

ONDERZOEK NAAR DE DODE HOEK AAN BOORD VAN BINNENSCHEPEN

Den Haag, mei 2003

De eindrapporten van de Raad voor de Transportveiligheid zijn openbaar.
Alle rapporten zijn beschikbaar via de website van de Raad: www.rvtv.nl

RAAD VOOR DE TRANSPORTVEILIGHEID

De Raad voor de Transportveiligheid is een Zelfstandig Bestuursorgaan met een eigen rechtspersoonlijkheid dat bij de wet is ingesteld met als taak te onderzoeken en vast te stellen wat de oorzaken of vermoedelijke oorzaken zijn van individuele of categorieën van ongevallen in alle transportsectoren te weten, de scheepvaart, de luchtvaart, het railverkeer en het wegvervoer, alsmede het buisleidingen transport. Het uitsluitend doel van een dergelijk onderzoek is toekomstige ongevallen of incidenten te voorkomen en indien de uitkomsten van één en ander daartoe aanleiding geven, daaraan aanbevelingen te verbinden. De organisatiestructuur bestaat uit een overkoepelende Raad voor de Transportveiligheid en daaronder een onderverdeling in Kamers en één Commissie per transportsector. Deze worden ondersteund door een staf van onderzoekers en een secretariaat.

SAMENSTELLING VAN DE RAAD EN DE KAMER SCHEEPVAART

Raad

Voorzitter: mr. Pieter van Vollenhoven
F.W.C. Castricum
J.A.M. Elias
mw. mr. A.H. Brouwer-Korf
mr. D.M. Dragt
mr. J.A.M. Hendrikx
mr. E.R. Müller
ir. K. Nije
prof. dr. U. Rosenthal
mw. mr. E.M.A. Schmitz
ing. D.J. Smeitink
J. Stekelenburg
dr. ir. J.P. Visser
mr. G. Vrieze
prof. dr. W.A. Wagenaar

Secretaris-Directeur: mr. S.B. Boelens
Senior-Secretaris: drs. J.H. Pongers
Senior-Projectleider: H.J. Klumper

Kamer Scheepvaart

Voorzitter: J.A.M. Elias
mr. D.M. Dragt
prof. ir. A. Aalbers
jhr. mr. B.C. De Savornin Lohman
K.J. van Dorsten
dr. G.A. Egas Repáraz
P.M.J. Kreuze
mw. M.J. Torpstra
H.J.G. Walenkamp
L.P.A. de Winter

Secretaris: drs. H.J.A. Zieverink
Onderzoeker: A.A.W. van der Hoeven

Bezoek adres:
Anna van Saksenlaan 50
2593 HT Den Haag
telefoon: (+31) 070 333 7000
Internet: <http://www.rvtv.nl>

Post adres:
Postbus 95404
2509 CK Den Haag
telefax (+31) 070 333 7077 / 78

INHOUD

INHOUD	3
VOORWOORD	5
SAMENVATTING	7
AFKORTINGEN	11
HET ONDERZOEK	13
1 DE METINGEN	15
1.1 <i>Inleiding</i>	15
1.2 <i>Total-stations</i>	15
1.2.1 <i>Meetmethode</i>	15
1.2.2 <i>Nauwkeurigheid, kalibratie en rapportage</i>	16
1.3 <i>DGPS-metingen</i>	16
1.3.1 <i>Metten met GPS</i>	16
1.3.2 <i>DGPS</i>	17
1.3.3 <i>RealTime Kinematic</i>	18
1.3.4 <i>Meetwijze</i>	18
1.3.5 <i>Nauwkeurigheid, kalibratie en rapportage</i>	18
1.4 <i>Digitale fotometrie</i>	18
1.4.1 <i>Metingen door middel van digitale fotometrie</i>	18
1.4.2 <i>Meetwijze</i>	18
1.4.3 <i>Nauwkeurigheid en kalibratie</i>	19
1.5 <i>De locaties</i>	19
1.5.1 <i>Meting met behulp van Total-stations</i>	19
1.5.2 <i>Meting met behulp van DGPS</i>	19
1.5.3 <i>Meting met behulp van digitale fotometrie</i>	20
1.6 <i>Representativiteit steekproef / validiteit meetgegevens</i>	20
1.6.1 <i>Omvang binnenvaartvloot</i>	20
1.6.2 <i>Aantal en typen onderzochte binnenschepen</i>	20
2 ANALYSE	23
2.1 <i>Terminologie</i>	23
2.2 <i>Wet- en regelgeving</i>	23
2.2.1 <i>Analyse wet- en regelgeving</i>	23
2.3 <i>Analyse RvTV ongevallen databestand</i>	26
2.3.1 <i>Het RvTV databestand</i>	26
2.3.2 <i>Overzicht ongevallen</i>	26
2.3.3 <i>Analyse databestand RvTV</i>	26
2.3.4 <i>Ongevallen gespecificeerd naar scheepstype</i>	26
2.4 <i>Dode hoek</i>	27
2.4.1 <i>Barrière dode hoek</i>	27
2.4.2 <i>Lengte dode hoek</i>	27
2.4.3 <i>Berekening lengte dode hoek</i>	27
2.4.4 <i>Vorm van de dode hoek verticaal</i>	27
2.4.5 <i>Hoogte dode hoek</i>	28
2.4.6 <i>Vorm dode hoek horizontaal</i>	28
2.4.7 <i>Vrije zicht op zones rondom het schip</i>	29
2.5 <i>Positie hefbaar stuurhuis</i>	34
2.6 <i>Gebruik optische hulpmiddelen</i>	34
2.6.1 <i>Spiegels</i>	35
2.6.2 <i>Radar</i>	35

2.6.3	Camera's	35
2.7	Onderzoeksresultaten dode hoek meting	37
2.7.1	Algemene informatie	37
2.7.2	Meting met Total-stations	38
2.7.3	DGPS-meting	38
2.7.4	Meting door middel van fotometrie	40
3	CONCLUSIES	43
3.1	Wetten/regels	43
3.1.1	Nationale en internationale wet- en regelgeving	43
3.2	Conclusie RvTV ongevallen databestand	44
3.3	Conclusie dode hoek	44
3.3.1	Plaats stuurhuis/roerganger	44
3.3.2	Vrij uitzicht	44
3.3.3	Lengte dode hoek	44
3.3.4	Vrije zicht rondom	45
3.4	Positie hefbaar stuurhuis	45
3.5	Gebruik optische hulpmiddelen	45
3.5.1	Videocamerasystemen	45
3.6	Onderzoeksresultaten dode hoek meting	46
3.6.1	Geladen motorschepen	46
3.6.2	Lege motorschepen	46
3.6.3	Duwvaart	46
3.6.4	Containerschepen	46
3.6.5	Verschil varend/stilliggend	47
3.7	Schatting van de dode hoek eigen schip	47
4	AANBEVELINGEN	49
5	BIJLAGEN	51
	<i>Bijlage 1: Rapport "Het gebruik van camera's ten behoeve van zichtverbetering op binnenschepen"</i>	
	<i>Bijlage 2: Overzichttabel meetresultaten dode hoek metingen</i>	

VOORWOORD

Een scheepvaartongeval met dodelijke afloop op het Keeten in 1999 is de directe aanleiding geweest voor het thematische onderzoek naar de dode hoek aan boord van binnenschepen. Het onderzoek naar het ongeval op het Keeten heeft aangetoond dat het ongeval destijds in belangrijke mate het gevolg is geweest van het beperkte zicht van de roerganger als gevolg van een grote dode hoek voor het schip.

Sinds de oprichting van de Raad voor de Transportveiligheid (RvTV) in 1999 hebben reeds 62 zichtgerelateerde ongevallen plaatsgevonden, die alle door de RvTV zijn onderzocht. Bij het ontstaan van al deze ongevallen heeft onvoldoende zicht door de (te grote) dode hoek een belangrijke rol gespeeld. De Raad heeft het vermoeden dat dit aantal slechts het topje van de ijsberg is van het werkelijke aantal ongevallen op de vaarwegen waarbij beperkt zicht een belangrijke, zo niet doorslaggevende rol heeft gespeeld. In algemene zin verhoogt iedere zichtbeperking in belangrijke mate de kans op ongevallen.

Beperkt zicht speelt naar verwachting vaak een grote rol bij inschattingsproblemen bij het kruisen, naderen, passeren en oplopen van andere vaartuigen, evenals grondingen en het aanvaren van kribben, boeien en obstakels. Helaas is het om uiteenlopende redenen achteraf vaak niet (meer) mogelijk om het beperkte zicht als ongevalsoorzaak onomstotelijk aan te tonen. Dat is voor de Raad aanleiding geweest om de opdracht te geven tot een uitgebreid en gericht onderzoek naar de zichtsituatie in algemene zin.

Voor het onderzoek zijn onder andere 86 vrachtschepen willekeurig gekozen en is van deze schepen onder operationele vaaromstandigheden de dode hoek nauwkeurig ingemeten. De resultaten van deze dode hoek metingen leverden een verontrustend beeld op. Maar liefst zo'n 40% van alle onbeladen binnenschepen voldeed niet aan de wettelijke norm ten aanzien van de maximale toegestane dode hoek van 250 meter. Ongeveer één op de vijf ongeladen binnenschepen voer zelfs met een dode hoek groter dan 400 meter. In een enkel geval is een dode hoek aangetroffen van meer dan 1,5 kilometer.

Uit het onderzoek is tevens gebleken dat schippers zelf daarbij niet of nauwelijks in staat zijn om maar zelfs bij benadering hun dode hoek in te schatten. Op een enkele uitzondering na is er sprake van structurele (grote) onderschatting. Ook blijken de toezichthouders te water niet toegerust te zijn om deze dode hoek onder operationele vaaromstandigheden vast te stellen, zodat controle vrijwel niet mogelijk is en dan ook niet plaatsvindt.

In de binnenvaart worden in toenemende mate stuurhuizen geplaatst die in hoogte variëren kunnen (hefbare stuurhuizen) om over lading en scheepsconstructies heen te kunnen kijken en zodoende zicht op de vaarweg te kunnen houden. Uit het onderzoek blijkt dat deze veelgebruikte constructie weliswaar het zicht vóór het schip vergroot, maar tegelijk voor de roerganger het zicht naast en achter het schip juist verkleint. Het gebruik van videocamerasystemen als hulpmiddelen bij navigatie ter compensatie van dit verminderde zicht blijkt tot nu toe wettelijk buiten beschouwing te zijn gelaten. Voor deze systemen en voor het gebruik ervan zijn door de overheid ook nog geen normen of regels ontwikkeld.

De Raad stelt zich op het standpunt dat (voldoende) goed en onbelemmerd zicht een belangrijke, zo niet de belangrijkste voorwaarde is voor een veilige en verantwoorde vaart.

De Raad heeft gezien de ernst van de onderzoeksbevindingen gemeend een aantal veiligheidsaanbevelingen te moeten formuleren. Deze zijn gericht aan de Minister van Verkeer en

Waterstaat, Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties en Justitie, en ook de beroepsorganisaties Koninklijke Schuttevaer, Centraal Bureau voor de Rijn- en Binnenvaart, en Kantoor Binnenvaart.



Mr. Pieter van Vollenhoven
Voorzitter van de Raad



drs. J.H. Pongers
Wvd. Secretaris-Directeur

SAMENVATTING

Naar aanleiding van het onderzoek naar de oorzaak van een aanvaring op het Keeten werd in opdracht van de Raad voor de Transportveiligheid (RvTV) een onderzoek ingesteld naar de dode hoek in het blikveld van roergangers op binnenschepen (rapport 'Scheepvaartongeval met dodelijke afloop op het Keeten op 10 december 1999', gepubliceerd in juni 2002).

Uit het onderzoek dat is verricht onder een steekproef van in totaal 86 binnenschepen blijkt dat een roerganger aan boord van een binnenschip geen vrij zicht heeft op het wateroppervlak rondom zijn schip. Deze zichtbeperkingen worden veroorzaakt door obstakels, zoals constructiedelen van het schip, maar ook door lading of door de langsscheepse trim van het schip.

Uit het onderzoek blijkt tevens dat in de wet- en regelgeving voor de nationale en internationale binnenvaart, uitsluitend het vrije uitzicht vanuit het stuurhuis en de lengte van de dode hoek *vóór* het schip is geregeld.

Er wordt daarbij onderscheid gemaakt tussen de lengte van de dode hoek voor het schip veroorzaakt door de constructie en die veroorzaakt door de lading. Voor constructie is de maximale lengte van de dode hoek op 250 meter gesteld. De maximale lengte van de dode hoek veroorzaakt door de lading, mag 350 meter bedragen.

Met betrekking tot de vorm, breedte en hoogte van de dode hoek *voor* het schip zijn geen regels gesteld. Ook zijn geen regels beschreven voor de aan het oog onttrokken zones *rondom* het schip. Uit het onderzoek is tevens gebleken dat er een lacune in de wetgeving bestaat ten aanzien van duwstellen. Voor deze categorie schepen bestaat geen regelgeving ten aanzien van de door lading of trim veroorzaakte maximale dode hoek.

Om zicht te krijgen op de zones rondom het schip, kunnen optische hulpmiddelen worden ingezet. In de toelichting op de wet- en regelgeving worden spiegels (ook periscopen), radar en camera's genoemd. In de wet- en regelgeving zelf werden aanvankelijk alleen spiegels genoemd. Sinds 2001 wordt ook radar vermeld als optisch hulpmiddel ter compensatie van het verminderde zicht. Sinds april 2002 wordt het gebruik van camera's toegestaan ter compensatie van een verminderd zicht *achter* het schip.

Bij beoordeling van de onderzoeksgegevens uit de database van de Raad voor de Transportveiligheid bleek dat de dode hoek in het zichtveld van de roerganger relatief vaak de hoofdoorzaak is gebleken van die ongevallen. Vanaf juli 1999 zijn reeds 62 ongevallen door de RvTV in onderzoek genomen waarbij de aanwezigheid van deze (grote) dode hoek een belangrijke rol heeft gespeeld bij het ontstaan van het ongeval. Dit aantal moet worden gezien als een uiterst conservatieve schatting. Het betreft uitsluitend die ongevallen waarbij de rol van de dode hoek onomstotelijk kon worden aangetoond. De RvTV wordt echter veelvuldig geconfronteerd met ongevallen waarbij schepen in aanvaring kwamen met voorwerpen zoals kribben, bakens of betonning, of aanvaringen met tegemoetkomende of meeliggende schepen. Vaak is de oorzaak niet exact te achterhalen, maar bestaat het sterke vermoeden dat het beperkte zicht (mede) oorzaak is geweest. Deze ongevallen staan echter vanwege deze onzekerheid niet als "dode hoek" ongeval geregistreerd. De betrokkenen geven vaak in dergelijke situaties aan dat ze een inschattingsfout gemaakt hebben. De ongevallen worden, bij gebrek aan bewijs voor een andere oorzaak, omschreven als menselijke fout (niet opgelet, situatie onjuist ingeschat en dergelijke). Hierdoor is de kans groot dat het aandeel dat de dode hoek en overige zichtbeperkingen hebben bij het ontstaan van ongevallen in het databestand (sterk) wordt onderschat.

Met verschillende meettechnieken is ten behoeve van het onderzoek bij 86 binnenschepen de lengte van de dode hoek vastgesteld.

De metingen hebben plaatsgevonden op het Hollandsch Diep, het Amsterdam Rijnkanaal, op de Waal en op de Boven Merwede. Omdat de waterbeweging rond het schip invloed heeft op

de langsscheepse trim en daarmee ook op de lengte van de dode hoek voor het schip, zijn de metingen zowel stilliggend als varend verricht.

De metingen waren van tevoren aan de beroepsgroep aangekondigd in de vakbladen. Mede hierdoor was de bereidheid vrijwillig aan het onderzoek deel te nemen zeer groot. Slechts één schipper weigerde medewerking aan het onderzoek.

Op het Hollandsch Diep en het Amsterdam-Rijnkanaal concentreerde het onderzoek zich op de dode hoek die wordt veroorzaakt door de constructie van de schepen.

Uit deze metingen bleek dat 38,5% van de lege motorschepen een grotere dode hoek had dan wettelijk toegestaan is. De gemiddelde lengte van de dode hoek bedroeg 222 meter.

Bij het onderzoek naar de dode hoek die veroorzaakt wordt door de lading bleek dat maar liefst 59% van de containerschepen niet voldeed aan de gestelde norm. Uit het onderzoek bleek tevens dat geen van de schippers, onder de operationele omstandigheden waarin ze werden aangetroffen, zijn hefbare stuurhuis in de hoogst mogelijke stand had gezet.

Ook bleek dat, naast de dode hoek voor het schip, de ruimte naast en achter het schip vaak slecht zichtbaar is voor de roerganger. De omvang van deze 'blinde zones' is sterk afhankelijk van de hoogte en breedte van het stuurhuis en de hoogte van de eventuele lading.

Tijdens het onderzoek bleek dat de breedte van deze zone naast het schip kan oplopen tot 170 meter. Hoe hoger het hefbaar stuurhuis staat, hoe kleiner de lengte van de dode hoek wordt voor het schip. De blinde zone naast het schip wordt hierdoor echter steeds groter.

Het onderzoek leverde niet alleen informatie op over de dode hoek, maar ook over de inzinking van schepen. Over dit effect, dat in de zeevaart 'squat' genoemd wordt, is voor binnenschepen nog weinig informatie beschikbaar.

Om het zicht op de ruimte rondom het schip te verbeteren worden hulpmiddelen gebruikt zoals spiegels, radar en camera's. Ook de mogelijkheden en beperkingen van deze middelen zijn onderzocht. Voor dit deelonderzoek is gebruik gemaakt van de deskundigheid van de afdeling Menskunde van de Nederlandse organisatie voor toegepast natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO).

Uit dit deelonderzoek blijkt dat een camera, mits deze aan een aantal technische criteria voldoet (o.a. lichtgevoeligheid, oplossend vermogen en plaatsing monitor) en vast gemonteerd en voorzien is van een vast objectief, een goed middel zou kunnen zijn om zicht te krijgen op de blinde zones rond een schip.

Op grond van de onderzoeksbevindingen is een drietal aanbevelingen geformuleerd.

Deze zijn:

- 1) De minister van Verkeer en Waterstaat wordt aanbevolen het initiatief te nemen om in samenwerking met de internationale wetgevende organen onderzoek te laten verrichten naar de ruimte rond binnenschepen, waarop de roerganger vanaf zijn positie geen zicht heeft, om naar aanleiding van dit onderzoek gezamenlijk te komen tot:
 - Eén, naar de stand van de techniek realiseerbare norm met betrekking tot de dode hoek voor, opzij en achter, zowel voor geladen als lege binnenschepen, rekening houdend met zowel de lengte, de hoogte als de breedte van deze zones,
 - Aanpassing van de vigerende wetgeving, zodat de regelgeving met betrekking tot het uitzicht rondom binnenschepen niet alleen op alleenvarende schepen, maar ook op gekoppelde samenstellen en duwstellen van toepassing is,
 - Regelgeving, die geschikte optische hulpmiddelen aan boord van binnenschepen voorschrijft om:

- de ruimte rondom het schip die, ondanks eventuele nieuwe regelgeving, niet door de roerganger overzien kan worden, toch voor hem waarneembaar te maken en
 - het gebrekkige zicht rondom bestaande schepen die niet voldoen aan de huidige en de aanbevolen nieuwe regelgeving met betrekking tot de zichtbaarheid, te compenseren.
 - Normen die moeten worden gesteld aan camerasystemen om de roerganger een duidelijk zicht te geven op de zonder optische hulpmiddelen onoverzichtelijke ruimten rondom binnenschepen en
 - Instructies aan certificaatverlenende instanties om de onoverzichtelijke ruimten rondom binnenschepen vast te stellen onder operationele omstandigheden.
- 2) De ministers van Binnenlandse Zaken, van Justitie en van Verkeer en Waterstaat wordt aanbevolen om ervoor zorg te dragen dat toezichthouders zodanig worden toegerust dat de dode hoek bepalingen van binnenschepen tijdens de vaart door hen kunnen worden uitgevoerd en dat er adequaat toezicht wordt uitgeoefend op de naleving van de wettelijke norm met betrekking tot de onoverzichtelijke ruimten rondom binnenschepen tijdens de vaart.
- 3) De Koninklijke Schuttevaer, het Centraal Bureau voor de Rijn- en Binnenvaart en het Kantoor Binnenvaart wordt aanbevolen hun leden te wijzen op het feit dat
- het ontwerp en de positie van vooral hefbaar stuurhuizen invloed heeft op de grootte van en de verhoudingen tussen de dode hoek en zones rondom het schip,
 - de technische inrichtingen van camerasystemen, zoals de verstelbaarheid en het inzoomen van camera's, lichtgevoeligheid, soort monitor, beeldvervalsing, beeldhoek en beeldresolutie, invloed hebben op de juiste overdracht van beelden van de zonder optische hulpmiddelen onoverzichtelijke ruimten rondom het schip, en
 - voor het gebruik van camerasystemen onderscheid zou moeten worden gemaakt tussen het verkrijgen van zicht op de werkplaatsen van dekpersoneel en de ruimten rondom het schip.

AFKORTINGEN

AMvB	Algemene Maatregel van Bestuur
B	Breedte
Bf	Beaufort (windkracht)
BPR	Binnenvaartpolitiereglement
BSB	Binnenschepenbesluit
BSW	Binnenschepenwet
C	Celsius
CCR	Centrale Commissie voor de Rijnvaart
cm	Centimeter
CvO	Certificaat van Onderzoek
DGG	Directoraat Generaal Goederenvervoer
DGPS	Differential Global Positioning System
DG-TREN	Commission Européenne, Transport et Énergie
DS	Divisie Scheepvaart, Ministerie van Verkeer en Waterstaat
GPS	Global Positioning System
IVW	Inspectie Verkeer & Waterstaat, Ministerie van Verkeer en Waterstaat
KLPD	Korps Landelijke Politiediensten
L	Lengte
NMi	Nederlands Meetinstituut
NVO	Nieuwbouw Vervanging of Ombouw
ROS	Registratie Ongevallen Scheepvaart (database RvTV)
ROSR	Reglement onderzoek schepen op de Rijn 1995
RPR	Rijnvaartpolitiereglement 1995
RTK	Real Time Kinematic
RvTV	Raad voor de Transportveiligheid
RWS	Rijkswaterstaat
SA	Selective Availability (standaard afwijking)
SVW	Scheepvaartverkeerswet
TEU	Twenty Equivalent Unit (standaard containermaat van 20 voet)
TNO	Nederlandse Organisatie voor toegepast natuurwetenschappelijk onderzoek TNO
VCS	Video Controle Systeem
V&W	Ministerie van Verkeer & Waterstaat
VHF	Very High Frequency

HET ONDERZOEK

Het onderzoek is uitgevoerd door het bureau van de Raad voor de Transportveiligheid onder supervisie van de Kamer Scheepvaart.

Op het Hollandsch Diep en op het Amsterdam-Rijnkanaal werden in vier dagen 69 binnenscheepen onderzocht. Voor de bepaling van de dode hoek van de onderzochte binnenscheepen is de hulp van een ingenieurbureau ingeroepen. De metingen werden verricht met behulp van op Differential Global Positioning System (DGPS) gebaseerde apparatuur.

Aanvullend werd een onderzoek ingesteld naar de dode hoek voor met containers geladen binnenscheepen. Dit onderzoek werd uitgevoerd met behulp van digitale fotometrie. In Woudrichem en Nijmegen werden schepen gefotografeerd. Door middel van op de camera gekalibreerde software, werd de dode hoek van deze schepen vastgesteld.

Hoewel de Wet Raad voor de Transportveiligheid (Wet RvTV) onderzoekers van de RvTV de bevoegdheid geeft onderzoek te verrichten, werden deze onderzoeken uitsluitend uitgevoerd op basis van vrijwilligheid. Tevoren was in de belangrijkste vakbladen voor de binnenvaart het onderzoek aangekondigd en het doel toegelicht. Slechts één schipper op het Hollandsch Diep verleende geen medewerking aan het onderzoek.

In opdracht van de Raad voor de Transportveiligheid werd door de Nederlandse organisatie voor toegepast natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO) een onderzoek ingesteld naar de mogelijkheden en beperkingen van het gebruik van videocamera's ter compensatie van het directe zicht.

De Raad is het Korps Landelijke Politiediensten en Rijkswaterstaat erkentelijk voor de verleende assistentie en het ter beschikking stellen van materieel tijdens de onderzoeken naar de dode hoek op binnenscheepen.

Voor het onderzoek naar de dode hoek op binnenscheepen zijn onder andere de onderstaande vragen geformuleerd:

- Hoe groot is het verschil in lengte van de dode hoek vóór het schip stilliggend en tijdens de vaart?
- Wat is de invloed van de dwarsdoorsnede van het vaarwater op de stromingen rond het schip en daarmee op de dode hoek voor het schip?
- Heeft de diepte van het vaarwater invloed op de stromingen rond het schip en daarmee op de grootte van de dode hoek voor het schip?
- Wat is de relatie tussen het bouwjaar van een schip en de dode hoek voor het schip?
- Hoe groot is de dode hoek voor het schip bij onbeladen schepen?
- Hoe groot is de dode hoek voor het schip bij geladen motorschepen?

De uiteindelijke weergave van dit rapport en de aanbevelingen zijn vastgesteld door de Raad voor de Transportveiligheid.

1 DE METINGEN

1.1 Inleiding

Bij de metingen aan boord van het motorschip uit het rapport 'Scheepvaartongeval met dodelijke afloop op het Keeten op 10 december 1999' is gebruik gemaakt van Total-stations. Deze computergestuurde apparatuur werkt op basis van infrarood stralen. Deze meetmethode, die onder andere gebruikt wordt bij landmetingen, is gekozen vanwege de grote nauwkeurigheid. Nadeel van deze meetmethode bleek uiteindelijk echter de benodigde tijd en mankracht die nodig zijn om van een schip de dode hoek voor het schip vast te stellen. Voor de bepaling van de dode hoek van een enkel schip moesten maar liefst zeven personen gedurende vier uren worden ingezet.

Bij de metingen op het Hollandsch Diep en het Amsterdam-Rijnkanaal is daarom van een minder tijd en menskracht intensieve meetmethode gebruik gemaakt, op basis van DGPS. Deze meetmethode is relatief weliswaar minder nauwkeurig dan de metingen met Total-stations, maar bleek ruim voldoende accuraat om de gewenste meetnauwkeurigheid te bereiken. Voor de meting van een schip was een team van drie personen met DGPS-apparatuur en een patrouillevaartuig met bemanning voor het van en aan boord gaan nodig. Het meten van een schip nam in totaal ongeveer 30 minuten in beslag.

Omdat er gedurende de metingen met DGPS een relatief gering aantal met containers geladen schepen op de meetlocaties passeerde, is door de Kamer Scheepvaart van de Raad voor de Transportveiligheid opdracht gegeven aanvullend en gericht onderzoek te verrichten naar deze categorie schepen. Door middel van digitale fotometrie is onderzoek verricht op de Boven Merwede (Woudrichem) en de Waal (Nijmegen). Deze metingen konden vanaf de oever worden uitgevoerd. Deze meetmethode was ten tijde van het eerder verrichte onderzoek nog niet beschikbaar. De digitale fotometrie methode is weliswaar minder nauwkeurig dan de eerdere meetwijzen, maar maakte een oordeel over de dode hoek van deze containerschepen binnen de gestelde onderzoekseisen goed mogelijk. Voor de digitale fotometrie is daarbij op locatie slechts één persoon nodig die uitsluitend met een gekalibreerde digitale camera een foto van het voorbijvarende schip hoeft te maken. In paragraaf 1.3.5 en 1.4.3 zal nog nader worden ingegaan op de nauwkeurigheid van de verschillende meetmethoden.

Uitgangspunt metingen

Bij alle metingen is als referentiepunt voor het blikveld van de roerganger een punt op 10 centimeter vanaf de bovenste raamlijst van het stuurhuisraam gehanteerd. Op geen van de in het onderzoek betrokken schepen bevond de ooghoogte van de roerganger zich boven dit referentiepunt.

1.2 Total-stations

1.2.1 Meetmethode

Op het voor- en achterschip werden meetprisma's geplaatst. Op het middenschip werd een Total-station geplaatst.

De voor het bepalen van het zichtveld van de roerganger bepalende contouren van het schip werden met reflecterende tape gemarkeerd. De voor de bepaling van de dode hoek relevante contouren van het schip en de positie van de meetprisma's zijn ingemeten en vastgelegd. Tevens werd met dit Total-station de langs- en dwarsscheepse hellinghoek gemeten.



Figuur 1: Foto van een meetopstelling met een Total-station aan boord van een binnenschip.

Op de kade werden twee Total-stations geplaatst. De plaatsingshoogte van deze apparatuur werd gerelateerd aan de actuele waterstand van het vaarwater. Hiermee werd het verticale gedrag van het schip bepaald. Een van de Total-stations volgde het meetprisma op het voorschip, terwijl de andere het meetprisma op het achterschip volgde. Het schip werd zowel stilliggend als varend op kruissnelheid ingemeten.

1.2.2 Nauwkeurigheid, kalibratie en rapportage

Door het ingenieursbureau dat met de metingen was belast, zijn de meetmethode, de meting en de kalibratie van de gebruikte apparatuur en de te hanteren nauwkeurigheid, uitgebreid in een rapport beschreven. Dit rapport is als bijlage bij het eerder genoemde rapport 'Scheepvaartongeval met dodelijke afloop op het Keeten op 6 augustus 1999' gevoegd. De nauwkeurigheden van de metingen bedroegen:

- Inmeting motorschip: 0,001 m
- Hoogtebepaling stilliggend: 0,002 m
- Hoogtebepaling varend: 0,01 m

1.3 DGPS-metingen

1.3.1 Meten met GPS

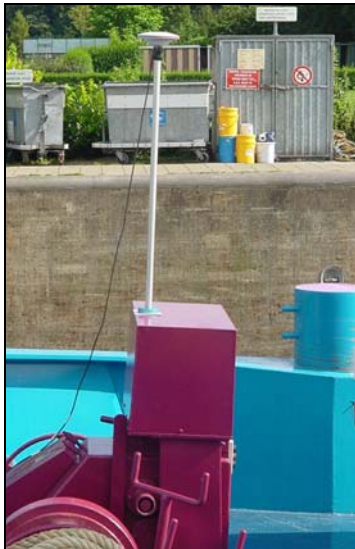
GPS (Global Positioning System) is een plaatsbepalingsysteem, ontworpen door en voor de Amerikaanse strijdkrachten. Het systeem bestaat uit 24 satellieten die elk in een vaste baan om de aarde draaien. Elk van deze satellieten heeft een eigen signaal, dat wordt opgevangen door een GPS-ontvanger. Deze ontvanger heeft een logboek van de banen die elk van de 24 satellieten beschrijft.



Door op een bepaald moment de positie van de satelliet te relateren aan het tijdstip, kan de ontvanger berekenen waar hij zich op dat moment bevindt.

Aankankelijk werd bewust een standaard afwijking (SA) meegegeven aan het signaal dat de satellieten uitzonden. Deze afwijking wordt niet meer meegezonden. Hierdoor is de plaatsbepaling door middel van GPS tot op 10 meter nauwkeurig geworden.

Figuur 2: Door de plaatsing van een grondstation wordt een grote meetnauwkeurigheid bereikt.



Figuur 3: Een GPS-antenne wordt geplaatst en ingemeten op de barrière op het voorschip.



Figuur 4: Een tweede GPS-antenne wordt geplaatst en ingemeten op de ooghoogte van de roerganger.

1.3.2 DGPS

De nauwkeurigheid in de positie- of hoogteweergave van GPS-metingen kan verder worden vergroot door gebruik te maken van een correctiesignaal van een grondstation (Differential Station). De positie van dit grondstation is exact bekend. Deze positie wordt vervolgens vergeleken met de positie die verkregen wordt van de GPS-signalen. Het verschil tussen de beide posities wordt omgezet in een fout-correctiesignaal. Dit fout-correctiesignaal wordt door het Differential Station uitgezonden.

GPS-ontvangers binnen het bereik van het station die voorzien zijn van een speciale DGPS-ontvanger kunnen zo gebruik maken van deze extra positiecorrectie. De nauwkeurigheid van de GPS positiebepaling wordt zo beter dan 3 meter.

Grondstations voor DGPS staan in Nederland onder andere op Ameland, in Hoek van Holland, Markelo, Lopik en Goes.

1.3.3 RealTime Kinematic

Real Time Kinematic (RTK) is een speciale vorm van DGPS. Bij DGPS wordt alleen gebruik gemaakt van gecodeerde informatie van de satelliet signalen. Bij RTK wordt de fase van de satelliet signalen gebruikt waarop deze codes zijn gemoduleerd. Door gebruik te maken van RTK wordt de meetnauwkeurigheid met betrekking tot plaatsbepaling beter dan 0,002 meter. Deze meetmethode wordt ook gebruikt voor hoogtemetingen. De hoogtemeting is voor stationaire metingen tot op 0,004 meter nauwkeurig.

1.3.4 Meetwijze

Nadat een schipper had ingestemd met medewerking aan het onderzoek ging een team, bestaande uit minimaal twee medewerkers van het ingenieursbureau onder begeleiding van een onderzoeker van de Raad voor de Transportveiligheid aan boord van het schip. Deze medewerkers plaatsten vervolgens twee DGPS-ontvangers op het schip. Een GPS-ontvanger werd geplaatst in de onmiddellijke omgeving van de roerganger. De tweede GPS-ontvanger werd in de directe omgeving van de barrière die de dode hoek voor het schip veroorzaakte geplaatst. De positie van de betreffende DGPS-ontvangers ten opzichte van de roerganger en de barrière werd door de meettechnici nauwkeurig vastgelegd. Vervolgens werd het schip zowel stilliggend als varend ingemeten. Van elk schip werden achtereenvolgens zowel varend als stilliggend minimaal 150 metingen verricht. De meetteams werden naar de schepen gebracht door twee patrouillevaartuigen van Rijkswaterstaat (RWS). Het personeel aan boord van deze vaartuigen hield tijdens de metingen toezicht en stelde, indien nodig, de overige scheepvaart van de metingen op de hoogte.

1.3.5 Nauwkeurigheid, kalibratie en rapportage

De minimale meetnauwkeurigheid van de RTK/DGPS-meting bedroeg:

- Hoogtebepaling stilliggend: 0,02 m.
- Hoogtebepaling varend: 0,02 m.

1.4 Digitale fotometrie

1.4.1 Metingen door middel van digitale fotometrie

De meetopstelling bestond uit een op Video Controle Systeem (VCS) gebaseerd softwareprogramma en een op een statief gemonteerde digitale fotocamera. Het door een Duits bedrijf voor dit doel ontwikkeld computerprogramma wordt in verschillende landen, door onder andere politiediensten, gebruikt om door middel van digitale fotografie een situatie vast te leggen, zodat de locatie na een ongeval weer snel kan worden geruimd en vrijgegeven. Met VCS kunnen later de exacte posities, afmetingen en afstanden worden bepaald. De objecten waarvan de afmetingen vastgesteld moeten worden, kunnen vanuit elke hoek vastgelegd worden. Voorwaarde voor nauwkeurige metingen is dat de camera waterpas is opgesteld en de hoogte van de camera tot de basis van het meetvlak in de computer is ingevoerd.

1.4.2 Meetwijze

De metingen werden vanaf de oever uitgevoerd. Voor deze methode hoeft uitsluitend op afstand een foto van het schip te worden gemaakt. Gezien het feit dat de meetresultaten op geanonimiseerde wijze worden beschreven, is op praktische gronden besloten schippers hiervoor niet expliciet om toestemming te vragen of hen op de hoogte te brengen van de metingen. Alle voorbijvarende met containers geladen schepen werden gemeten. Als er geen containerschepen in het onderzoeksgebied voeren, zijn ook enkele andere typen binnenschepen in het onderzoek betrokken.

1.4.3 Nauwkeurigheid en kalibratie

De camera en software zijn door de fabrikant volledig op elkaar ingeregeld en afgestemd.



Het computerprogramma VCS is door het Nederlands Meetinstituut (NMI) op nauwkeurigheid getest en gecertificeerd.

De afstand van de apparatuur tot de ingemeten schepen was maximaal 300 meter. Volgens opgave van de fabrikant van de meetapparatuur die bij de metingen met behulp van digitale fotometrie gebruikt werd, bedraagt op deze afstand de meetafwijking minder dan 25 meter. De dode hoek zoals die was bepaald met behulp van digitale fotometrie is bij enkele ingemeten schepen eveneens met zichtcontrole en afstandsmeting met behulp van radar geverifieerd.

Figuur 5: Opstelling van de digitale camera ten behoeve van de meting door middel van digitale fotometrie

Bij de fotometrische metingen zijn afwijkingen van maximaal 10 meter vastgesteld.



Figuur 6: Voorbeeld van het inmeten van een schip met fotometrie.

1.5 De locaties

1.5.1 Meting met behulp van Total-stations

Het onderzoek naar de dode hoek van het schip dat betrokken was bij het dodelijke ongeval op het Keeten, is uitgevoerd in de haven van Amsterdam. De keuze voor deze locatie is op praktische gronden bepaald. Zo is het karakter van het vaarwater vergelijkbaar met het vaarwater waar het ongeval heeft plaatsgevonden, zodat het schip zich met betrekking tot de waterverplaatsing gelijk zou gedragen.

1.5.2 Meting met behulp van DGPS

De metingen op basis van DGPS zijn op twee locaties uitgevoerd. Om het gedrag van schepen te kunnen vaststellen, is op ruim en diep water gedurende twee dagen onderzoek

verricht op het Hollandsch Diep. Als uitvalsbasis van het onderzoek zijn de Volkeraksluizen te Willemstad gebruikt.

De metingen op relatief smal en ondiep water zijn, eveneens in twee dagen, uitgevoerd op het Amsterdam-Rijnkanaal, in de omgeving en ten Noorden van de Prinses Irenesluizen te Wijk bij Duurstede.

Steekproef onderzoekschepen

Op locatie werd op random wijze een keuze gemaakt uit het aanbod van schepen. Het eerste schip dat zich aandeede als een meetteam ter beschikking stond, werd aan een onderzoek onderworpen. Er werd uitsluitend onderscheid gemaakt tussen lege en geladen schepen.

Gedurende de vier dagen dat met behulp van DGPS-apparatuur werd gemeten weigerde slechts één schipper mee te werken aan het onderzoek. Als reden werd door die schipper twijfel aan de betrouwbaarheid en anonimisering van de metingen aangegeven.

1.5.3 Meting met behulp van digitale fotometrie

De dode hoek metingen van containerschepen door middel van fotometrie werden uitgevoerd op twee locaties: vanaf de rechter oever van de Boven Merwede in Woudrichem en vanaf de rechter oever van de Waal te Nijmegen.

1.6 Representativiteit steekproef / validiteit meetgegevens

1.6.1 Omvang binnenvaartvloot

In 2001 waren in Nederland 4518 schepen (3296 motorvrachtschepen, 707 motortankschepen en 1081 duw/sleepboten) geregistreerd die voldeden aan de onderzoekscriteria¹. Op de Europese binnenwateren zijn in totaal circa 12.000 binnenschepen geregistreerd (alle categorieën beroepsvaart). Hiervan is ongeveer 42% in Nederland geregistreerd.²

1.6.2 Aantal en typen onderzochte binnenschepen

Met de Total-stations is slechts één motorschip ingemeten.

Tijdens de meting met DGPS zijn de volgende categorieën schepen ingemeten:

- 58 motorschepen, waarvan:
 - o drie schepen geladen met containers,
 - o drie geladen schepen,
 - o 51 lege motorschepen,
 - o een patrouillevaartuig.
- elf duwstellen (duwboot of duwmotorschip met een of meerdere duwbakken).

Tijdens het onderzoek met behulp van digitale fotometrie zijn 22 schepen ingemeten. Deze schepen waren in de volgende categorieën onder te verdelen:

- 19 met containers geladen motorschepen (waarvan twee met een eveneens met containers geladen bak voor het motorschip gekoppeld),
- een leeg vierbaksduwstel,
- een motorvrachtschip en,
- een leeg duwstel bestaande uit een motorschip en een duwbak.

Binnenschepen worden vaak speciaal gebouwd of geschikt gemaakt voor de vaarwateren waarvoor ze ingezet gaan worden. Gegevens van binnenschepen worden geregistreerd in het land waar zich de thuishaven bevindt. Daarbij wordt echter niet vastgelegd voor welke vaarwegen deze schepen zullen worden gebruikt. De locaties waar door de Raad de dode

¹ Bron jaarbericht 2001 Inspectie Verkeer en Waterstaat.

² Bron Internationale Vereniging het Rijnschepenregister (IVR).

hoek bepalingen van binnenschepen zijn verricht, zijn knooppunten waar verschillende vervoersstromen afkomstig van verschillende vaarwateren elkaar kruisen of samenkomen. Op grond van de keuze van deze locaties is het aannemelijk dat de in het onderzoek betrokken schepen een goede dwarsdoorsnede vormen van de binnenvaartvloot. Hoewel hierover door gebrek aan bruikbare gegevens geen statistische zekerheid is te verkrijgen, is op grond van bovenstaande te verwachten dat de gevonden dode hoek waarden representatief zijn.

2 ANALYSE

2.1 Terminologie

In de wet- en regelgeving wordt, als het gaat over de lengte van ruimte voor het schip die de roerganger vanaf zijn positie niet kan overzien, de term 'dode hoek' gebruikt.

In dit rapport worden ook gebieden beschreven die aan weerszijden en achterwaarts liggen, waarop de roerganger eveneens geen zicht heeft. Om onderscheid aan te brengen en verwarring te voorkomen, zal voor deze gebieden de term 'blinde zones' gebruikt worden.

Tot slot wordt het uitzicht vanuit het stuurhuis gedeeltelijk belemmerd door obstakels zoals raamstijlen, schoorstenen, masten, luchtkokers en dergelijke. Deze afgeschermden ruimten worden in dit rapport 'blinde sectoren' genoemd.

Samenvattend:

- Dode hoek:** de ruimte **voor** het schip waarop de roerganger geen zicht heeft,
Blinde zone: de ruimte aan weerszijden en naar achteren, waarop de roerganger geen zicht heeft (*niet als gevolg van constructie obstakels, zoals raamstijlen, schoorstenen, masten, luchtkokers en dergelijke*),
Blinde sector: de ruimte vooruit, aan weerszijden en naar achteren waarop de roerganger geen zicht heeft als gevolg van constructie obstakels, zoals raamstijlen, schoorstenen, masten, luchtkokers en dergelijke.

2.2 Wet- en regelgeving

2.2.1 Analyse wet- en regelgeving

In algemene zin kent de binnenvaart twee regelgevende regimes: Nederlandse wetgeving en wetgeving gericht op de internationale Rijnvaart.

Nederlandse wetgeving

De wettelijke grondslag ligt in de Scheepvaartverkeerswet (SVW) en de Binnenschepenwet (BSW). De vaarregels zijn opgenomen in een Algemene maatregel van bestuur (AMVB): het Binnenvaartpolitiereglement (BPR). De bouwtechnische en uitrustings-eisen staan in het Binnenschepenbesluit (BSB).

Wetgeving internationale Rijnvaart

De wettelijke grondslag ligt in een multilateraal verdrag, de herziene Rijnvaart akte (akte van Mannheim). De vaarregels zijn opgenomen in een reglement: het Rijnvaart politiereglement (RPR). De bouwtechnische en uitrustings-eisen staan in het Reglement Onderzoek Schepen op de Rijn 1995 (ROSR). Voor Nederland is de implementatie van het RPR en het ROSR geregeld in de Scheepvaartverkeerswet en de Binnenschepenwet.

Aanvankelijk waren de nationale en internationale wetgeving met betrekking tot de dode hoek en het vrije uitzicht rondom het schip niet gelijk. De 250 meter norm werd in het BSB niet genoemd. Het beperkte zicht vooruit mocht in tegenstelling tot het ROSR wel door optische hulpmiddelen worden gecompenseerd. Het vrije zicht vanuit het stuurhuis werd niet nader gedefinieerd.

Gedurende het onderzoek is het BSB aangepast; zo is de redactie van de betreffende regelgeving nu van gelijke strekking als het ROSR.

Ook voor het BPR is het ontwerp van het 9^{de} wijzigingsbesluit in een ver gevorderd stadium. Na uitvoering van deze wijziging zal de tekst van het BPR met betrekking tot het uitzicht van de roerganger gelijk zijn aan het RPR.

Historie

Vanaf de eerste voor de binnenvaart geldende regelgeving voor vaarregels (BPR/ RPR) en voor bouwtechnische en uitrustings-eisen (BSB/ROSR) werd gesproken over een vrij uitzicht

voor de roerganger. Door de opkomst van het vervoer van containers over binnenwateren liet de wetgevende macht voor de internationale Rijnvaart, de Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR), een beperkt onderzoek instellen naar de zichtproblematiek bij het vervoer van hoge ladingen. Naar aanleiding van de uitkomsten van dit onderzoek en in samenspraak met vertegenwoordigers van de Rijnsoeverstaten, stelde de CCR door afkondiging van een tijdelijke wijziging van het RPR voor het eerst een toelaatbaar maximum aan de lengte van de dode hoek. Met ingang van 1 april 1987 mocht de dode hoek veroorzaakt door lading, niet groter zijn dan 350 meter.

Deze tijdelijke wijziging werd definitief opgenomen in het gewijzigde RPR 1995. De 350 meter grens werd later ook opgenomen in het BPR.

De maximale lengte van de dode hoek veroorzaakt door de constructie van het schip, werd voor het eerst in het ROSR 1995 bepaald op 250 meter. Deze lengte is in overleg en in overeenstemming door de vertegenwoordigers van de lidstaten van de CCR bepaald. Bij inwerkingtreding van het BSB werd deze constructie-eis aanvankelijk niet opgenomen.

Vrij uitzicht

Volgens het BSB en en ROSR moet het uitzicht vanuit het stuurhuis *voldoende* vrij zijn. In hoofdstuk 3 van het BSB en in hoofdstuk 7 van het ROSR wordt omschreven wat in deze regelgeving verstaan wordt onder dit voldoende vrije zicht.

Over de horizon moet de roerganger vanaf de plaats waar hij zich gewoonlijk bevindt, een zicht hebben van minstens 240°, voor een derde van het zichtsveld rondom hoeft de roerganger dus geen vrij zicht te hebben. Daarbij moet ten minste 140° van het zichtsveld in de voorste halve cirkel liggen. In de normale zicht-as mogen zich geen obstakels, zoals raamstijlen, steunen of opbouwen bevinden.

Voor het onvoldoende vrije uitzicht naar achter is alleen geregeld dat voorzieningen kunnen worden geëist, zoals optische hulpmiddelen.

Inmiddels heeft de directeur-hoofdinspecteur van de Divisie Scheepvaart van de Inspectie Verkeer en Waterstaat door middel van een beleidsregel hieraan invulling gegeven. In deze beleidsregel wordt bepaald wat onder *onvoldoende* uitzicht verstaan wordt. Als er sprake is van onvoldoende uitzicht, moeten volgens de beleidsregel optische hulpmiddelen gebruikt worden. Volgens de beleidsregel komen hiervoor uitsluitend spiegels of periscopen in aanmerking.

Dode hoek

Naast het vrije uitzicht wordt in de wet- en regelgeving alleen gesproken over 'de dode hoek voor de boeg' of 'het directe of indirecte zicht voor het schip of samenstel'.

Er wordt daarbij onderscheid gemaakt tussen de dode hoek die bij het lege schip wordt veroorzaakt door de constructie van het schip en de dode hoek veroorzaakt door lading of trim van het schip. De dode hoek veroorzaakt door de constructie mag niet groter zijn dan 250 meter voor de boeg. In de wet- en regelgeving is wat betreft de dode hoek die wordt veroorzaakt door de constructie van het schip, alleen de situatie van een alleen varend schip geregeld. Voor duwstellen en langszij gekoppelde schepen is, wat betreft de dode hoek veroorzaakt door de constructie van die schepen, niets geregeld.

De dode hoek door trim of lading mag niet groter zijn dan 350 meter.

Onder trim wordt langsscheepse trim bedoeld. Door omstandigheden kan het noodzakelijk zijn dat het schip niet gelijklastig getrimd wordt. Dit houdt in dat het schip dan doorgaans voor hoger in het water komt te liggen dan achter. Hierdoor kan het hoger liggende voorschip een negatieve invloed op het uitzicht hebben.

Passeren van bruggen of sluizen

Bij passage van bruggen en andere kunstwerken moet soms het stuurhuis zakken om onder deze obstakels door te kunnen varen. Voor schepen waarbij het zicht dan beperkt wordt door de lading, mogen optische hulpmiddelen gebruikt worden. Wettelijk zijn uitsluitend perisco-

pen met vlakke spiegels of een radarapparaat voor dit doel toegestaan. Ook het plaatsen van een uitkijk op het voorschip is in dat geval toegestaan. Uiteraard moet deze uitkijk in constant hoor- en spreekcontact met de roerganger staan.

Richtlijn 82/714/EEG

Het BSB is mede tot stand gekomen als implementatie van de richtlijn van de Raad van de Europese Gemeenschappen van 4 oktober 1982 (82/714/EEG) tot vaststelling van de technische voorschriften voor binnenschepen. In het Rijnvaartregiem was door de Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR) al eerder het ROSR (1976) uitgebracht. De meeste binnenschepen zijn voorzien van een Certificaat van Onderzoek (CvO), afgegeven op grond van het ROSR. In algemene zin mogen deze schepen op grond van de Binnenschepenwet gebruik maken van de Nederlandse binnenwateren.

Binnen het Directoraat-Generaal Energie en Vervoer (DG-TREN) wordt gewerkt aan de herziening van richtlijn 82/714/EEG. Op het moment van verschijnen van dit rapport was nog niet bekend wanneer deze herziene richtlijn gereed zal zijn. Deze richtlijn zal dan behalve in de betreffende EU-lidstaten ook door de CCR-lidstaten worden geïmplementeerd. Buiten enkele vaarwater specifieke regels, zullen dan in de gehele Europese Unie dezelfde technische regels gelden voor binnenschepen.

Overgangsbepalingen

Algemeen

In de technische reglementen BSB en ROSR zijn verschillende overgangsbepalingen opgenomen. Vooral schepen die al voor de ingangdatum van deze reglementen in bedrijf waren hoeven aan verschillende regels geheel niet of slechts ten dele te voldoen.

Binnenschepenbesluit

Bepaalde categorieën binnenschepen, die uitsluitend varen op Nederlandse binnenwateren hoeven niet te voldoen aan de technische eisen van het BSB. Alle schepen die in het onderzoek betrokken zijn dienden echter aan technische eisen van het BSB te voldoen.

Niet toepassen regels BSB

Op grond van het BSB kan de hoofdinspecteur van de IVW, DS op bestaande schepen regels niet van toepassing verklaren als die regels in de praktijk niet uitvoerbaar blijken of onevenredig hoge kosten met zich meebrengen. Op geen van de onderzochte schepen was met betrekking tot het vrije zicht of de toegestane dode hoek voor het schip, een dergelijke verklaring van toepassing.

Gefaseerde invoering

De certificaatplicht voor schepen volgens de BSW (1981) en het BSB (1987) is pas sinds enige jaren van kracht. Omdat het onmogelijk was alle schepen die vielen onder het binnenlandse wetgevende regime tegelijk te onderzoeken werd besloten tot een gefaseerde invoer van de certificaatplicht. De laatste categorie motorvrachtschepen moest volgens het BSB op 1 januari 2002 voorzien zijn van een CvO. Alle onderzochte schepen waren voorzien van een geldig CvO.

Reglement Onderzoek Schepen op de Rijn

Voor het ROSR geldt alleen een overgangsbepaling voor de regel dat er zich in de zicht-as van de roerganger geen vensterstijlen, steunen of opbouwen mogen bevinden. Deze overgangsregel geldt, bij de inwerkingtreding van het ROSR, voor bestaande schepen totdat het betreffende onderdeel wordt vernieuwd, vervangen of omgebouwd, de in het ROSR genoemde 'Nieuw voor Oud' regel.

2.3 Analyse RvTV ongevallen databestand

2.3.1 Het RvTV databestand

De gegevens van alle scheepvaartongevallen die aan de Raad voor de Transportveiligheid zijn gemeld, worden opgeslagen in een databestand.

In dit bestand worden de gegevens over de toedracht van het ongeval en alle relevante informatie over de betrokken schepen opgeslagen.

2.3.2 Overzicht ongevallen

Vanaf de oprichting van de RvTV op 1 juli 1999 worden van alle onderzochte ongevallen uitgebreid gegevens geregistreerd. Ondertussen beschikt de RvTV over een databestand van enkele honderden scheepvaartongevallen. In tabel 1 staan de aantallen per jaar uitgesplitst.

Jaar	Minder ernstig ongeval	(Zeer) Ernstig ongeval ³
1999	85	126
2000	161	154
2001	143	104
2002 ⁴	122	53

Tabel 1: Overzicht ongevallen

2.3.3 Analyse databestand RvTV

In het databestand van de RvTV zijn in de periode 1 juli 1999 tot en met 1 september 2002, 62 ongevallen geregistreerd waarbij het beperkte uitzicht van de roerganger (mede) oorzaak was van deze ongevallen. Van deze 62 ongevallen zijn er tien ongevallen met zeilende schepen geregistreerd. Het zicht van de roerganger werd bij deze ongevallen beperkt door de zeilen van de schepen. Dit beperkte zicht was in alle gevallen (mede) oorzaak van de ongevallen.

Bij de resterende 52 gevallen bleek het beperkte zicht van de roerganger voor, naast en achter het schip, mede oorzaak van de ongevallen.

2.3.4 Ongevallen gespecificeerd naar scheepstype

- tien zeilschepen (met gehesen zeilen),
- vier motorschepen, geladen met containers,
- twee duwstellen, geladen met containers,
- drie lege duwstellen,
- drie passagiersschepen,
- één op de motor en met gestreken zeil varende tjalk en
- 39 lege motorschepen (droge lading, beun- en tankschepen).

³ Voor de indeling in ongevalklassen worden de onderstaande definities gehanteerd (deze zijn afgeleid van de International Maritime Organisation (IMO) ongevalsdefinities):

Zeer ernstige ongevallen: Ongevallen overkomen aan schepen waarbij deze total loss zijn geraakt, die dodelijk letsel of vermisten hebben veroorzaakt en/of ernstige milieuschade tot gevolg hebben gehad.

Ernstige ongevallen: Ongevallen, geen zeer ernstige zijnde, die behelzen: gewonden, brand, aanvaring, gronding, contact, slecht weer- of ijschade, corrosieschade of rompschade, etcetera en resulteren in:

- structurele schade die het schip verhindert verder te varen, zoals lekkage onder de waterlijn, buiten gebruik raken van de machines, ernstige schade aan verblijven,
- milieuverontreiniging en/of hulp van derden noodzakelijk maken (zoals slepen, afvoer gewonden)

Minder ernstige ongevallen en incidenten: Alle overige ongevallen en bijna- ongevallen.

⁴ Stand t/m 01-05-2002

2.4 Dode hoek

De lengte van de dode hoek in het blikveld van de roerganger is afhankelijk van de hoogte van de standplaats van de roerganger, zijn lichaamslengte en de plaats en hoogte van de barrière die de dode hoek veroorzaakt.

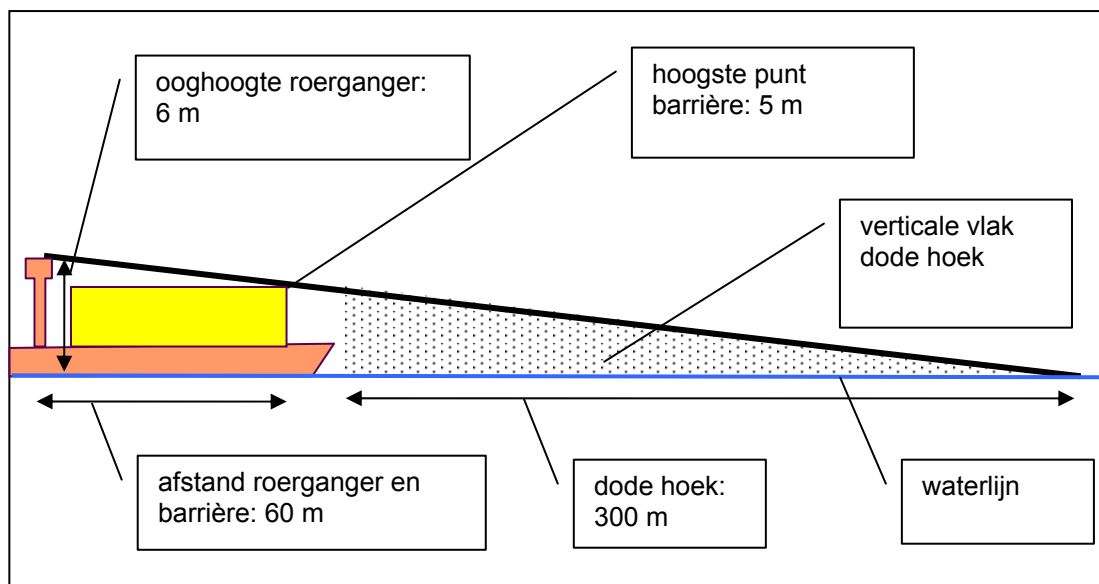
De breedte en de vorm van de oppervlakte van de dode hoek is afhankelijk van de breedte en de vorm van barrière en van de afstand van de roerganger tot deze barrière

2.4.1 Barrière dode hoek

Bij lege schepen zal de barrière, die de dode hoek voor het schip veroorzaakt vaak op het voorschip te vinden zijn.

De meeste lege schepen liggen achterover getrimd. Dit komt vooral door het gewicht van brandstofvoorraden, een grotere en daardoor zwaardere opbouw en de aanwezigheid van de hoofdmachinekamer in het achterschip.

2.4.2 Lengte dode hoek



Figuur 7: Schematisch weergave en voorbeeld berekening dode hoek.

2.4.3 Berekening lengte dode hoek

Met de gegevens uit bovenstaand voorbeeld kan men de lengte van de dode hoek vaststellen: het hoogste punt van de barrière (5 meter), gedeeld door hoogteverschil tussen ooghoogte roerganger (1 meter) en het hoogste punt van de barrière (5 meter), is (5 meter) vermenigvuldigd met de afstand van roerganger tot de barrière (60 meter), met als uitkomst 300 meter. De dode hoek van dit denkbeeldige schip is 300 meter.

Zo ontstaat vanuit de roerganger gezien een ruimte achter de barrière die niet te overzien is. Het verticale vlak van deze ruimte heeft een rechte hoekvorm (mits de dode hoek niet oneindig is). De basis wordt gevormd door het wateroppervlak. De staande rechthoekszijde wordt gevormd door de barrière en de schuine zijde wordt gevormd door de zichtlijn roerganger/bovenzijde barrière/wateroppervlak.

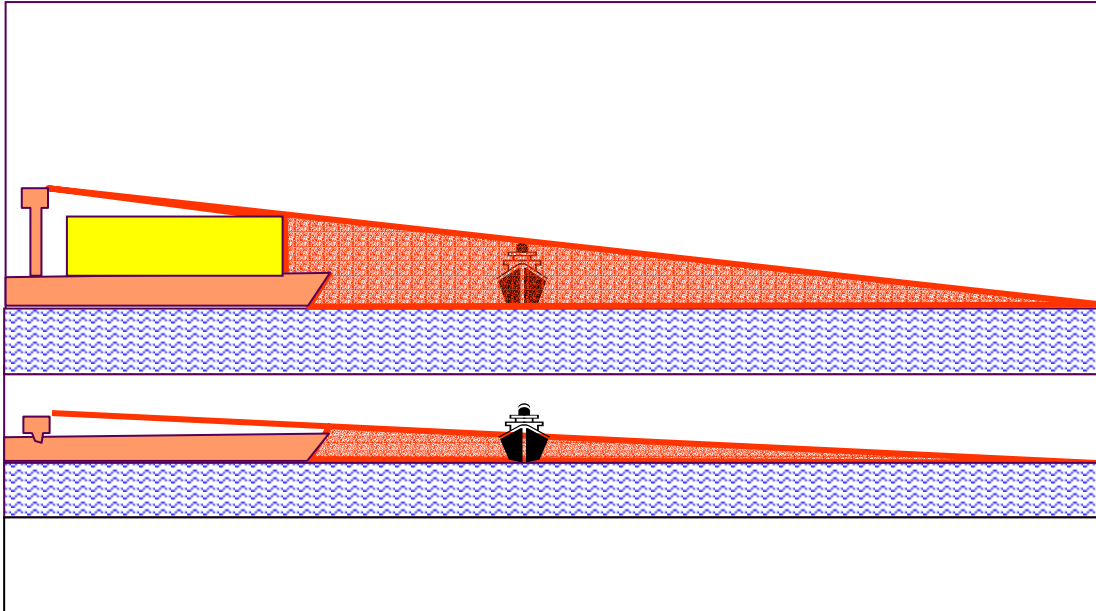
2.4.4 Vorm van de dode hoek verticaal

Door de driehoeksvorm is het verminderde zicht door de dode hoek niet overal gelijk. Uitgaande van de dode hoek uit figuur 2 zal de dode hoek vlak na de barrière 5 meter hoog zijn, op 150 meter 2,5 meter hoog zijn en op 300 meter het wateroppervlak snijden.

In de wet- en regelgeving wordt alleen de lengte van de dode hoek genoemd. De hoogte van de dode hoek is afhankelijk van de ooghoogte van de roerganger en de hoogte van de bepalende barrière.

Als de ooghoogte en de hoogte van de bepalende barrière in gelijke verhouding hoger worden, zal de lengte van de dode hoek gelijk blijven. De schuine zijde van de verticale driehoeksvorm van de dode hoek zal echter steiler worden en daarmee wordt het volume van de dode hoek groter.

2.4.5 Hoogte dode hoek

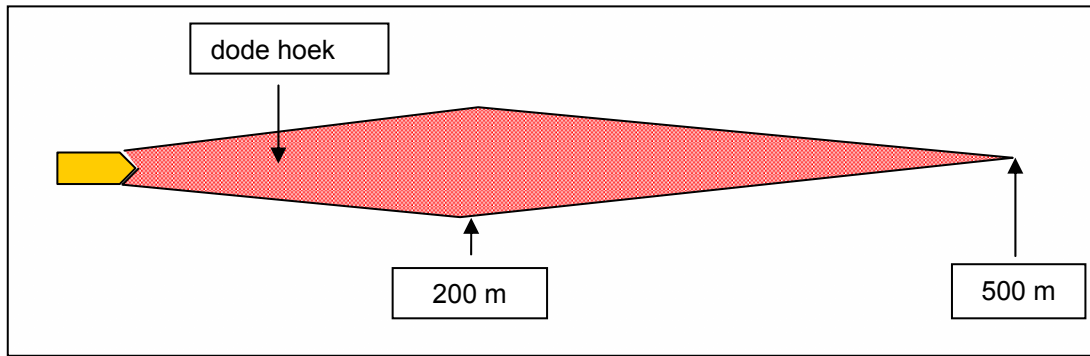


Figuur 8: Grafische weergave van de invloed van de hoogte van de dode hoek bij gelijke lengte van de dode hoek.

Als de ooghoogte van de roerganger van het schip uit figuur 8 wordt verhoogd (door een hefbaar stuurhuis) wordt tot 12 meter boven het wateroppervlak en de bepalende barrière tot 10 meter (een lading containers), zal de lengte van de dode hoek onveranderd 300 meter blijven. Doordat de hellinghoek van de dode hoek echter vergroot is, zal de driehoeksvorm veranderen en de dode hoek ook een groter volume krijgen. Was de hoogte van de dode hoek van het (lege) schip uit figuur 7 op 150 meter van de boeg 2,5 meter, bij het hierboven genoemd (met containers geladen) schip zal de hoogte op 150 meter van de boeg 5 meter zijn.

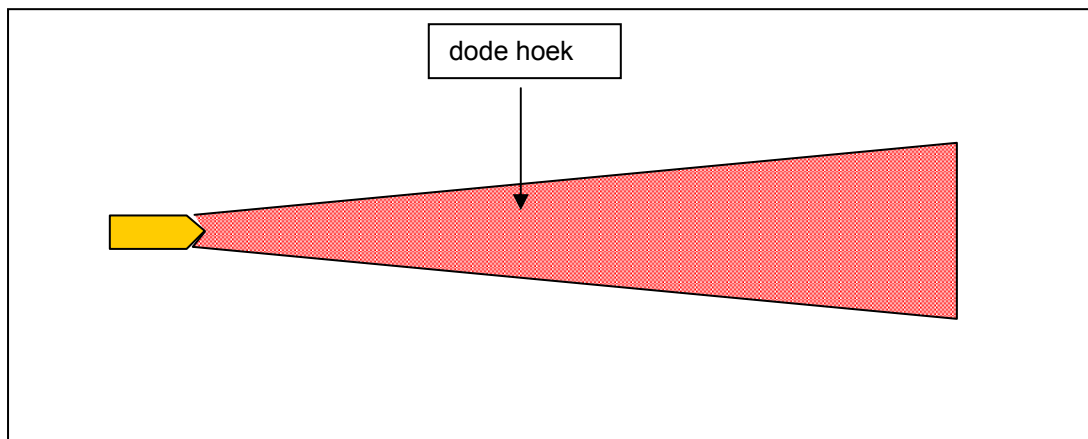
2.4.6 Vorm dode hoek horizontaal

De vorm van het horizontale vlak van de dode hoek is afhankelijk van de vorm van de barrière die de dode hoek veroorzaakt. Bij het ongeval op het Keeten op 10 december 1999, dat de aanleiding vormde voor het onderzoek naar de dode hoek, bleek dat de Friese luikenkap voor een belangrijk deel de veroorzaker was van het slechte uitzicht. Een Friese luikenkap heeft een dakvorm. De 'nok' van deze luikenkap, de zogenaamde kapdeksel, is enkele tientallen centimeters hoger dan de zijanten van deze luikenkap. Hierdoor krijgt het bovenaanzicht van de dode hoek een ruitvorm. De dode hoek die hierdoor werd veroorzaakt, was ongeveer 42 meter breed.



Figuur 9: Grafische weergave van het bovenaanzicht van de dode hoek van een schip veroorzaakt door een Friese luikenkap op het voorschip

Als de vorm van de zichtbeperkende barrière rechthoekig is en van boven vlak, zal de dode hoek een trapeziumvorm hebben.



Figuur 10: Grafische weergave van het bovenaanzicht van de dode hoek van een schip veroorzaakt door een rechthoekige barrière

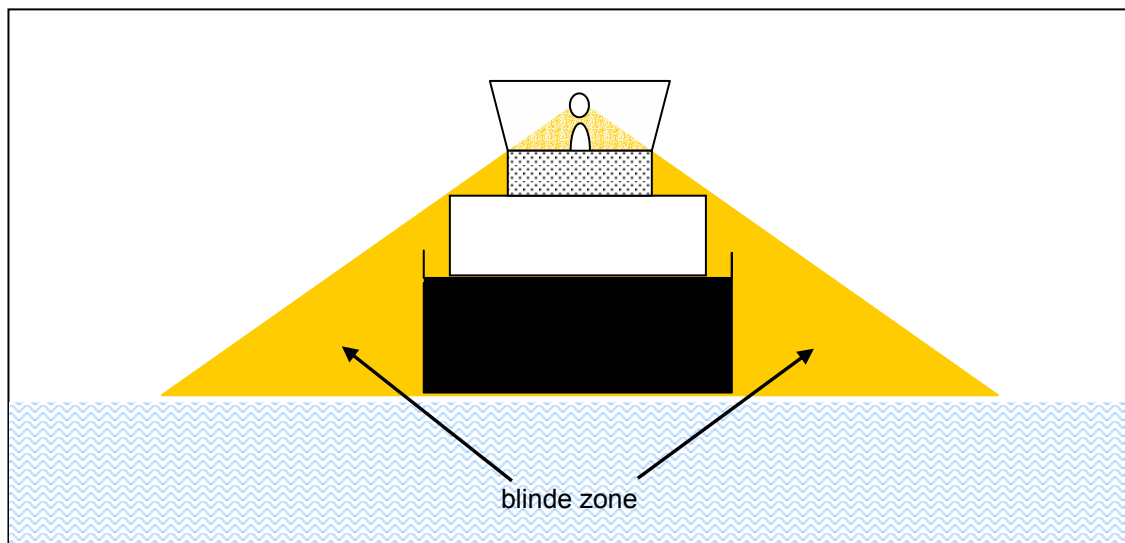
2.4.7 Vrije zicht op zones rondom het schip

Naast de dode hoek voor het schip, heeft de roerganger doorgaans ook geen volledig vrij zicht naar alle zijden. De barrières die zorgen voor de beperkingen van het vrije zicht rondom, zijn verschillend.

De zichtbeperkingen worden veroorzaakt door de positie van de roerganger in combinatie met de hoogte van de onderste raamluizen van het stuurhuis.

Ook zorgen bijvoorbeeld het rondom het roefdak aangebrachte boeisel en de op het schip geplaatste constructiedelen, zoals schoorstenen en op het roefdak geplaatste personenauto's voor zichtbeperkingen.

Direct naast en achter het schip zal er tevens een smalle zone aanwezig zijn die voor de roerganger niet direct visueel waarneembaar is.



Figuur 11: Grafische presentatie van de blinde zone naast een leeg motorschip

Beperkt zicht naast het schip

Ter illustratie van het beperkte zicht aan weerszijden van een schip, zijn aan de hand van een voorbeeld deze dode hoeken berekend voor een leeg binnenschip van 80 meter lengte en 10 meter breed met een vast stuurhuis (of hefbaar stuurhuis in de onderste positie):

Afmetingen stuurhuis (LxB): 4 x 5 meter

Stuurhuisraam hoogte: 1,10 meter

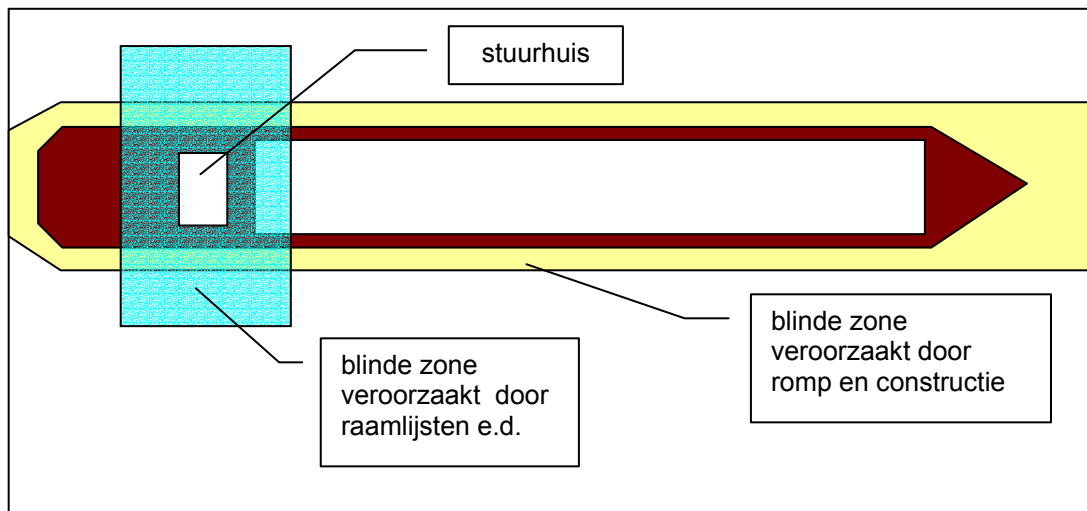
Ooghoogte roerganger: 1 meter boven onderkant raamlijst en
5 meter boven het wateroppervlakte

Positie roerganger: Gefixeerd in het midden van het stuurhuis (eenmans-
bediening⁵).

Met de bovenstaande gegevens kan de breedte van de dode hoek onmiddellijk naast het stuurhuis worden bepaald: naast het stuurhuis zal op wateroppervlaktehoogte een zone van 10 meter (7,5 meter naast het schip) niet zichtbaar zijn voor de roerganger. Voor en achter het stuurhuis zal dit 8 meter zijn.

⁵

Als een schip bij slecht zicht op radar wordt genavigeerd, dient dit door twee personen (een roerganger en een radarnavigator) te geschieden. Als de opstelling van bedienings- en navigatieapparatuur aan de wettelijke voorwaarden voldoet (eisen aan de overzichtelijkheid en het bedieningsgemak), mag deze 'slecht-zicht-navigatie' door één persoon uitgevoerd worden. Omdat alle voor de navigatie noodzakelijke bedieningsinstrumenten slechts vanaf één centrale plaats te bedienen zijn, zal de roerganger feitelijk zijn centrale positie achter het dashboard niet kunnen verlaten.

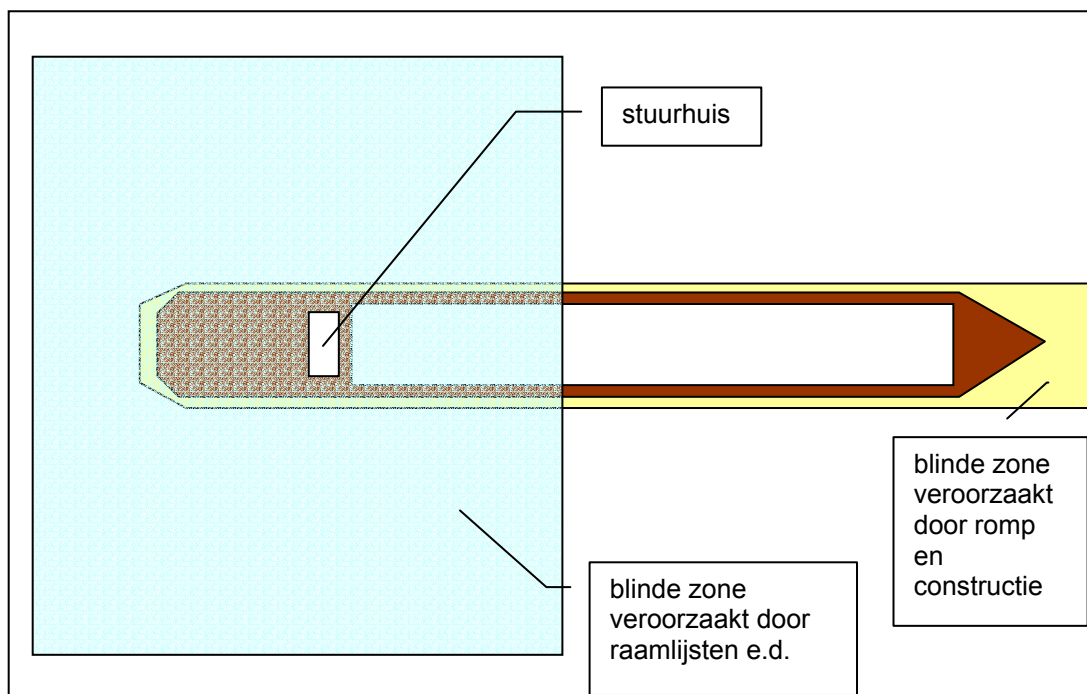


Figuur 12: Bovenaanzicht van de blinde zone van een schip met laag stuurhuis.

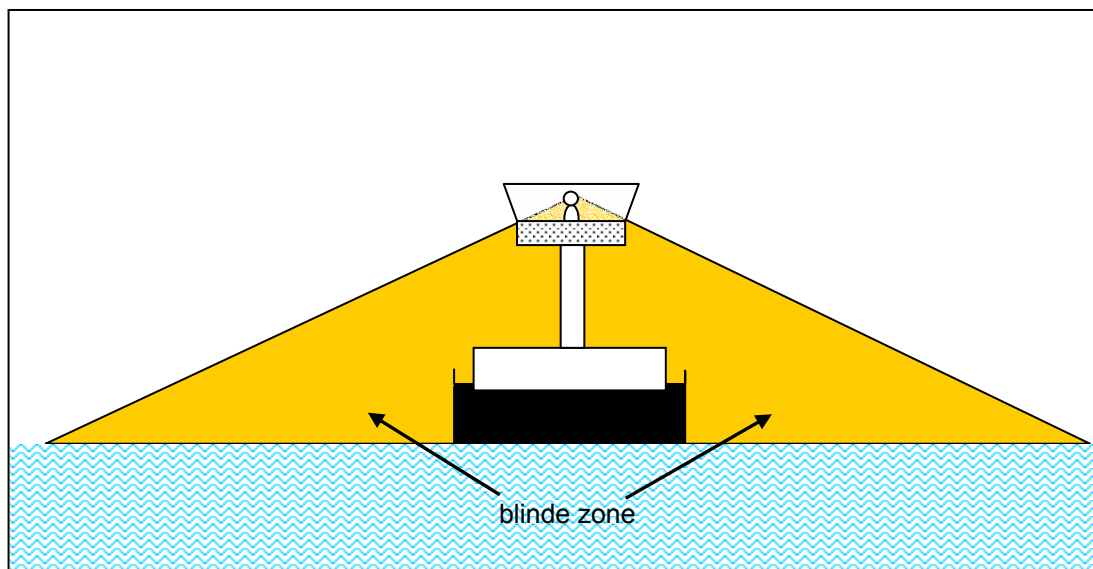
Beperkt zicht naast het schip met geheven stuurhuis

Als het stuurhuis van het schip uit figuur 11 en 12 geheven wordt tot een hoogte van 10 meter (ooghoogte roerganger) zal meetkundig op het wateroppervlak een dode zone van 25 meter breed naast het stuurhuis ontstaan (22,5 meter naast de romp). Voor en achter het stuurhuis zal deze zone op het denkbeeldige wateroppervlak 20 meter vanaf het stuurhuis zijn.

De blinde zone *naast* en *achter* het schip en de dode hoek *voor* het schip zullen door de hogere positie van de roerganger kleiner worden, mits die niet afgedekt door de zone rond het stuurhuis.



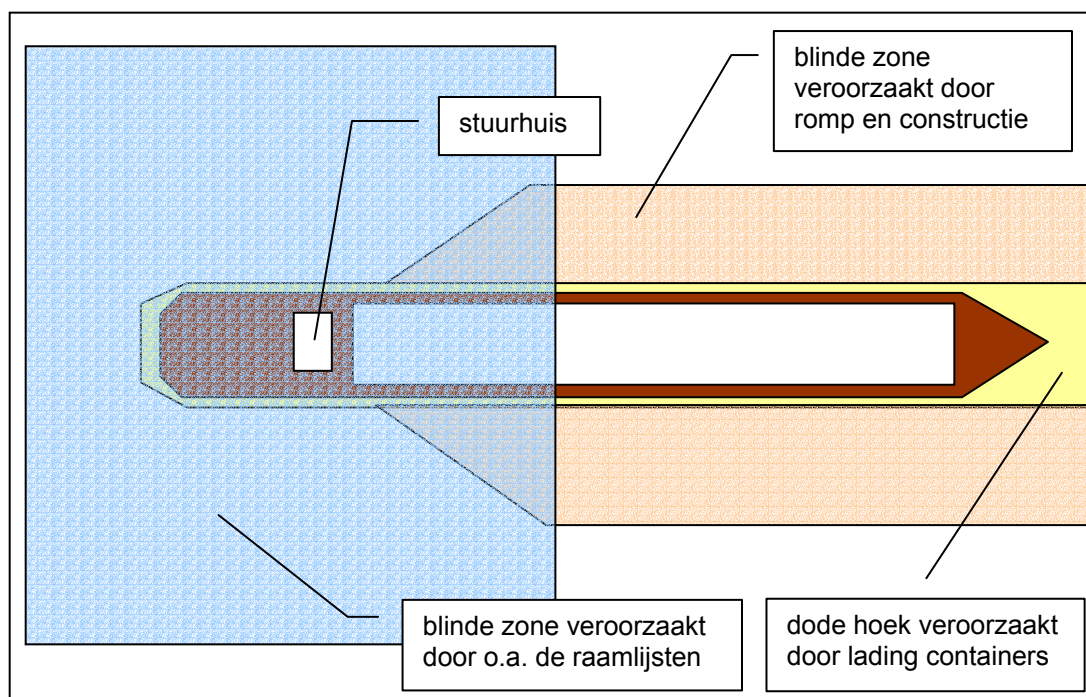
Figuur 13: Bovenaanzicht van de blinde zone rondom een schip met geheven stuurhuis.



Figuur 14: Grafische presentatie van de blinde zone rondom een leeg motorschip met geheven stuurhuis

Beperkt zicht naast het schip met een lading containers

Als de bepalende barrière van het schip met geheven stuurhuis uit figuur 13 en 14 een lading containers is met een gelijkmatige hoogte van 8 meter boven het wateroppervlak zal de dode zone naast het schip waarop de roerganger geen zicht heeft 15 meter breed zijn. Hierbij is uitgegaan van de situatie waarbij de containers 1 meter binnen de bakboord- en stuurboord-zijde van de romp staan.



Figuur 15: Dode hoek en blinde zones en sectoren van een schip geladen met containers en een geheven stuurhuis.



Figuur 16: De linkerfoto toont het zicht vanaf ooghoogte van de roerganger met het stuurhuis op operationele hoogte (zoals het schip kwam aanvaren). De rechter foto toont het zicht vanaf ooghoogte van de roerganger met het stuurhuis in de hoogst mogelijke hefstand. De witte lijnen geven waar de zichtgrenzen liggen als het schip volledig met containers beladen zou zijn.



Figuur 17: Zijdelijks zicht vanuit de positie van de roerganger met een hefbaar stuurhuis in de hoogste stand (de ooghoogte van de roerganger op circa 14 meter boven het wateroppervlak).



Figuur 18 : Zijdelijks zicht vanuit dezelfde positie als in figuur 17. Het hefbaar stuurhuis staat op vrijwel halve hoogte (circa 10 meter boven het wateroppervlak). Het schip ligt in een 190 meter brede haven. Het schip zelf is 11,40 meter breed, zodat naast het schip een circa 178 meter breed wateroppervlak overblijft.



Figuur 19: Zijdelings zicht vanuit de positie van de roerganger op het schip uit figuur 17 en 18. Het stuurhuis staat in de laagste stand (circa 5 meter boven het wateroppervlak). Nu pas wordt de lading en de mast van een ander schip zichtbaar die met het stuurhuis in volledig of deels geheven stand niet zichtbaar waren.

2.5 Positie hefbaar stuurhuis

Tijdens het onderzoek naar de dode hoek voor de boeg van binnenschepen bleek dat op de schepen tijdens de vaart, de hefbare stuurhuizen in bijna alle gevallen niet in de hoogste stand stonden. Vrijwel alle schippers/stuurlieden van de schepen die aan het onderzoek hebben deelgenomen is naar de reden hiervoor gevraagd. Uit de reacties bleek dat zij er geen duidelijke verklaring voor konden geven en dat er bij hen ook geen sprake was geweest van een bewuste afweging van voor- en nadelen.

2.6 Gebruik optische hulpmiddelen

Aan boord van schepen worden vaak optische hulpmiddelen gebruikt. Door de wetgever worden slechts in beperkte mate optische hulpmiddelen toegestaan om te kunnen voldoen aan de wettelijke minimumeisen met betrekking tot het uitzicht van de roerganger. Door eigenaren van binnenschepen worden, om het zicht rondom het schip te verbeteren, vaak op eigen initiatief optische hulpmiddelen aangebracht.

Daarnaast is vrijwel elk binnenschip uitgerust met een radar. Deze wordt door schippers gebruikt als optisch hulpmiddel voor meten van afstanden.

Ook worden soms naast het stuurhuis spiegels aangebracht om zicht te krijgen op de zijkan-ten van het schip, evenals naar het voor- en achterschip. Soms worden spiegels als een soort periscoop op het stuurhuisdak geplaatst.

Ten slotte worden aan boord van de binnenschepen soms een of meer camera's aangetroffen. Er zijn verschillende typen camera's in gebruik. Soms gaat het om camera's die vast zijn opgesteld, maar ook bewegende camera's die op afstand bediend kunnen worden, komen voor. Het objectief is dan meestal voorzien van een zoomfunctie.

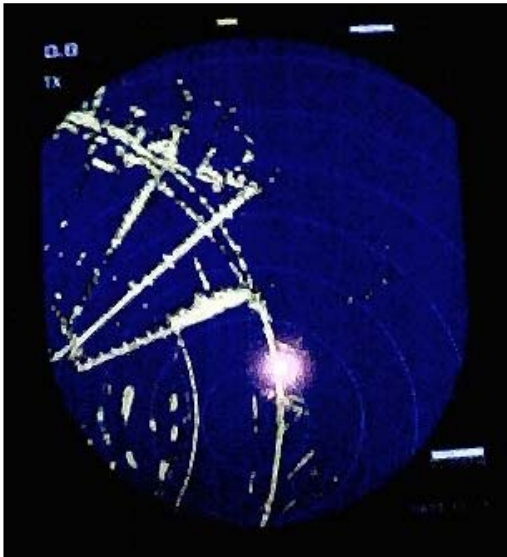
Op conventionele motorschepen treft men vaak camera's aan op het voorschip om een beter zicht te krijgen voor het schip. Vooral op containerschepen worden camera's voor dit doel naast de ladingzone geplaatst. Deze camera's staan dan veelal in de richting van het voorschip gericht, zodat de roerganger het gebied naast de sloopshuid in de richting van het voorschip kan overzien. Bij het aan- en afmeren en tijdens de passage van bruggen en sluisen, zorgen deze camera's voor het beperken van de blinde zone en vergemakkelijken ze de navigatie. Daarnaast treft men ook soms camera's aan op het achterschip. Hiermee kan de roerganger het verminderde zicht over het achterschip compenseren.

2.6.1 Spiegels

Spiegels moeten om de juiste zichthoek te verkrijgen op lange beugels worden geplaatst. Deze spiegels dienen eveneens inklapbaar en verstelbaar te zijn. Bij het afmeren zou de spiegel, als deze vast opgesteld zou zijn, kunnen beschadigen. Met name bij hefbaar stuurhuizen moeten de spiegels om de juiste zichtrichting te houden kunnen worden versteld. Deze verstelmogelijkheid heeft echter tot gevolg dat de spiegels door de trillingen van het schip een onvast beeld kunnen geven. Ook is het zicht dat door spiegels wordt verkregen onderhevig aan weersinvloeden. Vooral door regen en aanvriezing van vocht kan het zicht door middel van spiegels sterk worden verminderd. Op geen van de onderzochte schepen waren voorzieningen getroffen om dit tegen te gaan.

2.6.2 Radar

Op een radarscherm is de positie van het eigen schip gefixeerd op het scherm. De oever, schepen en andere objecten bewegen over het scherm. Door de relatieve beweging kunnen koerswijzigingen en snelheid minder goed worden waargenomen. De positie, afstanden, koers en vaarrichting kunnen op deze wijze echter goed worden afgelezen. In algemene zin is de dimensie van het beeld een nadeel van radar. Een gebied met een doorsnede van vaak meer dan 2 kilometer, wordt geprojecteerd op een scherm van nauwelijks 0,4 m².



Aanvankelijk was het gebruik van radar alleen tijdens slecht zicht als navigatiemiddel toegestaan. Tijdens goede zichtomstandigheden werd het volledig op radar navigeren door de wetgever ongeschikt geacht, omdat het varen op radar een speciale discipline vereist, waarbij communicatie en vaarstijl afwijkend zijn van een vaart onder goede zichtomstandigheden. De overige scheepvaart zal zich bij goed zicht hieraan niet aanpassen. Sinds april 2002 mag in het RPR-gebied radar gebruikt worden om het verminderde zicht *tijdens passages van bruggen* te compenseren.

Figuur 20: Een weergave van het radarbeeld van een situatie met een tweetal bruggen op de Rijn. Het beeld suggereert de aanwezigheid van een drietal bruggen (de lange rechte lijnen). De bovenste lijn is echter geen brug, maar een valse echo. Bij de onderste brug is er sprake van een verminkt echobeeld.

In het bijzonder door de bouwwijze van sommige bruggen blijven de radarpulsen vaak in de constructie enige tijd kaatsen, waardoor een vertekend beeld op het radarscherm wordt weergegeven. Achter de brug worden echo's weergegeven van objecten die er in werkelijkheid niet zijn. Men spreekt dan van een valse echo (zie figuur 20).

2.6.3 Camera's

Tijdens het onderzoek naar de zichtbeperkingen die worden veroorzaakt door de constructie en belading van binnenschepen, bleek dat veel schippers van deze binnenschepen al camera's gebruikten ter compensatie.

Onderzoek TNO

Door TNO, afdeling menskunde, is in opdracht van de Raad voor de Transportveiligheid een onderzoek ingesteld naar de mogelijkheden en beperkingen van videocamerasystemen. Het rapport waarin dit onderzoek staat beschreven, is als bijlage 1 bij dit rapport gevoegd.

Het onderzoek bestond naast een literatuuronderzoek uit een onderzoek aan boord van dertien binnenschepen. Verder werd gebruik gemaakt van kennis die was verkregen uit eerdere door TNO verrichte onderzoeken naar het gebruik van camera's in andere sectoren dan de binnenvaart.

Uit het onderzoek blijkt het volgende:

In de binnenvaart worden verschillende soorten en type camera's gebruikt:

- Camera's met uiteenlopende beeldhoeken,
- Vast gemonteerde of beweegbare (horizontaal en verticaal) camera's,
- Monochroom en Video Graphics Aray (VGA). Het gebruik van kleurensystemen (VGA) gaat ten koste van de beeldkwaliteit. Bij gebruik van monochrome systemen kunnen de voor de navigatie noodzakelijke kleuren echter niet herkend worden,
- Verlichting (meestal halogeen, maar soms ook infrarood)
- Lenzen met verschillende beeldhoeken. Afhankelijk van de beeldhoek geeft het beeld:
 - o Geometrische vervorming (kromming in het beeld dat niet overeenkomt met de werkelijkheid) of
 - o Perspectivische vertekening.
- Verschillen in lichtgevoeligheid van de gebruikte lenzen.

Ook het gebruik van verschillende soorten monitoren en de plaatsing ervan heeft invloed op de zichtkwaliteit. Deze kwaliteit wordt beïnvloed door:

- diameter van de monitor
- de afstand tot de monitor
- de resolutie van de monitor (uitgedrukt in beeldlijnen: TVL = Tv-lijnen)

Positie camera's

Als camera's worden gebruikt aan boord van binnenschepen om een beter zicht te verkrijgen op de omgeving voor en rond het schip, wordt meestal een camera op het voorschip geplaatst. Vooral op schepen die containerladingen vervoeren worden camera's op het achterschip geplaatst, die zicht hebben naar voren en op de ruimte aan bakboord en stuurboord van het schip. Soms worden camera's geplaatst op het achterschip. Dit gebeurt met name op de schepen waarbij het stuurhuis op het voorschip staat.

Bedieningsmogelijkheden camera's

De camera's die zicht bieden op de bakboord- en stuurboordzijde van het schip zijn doorgaans vast gemonteerd. De camera op het voorschip wordt op andere dan containerschepen soms ook vast gemonteerd. Doorgaans kunnen de camera's op het voorschip echter vanuit het stuurhuis in hoogte en zijwaartse richting worden versteld en kan de beeldhoek veelal traploos worden versteld (een zogenaamd zoomobjectief).

Hierdoor kan de camera voor verschillende doeleinden gebruikt worden. Zo kan bijvoorbeeld de voortgang en ook de veiligheid van werkzaamheden van het dekpersoneel tijdens het aan- en afmeren geobserveerd worden. Ook kan de nauwkeurige positie van het schip ten opzichte van de oever worden bepaald door de camera zijwaarts te draaien.

Door het vergroten of verkleinen van de beeldhoek (het in- of uitzoomen) ontstaat echter wel vervorming van het beeld. Naarmate de beeldhoek groter wordt, zal de geometrische vervorming toenemen. Door deze vervorming worden objecten niet conform de werkelijkheid weergegeven. Uit het onderzoek blijkt dat deze vervorming aanzienlijk kan zijn.

Het verkregen beeld van een camera op een monitor is tweedimensionaal. Hierdoor wordt het inschatten van afstanden en afmetingen bemoeilijkt.

Lichtinvloed

Licht is een belangrijke factor bij het gebruik van videocamerasystemen. Directe instraling van licht op zowel de camera als de monitor maakt het moeilijker het beeld te beoordelen.

Een overmaat aan lichtinstraling, bijvoorbeeld door direct zonlicht op de camera, veroorzaakt overstraling. Een overmaat aan lichtinstraling op de monitor doet het beeld verbleken. Bij duisternis moeten de met het videocamerasysteem zichtbaar te maken objecten, afhankelijk van de lichtgevoeligheid van de camera, meer of minder worden aangestraald door geschikte verlichting.

2.7 Onderzoeksresultaten dode hoek meting

2.7.1 Algemene informatie

Afronding waarden

De bij de metingen verkregen waarden zijn in meters afgerond en voor de horizontale waarden op een decimaal.

Informatie aan scheepseigenaren

De eigenaren van de bij het onderzoek betrokken schepen op het Amsterdam-Rijnkanaal en die op het Hollandsch Diep, zijn alle schriftelijk op de hoogte gesteld van de bij hun schip gevonden dode hoek waarden.

Stromingseffecten op het vaargedrag van schepen

In het eerder genoemde rapport 'Scheepvaartongeval met dodelijke afloop op het Keeten op 10 december 1999' is ten aanzien van de verandering van de langsscheepse trim bij het stilliggende en varende lege schip vastgesteld, dat het voorschip van het lege motorschip op kruissnelheid gemiddeld 2 centimeter omhoog kwam. Het achterschip daalde echter gemiddeld met 12 centimeter. Deze verandering in de langsscheepse trim zorgde ervoor dat de dode hoek voor het schip in het blikveld van de roerganger aanzienlijk in lengte toenam.

Stromingsleer

De ligging van een varend schip in het water wordt in hoofdzaak bepaald door het Bernoulli-effect. Bij een stromende of sneller stromende vloeistof (of gas) treedt zijdelings drukvermindering op. Afhankelijk van de stroomsnelheid zakt hierdoor het vloeistofoppervlak en daarmee een voorwerp in die vloeistof.

Bij een varend schip ontstaat langs het schip een negatieve stroming. De sterkte van deze negatieve stroming is afhankelijk van de waterverplaatsing van het schip.

Ook heeft de dwarsdoorsnede van het vaarwater invloed op de stroomsterkte van de negatieve stroming. Bij een ruim vaarwater zal het vaarwater nagenoeg geen invloed hebben op de negatieve stroming. Een smal en ondiep vaarwater zal de sterkte van de negatieve stroming doen toenemen.

De gevolgen

Door de negatieve stroming zal het wateroppervlak rond een varend schip, afhankelijk van de diepte en breedte van het vaarwater en de breedte en de diepgang van het schip, dalen ten opzichte van het niveau van het wateroppervlak rondom een stilliggend schip. Door het verschil in diepgang tussen het voor- en het achterschip zal het wateroppervlak ter hoogte van het achterschip sterker dalen.

Uit het onderzoek bleek dat bij een snelheid van ongeveer 15 kilometer per uur het voorschip ongeveer 2 cm minder diep en het achterschip gemiddeld 12 cm dieper kwam te liggen. Gemiddeld lag het schip varend 10 cm dieper dan stilliggend.

De oorzaak van een grotere dode hoek bij een varend schip

Doordat het voorschip en daarmee de contouren van het schip die de dode hoek voor het schip in het blikveld van de roerganger bepalen, omhoog gaat en het achterschip en daarmee de plaats van de roerganger zakt, wordt de dode hoek groter.

Onderzoeksresultaten

De meetresultaten van de onderzoeken naar de dode hoek van binnenschepen zijn per onderzoeksmethode gegroepeerd in een tabel die als bijlage 2 bij dit rapport is gevoegd.

2.7.2 Meting met Total-stations

Het onderzoek naar de dode hoek van het schip uit het rapport 'Scheepvaartongeval met dodelijke afloop op het Keeten' leverde de onderstaande resultaten op:

Het schip had stilliggend een dode hoek van 324,1 meter. Varend op operationele snelheid liep de dode hoek op tot 492,4 meter. Dit is een toename van zo'n 52%.

Het betreffende schip was een leeg droge ladingschip met een lengte van 39 meter.

2.7.3 DGPS-meting

Algemeen

Gedurende een viertal dagen zijn 69 schepen onderzocht. Daaronder bevonden zich zes geladen schepen, drie met containers en drie met conventionele lading. Elf gemeten schepen waren duwstellen, motorschepen met een bak ervoor gekoppeld of duwboden met een of meerder duwbakken. Van vijf schepen bleken de meetgegevens onbetrouwbaar, omdat de positie niet voldeed aan de criteria (bijvoorbeeld in de voorhaven van de sluis, waar de diepte te gering was) of de digitale registratie van meetgegevens niet correct had plaatsgevonden.

Lege motorschepen

Er zijn in totaal 47 lege motorschepen gemeten. De lengte van deze schepen lag tussen 38 en 110 meter. De metingen zijn zowel varend als stilliggend verricht.

Hefbaar stuurhuis

Vooraf de relatief lange schepen van recent bouwjaar bleken voorzien te zijn van een hefbaar stuurhuis. Opvallend was dat het hefbaar stuurhuis zelden in de hoogste stand stond. Bij deze lege motorschepen werd, voor zover dit mogelijk was⁶, de dode hoek vastgesteld met het stuurhuis in de stand die de schipper zelf had verkozen en vervolgens met het stuurhuis in de hoogste stand.

Aantal schepen	Dode hoek
1	<100 meter
2	≥100 - <150 meter
4	≥150 - <200 meter
1	≥200 - <250 meter
0	≥250 - <300 meter
0	≥300 - <350 meter
3	≥350 meter

Tabel 2: Overzicht van de dode hoek waarden van de lege motorschepen tijdens de vaart met het hefbaar stuurhuis in de hoogste stand.

⁶ Het onderzoek is uitgevoerd in de omgeving van sluisen. Er werd zowel van als naar de sluis gemeten. Soms was er echter onvoldoende tijd voor een derde meting, omdat het schip vaart moest minderen om de sluis in te varen. Deze metingen zijn niet in de tabel opgenomen.

Van de elf gemeten lege motorschepen met hefbaar stuurhuis, gebouwd na 1991, is het resultaat in tabel 2 weergegeven. In deze rapportage zijn steeds resultaten weergegeven van de metingen met maximaal geheven stuurhuis.

Stilliggend

De gemiddelde dode hoek bij stilliggende lege motorschepen bedroeg 205,396 meter. De grootste geconstateerde dode hoek was 1155,9 meter, de kleinste 75,2 meter. Bij 14 schepen was de dode hoek groter dan de wettelijke grens van 250 meter.

Varend

Bij dezelfde schepen werd de dode hoek op kruissnelheid varend nogmaals gemeten. Varend voldeed 38,5% van de schepen niet aan de wettelijk gestelde norm van 250 meter. De kleinst gemeten dode hoek bleek 78,2 meter, de grootste bedroeg ruim 1,5 kilometer (1518,1 meter).

Aantal schepen	Dode hoek in meters
3	<100 meter
5	≥100 - <150 meter
11	≥150 - <200 meter
10	≥200 - <250 meter
4	≥250 - <300 meter
1	≥300 - <350 meter
3	≥350 - <400 meter
6	≥400 - <500 meter
4	≥500 meter

Tabel 3: Overzicht dode hoek waarden van de lege motorschepen tijdens de vaart

Verschil varend / stilliggend

De gemiddelde dode hoek nam varend toe met 8,3% tot 222,3 meter. Uit het onderzoek bleek dat de toename bij relatief korte schepen groter was dan bij relatief lange schepen. Door het effect van stroming rond het schip tijdens de vaart zakken voor- en achterschip van kortere en langere schepen naar verhouding in gelijke mate. Door het verschil in lengte en daardoor het ontstane verschil in de afstand roerganger tot de voor de dode hoek bepalende barrière, neemt de dode hoek bij kleine schepen sneller toe dan bij lange schepen.

Geladen motorschepen

Bij de drie geladen motorschepen bleek de dode hoek gemiddeld 99 meter lang. De kortst gemeten dode hoek was 50 meter, de langste 195 meter.

Er werden drie met containers geladen schepen gemeten. Slechts een van die schepen had de containers op de maximaal toegestane hoogte gestapeld (voor dit schip drie hoog en drie breed). Dit schip had een dode hoek van 309 meter. Bij de andere twee schepen was de maximale capaciteit niet benut. Deze schepen (geladen met drie hoog en vier breed en twee hoog en drie breed) hadden een dode hoek van respectievelijk 165 meter en 192 meter.

Duwvaart

In de categorie duwvaart zijn elf eenheden in het onderzoek betrokken. Deze duwstellen hadden de volgende samenstelling:

- een duwboot met 4 geladen bakken,
- vier duwboten met ieder twee naast elkaar gekoppelde lege duwbakken,
- een duwboot met 1 lege duwbak,
- een duwboot met twee voor elkaar gekoppelde geladen duwbakken,
- vier motorschepen met ieder een duwbak voor het schip gekoppeld (1 geladen en 3 zonder lading).

De kortste gemeten dode hoek was 70 meter (vierbakduwstel, geladen); de grootste dode hoek bedroeg 1273 meter (duwboot met twee lege bakken). De gemiddelde lengte van de dode hoek was 231 meter.

Indien er een wettelijke eis voor de dode hoek bij duwvaart van maximaal 250 meter zou hebben bestaan (conform de eis bij de overige scheepstypen), zouden zes van de gemeten duwstellen niet aan deze eis voldaan hebben. Als de grens bij 350 meter zou hebben gelegen, zouden vijf van de elf eenheden hier niet aan hebben voldaan.

Toename inzinking bij vaart lopende schepen

De metingen vonden stilliggend en varend op kruissnelheid plaats. Bij de lege schepen (alle categorieën) bleek dat de gemiddelde inzinking van het schip varend gemiddeld 3,5 cm toenam. Bij de lege motorschepen nam de diepgang van het achterschip 7 cm toe, waarbij de diepgang van het voorschip gelijk bleef. Hierdoor is de dode hoek voor een leeg motorschip varend groter dan stilliggend.

Bij de lege duwvaart bleek de dode hoek voor de lege duwbakken varend kleiner te worden. Door de massa van de overhangende beitelstev⁷ heeft de voorzijde van een duwbak een grotere diepgang. Hierdoor komt het voorschip tijdens de vaart nog dieper te liggen. De gemiddelde dode hoek nam af van stilliggend 231 meter naar varend 193 meter.

De geladen schepen kwamen varend gemiddeld 17 cm dieper te liggen. Dit was een toename van ongeveer 7% ten opzichte van de stilliggende diepgang.

Ruim/smalle vaarwater

Bij de schepen op het ruime vaarwater (Hollandsch Diep, breedte vaargeul >800m, diepte >10 meter) bleek de inzinking varend ten opzichte van stilliggend gemiddeld 2 cm toe te nemen.

Op het relatief smallere en ondiepere Amsterdam-Rijnkanaal (breedte ter plaatse 120 meter, diepte ongeveer 5 meter) bleek de toename gemiddeld 6 cm te zijn.

Schatting / kennis dode hoek eigen schip

Aan alle schippers is gevraagd om de lengte van de dode hoek van het door hen bestuurde schip te schatten. De schattingen hiervan liepen uiteen van 5 meter tot 400 meter. De belangrijkste resultaten zijn:

- Laagste schatting: 5 m (geladen schip). De werkelijke lengte bedroeg 83,6 m.
- Hoogste schatting: 400 m (leeg beunschip). De werkelijke lengte bedroeg 1,5 kilometer.
- Eén schipper schatte de afstand nagenoeg juist in; 150 m. De werkelijke lengte bedroeg 151,9 m.
- Acht schippers overschatten de lengte van de dode hoek (tot maximaal tweemaal de werkelijke lengte),
- Zeven schippers gaven aan geen enkel idee van de lengte van de dode hoek van hun schip te hebben.
- De overige 53 schippers (77%) onderschatten de dode hoek van hun schip tot maximaal een factor 20. Dit houdt in dat de dode hoek in werkelijkheid (veel) groter was dan hetgeen men meende te hebben.

2.7.4 Meting door middel van fotometrie

Algemeen

Op basis van de statistische informatie over verkeersintensiteiten is besloten op drie dagen langs de hoofdtransportas Rotterdam/Antwerpen – Duitsland metingen te verrichten. Van alle

⁷ Schepen hebben doorgaans een scherp of rond voorschip. Bij duwbakken daarentegen is het voorschip horizontaal afgeschuind, zoals bij een beitel. Dit wordt een beitelstev⁷ genoemd.

met containers geladen schepen die gedurende circa 25 uur passeerden is de dode hoek vastgesteld.

Ook werd van enkele andere typen schepen de dode hoek vastgesteld.

Containerschepen

Hefbaar stuurhuis

Op een enkel schip na, waren alle met containers geladen schepen voorzien van een hefbaar stuurhuis. Van nagenoeg alle schepen kon worden vastgesteld dat deze hefbaarhuizen niet in de hoogste stand stonden. De dode hoek bepalingen met behulp van fotometrie werden vanaf de oever verricht. De schippers is, mede als gevolg van het feit dat een scheepsbezoek voor de metingen niet noodzakelijk was, niet gevraagd naar de reden waarom het stuurhuis niet in een hogere positie gevoerd werd.

Meetresultaten

Er zijn in totaal 19 containerschepen gemeten. Twee van deze motorschepen duwden een eveneens met containers geladen duwbak. Bij beide duwstellen was de lading containers in de duwbak de voor de dode hoek bepalende barrière. In een van de duwbakken stonden twee lagen containers. Hier bleek de dode hoek 350 meter te zijn. In de andere duwbak stonden de containers drie hoog gestapeld. Hier bleek de dode hoek 900 meter.

Van de overige 17 containerschepen hadden er vier niet het maximaal toegestane aantal lagen containers. Bij deze schepen bleek de dode hoek respectievelijk 140, 145, 250 en 250 meter.

Bij de overige schepen, waarbij wel het maximale aantal lagen containers geladen was, bleek de kleinste dode hoek 203 meter en de langste dode hoek 1000 meter te zijn. Tien van de zeventien schepen (59%) voldeden niet aan de wettelijke norm van 350 meter.

Opvallend was dat regelmatig zogenaamde High Cube Containers⁸ werden aangetroffen. De plaatsing van deze containers aan boord was willekeurig. Aan boord van één schip stonden op positie 3/4 (de tweede container vanaf het voorschip gerekend) vier containers gestapeld, waarvan twee High Cube Containers. Door de High Cube Containers was deze stapel 60 cm hoger en daardoor tevens de bepalende barrière voor de dode hoek. Omdat bij dit schip het stuurhuis wel nagenoeg in de hoogste stand stond bleef de lengte van de dode hoek binnen de wettelijke grenzen (290 meter).

Verder werden door middel van digitale fotometrie van nog twee duwstellen en een motorschip de dode hoek vastgesteld:

- Duwstel met vier lege bakken (lengte dode hoek: 110 m),
- Leeg duwstel bestaande uit een motorschip en een duwbak (240 m),
- Leeg motorschip (135 m).

⁸ Een High Cube Container is een overmaatcontainer die 30 cm hoger is dan gangbare containers van 2,90 meter hoog. Wereldwijd zijn 0,2% van de containers High Cube Containers (bron ECT).

3 CONCLUSIES

3.1 Wetten/regels

3.1.1 Nationale en internationale wet- en regelgeving

Met betrekking tot het vrije zicht en de dode hoek zijn de Nederlandse en de Rijnvaartwetgeving gelijk.

Vrij zicht

De bepalingen over het vrije uitzicht van de roerganger op binnenschepen gaan uitsluitend over het zicht vanuit het stuurhuis. Er zijn alleen bepalingen over de minimale sector in graden die over de horizon zichtbaar moet zijn. De eisen voor het vrije zicht in de voorste halve cirkel zijn scherper dan die voor het zicht naar achteren. Er mogen geen zichtbeperkingen zijn die worden veroorzaakt door bijvoorbeeld raamstijlen in het zichtveld over de lengteas van het schip in de richting van het voorschip.

Alleen voor het zicht naar achteren mogen optische hulpmiddelen worden gebruikt. Voor de beperkingen van het zicht op de ruimte rond binnenschepen zijn alleen regels geformuleerd voor de ruimte *voor* die schepen. Voor de zones *naast* en *achter* het schip bestaan geen regels.

Dode hoek

Wettelijk is alleen het zicht op de ruimte vóór het schip geregeld. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de dode hoek veroorzaakt door constructie en door lading of langsscheepse trim.

De dode hoek veroorzaakt door de constructie mag 250 meter bedragen.

De dode hoek die wordt veroorzaakt door de lading of doordat het achterschip dieper ligt dan het voorschip, mag 350 meter zijn.

Uit het onderzoek bleek dat schepen van recent bouwjaar doorgaans (goed) aan de wettelijke normen konden voldoen. Bij schepen van een bouwjaar na 1991 bleek de dode hoek kleiner te zijn dan 200 meter (bij 64% van de gemeten schepen). Voorwaarde daarbij was echter wel dat de doorgaans aanwezige hefbare stuurhuizen daarvoor in de hoogste stand dienden te staan. Ook de containerschepen bleken aan de wettelijke eis te kunnen voldoen, mits de stuurhuizen maximaal geheven waren. Bij de vijf gemeten schepen die tijdens de meting het stuurhuis maximaal geheven hadden en bovendien een maximaal hoge lading containers aan boord hadden, bleek de dode hoek kleiner dan 250 meter.

Duwvaart

De dode hoek voor de boeg is alleen geregeld voor alleen varende schepen of als deze veroorzaakt wordt door lading of de trim van het schip. Hierdoor zijn er geen regels gesteld aan de door lading of trim veroorzaakte dode hoek die ontstaat voor de boeg van duwbakken die deel uitmaken van duwstellen.

Doorvaren van bruggen of sluizen

Als het stuurhuis bij de passage van bruggen en andere kunstwerken moet zakken en het zicht door bijvoorbeeld de lading of de constructie verminderd wordt, mag gebruik worden gemaakt van spiegels of radar. Een uitkijk wordt door de wetgever als derde oplossing aangedragen.

De keuze van radar is ongelukkig, omdat radarbeelden juist bij de passage van bruggen vaak een minder goede weergave bieden. Door de bouwwijze van bruggen kunnen erachter zogenaamde valse echo's ontstaan, waardoor voorwerpen die zich in een dergelijke zone bevinden niet op het radarscherm zichtbaar zijn.

Overgangsbepalingen

Met betrekking tot het vrije zicht en de dode hoek voor de boeg van binnenschepen zijn alleen overgangsbepalingen gesteld voor raamstijlen die in het midden van de voorruit van een stuurhuis kunnen zijn aangebracht. Deze hoeven alleen te worden verwijderd als een onderdeel moet worden vervangen als gevolg van schade of onderhoud.

3.2 Conclusie RvTV ongevallen databestand

In de periode 1 juli 1999 tot en met 1 mei 2002 is door de RvTV bij ongeveer een op de 37 ongevallen het verminderde zicht van de roerganger op de zones rondom het schip als (hoofd)oorzaak van het ongeval vastgesteld.

3.3 Conclusie dode hoek

3.3.1 Plaats stuurhuis/roerganger

Door de veelal traditionele bouwwijze van binnenschepen staat het stuurhuis op het achter-schip. Veel schepen zijn ingericht op eenmansbediening tijdens radarvaart. Hierdoor is de plaats van de roerganger centraal in het stuurhuis gefixeerd. Van daaruit kan hij de voorge-schreven instrumenten overzien en bedienen.

3.3.2 Vrij uitzicht

Een stuurhuis is doorgaans rondom voorzien van ruiten. Het zicht van de roerganger wordt slechts belemmerd door de aanwezige raamstijlen en de begrenzingen van de ramen. Verder kan het zicht worden beperkt door op het schip geplaatste constructiedelen zoals ventilatiekokers, schoorstenen, verlichtingsarmaturen en dergelijke. Toepassing van de huidige regelgeving biedt voldoende waarborgen voor het creëren van het noodzakelijke vrije zicht.

3.3.3 Lengte dode hoek

Berekening lengte dode hoek

De dode hoek kan proefondervindelijk worden vastgesteld met behulp van vrij zicht en ge-bruik makend van de eventueel aan boord aanwezige radarapparatuur. Op andere wijze is de dode hoek slechts vast te stellen met behulp van geavanceerde apparatuur.

Vorm dode hoek verticaal

De dode hoek heeft een driehoeksvorm. De staande zijde bevindt zich direct voor het schip. Hierdoor is de dode hoek direct voor het schip hoger. Dichtbij bij het schip zal het zicht op voorwerpen op het water eerder worden beperkt dan het zicht op voorwerpen die verder weg zijn.

Hoogte dode hoek

In de wet- en regelgeving is alleen de maximale lengte van de dode hoek bepaald. De af-stand waarover geen zicht is op het wateroppervlak, is een belangrijk aspect, maar dat geldt eveneens voor de hoogte van de deze dode hoek. De maximum *hoogte* van de dode hoek is echter niet wettelijk bepaald. Als de hoogte van de dode hoek toeneemt bij een verder gelijk-blijvende lengte, zullen voorwerpen of vaartuigen langer verborgen blijven.

Vorm dode hoek horizontaal

De horizontale vorm van de dode hoek (het bovenaanzicht) is afhankelijk van de breedte en de vorm van de barrière en de oogbasis van de roerganger. Meestal zal de breedte van de dode hoek groter zijn dan de oogbasis van de roerganger. De dode hoek zal dan verder van het schip steeds breder worden. Bij een barrièrebreedte van 10 meter en een afstand roerganger - barrière van 50 meter zal de dode hoek bij een lengte

van 350 meter op het wateroppervlak 80 meter breed zijn. Als de dode hoek wordt gevormd door een smal of driehoekig voorwerp, zoals een Friese luikenkap, zal de dode hoek op het wateroppervlak eindigen in een puntvorm.

Vooraf op grotere afstand van het schip heeft de horizontale vorm van de dode hoek een grote invloed.

3.3.4 Vrije zicht rondom

Met als parameters de hoogte van het stuurhuis, vensters, lading, constructiedelen van het schip en afstanden tot de bepalende barrières, wordt het zicht niet alleen beperkt vóór het schip (in dit rapport omschreven als 'de dode hoek') maar zijn er rondom het schip zones waar de roerganger geen zicht op heeft. Deze zones kunnen, afhankelijk van de hoogte van de barrières, enkele tientallen centimeters tot tientallen meters zijn.

Voor het zicht op deze ruimten zijn geen wettelijke normen geformuleerd.

Op vrijwillige basis worden soms optische hulpmiddelen zoals spiegels en camera's gebruikt.

Beperkt zicht naast het schip met geheven stuurhuis

De zones rond het schip waarop de roerganger geen zicht heeft zullen bij een schip, dat uitgerust is met een hefbaar stuurhuis, toenemen als het stuurhuis in een hogere stand wordt gezet.

3.4 Positie hefbaar stuurhuis

Tijdens het onderzoek naar de dode hoek voor de boeg van binnenschepen bleek dat de schippers doorgaans hun hefbaar stuurhuis niet in de hoogste stand hadden gesteld. Hoewel geen van de schippers een verklaring kon geven voor het relatief laag voeren van het hefbaar stuurhuis, zou dit het resultaat kunnen zijn van een onbewuste afweging tussen het verkrijgen van voldoende zicht voor en naast het schip.

Als het stuurhuis geheven wordt, neemt namelijk de dode hoek voor het schip af, maar wordt de zone naast en achter het schip waarop de roerganger geen zicht heeft, juist groter.

3.5 Gebruik optische hulpmiddelen

Om aan de wettelijke norm te voldoen, mogen in principe geen optische hulpmiddelen ingezet worden. Uitsluitend ter verkrijging van vrije zicht naar achteren is dit toegestaan. Wel mag het verminderde zicht als het stuurhuis tijdens de passage van bijvoorbeeld bruggen moet zakken, gecompenseerd worden door spiegels en/of radar.

3.5.1 Videocamerasystemen

Behalve voor compensatie voor het verminderde zicht achteruit, worden videocamerasystemen in de internationale en nationale wetgeving niet als hulpmiddel toegestaan. Als gevolg hiervan zijn er dan ook geen regels of normen gesteld aan de apparatuur of het gebruik ervan.

Een videocamerasysteem is door zijn beperkingen niet geschikt als navigatiemiddel tijdens de vaart. Door de perspectivische vertekening kunnen afstanden en snelheden niet goed worden geschat. Wel zijn videocamerasystemen geschikt om te worden ingezet als hulpmiddel bij het manoeuvreren, zoals in geval bij het aan- en afmeren en bij passage van sluisen en bruggen. Omdat het hierbij om relatief lage snelheden en geringe afstanden gaat speelt de perspectivische vertekening geen grote rol.

Videocamerasystemen zijn goed bruikbaar om zicht te houden op de dode hoek, blinde zones en blinde sectoren. Voorwerpen of schepen die zich in deze onoverzichtelijke ruimtes bevinden, kunnen door de roerganger met behulp van camera's worden gedetecteerd.

Doordat er geen regelgeving bestaat met betrekking op het gebruik van videocamerasystemen worden aan boord van schepen uiteenlopende uitvoeringen en typen camera's en monitoren aangetroffen.

Instraling van dag- en zonlicht op de cameralens of op de monitor kan een negatieve invloed hebben op de zichtbaarheid.

3.6 *Onderzoeksresultaten dode hoek meting*

3.6.1 *Geladen motorschepen*

Hoewel motorschepen met conventionele lading niet behoorden tot de doelgroep voor het onderzoek 'dode hoek aan boord van binnenschepen' werden toch drie geladen motorschepen ingemeten. Dit aantal is zeker niet voldoende om een verantwoorde afspiegeling van deze categorie schepen te verkrijgen. Ofschoon één van de schepen een dode hoek had van 195 meter, was de ruimte die de roerganger voor deze schepen niet kon overzien geen groot veiligheidsprobleem. De voor de dode hoek bepalende barrière bij geladen schepen blijft relatief laag, waardoor ook de *hoogte* van de dode hoek navenant laag blijft.

3.6.2 *Lege motorschepen*

Bij 47 lege motorschepen is de dode hoek bepaald. Uit de resultaten blijkt dat vooral de relatief oudere schepen niet voldeden aan de wettelijke eisen. Bij enkele schepen bedroeg de dode hoek een veelvoud van de wettelijke toegestane norm van 250 meter.

Bij schepen van een recenter bouwjaar bleek de dode hoek voor het schip, veelal door het gebruik van een hefbaar stuurhuis, aanzienlijk korter.

3.6.3 *Duwvaart*

De elf duweenheden die in het onderzoek zijn betrokken zijn geen afspiegeling van de in de binnenvaart opererende duwboten en duwbakken.

Er bestaan veel verschillende typen duwbakken en duwboten. De duwbakken onderscheiden zich onderling in lengte, soms in breedte, maar vooral in diepgang. De meeste duwbakken hebben geen ruimaftdekking.

Als gevolg van deze verschillen is de hoogte van deze duwbakken zeer variabel. Niet alle duwboten kunnen het stuurhuis op voldoende hoogte brengen om een verantwoord kleine dode hoek voor deze duwbakken te creëren.

Opmerkelijk hierbij was dat de drie duwstellen die relatief gemakkelijk voldeden aan de gestelde wettelijke eisen ten aanzien van de dode hoek, duwstellen waren die volledig op elkaar zijn afgestemd en uitsluitend worden ingezet voor het transport van een specifieke lading.

Als de lege bakken naast elkaar worden gekoppeld, wordt de zone naast de bakken, waar de roerganger geen zicht heeft, gemiddeld twee keer zo groot als bij schepen met een 'enkele' scheepsbreedte.

Doordat het voorschip van een lege duwbak dieper ligt dan het achterschip, zinkt het voorschip tijdens de vaart dieper in dan het achterschip. Hierdoor wordt de dode hoek, in tegenstelling tot die bij de lege motorschepen, tijdens het varen kleiner.

3.6.4 *Containerschepen*

Het merendeel van de schepen die zijn uitgerust om containers te vervoeren, zou in principe kunnen voldoen aan de geldende dode hoek normen. In de praktijk echter, blijken de hefbaar stuurhuizen tijdens de vaart niet op de hiervoor noodzakelijke hoogte ingesteld te worden.

Ook hebben nagenoeg alle schippers op eigen initiatief optische hulpmiddelen aangebracht die het zicht op de dode hoek voor het schip en de ruimte rondom het schip verbeteren.

De barrière die de dode hoek bepaalt, de lading containers, is naar verhouding hoog. Dat maakt dat bij deze schepen de vorm van de dode hoek navenant hoog is; voorwerpen of schepen blijven dan ook langer onzichtbaar voor de roerganger dan bij een 'lagere' dode hoek.

Door de grote hoogte van het stuurhuis en omdat de bepalende barrière (de onderste raamlijst van de stuurhuisramen) met het stuurhuis mee omhoog gaat, is de ruimte rond het schip waar de roerganger geen zicht heeft zeer groot.

De dode hoek was bij de gemeten containerschepen vaak zeer groot. Bovendien stonden de stuurhuizen niet in de hoogste stand. Hoewel geen van de schippers hier een verklaring voor kon geven, zou een mogelijke reden kunnen zijn dat hij onbewust een compromis zoekt tussen de lengte van de dode hoek voor het schip en de zichtbelemmering rondom het schip. Naarmate het stuurhuis hoger wordt geheven neemt weliswaar de dode hoek voor het schip af, maar neemt tegelijk het zicht rondom het schip af.

Bij de twee gemeten schepen die een met containers geladen duwbak duwden, bleek dat deze schepen als de wettelijke normen ook voor duwvaart zouden gelden, moeilijk hieraan konden voldoen. Doordat de afstand van de roerganger tot de voor de dode hoek bepalende barrière (veelal de containers vóór in de duwbak) vaak meer dan twee keer zo lang is als voor een alleenvarend vrachtschip, wordt de dode hoek voor het duwstel ook twee keer zo groot.

3.6.5 Verschil varend/stilliggend

Als de dode hoek bij een schip wordt vastgesteld, gebeurt dit doorgaans stilliggend. Er zijn echter aanzienlijke verschillen te constateren in de lengte van de dode hoek tijdens de vaart of stilliggend. Vooral bij kortere schepen bleek de dode hoek tijdens de vaart soms vrijwel te verdubbelen.

Squat / toename van de inzinking tijdens de vaart.

De DGPS-meting is gebaseerd op een hoogte en afstandmeting. Hierdoor kwamen tevens gegevens beschikbaar over het inzinken van schepen tijdens de vaart.

Bij de op kruissnelheid varende lege schepen nam de inzinking gemiddeld met ongeveer 5% toe. Bij geladen schepen was dit eveneens zo'n 5%.

Op het smallere en ondiepere Amsterdam-Rijnkanaal bedroeg de inzinking tijdens de vaart 12%.

3.7 Schatting van de dode hoek eigen schip

De meeste geïnterviewde schippers bleken hun dode hoek voor het schip sterk te onderschatten. Dit ondanks het feit dat de meeste schepen uitgerust zijn met radar en de schippers met behulp hiervan de lengte van de dode hoek redelijk accuraat zouden moeten kunnen bepalen. De werkelijke dode hoek voor het schip is echter meestal (vele malen) groter dan men denkt.

4 AANBEVELINGEN

- 1) De minister van Verkeer en Waterstaat wordt aanbevolen het initiatief te nemen om in samenwerking met de internationale wetgevende organen onderzoek te laten verrichten naar de ruimte rond binnenschepen, waarop de roerganger vanaf zijn positie geen zicht heeft, om naar aanleiding van dit onderzoek gezamenlijk te komen tot:
 - Eén, naar de stand van de techniek realiseerbare norm met betrekking tot de dode hoek voor, opzij en achter, zowel voor geladen als lege binnenschepen, rekening houdend met zowel de lengte, de hoogte als de breedte van deze zones,
 - Aanpassing van de vigerende wetgeving, zodat de regelgeving met betrekking tot het uitzicht rondom binnenschepen niet alleen op alleenvarende schepen, maar ook op gekoppelde samenstellen en duwstellen van toepassing is,
 - Regelgeving, die geschikte optische hulpmiddelen aan boord van binnenschepen voorschrijft om:
 - de ruimte rondom het schip die, ondanks eventuele nieuwe regelgeving, niet door de roerganger overzien kan worden, toch voor hem waarneembaar te maken en
 - het gebrekkige zicht rondom bestaande schepen die niet voldoen aan de huidige en de aanbevolen nieuwe regelgeving met betrekking tot de zichtbaarheid, te compenseren.
 - Normen die moeten worden gesteld aan camerasystemen om de roerganger een duidelijk zicht te geven op de zonder optische hulpmiddelen onoverzichtelijke ruimten rondom binnenschepen en
 - Instructies aan certificaatverlenende instanties om de onoverzichtelijke ruimten rondom binnenschepen vast te stellen onder operationele omstandigheden.
- 2) De ministers van Binnenlandse Zaken, van Justitie en van Verkeer en Waterstaat wordt aanbevolen om ervoor zorg te dragen dat toezichthouders zodanig worden toegerust dat de dode hoek bepalingen van binnenschepen tijdens de vaart door hen kunnen worden uitgevoerd en dat er adequaat toezicht wordt uitgeoefend op de naleving van de wettelijke norm met betrekking tot de onoverzichtelijke ruimten rondom binnenschepen tijdens de vaart.
- 3) De Koninklijke Schuttevaer, het Centraal Bureau voor de Rijn- en Binnenvaart en het Kantoor Binnenvaart wordt aanbevolen hun leden te wijzen op het feit dat
 - het ontwerp en de positie van vooral hefbare stuurhuizen invloed heeft op de grootte van en de verhoudingen tussen de dode hoek en zones rondom het schip,
 - de technische inrichtingen van camerasystemen, zoals de verstelbaarheid en het inzoomen van camera's, lichtgevoeligheid, soort monitor, beeldvervorming, beeldhoek en beeldresolutie, invloed hebben op de juiste overdracht van beelden van de zonder optische hulpmiddelen onoverzichtelijke ruimten rondom het schip, en
 - voor het gebruik van camerasystemen onderscheid zou moeten worden gemaakt tussen het verkrijgen van zicht op de werkplaatsen van dekpersoneel en de ruimten rondom het schip.

Noot: Daar waar in bovenstaande aanbevelingen 'binnenschepen' worden genoemd, worden tevens gekoppelde samenstellen en duwstellen bedoeld.

5 BIJLAGEN

Bijlage 1: Rapport “Het gebruik van camera’s ten behoeve van zichtverbetering op binnenschepen”

Bijlage 2: Overzichttabel meetresultaten van de schepen

**BIJLAGE 1: HET GEBRUIK VAN CAMERA'S TEN BEHOEVE VAN
ZICHTVERBETERING OP BINNENVAARTSCHEPEN**



TNO-rapport

TM-02-C063

**Het gebruik van camera's ten behoeve van
zichtverbetering op binnenvaartschepen**

**TNO Technische Menskunde
Kampweg 5
Postbus 23
3769 ZG SOESTERBERG**

www.tno.nl

**T 0346 356 211
F 0346 353 977**

Datum	13 november 2002
Auteur(s)	J. Varkevisser
Exemplaarnummer	
Oplage	12
Aantal pagina's	22
Aantal bijlagen	
Opdrachtgever	Raad voor de Transportveiligheid, Den Haag
Projectnaam	Optische hulpmiddelen binnenvaart
Projectnummer	013.72169

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoekopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2002 TNO

	Blz.
INHOUD	
SAMENVATTING	3
SUMMARY	4
1 INLEIDING	5
2 ZICHTMIDDELEN	5
2.1 Direct zicht	5
2.2 Spiegelzicht	6
2.3 Radar	7
2.4 Camerazicht	7
3 INVENTARISATIE	9
3.1 Aanvullende opmerkingen bij het gebruik van de camera's	11
3.2 Het bepalen van de afstand	11
4 DE VIDEOCAMERA	12
4.1 Verlichting	12
4.2 Typen camera's	13
4.3 Camera-opties en behuizing	14
4.4 Omgeving van de camera's	14
5 HET CAMERABEELD NADER ONTLEED	14
5.1 Lichtgevoeligheid	15
5.2 Beeldhoek	15
5.3 Vergroting	15
5.4 Beeldvervorming	15
5.5 Beeldflikker	17
5.6 Contrast	17
5.7 Detail	18
5.8 Vervuiling	19
6 BESPREKING	20
7 SAMENVATTING EN CONCLUSIES	21
REFERENTIES	22

Het gebruik van camera's ten behoeve van zichtverbetering op binnenvaartschepen

J. Varkevisser

SAMENVATTING

Vraagstelling: De Raad voor de Transportveiligheid (de RvTV) heeft TNO Technische Menskunde gevraagd te adviseren over de toepassing van video camera's op binnenvaartschepen. De camera's staan zodanig opgesteld dat ze een beeld geven van zones (dode hoeken) naast en voor het schip die vanuit de positie van de schipper zonder visuele hulpmiddelen niet overzien kunnen worden. Het gebruik van camera's wordt in de vigerende wetgeving wel genoemd, maar wordt verder niet voorgeschreven, in tegenstelling tot spiegels en radar. Overigens wordt het gebruik van camera's ook niet verboden.

Werkwijze: Tijdens een tweetal patrouillevaarten hebben we diverse schepen bezocht en bekeken hoe camera's waren ingezet. Tevens hebben we onder de schippers van de bezochte schepen een mini-enquête gehouden om meer inzicht te verkrijgen in het gebruik van camera's. Mede op grond hiervan maakten we een nadere analyse van het gebruik van camera's voor aanvullend zicht.

Resultaten: We beschrijven de eigenschappen van de camera en de geschiktheid als visueel hulpmiddel, met name voor het gebruik bij dode hoek zicht. Het betreft de lichtgevoeligheid, beeldhoek, vergroting, beeldvervorming, beeldflikker, contrast en detail. Tenslotte geven we een opsomming van aandachtspunten om de camera voor de dode hoek problematiek op binnenvaartschepen toe te passen.

Conclusie: De camera is zinvol en nuttig bij het waarnemen van objecten in de dode zone. Voor het schatten van afstand en positie is een camera ongeschikt, vanwege de perspectivische vertekening van het beeld. Het camerabeeld is geschikt om op te manoeuvreren, maar niet om op te varen.

Application of cameras for supplementary sight on inland ships

J. Varkevisser

SUMMARY

Purpose: The Dutch Transport Safety Board asked TNO Human Factors to advise regarding the application of video cameras on inland ships. The cameras provide a view of areas that cannot be seen from the position of the skipper. Such cameras are described by law and not legally approved as visual aid, but also not prohibited. Mirrors and radar are legal visual aids.

Methods: During two excursions we visited several ships to inventory the camera systems on board. We polled the skippers of the ships to understand the way they use them. Based on this data we analysed the use of cameras for supplementary sight.

Results: We describe the properties of cameras and their suitability as visual aids. It concerns the light sensitivity, angle, magnification, image distortion, flicker, contrast and detail. Also we give the conditions to use the camera as solution of the blind spot problem on inland ships.

Conclusions: In principle the CCD camera is a suitable visual aid to minimise blind spots. The images are suitable to detect obstacles, but not to navigate the ship at normal speed, because of the perspective distortion of the image.

1 INLEIDING

Videocamera's worden met regelmaat als visueel hulpmiddel op grotere binnenvaartschepen toegepast om aanvullend overzicht te krijgen van zones direct rond het schip (dode hoeken¹). Op dit moment zijn binnenvaartschepen tot een lengte van 135 m toegestaan. Bij de meeste schepen is het stuurhuis achter de lading geplaatst. Door deze lading, met name als het containerlading betreft, moeten de stuurhuizen in hoogte kunnen variëren om er over heen te kunnen kijken. Bij alle typen schepen zijn er dode hoek zones en is de schipper niet in staat het schip en de onmiddellijke omgeving (in één oogopslag) te overzien, zonder gebruik te maken van visuele hulpmiddelen.

De hulpmiddelen die worden ingezet zijn radar, spiegels, verrekijker en camera's. De beroepsgroep is in de loop der tijd—op eigen initiatief—overgegaan op het toepassen van camera's als aanvulling op de wettelijk voorgeschreven visuele hulpmiddelen, zoals radar en spiegels. Het gebruik van camera's wordt in de vigerende wetgeving wel genoemd², maar wordt verder niet voorgeschreven. Overigens wordt het gebruik van camera's ook niet verboden. De reden die hiervoor wordt aangegeven is dat er beeldvertekening optreedt.

Met name de bulk- en containerschepen maken gebruik van camera's ter verbetering van het zicht op posities waar men vanuit het stuurhuis onvoldoende zicht heeft. Voor het zicht langs zij het schip worden zowel vlakke (soms bolle) spiegels en camera's toegepast. Veelal staat voor op het voorschip nog een camera geplaatst die het zicht vanaf de voorzijde voor z'n rekening neemt.

In de wet is gesteld hoe groot de dode hoek vanuit het stuurhuis van een schip maximaal mag zijn en spreekt over een zone van maximaal 250 m voor de boeg van het schip die niet hoeft te worden overzien. Bij belading mag deze oplopen tot maximaal 350 m. Naar aanleiding van diverse ongevallen, waarbij het dode-hoekzicht oorzaak of mede oorzaak geweest kan zijn, stelt de RvTV (Raad voor de Transportveiligheid) een diepgaand onderzoek in. Met betrekking tot het gebruik van camera's heeft de RvTV aan TNO opdracht gegeven de rol van de camera als visueel middel te analyseren.

2 ZICHTMIDDELEN

2.1 Direct zicht

Het directe zicht met het blote oog is nauw omschreven in de wet en regelgeving (zie onder andere ROSR: Reglement Onderzoek Schepen op de Rijn, 1995 en BSB: Binnen Schepen Besluit). De schipper moet vanuit zijn positie onder andere onbelemmerd een horizontale hoek

¹ Hoek is in dit verband een wettelijk erkende term. Hoewel hoek niet in meters kan worden uitgedrukt, wordt hiermee de horizontale afstand recht vooruit bedoeld vanaf de boeg van het schip op waterhoogte tot het punt waarop vanuit het stuurhuis het water te zien is (zie Fig. 1).

² Het gaat hier om de toelichting op de vaarregels (BPR/RPR).

van 240° kunnen overzien³. De dode hoek voor de boeg mag maximaal 250 m bedragen. Bij lading mag dit maximaal oplopen tot 350 m (Fig. 1). Bij het invaren van sluizen of passeren van bruggen, moet bij containerschepen veelal het stuurhuis zakken en zal de dode hoek oplopen. Dit zichtverlies mag worden gecompenseerd door visuele hulpmiddelen, zoals spiegels en radar.

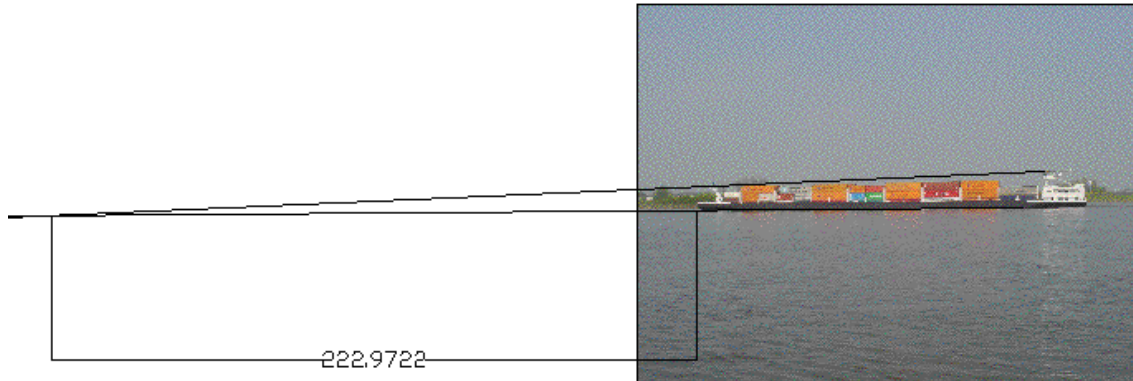


Fig. 1 Een motorvrachtschip met containers beladen. Aangegeven is de zichtlijn vanuit het stuurhuis en de lijn op het wateroppervlak. Door middel van digitale fotometrie is de afstand bepaald van de dode hoek in meters.

2.2 Spiegelzicht

Spiegels dienen als erkend hulpmiddel om het zicht te verbeteren. Om vanuit de middenpositie langs het schip te kunnen kijken zijn breed uitstaande vlakke zijspiegels aangebracht. De spiegels zijn op enige afstand aan het stuurhuis bevestigd en geven vooruit (soms ook achterwaarts) zicht langs stuur- en bakboord (Fig. 2). In een enkel geval waren bolle spiegels aangebracht, die door beeldverkleining een groter overzicht geven.



Fig. 2 Door de toepassing van vlakke spiegels, bezijden het stuurhuis, wordt vanuit de positie van de schipper het schip langzij voorwaarts (of achterwaarts) overzien. Met de vlakke spiegel heeft men een onvertekend beeld.

³ Zie voor een nauwkeurige toelichting en analyse van de wetgeving het rapport van de Raad voor de Transport Veiligheid (2001).

2.3 Radar

Radar geeft door middel van reflecties objecten weer op een beeldscherm waarvan de afstand goed is vast te stellen door op het beeldscherm aangebrachte afstandsringen. Op sommige schepen wordt het radarbeeld gecombineerd met een elektronische kaart. Radar is een erkend middel om op te navigeren. De keuze van de positie van een radarantenne is vrij en niet voorgeschreven. Op grotere schepen treft men soms—behalve op het stuurhuis—een tweede radarantenne aan op de voormast (Fig. 3 en 4). In Figuur 4 is het radarbeeld te zien.



Fig. 3 Op de kantelbare voormast is zowel een radarantenne (midden bovenop) alsmede de camera aangebracht (te zien aan de bovenzijde van de linkervlag).

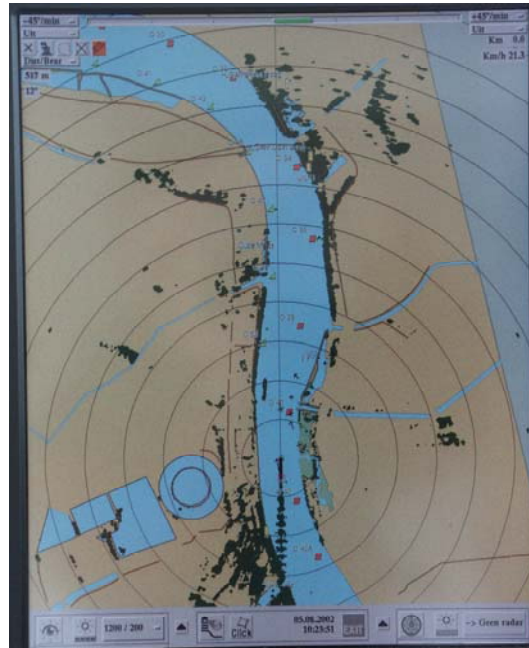


Fig. 4 Het radarbeeld is hier gecombineerd met een elektronische kaart. In het kaartbeeld zijn de radarreflecties als zwarte vlekken zichtbaar. De aangebrachte ringen geven de radiale afstand aan ten opzichte van de positie van het eigen schip.

2.4 Camerazicht

Als camera's worden toegepast zijn er een drietal voor de hand liggende posities om een camera op te stellen: midden voor en aan weerszijde van het schip. Meestal is de camera die middenvoor staat opgesteld in de voormast geplaatst (Fig. 3). Deze mast kan in elke schuine stand worden gezet, waarbij de radarantenne horizontaal blijft en zo ook de camera. Men gebruikt deze camera vaak ook om de werkzaamheden op het voordek te controleren (Fig. 7). Daartoe is de camera uitgerust met een vanuit het stuurhuis bedienbaar bewegingsmechanisme.

Ter weerszijde van het stuurhuis op een vaste hoogte boven het dek kijken camera's naar voren en brengen de gangboorden van het schip in beeld (Fig. 5 en 6).



Fig. 5 Aan bakboordzijde is boven de vlakke uitzichtspiegel te zien die gekoppeld is aan het (hefbare) stuurhuis. Deze spiegel geeft een uitzicht langszij naar voren. Beneden bevindt zich een vaste opstelling van de bakboordcamera en een schijnwerper.



Fig. 6 Een camera aan stuurboordzijde geeft op de monitor een overzicht van het gangboord en de dode hoek naast het schip.

Elke camera heeft een eigen monitor die in het stuurhuis staat opgesteld. Het monitorbeeld in Figuur 7 geeft een overzicht van de zone voor het schip. In het beeld is als referentie een deel van het voorschip te zien.



Fig. 7 Het beeld van de camera vanaf de voormast. Deze opstelling geeft zowel een deel van het voorschip—als vaste referentie—alsmede het dode hoek zicht voor het schip. Opvallend is dat bij camera's met een wat grotere beeldhoek geometrische vervorming op de monitor zichtbaar wordt (sectie 5.4), hetgeen boven in beeld is te zien: de horizon wordt gebogen weergegeven.

De positie van de monitoren is verschillend. Deze kan variëren van plaatsing op de grond tot bevestiging aan het plafond (Fig. 8). De camerahoeken kunnen per camera verschillen. Bij zoomcamera's is het hoekbereik variabel.



Fig. 8 Overzicht van een stuurhuis. Het directe uitzicht toont al aan dat er voor het schip een dode hoek (zone) is. Te zien is dat er zich op afstand een schip bevindt. Aan het dak zijn drie monitoren opgehangen die respectievelijk een beeld geven van bakboordzijde, voor het schip en stuurboordzijde. De radarschermen zijn hier midden onder geplaatst (vrijwel niet zichtbaar op de foto).

3 INVENTARISATIE

Er is in samenwerking met de RvTV een onderzoek ingesteld aan boord van diverse binnenvaartschepen in de omgeving van Rotterdam en Dordrecht. Dit onderzoek hield in:

- 1 Het bezoeken van (container)schepen
 - a. Het beschrijven van de toegepaste zichtmiddelen
 - b. Het enquêteren van de schippers
 - c. Het maken van digitale foto opnamen.

Zes van de zeven bezochte schepen hadden tenminste één camera aan boord. Men gebruikt in de meeste gevallen de camera bij het manoeuvreren van het schip. Hieronder wordt verstaan het passeren van bruggen, het binnenvaren in sluisen en afmeren. De reden waarom de schipper (2^e kolom) geen camera overweegt is omdat hij van mening is dat men er geen afstand mee kan schatten. Overigens had dit schip periscoopzicht via twee spiegels, in en boven het stuurhuis. Op deze wijze kijkt de schipper over de lading heen.

Tabel 1 Overzicht van de bezochte schepen in het havengebied van Rotterdam.
 C=motorvrachtschip voor het vervoer van containers; H=hefbaar stuurhuis; V=stuurhuis aan de
 voorzijde; T=tankerschip.

Type schip	CH	C	CH	CH	CHV	T	CH
Lengte * breedte (m)	110*11,5	67*8,2	110*11,5	135*11,4	63*7	110*11,4	110*11,4
Camera opstelling	voor	geen	voor 2 x zij	voor 2 x zij	achter 2 x zij	voor	voor 2 x zij
Gebruik camera tijdens							
1 de vaart	nee	nvt	ja	nee	nee	ja (leeg)	nee
2 het manoeuvreren	ja	nvt	ja	ja	ja	ja	ja
Voorste camera is							
1 draaibaar	ja	nvt	ja	ja	ja (achter)	nee	ja
2 kan inzoomen	nee	nvt	nee	ja	nee	nee	nee
Reden gebruik camera	tijdens het manoeuvreren	nvt	altijd	tijdens het manoeuvreren	tijdens het manoeuvreren	tijdens de vaart met een leeg schip en tijdens het manoeuvreren	tijdens het manoeuvreren
Camera staat aan bij							
1 daglicht	ja	nvt	ja	ja	ja	ja	ja
2 duisternis	ja	nvt	ja	ja	ja	soms	ja
Hulplicht cam. bij duisternis	ja	nvt	ja	ja	ja	nee	ja
Tevreden over de camera?	ja	nvt	ja	ja	ja	ja	ja
Tot welke afstand (m) moet de camera nog iets kunnen waarnemen?	100	nvt	200	100	50	25	100
Hulpmiddelen							
1 zijspiegels	ja	ja	ja	nee	ja	nee	nee
2 periscoopzicht	nee	ja	nee	nee	nee	nee	nee
3 persoon ter plaatse	nee	ja	ja	nee	ja	nee	nee
Welke wensen zijn er nog?	kleur	geen	geen	breed beeld reset stand cam. achter	geen	draaien zoomen	geen
Indien geen camera, wordt deze in de toekomst overwogen?	nvt	ja	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
Reden geen camera	nvt	afstand schatten niet mogelijk	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt

Tijdens het bezoek aan het havengebied bij Dordrecht werd een extra accent gelegd op het vaststellen van de camera- en monitorbeeldhoek. De beeldvergroting is de grootte van het waargenomen beeld op de monitor ten opzichte van de werkelijkheid. Als het beeld op de monitor even groot wordt waargenomen als met het blote oog op de positie van de camera is de beeldvergroting 1 (zie ook sectie 5.3). De beeldvergroting is voor een aantal camerasystemen vastgesteld en varieert van 0,07 tot 0,45. Ook werd een vraag gesteld naar de toepassing van de camera bij ondervonden problemen tijdens het varen. Er is algemene tevredenheid over het gebruik van de camera. Als men bij de containerschepen een of meerdere camera's heeft geplaatst, bevindt zich minimaal één camera op de grootste afstand ten opzichte van het stuurhuis. Gegeven de kleine populatie ondervraagden en de diversiteit aan schepen mogen uit deze gegevens geen algemene conclusies worden getrokken.

Tabel 2 Overzicht van de bezochte schepen in het havengebied van Dordrecht.
 C=motorvrachtschip voor het vervoer van containers; H=hefbaar stuurhuis; T=tankerschip;
 D=duwbakship (aantal bakken).

Type schip	T		D(4)		CH		CH		CH		CH			
Lengte * breedte (m)	109*10,5		32(185)*11,4		135*11,5		110*11,45		110*11,4		135*11,45			
Camera opstelling	voor		geen		voor 2 x zij		voor 2 x zij		voor 2 x zij		voor 2 x zij			
Gebruik camera tijdens														
1 de vaart	nee		nvt		nee		soms		nee		nee			
2 het manoeuvreren	ja		nvt		ja		ja		ja		ja			
Voorste camera is														
1 draaibaar	ja		nvt		ja		ja		ja		ja			
2 kan inzoomen	ja		nvt		nee		ja		nee		nee			
Horizontale camerahoek (graden)	voor	54	nvt	voor	39	voor	94	voor	99	voor	31	zij	20	
Horizontale monitorhoek (graden)	8		nvt		8		6,5		8		9			
Beeldvergroting M	0,15		nvt		0,2		0,07		voor	0,08	voor	0,3	zij	0,45
Reden gebruik camera	voor het zien van jachten en kleine schepen		nvt		tijdens manoeuvreren		bij recreatie-vaart en manoeuvreren		tijdens manoeuvreren en bij containers laden		tijdens manoeuvreren			
Camera staat aan bij														
1 daglicht	ja		nvt		ja		ja		ja		ja			
2 duisternis	nee		nvt		ja		nee		ja		ja			
Hulplicht cam. bij duisternis	nee		nvt		infra rood		nee		halogeen lampen		niet nodig			
Tevreden over de camera?	soms zonlicht problemen		nvt		ja		ja		ja		ja			
Tot welke afstand (m) moet de camera nog iets kunnen waarnemen?	50		nvt		niet te schatten		200		100		10			
Hulpmiddelen														
1 zijspiegels	nee		nvt		nee		nee		ja (vlak)		nee			
2 periscoopzicht	nee		nvt		nee		nee		nee		nee			
3 persoon ter plaatse	nee		nvt		nee		nee		nee		nee			
Gebruik van de camera bij problemen	met sportboten		geen		geen		geen		geen		camera geeft hulp bij extreme situaties			
Reden geen camera	nvt		radar is voldoende		nvt		nvt		nvt		nvt			

3.1 Aanvullende opmerkingen bij het gebruik van de camera's

Bij het bezoek op de diverse schepen bleek men de camera's tijdens de vaart vrijwel nooit aan te hebben staan. Enkele schippers meldden dat de camera pas wordt ingezet in omgevingen met veel pleziervaart. De camera's worden altijd ingeschakeld tijdens het manoeuvreren met het schip, het aanleggen en het overzicht houden op de voorzijde tijdens laden en lossen.

3.2 Het bepalen van de afstand

Radar wordt vooral gebruikt bij slecht zicht (mist en dergelijke) en tijdens duisternis. Steeds vaker blijft de radar ook overdag ingeschakeld.

Bij een radarbeeld wordt een radiale plot op het scherm gebracht, waarop de reflecties ten opzichte van het schip (middelpunt) zich op een lineaire afstand bevinden. Men kijkt dus als het ware op een kaart met een lineaire schaal. Dit maakt het vaststellen van de afstand eenvoudig.

Men moet het beeld interpreteren. Hiervoor is ervaring nodig. De clutter of ruisgrens kan worden ingesteld. Het kan voorkomen dat sommige objecten (jachten) weinig radargolven reflecteren en dus gemist kunnen worden, terwijl andere objecten verstorende reflecties kunnen weergeven. Een camera lijkt dan ook een goede aanvulling op de gebruikte navigatiemiddelen. Toch heeft men in het algemeen geen behoefte om met de camera te varen.

4 DE VIDEOCAMERA

4.1 Verlichting

Licht is de belangrijkste factor bij het gebruik van visuele middelen zoals videocamera's. Het camerabeeld van een bepaald object wordt gevormd door het gereflecteerde licht (luminantie) van het daglicht of met behulp van aanwezige lichtbron(nen). De hoeveelheid licht die op de scène of het object valt noemen we verlichtingssterkte. De grootte van verlichtingssterkte wordt uitgedrukt in de eenheid lux (lx of lumen.m⁻²). Deze grootheden luminantie en verlichtingssterkte zijn gewogen met de spectrale gevoeligheid van het oog. Overdag bepaalt het zonlicht en de bewolking de hoeveelheid daglicht; 's avonds en 's nachts is men afhankelijk van schijnwerpers of andere hulpverlichting. In Tabel 3 is een indicatie gegeven van verlichtingssterkten in verschillende situaties.

Tabel 3 Verlichtingssterkte indicatie.

Lichtomstandigheden	verlichtingssterkte (lx)
Vol zonlicht	100.000
Overdag bewolkt	500–100.000
Schemering	5–500
Straatverlichting	1–30
Nacht, vol maanlicht	0,01–0,1
Nacht, betrokken	< 0,0007

De volgende punten verdienen aandacht bij camerazicht:

- tegenlicht op de camera maakt het moeilijker een beeld te bekijken (overstraling),
- licht op de monitor kan het beeld doen verbleken,
- naarmate men meer behoefte heeft aan een beeld bij een lage verlichtingssterkte, is een meer gevoelige camera of extra aan te brengen verlichting noodzakelijk,

- bij duisternis is extra verlichting gewenst. De verlichting kan bestaan uit halogeenschijnwerpers of nabij infrarood⁴ schijnwerpers. De laatste soort verlichting wordt regelmatig toegepast omdat de CCD⁵ camera ook gevoelig is in het naast het visuele spectrum liggende langgolvlige licht (tot 1000 nm). Het voordeel van deze verlichting is dat men een ander niet verblindt.

4.2 Typen camera's

De meest toegepaste type camera's voor binnenvaart toepassingen zijn de monochrome CCD-camera's. De CCD sensor is het lichtgevoelige onderdeel (element) in de camera dat het ontvangen licht omzet in een elektrisch videosignaal. Er zijn diverse standaard afmetingen van het CCD-element in de handel. De CCD-camera bezit een relatief hoge lichtgevoeligheid, is klein van afmeting, heeft een relatief laag stroomverbruik en is aantrekkelijk geprijsd.

Een belangrijk onderdeel van de camera is de lens (objectief). De brandpuntsafstand van de lens bepaalt de openingshoek van de camera en daarmee de grootte waarmee bijvoorbeeld een object op een bepaalde afstand wordt afgebeeld.

Omdat de lichtomstandigheden in het algemeen zullen variëren, is een diafragma ingebouwd waarmee de lensopening geregeld kan worden. Meestal wordt gebruik gemaakt van een automatisch diafragma (of auto-iris) waarmee de hoeveelheid doorgelaten licht, binnen bepaalde grenzen, op de juiste manier gedoseerd wordt toegelaten. Bij lage lichtniveaus wordt soms gebruik worden gemaakt van een beeldversterker. Uiteraard is een schijnwerper of andere hulpverlichting een middel tot zichtverbetering.

Er verschijnen inmiddels camera's (VGA) op de markt die een digitaal signaal produceren en monitoren die een digitaal signaal kunnen weergeven. In de computerwereld zijn deze monitoren ((S)VGA) al enige tijd beschikbaar. Deze camera's zijn duurder, maar zijn in de toekomst zeker te overwegen, met name in combinatie met digitale signaaloverdracht via een zeer snelle seriële verbinding ("fire wire" met een overdrachtsnelheid van 100-400 Mbit/sec volgens IEEE 1394). Zonder beeldcompressie toe te passen is het aantal TV lijnen (TVL, zie sectie 5.7) gelijk aan het aantal beeldelementen (pixels) en kan bijvoorbeeld 680h × 480v bedragen. Bij dezelfde beeldhoek wordt ten opzichte van een overeenkomstige analoge camera een scherper beeld waargenomen. Dit videosysteem kan met computergebruik worden gecombineerd.

⁴ Het lichtspectrum waar het menselijk oog gevoelig voor is bestrijkt een bepaald golflengte gebied. Licht met een korte golflengte zien we als blauw, de lange golflengte als rood. Deze golflengte wordt uitgedrukt in nanometers of 10^{-9} meter of nm. De grenzen van het zichtbare licht voor het menselijk oog liggen voor diepblauw licht bij een golflengte van 400 nm en voor dieprood licht is dat 750 nm. De camera is niet alleen gevoelig in het zichtbare gebied, maar ook in het gebied dat aansluit op 750 nm, tot ongeveer 1000 nm. Dit gebied wordt nabij infra rood genoemd. Vanwege optische problemen in de lens (onscherpte door chromatische aberratie), wordt de gevoeligheid in het nabij infra rode gebied veelal met een lichtfilter in de camera verminderd.

⁵ CCD betekent Charged Coupled Device. Dit is het type lichtgevoelige sensor dat algemeen in de camera wordt toegepast. De CCD sensor is opgebouwd uit een rechthoekige matrix met lichtgevoelige beeldelementen.

4.3 Camera-opties en behuizing

Vaak ziet men op het voorschip dat de camera kan draaien. Met kleine motoren kan de camera met een joystick bediening vanuit het stuurhuis in het horizontale vlak (azimut) en in het verticale vlak (elevatie) worden gedraaid. Deze categorie wordt beweegbare camera's genoemd.

Camera's dienen voldoende beschermd te zijn tegen weersinvloeden. Daarom worden ze in een waterdichte behuizing gemonteerd. De te eisen weerbestendigheid kan worden uitgedrukt in een IP-nummer: een eis voor een buitenbehuizing voor binnenvaart toepassingen is bijvoorbeeld IP-68 (het eerste cijfer geeft de mate van bestendigheid aan tegen vaste deeltjes, bijvoorbeeld stof, het tweede cijfer geeft de bestendigheid tegen vocht en water aan; IP68 betekent dat de behuizing stofdicht is en beschermt tegen opstelling onder water). De behuizing omvat behalve de camera in het algemeen ook de voeding voor de camera, een verwarmingselement met thermostaat om de elektronica te beschermen tegen te lage temperaturen en het beslaan van het venster en/of stikstofvulling en soms een videoversterker. Op schepen met vervoer van gevaarlijke stoffen dient de installatie, afhankelijk van de plaats, nog een extra classificatie (explosie- en temperatuurklasse) te hebben.

Plaatsing van de camera op het voorschip vindt meestal plaats op de voormast, die uitgerust is met het toplicht en eventueel een radar antenne. Vaak zijn deze masten kantelbaar en kunnen zich in elke schuine stand bevinden. Bij toepassing van een radarantenne wordt dit gedeelte horizontaal gehouden bij kanteling. Door op deze constructie een camera te plaatsen behoeft het bewegingsmechanisme minder te worden aangesproken. De gangboord camera's bevinden zich enkele meters op een vaste positie boven het dek ter weerszijde van het stuurhuis en kijken langs de gangboorden naar voren. In enkele gevallen worden ook nog camera's naar achteren geplaatst.

4.4 Omgeving van de camera's

Uiteraard spelen weersomstandigheden een rol bij het zicht: de camerabeelden zullen verslechteren bij bijvoorbeeld hevige regen of mist. Maar dat wordt evenzo met het blote oog ondervonden. In geval van slecht zicht mogen schepen in het RPR-gebied alleen varen met de hulp van radar.

5 HET CAMERABEELD NADER ONTLEED

In dit hoofdstuk geven we een gedetailleerde beschrijving van het zichtmiddel "camera". Wat zijn de eigenschappen?

5.1 Lichtgevoeligheid

Om de gevoeligheid van de camera uit te drukken, wordt meestal het laagste verlichtingssterkteniveau aangegeven dat nodig is om met de camera nog een redelijk of acceptabel beeld te realiseren. Er is vaak weinig uniformiteit in de specificaties van de gevoeligheid van een camera zoals die door de fabrikant gegeven wordt. De kwalificatie “redelijk of acceptabel beeld” is dan ook nogal subjectief. Bovendien wordt met “het laagste verlichtingssterkteniveau” meestal bedoeld het lichtniveau zonder rekening te houden met de verliezen in de lens. Een goede aanduiding is om bij de verlichtingssterkte ook het F getal van de lens op te geven. Gangbare gevoeligheden van een CCD-camera liggen tussen 0,1 en 4 Lux (hoe lager dit getal, hoe gevoeliger de camera).

5.2 Beeldhoek

Door in de loop der jaren opgedane praktijkervaring levert men tegenwoordig monochrome camera's met een vaste horizontale lenshoek van 35° op het voorschip. Voor de gangboorden wordt 23° aanbevolen of een zoomlens van 3°–45°, afhankelijk van de lengte van het schip. Uit Tabel 2 blijkt dat soms ook grotere hoeken werden toegepast.

5.3 Vergroting

Op de monitor wordt het camerabeeld met een zekere horizontale kijkhoek H_m waargenomen. Deze hoek is afhankelijk van de breedte van het beeld (b) en de afstand van het oog van de schipper tot het beeldscherm (A). Noemen we de beeldhoek van de camera lens H_c , dan is de vergroting (M) van het beeldsysteem

$$M = \frac{2 \cdot b \cdot g \cdot \tan \frac{2A}{b}}{H_c} = \frac{H_m}{H_c} \quad (1)$$

Als H_m gelijk is aan H_c is de vergroting 1. Op schepen worden, vanwege de plaatsruimte relatief kleine monitoren toegepast, waardoor M altijd kleiner dan 1 is (Tabel 2). Bij toepassing van een zoomlens varieert de vergroting, omdat H_c varieert.

5.4 Beeldvervorming

Als het gaat om vervorming van het beeld zijn er twee soorten te onderscheiden

- a geometrische vervorming
- b perspectivische vertekening.

Ad a. Geometrische vervorming van het beeld is een kromming in het beeld die niet overeenkomt met de buitenwereld. Figuur 7 geeft daar een indruk van. Deze vervorming wordt veroorzaakt door de lens en heet ton-vormige vervorming. Deze wordt sterker zichtbaar naarmate de beeldhoek van de lens groter is. Rechte lijnen aan de rand van het scherm worden

enigszins gebold afgebeeld. Hoe kleiner de camerahoek hoe minder deze vervorming zichtbaar is. De geometrische vervorming van een 50° lens bedraagt in de hoeken van het beeld ongeveer 3%. Bij een 110° lens neemt deze vervorming snel toe tot 61% (Burry, 1996). Een CRT monitor (Cathode Ray Tube) monitor kan ook enige beeldvervalsing vertonen als deze geometrisch niet correct is afgeregeld.

Ad b. Het camerabeeld van de buitenwereld wordt als een twee dimensionaal vlak geprojecteerd op de monitor. Als men de met de camera opgenomen buitenwereld onder dezelfde hoek op de monitor bekijkt ($M=1$) dan wordt vrijwel geen perspectivische vertekening waargenomen. Het beeld is perspectivisch correct als het oogpunt ten opzichte van elk punt in het geprojecteerde beeld in het verlengde ligt van het overeenkomstige punt in de buitenwereld (Fig. 9).

In de praktijk blijkt dit niet haalbaar. Het monitorscherm is relatief klein en het oogpunt bevindt zich op een grotere afstand dan gewenst. Het gevolg hiervan is een beeldverkleining (zie ook Tabel 2) en daardoor een vertekening van het perspectief.

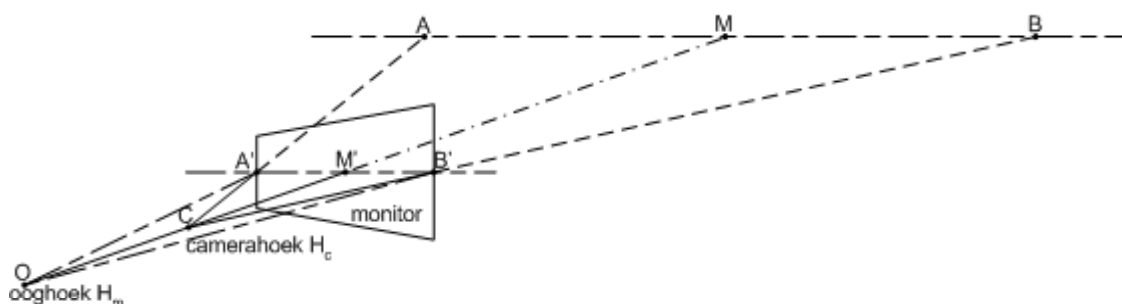


Fig. 9 De lenshoek van de camera bepaalt de zichtgrens van de buitenwereld die op de monitor wordt afgebeeld. Dit zijn op een zekere afstand tot de camera de punten A en B. OM is de zichtlijn. De projectie van de lijn AB (buitenwereld) op de monitor is A'B'. De horizontale camerahoek H_c wordt gevormd door de lijnen AC en BC. Punt C is het enige oogpunt zonder perspectivische vertekening. Het oog van de schipper bevindt zich meestal verder weg, bijvoorbeeld in punt O. De ooghoek H_m wordt nu gevormd door de lijnen A'O en B'O. De vergroting M is $H_m/H_c (< 1)$.

Voorbeeld 1:

De camera heeft een horizontale beeldhoek $H_c=35^\circ$, dan moet men voor een minimale perspectivische vertekening op een zodanige afstand van het beeldscherm gaan zitten, dat de beeldhoek die het oog met de monitor maakt, eveneens $H_m=35^\circ$ bedraagt. De praktijk is echter dat het monitorbeeld relatief klein is, vanwege de beperkte plaatsingsruimte. Een beeldbreedte in de orde van $b=18$ cm (9" beeldscherm) werd in een aantal gevallen aangetroffen. Wil men dit beeld zonder perspectivische vertekening waarnemen, dan moet men op een afstand van ongeveer $A=29$ cm van het scherm gaan zitten. Afgezien van het feit dat dit een onwerkbaar situatie is, zou het slechts met jonge ogen mogelijk zijn op zo'n korte afstand nog een scherp beeld waar te nemen.

Bij de inventarisatie bleek dat de afstand tot de monitor in een aantal gevallen $A=1,5$ m bedraagt. Op deze afstand heeft het beeld uit ons voorbeeld een beeldvergroting van $M=0,2$.

De projectie van de buitenwereld op de monitor klopt dus niet meer met de werkelijkheid als de beeldvergroting afwijkt van 1. Bij beeldvergrotingen kleiner dan 1 zal een naderend schip op de monitor aanvankelijk ver weg lijken en steeds sneller naderbij komen. Zowel de afstand als de snelheid zijn niet in overeenstemming met onze verwachting. Het effect van afstands- en

snelheidsinschattingsfouten wordt sterker, naarmate de verkleining toeneemt (v.Erp en Padmos ea, 1998). In genoemd onderzoek ging het om het besturen van een voertuig op uitsluitend camerazicht. Hierbij kwam ook naar voren dat het zien van een klein stukje van de voorzijde van het eigen voertuig in het camerabeeld als referentie een beter rijgedrag opleverde. Genoemde inschattingsfouten worden ook gemaakt met bolle autozijspiegels. Ook hier is het beeld verkleind en klopt het perspectief niet meer. Een achterligger is vaak dichterbij dan men inschat.

Voorbeeld 2:

Gaan we uit van een beeldscherm breedte van $b=18$ cm en een kijkafstand van $A=1,5$ m, dan mag de beeldhoek slechts $H_c=H_m=7^\circ$ bedragen om een perspectivisch onvervormd beeld te kunnen presenteren. Een beeldhoek van 7° geeft echter onvoldoende overzicht. Omgekeerd zou een beeldhoek van $H_c=H_m=35^\circ$ op deze kijkafstand een onmogelijke beeldscherm breedte van $b=95$ cm vereisen.

5.5 Beeldflicker

Als de monitor aan staat en men kijkt vooruit, dan wordt vanuit de ooghoek in het beeld een trilling of flikkering ervaren. Dit is een hinderlijk verschijnsel dat berust op het feit dat het beeld met een frequentie van 25 (Europese videonorm) of 30 Hz (Amerikaanse videonorm) wordt geschreven. De gevoeligheid voor beeldflicker wordt groter naarmate de omgeving helderder is (Varkevisser, 2001). Het gevolg is dat men de neiging heeft het beeld uit te schakelen tijdens de vaart. Beeldflicker wordt bij zogenaamde CRT monitoren ervaren. Dit komt omdat een geschreven beeldpunt uitdooft en op de verversingssnelheid van het beeld opnieuw in helderheid wordt hersteld. Dit verschijnsel wordt enigszins verminderd door na elkaar de even en oneven lijnen te schrijven (interliniering). De verversingssnelheid van een half beeld (even of oneven lijnen) is 50 Hz (Europese norm). Kiest men voor de LCD monitor, dan is van een dergelijk verschijnsel geen sprake, omdat geen uitdoving van het beeld optreedt.

5.6 Contrast

Contrast kan worden gedefinieerd als de verhouding in helderheid tussen twee aangrenzende gebieden, bijvoorbeeld de helderheidsverhouding tussen het water en een ander schip of tussen het water en de walkant. Het contrast op het monitorbeeld moet voldoende hoog zijn om objecten ten opzichte van hun directe omgeving te kunnen onderscheiden. Men is in eerste instantie afhankelijk van de situatie in de buitenwereld. Hierin kunnen allerlei contrasten optreden. Het is van belang dat het videosysteem in principe in staat moet zijn voldoende contrast te leveren van objecten die ook buiten contrastrijk zijn. Zowel de camera als de monitor kunnen door de dag- en zonlichtomstandigheden ongunstig worden beïnvloed. De monitor bevindt zich in het stuurhuis, waarbij de lichtinval van buiten groot is. Het licht dat van buitenaf (stoorlicht) via het monitorscherm reflecteert doet het beeldschermcontrast verminderen.

$$C = \frac{L_{\text{hoog}} + L_{\text{stoorlicht}}}{L_{\text{laag}} + L_{\text{stoorlicht}}} \quad (2)$$

C beeldschermcontrast

L helderheid (luminantie) in cd.m^{-2} . In de formule wordt de hoogste helderheid in de teller van de breuk geplaatst, zodat de uitkomst altijd groter dan 1 is.

De comfortgrens voor contrast ligt bij 3. Contrasten boven deze grenswaarde zijn comfortabel waar te nemen (NEN 3087, 1997). Gereflecteerd licht op het monitorscherm vermindert het contrast en kan het beeld zelfs geheel doen verbleken. CRT monitoren zijn veelal gevoeliger voor buitenlichtomstandigheden dan LCD monitoren. Bovendien hebben CRT monitoren vaak een gebold scherm, waardoor ze meer buitenlicht invangen. Ook moet gelet worden op de spiegelende eigenschappen van het beeldscherm oppervlak. Ook hierbij kan de genoemde comfortgrens worden aangehouden. Gematteerde of ontspiegelde beeldoppervlakken verdienen de voorkeur.

Met de helderheids- en contrastknop van de monitor kan tot op zekere hoogte een aanpassing gemaakt worden, gegeven de lichtomstandigheden. Met een moderne LCD monitor kan veelal een hogere maximale helderheid worden bereikt, dan met een CRT monitor. De contrastdynamiek van een CRT monitor is hoger dan van een LCD monitor. Dit is echter alleen nuttig als de CRT in een donkere omgeving is geplaatst. In Tabel 4 zijn de regelorganen van de verschillende typen monitoren nog eens toegelicht.

Tabel 4 Het effect van de helderheids- en contrastregeling bij een LCD en CRT monitor.

effect van de	helderheidregeling	contrastregeling
CRT monitor	beïnvloedt de laagste en hoogste beeldhelderheid in gelijke mate	contrastdynamiek
LCD monitor	beïnvloedt de hoogste beeldhelderheid	

De camera kan worden beïnvloed door zonlicht. Als er strooilicht ten gevolge van zonlicht in de optiek optreedt kan het beeld geheel onzichtbaar worden. Camera's met een kwalitatief goede optiek hebben hier weinig last van. Staat de camera zo afgesteld dat deze boven de horizon direct zonlicht invangt dan zal in alle gevallen het beeldcontrast sterk verminderen en op de positie van de zon een sterke witte vlek zichtbaar worden en meestal ook een verticale witte streep als gevolg van oversturing van het CCD element in de camera. Daarom moet vermeden worden dat de camera in de zon kijkt. Het aanbrengen van een zonnekap kan enige hulp bieden.

5.7 Detail

Van belang is dat het videosysteem voldoende detail kan weergeven. Het detailzicht wordt bepaald door

- de gezichtsscherpte van de schipper
- de beeldhoek van de camera
- de kwaliteit van de beeldverbinding (bandbreedte)
- de grootte van de monitor
- de kijkafstand tot de monitor.

Het kleinste detail met een hoog contrast dat de mens kan waarnemen is vast te stellen met behulp van een zgn. visuskaart. Hiermee stelt men de gezichtsscherpte vast. De gezichtsscherpte wordt vastgesteld in boogminuten. 1 boogminuut (bgmin) is $1/60^\circ$. De grootte visus (V) is 1/kleinste waargenomen hoek en heeft de eenheid bgmin^{-1} . 90% van de bevolking ouder dan 18 jaar en jonger dan 65 jaar heeft minstens een visus van 0,9 (Walraven e.a., 1980).

De resolutie van een camera of monitor wordt uitgedrukt in TVL (TV-lijnen). Hiermee wordt bedoeld het aantal verticale lijnen met hoog contrast dat op de monitor nog net van elkaar onderscheiden kan worden. Gangbare resoluties liggen tussen 300 en 500 TVL (hoe hoger dit getal, des te beter is de resolutie). Zou men kleurencamera's overwegen, dan dient men zich te realiseren dat goedkopere kleurencamera's een lagere resolutie hebben, omdat er een uitwisseling is tussen kleur en resolutie. Bovendien wordt door de signaaloverdracht door modulatie van de kleur (PAL als Europees modulatiesysteem en NTSC als Amerikaans modulatiesysteem) de resolutie teruggebracht tot 200 TVL. Het begrip TVL moet overigens niet worden verward met het aantal horizontale lijnen waaruit een beeld is opgebouwd. Dit is een vast getal en heeft één van de twee waarden: 625 (Europa) of 525 (Verenigde Staten).

Een benaderingsformule om de resolutie van het camerasysteem om te rekenen in de kleinste mogelijke detailhoek die kan worden weergegeven is

$$h = \frac{30 \cdot \beta}{N} \quad (3)$$

- β horizontale beeldhoek van de camera in graden
- N resolutie in TVL
- h detailhoek in bgmin

Voorbeeld 3:

Een camerasysteem (camera, verbinding en monitor samen) heeft een resolutie van 300 TVL. De beeldhoek is 35° . De detailhoek die kan worden geproduceerd is ongeveer 3,5 bgmin. In de praktijk betekent dit dat het camerasysteem een persoon in het water kan zien liggen op een afstand van ongeveer 200–400 m.

Niet alleen de camerahoek speelt een rol maar ook de monitorgrootte en afstand tot de monitor. Als de monitorbreedte 18 cm is en de kijkafstand 1,50 m, dan moet de gezichtsscherpte van de schipper minstens 0,7 bedragen om de persoon in het water nog waar te nemen.

5.8 Vervuiling

Vervuiling van de lens door onder andere spetters en stof kan op den duur een onduidelijk beeld opleveren. Aandacht moet worden gegeven aan het regelmatig reinigen van het cameravenster. Met een verwarmd camerahuis wordt voorkomen dat door condensatie een wazig beeld ontstaat.

6 BESPREKING

Uit de praktijk blijkt dat met name op containerschepen de camera als een nuttig hulpmiddel wordt toegepast. Containerschepen worden overigens in de regelgeving niet als zodanig benoemd. Belangrijk is om hierbij vast te stellen dat het camerasysteem algemeen als optisch hulpmiddel wordt toegepast bij het manoeuvreren.

Een camerasysteem als optisch hulpmiddel is niet aan te bevelen voor de vaartaak, vanwege de perspectivische vertekening die optreedt door een te grote kijkafstand tot een te kleine monitor. Bij lage snelheden en korte afstanden, bijvoorbeeld tijdens het manoeuvreren, achten we cameragebruik wel verantwoord. Hier speelt de perspectivische vertekening een minder grote rol. De camera kan ook worden gebruikt om de dode hoek te overzien. Hierbij gaat het niet in de eerste plaats om de positiebepaling ten opzichte van een object maar om vast te stellen dat er iets of iemand zich in de dode zone bevindt.

Gegeven de besproken eigenschappen van camerazicht is het wenselijk dat voorwaarden worden opgesteld waaraan een camerasysteem tijdens de vaart moet voldoen om geschikt te zijn als dode hoek oplosser. Deze voorwaarden moeten betrekking hebben op

- i *de beste posities op het schip voor dode hoek uitzicht systemen.* Deze lijken goed overeen te komen met de algemeen gekozen opstelling: twee camera's opzij en één voor. Bij een camera die op een beweegbare mast is gemonteerd, is het dode hoek zicht afhankelijk van de stand van de mast. Het eventueel benodigd aantal en de positie van de camera's en monitoren moet worden omschreven, afhankelijk van het type en grootte van het schip.
- ii *de dode hoek zone.* Vastgesteld zal moeten worden wat de minimale afstand tot de voorzijde van het schip moet zijn voor zinvol dode hoek zicht en tot welke afstand en breedte zich dit gebied moet uitstrekken.
- iii *resolutie camerasystemen en kritisch detail.* Gegeven de maximale dode hoek (afstand) zal de grootte van een kritisch object moeten worden vastgesteld, teneinde de eisen aan het camera systeem te kunnen specificeren (zie ook sectie 5.7). De resolutie van de tot nu toe gebruikte camera's is afhankelijk van de beeldhoek en het gebruikte videosysteem (CCIR of NTSC) en kan derhalve niet worden vergroot. Wil men meer detail dan zal men moeten overgaan op bijvoorbeeld VGA camera systemen. Nieuwe ontwikkelingen op dit gebied moeten worden opgehouden.
- iv *zoomen.* Dit is een mogelijkheid om meer detail te bereiken en de perspectivische vertekening te verkleinen. Het inzoomen geeft meer detail en een beter perspectief, maar gaat ten koste van het overzicht. Uitzoomen vergroot het overzicht, maar gaat ten koste van het detail en de afstandschatting.
- v *referentiepunten of lijnen in beeld.* Om globaal afstand te kunnen bepalen buiten het schip kunnen deze zelfs bij camera's met een vaste lens in een starre positie geen vaste positie hebben in verband met de diepligging en trim van het schip.
- vi *vaste of beweegbare camera's.* Bij een vaste opstelling "leert" men hoe de verhoudingen op het beeld overeenkomen met het directe zicht. Bij een beweegbare camera loopt men de kans dat deze bij het plotseling willen overzien van de dode hoek in een

verkeerde stand staat, waardoor men iets kan missen of te laat reageert. Een deel van het eigen schip in beeld hebben geeft houvast bij de inschatting die de schipper moet maken.

- vii *kleur of monochroom*. Bij de huidige generatie camera's gaat kleur ten koste van het al magere detail.
- viii *invoegen van informatie*. Het camerabeeld in combinatie met informatiesystemen kan interessant zijn. Bijvoorbeeld om beeldherkenning te doen van vreemde voorwerpen in het dode-hoekgebied en meldingen in beeld te brengen.
- ix *typegoedkeuring ontwikkelen*. Dit is noodzakelijk om de kwaliteit van het beeldsysteem te kunnen beschrijven en te toetsen aan minimum eisen wat betreft de genoemde aspecten.

7 SAMENVATTING EN CONCLUSIES

- Een camerasysteem, zoals reeds op een groot aantal schepen is geplaatst, is in principe bruikbaar om het dode-hoekzicht op te lossen. Met name op plaatsen waar men met optische systemen niet kan komen.
- De belangrijkste dode hoeken bevinden zich direct opzij en voor het schip.
- Een camerasysteem geeft perspectivische vertekening van het beeld als de zichthoek op de monitor niet dezelfde is als de camerahoek van het opgenomen beeld. Hierdoor is snelheid en afstandschatting niet goed mogelijk. Afgeraden wordt op een dergelijk camerabeeld te varen. Uit de praktijk blijkt ook dat men de camera's tijdens de vaart niet aanzet.
- Op een camerabeeld kan wel worden gemanoeuvreed. Perspectivische vertekening speelt hierbij een minder grote rol omdat het om lage snelheden en korte afstanden gaat.
- Zowel bij camera's als bij monitoren kan zonlicht en daglicht een nadelige rol spelen, door overstraling of contrastvermindering.
- Bij dode hoek zicht speelt het vaststellen van de aanwezigheid en herkenning van een object de belangrijkste rol, vervolgens pas de afstand.
- Voor het toepassen van camera's voor dode hoek zicht dienen minimum eisen ontwikkeld te worden, zodat keuring en productcertificering mogelijk wordt.

REFERENTIES

- Erp, J.B.F. van & Padmos, P. (1998). Simulated driving with camera view. In A.G. Gale (Ed.), *Vision in Vehicles – VI* (pp. 93-103). Amsterdam: Elsevier.
- Handboek Verlichtingstechniek (2002). *Beschermingsklassen, keurmerken en symbolen*. Deventer: Kluwer Techniek.
- Hoof, H.A.J.M. van & Voorthuijsen, G.P. (2000). *Handreiking cameratoezicht, deelonderzoek "Technologische aspecten"* (Rapport FEL-00-C024). Den Haag: TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium.
- IEEE 1394 (1995–2002). *High speed serial bus*. Standard. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- NEN 3087 (1997). *Ergonomie – Visuele ergonomie in relatie tot verlichting – Principes en toepassingen* (Nederlandse Norm). Delft: Nederlands Normalisatie Instituut.
- Raad voor de Transportveiligheid (2001). *Onderzoek naar veiligheidsaspecten van hefbaar stuurhuizen in de binnenvaart*. Rapport. Den Haag.
- Raad voor de Transportveiligheid (2002). *Onderzoek dode hoek binnenvaartschepen*. Rapport in voorbereiding. Den Haag.
- ROSR (1995). *Reglement voor onderzoek schepen op de Rijn*. Straatsburg: Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR).
- RPR (1995). *Rijnvaart politie reglement*. Straatsburg: Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR).
- Varkevisser, J. & Boer, L.C. (2001). *Lijnverlichting op de vluchtroute in tunnels* (Rapport TM-01-C016). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.

Soesterberg, 13 november 2002



J. Varkevisser
(auteur, projectleider)

BIJLAGE 2: RESULTATENOVERZICHT DODE HOEK METINGEN

RESULTATENOVERZICHT DODE HOEK METINGEN

1. Meting met behulp van Total Stations (Amsterdam)

Vaarwater-afkorting en nummer schip	Scheepstype en ladingtoestand	Scheeps-lengte (meter)	Ooghoogte roerganger (meter)	Hefbaar stuurhuis ¹	Hoogte barrière (meter)	Dode hoek stilliggend (meter)	Dode hoek varend (meter)
AMS 01	Ms, leeg	179 ²	4,723	N	5,105	324,080	492,433

2. Meting met behulp van DGPS (Hollandsch Diep en Amsterdam-Rijnkanaal)

Vaarwater-afkorting ³ en nummer schip	Scheepstype en ladingtoestand	Scheeps-lengte (meter)	Ooghoogte roerganger (meter)	Hefbaar stuurhuis. ⁴	Hoogte barrière	Dode hoek stilliggend (meter)	Dode hoek varend (meter)
VOL 01	Ms + bak, geladen	179 ⁵ m	8,601	J	3,058	70,4	67,5
VOL 02	Ms, leeg	38,62	3,844	N	3,376	169,9	190,2
VOL 03	Db + 2 bakken, leeg	98	9,442	J	6,953	194,7	194,1
VOL 04	Db + 2 bakken, leeg	95	6,740	J	5,610	436,5	431,5
VOL 05	Ms, geladen (containers)	79,94	8,075	J	6,956	309,5	272,9
VOL 06	Geen data						
VOL 07	Ms, leeg	110	6,149	J	4,163	173,2	188,7
VOL 08	Ms, leeg	67	5,541	N	5,119	444,9	479,5
VOL 09	Ms, leeg	73	5,646	N	3,932	110,8	115,7
VOL 10	Ms, leeg	91,36	7,037	J	4,819	153,5	160,2
VOL 11	Ms, leeg	86	6,302	J	4,052	102,4	106,4
VOL 12	Ms, leeg	80	5,808	N	4,600	214,4	217,4
VOL 13	Ms, leeg	104,97	6,425	J ⁶	3,962	119,0	122,6
VOL 14	Ms, leeg	110	6,488	J	5,409	410,4	464,4
VOL 15	Ms, leeg	105	5,954	J ¹⁵	4,242	201,4	208,1
VOL 16	Ms, leeg	110	6,326	J	5,176	371,9	417,1
VOL 17	Ms, geladen (containers) ⁷	84,92	5,523	J ¹⁵	4,120	159,4	192,3
VOL 18	Ms, leeg	108,9	7,299	J	5,799	239,3	247,2
VOL 19	Ms, leeg	79,88	6,129	N	4,924	248,7	266,4
VOL 20	Db + 1 bak, leeg	89,85	6,484	J ¹⁵	4,342	109,0	85,6
VOL 21	Ms, leeg	79,96	5,466	N	4,258	199,3	221,0
VOL 22	Db + 2 bakken, geladen.	190,61	5,385	J	3,016	206,5	195,4
VOL 23	Ms, leeg	67	5,705	J	4,687	224,0	250,6
VOL 24	Ms, leeg	80,09	5,229	N	3,980	208,4	223,5
VOL 25a ⁸	Ms,	54,88	4,069	N	4,169 ⁹	∞	∞
VOL 25b	Ms, leeg	54,88	4,670	N	4,467 ¹⁰	403,1	483,1
VOL 26	Geen data						
VOL 27	Ms, leeg	49,46	4,203	N	3,745	263,2	361,1
VOL 28	Db + 2 bakken,	100,5	5,947	J ¹¹	4,144	166,3	173,0

- 1 De meting is, tenzij anders vermeld, verricht met het stuurhuis in maximaal geheven toestand.
- 2 Bij duwstellen is de totale lengte van de eenheid vermeld.
- 3 AMS = Amsterdam; VOL = Volkeraksluizen; ARK = Amsterdam-Rijnkanaal; DF = Boven Merwede/Waal
- 4 De meting is, tenzij anders vermeld, verricht met het stuurhuis in maximaal geheven toestand.
- 5 Bij duwstellen is de totale lengte van de eenheid vermeld.
- 6 Het stuurhuis stond niet in de hoogste stand. Het schip was uitgerust om containers te vervoeren, maar was tijdens de meting niet maximaal hoog beladen.
- 7 Twee lagen containers van maximaal drie containers breed.
- 8 Het schip had constructiedelen (gewicht 304 ton) geladen. De roerganger zat op een stoel op het stuurhuisdak. Bij situatie VOL 25a is de ooghoogte vanaf de 'normale' plaats in het stuurhuis genomen, geen rekening houdend met de zichtbeperkende lading. Door de trim (achterover) is de dode hoek oneindig. In situatie VOL 25b is als meetpunt de roerganger en de lading genomen.
- 9 Barrière is het dekhuis op het voorschip.
- 10 Barrière is de lading constructiedelen.
- 11 Aanvankelijk voer de schipper met het stuurhuis niet in de maximale hoogte. Allereerst is het duwstel in deze positie gemeten. De dode hoek bleek stilliggend 1067,4 meter. Op verzoek van de onderzoekers is

	leeg						
<i>Vaarwater-afkorting en nummer schip</i>	<i>Scheepstype en ladingtoestand</i>	<i>Scheeps-lengte (meter)</i>	<i>Ooghoogte roerganger (meter)</i>	<i>Hefbaar stuurhuis¹²</i>	<i>Hoogte barrière (meter)</i>	<i>Dode hoek stilliggend (meter)</i>	<i>Dode hoek varend (meter)</i>
VOL 29	Ms, restlading ¹³	65,82	5,038	N	4,044	204,6	209,6
VOL 30	Ms, geladen (containers) ¹⁴	108,5	11,172	J ¹⁵	7,580	156,8	157,8
VOL 31	Ms, leeg	84,87	6,273	J	4,792	161,5	165,1
VOL 32	Ms, leeg	50,08	5,078	N	4,297	171,0	188,5
VOL 33	Ms, leeg	70	5,621	J	4,271	167,5	178,1
VOL 34	Ms, leeg	86	7,080	J	5,338	196,2	210,6
ARK 01	Ms, leeg	69,91	5,131	N	4,129	220,6	237,8
ARK 02	Ms, leeg	80	5,091	J	3,796	205,5	249,4
ARK 03	Ms, leeg	73,94	4,810	N	4,077	352,0	413,0
ARK 04	Ms, leeg	55	4,442	N	3,508	205,0	235,2
ARK 05	Ms, leeg	49,9	4,993	N	3,836	137,5	157,9
ARK 06	Ms, leeg ¹⁵	49,97	4,175	N	3,608	224,5	338,8
ARK 07	Ms, leeg	110	6,441	J	4,649	260,6	386,0
ARK 08	Ms, leeg	63	5,319	J ¹⁵	3,949	137,7	151,9
ARK 09	Ms + bak, leeg	186,5	7,056	J ¹⁶	5,088	383,4	385,7
ARK 10	Geen data						
ARK 11	Ms, leeg	61	4,048	J ¹⁵	2,948	138,7	146,7
ARK 12	Ms, geladen	80	4,998	N	3,504	160,0	158,7
ARK 13	Ms, geladen	67,2	2,987	N	2,038	86,8	83,6
ARK 14	Ms, leeg	67	4,869	J	3,712	155,9	167,2
ARK 15	Db + 4 bakken, geladen	185	7,261	N	1,748	¹⁷	49,3
ARK 16	Ms, leeg	67	4,662	N	3,605	177,1	178,8
ARK 17	Ms + bak, leeg	190	7,072	J ¹⁸	6,292	406,8	1654,3 ¹⁹
ARK 18	Ms, leeg	110	6,901	J	4,976	68,0	73,9
ARK 19	Nummer niet gebruikt						
ARK 20	Ms, leeg	85	5,716	J	4,916	433,1	517,0
ARK 21 ²⁰	Patrouille-vaartuig	14,95					
ARK 22	Ms, leeg	110	6,576	J	5,332	413,8	420,7
ARK 23	Ms + bak, leeg	186,5	6,521	J ¹⁵	3,936	256,2	²¹
ARK 24	Ms, leeg	105	6,719	J	5,163	78,2	78,2
ARK 25	Ms, leeg	67	4,796	N	3,831	231,3	237,2
ARK 26	Geen data						
ARK 27	Ms, leeg	55,5	4,268	N	4,005	693,7	810,8
ARK 28	Ms, leeg	82,27	5,166	J	4,178	246,4	253,5
ARK 29	Ms, leeg	50	5,111	N	3,765	100,0	113,6
ARK 30	Ms, leeg	50	3,860	N	3,680	786,6	1054,6
ARK 31	Geen data						
ARK 32	Ms, leeg	80	5,033	N	3,991	244,8	257,4
ARK 33	Db + 2 bakken,	95	6,864	J ¹⁵	4,983	193,2	192,8

het stuurhuis maximaal geheven (0,925 m hoger). De vermelde waarden zijn met maximaal geheven stuurhuis.

12

De meting is, tenzij anders vermeld, verricht met het stuurhuis in maximaal geheven toestand.

13

Het schip had een restlading van circa 80 ton (laadvermogen 694 ton) in de tanks 4 (totaal 2 x 5 tanks).

14

Drie lagen containers van maximaal vier containers breed.

15

Het schip had in het achterruim circa 5000 liter waterballast.

16

Het motorschip was uitgerust om containers te vervoeren. Het stuurhuis werd echter in nagenoeg de laagste stand gevoerd. Er was geen gelegenheid een derde meting met geheven stuurhuis te doen.

17

Om logistieke reden (geen team beschikbaar) kon het duwstel alleen varend gemeten worden.

18

Het motorschip was uitgerust met een hefbaar stuurhuis dat hoge lading, zoals containers, mogelijk maakte. De schipper voer met het stuurhuis in nagenoeg de laagste stand zowel op snelheid als ook tijdens het manoeuvreren in de omgeving van de sluis. Allereerst is het duwstel in deze stuurhuispositie gemeten. Stilliggend bleek de dode hoek 1273 meter, varend 1654 meter. Op verzoek van de onderzoekers is vervolgens het stuurhuis maximaal geheven en de dode hoek gemeten (1,591 m hoger).

19

Met geheven stuurhuis is het schip uitsluitend stilliggend gemeten. Zie ook ²⁵.

20

Het gemeten schip betreft een patrouillevaartuig van RWS. De verkregen waarden zijn voor het onderzoek niet relevant.

21

Om personele reden (geen team beschikbaar) is alleen stilliggend gemeten.

	leeg						
Vaarwater-afkorting en nummer schip	Scheepstype en ladingtoestand	Scheeps-lengte (meter)	Ooghoogte roerganger (meter)	Hefbaar stuurhuis. ²²	Hoogte barrière (meter)	Dode hoek stilliggend (meter)	Dode hoek varend (meter)
ARK 34	Ms, leeg	62	4,885	N	4,178	263,6	290,5
ARK 35	Niet gebruikt						
ARK 36	Ms, leeg	83	5,236	N	4,964	1155,9	1518,1
ARK 37	Niet gebruikt						
ARK 38	Ms, leeg	63	5,730	N	4,196	144,3	153,3

3. Meting met behulp van Digitale fotometrie (Boven Merwede en Waal)

Nummer schip	Scheepstype en ladingtoestand ²³	Scheeps-lengte	Positie barrière ²⁴	Hefbaar stuurhuis.	In hoogste stand?	Dode hoek
DF 01	Container 3 (4) hc	135	1	J	N	290
DF 02	Container 4 (4) 2hc	110	1	J	N	450
DF 03	Container 3 (4)	110	2	J	N	465
DF 04	Container 4 (4)	110	1	Ja	J	750
DF 05	Container 3 (4)	110	3	J	N	1000
DF 06	Container 4 (4) hc	186,5 ²⁵	3	J	J	900
DF 07	Container 3 (4)	110	250	J	N	250
DF 08	Db + 4 lege bakken	192	Voorste bak	N		110
DF 09	Ms, leeg	60	Voorschip	N		135
DF 10	Ms + bak, leeg	172	Voorste bak	N		240
DF 11 ²⁶	Container 4 (4)	110	1	J	N	450
DF 12	Container 4 (6)	135	3	J	N	550
DF 13	Container 2 (3)	85	1	N		140
DF 14	Container 5 (6)	135	1	J	N	550
DF 15	Container 4 (4)	110	1	J	N	650
DF 16	Container 4 (4)	110	1	J	J	250
DF 17	Container 3 (3)	86	1	J	J	240
DF 18 ²²	Container 2 (4)	186,4	1	J	N	350
DF 19	Container 4 (3) 2xhc	105	1	J	J	280
DF 20	Container 4 (6) 4hc	135	3	J	J	260
DF 21	Container 2 (2)	85	1	N		430
DF 22	Container 4 (4) 2hc	125	3	J	N	550

²² De meting is, tenzij anders vermeld, verricht met het stuurhuis in maximaal geheven toestand.

²³ Aangegeven is de hoogte in lagen containers van de voor de dode hoek bepalende barrière (Tussen haakjes staat de maximale laadbreedte in containers. Dit is vaak ook de maximale laadhoogte). Als een High Cube-container deel uit maakt van de bepalende barrière staat 'hc' vermeld.

²⁴ Op containerschepen worden de posities in TEU (Twenty foot equivalent unit) genummerd vanaf het voorschip.

²⁵ Voor het motorschip was een eveneens met containers geladen duwbak gekoppeld. De barrière bevond zich op de duwbak.

²⁶ Het schip betreft een zeeschip dat echter tevens een binnenvaart CvO bezit.