

**OPENBARE VERLICHTING OP AUTOSNELWEGEN:
EFFECTEN OP RIJGEDRAG EN WERKBELASTING**

Jeroen Hogema, Hans Veltman en
TNO Technische Menskunde
Postbus 23
3769 ZG Soesterberg
hogema@tm.tno.nl - veltman@tm.tno.nl

Annelies van 't Hof
Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer
Postbus 1031
3000 BA Rotterdam
a.vthof@avv.rws.minvenw.nl

Samenvatting

In opdracht van Rijkswaterstaat heeft TNO Technische Menskunde een experimentele studie uitgevoerd om inzicht te krijgen in de effecten van openbare verlichting op autosnelwegen op het rijgedrag en de werkbelasting van de automobilist. De aanleiding voor de studie is de voortdurende ontwikkeling van verlichtingsbeleid waarin de toepassing van verlichting wordt bekeken vanuit (ten minste) drie invalshoeken: verkeersveiligheid, energieverbruik en de invloed op de omgeving. In de studie reden proefpersonen in een geïnstrumenteerde auto 's avonds een vaste route over een autosnelweg. Hierbij werd de openbare verlichting experimenteel gemanipuleerd: in de helft van de ritten was de verlichting ingeschakeld en in de andere helft van de ritten uitgeschakeld. Bovendien moesten de proefpersonen in een deel van de ritten een cognitief belastende neventaak uitvoeren.

Tijdens het rijden werden het rijgedrag en een aantal fysiologische variabelen (hartslag, ademhaling en oogknipperingen) geregistreerd. Bovendien vulden de proefpersonen na afloop van de ritten een vragenlijst in waarmee de subjectieve beoordeling van de mentale inspanning werd gemeten.

De resultaten lieten zien dat zowel de verkeersintensiteit als de neventaak van invloed zijn op de snelheidskeuze, op fysiologische maten, en op de subjectieve beoordeling. Effecten van verlichting kwamen vooral tot uiting in het stuurgedrag, de oogknipperfrequentie, en de subjectieve mentale inspanning. Met name bij lagere verkeersintensiteiten (later op de avond) bleek dat de deelnemers minder hard reden op de onverlichte wegen.

De werkbelastingseffecten van verlichting komen tot uiting in variabelen die wel binnen een voertuig/bestuurder-systeem gemeten kunnen worden, maar niet via meetlussen of soortgelijke wegkantmeetsystemen. Andersom zijn factoren die bij uitstek wel goed in de verkeersstroom gemeten kunnen worden niet geschikt om werkbelastingseffecten van verlichting te meten. Daarom moeten we concluderen dat het opstellen van een nieuwe schakelcriteria voor openbare verlichting, mede op basis van werkbelastingscriteria, nog niet haalbaar is.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Voor het nemen van beslissingen om wegen van openbare verlichting te voorzien, of bestaande verlichtingssystemen te vervangen, is inzicht nodig in de voor- en nadelen van verlichting maar ook in de

aanleg- en onderhoudskosten. Door de tijd heen veranderen ideeën over de functie van verlichting en de toegestane effecten van verlichting langs autosnelwegen. Terwijl op dit moment in de Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen (ROA) is vastgelegd hoe en wanneer verlichting wordt aangelegd, blijft Rijkswaterstaat op zoek naar een evenwichtig gebruik van verlichting waarbij rekening wordt gehouden met de verkeersveiligheid maar ook met de omgeving en energiegebruik.

Verkeersveiligheid speelt altijd een hoofdrol in de discussie over de plaatsing van openbare verlichting. Omdat er van verlichting een afname wordt verwacht van het aantal ongelukken, is het beleid steeds geweest om langs wegen verlichting aan te brengen, zodra de rijtaak zonder verlichting te zwaar dreigde te worden. Maar naast het thema verkeersveiligheid zijn in de loop van de tijd ook de thema's natuur of omgevingshinder en energieverbruik belangrijk geworden. Vanuit de Tweede Kamer werd bijvoorbeeld in 1995 aangedrongen op terughoudendheid bij verlichting in natuurgebieden. Verlichting kan namelijk ook leiden tot omgevingshinder in de vorm van versnippering van het landschap of directe versterking van leefpatronen van dieren in de omgeving. Energieverbruik werd belangrijk door de nadruk op (CO₂-)uitstoot en kosten in het algemeen.

Vanuit deze achtergronden, maar met nadruk op het energie-argument, is er in 1998 een proef gehouden met Dynamische Openbare Verlichting op de A12 tussen Gouda en Nieuwerbrug. Uitgangspunt was het leveren van een verlichtingsniveau dat voldoende hoog is om, gegeven de verkeers- en weersomstandigheden, verkeer veilig af te wikkelen zonder dat de weg te sterk verlicht werd. In de proef werd getest of een verlichtingsniveau van 20% of 200% in bepaalde situaties een toepasselijker verlichtingsniveau zou kunnen leveren. Uit de resultaten van deze proef kwam naar voren dat '...onder gunstige omstandigheden (lage verkeersdruk, droog weer) zonder problemen een lager niveau van openbare verlichting kan worden gehanteerd, terwijl onder andere omstandigheden (neerslag) een normaal niveau van openbare verlichting gewenst blijft. [...] Van het *verhoogde niveau* van verlichting is in de evaluatiestudie van de praktijkproef geen meerwaarde gevonden.' (Folles, IJsselstijn, Hogema, & Van der Horst, 1999).

Deze proef gaf dus aan dat er mogelijkheden zijn om verlichting aan te passen zonder dat de verkeersveiligheid of de beleving bij de weggebruikers aangetast wordt.

1.2 Vervolg

Nu bleek dat er mogelijkheden waren voor de aanpassing van verlichting langs autosnelwegen, werd het belangrijk om te achterhalen hoe verlichting en de rijtaak op elkaar inhaken. Want als duidelijk is wanneer de rijtaak goed uit te voeren is met en zonder verlichting, bij bepaalde verkeersdruk, dan wordt het mogelijk om verlichting daadwerkelijk te schakelen. Hierbij wordt zowel het rijgedrag gemeten als de mate van werkbelasting die een chauffeur ervaart tijdens het besturen van een voertuig. Daarom heeft de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV) een project opgezet dat twee doelen voor ogen had:

- 1 welke maten meten werkbelasting op een eenvoudige en eenduidige wijze?
- 2 kan verkeersintensiteit (verkeersdruk) gekoppeld worden aan werkbelasting zodat dit als basis kan dienen voor het schakelen van verlichting? En zo ja, hoe?

Het tweede doel heeft de volgende achtergrond. Rijkswaterstaat haalt permanent gegevens over intensiteit en snelheid uit lussen in de rijkswegen. Als deze gegevens gekoppeld kunnen worden aan de

werkbelasting die chauffeurs ervaren, dan kan ook een vertaling gemaakt worden naar het gewenste verlichtingsniveau. Dat leidt ertoe dat medewerkers in de verkeerscentrales een instrument in handen krijgen om op verantwoorde wijze verlichting naar een lager niveau te schakelen om zo energie te besparen en de hinder voor de omgeving te verminderen.

1.3 Globale onderzoeksopzet

Allereerst is in een korte literatuurstudie onderzocht welke indicatoren en meetmethoden werkbelasting en rijgedrag voor deze toepassing goed weergeven (Hogema & Veltman, 2002). Op basis van deze studie is gekozen om enkele maten betreffende rijgedrag, fysiologische maten, en subjectieve werkbelasting mee te nemen in het onderzoek. Ook is gekeken naar het effect van een extra taak (een zogenaamde neventaak) op de werkbelasting. Met deze extra taak is het mogelijk te onderzoeken hoe een verzwarende taak uitwerkt in de werkbelasting en in aanpassing van rijgedrag.

2 Methode

Het onderzoek bestond uit twee fasen:

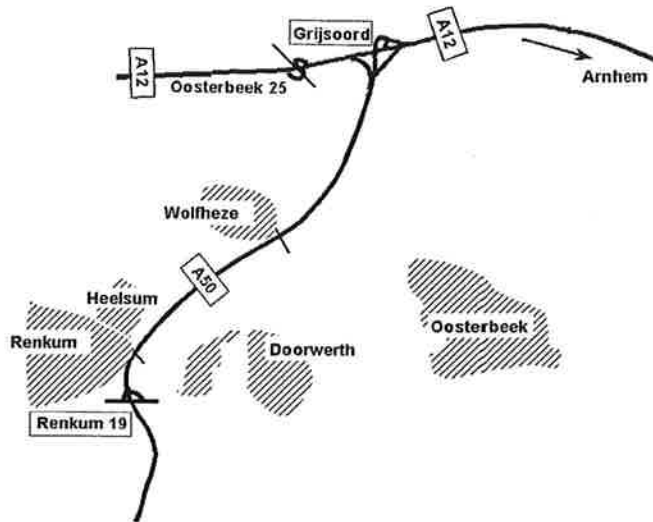
- in de eerste fase, uitgevoerd in februari en maart 2002, werden de ritten uitgevoerd nadat de drukte van de avondspits voorbij was: tussen circa acht uur en elf uur 's avonds (Hogema & Veltman, 2002)
- de tweede fase, uitgevoerd in november en december 2002, werden de ritten gestart terwijl de avondspits op het einde liep. De metingen vonden plaats tussen circa zes en negen uur 's avonds (Hogema & Veltman, 2003).

Het belangrijkste verschil tussen de beide fasen was daarmee de verkeersintensiteit: relatief laag in de eerste, en relatief hoog in de tweede fase. Verder was de gehanteerde methode in de beide fasen vrijwel gelijk.

Het experiment werd uitgevoerd met één van de geïnstrumenteerde voertuigen van TNO Technische Menskunde (TNO-TM): een Opel Vectra. Er werd alleen gereden in situaties zonder daglicht.

Er is een vergelijking gemaakt tussen een situatie met een onverlichte weg en een weg met openbare verlichting. Bovendien is er een vergelijking gemaakt tussen de situatie met versus zonder een cognitief belastende neventaak. Alle proefpersonen reden met en zonder openbare verlichting, en eveneens met en zonder neventaak.

De ritten zijn allemaal uitgevoerd onder gunstige weers- en verkeersomstandigheden. Het experiment werd uitgevoerd op de A50, vanaf knooppunt Grijsoord in zuidelijke richting (zie Figuur 1). Op dit wegvak is dynamische openbare verlichting aanwezig, die normaal gesproken automatisch het verlichtingsniveau aanpast aan de actuele weers- en verkeersomstandigheden. Ten behoeve van dit experiment werd door RWS (DAS Planken Wambuis) handmatig de verlichting geschakeld op 100% of 0%. Het uitschakelen van de verlichting gebeurde alleen wanneer de weers- en verkeersomstandigheden op dat moment gunstig waren.



Figuur 1 Kaart van de experimentele route

Deze opzet bood het voordeel dat op één locatie onder verschillende verlichtingsomstandigheden gemeten werd. Tevens is getracht de verkeersomstandigheden tot op zekere hoogte constant te houden in de metingen door alleen op werkdagen te meten, en door elke meetavond rond dezelfde tijd te starten.

2.1 Proefpersonen

Er werd in beide fasen gebruik gemaakt van een selecte groep proefpersonen, zonder onderscheid te maken in mogelijke subgroepen als jongeren versus ouderen of ervaren versus onervaren bestuurders. De beoogde omvang van de groep was 32 personen. De volgende criteria zijn gehanteerd bij de selectie:

- rijervaring van 10 000 km/jaar of meer
- minimaal 5 jaar in bezit van een rijbewijs
- leeftijd 25 – 55 jaar.

2.2 Neventaak

Wanneer de rijtaak belastend is, kan hiervoor gecompenseerd worden door minder aandacht te besteden aan andere taken. Dit mechanisme vormt de basis van het toepassen van neventaken, ook wel extra taken. Door een bestuurder een extra taak te laten uitvoeren die niet direct gerelateerd is aan de rijtaak en te meten hoe goed deze taak wordt uitgevoerd kan een indicatie worden verkregen voor de

resterende "ruimte" die een persoon heeft om iets extra's te doen naast de rijtaak. De prestatie op de neventaak wordt daarmee een maat voor de werkbelasting: hoe beter de prestatie, hoe lager de werkbelasting ten gevolge van de rijtaak.

Een neventaak kan ook worden toegepast om de algehele taakbelasting te verhogen. Met neventaak kunnen mogelijk effecten van in dit geval verlichting op het rijgedrag worden gemeten, waar dat zonder neventaak niet mogelijk is.

De neventaak die in dit project is toegepast was een variant op de Continuous Memory Task (CMT) die in verscheidene experimenten succesvol is toegepast (Van Breda & Veltman, 1998). In de hier toegepaste variant werden er drie verschillende auditieve stimuli gebruikt: een lage, een hoge en een midden-toon (L, M, en H), met een vaste duur van 0,5 s. Het interval tussen de start van twee opeenvolgende stimuli was uniform verdeeld tussen 3 en 5 s.

De proefpersoon kon op een stimulus reageren met een vingerschakelaartje dat was bevestigd aan de linker wijsvinger. Hiermee kon de proefpersoon tegen de rand van het stuurwiel tikken.

De midden-toon (M) moest worden genegeerd. Bij de lage (L) en hoge (H) toon moest de proefpersoon wel reageren met een toetsdruk, en daarbij bovendien bijhouden hoe vaak deze tonen elk te horen waren geweest: elke eerste keer moest met één toetsdruk worden gereageerd, en elke tweede keer met een "dubbelklik".

2.3 Procedure

De proefpersonen namen in tweetallen deel aan het experiment, zodat terwijl de één reed de ander kon pauzeren.

Het experiment werd uitgevoerd vanuit de Dienstkring Autosnelwegen (DAS) Planken Wambuis (Directie Oost-Nederland van de Rijkswaterstaat), nabij de afslag Oosterbeek aan de A12 (zie Figuur 1). Hier kregen de proefpersonen eerst hun schriftelijke instructie en werden eventuele vragen beantwoord. De algemene instructie luidde om vlot door te rijden, maar zonder de verkeersregels te overtreden. Bij de uitleg van de neventaak werd aangegeven dat de rijtaak (vlot en veilig rijden) voorop stond: deze mocht niet lijden onder het uitvoeren van de neventaak.

Hierna werden de elektrodes benodigd voor de fysiologische metingen aangebracht. Hiermee werden de hartslag en oogknippering gemeten.

Tijdens de ritten zat een proefleider op de passagiersplaats om zorg te dragen voor de data-acquisitie en om routeaanwijzingen te geven. Tijdens de ritten werd niet gesproken. Voorafgaand aan de eerste rit werd op de parkeerplaats in de auto geoefend met de neventaak.

De route van een enkele rit verliep als volgt (zie Figuur 1):

- bij de op/afrit Oosterbeek werd de A12 opgereden in oostelijke richting
- bij knooppunt Grijsoord werd de A50 opgereden richting Nijmegen (vanaf ongeveer HM-paal 169)

Het Nationale Lichtcongres 2003

- bij de afslag Renkum (afslag nr. 19, ongeveer HM-paal 163) werd de snelweg verlaten, overgestoken, en in noordelijke richting weer opgereden. Rondom dit keerpunt was de neventaak uitgeschakeld
- via kooppunt Grijsoord werd teruggereden naar de afslag Oosterbeek op de A12 (tot ongeveer HM-paal 169).

In de analyses zijn alleen de data gebruikt die werden verzameld op de hoofdrijbaan van de A50. Dit waren twee deelritten van circa 6 km. De rijbanen hadden elk twee rijstroken.

Op iedere avond werd onder beide verlichtingscondities gereden. Er werd gedurende de metingen slechts eenmaal van verlichtingsstand gewisseld: eerst werden alle metingen in de ene verlichtingsconditie gedaan, en daarna alle metingen in de andere verlichtingsconditie. Na afloop van de laatste metingen werd de verlichting weer volgens het normale regime geschakeld.

Onder beide verlichtingscondities reden de proefpersonen om de beurt twee ritten: één met, en één zonder de neventaak.

Na afloop van elke rit gaf de proefpersoon aan hoe inspannend de rit was geweest door middel van het invullen van een vragenlijst.

2.4 *Afhankelijke variabelen*

In de analyse is een grote verscheidenheid aan variabelen geanalyseerd.

Van het rijgedrag van de proefpersonen werd onder andere geanalyseerd:

- de gemiddelde snelheid
- het rijstrookwisselgedrag, uitgedrukt als strookwisselfrequentie (wisselingen /min)
- het koershoudgedrag, uitgedrukt in het gemiddelde en de standaarddeviatie van de dwarspositie
- volggedrag, onder andere uitgedrukt in de gemiddelde volgtijd
- diverse maten die de stuurinspanning tot uitdrukking brengen.

Van de neventaak werden de volgende afhankelijke maten bepaald:

- de gemiddelde reactietijd
- fouten die de proefpersonen maakten (uitgedrukt als foutfrequentie: het aantal fouten per minuut).

Uit de fysiologische metingen werden de volgende afhankelijke maten bepaald:

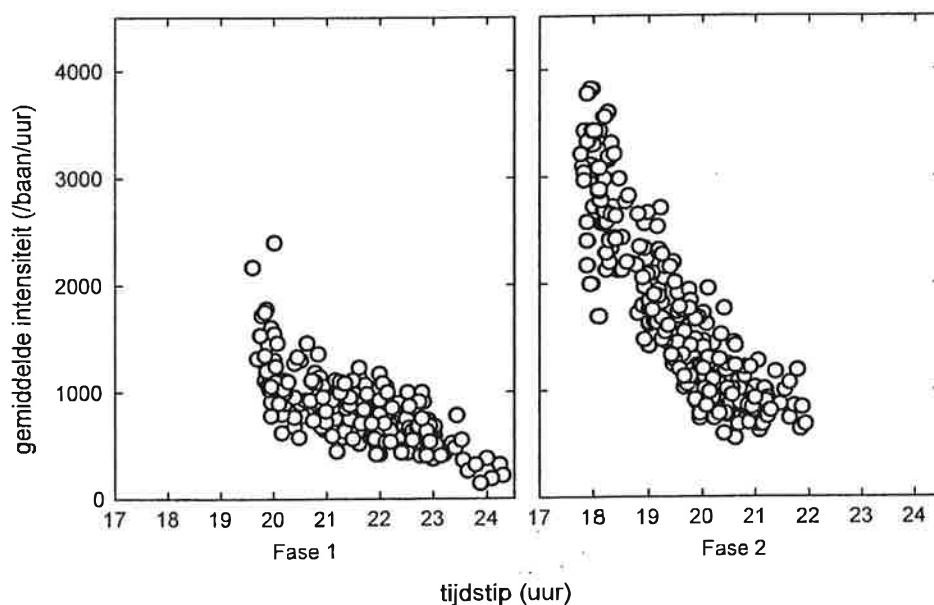
- gemiddelde hartslagfrequentie
- oogknippering (frequentie, duur en amplitude).

De analyse had tot doel om te laten zien hoe de afhankelijke variabelen worden beïnvloed door de onafhankelijke variabelen 'verlichting' (aan of uit) en 'neventaak' (met of zonder). Hierbij moet er rekening mee worden gehouden dat ook andere factoren van invloed zijn op dezelfde afhankelijke maat. Een daarvan wordt gevormd door de verkeersomstandigheden, uit te drukken in de verkeersintensiteits-

teit. Om hier in de analyse rekening mee te kunnen houden werd gebruik gemaakt van meetlusgegevens zoals die beschikbaar kwamen uit de verkeerssignalering die op dit traject aanwezig was. Op basis hiervan was achteraf bekend onder welke verkeersomstandigheden (de actuele verkeersintensiteit en -snelheid) de metingen zijn verricht.

3 Resultaten

Er wordt hier volstaan met een beperkte selectie van de resultaten. In dit hoofdstuk gerapporteerde effecten zijn statistisch significant. Voor een volledig overzicht wordt de lezer verwezen naar de originele onderzoeksrapporten (Hogema & Veltman, 2002; Hogema & Veltman, 2003).



Figuur 2 Verkeersintensiteit tijdens de meetritten als functie van tijd: Fase 1 versus Fase 2 (meetlusdata)

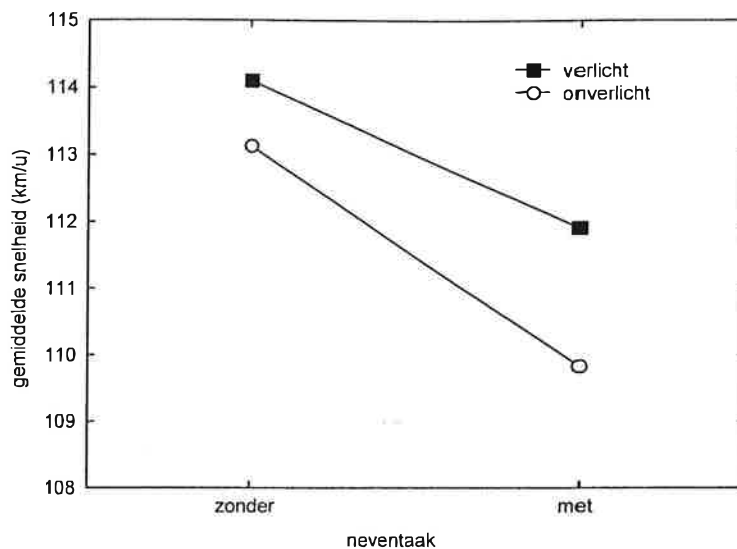
De gemiddelde verkeersintensiteit ten tijde van de metingen wordt weergegeven in Figuur 2 als functie van de tijd. Conform de verwachtingen neemt de intensiteit in de loop van de avond steeds verder af, en is er in Fase 2 bij aanmerkelijk hogere intensiteiten gereden dan in Fase 1.

3.1 Gemiddelde snelheid

De gemiddelde snelheid als functie van de verlichting en de neventaak, zoals gevonden in Fase 1, wordt getoond in Figuur 3.

Er zijn twee effecten:

- met openbare verlichting aan wordt iets harder gereden dan met openbare verlichting uit, en
- met neventaak wordt iets langzamer gereden dan zonder neventaak.



Figuur 3 Gemiddelde snelheid als functie van verlichting en neventaak (Fase 1)

In Fase 2 werd eenzelfde effect van de neventaak gevonden, maar geen effect van de openbare verlichting.

3.2 Rijstrookwisselgedrag

In Fase 1 werd gevonden dat er met neventaak minder vaak van rijstrook werd gewisseld dan zonder neventaak. Uitgedrukt in aantal strookwisselingen per minuut waren de gemiddelden 1,33 wisselingen per minuut met neventaak, en 1,08 wisselingen per minuut zonder neventaak. Tegelijk werd er met neventaak een groter percentage van de tijd in de rechter rijstrook gereden dan zonder neventaak (80% respectievelijk 74%).

In de tweede fase werden kwalitatief dezelfde effecten van de neventaak gevonden.

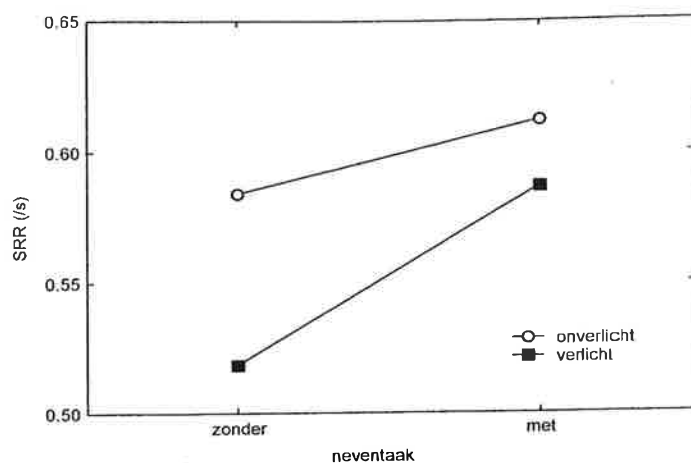
In geen van beide fasen was er een effect van openbare verlichting op een van deze maten.

3.3 Stuurinspanning

Een van de maten die de inspanning op de stuurtaak weergeeft is de Steering Reversal Rate (SRR): het aantal keer dat het stuurwiel door de bestuurder buiten een zekere band van draairichting wordt

omgekeerd. Een hogere SRR geeft een hogere stuurinspanning weer. De resultaten van Fase 2 worden getoond in

Figuur 4



Figuur 4 Steering Reversal Rate als functie van verlichting en neventaak (Fase 2)

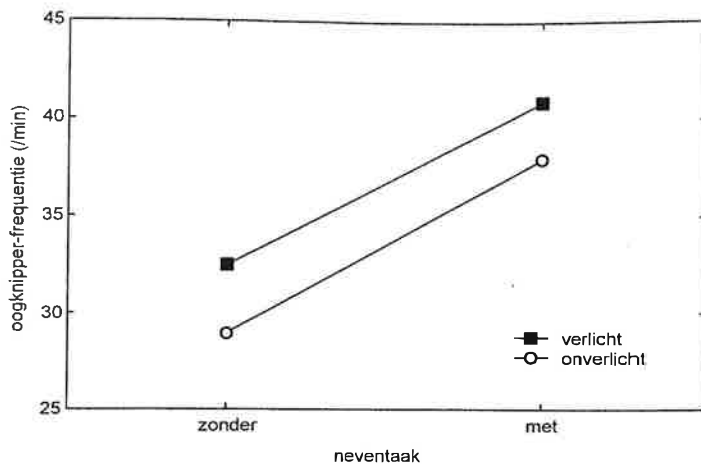
Zonder verlichting was de SRR hoger dan met verlichting, en met neventaak was de SRR hoger dan zonder neventaak. Kwalitatief dezelfde effecten werden in de andere fase gevonden.

3.4 Oogknipperfrequentie

Uit de electro-oculogram (EOG)-metingen werd onder andere afgeleid hoeveel oogknipperingen de bestuurder maakte, uitgedrukt in de oogknipperfrequentie (het aantal oogknipperingen per minuut).

Zoals Figuur 5 laat zien werd er met wegverlichting gemiddeld iets vaker geknipperd dan in de condities zonder wegverlichting, hetgeen duidt op een lagere visuele inspanning tengevolge van wegverlichting.

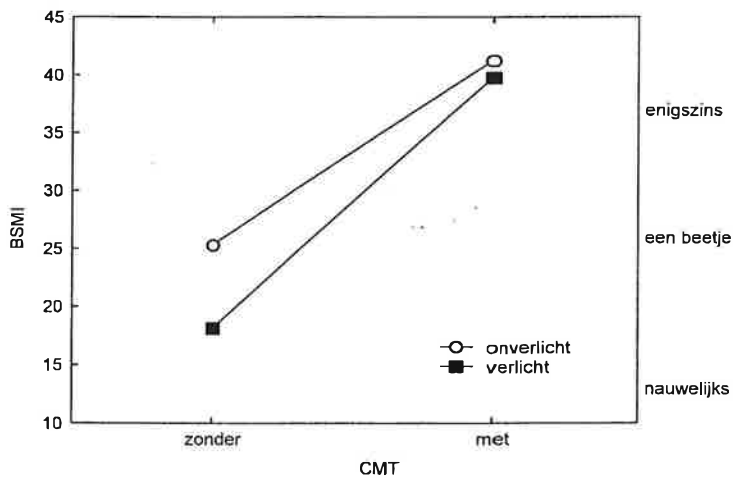
Verder werd gevonden dat met neventaak gemiddeld iets vaker werd geknipperd dan zonder neventaak. Dit zegt iets over de invloed van de neventaak op de mentale belasting. De richting van het effect is afhankelijk van het type taak; bij experimenten waarbij geheugentaken worden gebruikt wordt meestal een verhoging van het aantal oogknipperingen gevonden (Veltman & Gaillard, 1998). De huidige resultaten zijn daarmee in overeenstemming.



Figuur 5 Oogknipperfrequentie als functie van verlichting en neventaak (Fase 1)

3.5 Mentale inspanning

De subjectieve mentale inspanning (BSMI) liet zien dat met neventaak de mentale belasting hoger was dan zonder. Verder was met openbare verlichting de mentale belasting lager dan zonder verlichting (zie Figuur 6).



Figuur 6 Subjectieve mentale inspanning (BSMI) als functie van verlichting en neventaak (Fase 2)

3.6 Verkeersintensiteit

In de voorafgaande resultaten zijn effecten van verlichting en neventaak gepresenteerd, waarbij is gecorrigeerd voor eventuele effecten van de verkeersintensiteit.

Daarmee wordt echter niet duidelijk hoe het effect van de intensiteit op gedrags- en werkbelastingsmaten zich verhoudt tot de effecten van de verlichting en neventaak (in richting en grootte). Om ook hierin inzicht te krijgen is een aanvullende serie analyses uitgevoerd waarbij de verkeersintensiteit als onafhankelijke variabele is meegenomen. Om dat mogelijk te maken is eerst voor alle waarnemingen de intensiteit gecategoriseerd in *laag* of *hoog*. Een selectie van de resultaten wordt getoond in Tabel 1.

Tabel 1 Enkele effecten van verkeersintensiteit (gemiddelden en significantie)

variabele	lage intensiteit	hoge intensiteit	significantie
ritduur (min)	3,14	3,30	p < 0,01
gemiddelde snelheid (km/h)	113,1	107,9	p < 0,01
% van tijd met volgtijd < 1 s	6,37	11,48	p < 0,01
% van tijd met tijd volgtijd < 4 s	32,0	49,9	p < 0,01
neventaak foutfrequentie (/min)	1,01	1,32	p < 0,01
oogknipperduur (ms)	82,8	78,4	p < 0,01
BSMI (-)	29,9	33,2	p < 0,1

Er wordt een aantal effecten van verkeersintensiteit gevonden die overeenstemmen met de verwachtingen. De hoge intensiteit geeft, vergeleken met de lage intensiteit, een lagere gemiddelde snelheid. Bij hoge intensiteit is er relatief vaker sprake van volgsituaties (volgtijd < 4 s) en ook meer van 'kort' volgen (< 1 s volgtijd). Deze resultaten, hier gevonden door binnen één voertuig over een zeker traject te meten, komen kwalitatief overeen met elders gerapporteerde resultaten uit een ander project, waar met inductielussen vele voertuigen op één dwarsdoorsnede van de weg zijn gemeten (Hogema, 1996).

Waar een hoofdeffect werd gevonden van zowel de neventaak als de verkeersintensiteit was de richting van de beide effecten gelijk, en consistent met de interpretatie in termen van werkbelasting: zowel het toevoegen van de neventaak als het verhogen van de intensiteit resulteert in een hogere werkbelasting. De verkeersintensiteit bleek verder een effect te hebben op de foutfrequentie op de neventaak: bij druk verkeer werden meer fouten gemaakt dan bij rustig verkeer.

4 Discussie en conclusies

Uit de literatuur is bekend dat openbare verlichting onder gunstige weg- en weeromstandigheden geen grote effecten heeft op het rijgedrag. Voor zover er in de literatuur al effecten gerapporteerd worden zijn ze klein (Hogema & Veltman, 2002). De resultaten uit dit project zijn daarmee in overeenstemming. In de eerste fase (bij relatief lage verkeersintensiteit) was er met openbare verlichting sprake van een iets hogere gemiddelde snelheid. In de tweede fase (bij relatief hoge verkeersintensiteit) werd dit effect niet gevonden. Mogelijke heeft de verkeersdrukke op een andere manier dan verwacht de werklast verhoogd. Naarmate er meer verkeer is, wordt de weg beter verlicht en is het verloop van de weg door de vele autolampen beter voorspelbaar. Daarnaast is er op een drukke weg vrijwel altijd een voorligger waarvan de achterlichten zijn te gebruiken om te volgen, waardoor de rijtaak makkelijk-

ker wordt. Een hogere intensiteit heeft zelf een hogere werkbelasting tot gevolg, maar daar bovenop is het extra effect van verlichting op werkbelasting relatief gering.

Het uitschakelen van de openbare verlichting leidde dus niet tot substantiële gedragsaanpassingen van de proefpersonen, maar wel tot grotere werkbelasting, zoals bleek uit de Steering Reversal Rate, de oogknipperfrequentie, en de BSMI. Hierbij moet wel worden bedacht dat deze resultaten zijn gevonden onder omstandigheden die in diverse opzichten gunstig waren:

- er is alleen gemeten bij gunstige weersomstandigheden en een onbelemmerde verkeersafwikkeling
- er is alleen gemeten op een homogene rijbaan, zonder in/uitvoegsituaties of weefvakken
- de proefpersonen vormden een redelijk homogene groep; zeer jonge of onervaren of oude proefpersonen waren niet bij deze studie betrokken.

Onder minder gunstige omstandigheden mogen sterkere effecten van verlichting worden verwacht. Zo is bekend dat het weer van invloed is op rijgedrag en werkbelasting (Hogema, 1996; Hogema & Kaptein, 1998), en dat met name tijdens neerslag de werkbelasting sterk wordt beïnvloed door openbare verlichting. In het huidige onderzoek is nu juist gekeken in hoeverre de werkbelastingen ook bij gunstige weers- en wegdekcondities geschikt zijn om verlichtingscondities van elkaar te onderscheiden.

Neventaken kunnen voor twee doeleinden worden toegepast. De eerste is als meetmiddel voor werkbelasting: hoe hoger de werkbelasting van de rijtaak, hoe lager de prestatie op de neventaak. Voor de huidige casus van openbare verlichting bleek deze aanpak niet te werken: verlichting was niet van invloed op de prestatie op de neventaak. De invloed van verkeersintensiteit op de werkbelasting was wel meetbaar door de neventaak: bij hoge verkeersintensiteit werden meer fouten gemaakt.

Een neventaak kan ook worden toegepast om de algehele taakbelasting te verhogen. De neventaak leidde inderdaad tot een verhoging van de werkbelasting, zoals onder andere bleek uit de gemiddelde snelheid, rijstroomwisselgedrag, Steering Reversal Rate, oogknipperingen en de subjectieve mentale inspanning. Echter, deze extra belasting leidde er *niet* toe dat effecten van openbare verlichting in andere variabelen tot uiting kwamen.

Geconcludeerd moet worden dat de neventaak niet in staat is gebleken om werkbelastingseffecten van openbare verlichting meetbaar te maken.

In dit project was verder de vraag hoe werkbelasting zich verhoudt tot in de verkeersstroom meetbare variabelen als intensiteit en snelheid. De effecten van verlichting die dusdanig robuust zijn dat ze in zowel Fase 1 als Fase 2 werden gevonden zijn de Steering Reversal Rate, de oogknipperfrequentie, en de BSMI. Dit zijn allemaal variabelen die binnen een voertuig / bestuurder gemeten worden, maar niet via meetlussen of soortgelijke wegkant-meetsystemen te observeren zijn. Andersom bleken factoren die bij uitstek wel goed in de verkeersstroom gemeten kunnen worden (snelheden, volgtijden, ...) niet geschikt om werkbelastingseffecten van verlichting te meten. Daarom moet worden geconcludeerd dat opstellen van schakelcriteria voor openbare verlichting mede op basis van werkbelastingscriteria langs deze weg niet haalbaar is.

Openbare verlichting staat midden in de belangstelling. Dat betekent voor dit project dat zowel omwonenden als de media met veel belangstelling het project gevolgd hebben. Ook binnen het ministerie van Verkeer en Waterstaat zijn de resultaten met interesse vernomen. Er zijn twee richtingen waarin de projectresultaten worden gebruikt. Ten eerste betekenen de resultaten een start van een project dat verder onderzoek doet naar de relatie van werkbelasting en alle elementen die bestuurders tegenkomen wanneer zij gebruik maken van de autosnelwegen. Welke elementen op, langs en boven de weg dragen bij aan de werkbelasting en hoe sterk dragen zij bij? Ten tweede worden de resultaten gebruikt voor de verdere ontwikkeling van openbare verlichting binnen het beheergebied van Rijkswaterstaat. De resultaten hebben het beleidskader versterkt waarin niet alleen naar intensiteit wordt gekeken maar ook rekening wordt gehouden met energiebesparing en omgevingshinder.

Referenties

Folles, E., IJsselstijn, J., Hogema, J. H., & Van der Horst, A. R. A. (1999). *Dynamische Openbare verlichting (DYNO)* (Covernota). Rotterdam: Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer.

Hogema, J. H. (1996). *Effects of rain on daily traffic volume and on driving behaviour* (Report TM-96-B019). Soesterberg: TNO Human Factors Research Institute.

Hogema, J. H. & Kaptein, N. A. (1998). *Dynamische Openbare Verlichting (DYNO). Fase 3: Praktijkevaluatie* (Rapport TM-98-C038). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.

Hogema, J. H. & Veltman, J. A. (2002). *Werkbelasting en rijgedrag tijdens duisternis: eerste veldexperiment* (TNO-rapport TM-02-C046). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.

Hogema, J. H. & Veltman, J. A. (2003). *Werkbelasting en rijgedrag tijdens duisternis: tweede veldexperiment* (TNO-rapport TM-03-C018). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.

Van Breda, L. & Veltman, J. A. (1998). Perspective information in the cockpit as a target tracking aid. *Journal of Experimental Psychology - Applied*, 4, 55-68.

Veltman, J. A. & Gaillard, A. W. K. (1998). Physiological workload reactions to increasing levels of task difficulty. *Ergonomics*, 5, 656-669.