

Openbare verlichting

Samenvatting

Visuele waarneming is voor verkeersdeelnemers van groot belang en kan in donkere omstandigheden worden gefaciliteerd door openbare verlichting. Openbare verlichting heeft een overwegend gunstig effect op de verkeersveiligheid. Het verlichten van voorheen onverlichte wegen leidt over het algemeen tot minder en minder ernstige verkeersongevallen. Dit effect lijkt groter op wegen in landelijke dan op wegen in stedelijke gebieden. Op kruispunten lijkt het effect van openbare verlichting juist groter te zijn in stedelijke gebieden. Verder blijkt het effect op het risico van kwetsbare verkeersdeelnemers (voetgangers, fietsers, bromfietsers) groter te zijn dan op dat van bestuurders van motorvoertuigen. Het verhogen van het verlichtingsniveau op wegen die reeds verlicht zijn, heeft beduidend minder effect. Het verlagen van een bestaand verlichtingsniveau daarentegen, blijkt tot een toename in het aantal ongevallen te leiden. Openbare verlichting lijkt op de meeste Nederlandse wegen kosteneffectief te kunnen worden toegepast. Een toename in verlichtingsniveau op reeds verlichte wegen buiten de bebouwde kom is echter niet kosteneffectief.

Achtergrond en inhoud

Openbare verlichting wordt gedefinieerd als “alle kunstmatige verlichting op wegen en straten, kruisingen en oversteekplaatsen” (Elvik et al., 2009). Er zijn ook andere lichtbronnen die in het verkeer een rol spelen, zoals verlichting in en buiten de auto en reflectie van verkeersborden en het wegdek zelf. Deze factsheet richt zich op openbare verlichting door lichtmasten. Alternatieve vormen van verlichting zoals verlichting in het wegdek komen in deze factsheet niet aan bod. Achtereenvolgens wordt aandacht besteed aan de noodzaak en redenen voor openbare verlichting, het effect van zowel toe- als afname van het verlichtingsniveau op ongevalsrisico en op menselijk verkeersgedrag. Ook komt het effect van openbare verlichting in de vorm van lichtmasten als botsobject aan de orde, en de effecten van openbare verlichting op de sociale veiligheid. Verlichting in tunnels valt buiten het bereik van deze factsheet, namelijk onder verkeersveiligheid in tunnels (zie SWOV-factsheet [Verkeersveiligheid van tunnels in autosnelwegen](#)).

De zichtbaarheid van een wegomgeving hangt niet alleen af van openbare verlichting en de sterkte van deze lichtbronnen. Voor de zichtbaarheid van het wegdek is met name de hoeveelheid licht die het wegdek weerkaatst van belang. De zichtbaarheid van voorwerpen wordt vooral bepaald door een contrast in helderheid, zodat een voorwerp lichter of donkerder afsteekt ten opzichte van de achtergrond (Fors & Lundkvist, 2009). Deze factsheet gaat niet in op de diverse technische aspecten van openbare verlichting, zoals verschillende lampsoorten, lichtpunthoogten en opstellingen. Voor een overzicht van dergelijke technische aspecten kunnen diverse CROW-publicaties geraadpleegd worden (zie CROW, 2002a; 2002b; 2002c; 2002d; 2004a).

Waarom openbare verlichting?

Het waarnemen en verwerken van visuele informatie in het verkeer is voor verkeersdeelnemers van groot belang. Dit blijkt ook wel uit het gegeven dat er in de meeste landen restricties zijn voor blinden en slechtzienden bij het uitvoeren van verkeerstaken zoals autorijden, en bijvoorbeeld niet voor dove of slechthorende mensen (Boyce, 2009). In het donker zijn de ogen minder goed in staat om objecten, kleuren en bewegingen te onderscheiden dan bij daglicht (CROW, 2002a; Elvik et al., 2009). Om visuele waarneming te faciliteren op tijden en plaatsen waar de natuurlijke lichtbronnen niet toereikend zijn, kan openbare verlichting worden ingezet. Openbare verlichting maakt het mensen mogelijk om ook in die omstandigheden de weg, andere weggebruikers en de omgeving voldoende te onderscheiden. Hoe hoger het lichtniveau is, des te eerder een ander object wordt waargenomen. Bovendien vermindert de aanwezigheid van openbare verlichting verblinding door het grote contrast tussen de koplampen van andere auto's met de duistere omgeving, ook wel 'headlight glare' genoemd (Boyce, 2009). Dergelijke verblinding zorgt vooral bij oudere verkeersdeelnemer voor een verhoogd risico op een ongeval (zie SWOV-factsheet [Visuele beperkingen](#)). Verbeterde zichtbaarheid door openbare verlichting heeft ook invloed op gedrag: naarmate de kwaliteit van de verlichting beter wordt,

nemen automobilisten kruisingen niet alleen eerder waar, maar ze passen vervolgens ook eerder hun snelheid aan (Rockwell, 1969, zoals beschreven in Beyer & Ker, 2009).

Hoe groot is het risico van nachtelijke verplaatsingen?

Uit onderzoek komt vrij consistent naar voren dat aan nachtelijke verplaatsingen een hoger risico verbonden is dan aan verplaatsingen overdag. Ook in Nederland is het risico 's nachts groter dan overdag: van tweemaal groter door de week tot zelfs viermaal groter in het weekend (Weijermars et al., 2008, zie *Tabel 1*). Ditzelfde geldt voor fietsers: ook voor hen is het risico in het donker hoger dan bij daglicht (Reurings, 2010). Bovendien blijkt uit Weijermars et al. (2008) dat ongevallen 's nacht ernstiger van aard zijn dan overdag.

Tijdstip	Risico (doden per miljard km)
Weekdag	3,4
Weeknacht	6,8
Weekenddag	2,7
Weekendnacht	10,6

Tabel 1. Overlijdensrisico naar tijdstip, gecontroleerd voor expositie (Weijermars et al., 2008).

Een verschil in ongevalsernst is ook in andere landen geconstateerd. In Groot-Brittannië bijvoorbeeld hebben ongevallen 's nachts twee keer zo vaak een fatale afloop als overdag (Plainis & Murray, 2002). Volgens een aantal onderzoeken is het overlijdensrisico (gecorrigeerd voor afgelegde afstand) 's nachts 3 tot 4 keer zo groot als overdag (Owens, 2003; Tignor, 1999). Daarnaast is uit diverse (buitenlandse) onderzoeken gebleken dat sommige groepen verkeersdeelnemers 's nachts een groter risico lopen dan andere. In de Verenigde Staten blijkt het overlijdensrisico in het donker groter te zijn voor jonge bestuurders dan voor oudere, meer ervaren bestuurders (Massie, Campbell & Williams, 1995). Voor voetgangers is het ongevalsrisico 's nachts groter dan voor gemotoriseerd verkeer (Elvik et al., 2009).

Wat is het effect van openbare verlichting op verkeersveiligheid?

Dat het risico 's nachts een stuk hoger ligt is niet zonder meer aan verminderde zichtbaarheid toe te schrijven. Ook zaken als vermoeidheid en alcoholgebruik spelen 's nachts immers een rol (Massie, Campbell & Williams, 1995). In veel onderzoeken naar het effect van openbare verlichting wordt daarom gekeken naar het risico 's nachts of in het donker¹ op wegen waar het verlichtingsniveau wordt aangepast. Overigens wordt over het algemeen aangenomen dat openbare verlichting overdag geen invloed heeft op gedrag of risico (Beyer & Ker, 2009).

Bij onderzoek naar het effect van openbare verlichting op verkeersveiligheid wordt vaak gekeken naar een *toename* in de mate van verlichting van een weg. Vaak gaat het dan om een vergelijking van het risico op een weg die niet eerder was verlicht met het risico op dezelfde weg nadat deze wel is verlicht. Uit een meta-analyse waarin studies uit verschillende landen zijn meegenomen, blijkt dat het aantal ongevallen in het donker na invoering van de verlichting substantieel afneemt (Elvik et al., 2009; Beyer & Ker, 2009). Hoe groot het effect van openbare verlichting is, hangt af van het soort ongevallen, het type weg en de bevolkingsdichtheid van het gebied (zie *Tabel 2*). Openbare verlichting blijkt meer effect te hebben op ongevallen met een fatale afloop dan op ongevallen met gewonden of alleen blikschade. Tevens lijkt verlichting meer invloed te hebben in landelijke dan in stedelijke gebieden, vooral bij ongevallen met een fatale afloop.

Elvik en collega's (2009) hebben tevens gekeken naar de invloed van openbare verlichting op kruispunten. Ongevallen met alleen blikschade tot gevolg blijken op kruispunten in zowel landelijke als stedelijke gebieden af te nemen met zo'n 30%. Bij ongevallen met gewonden blijkt het effect van openbare verlichting groter te zijn in stedelijke gebieden: daar neemt op kruispunten het aantal ongevallen met gewonden af met 40%. In landelijke gebieden is dat 22%.

Een toename van openbare verlichting blijkt bovendien meer effect te hebben op het risico van voetgangers dan op het risico van gemotoriseerd verkeer (Elvik, 1995; Elvik et al., 2009). Ook onderzoek in Nederland wijst uit dat openbare verlichting een sterker beschermend effect heeft op

¹ In onderzoeken naar de effecten van openbare verlichting wordt meestal gesproken over de effecten ervan 's nachts of in het donker. Uit die onderzoeken kan echter meestal niet worden opgemaakt of deze twee termen inwisselbaar zijn. Deze factsheet spreekt van ongevallen en risico 's nachts, tenzij in een onderzoek expliciet de term donker wordt gehanteerd.

kwetsbare verkeersdeelnemers (voetgangers, fietsers, bromfietsers) dan op bestuurders van motorvoertuigen (Wanvik, 2009).

Type weg/wegomgeving	Ongeval met fatale afloop	Ongeval met gewonden	Ongeval met blikshade
Alle type wegen	-60%	-23%	-16%
Snelwegen	Niet bepaald	-13%	Niet bepaald
Landelijke omgeving	-87%	-26%	-27%
Stedelijke omgeving	-43%	-29%	-14%

Tabel 2. *Effect van openbare verlichting op voorheen onverlichte wegen*² (Elvik et al., 2009).

Behalve naar het effect op voorheen onverlichte wegen, is er ook onderzoek gedaan naar het verkeersveiligheidseffect op wegen waar het bestaande verlichtingsniveau wordt verhoogd. Uit de resultaten blijkt duidelijk dat het effect op het aantal ongevallen afhankelijk is van de toename in verlichting (Elvik et al., 2009). Een verdubbeling van de onderzochte verlichtingsniveaus blijkt maar een beperkt effect te hebben op het aantal ongevallen in het donker met lichamelijk letsel. De beste schatting van dit effect is een afname van 5%, maar deze is statistisch niet significant. Wanneer het niveau van verlichting wordt verhoogd naar twee tot vijf keer het oorspronkelijke niveau, neemt het aantal ongevallen in het donker af met ongeveer 10%. Een verhoging van meer dan vijf keer het oorspronkelijke niveau leidt tot een vermindering van het aantal ongevallen met lichamelijk letsel van ongeveer 30%.

Wat is het effect van openbare verlichting op het gedrag?

Het effect van openbare verlichting op gedrag is niet consistent vastgesteld. Sommige studies vinden dat een verbeterde zichtbaarheid door openbare verlichting ertoe leidt dat automobilisten kruispunten eerder waarnemen en vervolgens ook eerder hun snelheid aanpassen (Rockwell, 1969, zoals beschreven in Beyer & Ker, 2009). Er zijn echter ook studies die geen verschil in snelheid ten gevolge van openbare verlichting hebben aangetoond (Mäkelä & Kärki, 2004; Elvik et al., 2009). Volgens een Nederlands onderzoek had een halvering van de verlichting door lichtmasten om en om uit te schakelen geen effect op het gedrag van de weggebruikers (Martens, 2005).

Er zijn ook onderzoeken die wijzen op een negatief effect van openbare verlichting. Deze studies laten zien dat mensen zich door de aanwezigheid van openbare verlichting veiliger voelen, waardoor ze minder alert zijn en meer risico nemen door bijvoorbeeld met hogere snelheden te rijden (Assum et al., 1999). Dergelijke onderzoeksresultaten betekenen echter niet dat openbare verlichting een ongunstig effect heeft op de verkeersveiligheid; het blijft immers zo dat openbare verlichting een positief effect heeft op het aantal ongevallen. Hoogstens kan op basis van dit onderzoek worden geconcludeerd dat het effect van openbare verlichting op het aantal ongevallen groter zou zijn als er geen sprake zou zijn van dergelijk compensatiegedrag (Assum et al., 1999).

Wat is het effect van verlaging van het huidige verlichtingsniveau?

Steeds vaker wordt in onderzoek ook bekeken of de verkeersveiligheid achteruitgaat als het bestaande verlichtingsniveau wordt verminderd. Dit heeft te maken met de toegenomen interesse in energie-, milieu- en kostenbesparende maatregelen (zie bijvoorbeeld AVV, 2006a; Martens, 2005). Een bekende maatregel op dit gebied is het concept van dynamische openbare verlichting. Onder dynamische verlichting worden verscheidene methoden verstaan. Zo is er dimbare openbare verlichting die de mogelijkheid biedt om te variëren tussen twee of meer verlichtingsniveaus. Het uitgangspunt is hierbij dat het benodigde niveau van openbare verlichting afhangt van de verkeers- en weersomstandigheden. In een Nederlands onderzoek naar deze vorm van dynamische openbare verlichting is het effect ervan op rijgedrag, beleving en acceptatie onderzocht (Hogema & Van der Horst, 1998). De conclusie was dat onder gunstige omstandigheden (lage verkeersintensiteit, droog weer) zonder problemen een (veel) lager lichtniveau dan gebruikelijk gehanteerd kan worden, namelijk 20% van het normale niveau.

² Voor een aantal categorieën (ongeval met gewonden bij alle wegen, autosnelwegen en wegen in landelijke gebieden) omvatte de meta-analyse van Elvik et al. (2009) voldoende resultaten om de resultaten te corrigeren voor publicatiebias. Publicatiebias verwijst naar de vertekening die ontstaat doordat vooral onderzoeksresultaten worden gepubliceerd als deze significant of positief zijn, waardoor onderzoeken met negatieve of onduidelijke resultaten onderbelicht worden. Omdat niet alle categorieën op deze bias zijn gecorrigeerd, worden in deze factsheet alleen de ongecontroleerde resultaten weergegeven zodat de resultaten onderling vergelijkbaar zijn.

Een andere manier om het niveau van openbare verlichting te verlagen is door voorzieningen zoals lichtmasten deels uit te schakelen. In een Nederlands onderzoek naar de gevolgen van een dergelijke vermindering in verlichtingsniveau, is op een provinciale weg het aantal lichtmasten om en om uitgeschakeld (met uitzondering van kruisingen en rotondes, waar het verlichtingsniveau ongewijzigd bleef). Dit bleek geen nadelige gevolgen te hebben voor rijgedrag, veiligheidsbeleving en subjectieve werklast (Martens, 2005). Een internationale meta-analyse op ongevallenniveau wijst echter uit dat een halvering van het verlichtingsniveau gepaard gaat met een toename van ongeveer 17% aan letselongevallen en 27% aan ongevallen met alleen blikschade (Elvik et al., 2009).

Wat is het effect van de lichtmasten als botsobject?

Openbare verlichting kan een ongunstig effect op de verkeersonveiligheid hebben doordat de verlichtingsmasten een botsobject zijn. Jaarlijks worden in Nederland minstens 400 ongevallen met doden of ernstig verkeersgewonden geregistreerd waarbij een lichtmast betrokken is geweest (Tabel 3). Vanuit dit oogpunt zou het wenselijk zijn als de masten zo ver mogelijk van de rijbaan geplaatst zouden worden; vanuit verlichtingstechnisch oogpunt is dat echter weer ongunstig. Voor alle typen wegen bestaan richtlijnen voor de breedte van de zogenaamde obstakelvrije zone (zie SWOV-factsheet [Veilige wegbermen](#)).

Ernst	2005	2006	2007	2008	2009
Ongeval met fatale afloop	29	22	25	29	23
Ongeval met ernstig verkeersgewonde(n)	132	116	127	114	105

Tabel 3. *Geregistreerd aantal ongevallen waarbij een lichtmast betrokken was (bronnen: Ministerie van VenW, Dutch Hospital Data - LMR).*

Door botsvriendelijke varianten van lichtmasten te gebruiken kan de ernst van botsingen met een lichtmast worden verminderd (CROW, 2002c, 2002d). Een botsvriendelijke lichtmast is zodanig geconstrueerd dat deze weinig weerstand biedt en afbreekt wanneer een voertuig er tegenaan botst. Hierdoor is de kans op ernstig letsel aanzienlijk kleiner dan bij niet-botsvriendelijke lichtmasten. Botsvriendelijke lichtmasten blijken het risico op persoonlijk letsel ten gevolge van een verkeersongeval met 50% te verminderen (Elvik et al., 2009). Een botsveilige lichtmast mag dan ook zonder afschermingvoorziening binnen de obstakelvrije zone worden geplaatst (CROW, 1999; AVV, 2006b). Wel dient een botsvriendelijke lichtmast zodanig te worden opgesteld dat deze geen verdere schade veroorzaakt als hij na een botsing omvalt (CROW, 2002d). Lichtmasten van botsvriendelijk materiaal zoals aluminium zijn daarom toch botsonvriendelijk als ze hoger zijn dan 10 m (CROW, 2004b,d).

Is openbare verlichting kosteneffectief?

Naast baten zijn uiteraard ook kosten van bijvoorbeeld materiaal en energie aan openbare verlichting verbonden. De vraag kan gesteld worden of de baten opwegen tegen deze kosten. Volgens recente Noorse gegevens is het verlichten van wegen die voorheen onverlicht waren op de meeste wegen (uitgezonderd de autosnelweg) kosteneffectief vanaf een verkeersintensiteit van 15.000 voertuigen per dag of hoger (Elvik et al., 2009). Nederlands onderzoek wees uit dat openbare verlichting bij de wat lagere verlichtingsniveaus en goedkopere installaties kostendekkend is op de meeste Nederlandse wegen (Schreuder, 1996). Openbare verlichting is (afhankelijk van het verlichtingsniveau) op autosnelwegen kosteneffectief vanaf verkeersintensiteiten van zo'n 42.000 voertuigen per dag en op niet-autosnelwegen buiten de bebouwde kom vanaf meer dan 12.500 voertuigen per dag. Schreuder (1996) gaf echter aan dat de wegen die in zijn studie als referentie waren gebruikt bovengemiddeld veilig waren. Hij verwachtte daarom dat openbare verlichting al vanaf lagere verkeersintensiteiten kosteneffectief zou kunnen zijn.

Het verhogen van het verlichtingsniveau op reeds verlichte wegen is volgens Noorse gegevens vrijwel nooit kosteneffectief, onafhankelijk van de verkeersintensiteit (Elvik et al., 2009). Ook uit Nederlands onderzoek bleek dat het verhogen van de destijds gangbare verlichtingsniveaus buiten de bebouwde kom niet kosteneffectief was (Schreuder, 1996, p. 265; zie NNI, 2002 voor huidige richtlijnen). In datzelfde onderzoek werd gesteld dat het verhogen van het verlichtingsniveau binnen de bebouwde kom echter wel kosteneffectief is.

Wat is het effect van openbare verlichting op sociale veiligheid?

Naast een effect op verkeersveiligheid heeft openbare verlichting ten slotte nog belangrijke implicaties voor de sociale veiligheid, vooral binnen de bebouwde kom (CROW, 2004a). Zo bleek uit Nederlands onderzoek dat er minder criminele activiteiten werden gerapporteerd in omgevingen met een hoger verlichtingsniveau dan in omgeving waar het verlichtingsniveau lager was (Schreuder, 1992). Ook uit diverse buitenlandse onderzoeken is gebleken dat niet alleen criminaliteit maar ook de angst ervoor gunstig beïnvloed wordt door de aanwezigheid van straatverlichting (Eck, 2002).

Conclusie

Openbare verlichting wordt ingezet om visuele waarneming te faciliteren op tijden en plaatsen waar de natuurlijke lichtbronnen niet toereikend zijn. Uit diverse onderzoeken is gebleken dat openbare verlichting een overwegend gunstig effect heeft op de verkeersveiligheid. Het verlichten van voorheen onverlichte wegen leidt over het algemeen tot minder en minder ernstige verkeersongevallen. Op ongevallen met een fatale afloop is het effect van openbare verlichting groter in landelijke dan in stedelijke gebieden. Op kruispunten lijkt het effect van openbare verlichting juist groter te zijn in stedelijke gebieden. Openbare verlichting blijkt bovendien meer effect te hebben op het risico van kwetsbare verkeersdeelnemers (voetgangers, fietsers, bromfietsers) dan op bestuurders van motorvoertuigen. Het verhogen van het verlichtingsniveau op wegen die reeds verlicht zijn, heeft beduidend minder effect. Onderzoek naar het effect van openbare verlichting op gedrag levert een inconsistent beeld op, met zowel onderzoeken waaruit blijkt dat openbare verlichting ertoe leidt dat automobilisten kruisingen eerder waarnemen en vervolgens ook eerder hun snelheid aanpassen, als onderzoeken waaruit blijkt dat openbare verlichting geen effect of zelfs een averechts heeft op verkeersgedrag, zoals mensen die juist harder gaan rijden na een toename in het verlichtingsniveau. Bij het verlagen van een bestaand verlichtingsniveau werden geen nadelige effecten op gedragsniveau gevonden. Onderzoek op ongevallenniveau wees echter uit dat een halvering van het verlichtingsniveau leidde tot een toename in het aantal ongevallen. Openbare verlichting kan een ongunstig effect op de verkeersonveiligheid hebben doordat de verlichtingsmasten een botsobject zijn. De ernst van botsingen met lichtmasten kan worden verminderd door botsvriendelijke lichtmasten te gebruiken. Openbare verlichting lijkt op de meeste Nederlandse wegen, zowel binnen als buiten de bebouwde kom, kosteneffectief te kunnen worden toegepast. Een toename in verlichtingsniveau op reeds verlichte wegen buiten de bebouwde kom is echter niet kosteneffectief. Ten slotte heeft openbare verlichting naast een effect op verkeersveiligheid ook een effect op de sociale veiligheid. Openbare verlichting heeft een gunstig effect op zowel criminaliteit als de angst voor criminaliteit.

Publicaties en bronnen

Assum T., Bjørnskau T., Fosser S., & Sagberg, F. (1999). [Risk compensation - the case of road lighting](#). In: Accident Analysis & Prevention, vol. 31, nr. 5, p. 545-553.

AVV (2006a). [Handboek dynamische verlichting autosnelwegen](#). Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam.

AVV (2006b). [Botsveilige lichtmast biedt veel voordelen](#). In: Bermwijzer – nieuwsbrief Steunpunt Veilige Inrichting van Bermen, juni 2006, p. 3. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer AVV, Rotterdam.

Beyer, F.R. & Ker, K. (2009). [Street lighting for preventing road traffic injuries](#). In: Cochrance Database of Systematic Reviews 2009, nr. 1, art. nr. CD004728. <http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD004728.pub2>.

Boyce, P.R. (2009). [Lighting for driving: Roads, vehicles, signs, and signals](#). CRC Press, Boca Raton, Florida.

CROW (1999). [Veilige inrichting van bermen. Richtlijnen voor het ontwerpen van Autosnelwegen \(ROA\)](#). CROW kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.

CROW (2002a). [Handboek wegontwerp wegen buiten de bebouwde kom: basiscriteria](#). Publicatie 164a. CROW kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.

- CROW (2002b). [Handboek wegontwerp wegen buiten de bebouwde kom: erftoegangswegen](#). Publicatie 164d. CROW kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.
- CROW (2002c). [Handboek wegontwerp wegen buiten de bebouwde kom: gebiedsontsluitingswegen](#). Publicatie 164c. CROW kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.
- CROW (2002d). [Handboek wegontwerp wegen buiten de bebouwde kom: stroomwegen](#). Publicatie 164b. CROW kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.
- CROW (2004a). [Aanbevelingen voor verkeersvoorzieningen binnen de bebouwde kom \(ASVV\)](#). Publicatie 110. CROW kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.
- CROW (2004b). [Handboek veilige inrichting van bermen; Niet-autosnelwegen buiten de bebouwde kom](#). Publicatie 202. CROW Kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.
- Eck, J.E. (2002). [Preventing crime at places](#). In: Lawrence, W. et al. (eds.), Evidence-based crime prevention, p. 241-294. Routledge, New York.
- Elvik, R. (1995). [A meta-analysis of evaluations of public lighting as accident counter measure](#). In: [Transportation Research Record, vol. 1485](#), p. 112-123.
- Elvik, R., Vaa, T., Høye, A., Erke, A. & Sørensen, M. (eds.) (2009). [The handbook of road safety measures](#). 2nd revised edition. Elsevier, Amsterdam.
- Fors, C. & Lundkvist, S.-O. (2009). [Night-time traffic in urban areas; A literature review on road user aspects](#). VTI rapport 650A. Swedish National Road and Transport Research Institute VTI, Linköping.
- Hogema, J.H. & Horst, A.R.A. van der (1998). [Dynamische openbare verlichting \(DYNO\). Fase 4: synthese](#). Rapport TNO-TM 1998 C-065. TNO Technische Menskunde, Soesterberg.
- Mäkelä, O. & Kärki, J.L. (2004). [Tievalaistuksen vaikutus liikenneturvallisuuteen ja ajonopeuksiin \(Impact of road lighting on road safety and driving speeds\)](#). Technical report 18/2004. Finnish National Road Administration, Helsinki. [In het Fins]
- Martens, M.H. (2005). [Kunnen we met minder openbare verlichting toe? Een veldstudie in Drenthe](#). Rapport TNO-DV3 2005 C-090. TNO Defensie en Veiligheid, Soesterberg.
- Massie, D.L., Campbell, K.L. & Williams, A.F. (1995). [Traffic accident involvement rates by driver age and gender](#). In: Accident Analysis and Prevention, vol. 27, nr. 1, p. 73-87.
- NNI (2002). [Nederlandse Praktijk Richtlijn NPR 13201-1:2002: openbare verlichting; Deel 1: kwaliteitscriteria](#). Nederlands Normalisatie-instituut NNI, Normcommissie 351 005 "Verlichting". Nederlands Normalisatie-instituut NNI/Nederlandse Stichting Voor Verlichtingskunde NSVV, Delft/Arnhem.
- Owens, D.A. (2003). [Twilight vision and road safety: Seeing more than we notice but less than we think](#). In: Andre, J. (ed.) Visual perception: The influence of H.W.Leibowitz. American Psychological Association, Washington D.C. p. 157-180.
- Plainis, S. & Murray, I.J. (2002). [Reaction times as an index of visual conspicuity when driving at night](#). In: Ophthalmic and Physiological Optics, vol. 22, nr. 5, p. 209-415.
- Reurings, M.C.B. (2010). [Hoe gevaarlijk is fietsen in het donker? Analyse van fietsongevallen naar lichtgesteldheid](#). R-2010-32. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.
- Schreuder, D.A. (1992). [De relatie tussen de veiligheid en het niveau van de openbare verlichting](#). R-92-39. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.
- Schreuder, D.A. (1996). [Openbare verlichting voor verkeer en veiligheid](#). Kluwer Techniek, Deventer.

Tignor, S. (1999). *Overview of U.S. nighttime crashes*. In: [Proceedings of the eighth U.S./Japan workshop on advanced technology in Highway Engineering: Nighttime and pedestrian safety, 15-19 November 1999, Washington D.C.](#) Federal Highway Administration FHWA, Washington D.C.

Wanvik, P.O. (2009). [Effects of road lighting: An analysis based on Dutch accident statistics 1987-2006](#). In: *Accident Analysis & Prevention*, vol. 41, nr. 1, p. 123-128.

Weijermars, W.A.M., Goldenbeld, C., Bos, N.M. & Bijleveld, F.D. (2008). [De verkeersveiligheid in 2007: is stilstand achteruitgang?](#) R-2008-12. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid, Leidschendam.