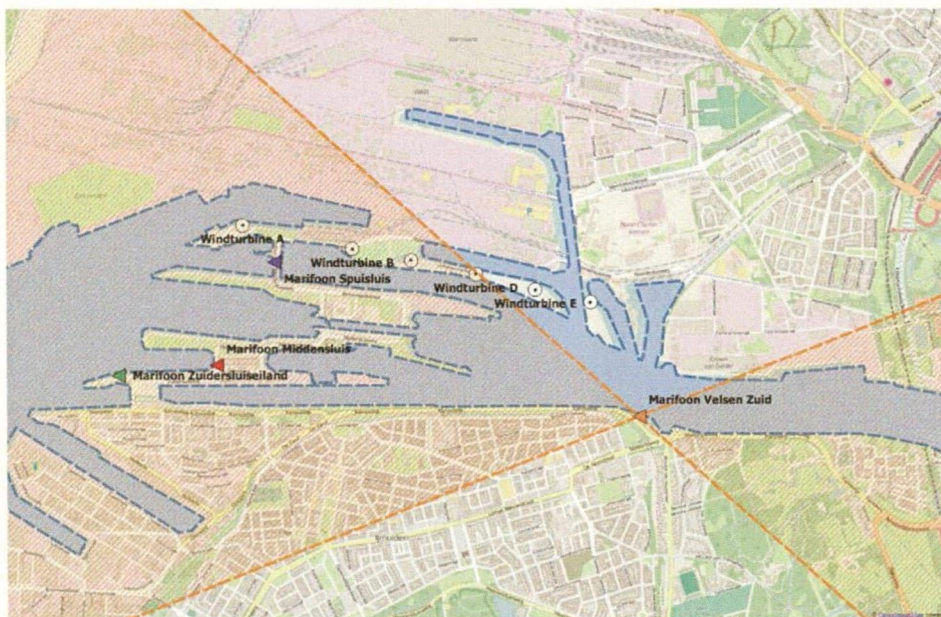
Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
17/35

i) Zichtlijnanalyse voor kanaal 6a, 8a, 10a en 89a

Tabel 7 Gegevens van de antennes voor kanaal 6a, 8a, 10a, 89a

Positie	Antenne Type	Richting (° azimuth)	Horizontale relatieve openingshoek (°)	Openingssector t.o.v. noorden (°)	Zender (Tx) / Ontvanger (Rx)
Velsen Zuid	K 520721	100	63	68.5-131.5	Tx
	K 520721	280	63	248.5-311.5	Tx



Figuur 14 Illustratie van de openingshoeken van marifoontoren Zuid voor kanaal 6a, 8a, 10a en 89a.

Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
18/35



Figuur 15 Weergave van de schaduwen veroorzaakt door de windturbines voor kanaal 6a, 8a, 10a en 89a.

Datum
6 juli 2016

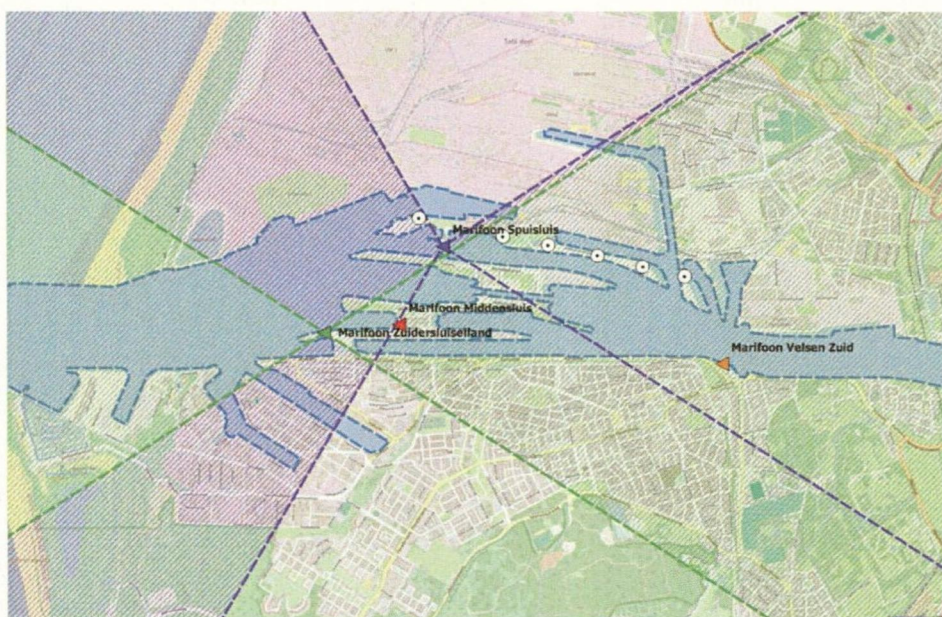
Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
19/35

ii) Zichtlijnanalyse voor kanaal 14, 37a, 40 en 68

Tabel 8 Gegevens van de antennes voor kanaal 14, 37a, 40 en 68

Positie	Antenne Type	Richting (° azimuth)	Horizontale relatieve openingshoek (°)	Openingssector t.o.v. noorden (°)	Zender (Tx) / Ontvanger (Rx)
Zuidersluseiland	K 523221	90	65	57.5-132.5	Tx
	K 523221	270	65	237.5-302.5	Tx
Spuisluis	K 523221	90	65	57.5-132.5	Rx
	K 531821	270	118	211-329	Rx



Figuur 16 Illustratie van de openingshoeken van marifoon Zuidersluseiland en Spuisluis voor kanaal 14, 37a, 40 en 68.

Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
20/35



Figuur 17 Weergave van de schaduwen veroorzaakt door de windturbines voor kanaal 14, 37a, 40 en 68.

Datum
6 juli 2016

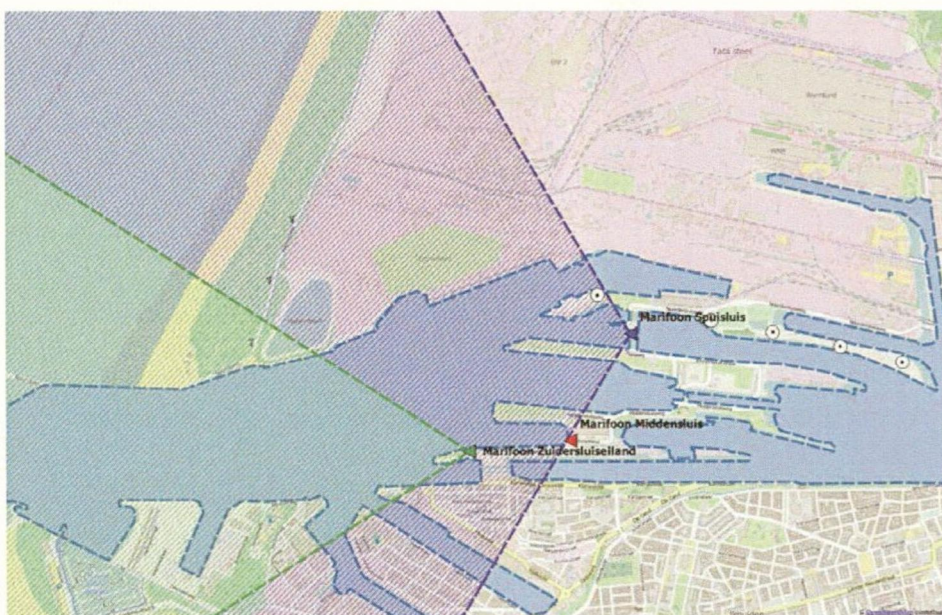
Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
21/35

iii) Zichtlijnanalyse voor kanaal 19 en 61

Tabel 9 Gegevens van de antennes voor kanaal 19 en 61

Positie	Antenne Type	Richting (° azimuth)	Horizontale relatieve openingshoek (°)	Openingsector t.o.v. noorden (°)	Zender (Tx) / Ontvanger (Rx)
Zuidersluseiland	K 523221	270	65	237.5-302.5	Tx
Spuisluis	K 531821	270	118	211-329	Rx



Figuur 18 Illustratie van de openingshoeken van marifoon Velsen Zuidersluseiland en Spuisluis voor kanaal 19 en 61.

Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
22/35



Figuur 19 Weergave van de schaduw veroorzaakt door de windturbines voor kanaal 19 en 61.

Datum
6 juli 2016

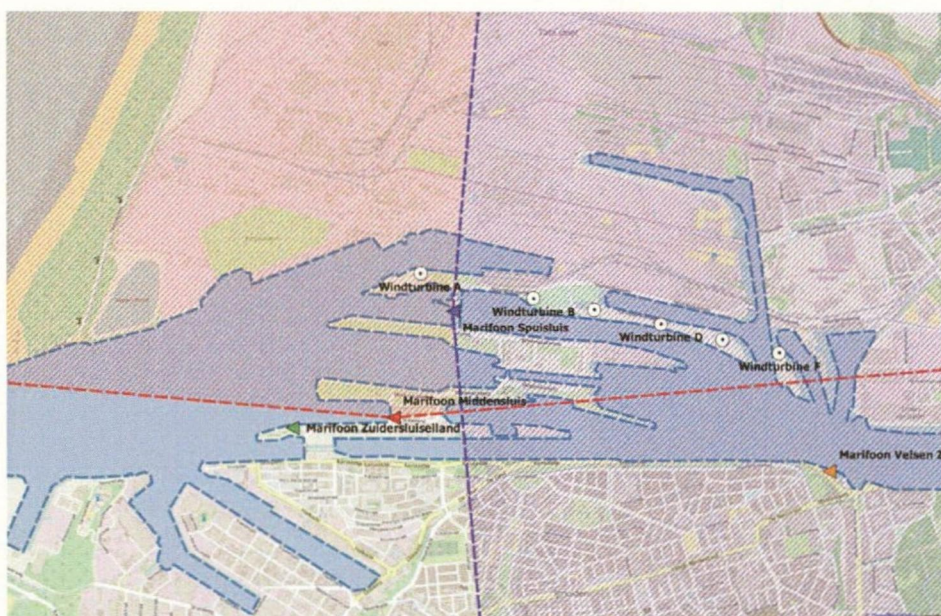
Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
23/35

iv) Zichtlijnanalyse voor kanaal 22

Tabel 10 Gegevens van de antennes voor kanaal 22.

Positie	Antenne Type	Richting (° azimut)	Horizontale relatieve openingshoek (°)	Openingsector t.o.v. noorden (°)	Zender / Ontvanger
Spuigebouw	K531921	90	170	5 - 175	Tx/Rx
Middensluis	K531921	0	170	275-85	Tx/Rx



Figuur 20 Illustratie van de openingshoeken van marifoons Middensluis en Spuisluis voor kanaal 22.

Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
24/35



Figuur 21 Weergave van alle schaduwen veroorzaakt door de windturbines voor kanaal 22.



Figuur 22 Omdat bij kanaal 22 de twee marifoon masten zowel kunnen zenden als ontvangen wordt een groot deel van de schaduwen veroorzaakt door de windturbines weer opgeheven. De schaduwen die overblijven zijn weergegeven met de zwart gekleurde gebieden.

Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
25/35

v) Zichtlijnanalyse voor kanaal 39a

Tabel 11 Gegevens van de antennes voor kanaal 39a.

Positie	Antenne Type	Richting (° azimuth)	Horizontale relatieve openingshoek (°)	Openingsector t.o.v. noorden (°)	Zender (Tx) / Ontvanger (Rx)
Zuidersluseiland	K 523221	90	65	57.5-122.5	Tx
	K 523221	270	65	237.5-302.5	Tx
Spuisluis	K 523221	90	65	57.5-122.5	Rx
	K 523221	270	65	237.5-302.5	Rx

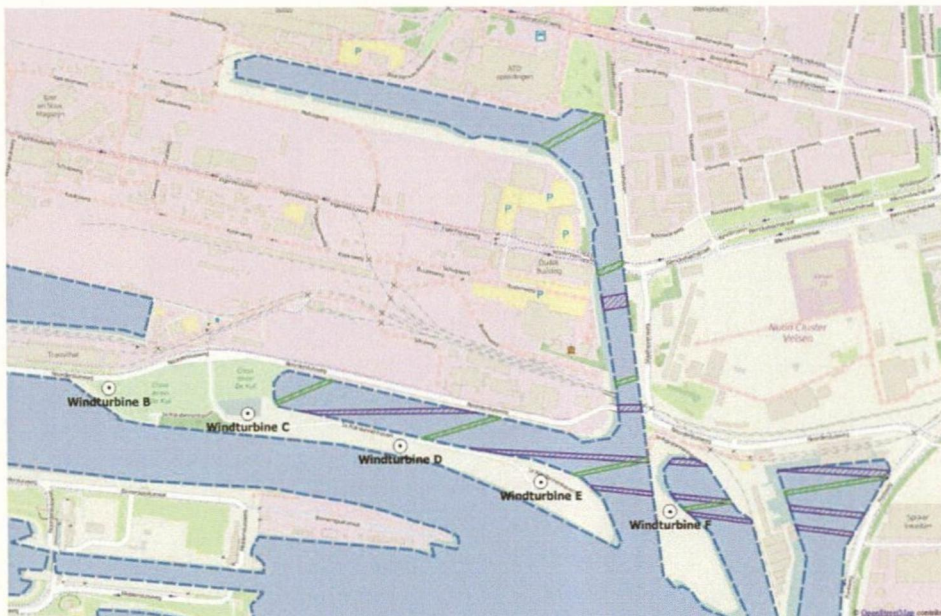


Figuur 23 Illustratie van de openingshoeken van marifoont Zuiderse Sluis en Spuisluis voor kanaal 39a.

Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
26/35



Figuur 24 Weergave van de schaduwen veroorzaakt door de windturbines voor kanaal 39a.

vi) Zichtlijnanalyse voor kanaal 69a

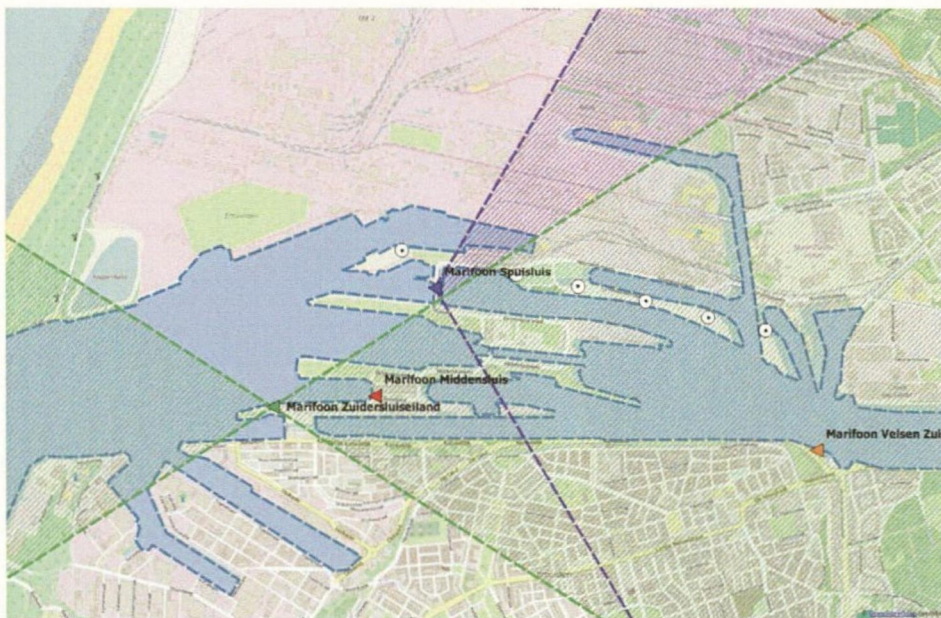
Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
27/35

Tabel 12 Gegevens van de antennes voor kanaal 69a.

Positie	Antenne Type	Richting (° azimuth)	Horizontale relatieve openingshoek (°)	Openingssector t.o.v. noorden (°)	Zender (Tx) / Ontvanger (Rx)
Zuidersluseiland	K 523221	90	65	57.5-122.5	Tx
	K 523221	270	65	237.5-302.5	Tx
Spuisluis	K 531821	270	118	211-329	Rx



Figuur 25 Illustratie van de openingshoeken van marifoont Zuidersluseiland en Spuisluis voor kanaal 69a.

Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
28/35



Figuur 26 Weergave van de schaduwen veroorzaakt door de windturbines voor kanaal 69a.

Datum
6 juli 2016

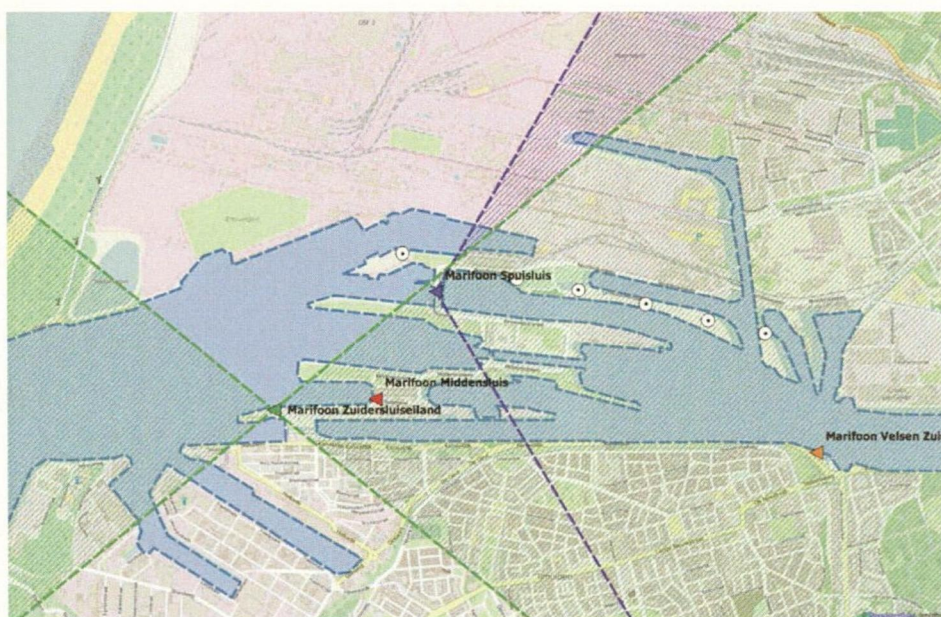
Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
29/35

vii) Zichtlijnanalyse voor kanaal 99

Tabel 13 Gegevens van de antennes voor kanaal 99.

Positie	Antenne Type	Richting (° azimuth)	Horizontale relatieve openingshoek (°)	Openingssector t.o.v. noorden (°)	Zender / Ontvanger
Zuidersluseiland	K 530021	90	78	51-129	Tx
	K 530021	270	78	231-309	Tx
Spuisluis	K 531821	90	118	31-149	Rx



Figuur 27 Illustratie van de openingshoeken van marifoon Zuidersluseiland en Spuisluis voor kanaal 99.

Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
30/35



Figuur 28 Weergave van de schaduwen veroorzaakt door de windturbines voor kanaal 99.

Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
31/35

viii) Samenvatting en overzicht met alle schaduwen

Rond het sluizencomplex bevinden zich in totaal 22 marifoon kanalen die allemaal op meer of mindere mate worden beïnvloed door de schaduwwerking van de zes turbines. Elke kanaal heeft echter een eigen functie met daaraan gekoppeld een bepaalde dekking. In Tabel 14 zijn de dekkingengebieden van elk kanaal weergegeven. Deze informatie is overgenomen uit de deelspecificatie Marifoon (VHF) VTS systeem Amsterdam - Noordzeekanaal gebied [3] en is door RWS voor dit onderzoek beschikbaar gesteld aan TNO.

Tabel 14 Dekkingengebieden overgenomen uit de deelspecificatie Marifoon (VHF) VTS systeem Amsterdam – Noordzeekanaal gebied

Sector	Rede	IJmuiden Haven	Noordzeekanaal	Westhaven	Coenhaven	Schellingwoude
Sluizen		sluis				sluis
sectorkanaal	7	61	2 *)	3	4	60
administratief kanaal		68		14		
administratief kanaal						66
sluiskanaal		22				18
dienst HA			89			
dienst RWS			33			
incident management			39, 40			
dienst RWS sluis		99				99
aanroep zee	16					
aanroep binnen			10			
inter-ship			6, 8			
Loods op Afstand	19					
Loods Besteldienst	69			69		

Uitgaand van bovenstaande tabel hoeft dus niet elk kanaal een optimale dekking te hebben over het gehele gebied rond de sluizen. In hoeverre het functioneren door de schaduwwerking wordt beïnvloed kan alleen door RWS worden bepaald.

In Figuur 29 wordt tenslotte een overzicht getoond van alle schaduwen die worden veroorzaakt door de windturbines. In Figuur 30 en Figuur 31 wordt aangegeven wat ruwweg de verschillende groottes zijn van de verschillende schaduwgebieden.

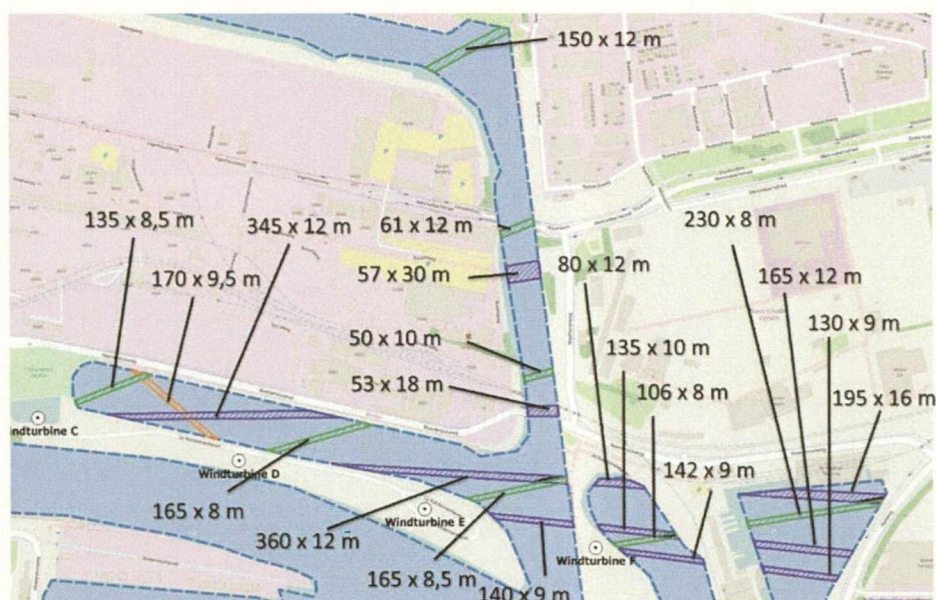
Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
32/35



Figuur 29 Overzicht met alle schaduwen die worden veroorzaakt door de verschillende windturbines.

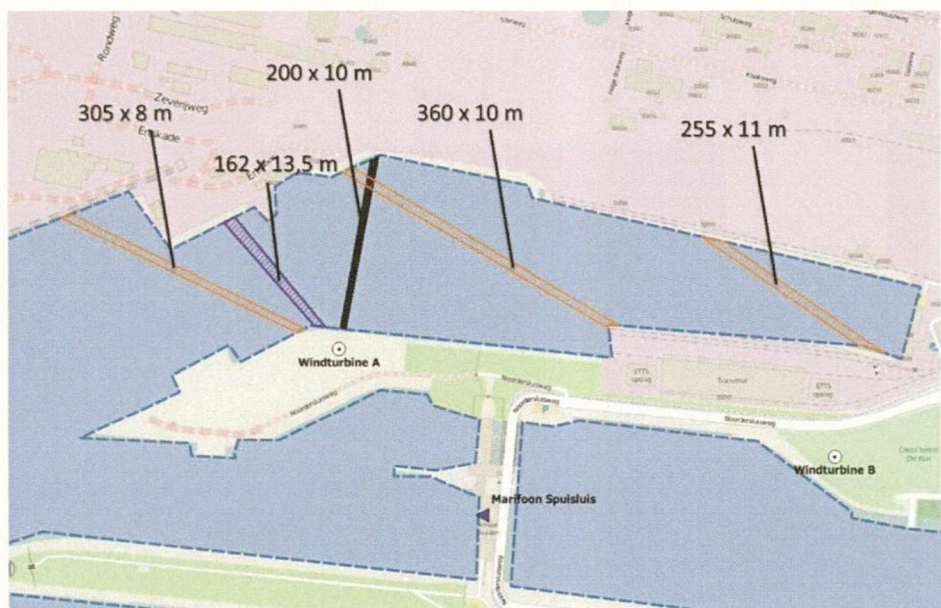


Figuur 30 De afmetingen van de verschillende schaduwgebieden.

Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
33/35



Figuur 31 De afmetingen van de verschillende schaduwgebieden.

10 Conclusies

Datum
6 juli 2016

Onze referentie
DHWTS-2016-0100298130

Blad
34/35

- 1) Er is sprake van schaduwwerking vanwege de te plaatsen windturbines op de VTS radars rond het sluizencomplex. Deze wordt echter bijna volledig opgeheven doordat tenminste één andere radar wel echo's vanuit de schaduwgebieden kan ontvangen. Slechts een drietal smalle stroken ter grootte van enkele honderden vierkante meters achter windturbine D en E wordt niet gedekt door één van de radars. De stroken zijn met 15 m smal ten opzichte van de meest gangbare vaarrichting, waardoor een schip dat langer is dan 15 m zich nooit zal kunnen verschuilen in de schaduw en daardoor tijdelijk onzichtbaar worden voor alle VTS radars. Daarnaast zal een schip zich altijd langzaam verplaatsen, waardoor het verlies van de radar track binnen het VTS systeem onwaarschijnlijk is.
- 2) Sterke radarreflecties aan de wieken van de te plaatsen windturbines veroorzaken geen hinder op de van tevoren gedefinieerde scheepstrajecten door de Noorder- en Middensluis. Sterke radarreflecties aan de wieken zorgen bij waarneming op een afstand van 1200 m weliswaar voor verbreding die zich kan uitstrekken over het water. Dit gebeurt echter op grote afstand van beide scheepstrajecten. Daarnaast is er bij de berekeningen uitgegaan van een radar van een binnenvaartschip. Radars op zeeschepen hebben een kleinere bundelbreedte, waardoor de effecten in de praktijk voor dit type radar nog kleiner zullen zijn.
- 3) De schaduwwerking van de te plaatsen windturbines heeft invloed op de marifoon signalen. Er is sprake van schaduwwerking door de te plaatsen windturbines op alle marifoon kanalen. De schaduwen bevinden zich bij de Hoogovenhaven, de 1^e, 2^e en 3^e Rijksbinnenhaven en het Binnenkanaal. De schaduwgebieden kunnen een maximale lengte hebben van 360 m en een maximale breedte van 30 m. Een belangrijke kanttekening hierbij is dat de schaduwstroken in werkelijkheid smaller en korter zullen zijn vanwege diffractie rondom de windturbines. Niet elk kanaal hoeft echter voor een optimale dekking te zorgen over het gehele gebied rond de sluizen. In hoeverre schaduwgebieden het functioneren van het totale communicatiesysteem zal beïnvloeden kan alleen door RWS worden bepaald.

11 Literatuur

- [1] Richtlijn van het Europees parlement en de raad van 12 december 2006 tot vaststelling van de technische voorschriften voor binnenschepen en tot intrekking van Richtlijn 82/714/EEG van de Raad, via: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0087&from=nl>. geraadpleegd op 15-06-2016.
- [2] Boek 1 - Tab 07 – Zuiderluseiland; Boek 1 - Tab 08 - Spuigebouw, technische ruimte; Boek 1 - Tab 09 - Velsen-Zuid; Boek 2 - Tab 01 – Middensluis.
- [3] Project Walradar / VTS NZK, Een Vessel Traffic Management en Informatie Systeem voor het Amsterdam – Noordzeekanaal gebied. Deelspecificatie Marifonie (VHF), dd. 29 juli 2009.
- [4] IALA Recommendation V-128 on Technical Performance Requirements for VTS Equipment, Edition 1, May 2004.

Datum

6 juli 2016

Onze referentie

DHWTS-2016-0100298130

Blad

35/35