

Aanbevelingen Scheepvaartseinen

15 Maart 2008.

In opdracht van: Willem Zandvliet
Programmamanager Energie RWS
Bouwdienst RWS
Afd. SWI
T: 088 797 3489
Willem.Zandvliet@RWS.nl
www.Led2.org

Door: TJTP van den Berg
Nederlands Instituut voor Neurowetenschappen
Koninklijke Academie voor wetenschappen
Meibergdreef 47, 1105 BA Amsterdam
T: 020 5665185?
www.nin.nl
t.j.vandenberg@nin.knaw.nl

Dit rapport betreft een vervolgonderzoek voor Rijkswaterstaat naar de lichtwaardes van scheepvaartseinen. Het eerste onderzoek betrof klachten van schippers over verblinding door scheepvaartseinen. Zie het rapport “Rapportage Klachtenonderzoek Schippers Signaallichten” d.d. 15 November 2007, gepubliceerd via website www.led2.org. In dat rapport werd geconstateerd dat de klachten veelal terecht waren en begrepen kunnen worden als het gevolg van sein-lichtsterktes die voor de betreffende omstandigheden te hoog zijn in relatie tot de normale verblindingsgevoeligheden van het menselijke oog. Opmerkelijk was dat veelvuldig de lichtsterktes veel hoger waren dan de door Rijkswaterstaat zelf aanbevolen waardes. Deze gevallen leiden tot de meest ernstige klachten, maar hierdoor werd een goed zicht op de “optimale” lichtwaardes ontnomen. Een andere belangrijke conclusie van het eerste onderzoek was namelijk dat de waarneming van de schippers zelf een zeer belangrijke bron van informatie is. Het was duidelijk dat hierdoor van onderrapportage sprake was. Als gevolg heeft Rijkswaterstaat verzocht het huidige onderzoek in te stellen naar (verbetering van) de aanbevelingen voor de te gebruiken lichtwaardes door:

- (I) In vervolg op het eerste onderzoek een meer volledig beeld te vormen van de verblindingsproblematiek, onder andere door veldonderzoek in te stellen en nachttochten te maken.
- (II) Onderzoek in te stellen naar het effect van de veranderingen die door sommige beheerders in respons op ons onderzoek worden aangebracht.
- (III) Een analyse van visuele en lichttechnische aspecten om te komen tot aanbevelingen voor de praktijk.
- (IV) Een korte rapportage.

Tussen november 2007 en januari 2008 zijn een groot aantal objecten nader onderzocht. Met beheerders zijn verbeteringen besproken, en bij een 40-tal objecten ook uitgevoerd. Aan de schippers is gevraagd de situaties nader te beoordelen.

CONCLUSIE Er is een grote verbetering bereikt doordat veel van de meest ernstige gevallen in lichtwaarde teruggebracht zijn. Er is nu nog een geringer aantal ernstige situaties, en voorts een groot aantal minder ernstige situaties. De gevonden gegevens zullen niet herleidbaar tot schippers, instanties, werknemers, fabrikaten etc. worden weergegeven.

Aanbevelingen: (1) De aanbevolen lichtsterktes voor de nacht kunnen enigszins verlaagd worden (in het rapport set C genoemd). (2) Belangrijk is het toepassen van goede schemerschakelingen. (3) De meeste winst voor de praktijk valt te verwachten van feitelijke toepassing van de aanbevelingen, dus sterkere regievoering vanaf de centrale organisatie. (4) Meer aandacht moet besteed worden aan de uitvoering van de invaartopeningen van kunstwerken (aanlichting, reflectantie, oriëntatielichtjes). (5) De (fotopische) lichtsterkte van de groene seinen mag niet hoger zijn dan die van de rode seinen. (6) Zonnekleppen en achtergrondsschilden blijven vanwege de lagere sein-lichtsterktes in de scheepvaart van belang. (7) de hoekafhankelijkheid moet beperkt worden tot halfwaardes van ongeveer 10 graden horizontaal en 5 graden verticaal.

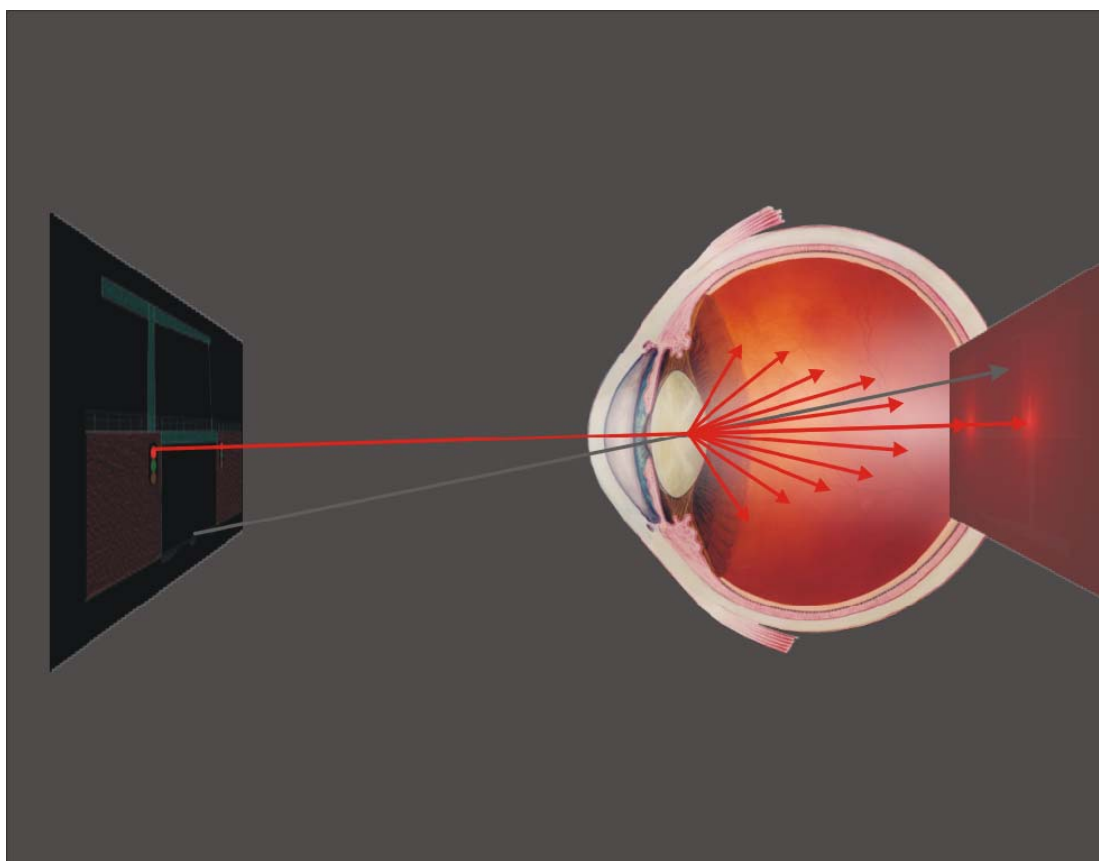
ENGLISH SUMMARY The Dutch governmental organization responsible for waterways (RijkswaterStaat) has been confronted with complaints that signal lights

can be blinding, leading to dangerous situations. Because of the safety issue involved a study was commissioned to investigate and explain the phenomenon, leading to an earlier report which concluded that the complaints could be understood on the basis of scientific knowledge on characteristics of the normal human eye (published at www.led2.org). Moreover, installation values of the signal lights proved often to be too high compared to recommended values. Local officials responsible from the managerial as well as the technical side have little awareness of these issues. The present report considers new recommendations, and concludes that the earlier recommendation (50-25 cd at night) can be lowered to (at night) 25-10 cd. Other recommendations include: the use of adaptive night/day switching, visibility improvements of the entrance side of bridges and sluices, green signal lights must be weaker than the fellow red light, sunshields and background shields are to be used, the angular characteristic of the signal lights must not be wider than 10 x 5 degrees. The results of this study will be presented anonymously.

RAPPORTAGE

Recapitulatie voorgaand onderzoek “Rapportage Klachtenonderzoek Schippers Signaallichten” d.d. 15 November 2007, gepubliceerd via website www.led2.org.

Verblindingsverschijnselen worden verklaard door het effect van onzuivere beeldvorming in het oog. Bij zuivere beeldvorming zou het licht van een bron, zoals het scheepvaartsein, op slechts één plaats van het netvlies terecht komen. Echter, omdat het lensstelsel in het oog opgebouwd is uit biologisch materiaal wordt het licht niet zuiver afgebeeld, maar wordt een deel van het licht verstrooid. Dit leidt ertoe dat de waarnemer rond een heldere lichtbron een lichtwaas gewaar wordt die van de lichtbron lijkt uit te gaan. Als de helderheid van deze lichtwaas groter is dan die van de objecten die zich op dezelfde plaats als de lichtwaas bevinden, dan kunnen deze objecten slechter, of eventueel in het geheel niet worden waargenomen. Men spreekt dan van verblinding. Het gaat dus om de *verhouding* tussen **(A) de helderheid van de objecten of de achtergrond**, en de lichtwaas. De lichtwaas wordt bepaald door 2 factoren. **(B) De mate waarin licht in het oog verstrooid** wordt en **(C) de lichtsterkte van de lichtbron (het scheepvaartsein)**.



(A) Helderheid van waar te nemen objecten en achtergrond

De helderheid van de door schippers waar te nemen objecten en achtergrond varieert buitengewoon sterk over de dag. De klachten beperken zich echter vrijwel tot het lage

uiteinde van de helderheidsschaal die in Nederland voorkomt. Dat wil zeggen de donkerste delen van Nederland, en de donkerste tijd van de dag. Als min of meer goed gedefinieerde condities mogen een heldere maanloze hemel dienen, of een volle maan, waarbij de aarde verlicht wordt met “illuminanties” van respectievelijk 0.01 lux en 0.25 lux. Het verschil met overdag is enorm groot (100.000 lux bij heldere hemel, 20.000 lux bij bewolking, maar zeer variabel). Uitgaande van relatief donker gekleurde objecten zoals vaartuigen, remmingswerken, brugdelen, etc. en idem achtergronden zoals het wateroppervlak en akkers met een reflectantie rond de 10% leidt dit tot helderheidswaardes van respectievelijk 0.0003 cd/m² en 0.008 cd/m². Met bewolking kunnen deze waardes nog aanzienlijk lager zijn.

Voorzieningen kunstwerken. In de huidige aanbevelingen (Richtlijnen vaarwegen 2005, pp 80-81 en p 103) staat dat verticale vlakken van de invaartopening van sluisen en vaste bruggen aangelicht zouden moeten worden met 7-3.5 lux. In de praktijk is echter slechts een klein aantal gevallen van aanlichting aangetroffen. Een enkele keer waren brugpijlers van oriëntatielichtjes voorzien. Dergelijke voorzieningen zijn zeer effectief om de verblindingshinder voor wat betreft het beoordelen van de invaart terug te dringen. De uitvaart kan echter benadeeld worden. In de betreffende aanbeveling is een niet erg veel beter getal van 3.5 lux voor de uitvaart opgenomen. Aanlichting van de uitvaart zijde kan waarschijnlijk geheel achterwege blijven.

Het is sterk aan te bevelen de zichtbaarheid van de invaart te verbeteren door de verticale vlakken goed reflecterend te maken. In voorkomende gevallen kan verdere verbetering bereikt worden door extra oriëntatie-objecten aan te brengen, zoals de eerder gemelde lichtjes. Een effectieve voorziening kan bestaan in een visuele verlenging van de invaart opening in verticale richting bijvoorbeeld door middel van een - zoals in de praktijk geconstateerde - rood-wit geblokte paal (landmeterpaal). Dergelijke voorzieningen dienen symmetrisch aangebracht te worden, anders kan een desoriëntatie effect ontstaan.

Aan de uitvaart zijde is de schipper noodzakelijkerwijze aangewezen op het licht zoals het uit de omgeving zich voordoet. Hier ontstaat vaak het “zwarte gat” effect zoals bekend is van tunnelingangen. Door de helderheid die het gat omgeeft is dan niets in het gat zelf waar te nemen. Dit effect hangt sterk af van de grootte van het gat in relatie tot de omgeving. Hier geldt een eenvoudige benaderende schaalwet ingeval de lichtverstrooiing voldoet aan formule (2) hieronder. Zie voor de achterliggende fysica referentie vdBergOVS1995. Dan is de “equivalente luminantie” in het midden van de doorvaart opening gelijk aan:

$$(\text{Luminantie van de omgeving}) \times (\text{grootte van de verlichte omgeving}) \times s \times 0.0044 \quad (1)$$

Waarbij de grootte van de verlichte omgeving gegeven wordt door de de (relatieve omtrek vermenigvuldigd met de logaritme van de verhouding tussen buitendiameter en binnendiameter. Bijvoorbeeld: Bij een doorvaart opening van 10 meter breedte, die een verlichte omgeving heeft van 5 meter breed bij 2 x 90 graden hoog wordt de (grootte van de verlichte omgeving) = $\frac{1}{2} \log (20/10) = 0.15$. Het midden van de doorvaartopening heeft dan een equivalente luminantie van 0.66% van de omgevingsluminantie. Ingeval de omgeving met 7 lux wordt aangelicht, en een reflectantie heeft van 30%, is de luminantie van de omgeving = $0.3 \times 7 / 3.14 = 0.7$

cd/m². De equivalente luminantie in het midden van de doorvaartopening is dan 0.004 cd/m². Alleen bij volle maan zou dit niet storend zijn.

Aandacht dient geschonken te worden aan afscherming van de ruimteverlichting in zijwaartse richting. Veelvuldig is waargenomen dat straatverlichting, maar ook terreinverlichting van b.v. fabrieken tot ernstige verbindingshinder voor schippers kan leiden.

(B) De mate waarin licht in het oog verstrooid wordt

In alle ogen vindt lichtverstrooiing plaats, ook in de allerbeste. De sterkte van lichtverstrooiing wordt uitgedrukt in de strooilichtparameter s . Alle onderzochte schippers bleken voor de (middelbare) leeftijd normale waarden te hebben van rond de $s=10$. De verblindende helderheid die uitgaat van een lichtbron is een functie van de afstand tot de lichtbron zoals die zich aan het oog voordoet (hoekafstand θ in graden) en wordt uitgedrukt als “equivalente luminantie”:

$$\text{Verblindende helderheid} = L_{\text{eq}} = E_{\text{bl}} \times s / \theta^2 \quad \text{cd/m}^2 \quad (2)$$

Waarbij E_{bl} de verlichtingssterkte (illuminatie) van de verblindende bron op het oog weergeeft, uitgedrukt in lux.

(C) de sterkte van de lichtbron (het scheepvaartsein)

De sterkte van lichtbronnen wordt weergegeven in candela's (cd), en in dit rapport aangegeven met I_{bl} . Hieronder worden 3 potentiële sets van aanbevolen waarden beschouwd; respectievelijk set A, B en C. Set A is overgenomen uit “Richtlijnen Scheepvaarttekens 1999” pagina 38. Helaas was het document (waarschijnlijk van 70er jaren) waarop deze set gebaseerd geweest is niet meer via Rijkswaterstaat te achterhalen.

Tabel A

Categorie Lengte schepen Ooghoogte schipper	Max. herkenbaarheids Afstand lensdiameter	Zicht conditie	overdag	's nachts
			lichtsterkte I_{bl}	Lichtsterkte I_{bl}
I 0-30 meter Ca. 4 meter	210 meter 25 cm	Helder	100 cd	1 cd
		Regen	150 cd	1,5 cd
		Mist	180 cd	2 cd
II 30-100 meter Ca. 7 meter	700 meter 35 cm	Helder	1000 cd	10 cd
		Regen	5000 cd	50 cd
		Mist	9000 cd	90 cd
III 100-200 meter Ca. 10 meter	1400 meter 35 cm	Helder	4000 cd	40 cd
		Regen	*	1500 cd
		Mist	*	2600 cd

Tabel B: Op de site www.led2.org worden als waardes in het weg- en scheepvaartverkeer genoemd.

Wegverkeer en mist scheepvaart		$I_{bl} = 400 - 1000 \text{ cd}$
Scheepvaartverkeer	overdag	$I_{bl} = 100 - 200 \text{ cd}$
Scheepvaartverkeer	's nachts	$I_{bl} = 25 - 50 \text{ cd}$

Tabel C: Inmiddels wordt echter voor de led2 site overwogen sommige aanbevolen waardes te verlagen naar:

Wegverkeer en mist scheepvaart		$I_{bl} = 400 - 1000 \text{ cd}$
Scheepvaartverkeer	overdag	$I_{bl} = 50 - 100 \text{ cd}$
Scheepvaartverkeer	's nachts	$I_{bl} = 10 - 25 \text{ cd}$

Bij vergelijking van deze tabellen valt op dat in de oude set (A) het verschil tussen dag en nacht met een factor 100 veel groter is dan bij de 2 meer recente sets (een factor 4 – 5). Het natuurlijke verschil in lichtniveau tussen dag en nacht is echter nog veel groter (zie sectie A). In de oude set zijn voorts een paar eigenaardigheden te zien waarin misschien herkent moet worden hoe de opstellers geworsteld hebben om theoretische bespiegelingen en de praktijk met elkaar te verbinden. Een van de conclusies van het voorgaande rapport en ook van het huidige onderzoek was dat praktijkwaarneming (door de schippers) een belangrijke rol moet spelen, mits met de nodige deskundigheid beschouwd.

Differentiatie tussen de seinkleuren. Bij sluizen en beweegbare bruggen betroffen de klachten vooral de groene seinlichten. Bij vaste bruggen heeft men met gele onderdoorvaartlichten te maken. Een groot deel van de scheepvaartseinen waarover klachten ontvangen zijn bleken hoger te zijn afgesteld dan de in tabel B genoemde waardes. In de praktijk heeft men wat dit betreft met de groene en gele lichten te maken. Bij rood licht immers vindt geen doorvaart plaats en is de potentiële verblindende werking minder belangrijk. Het is wel zinvol dat het rode licht op grote afstand gezien kan worden. De klacht betreffende de groene lichten was tweërlei: enerzijds verblinding, anderzijds is gebleken dat wanneer rood en groen tegelijk aanstaan, soms het rode licht niet meer gezien werd vanwege overstraling door het groene licht. Dit levert extra gevaar op omdat dan de foutieve indruk ontstaat dat de doorvaart is vrijgegeven.

Het valt dus aan te bevelen om te differentiëren tussen rood licht enerzijds en groen danwel geel licht anderzijds. Het groene en gele licht zou ongeveer 2 keer zwakker gekozen kunnen worden in vergelijking met het rode licht. In ieder geval moet het groene licht nooit sterker zijn dan het rode licht (zoals veelvuldig aangetroffen, bij een fabrikaat zelfs 4x). Hierbij geldt voorts de volgende overweging.

Purkinje effect. De kleurgevoeligheid van het menselijke oog is 's nachts niet hetzelfde als overdag. Overdag is het oog gevoeliger voor het rode deel van het kleurspectrum, 's nachts voor het groene deel van het kleur spectrum. In dit rapport en ook in de NEN en Rijkswaterstaat stukken wordt (impliciet) uitgegaan van de ooggevoeligheid zoals die overdag geldt. 's Nachts verschuift de balans echter waardoor de verblindingseffecten van het rode licht veel minder belangrijk zijn dan die van het groene of gele licht. In de lichtmeetkunde (photometrie) komt dit verschil

tot uitdrukking in het bestaan van 2 meetsystemen, een fotopisch (voor zien met het kegeltjessysteem, overdag) en een scotopisch (voor zien met het staafjessysteem, 's nachts). Als regel wordt uitgegaan van het fotopische meetsysteem, hetgeen dan zonder nadere aanduiding gebeurt. Toepassing in gevallen van lage helderheid kan echter tot grote fouten leiden.

Differentiatie invaart-uitvaart seinen. Bij sluizen heeft men behalve met invaart ook met uitvaart seinen te maken. De uitvaartseinen worden doorgaans op dezelfde manier uitgevoerd als de invaartseinen. Dit is (zie de beschouwing in sectie A) niet aan te bevelen. Ten eerste hoeven de uitvaartseinen niet op grote afstand herkent te kunnen worden. Bovendien moet de schipper bij de uitvaart de donkerte invaren. Aanbevolen kan worden de uitvaartseinen tot een factor 10 zwakker te maken.

Zonneklep/achtergrondsschild. Met de invoering van ledseinen zijn sommige fabrikanten ertoe overgegaan de zonneklep weg te laten of tot minuscule proporties terug te brengen. Het argument is dat door afwezigheid van de spiegel (ook wel blaker genoemd) instraling van de zon minder fantoomeffect teweeg brengt. Dit argument is op zich juist, maar geldt voor de (veel) lagere waardes zoals die afhankelijk van alle beschouwingen in dit rapport in de scheepvaart aan de orde zijn veel minder. Er moet geschipperd worden tussen verblindingsproblemen en goede zichtbaarheid op afstand. Hierdoor zal in sommige gevallen de zichtbaarheid op afstand beperkt zijn. Een zonneklep en goed achtergrondsschild verbeteren de herkenbaarheid dan aanzienlijk. Het verdient dus aanbeveling in de scheepvaart als regel goede zonnekleppen en achtergrondsschilden toe te passen.

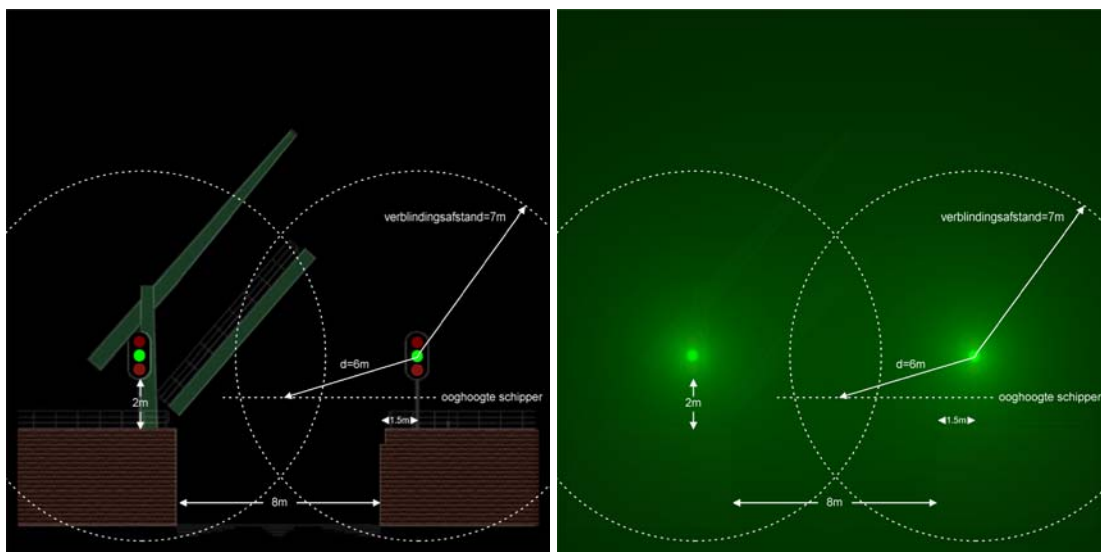
Hoekafhankelijkheid. De opgegeven sterktes betreffen sterktes zoals gezien in de gebruikelijke richting van de waarnemer, recht vooruit dus. Als de positie van de waarnemer verandert, zoals bij een schipper die een kunstwerk nadert, verandert als regel ook de hoek waaronder het sein gezien wordt en daardoor de waargenomen sterkte. Alle scheepvaartseinen voldeden volgens de specificaties aan geldende normen (NEN 12368 en NEN 3322) voor een wijde bundel, dat wil zeggen dat de lichtsterkte tot de helft afneemt bij een horizontale hoek van ongeveer 11 en een verticale hoek van ongeveer 6 graden, waarbij grotere waardes voor deze hoeken zijn toegestaan. Bij een fabrikaat werd bewust voor een grotere hoekspreiding gekozen. Het is echter de vraag of dit gunstig is. Verblinding hangt direct af van de hoeveelheid licht die op het oog valt. Bij nadering van een sein neemt dit kwadratisch toe met de reciproke van de afstand tot het sein, maar omdat de hoek waaronder het sein gezien wordt ook verandert, blijft het verblindend effect min of meer constant. (zie sectie D). Echter, bij een nauwe richtkarakteristiek is er een 3^{de} effect. Dan vermindert bij nadering de hoeveelheid licht die in de richting van het oog wordt uitgezonden, en dus *vermindert* dan het verblindingseffect. Met andere woorden, een nauwe richtkarakteristiek kan nuttig gebruikt worden om 2 schijnbaar onverenigbare wensen te verenigen: goede zichtbaarheid op afstand, maar weinig verblinding dichtbij. Het verdient dus aanbeveling om minder vrijheid in de richtkarakteristiek toe te staan. De huidige halfwaardes van 11 graden horizontaal en 6 graden verticaal lijken geen slechte keuze, gezien de spreiding in nauwkeurigheid van de montage en in de asrichtingen van de vaarwegen.

Dag/nacht schakeling. In de praktijk zijn 4 soorten dag/nacht schakeling aangetroffen: handmatig, tijd klok, schemerschakelaar en toonpuls. De tijd klok heeft een belangrijk nadeel omdat begin en eind van de werkelijke dag over het jaar heen 4.5 uur verschuift. Het is gebruikelijk de tijd klok vast op een dag van ongeveer 12 uur te zetten, dus (wintertijd) 6 – 18 uur of rekening houdend met de asymmetrische ligging van de dag op onze lengtegraad op 6:30 – 18:30 of 7-18 uur. Hierdoor wordt het verblindingsprobleem dat de schippers toch al in de winterperiode ervaren ernstig versterkt in de vroege ochtend en late middag. Het verdient sterke aanbeveling uitsluitend van over het jaar glijdende schakeling gebruik te maken, dus schemerschakeling of toonpuls (handmatig komt weinig meer voor). Bij schemerschakeling wordt als grenswaardes wel 40 lux gebruikt (in noordelijke richting). De preciese waarde doet er niet zo veel toe omdat de dag-nacht overgang zeer stijl verloop: een factor 2 in lux waarde per 5 a 10 minuten. Denkbaar zou zijn op geavanceerdere manier met meting van het omgevingslicht om te gaan, door de sterkte van de seinlichten op continue wijze aan te passen aan de waarde van het omgevingslicht. Met de huidige Led technologie zou dit in principe niet moeilijk zijn.

(D) grootte van het verblindingseffect

Allereerst wordt hier in verkorte vorm de beschouwing weergegeven uit het vorige rapport. De op het oog vallende lichthoeveelheid hangt af van de afstand D (in meters; hier benaderd met de afstand tot het midden van de doorvaart) van waarnemer tot lichtbron: $E_{bl} = I_{bl} / D^2$. Maar ook de bovengenoemde verblindingshoek θ hangt van D af. In het resultaat voor het verblindings effect volgens formule (2) valt D weg, en komt d (de afstand tussen sein en het midden van de doorvaart ter ooghoogte van de schipper) in de plaats:

$$\text{Verblindende helderheid} = L_{eq} = E_{bl} \times s / \theta^2 = I_{bl} \times s / (dx180/\pi)^2 \quad \text{cd/m}^2 \quad (3)$$



Figuur 2. Gefingeerd voorbeeld van een verblindings situatie bij een brug.

Dus het gebied dat voor de schipper onzichtbaar is blijft bij nadering van het kunstwerk min of meer constant (in meters). Het gebied wordt pas weer zichtbaar als de schipper zo dicht genaderd is dat de hoek waaronder het scheepvaartsein door de schipper gezien wordt groter is dan de boven genoemde halfwaardehoek. Dit vindt plaats op de afstand $D = (dx180/\pi)/\text{halfwaardehoek}$. Uitgaande van de aanbevolen waarde voor de halfwaardehoek van ongeveer 10 graden en van $d = 8$ meter wordt dit $D = 46$ meter. Bij lagere waarden dan $d = 8$ wordt deze afstand navenant kleiner. Voor onderdoorvaartlichten werden de kleinste afstanden gevonden tussen oog en licht, tot slechts 2 meter of minder. Bij $d = 2$ meter volgt een $D = 9.5$ meter. Eén fabrikant geeft ± 30 graden als breedte van de bundel aan. Dit geeft bij $d = 8$ voor $D = 15$ meter.

Zoals gemeld hangt het verblindende effect sterk af van de helderheid van de waar te nemen objecten en achtergrond, en neemt de verblindende helderheid sterk af met de afstand tot de lichtbron. Op welke afstand houdt deze helderheid in de praktijk op met verblindend te zijn? Aangenomen mag worden dat van ernstige hinder sprake is als beide helderheden hetzelfde zijn. Dus als L_{eq} gelijk is of meer dan de achtergrondshelderheid. Als dat het geval is, heeft de gevoeligheid van het oog een factor 2 ingeboet ten opzichte van de uitgangssituatie zonder verblindende lichtbron. Het aldus gedefinieerde verblindingsgebied heeft een straal r die door inversie van formule (3) berekend kan worden. In de tabel hieronder is deze afstand weergegeven voor de twee boven benoemde nachtsituaties (volle maan en maanloze hemel) voor de drie boven benoemde sets A, B en C.

$$\text{Verblindingsafstand } r = \pi/180 \sqrt{(I_{bl} \times s / \text{omgevingshelderheid})} \quad (4)$$

strooilicht parameter s = 10				
aanbevelingsset	I _{bl} 's nachts (cd)	d (meter)	verblindingsafstand	
			volle maan (meter)	maanloos (meter)
A Richtlijn Scheepvaarttekens 1999 Cat I	1	2 - 8	1	3
A Richtlijn Scheepvaarttekens 1999 Cat II	10	2 - 8	2	10
A Richtlijn Scheepvaarttekens 1999 Cat III	40	2 - 8	4	20
B www.led2.org	37.5	2 - 8	4	20
C concept nieuwe led2 aanbeveling	17.5	2 - 8	3	13

Slotbeschouwing

Evenals bij het voorgaande rapport moest in deze rapportage gewerkt worden met getallen waaraan onzekerheden kleven, met name wat betreft helderheden van de waar te nemen objecten en achtergronden. Omdat deze rapportage over aanbevolen waarden gaat kleven geen onzekerheden aan de aangenomen lichtsterktes van de seinlichten en hun afstanden tot de doorvaartopening. Gezien de onzekerheden zijn persoonlijke observaties relatief belangrijk, maar wel gesteund door het

wetenschappelijke rekenwerk zoals gepresenteerd in dit rapport. Een kantekening dient ook gemaakt te worden voor wat betreft de grootte van de betreffelijke vaarwegen. Het onderzoek heeft zich vooral gericht op de middenklasse van vaarwegen, zoals de Twentekanal, Almelo-de Haandrik, Wilhelminakanaal, Lemmer-Delfzijl, Gelderse IJssel, etc.

Uit de tabel blijkt dat er geen nauwkeurige aanbeveling voor de lichtsterktes van de seinlichten valt af te leiden uit de daarin gepresenteerde spreiding aan omstandigheden. De tabel suggereert dat de lagere waardes van het nieuwe led2 concept te prefereren zijn. Dit betreft alleen de nachtwaardes. Gezien het enorme verschil in omgevingshelderheid tussen dag en nacht lijkt het voor de hand te liggen om de dagwaardes niet te verlagen. Toch zou hier iets voor te zeggen zijn, omdat in de praktijk de dagwaardes (onbedoeld) tijdens delen van de nacht aanstaan. Ingeval betere dag/nacht schakelingen toegepast gaan worden komt deze overweging te vervallen.

Zouden de waardes nog lager kunnen, b.v. zoals in de richtlijnen uit 1999 voor categorie I? Vanuit het oogpunt van verblinding is lager alleen maar beter, maar de zichtbaarheidsafstand komt dan in gevaar. Uit de waarnemingspraktijk is gebleken dat de voormalige led2 aanbevelingen niet te laag zijn, zowel op basis van persoonlijke ervaring als rapportages van de schippers. Er lijkt dus ruimte voor verlaging van de nachtwaardes te zijn. Het voorstel zoals in sectie A aangegeven (tabel C) wordt positief beoordeeld.

Dankwoord

Gaarne spreek ik dank uit aan de vele beheerders, technici en schippers die mij bij dit onderzoek terzijde hebben gestaan. De persoonlijke contacten en hulpvaardigheid, soms gedurende lange nachttochten zijn door mij zeer gewaardeerd.

Referenties:

Voor algemene bronnen met achtergrondinformatie over strooilicht in het menselijke oog en verblinding zie www.nin.nl groep OST (van den Berg), in het bijzonder het document "Straylight Introduction"

Aangehaalde bronnen:

Richtlijnen Vaarwegen 2005, Rijkswaterstaat

Richtlijnen Scheepvaarttekens 1999, Rijkswaterstaat

vdBergOVS1995: van den Berg TJTP: Analysis of intraocular straylight, especially in relation to age. Optometry Vision Sc. 72:52_59;1995

NEN-EN 12368 2000

NEN-EN 3322 2000