

# GEVAREN BIJ HET OMVALLEN VAN LICHTMASTEN



# gevaren bij het omvallen van lichtmasten

*Overwegingen bij het plaatsen van voor personenauto's weinig agressieve lichtmasten*



STICHTING WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK VERKEERSVEILIGHEID SWOV

POSTBUS 71 DEERNSSTRAAT 1 VOORBURG 2119

De Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV is in 1962 opgericht. Zij heeft tot taak, op grond van wetenschappelijk onderzoek, aan de overheid gegevens te leveren voor maatregelen die tot doel hebben de verkeersveiligheid te bevorderen. De uit dit wetenschappelijk onderzoek verkregen kennis wordt door de SWOV verspreid, hetzij in de vorm van afzonderlijke publikaties, hetzij in de vorm van artikelen in tijdschriften of door middel van andere communicatiemedia.

Het bestuur van de SWOV wordt gevormd door vertegenwoordigers van verschillende ministeries, van het bedrijfsleven en van belangrijke maatschappelijke instellingen.

Het bureau van de SWOV wordt geleid door ir. E. Asmussen, directeur. Het bestaat o.a. uit de afdelingen: Wetenschapsbeleid, Onderzoekcoördinatie, Projectvoorbereiding en -begeleiding, Theorievormend onderzoek Pre-crash projecten, Praktijkonderzoek Pre-crash projecten, Crash- en Post-crash onderzoek en Voorlichting.

# Inhoud

<b>Voorwoord</b>	7
<b>Ten geleide: Het onderzoek Obstakels in wegbermen</b>	8
<b>Inleiding</b>	11
<b>1. Gevaren bij het omvallen van een weinig-agressieve lichtmast</b>	12
1.1. Weinig-agressieve lichtmast	12
1.2. Vallende mast	12
1.3. Gevallen mast	12
1.3.1. Mast op de hoofdrijbaan	13
1.3.2. Mast op (brom)fietspad	13
1.3.3. Ligging van de mast	14
<b>2. Lichtmastongevallen met dodelijke afloop</b>	16
2.1. Personenauto-ongevallen met dodelijke afloop	16
2.2. Bromfietsongevallen met dodelijke afloop	18
<b>3. Overwegingen bij het plaatsen van weinig-agressieve lichtmasten</b>	19
3.1. Plaats van lichtmasten buiten de bebouwde kom	19
3.1.1. Dubbelbaansauto(snel)wegen met vluchtstrook	19
3.1.2. Dubbelbaansautowegen zonder vluchtstrook	20
3.1.3. Enkelbaansautowegen	20
3.1.4. Enkelbaanswegen met vrijliggend fietspad	21
3.1.5. Enkelbaanswegen zonder vrijliggend fietspad	22
3.1.6. Kruisingen en aansluitingen	
3.2. Plaats van lichtmasten binnen de bebouwde kom	23
3.2.1. Wegen	23
3.2.2. Kruisingen en aansluitingen	24
<b>4. Conclusies</b>	26
4.1. Algemeen	26
4.2. Het verband tussen de plaats van lichtmasten en de gevaren bij het omvallen	27
4.2.1. Buiten de bebouwde kom	27
4.2.2. Binnen de bebouwde kom	29
<b>Geradpleegde literatuur</b>	31
<b>Verwante SWOV-publicaties en rapporten</b>	32



# Voorwoord

Een deel van het SWOV-onderzoek *Obstakels in wegbermen* is gericht op lichtmasten. Deze vormen immers te vaak obstakels, waartegen ernstige botsingen plaatsvinden. Om de ernst van deze botsingen te verminderen kunnen lichtmasten worden geplaatst die van het grondstuk afschuiven of bij de voet afbreken. Een geleiderailconstructie alleen om lichtmasten af te schermen is dan niet nodig.

Een gevolg van het plaatsen van 'voor personenauto's weinig agressieve' lichtmasten is wel dat het aanrijden ervan voor andere weggebruikers gevaren kan opleveren. De mast kan weliswaar in de berm terecht komen, maar ook op de rijbaan of op een fietspad of parallelweg. Ook naar de omstandigheden waaronder dit kan gebeuren en de factoren die van belang zijn is door de SWOV onderzoek gedaan. Op grond van dit onderzoek werden overwegingen opgesteld over het al-dan-niet plaatsen langs verschillende wegtypen van weinig-agressieve lichtmasten, met het oog op het mogelijke gevaar dat deze masten kunnen opleveren als ze vallen en gevallen zijn. Hierover gaat deze publikatie. De verwerkte gegevens werden eerder besproken in de Begeleidende Overheidswerkgroep *Obstakels in wegbermen*, die ingesteld werd door de Minister van Verkeer en Waterstaat.

De publikatie is samengesteld door de projectleider van het onderzoek *Lichtmasten*, ing. C.C. Schoon en ir. A. Edelman, hoofd afdeling *Crash en Post-crash onderzoek*, in samenwerking met de afdeling *Voorlichting* van de SWOV.

Ir. E. Asmussen

Directeur Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

# Ten geleide: Het onderzoek Obstakels in wegbermen

Het onderzoek Obstakels in wegbermen is uitgevoerd opdat op basis daarvan de gelijknamige Begeleidende Overheidswerkgroep, die door de Minister van Verkeer en Waterstaat is ingesteld, aanbevelingen kan formuleren met als doel de zone naast de rijbaan zo veilig mogelijk en daardoor de kans op ongevallen of ernstige gevolgen daarvan, zo klein mogelijk te maken.

Uitgangspunt bij het creëren van een zo veilig mogelijke berm is dat het voertuig van de weg afraakt en in de berm terecht komt. Getracht moet worden de berm zodanig in te richten dat in dergelijke gevallen de kans op een letselongeval zo gering mogelijk is. Gevaarlijke objecten zoals palen en bomen, maar ook (steile) taluds, dienen op een zodanige wijze in de berm te worden ingepast dat de aanwezigheid ervan zo weinig mogelijk risico oplevert voor van de weg afgeraakte weggebruikers. Er zijn drie typen wegbermen te onderscheiden, die elk een zekere mate van veiligheid bieden.

In het eerste type berm, dat als het meest veilige wordt beschouwd, bevinden zich geen gevarenezones of obstakels. Van de weg afgeraakte voertuigen kunnen hier vrij uitrijden of mogelijk weer onder controle worden gebracht. Een dergelijke berm dient echter wel voldoende draagkracht te hebben, zodat een in de berm geraakt voertuig niet over de kop slaat, en voldoende breed te zijn.

Het tweede type berm, dat iets minder veilig is, is de berm waarin zich wel obstakels als lichtmasten, praalpalen en bewegwijzeringsborden bevinden. Deze obstakels moeten dan echter zo geconstrueerd zijn dat ze bij een aanrijding door een personenauto of een zwaarder voertuig geen gevaar voor de inzittenden opleveren. Bij deze eis is uitgegaan van personenauto's omdat deze obstakels – absoluut gezien – het meest door deze categorie vervoermiddelen wordt aangereden. De mogelijkheid deze obstakels met betrekking tot personenauto's te beveiligen is bovendien praktisch gezien het meest uitvoerbaar.

Het lijkt dan dat alleen de inzittenden van personenauto's en vrachtauto's een redelijke mate van veiligheid geboden wordt. Maar ook de veiligheid van berijders van tweewielers (vooral motorrijders en bromfietzers) is hiermee gediend. De genoemde noodzakelijke obstakels kunnen namelijk als ze weinig gevaar voor auto's inhouden, zonder mee in de berm geplaatst worden, dus zonder dat ze bijvoorbeeld met een geleiderailconstructie afgeschermd behoeven te worden. Hierdoor wordt de kans met een object in de berm in aanraking te komen veel geringer. Juist voor berijders van tweewielige voertuigen is dit een belangrijk aspect, daar voor deze groep relatief kwetsbare verkeersdeelnemers een aanrijding met een geleiderailconstructie zeer ernstige gevolgen kan hebben.

Daarnaast zijn er nog starre obstakels die relatief gezien niet veel voorkomen en die niet veilig gemaakt kunnen worden, zoals pijlers van viaducten of portalen. Willen



deze binnen het tweede type berm ingepast worden, dan zullen ze buiten de veilige zone moeten staan. Indien dit om bepaalde redenen niet mogelijk is, zullen ze afzonderlijk afgeschermd moeten worden met bijvoorbeeld een obstakelbeveiliging of met een bepaalde lengte geleiderailconstructie.

De minst veilige van de relatief veilige bermen is de berm waarbij zich te dicht bij de rijbaan een gevarezone bevindt, zoals een sloot, een steil talud, of bijvoorbeeld een rij starre lichtmasten. Deze dient dan te worden afgeschermd, bijvoorbeeld door een geleiderailconstructie. Voor inzittenden van een personenauto is een dergelijke constructie voldoende veilig. Voor bestuurders van tweewielers is echter het risico van zwaar, zo niet dodelijk letsel groot.

In 1971 zijn, in het kader van het onderzoek Bermbeveiliging, de eerste ad-hoc proeven uitgevoerd aan lichtmasten, bewegwijzeringsborden, verkeersborden, praatpalen, obstakelbeveiligers. Ook zijn toen aan de hand van de beschikbare ongevallencijfers, de verkeersongevallen tegen vaste voorwerpen nader geanalyseerd.

Het onderzoek Obstakels in wegbermen is gestart met het geven van een overzicht en beschrijving van in de literatuur beschreven onderzoek omtrent het gedrag van obstakels bij botsingen. Deze literatuurstudie, die in 1973 is afgerond, is tevens een belangrijk onderdeel geworden van het in 1975 door de OECD gepubliceerde rapport Roadside obstacles.

Mede als uitvloeisel van de literatuurstudie is begonnen met een deelonderzoek naar de relatie tussen aanrijdingen tegen obstakels langs diverse wegtypen en de afstand van deze obstakels tot de wegrand. Uit dit onderzoek zullen aanbevelingen resulteren omtrent de grootte van een obstakelvrije zone.

Het deelonderzoek aan lichtmasten werd voortgezet, ten einde na te gaan welke typen lichtmasten bij frontale of zijdelingse aanrijdingen als 'voor personenauto's weinig agressief' beschouwd kunnen worden. De resultaten van dit experimentele onderzoek zijn door de Rijkswaterstaat gebruikt voor aanbevelingen voor wegbeheerders.

Als consequentie van het plaatsen van 'weinig-agressieve' lichtmasten kwam naar voren dat, als deze ten gevolge van een botsing omvallen, ze onder bepaalde omstandigheden gevaar kunnen opleveren voor andere weggebruikers. Ook naar deze gevaren deed de SWOV onderzoek. Hierover is afzonderlijk verslag uitgebracht.

Over het onderwerp Obstakels in wegbermen zijn, naast de reeds gepubliceerde rapporten en artikelen (zie de achterin opgenomen Lijst van aanverwante SWOV-publikaties en rapporten) de volgende SWOV-publikaties verschenen of zullen verschijnen:

1. Obstakels in wegbermen: Literatuurstudie betreffende onderzoek omtrent het gedrag van obstakels bij botsingen.
2. Lichtmasten: Onderzoek naar het gedrag van lichtmasten bij zijdelingse en frontale botsproeven met personenauto's.

3. Gevaren bij het omvallen van lichtmasten: Overwegingen bij het plaatsen van voor personenauto's weinig agressieve lichtmasten.
4. Obstakelvrije zone: Onderzoek naar de relatie tussen aanrijdingen tegen obstakels langs diverse typen wegen en de laterale afstand van deze obstakels tot de wegrand.

Projectleider van het onderzoek Obstakels in wegbermen, dat wordt begeleid door de gelijknamige Begeleidende Overheidswerkgroep, is ing. C.C. Schoon (Afdeling Crash en Post-Crash onderzoek).

# Inleiding

Een aanrijding met een starre lichtmast kan veel gevaar opleveren voor inzittenden van personenauto's. Botsproeven die de SWOV heeft uitgevoerd (SWOV, 1976) hebben aangetoond dat dit gevaar vermindert als de mast zo ontworpen is dat hij, bij een aanrijding, bij de voet afbreekt of van het grondstuk wordt afgeschoven. De losse, aangereden mast kan echter nog op twee manieren gevaar opleveren, nl.:

1. als hij, al vallende, verkeersdeelnemers treft;
2. als hij op de weg komt te liggen en door andere voertuigen aangereden wordt of aanleiding is tot onverwachte voertuigmanoeuvres.

In deze publikatie zal aangegeven worden wanneer een aangereden lichtmast op de weg terecht kan komen.

Hiertoe wordt gebruik gemaakt van gegevens omtrent 'voor personenauto's weinig agressieve lichtmasten'. Deze gegevens komen uit de eerder genoemde botsproeven met masten van 10 m en 12 m lengte. Hoewel de gevaren bij lichtmasten van andere afmetingen niet anders behoeven te zijn, wordt hierover geen uitspraak gedaan, aangezien dergelijke masten niet beproefd zijn.

Verder zal een verdeling gegeven worden van personenauto- en bromfietsongevallen met dodelijke afloop, waarbij lichtmasten betrokken waren. Het betreft een verdeling naar bebouwing (binnen en buiten de bebouwde kom), naar dag en nacht, en naar locatie (bocht, rechte weg en kruising). Hiervoor werden ongevallen die het CBS in de jaren 1968 t/m 1972 registreerde, door de SWOV nader geanalyseerd.

Op basis van deze gegevens zal voor diverse typen wegen en kruisingen worden aangegeven wat de consequenties kunnen zijn als voor personenauto's weinig agressieve lichtmasten geplaatst worden en deze worden aangereden.

# 1. Gevaren bij het omvallen van een weinig-agressieve lichtmast

## 1.1. **Weinig-agressieve lichtmast**

Door middel van botsproeven heeft de SWOV aangetoond dat het mogelijk is lichtmasten te ontwerpen die bij een aanrijding weinig-agressief zijn ten opzichte van personenauto's. Bij een aanrijding zal zo'n mast aan de voet afbreken of van het grondstuk afgeschoven worden. In de publikatie Lichtmasten (SWOV, 1976) worden hierover nadere bijzonderheden gegeven en de botsproeven beschreven.

De consequentie van het afbreken of afschuiven van de mast is dat de mast valt en op een voor het verkeer gevaarlijke plaats kan komen te liggen. De kans dat dit gebeurt hangt af van het type weg waarlangs de mast staat.

## 1.2. **Vallende mast**

Als een lichtmast valt, kan hij óf op het botsende voertuig óf op andere weggebruikers terecht komen. Bij een aantal SWOV-proeven is de mast inderdaad op het dak van het proefvoertuig terecht gekomen. De indeuking van het dak bleek echter in geen enkel geval meer dan 7 cm te bedragen. Voorlopig zal er dan ook van uitgegaan worden dat een vallende mast niet veel gevaar zal inhouden voor inzittenden van een personenauto. Dit temeer omdat volgens een Amerikaanse norm (Slechter, 1971) een indeuking van het dak tot ca. 8 cm acceptabel geacht wordt. Hoewel de dakconstructies van personenauto's verschillen en een mast mogelijk door een autoruit kan slaan, zal het vallen van een lichtmast op een gesloten auto in het algemeen geen gevaar voor de inzittenden opleveren. Inzittenden van niet-gesloten voertuigen lopen echter wel risico. Cabriolets en auto's met een linnen dak maken echter minder dan 3% van het autopark uit.

De kans dat een lichtmast op andere weggebruikers valt is onder meer afhankelijk van de afstand van de mast tot aan de plaats waar zich deze weggebruikers kunnen bevinden, de intensiteit van het verkeer en de snelheid waarmee de mast wordt aangereden. In het bijzonder voor motorrijders, (brom)fietzers of voetgangers kunnen de gevolgen ernstig zijn.

## 1.3. **Gevallen mast**

De mast kan op de weg komen te liggen. Het gevaar daarvan is in de eerste plaats dat voertuigen tegen de gevallen lichtmasten opbotsen. In de tweede plaats is er het gevaar van bijvoorbeeld uitwijkmanoeuvres of kop-staartbotsingen met voor de gevallen mast gestopte voertuigen.

### 1.3.1 Mast op hoofdrijbaan

Ligt de mast op de hoofdrijbaan, dan kan hij zowel door vier- als door tweewielige voertuigen aangereden worden.

Het gevaar voor een vierwielig voertuig lijkt niet groot getuige twee buitenlandse studies. Gebleken is dat een dergelijke aanrijding door een Amerikaanse personenauto ('medium size') met een snelheid van ca. 100 km/h geen groter gevaar oplevert dan een botsing tegen een staande weinig-agressieve lichtmast (Walton et al., 1972). Enkele ervaringen die men in Engeland heeft opgedaan wijzen in dezelfde richting (Walker, 1974). Op grond hiervan kan er voorlopig van uitgegaan worden dat, mocht een mast na een aanrijding op de weg komen te liggen, een aanrijding van een vierwielig voertuig met die mast waarschijnlijk geen ernstig gevaar voor de inzittenden van het voertuig zal opleveren.

Een dergelijke aanrijding houdt echter wél gevaar in voor berijders van tweewielers. Zo'n botsing zal plaatsvinden als de lichtmast niet (tijdig) gezien wordt. Het grootste gevaar is er dan ook 's avonds en 's nachts als de wegverlichting ten gevolge van een aanrijding uitvalt of ontoereikend is geworden.

*Opmerking:* Een op de rijbaan liggende mast is in het donker beter te zien als hij voorzien is van retroflecterende middelen. Het materiaal moet dan wel effectief zijn bij een liggende mast.

Een mast die op de hoofdrijbaan ligt, valt eerder op als de bestuurder van een naderend voertuig bepaalde aanwijzingen krijgt dat er iets aan de hand is. Zo'n aanwijzing kan zijn het voertuig dat de eerste botsing met de lichtmast veroorzaakt heeft en dat bijvoorbeeld schuin in de berm staat. Ook kan zo'n aanwijzing afkomstig zijn van een voertuig dat voor de op de rijbaan liggende mast is gestopt. Op een weg met gemengd verkeer rijden meestal meer vierwielige voertuigen dan tweewielers. Daardoor is de kans groot dat autobestuurders het eerst met een op de rijbaan liggende mast geconfronteerd worden. Als zij stoppen, zullen zij de plaats van de mast met hun voertuig markeren en daarmee de kans verkleinen dat een tweewielig voertuig tegen de liggende mast aanrijdt.

Bestuurders van tweewielers zullen overdag een mast die op de rijbaan ligt meestal (tijdig) opmerken. Dit is nog waarschijnlijker voor bromfietzers, omdat hun naderingssnelheid lager is dan die van motorrijders. Voor fietsers geldt dit natuurlijk nog sterker.

De kans dat berijders van tweewielers overdag op een liggende lichtmast botsen is dan ook gering. De gevolgen voor deze categorie weggebruikers van zo'n botsing kunnen echter zeer ernstig zijn.

Niet alleen het botsen tegen een op de rijbaan liggende mast levert gevaar op, maar ook uitwijkmanoeuvres kunnen gevaar met zich meebrengen.

Bovendien kunnen, zoals gezegd, kop-staartbotsingen ontstaan, als er voor de op de rijbaan liggende masten wordt gestopt.

### 1.3.2 Mast op (brom)fietspad

Een lichtmast die op het fietspad ligt levert gevaar op voor bromfietzers en fietsers. De kans dat een bromfietser een lichtmast die op een fietspad ligt aanrijdt is groter dan op de hoofdrijbaan. Dit heeft drie redenen. In de eerste plaats is de kans groter

dat een aangereden mast op het fietspad komt te liggen dan dat hij op de hoofdrijbaan terecht komt (zie par. 2.3.3.). In de tweede plaats ontbreekt de mogelijkheid dat de mast door vierwielige voertuigen wordt gemarkeerd. In de derde plaats is de verlichting van fietspaden in het algemeen minder dan die van de hoofdrijbaan. De gevolgen van dergelijke aanrijdingen kunnen, zoals gezegd, ernstig zijn.

### 1.3.3. *Ligging van de mast*

De omstandigheden waaronder een afgebroken of afgeschoven lichtmast op de rijbaan terecht kan komen, zijn duidelijk geworden uit botsproeven. De ligging van dergelijke masten na een aanrijding is in hoofdzaak afhankelijk van de botssnelheid (zie SWOV, 1976).

Als een mast met hoge snelheid dan ca. 35 km/h aangereden wordt, zal hij ongeveer in de bewegingsrichting van het botsende voertuig komen te liggen. Bovendien kwam bij de botsproeven in geen enkel geval het ondereinde van de mast, dat daarbij altijd in de bewegingsrichting van het botsende voertuig werd weggeslingerd, op meer dan 20 m van de oorspronkelijke standplaats terecht. Bij een inrijhoek van  $15^\circ$  en botssnelheden boven de 35 km/h bedroeg de dwarsafstand van het verst verwijderende punt van de mast tot aan de rijlichtmasten in geen enkel geval meer dan 6,5 m. Op basis van deze proeven kan aangenomen worden dat, als er parallel aan de hoofdrijbaan een weg of pad loopt op een afstand van ca. 7 m of meer van de rijlichtmasten, de kans klein is dat een omgereden lichtmast op zo'n weg of pad terechtkomt.

Uit de proeven die door de SWOV zijn uitgevoerd, maar ook uit proeven in het buitenland (Nordlin et al., 1969), is gebleken dat, bij botssnelheden hoger dan ca. 35 km/h tegen weinig-agressieve masten, de kans klein is dat de lichtmast op de hoofdrijbaan terecht komt.

Bij botssnelheden lager dan ca. 35 km/h is de situatie anders. Het ondereinde van de mast wordt bij deze lagere botssnelheden met een minder hoge snelheid weggeslingerd. Hierdoor kan de mast voor de botsende auto uitvallen, met de armatuur naar voren. De afstand van het verst verwijderde deel van de gevallen mast tot aan de oorspronkelijke plaats van de mast, kan hierbij eveneens tot ca. 20 m oplopen.

In verband met het gewicht van de uitlegger en de armatuur is het ook niet uitgesloten dat de mast opzij valt en wel in de richting waarheen de armatuur wijst. Hoewel dit dwarsvallen van de mast tengevolge van een aanrijding bij lage snelheid bij de SWOV-proeven slechts in één geval is geconstateerd, hebben ook proeven in het buitenland (Nordlin et al., 1969) aangetoond dat dit het geval kan zijn. De grootste dwarsafstand van de liggende mast tot zijn oorspronkelijke standplaats zal bij deze botssnelheden in verband met het gewicht van de armatuur dan ook in de oorspronkelijke richting van de armatuur te verwachten zijn en niet in tegengestelde richting. Op basis van de SWOV-proeven kan worden aangenomen dat een 10 m hoge mast in het ongunstigste geval ca. 7 m over de rand van de weg kan komen te liggen. Dit kan gebeuren als de mast loodrecht op de lengte-as van de weg neerkomt. 12 m hoge masten kunnen in dat geval ca. 9 m over de rand van de weg komen te liggen. Bij de proeven waren de lichtmasten op ca. 1,5 m van de kantstreep geplaatst; de inrijhoek bedroeg  $15^\circ$ .

N.B. Uit één van de botsproeven van de SWOV is gebleken dat een aluminium mast die bij een aanrijding, als gevolg van een fabricagefout in de lengte spleet, geheel

anders kan afbreken. Hierdoor kunnen niet alleen de botseigenschappen aanmerkelijk worden beïnvloed, maar ook de ligging van de mast na de aanrijding is dan niet voorspelbaar. In hoeverre het hier een uitzondering betrof, kon niet worden nagegaan.

## 2. Lichtmastongevallen met dodelijke afloop

Hoe groot de gevaren van een omvallende of omgevallen lichtmast zijn, is (nog) niet in ongevallencijfers uit te drukken. Oorzaken hiervan zijn het geringe aantal reeds geplaatste weinig-agressieve lichtmasten (andere vallen immers zelden of nooit om) en voorts het feit dat in de ongevallenregistratie ongevallen met een gevallen mast niet als zodanig omschreven zijn.

Wel is aan te geven waar en wanneer dergelijke ongevallen te verwachten zijn. Hiertoe zijn de personenauto-ongevallen met dodelijke afloop, waarbij (in de meeste gevallen agressieve) lichtmasten betrokken waren, geanalyseerd. Dat er bij deze ongevallen lichtmasten betrokken waren, houdt niet in dat het fatale letsel direct veroorzaakt is door de aanrijding met de lichtmast. Als al deze masten weinig-agressief zouden zijn geweest, waren er op de aangegeven plaatsen potentiële gevaren geweest bij het omvallen van die lichtmasten. De geanalyseerde personenauto-ongevallen hebben betrekking op de jaren 1968 t/m 1972 (zie tabel 1). Zij maken voor 70% deel uit van alle ongevallen met dodelijke afloop waarbij lichtmasten betrokken waren.

Naast deze ongevallen met personenauto's zijn ook de overeenkomstige cijfers voor bromfietsongevallen gegeven. Deze maken voor 20% deel uit van alle ongevallen met dodelijke afloop waarbij lichtmasten betrokken waren (zie tabel 2). Hoewel de analyse van deze bromfietsongevallen eigenlijk niet past in het kader van onderzoek naar de gevaren bij het omvallen van lichtmasten, worden deze cijfers toch gegeven om aan te geven waar en wanneer deze ongevallen met (staande) lichtmasten plaatsvinden. Dit omdat de mogelijke maatregelen met betrekking tot de gevaren bij het omvallen van lichtmasten (bijvoorbeeld lichtmasten verplaatsen) consequenties kunnen hebben voor het aantal bromfietsaanrijdingen tegen staande masten. De gedetailleerde cijfers voor de overige categorieën weggebruikers zijn niet gegeven omdat het daarbij slechts gaat over in totaal ongeveer 10% van alle ongevallen met dodelijke afloop, waarbij lichtmasten betrokken waren.

### 2.1. Personenauto-ongevallen met dodelijke afloop

Van alle personenauto-ongevallen met dodelijke afloop van de jaren 1968 t/m 1972 waarbij lichtmasten betrokken waren, is een verdeling gemaakt naar bocht, rechte weg en kruising voor binnen en buiten de bebouwde kom en voor dag en nacht (zie tabel 1).

In de bocht en op de rechte weg vinden 's nachts, zowel binnen als buiten de bebouwde kom, meer ongevallen plaats dan overdag.

In totaal vinden 's nachts tweemaal zo veel ongevallen plaats als overdag.

's Nachts vinden binnen de bebouwde kom 41% van de 'lichtmastongevallen' plaats tegen buiten de bebouwde kom 25%.



		Personenauto-ongevallen met dodelijke afloop waarbij lichtmasten betrokken waren				Totaal	
		Dag		Nacht		aantal	%
		aantal	%	aantal	%		
Bocht	binnen	5	2,2	35	15,8	40	18,0
	buiten	10	4,5	24	10,9	34	15,4
	totaal	15	6,7	59	26,7	74	33,4
Rechte weg	binnen	21	9,5	47	21,3	68	30,8
	buiten	17	7,7	29	13,1	46	20,8
	totaal	38	17,2	76	34,4	114	51,6
Kruising	binnen	12	5,4	9	4,1	21	9,5
	buiten	9	4,1	3	1,4	12	5,5
	totaal	21	9,5	12	5,5	33	15,0
Totaal	binnen	38	17,1	91	41,2	129	58,3
	buiten	36	16,3	56	25,4	92	41,7
	totaal	74	33,4	147	66,6	221	100,0

Tabel 1. Personenauto-ongevallen met dodelijke afloop, waarbij lichtmasten betrokken waren\* in de jaren 1968 t/m 1972.

\* het fatale letsel hoeft niet rechtstreeks veroorzaakt te zijn door de aanrijding met de lichtmast.

		Bromfietsongevallen met dodelijke afloop waarbij lichtmasten betrokken waren				Totaal	
		Dag		Nacht		aantal	%
		aantal	%	aantal	%		
Bocht	binnen	2	3,2	7	11,1	9	14,3
	buiten	2	3,2	5	7,9	7	11,1
	totaal	4	6,4	12	19,0	16	25,4
Rechte weg	binnen	13	20,6	19	30,1	32	50,7
	buiten	3	4,8	5	7,9	8	12,7
	totaal	16	25,4	24	38,0	40	63,4
Kruising	binnen	3	4,8	2	3,2	5	8,0
	buiten	1	1,6	1	1,6	2	3,2
	totaal	4	6,4	3	4,8	7	11,2
Totaal	binnen	18	28,6	28	44,4	46	73,0
	buiten	6	9,6	11	17,4	17	27,0
	totaal	24	38,2	39	61,8	63	100,0

Tabel 2. Bromfietsongevallen met dodelijke afloop waarbij lichtmasten betrokken waren\* in de jaren 1968 t/m 1972.

\* het fatale letsel hoeft niet rechtstreeks veroorzaakt te zijn door de aanrijding met de lichtmast.

Overdag is er nauwelijks verschil tussen binnen en buiten de bebouwde kom. Ongevallen op de rechte weg omvatten meer dan de helft van alle ongevallen (binnen de bebouwde kom 31%, buiten 21%).

Een op de vijf 'lichtmastongevallen' vindt plaats 's nachts op de rechte weg zowel binnen als buiten de bebouwde kom.

Op kruisingen vinden minder ongevallen plaats dan in de bochten en op de rechte weg (resp. 15%, 33% en 52%).

Men dient echter te bedenken dat er geen gegevens bekend zijn over bijvoorbeeld verkeersintensiteiten en aantallen lichtmasten gerelateerd aan de locatie; de gegeven percentages moeten dan ook slechts als een indicatie gezien worden. Ook al omdat de aantallen te gering zijn om statistisch verantwoorde uitspraken te doen.

## **2.2. Bromfietsongevallen met dodelijke afloop**

Van de bromfietsongevallen is eenzelfde verdeling gemaakt als van de personenauto-ongevallen.

Tabel 2 laat zien dat 'lichtmastongevallen' met bromfietsen erg weinig op kruisingen plaats vinden (11%) en veel op de rechte weg binnen de bebouwde kom (51%). Het aandeel van de ongevallen binnen de bebouwde kom is circa driemaal zo groot als buiten de bebouwde kom (resp. 73% en 27%).

Het aandeel van de ongevallen 's nachts is bijna tweemaal zo groot als dat van de ongevallen die overdag plaatsvinden (resp. 62 en 38%).

Ook hier zijn geen gegevens over verkeersintensiteiten, aantallen lichtmasten gerelateerd aan de locatie, enz., bekend, terwijl ook de aantallen te gering zijn om statistisch verantwoorde uitspraken te doen.

### 3. Overweging bij het plaatsen van weinig-agressieve lichtmasten

Aangezien op basis van ongevallenstudies (nog) geen conclusies zijn te trekken omtrent de secundaire gevaren van aangereden voor personenauto's weinig-agressieve lichtmasten, moet volstaan worden met de aanwijzingen uit de reeds genoemde botsproeven. De condities bij deze botsproeven zijn dan ook van belang bij het beschouwen van de secundaire gevaren en bepalen de beperkingen van de uitspraken hierover. Beproefd zijn 10 en 12 m hoge masten die op een afstand van 1,5 m van een (denkbeeldige) rand van een weg zo geplaatst zijn dat ze onder een hoek van 15° door personenauto's zijn aangereden (zie SWOV, 1976).

Verder is ervan uitgegaan dat bij de plaatsing van weinig-agressieve lichtmasten een vrijliggend fietspad of parallelweg niet is afgeschermd met (een) geleiderailconstructie(s).

#### 3.1. Plaats van lichtmasten buiten de bebouwde kom

De wegen waarlangs buiten de bebouwde kom lichtmasten staan, zijn als volgt ingedeeld naar het wegtype: dubbelbaansauto(snel)wegen met en zonder vluchtstrook, enkelbaansautowegen, enkelbaanswegen met en zonder vrijliggende fietspaden, en kruisingen en aansluitingen.

##### 3.1.1. *Dubbelbaansauto(snel)wegen met vluchtstrook*

###### *Mast in zijberm*

In de zijberm zijn veelal 10 m hoge lichtmasten geplaatst. Een daar geplaatste weinig-agressieve lichtmast zal na een aanrijding in het meest extreme geval op de rechterrijstrook van de oorspronkelijke rijbaan van het botsende voertuig komen te liggen. (Dit kan gebeuren als de mast loodrecht op de lengte-as van de weg valt, hetgeen bij lage botssnelheden kan voorkomen). De linkerrijstrook zal vrij blijven. Als een niet-afgeschermd fietspad of een niet-afgeschermd parallelweg op ca. 7 m of meer van de rij lichtmasten ligt, is de kans klein dat een omvallende lichtmast op zo'n pad of weg terecht komt (zie par. 1.3.3.).

###### *Mast in middenberm*

Een aangereden mast in de middenberm kan op beide rijstroken van de oorspronkelijke rijbaan van het botsende voertuig komen te liggen.

De vraag rijst of de mast nog op de *andere* rijbaan terecht kan komen. Als een middenberm niet met (een) geleiderailconstructie(s) afgeschermd behoeft te worden, dient deze berm bij voorkeur tenminste 20 m breed te zijn (RWS, 1974). Bij een dergelijke breedte bestaat er nauwelijks gevaar dat een mast die langs de eigen rijbaan aangereden wordt, op de andere rijbaan terecht komt. Dit gevaar zou pas manifest worden als de middenberm smaller was dan ca. 8,5 m. Ook de kans dat de

berm doorschreden wordt en een lichtmast langs de andere rijbaan aangereden wordt, is bij een middenbermbreedte van 20 m klein. Deze kans wordt echter groter naarmate de middenberm smaller is. Worden beide rijbanen verlicht door slechts één rij lichtmasten in het midden van de middenberm, dan kan een aangereden lichtmast (gedeeltelijk) op één van de rijbanen terecht komen wanneer deze berm smaller is dan ca. 14 m.

### 3.1.2. *Dubbelbaansautowegen zonder vluchtstrook*

#### *Mast in zijberm*

Als de aangereden mast loodrecht op de lengte-as van de weg valt (dit kan voorkomen bij lage botssnelheden), zal de (10 m) mast op de beide rijstroken van de oorspronkelijke rijbaan van het botsende voertuig terecht kunnen komen.

Als een niet-afgeschermd fietspad of niet-afgeschermd parallelweg op ca. 7 m of meer van de rij lichtmasten ligt, is de kans klein dat een omvallende lichtmast op zo'n pad of weg terecht komt.

#### *Mast in middenberm*

Hier geldt hetzelfde als bij de dubbelbaansauto(snel)wegen met vluchtstrook is gesteld.

#### *Consequenties met betrekking tot dubbelbaansauto(snel)wegen*

Bij een botssnelheid lager dan 35 km/h kan een lichtmast op de oorspronkelijke rijbaan van het botsende voertuig terecht komen. Op autosnelwegen zijn deze lage botssnelheden niet al te vaak te verwachten. Een Amerikaanse ongevalanalyse (Garrett & Tharp, 1969) wees uit dat het percentage aanrijdingen tegen obstakels langs autosnelwegen met een botssnelheid lager dan 50 km/h zeer gering was. Dit geeft enige aanwijzing dat op de Nederlandse autosnelwegen het aantal aanrijdingen met lage snelheid tegen aldaar geplaatste lichtmasten gering zal zijn.

Als hiervan wordt uitgegaan zal ook de kans klein zijn dat een lichtmast na een aanrijding op de oorspronkelijke rijbaan van het botsende voertuig terecht komt. De kans dat een lichtmast, geplaatst in de middenberm, op de andere rijbaan terecht komt, is afhankelijk van de breedte van die berm. Wordt elk van beide rijbanen door een aparte rij lichtmasten verlicht, dan is bij een middenbermbreedte van 20 m of meer de kans klein. Hetzelfde geldt bij een middenbermbreedte van tenminste 14 m, wanneer beide rijbanen verlicht worden door slechts één rij lichtmasten in het midden van die berm. Ook het gevaar voor motorrijders zal in deze gevallen gering zijn.

Wat de consequenties kunnen zijn als er zich op korte afstand van de hoofdrijbaan een fietspad of een parallelweg bevindt, wordt in par. 3.1.4. nader aangegeven.

### 3.1.3. *Enkelbaansautowegen*

Bij het aanrijden van lichtmasten die of aan de rechterkant of aan de linkerkant van de weg staan, bestaat (bij lage botssnelheid) een kans dat de lichtmast op beide rijstroken komt te liggen.

Als een fietspad of een parallelweg op een afstand van ca. 7 m of meer van de rij

lichtmasten ligt, is de kans klein dat een omvallende lichtmast op zo'n pad of weg terecht komt.

#### *Consequenties met betrekking tot enkelbaansautowegen*

Aangezien de gereden snelheden op deze typen wegen niet veel lager zullen zijn dan op de autosnelwegen, geldt, evenals bij dubbelbaansautowegen, dat de kans klein is dat een aangereden lichtmast op de rijbaan terecht komt. Als dit toch mocht gebeuren, dan zullen de eventuele uitwijkmanoeuvres op enkelbaansautowegen meer gevaar opleveren dan op dubbelbaanswegen. Dit hangt uiteraard af van de intensiteit van het tegemoetkomende verkeer.

De consequenties met betrekking tot de fietspaden en parallelwegen zijn in par. 3.1.4. aangegeven.

#### *3.1.4. Enkelbaanswegen met vrijliggend fietspad*

Bij het aanrijden van lichtmasten die of aan de rechterkant of aan de linkerkant van de weg staan, bestaat (bij lage botssnelheid) in beide gevallen een kans dat de lichtmast op beide rijstroken komt te liggen.

Als het fietspad op een afstand van ca 7 m of meer van de rij lichtmasten ligt en de rij lichtmasten tussen hoofdrijbaan en fietspad of parallelweg staat, is de kans klein dat de lichtmast, zowel bij hoge als bij lage botssnelheid, op dit fietspad of deze parallelweg terechtkomt.

N.B. Bij aanliggende fietspaden is de situatie in principe vergelijkbaar met enkelbaanswegen zonder vrijliggend fietspad (zie par. 3.1.5.).

#### *Consequenties met betrekking tot enkelbaanswegen met vrijliggend fietspad*

De gemiddelde rijsnelheden op deze wegen zullen in het algemeen iets lager zijn dan op auto(snel)wegen. Aangenomen wordt dat de snelheid waarmee een personenauto tegen een langs een enkelbaansweg staande lichtmast botst eveneens lager zal zijn.

De kans dat de mast op de oorspronkelijke rijbaan van het botsende voertuig komt te liggen zal groter zijn dan bij auto(snel)wegen. Voor motorrijders op deze categorie wegen lijkt het gevaar dus groter, maar dit wordt (ten dele) gecompenseerd door de mogelijkheid tot markering door een vierwielig voertuig.

Door de relatief lage naderingssnelheid van bromfietzers (en zeker van fietsers) is er een *redelijke* kans dat *overdag* een mast die op het fietspad ligt, gezien wordt.

Tijdens de *nachtelijke* uren, wanneer langs de wegen buiten de bebouwde kom een kwart van de lichtmastaanrijdingen plaatsvinden (zie hoofdstuk 2), levert een op het fietspad liggende lichtmast echter meer gevaar op, ook al omdat de verlichting van fietspaden veelal minder is dan die van de hoofdrijbaan. Omdat in het algemeen de mogelijkheid tot markering door een vierwielig voertuig er ontbreekt, is op een vrijliggend fietspad de kans dat de gevallen mast wordt aangereden groter dan op een aanliggend fietspad.

Zeker bij een intensief (brom)fietsverkeer gedurende de nachtelijke uren is het gevaar van een op een vrijliggend fietspad gevallen mast niet acceptabel, tenzij het fietspad nog voldoende verlicht blijft.

Om goeddeels te voorkomen dat een mast terecht komt op een fietspad dat op een kleinere afstand dan ca. 7 m van de rij lichtmasten ligt, zou men weinig-agressieve lichtmasten *achter* het fietspad kunnen plaatsen (e.e.a. afhankelijk van een NEN-norm die de plaats van leidingen en kabels bepaalt, zie NEN, 1964 a + b).

*Opmerking:* Ook al in verband met het relatief grote aantal bromfietsongevallen met dodelijke afloop waarbij lichtmasten betrokken waren (zie hoofdstuk 2), dient rekening te worden gehouden met de plaats van de lichtmasten ten opzichte van het fietspad.

Een andere mogelijkheid om te voorkomen dat een lichtmast op het fietspad valt is, naar analogie van een buitenlandse proef, de toppen van de masten door middel van een kabel te verbinden.

Als het verkeer intensief is, zowel op de hoofdrijbaan als op het fietspad, kan ook om diverse andere redenen afscherming door middel van (een) geleiderailconstructie(s) overwogen worden. Daarmee wordt niet alleen voorkomen dat een mast wordt aangereken en op het fietspad terecht komt, maar ook dat een van de weg afgeraakt voertuig het fietspad oprijdt.

Het plaatsen van uitsluitend starre lichtmasten geeft geen oplossing voor deze problemen, aangezien hierbij nauwelijks sprake kan zijn van een afschermende werking ten behoeve van (brom)fietsers. Bovendien is het risico voor personenauto-inzittenden aanzienlijk groter dan bij de aanwezigheid van (een) geleiderailconstructie(s) of van voor personenauto's weinig agressieve lichtmasten.

N.B. De situatie bij parallelwegen is grotendeels analoog aan die bij vrijliggende fietspaden, alleen kunnen hier vierwielige voertuigen de gevallen mast markeren.

### 3.1.5. Enkelbaanswegen zonder vrijliggend fietspad

Bij het aanrijden van lichtmasten die óf aan de rechterkant óf aan de linkerkant van de rijbaan staan, bestaat in beide gevallen de kans dat de lichtmast op beide rijstroken komt te liggen.

#### *Consequenties met betrekking tot enkelbaanswegen zonder vrijliggend fietspad*

Als er geen afzonderlijk fietspad langs de hoofdrijbaan ligt, levert een mast op de weg gevaar op voor bestuurders van tweewielers. Omdat de rijnsnelheden met personenauto's op deze wegen lager zijn dan op auto(snel)wegen, is de kans groter dat de mast op de rijbaan komt te liggen.

Hoe meer vierwielige voertuigen er zijn, des te kleiner is de kans dat een tweewielig voertuig de liggende mast raakt. De mast zal dan hoogst waarschijnlijk eerder door een vierwielig voertuig gemarkeerd worden. Doordat bromfietsers en fietsers minder snel rijden is voor hen het gevaar minder groot dan voor motorrijders.

Uiteraard mag het aanrijden van een mast er niet toe kunnen leiden dat de verlichting van de weg ontoereikend wordt.

### 3.1.6. Kruisingen en aansluitingen

Bij het aanrijden van een lichtmast die op een kruising staat, kan de lichtmast op de kruising komen te liggen.

Verder is er op kruisingen nog het specifieke gevaar dat de vallende mast voetgangers, (brom)fietsers en motorrijders kan treffen.

#### *Consequenties met betrekking tot kruisingen en aansluitingen*

Absoluut gezien vinden er op kruisingen en aansluitingen niet veel personenauto-ongevallen met dodelijke afloop plaats waarbij lichtmasten betrokken zijn. Dit wil echter niet zeggen dat er dan ook weinig aanrijdingen met lichtmasten gebeuren waarvan de afloop minder ernstig is.

Zowel overdag als 's nachts zullen op kruisingen buiten de bebouwde kom niet veel voetgangers, (brom)fietsers en motorrijders aanwezig zijn.

De kans dat een aangereden lichtmast al vallende deze verkeersdeelnemers zal treffen zal klein zijn. Ook al omdat alleen bij botssnelheden lager dan ca. 35 km/h een vallende mast een groter gebied bestrijkt.

Bij botssnelheden hoger dan ca. 35 km/h zal de mast ongeveer in de baan van het voertuig vallen. De kans is groot dat verkeersdeelnemers die zich in deze baan bevinden eerder door het voertuig dat de mast heeft aangereden worden geraakt dan door de vallende mast.

Starre lichtmasten kunnen maar zeer ten dele voorkomen dat deze verkeersdeelnemers direct door een voertuig worden aangereden. Bovendien blijft dan het grote risico dat de inzittenden van personenauto's lopen.

Een mast die op een kruising ligt zal, zowel 's nachts als overdag, eerder opgemerkt worden dan een mast die ergens op een recht weggedeelte ligt. Weggebruikers hebben namelijk een bepaalde verwachting omtrent het verkeer op een kruising en omtrent de kruising zelf. De oplettendheid zal groter zijn en daardoor zal men een op de kruising liggende lichtmast eerder opmerken. Het is wel van belang dat de kruising voldoende verlicht blijft, ook als er één mast wordt aangereden, zodat een liggende mast 's nachts ook nog goed zichtbaar is.

### **3.2. Plaats van lichtmasten binnen de bebouwde kom**

#### *3.2.1. Wegen*

Wat reeds gesteld is voor wegen buiten de bebouwde kom geldt ook voor dezelfde typen wegen binnen de bebouwde kom, zij het dat hier eerder sprake zal zijn van lage botssnelheden. Als specifieke problemen binnen de bebouwde kom gelden de voetpaden en de aanwezigheid van bebouwing.

Als binnen ca. 7 m afstand van de rij lichtmasten een trottoir of een fietspad ligt, bestaat de kans dat een aangereden lichtmast daar terecht komt. Staat binnen deze afstand bebouwing, dan kan een vallende lichtmast een huis binnendringen.

#### *Consequenties met betrekking tot wegen binnen de bebouwde kom*

Omdat op paden en langs wegen binnen de bebouwde kom zich meer (brom)fietsers en voetgangers zullen bevinden dan buiten de bebouwde kom, zal een vallende mast binnen de bebouwde kom eerder dergelijke verkeersdeelnemers treffen.

De kans door een vallende mast geraakt te worden is bij lagere botssnelheden groter dan bij hogere, omdat in het eerste geval de mast zijdelings kan vallen waardoor een

groter gebied bestreken wordt waarbinnen een vallende mast gevaar kan opleveren. Men dient af te wegen of het verminderde risico voor de inzittenden van motorvoertuigen opweegt tegen het verhoogde risico dat (brom)fietsers en voetgangers lopen. Factoren die hierbij een rol spelen zijn de intensiteiten van de weggebruikers op fiets- en voetpaden naar tijd van de dag, in relatie met de kans dat een lichtmast door een personenauto wordt aangereken.

Tabel 1 geeft aan dat personenauto's veel 's nachts tegen lichtmasten verongelukkig die geplaatst zijn langs 'de rechte weg' binnen de bebouwde kom. Gedurende de nachtelijke uren zullen fiets- en voetpaden het minst gebruikt worden. Als 's nachts op de fietspaden met een tamelijk intensief verkeer gerekend moet worden, kan het toch verantwoord zijn weinig-agressieve lichtmasten te plaatsen, mits de verlichting nog toereikend is, ook wanneer een mast is omvergereden. Anders zal naar andere oplossingen gezocht moeten worden (zie par. 3.1.4.).

Aangezien binnen de bebouwde kom langs de 'rechte weg' in verhouding veel bromfietsongevallen met dodelijk afloop waarbij lichtmasten betrokken waren, plaatsvonden (zie tabel 2) verdient het aanbeveling lichtmasten zo ver mogelijk van het fietspad te plaatsen (een en ander afhankelijk van de eerder genoemde NEN-norm).

Indien de inrichting van straten zo is dat de rijksnelheden niet hoog kunnen zijn (bijvoorbeeld bij woonerven), dan zullen de botssnelheden zo laag zijn dat een aanrijding tegen een starre mast veelal niet zal resulteren in een ernstig ongeval. Bij plaatsing van alleen starre masten wordt hiermee voorkomen dat de vallende mast voetgangers en/of fietsers treft of een woonhuis binnendringt.

De consequenties van een *gevallen* mast zijn analoog aan overeenkomende situaties buiten de bebouwde kom.

### 3.2.2. *Kruisingen en aansluitingen*

Bij het aanrijden van een lichtmast die op een kruising staat, bestaat het gevaar dat de lichtmast op de kruising valt. Vooral binnen de bebouwde kom 's er het gevaar dat de vallende mast voetgangers, (brom)fietsers en motorrijders kan treffen.

#### *Consequenties met betrekking tot kruisingen en aansluitingen*

Absoluut gezien gebeuren op kruisingen binnen de bebouwde kom weinig personenauto-ongevallen met dodelijke afloop waarbij lichtmasten betrokken waren. In tegenstelling tot bij kruisingen buiten de bebouwde kom kunnen er bij kruisingen binnen de bebouwde kom wél veel voetgangers, (brom)fietsers en motorrijders zijn. Een ander verschil is nog dat de botssnelheden op kruisingen binnen de bebouwde kom in het algemeen lager zullen zijn dan buiten de bebouwde kom. Daardoor is de kans groter dat de mast na de aanrijding buiten de baan valt die het voertuig aflegt. Verkeersdeelnemers die zich bevinden op kruisingen binnen de bebouwde kom, kunnen dan ook als er weinig-agressieve lichtmasten staan, geraakt worden door een *vallende* mast. Als er ter plaatse veel voetgangers, (brom)fietsers en motorrijders zijn, dient afgewogen te worden of het verhoogde risico voor deze verkeersdeelnemers (vooral overdag) opweegt tegen het verminderde risico voor inzittenden van personenauto's (overdag en 's nachts).



Wat geldt voor de mast die na de aanrijding op de kruising buiten de bebouwde kom komt te liggen, geldt ook binnen de bebouwde kom. Dit is ten eerste dat een op een kruising *liggende* mast eerder opgemerkt zal worden dan een mast ergens op een recht weggedeelte. In de tweede plaats dient de kruising 's nachts na een aanrijding van één mast nog voldoende verlicht te blijven, zodat ook 's nachts een op de kruising liggende mast zichtbaar is.

## 4. Conclusies

### 4.1. Algemeen

Weinig-agressieve lichtmasten zullen ten gevolge van een aanrijding met personenauto's of zwaardere voertuigen gemakkelijk aan de voet afbreken of van het grondstuk worden afgeschoven.

Hierdoor kunnen ze na een aanrijding gevaar opleveren voor overige weggebruikers, als ze al vallende op voertuigen terecht komen of voetgangers of bestuurders van tweewielige voertuigen treffen. De grootte van de trefkans hangt af van de plaats van de mast, de intensiteit van het verkeer, en de botssnelheid.

Een mast kan eveneens gevaar opleveren als hij op de rijbaan ligt. Wanneer een vierwielig voertuig een mast aanrijdt lijkt de kans op ernstig letsel voor de auto-inzittenden niet groot. Een aanrijding is voor de berijders van tweewielers zeer zeker riskant. De kans op een dergelijke aanrijding is groter naarmate de waarneembaarheid van de liggende mast geringer is. Dit zal vooral 's avonds en 's nachts het geval zijn. Het voorkómen dat de overige verlichting uitvalt en het toepassen van retroflecterende middelen zijn mogelijkheden om de waarneembaarheid te verhogen. Verder bestaat het gevaar dat uitwijkmanoeuvres leiden tot een ongeval, of dat een kop-staartbotsing plaats vindt tegen een voertuig dat voor een gevallen lichtmast stilstaat.

De ligging van een weinig-agressieve mast na een aanrijding is sterk afhankelijk van de botssnelheid. Bij botssnelheden hoger dan 35 km/h zal de mast min of meer in de bewegingsrichting van het voertuig komen te liggen en (bijna) nooit op de oorspronkelijke rijbaan van het botsende voertuig.

Bij botssnelheden lager dan ca. 35 km/h kan de mast in de richting van de armatuur vallen; het is dan mogelijk dat de mast loodrecht ten opzichte van de lengte-as van de weg komt te liggen.

De beschikbare ongevalgegevens zijn niet voldoende om statistisch verantwoorde uitspraken te doen, maar ze geven aanwijzingen over plaats en tijd van mogelijke gevaren die vallende of gevallen lichtmasten kunnen opleveren, indien men massaal de zgn. weinig-agressieve lichtmasten zou plaatsen.

Van alle dodelijke ongevallen waarbij lichtmasten betrokken zijn, bestaat 70% uit personenauto-ongevallen. Van deze 'lichtmastongevallen' met personenauto's vinden er weinig plaats op kruisingen (15%) en veel op de rechte weg (52%); 21% vindt 's nachts plaats op de rechte weg binnen de bebouwde kom.

De plaats van de lichtmast is ook van belang voor de bromfietser. Dit in verband met een mogelijke aanrijding tegen een staande mast. Bij 20% van alle 'lichtmastongevallen' met dodelijke afloop is een bromfietser betrokken. Bromfietsongevallen

vinden weinig op kruisingen plaats, en ongeveer twee op de drie op de rechte weg. Binnen de bebouwde kom vinden ongeveer driemaal zoveel bromfietsongevallen plaats als buiten de bebouwde kom.

De grootte van het gevaar van aangereden weinig-agressieve lichtmasten voor andere weggebruikers kan nog niet in absolute zin worden aangegeven. Dit is een gevolg van het feit dat bij het onderzoek bepaalde gegevens ontbraken en daardoor uitgegaan moest worden van een aantal veronderstellingen. De getrokken conclusies moeten dan ook met enige voorzichtigheid worden gehanteerd.

#### 4.2. Het verband tussen de plaats van lichtmasten en de gevaren bij het omvallen

Bij de overwegingen bij het plaatsen van voor personenauto's weinig agressieve lichtmasten dient steeds te worden nagegaan of het verminderde risico bij de primaire botsing van de inzittenden van personenauto's, opweegt tegen de gevaren bij het omvallen van de lichtmast.

De consequenties van de plaats van lichtmasten met betrekking tot de gevaren bij omvallen zijn voor een belangrijk deel gebaseerd op botsproeven met lichtmasten. Daarom moet rekening gehouden worden met de uitgangspunten die hierbij gehanteerd zijn, te weten: 10 en 12 meter lange masten, een inrijhoek van 15° en een afstand van de lichtmast tot aan de rand van de weg van 1,5 m. Verder is er van uitgegaan dat bij het plaatsen van weinig-agressieve lichtmasten een vrijliggend fietspad of parallelweg niet is afgeschermd met (een) geleiderailconstructie(s).

##### 4.2.1. Buiten de bebouwde kom

###### *Dubbelbaansauto(snel)wegen*

Op auto(snel)wegen buiten de bebouwde kom is het, vanwege het te verwachten geringe aantal aanrijdingen met een snelheid lager dan ca. 35 km/h, nauwelijks aan te nemen dat weinig-agressieve lichtmasten na een aanrijding op de oorspronkelijke rijbaan van het botsende voertuig terecht komen. De kans dat een lichtmast die in de middenberm staat, op de andere rijbaan terecht komt, is afhankelijk van de breedte van die berm. Wordt elk van beide rijbanen door een aparte rij lichtmasten verlicht, dan is bij een middenbermbreedte van 20 m of meer de kans klein. Hetzelfde geldt bij een middenbermbreedte van ten minste 14 m wanneer beide rijbanen verlicht worden door één rij lichtmasten in het midden van de berm. Onder deze voorwaarden is plaatsing van weinig-agressieve masten langs deze wegen verantwoord.

###### *Enkelbaansautowegen*

Ook op een enkelbaansautoweg zullen, gezien de te verwachten hogere botssnelheden, zeer weinig lichtmasten ten gevolge van een aanrijding op een rijbaan terecht komen. Ondanks de kans op uitwijkmanoeuvres is plaatsing van weinig-agressieve lichtmasten langs deze wegen verantwoord.

###### *Enkelbaanswegen met vrijliggend fietspad*

De rijsnelheden zullen op deze wegen veelal lager zijn dan op auto(snel)wegen. Aangenomen wordt dat dit ook geldt voor de botssnelheden. De kans zal daarom

enigszins groter zijn dat de mast op de rijbaan komt te liggen. Het gevaar voor motorrijders lijkt dan ook groter, maar wordt (ten dele) gecompenseerd door de mogelijkheid tot markering door een vierwielig voertuig.

Aanzienlijk meer gevaar bestaat voor de weggebruikers op de dicht bij de rijbaan liggende fietspaden, daar de kans erg groot is dat een aangereden mast op dit pad komt te liggen. Veelal zijn de lichtmasten tussen fietspad en hoofdrijbaan geplaatst, waarbij de afstand van de rij lichtmasten tot aan het fietspad minder dan ca. 7 m bedraagt. Juist gedurende de nachtelijke uren, als de kans op een aanrijding met een lichtmast het grootst is, zal een mast die op het fietspad ligt door bromfietzers te laat opgemerkt kunnen worden, aangezien de verlichting van het fietspad veelal minder is dan die van de hoofdrijbaan. Vooral bij een intensief bromfietsverkeer gedurende de nachtelijke uren is de kans op een ernstig ongeval groot als, door het uitvallen van het licht van één of meer masten ten gevolge van een aanrijding, de verlichting van het fietspad ontoereikend is geworden.

Langs dergelijke wegen dient getracht te worden weinig-agressieve lichtmasten zo te plaatsen dat de kans klein is dat ze bij een aanrijding op het fietspad terecht komen. Dit zou kunnen gebeuren door de masten achter het fietspad te plaatsen (e.e.a. afhankelijk van een NEN-norm die de plaats van leidingen en kabel bepaalt).

Ook een mogelijkheid is, naar analogie van een buitenlandse proef, de toppen van de masten door middel van een kabel te verbinden.

Om te voorkomen dat een mast wordt aangereden en op het fietspad terecht komt, of een van de weg afgeraakt voertuig het fietspad oprijdt, kan het plaatsen van (een) geleiderailconstructie(s) worden overwogen. Het plaatsen van starre lichtmasten mag voor deze problemen niet als een oplossing worden gezien.

Wanneer geen van de genoemde mogelijkheden realiseerbaar is, kan men overwegen niet de gehele weg, maar bijvoorbeeld alleen de gevarenpunten te verlichten. Ook hierbij dienen wel de crash-aspecten tegen de pre-crash-aspecten worden afgewogen.

Voor parallelwegen gelden globaal dezelfde overwegingen als met betrekking tot vrijliggende fietspaden.

Verder dient in verband met bromfietsongevallen bekeken te worden of lichtmasten langs fietspaden niet zo geplaatst kunnen worden dat de kans verkleind wordt dat een bromfietser er mee in aanraking komt.

#### *Enkelbaanswegen zonder vrijliggend fietspad*

Gezien de lagere rijsnelheden, zal op enkelbaanswegen zonder vrijliggend fietspad de kans dat bij een aanrijding van een weinig-agressieve mast deze op een rijbaan komt te liggen groter zijn dan op auto(snel)wegen. Hoe meer vierwielige voertuigen er zijn des te geringer is de kans dat een tweewielig voertuig met een liggende mast in aanraking komt. De plaatsing van weinig-agressieve masten is dan ook verantwoord, onder voorwaarde dat de verlichting nog toereikend blijft als de mast wordt aangereden.

#### *Kruisingen en aansluitingen*

Op kruisingen buiten de bebouwde kom vinden absoluut gezien weinig personenauto-ongevallen met dodelijke afloop plaats waarbij lichtmasten betrok-

ken zijn. Bij botssnelheden lager dan ca. 35 km/h kan de aangereden en vallende mast verkeersdeelnemers treffen, maar de kans is klein, omdat hun aantal op de kruising gering zal zijn. Een liggende mast zal in het algemeen eerder op een kruising opgemerkt worden dan op een recht weggedeelte, gezien de grotere oplettendheid van de weggebruiker bij het naderen van een kruising. Wel dient er 's avonds en 's nachts voor gezorgd te worden dat de kruising bij het aanrijden van een mast nog voldoende verlicht blijft.

Concluderend kan gesteld worden dat het plaatsen van weinig-agressieve masten op kruisingen buiten de bebouwde kom verantwoord is, ervan uitgaande dat er weinig tweewielige voertuigen (en voetgangers) zijn.

#### 4.2.2. Binnen de bebouwde kom

##### *Wegen*

Wat ten aanzien van de secundaire gevaren van lichtmasten op wegtypen buiten de bebouwde kom is gesteld, geldt in het algemeen ook voor dezelfde wegtypen binnen de bebouwde kom.

Wel kan binnen de bebouwde kom een vallende mast eerder een voetganger of (brom)fietsers raken dan buiten de bebouwde kom. Dit vanwege de te verwachten lagere botssnelheden, waardoor een aangereden mast zijdelings kan vallen en daardoor een groter gebied zal bestrijken.

Lichtmastongevallen binnen de bebouwde kom vinden relatief veel plaats tijdens de nachtelijke uren, wanneer er meestal weinig (brom)fietsers en voetgangers op straat zijn. Plaatsing van weinig-agressieve masten kan ondanks het gevaar van een vallende mast daarom nog wel verantwoord zijn.

Met betrekking tot het aanrijden van een liggende mast door tweewielige voertuigen geldt ook binnen de bebouwde kom: bij wegen met een parallel lopend fietspad binnen ca. 7 m van de rij lichtmasten zal vooral bij een intensief verkeer van bromfietsers tijdens de nachtelijke uren, plaatsing van weinig-agressieve masten niet verantwoord zijn, als door het uitvallen van de verlichting ten gevolge van een aanrijding het fietspad slecht verlicht raakt. Mogelijke oplossingen zijn reeds in par. 4.2.1. aangegeven.

In straten met een erffunctie zal bij de aanwezigheid van starre lichtmasten een aanrijding tegen een dergelijke mast waarschijnlijk niet resulteren in een ernstig personenauto-ongeval. Aangezien de mast niet zal afbreken, wordt voorkomen dat voetgangers en fietsers door de mast getroffen worden of dat de mast een huis binnendringt.

##### *Kruisingen en aansluitingen*

Absoluut gezien gebeuren op kruispunten binnen de bebouwde kom weinig personenauto-ongevallen met dodelijke afloop waarbij lichtmasten betrokken zijn. Ten opzichte van kruisingen buiten de bebouwde kom zijn er twee kenmerkende verschillen. Ten eerste zullen er op kruisingen binnen de bebouwde kom meer motorrijders, (brom)fietsers en voetgangers zijn. Ten tweede zullen de botssnelheden lager zijn, waardoor de kans groter wordt dat een vallende mast deze verkeersdeelnemers zal raken.

Wat de op de kruising liggende mast betreft, geldt hetzelfde als bij kruisingen buiten de bebouwde kom is gesteld.

Op kruisingen en aansluitingen binnen de bebouwde kom zullen dus de secundaire gevaren van een aanrijding met een weinig-agressieve lichtmast groot zijn, vanwege de motorrijders, (brom)fietsers en voetgangers.

In alle gevallen zal afgewogen moeten worden of het verhoogde risico voor deze verkeersdeelnemers opweegt tegen het verminderde risico voor inzittenden van personenauto's.

## Geraadpleegde literatuur

Garrett, J.W. & Tharp, K.J. (1969). Development of improved methods for the reduction of traffic accidents. National Cooperative Highway Research Program Report 79, Chapter 4. Highway Research Board, 1969.

NEN (1964a). Plaats van leidingen en kabels in wegen buiten de bebouwde kom. NEN 1738. Nederlands Normalisatie-instituut, mei 1964.

NEN (1964b). Plaats van leidingen en kabels in wegen binnen de bebouwde kom. NEN 1739. Nederlands Normalisatie-instituut, mei 1964.

Nordlin, E.F.; Ames, W.H. & Field, R.N. (1969). Dynamic tests of five breakaway lighting standard base designs. In: Development of safer roadside structures and protective systems. Highway Research Record No. 259. Highway Research Board, 1969.

RWS (1974). Richtlijnen voor het ontwerpen van autosnelwegen. ROA VII: Bermbeveiligingen in aardebanen van autosnelwegen. Rijkswaterstaat, 1974.

Slechter, A. (1971). The United States 4000 lb. experimental safety vehicle-performance specification. In: Report on the First International Technical Conference on Experimental Safety Vehicles 1971: pp. 24-45. National Highway Traffic Safety Administration, Department of Transportation, 1971.

SWOV (ing. C.C. Schoon & ir. A. Edelman) (1976). Lichtmasten: Onderzoek naar het gedrag van lichtmasten bij frontale en zijdelingse botsproeven met personenauto's. Publikatie 1976-6N. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1976.

Walker, A.E. (1974). Field experience of breakaway lighting columns. TRRL Laboratory Report 660. Transport and Road Research Laboratory, 1974.

Walton, N.E.; Hirsch, T.J. & Rowan, N.J. (1972). Evaluation of breakaway lightpoles for use in highway medians. Texas Transportation Institute, 1972.

# Verwante SWOV-publikaties en rapporten

## Obstakels in wegbermen

SWOV (1968). Proeven 'uit'-borden. Intern memorandum. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1968. (Niet gepubliceerd).

Pol, W. H. M. van de & Slop, ir. M. (1969). Flexibele geleiderailconstructies en lichtmasten in middenbermen. *Wegen* 43 (1969) (dec.) 649: 358 t/m 361.

Blokpoel, A. (1971). Verkeersongevallen tegen vaste voorwerpen; Een analyse van beschikbare verkeersongevallencijfers. Intern memorandum. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1971. (Niet gepubliceerd).

Blokpoel, A. & Klei, H. van der (1971). Moet boom langs de weg verdwijnen; Botsingen tegen obstakels, een analyse van beschikbare ongevallencijfers. *Wegen* 45 (1971) (okt.) 671: 279 t/m 284.

Flury, ir. F. C. & Kampen, ir. L. T. B. van (1971). Eenzijdige ongevallen; Beschouwingen van onderzoek. Intern Memorandum. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1971. (Niet gepubliceerd).

Flury, ir. F. C. (1971). Verkeersongevallen en obstakels. *Verkeerstechniek* 22 (1971) 1: 34 t/m 35.

Paar, ir. H. G. (1972). Beveiligingsconstructies op kunstwerken en obstakelbeveiliging; 1. Wetenschappelijk Onderzoek. In: Verslag Verkeerstechnische leergang ANWB, 1972, blz. 48 t/m 59. Koninklijke Nederlandsche Toeristenbond ANWB, 1973.

Schreuder, dr. ir. D. A. (1972). Bermbeveiligingen en lichtmasten. *Verkeerstechniek* 23 (1972) 1: 22 t/m 25.

Jordaan, D. J. R.; Pol, W. H. M. van de & Schoon, C. C. (1973). Praatpalen; Een beschrijving van een aantal ad-hoc proeven in opdracht de Rijkswaterstaatswerkgroep 'Bermbeveiligingen', gehouden in 1971 op De Vlasakkers te Amersfoort. Intern Memorandum. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1973. (Niet gepubliceerd).

Jordaan, D. J. R.; Pol, W. H. M. van de & Schoon, C. C. (1973). Obstakelbeveiligers bij beveiligingsconstructies in aardebanen en ter voorkoming van enkelvoudig voorkomende obstakels; Een beschrijving van een aantal proeven in opdracht van de Rijkswaterstaatswerkgroep 'Bermbeveiligingen' gehouden in 1971/1972 op De



Vlasakkers te Amersfoort. Intern Memorandum. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1973. (Niet gepubliceerd).

SWOV (C. C. Schoon) (1973). Obstakels in wegbermen; Een overzicht en beschrijving van in de literatuur beschreven onderzoek omtrent het gedrag bij botsingen met vaste voorwerpen die voorkomen in zones langs de rijbaan + Tabellen en afbeeldingen. SWOV-rapport. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1973.

Schoon, C. C. (1975). Obstakels in wegbermen; Een overzicht en beschrijving van in de literatuur beschreven onderzoek omtrent het gedrag bij botsingen met vaste voorwerpen die voorkomen in zones langs de rijbaan. *Wegen* 49 (1975) (april) 713: 124 t/m 130.

SWOV (C.C. Schoon; D. J. R. Jordaan & W. H. M. van de Pol) (1976). Stalen en aluminium lichtmasten; Een nadere beschouwing van een aantal oriënterende botsproeven met personenauto's die, in opdracht van de Rijkswaterstaatswerkgroep Lichtmasten, gehouden zijn op De Vlasakkers te Amersfoort. Herziene versie. SWOV-rapport. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1976.

Schoon, C.C. (1976). Het gedrag van lichtmasten bij aanrijdingen van personenauto's en de consequenties daarvan. In: SWOV-congres Toekomst in veiligheid: Programma en teksten van de bijdragen voor het SWOV-congres Toekomst in veiligheid, gehouden op 18 mei 1976 in het Internationaal Congrescentrum RAI te Amsterdam. Publikatie 1976-4N. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1976.

Flury, ir. F. C. (1976). Veiligheidseconomische beschouwing van verkeersobstakels. Intern memorandum. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1976. (Niet gepubliceerd).

SWOV (ing. C. C. Schoon & ir. A. Edelman) (1976). Lichtmasten: Onderzoek naar het gedrag van lichtmasten bij zijdelingse en frontale botsproeven met personenauto's. Publikatie 1976-6N. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1976.

SWOV (ing. C. C. Schoon & ir. A. Edelman) (1976). Gevaren bij het omvallen van lichtmasten: Overwegingen bij het plaatsen van voor personenauto's weinig agressieve lichtmasten. Publikatie 1976-7N. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1976.

### **Bermbeveiliging**

Ek, ir. J. C. P. van (1964). Metingen en registratie van voertuigen bij beproeving van middenbermbeveiligingsconstructies. Intern memorandum. SWOV, 1964.

Asmussen, ir. E. & Flury, ir. F. C. (1965). Middenbermbeveiliging. *Wegen* 39 (1965) (okt.) 599: 250 t/m 260.

SWOV (ir. F. C. Flury ) (1967). Discontinuïteiten in beveiligingsconstructies voor bermen en kunstwerken. *Rapport 67-2*. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1967.

Thoënes, ir. E. & Slop, ir. M. (1969). SWOV-onderzoek leidde tot flexibele en snel te repareren geleiderailconstructies. *Wegen* 43 (1969) okt. 647: 296 t/m 304.

SWOV (ir. M. Slop ) (1970). Bermbeveiliging; Een beschrijving van de ontwikkelde geleiderailconstructies. *Rapport 1970-1*. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1970.

Asmussen, ir. E. (1970). Bermbeveiliging(sconstructies). *Verkeerstechiek* 21 (1970) 6 : 301 t/m 305.

Asmussen, ir. E. (1970). Bermbeveiligingsconstructies. In: *Verkeerstechische leergang ANWB*, 1970, blz. 12 t/m 18. Koninklijke Nederlandsche Toeristenbond ANWB, 1970.

Beukers, B. & Asmussen, E. (1972). Roadside safety structures; Research and Applications. Report Question IV: The road in relation to traffic requirements. XIVth World Congres, Prague, 1971. Association Internationale Permanente des Congrès de la Route, Paris, 1972.

Paar, H. G. (1973). Crash-barrier research and application in the Netherlands. In: *Traffic safety barriers and lighting supports*. Highway Research Record No. 460, pp. 40-48. Highway Research Board, 1973.

Flury, F. C. & Paar, H. G. (1973) Crash barrier research in the Netherlands. *Accid. Anal. & Prev.* 5 (1973) 3 (September): 215-222.