

Retouradres: Postbus 96864, 2509 JG Den Haag

TenneT TSO
T.a.v. Dhr. R. van der Woude
Postbus 718
6800 AS ARNHEM

**Onderwerp**

Rapportage onderzoek radarhinder hoogspanningsleiding over de Amertak op scheepsradar

Geachte heer Van der Woude,

TNO heeft in opdracht van TenneT een onderzoek uitgevoerd voor het bepalen van de mogelijke hinder op scheepsradars van te plaatsen afstandhouders tussen de hoogspanningskabels over de Amertak ter hoogte van de verkeersbrug van de provinciale weg N623 over ditzelfde kanaal. Er wordt voorgeschreven dat er boven de vaarweg geen afstandhouders worden geplaatst. De hoogspanningsleiding vereist echter afstandhouders op een onderlinge afstand van 50 m, waardoor het technisch noodzakelijk is om toch afstandhouders te plaatsen boven de vaarweg.

De belangrijkste bevinding uit dit onderzoek is dat vanuit radartechnisch oogpunt de verstorende bijdrage van de afstandhouders op het radarbeeld minimaal is. De variant met 6 gecentreerde afstandhouders is hierbij gunstiger dan de variant met 12 buiten het midden van de vaarweg geplaatste afstandhouders, omdat deze variant minder sterke reflecties veroorzaakt.

De combinatie van afstandhouders zorgt potentieel voor voldoende sterke reflecties om waargenomen te worden binnen circa 400 m van de kruising van de Amertak met de hoogspanningsleiding. Een scheepsradar heeft echter interne mechanismen (STC-functionaliteit) om de ontvanger niet te oversturen. Een neveneffect hierbij is dat kleine doelen, zoals de afstandhouders, niet zullen worden waargenomen tijdens de gehele nadering.

Deze bevindingen vloeien voort uit een onderzoek waarin de specifieke genoemde situatie is bekeken. Voor een radar die voldoet aan de gestelde normen voor de binnenvaart is onderzocht in hoeverre de afstandhouders waarneembaar zijn, voor een schip op de Amertak. Hiertoe zijn er berekeningen uitgevoerd aan de radardoorsnede en de aanzichtshoeken waaronder de afstandhouders worden gezien. Details van het onderzoek zijn vastgelegd in de aangehechte bijlage.

Defence, Safety & Security

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

www.tno.nl

T +31 88 866 10 00

Datum

28 juli 2022

Onze referentie

DHW-2022-RT-100345556

E-mail

onno.vangent@tno.nl

Doorkiesnummer

+31888664025

Projectnummer

060.51278/01.20.01

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.

Hoogachtend,

 Digitaal ondertekend door Onno van Gent
op 2022-07-28 11:34:27

Ing. OJ van Gent
Senior Research Engineer

Datum

28 juli 2022

Onze referentie

DHW-2022-RT-100345556

Blad

2/13

Datum

28 juli 2022

Onze referentie

DHW-2022-RT-100345556

Blad

3/13

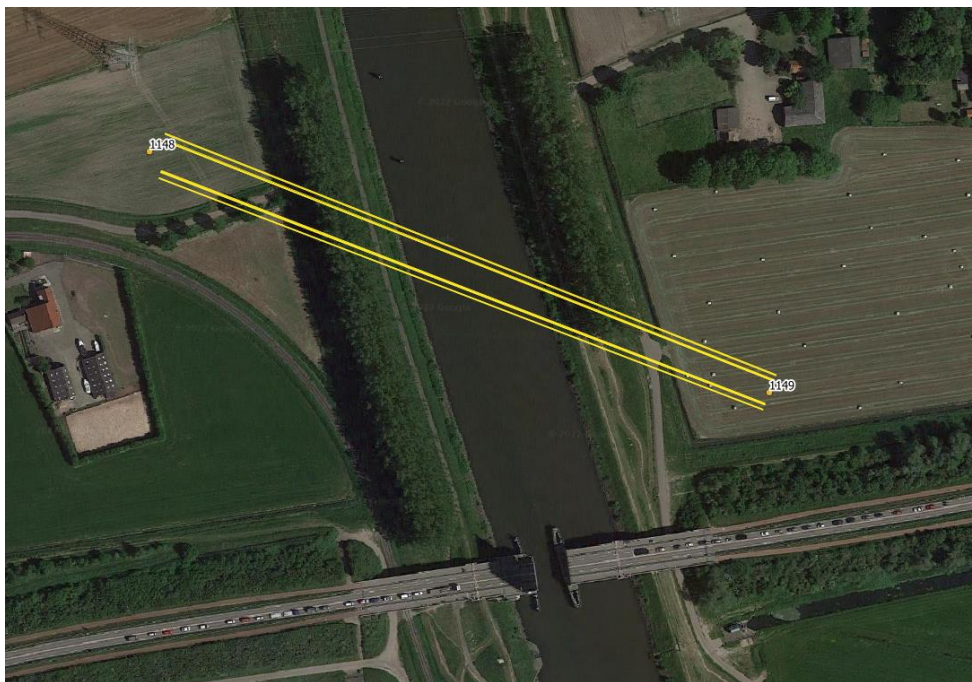
Bijlage**1 Vraagstelling**

TNO heeft in opdracht van TenneT een onderzoek uitgevoerd voor het bepalen van de mogelijke hinder op scheepsradars van te plaatsen afstandhouders tussen de hoogspanningskabels over de Amertak ter hoogte van de verkeersbrug van de provinciale weg N623 over hetzelfde kanaal. Rijkswaterstaat schrijft voor dat er boven de vaarweg geen afstandhouders mogen worden geplaatst. De hoogspanningsleiding vereist afstandhouders op een onderlinge afstand van 50 m. De lengte van de overspanning over het kanaal is echter 76 m, waardoor het technisch noodzakelijk is om toch afstandhouders te plaatsen.

De antwoorden op de vragen in dit onderzoek, behelzen in hoeverre de afstandhouders zichtbaar zijn voor een scheepsradar en wat vanuit radartechnisch oogpunt een goede keuze is voor de plaatsing van de afstandhouders. Hiertoe worden twee situaties beschouwd: (1.) met de afstandhouders boven het midden van de vaarweg en (2.) met de afstandhouders 25 m aan weerszijde van het midden van de vaarweg.

2 Situatie en uitgangspunten

Figuur 1 geeft een overzichtssituatie van de nieuw aan te leggen hoogspanningsleiding tussen masten 1148 en 1149, de N623 met verkeersbrug, en een stuk kanaal van de Amertak.



Figuur 1. Overzicht van de nieuw te bouwen hoogspanningsleiding, de loop van de Amertak en de N623 met verkeersbrug. Alleen het deel van de hoogspanningsleiding tussen masten 1148 en 1149 is afgebeeld.

Datum

28 juli 2022

Onze referentie

DHW-2022-RT-100345556

Blad

4/13

3 Achtergrond: Mogelijke effecten op radarwaarnemingen

Een object dat boven een vaarweg wordt geplaatst, kan reflecties veroorzaken bij waarnemingen met behulp van radar. Scheepsradars zijn over het algemeen 2D-radars, die een beeld geven van de omgeving op basis van afstand en horizontale richting. Deze radars maken geen onderscheid tussen objecten op verschillende hoogtes, mits deze binnen de verticale openingshoek van de radar vallen. Een brug over een kanaal zal bijvoorbeeld door de radar als obstructie worden gezien, ook wanneer de brug hoog genoeg is voor veilige doorvaart. Een object dat hoog boven de vaarweg is geplaatst en voldoende sterk reflecteert, zal daardoor op het radarscherm geprojecteerd worden in de vaarweg. Dit leidt potentieel tot ongewenste scheepsmanoeuvres wanneer niet tijdig wordt onderkend dat het hier niet gaat om een obstructie van de vaarweg.

Theoretisch kan dit fenomeen optreden door de reflectie van afstandhouders. De voorwaarden om te kunnen spreken van radarhinder zijn als volgt:

1. De reflectie van de afstandhouder is voldoende sterk, en dus zichtbaar op het radarscherm.
2. De reflectie van de afstandhouder manifesteert zich gedurende langere tijd binnen de waterweg.

De waargenomen sterkte van de afstandhouder zal variëren als functie van de afstand tot de radar en de richting waarvandaan de afstandhouder wordt gezien. De verwachting is ook dat wanneer de radar de afstandhouder dicht genaderd is, dat de reflectie afneemt omdat de radar minder gevoelig is voor reflecties van hoge elevaties (buiten de openingshoek van de radarantenne). De radar kijkt dan als het ware onder de afstandhouder door.

4 Opzet van het onderzoek

Om te toetsen of er sprake is van radarhinder, worden de gestelde voorwaarden getoetst voor de geschetste situatie.

Op basis van de locaties en radardoorsnede van de afstandhouders wordt er in kaart gebracht hoe sterk de reflecties zijn, en in hoeverre de afstandhouders zichtbaar zijn op de radar voor het gedefinieerde deel van de Amertak tot een afstand van ongeveer 1200 m tot de kruising met de hoogspanningsleiding. Vervolgens wordt er bekeken waar de reflecties zich manifesteren en hoe de reflecties zich gedragen gedurende de nadering van een schip tot de hoogspanningsleiding.

5 Modelleren van de loop van de kabels

Uit de door TenneT aangeleverde technische informatie^{1,2} zijn de coördinaten van de ophangpunten van alle kabels afgeleid. Er zijn in totaal 24 hoogspanningskabels, met 6 sets van 4 kabels. Coördinaten zijn gedefinieerd in het Rijksdriehoekstelsel. De RD-coördinaten (x en y) en de hoogte (z) ten opzichte van NAP (referentiehoogte) van de ophangpunten van alle 24 kabels zijn opgesomd in Tabel 1.

¹ Lengteprofiel Amertak.pdf (ontvangen dd. 20-05-2022)

² zw380oost20220506 vka 2.0.1.dwg (ontvangen dd. 20-05-2022)

Datum

28 juli 2022

Onze referentie

DHW-2022-RT-100345556

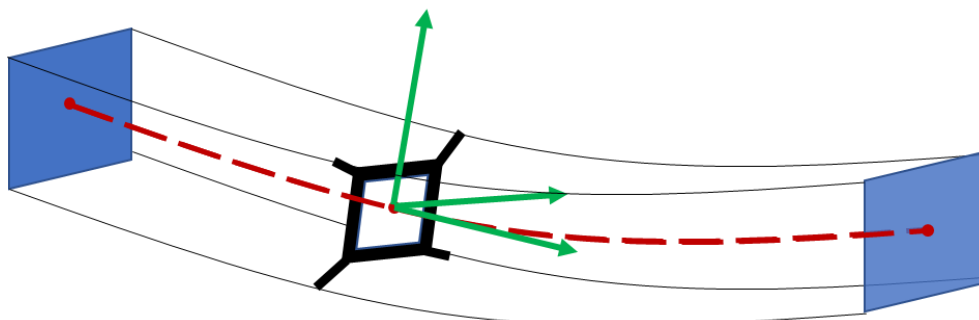
Blad

5/13

Tabel 1. RD-coördinaten (x en y) en de hoogte (z) t.o.v. NAP van de ophangpunten van de kabels.

cable	mast 1148			mast 1149		
	x	y	z	x	y	z
1	116296.0	412190.2	66.1	116611.8	412065.6	72.2
2	116295.9	412189.7	66.1	116611.6	412065.1	72.2
3	116294.0	412190.2	65.6	116611.8	412065.6	71.7
4	116295.9	412189.7	65.6	116611.6	412065.1	71.7
5	116296.1	412193.4	56.1	116612.8	412068.2	62.2
6	116295.9	412192.9	56.1	116612.7	412067.7	62.2
7	116296.1	412193.4	55.6	116612.8	412068.2	61.7
8	116295.9	412192.9	55.6	116612.7	412067.7	61.7
9	116296.2	412189.7	46.6	116611.7	412065.3	52.7
10	116296.0	412189.2	46.6	116611.5	412064.8	52.7
11	116296.2	412189.7	46.1	116611.7	412065.3	52.2
12	116296.0	412189.2	46.1	116611.5	412064.8	52.2
13	116293.8	412173.6	66.1	116607.0	412053.1	72.2
14	116293.6	412173.1	66.1	116606.8	412052.6	72.2
15	116293.8	412173.6	65.6	116607.0	412053.1	71.7
16	116293.6	412173.1	65.6	116606.8	412052.6	71.7
17	116293.0	412170.5	56.1	116606.0	412050.5	62.2
18	116292.8	412170.0	56.1	116605.8	412050.0	62.2
19	116293.0	412170.5	55.6	116605.9	412050.5	61.7
20	116292.8	412170.0	55.6	116605.8	412050.0	61.7
21	116294.1	412174.1	46.6	116607.1	412053.4	52.7
22	116293.9	412173.6	46.6	116606.9	412052.9	52.7
23	116294.1	412174.0	46.1	116607.1	412053.3	52.2
24	116293.9	412173.6	46.1	116606.9	412052.9	52.2

Per set van 4 kabels zijn de gemiddelde waardes genomen, om de loop van het centrum van deze kabels te bepalen. Dit is het pad waarop het middelpunt van de afstandhouder wordt geplaatst. Zie Figuur 2.



Figuur 2. Loop van de kabels met in hun centrum het pad waarop de afstandhouder wordt geplaatst.

De loop van de 6 kabelsets is gemodelleerd als een parabolische functie, wat gebruikelijk is voor opgehangen kabels met uniforme massaverdeling.

De parabool is gedefinieerd als:

$$z = a r^2 + b r + c$$

Met z de hoogte t.o.v. NAP van de kabel, en r gedefinieerd ten opzichte van de x - en y -coördinaat als $r = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}$.

Datum
28 juli 2022

Onze referentie
DHW-2022-RT-100345556

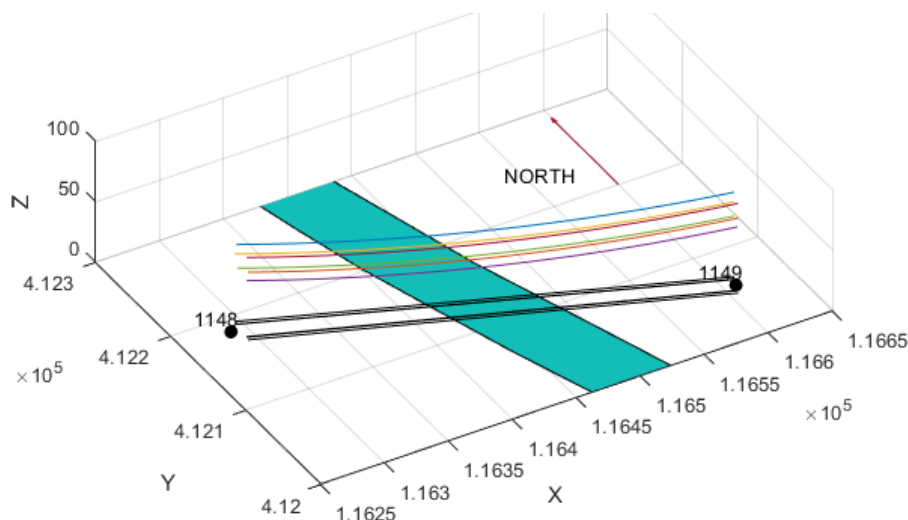
Blad
6/13

Met behulp van de geschatte laagste hoogtes van de kabelsets tussen de masten, zijn de coëfficiënten a , b , en c berekend voor de kabels tussen masten 1148 en 1149. De resultaten staan in Tabel 2.

Tabel 2. Afgeleide parabolische coëfficiënten van de kabels.

cable set	1148 - 1149		
	a	b	c
1	0.000353	-0.10222	65.84275
2	0.000352	-0.10201	55.8405
3	0.000355	-0.10246	46.3435
4	0.000363	-0.10366	65.8525
5	0.000364	-0.10378	55.8535
6	0.000363	-0.10367	46.35225

Bovenstaande resulteert in de situatie zoals afgebeeld in Figuur 3.



Figuur 3. De gekleurde lijnen tonen de loop van de kabelsets, en de zwarte lijnen de projectie van de kabelsets op de grond. Verder zijn de positie van de masten (1148 en 1149), en het beschouwde deel van de Amertak aangegeven.

6 Radardoorsnede van de afstandhouder

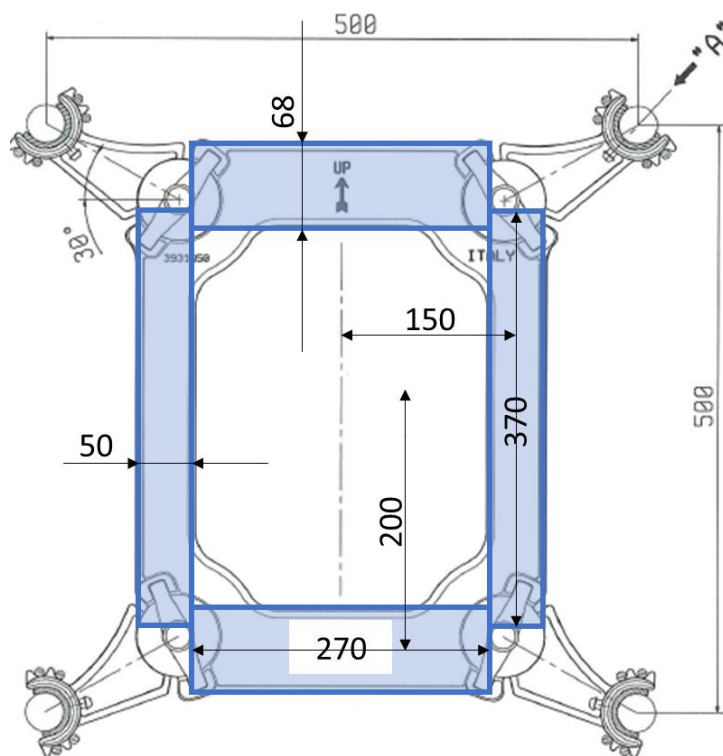
De radardoorsnede (radar cross section, RCS) van een afstandhouder varieert met de locatie waarvandaan deze wordt waargenomen. Wanneer de afstandhouder frontaal wordt aangestraald, is de RCS maximaal. Een kleine verandering in hoek ten opzichte van dit aanzicht, zorgt ervoor dat de RCS substantieel gereduceerd wordt.

Datum
28 juli 2022

Onze referentie
DHW-2022-RT-100345556

Blad
7/13

De RCS van de afstandhouder wordt gemodelleerd als de coherente som van vier vlakke rechthoekige platen (Figuur 4). Voor rechthoekige vlakke platen is een analytisch bepaalde hoekafhankelijke RCS beschikbaar³.



Figuur 4. Technische tekening van de betreffende afstandhouder⁴ met de vlakke rechthoekige platen op basis waarvan de RCS wordt berekend. Alle afmetingen in mm.

De resultaten zijn zichtbaar in Figuur 5. De figuur toont de RCS in een dB-schaal. De maximale RCS bij loodrechte aanstraling is 18 dBm^2 (67 m^2). Echter bij aanzichtshoeken die verwacht worden vanaf een scheepsradar op de afstandhouders boven de Amertak is een RCS te verwachten in de orde van -30 tot -20 dBm^2 (0.001 tot 0.01 m^2).

³ Ross, R. A. (1966), Radar cross section of rectangular flat plates as function of aspect angle. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, v. AP-14, p. 329-335.

⁴ 3931Q50809324.pdf. (ontvangen dd. 20-05-2022)

Datum

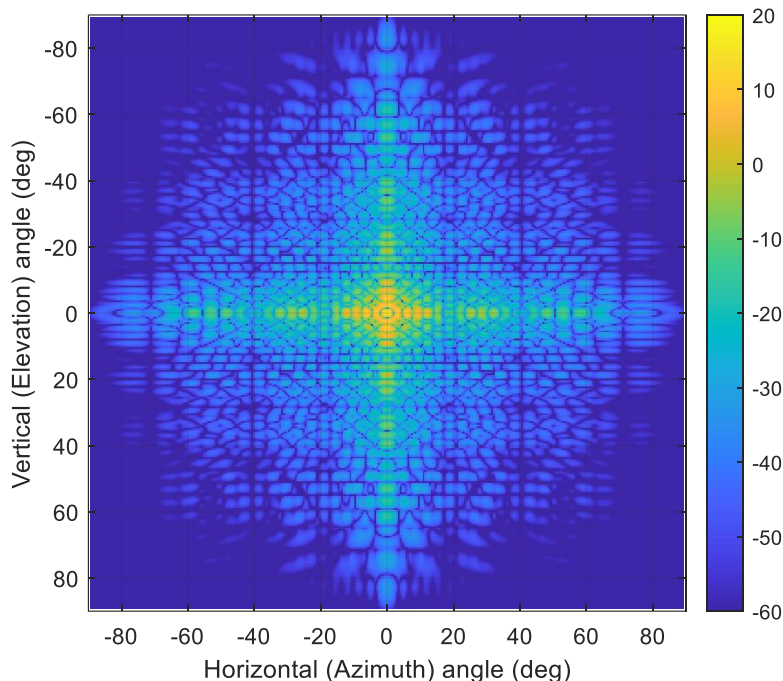
28 juli 2022

Onze referentie

DHW-2022-RT-100345556

Blad

8/13



Figuur 5. RCS (dBm²) van de afstandhouder als functie van aanzichtshoek. De kleurenschaal geeft de sterkte van de RCS aan van -60 dBm² tot 20 dBm². Maximale RCS is 18 dBm² oftewel 67 m².

7 Aangenomen binnenvaartradarkarakteristieken

Om in kaart te brengen wat een binnenvaartradar waarneemt, is uitgegaan van een generieke radar die voldoet aan een aantal nationaal en internationaal geldende normen, die zijn beschreven in een EU-publicatie⁵ en een ETSI-publicatie⁶. Tabel 3 bevat een overzicht van de belangrijkste eigenschappen van een radar die voldoet aan de normen.

Op basis van deze gegevens, kan er een model van een antennediagram worden gemaakt. Figuur 6 geeft de gemodelleerde horizontale en verticale antennediagrammen weer. In het onderzoek is een radar gekozen die opereert in de X-band (maritieme navigatieband tussen 9.2 en 9.5 GHz).

⁵ (2006/87/EG) 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 84/714/EEG van de Raad

⁶ (EN 302194-1) ETSI EN 302 194-1 v1.1.2 (2006-10) Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Navigation radar used on inland waterways: Part 1: Technical characteristics and methods of measurement.

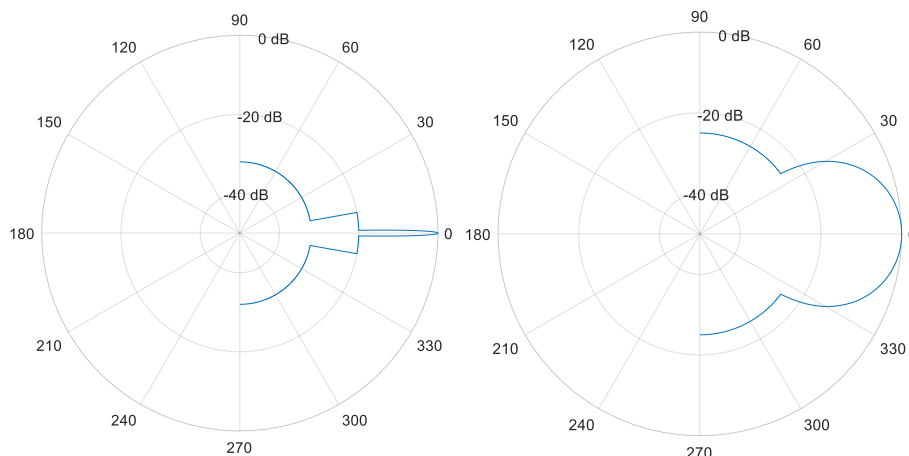
Datum
28 juli 2022

Onze referentie
DHW-2022-RT-100345556

Blad
9/13

Tabel 3. Radareigenschappen als norm voor binnenvaartraders

Grootheid	Waarde	Bron
Radarband	X-band (~9.3 GHz)	2006/87/EG
Scheidend vermogen (resolutie) in afstand	15 m	2006/87/EG
Minimaal waar te nemen doel: - radardoorsnede - afstand	1 m ² 1200 m	2006/87/EG 2006/87/EG
Stralingsdiagram horizontaal: - Max. breedte hoofdlus (tussen -3 dB punten) - Max. breedte hoofdlus (tussen -20 dB punten) - Max. zijlusniveau (binnen 10° van de hoofdlus) - Max. zijlusniveau (buiten 10° van de hoofdlus)	1.2° 3.0° -20 dB -32 dB	EN 302194-1 EN 302194-1 EN 302194-1 EN 302194-1
Stralingsdiagram verticaal: - Max. breedte hoofdlus (tussen -3 dB punten)	30°	EN 302194-1



Figuur 6. Model van horizontaal (links) en verticaal (rechts) antennepatroon.

Voor de hoogte van de radarantenne ten opzichte van de referentiehoogte t.o.v. NAP, is een waarde van 6 meter aangehouden. Dit komt overeen met een radar die 5 meter boven de waterlijn is gepositioneerd in combinatie met een waterhoogte van 1 meter ten opzichte van de referentiehoogte.

8 Sterkte van de waargenomen reflecties

Voor specifieke locaties van de radar, kan de sterkte van de reflecties van de afstandhouder berekend worden. De componenten die hierbij worden beschouwd, zijn de RCS van de afstandhouder zoals eerder berekend, de afstand van radar tot afstandhouder, en de antenneversterkingsfactor (gain) in de richting van de afstandhouder.

Volgens de richtlijnen dient een binnenvaartradar een doel met een RCS van 1 m² op een afstand van 1200 m te kunnen zien. Deze combinatie van RCS en afstand kan als referentie worden genomen om de reflectiesterkte van de afstandhouder aan te relateren.

Datum

28 juli 2022

Onze referentie

DHW-2022-RT-100345556

Blad

10/13

Figuur 7 geeft deze relatieve reflectiesterkte van een enkele afstandhouder weer voor een grid van radarlocaties (zowel binnen als buiten de vaarweg). De kleur (van blauw naar geel) correspondeert met de mate waarin een afstandhouder waarneembaar is door een radar die op diezelfde plek staat. Bij een waarde van 0 dB (donkerblauw) is de afstandhouder (weergegeven met een rode stip) niet waarneembaar, maar wel bij hogere waarden. Anders gezegd: op de gele plekken zal een radar de afstandshouder het beste zien.

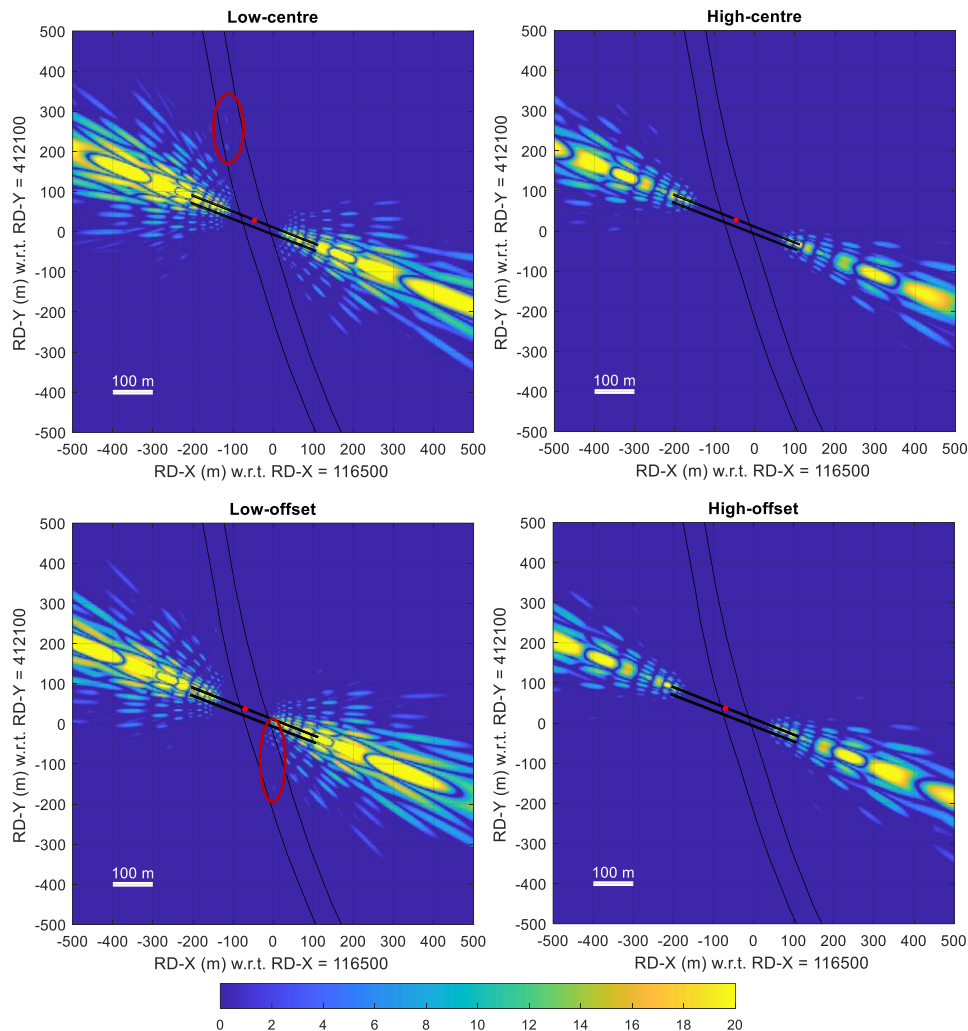
Er worden 4 situaties weergegeven die corresponderen met afstandhouders van de laagste en hoogste kabelsets (links - rechts) en gecentreerd boven de vaarweg en met een offset van 25 m uit het midden (boven – onder).

De figuur toont dat de sterkste reflecties worden waargenomen wanneer de radar in het verlengde van de hoogspanningsleiding is gepositioneerd. Dit zijn uiteraard geen relevante posities voor een scheepsradar. Verder toont de figuur dat voor een radar binnen de vaarweg de laagste afstandhouder op een paar kleine plekken binnen de vaarweg sterkere reflecties veroorzaakt dan het referentiedoel. De hoogste afstandhouder, geeft geen zichtbare reflecties. De gecentreerde afstandhouder heeft minder sterke reflecties (+2 dB t.o.v. referentiedoel) dan de afstandhouder die uit het midden is geplaatst (+7 dB t.o.v. referentiedoel, zuidoostelijk dicht bij de hoogspanningsleiding). Dit laatste wordt veroorzaakt doordat deze afstandhouder meer frontaal wordt aangestraald vanuit delen van de vaarweg dan de gecentreerde variant. Deze plekken zijn omcirkeld in de figuur.

Datum
28 juli 2022

Onze referentie
DHW-2022-RT-100345556

Blad
11/13



Figuur 7. *Relatieve reflectiesterkte (dB) voor een grid van radarlocaties (zowel binnen als buiten de vaarweg). Er worden 4 situaties weergegeven die corresponderen met afstandhouders van de laagste en hoogste kabelsets (links - rechts) en gecentreerd boven de vaarweg en met een offset van 25 m uit het midden (boven – onder). De kleurschaal is in dB-waarden tussen 0 en 20. Langs de assen staat de locatie in rijkdsdriehoekskoördinaten.*

Een compleet beeld ontstaat wanneer de gezamenlijke invloed van de afstandhouders wordt beschouwd. Hiertoe wordt voor elke radarpositie binnen de vaarweg de maximale reflectie bepaald van de gekozen configuratie van afstandhouders. Omdat er geen relatie is tussen de onderlinge reflecties van de afstandhouders, worden in deze berekening de reflecties van de individuele afstandhouders incoherent bij elkaar opgeteld. Om een realistische weergave te verkrijgen, wordt voor elke combinatie van afstandhouders bepaald of deze zowel binnen een afstandsresolutiecel (15 m, zie Tabel 3) als binnen een enkele horizontale openingshoek (1.2° , zie Tabel 3) vallen. Voor alle geldige combinaties, wordt het maximum genomen.

Het resultaat voor de 6 gecentreerde en de 12 uit het midden geplaatste afstandhouders is weergegeven in Figuur 8.

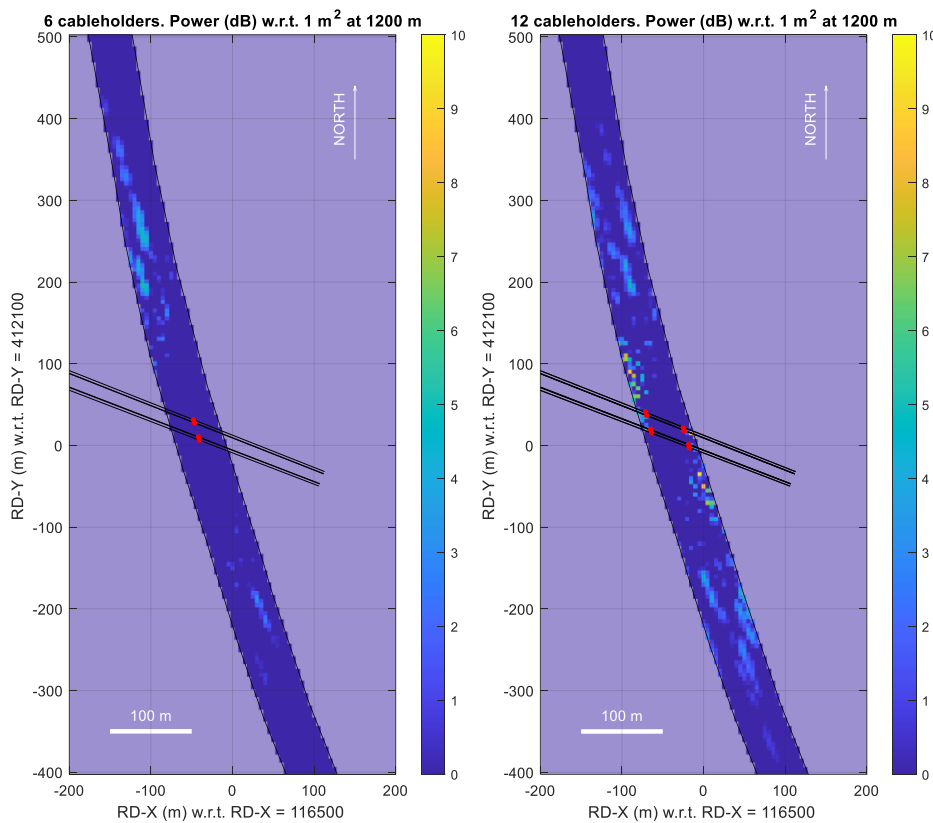
Datum
28 juli 2022

Onze referentie
DHW-2022-RT-100345556

Blad
12/13

Hieruit kan worden opgemaakt dat in beide configuraties er radarlocaties zijn tot een maximale afstand van 400 m tot de kruising met de hoogspanningsleiding, waarbij de totale maximaal waargenomen reflectie van de afstandhouders groter is dan het referentiedoel. Bij de configuratie met 6 gecentreerde afstandhouders is dit maximaal 5 dB sterker. Bij de configuratie met 12 afstandhouders is dit effect groter met maximaal 8 – 9 dB t.o.v. het referentiedoel.

De asymmetrie in Figuur 8 (links) tussen de noordelijke en de zuidelijke zijde van de hoogspanningsleiding wordt verklaard doordat de afstandhouders loodrecht op de loop van de doorhangende kabels staan. Omdat de kabels niet horizontaal lopen, staat de afstandhouder ook gekanteld onder een kleine hoek. Deze hoek zorgt ervoor dat de totale aanzichtshoek ten noorden (kleiner) en ten zuiden (groter) van de afstandhouder verschilt.



Figuur 8. *Totale maximale reflectie van de combinatie van de 6 gecentreerde (links) en 12 uit het midden geplaatste (rechts) afstandhouders t.o.v. een referentiedoel met een RCS van 1 m² op 1200 m afstand. De kleurenschaal is in dB-waarden tussen 0 en 10.*

Radarsystemen zijn uitgerust met sensitivity time control (STC). STC zorgt ervoor dat de ontvanger niet wordt overstuurd door sterke, nabije reflecties die uitkomen boven het dynamisch bereik van de ontvanger. Dit wordt gedaan door de signalen te verzwakken die de ontvanger ingaan. Direct na het uitzenden van de radarpuls is deze verzwakking het sterkst.

Datum

28 juli 2022

Onze referentie

DHW-2022-RT-100345556

Blad

13/13

Naarmate dat de tijd verloopt wordt de verzwakking geleidelijk verminderd. STC in binnenvaartradersystemen dient te werken tot een maximale afstand van 1200 m⁷. Hierdoor is een radar relatief minder gevoelig voor nabije objecten dan voor diezelfde objecten op grotere afstand. Dat geldt dus ook voor de combinatie van afstandhouders. Hoe groot het effect van de STC op bepaalde afstand is, hangt af van de in het radarsysteem aanwezige STC-verzwakkingskarakteristiek. Uitgaande van een karakteristiek die schaalst met de afstand tot de macht x , waarbij x een waarde heeft tussen -4 en -2, is de relatieve verzwakking op 400 meter afstand t.o.v. een referentiedoel op 1200 meter, 9.5 tot 19 dB. Uitgaande van deze waarden, zullen de combinaties van afstandhouders overal zwakker worden waargenomen dan het referentiedoel.

Potentieel zorgen de combinaties van afstandhouders dus voor voldoende sterke reflecties waarvan de reflectie binnen de vaarweg wordt geprojecteerd, maar door laatstgenoemde STC is het aannemelijk dat de afstandhouders niet worden waargenomen door de scheepsradar. Dat geldt voor beide configuraties.

9 Conclusies

Op basis van gegevens van de hoogspanningskabels, de vaarweg, posities van de afstandhouders, modellen voor de RCS en een typisch binnenvaartradersysteem kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- De door een scheepsradar ontvangen gereflecteerde straling van een afstandhouder hangt af van de ophanglocatie van een afstandhouder. Voor een naderend schip op de Amertak is de bijdrage van een boven het midden van de vaarweg geplaatste afstandhouder kleiner dan van een afstandhouder die 25 meter uit het midden is geplaatst. Een afstandhouder van de hoogste kabelset zorgt voor niet waar te nemen reflecties. De afstandhouder van de middelste en de laagst opgehangen kabelsets leveren een potentieel waar te nemen bijdrage op enkele scheepsradarlocaties binnen de vaarweg.
- De combinaties van 6 gecentreerde of 12 uit het midden van de vaarweg geplaatste afstandhouders leveren potentieel voldoende sterke reflecties (t.o.v. een referentiedoel op 1200 m) die binnen de vaarweg worden geprojecteerd. De 6 gecentreerde afstandhouders zijn hierbij gunstiger dan de variant met 12 afstandhouders. Echter, door toedoen van de STC-functionaliteit van de radar is het aannemelijk dat in beide gevallen de afstandhouders niet worden waargenomen door de scheepsradar tijdens de gehele nadering.

Op basis van radartechnische aspecten wordt er aanbevolen 6 afstandhouders te hangen boven het midden van de vaarweg.

⁷ (2006/87/EG) 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 84/714/EEG van de Raad