

University of Groningen

Evaluatie proeflocaties fietspaaltjes: trillingsmetingen ribbelmarkeringen en zichtbaarheid

Westerhuis, Frank; de Waard, Dick

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Early version, also known as pre-print

Publication date:

2014

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Westerhuis, F., & de Waard, D. (2014). Evaluatie proeflocaties fietspaaltjes: trillingsmetingen ribbelmarkeringen en zichtbaarheid. Rijksuniversiteit Groningen.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.



**rijksuniversiteit
groningen**

**Evaluatie proeflocaties fietspaaltjes:
Trillingsmetingen ribbelmarkeringen en
zichtbaarheid**

Frank Westerhuis

Dick de Waard

Faculteit Gedrags- en Maatschappijwetenschappen
Rijksuniversiteit Groningen

1. Trillingsmetingen ribbelmarkeringen

1.1. Methode

Bij de experimentele fietspaaltjes is sprake van ‘inleidende’ ribbelmarkering ter alertering van de fietser die op bots koers fietst. Hiervan zal de grootte van deze trillingen vastgesteld worden. Het gaat hierbij enerzijds om het verschil normale bestrating ter plaatse - ribbel markering en anderzijds om de relatieve vergelijking van locaties. Het eerste geeft de alerterende werking van de ribbel op locatie weer. Voor de metingen is een eenvoudige trillingsmeter (versnellingsmeter; accelerometer) zoals aanwezig in een smartphone gebruikt. Voor de metingen is een geïnstrumenteerde fiets ingezet zoals weergegeven in figuur 1. Op deze fiets is een fietscomputer, een Contour+2 actiecamera en een iPhone 4 geïnstalleerd. Dezelfde fiets werd bij iedere locatie gebruikt en werd door dezelfde persoon bereden. De bandenspanning was op 4 bar gebracht. De fietscomputer werd ingezet om de snelheid zoveel mogelijk constant te houden tijdens het aanrijden van de ribbelmarkeringen en de Contour+2 actiecamera is gebruikt om beelden en GPS data van de situaties te registreren. De trillingsmetingen zijn uitgevoerd met behulp van de accelerometer sensor (versnellingsmeter) in combinatie met de gyrosensor in een iPhone 4 (iOS versie 6.1.3).



Figuur 1: Een overzicht van de gebruikte geïnstrumenteerde fiets (links) en de daarop geïnstalleerde meetapparatuur (rechts). Op de 'stang' bevindt zich de iPhone, aan de stuurpen de Contour+2 camera, op het stuur een LED fietslamp (links) en de fietscomputer (rechts).

De gegevens van de sensoren in de iPhone zijn geregistreerd met behulp van de applicatie “Sensor Data.” Voor de metingen van de ribbelmarkeringen is gebruik gemaakt van de User Acceleration data in de Z dimensie: de versnellingen die de fiets uitoefent op de telefoon in op- en neer gaande bewegingen, in G krachten (figuur 2). De gegevens zijn opgeslagen met een samplefrequentie van 10Hz. Voordat er over de ribbelmarkering heen gefietst werd is er een aanloop genomen om trilling informatie te verzamelen van de weg vóór de ribbelmarkering. Op het moment dat de fiets de markering betrad is door de onderzoekers het huidige samplenummer genoteerd zodat dit punt teruggevonden kon worden in de data.



Figuur 2: De gemonteerde iPhone op de fietsstang met de daarbij behorende Z dimensies van de metingen.

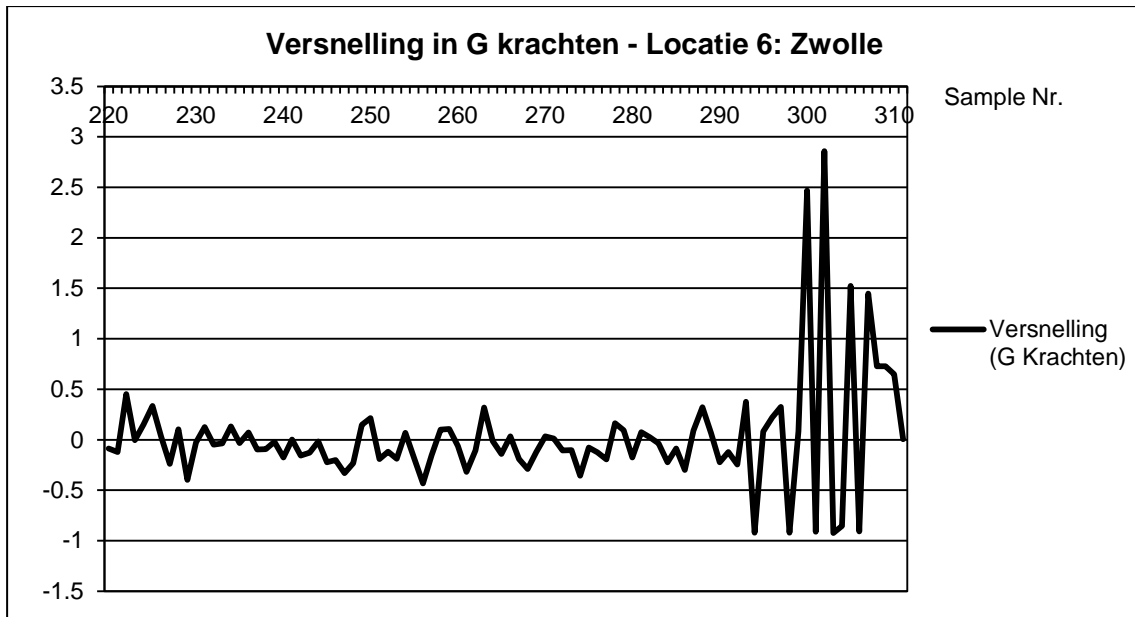
1.2. Resultaten

De trillingsmetingen zijn op acht locaties uitgevoerd, waarvan zes met ribbelmarkeringen en twee controlelocaties zonder ribbelmarkeringen. Op alle locaties waren de weerscondities gelijk en de fietspaden en de markeringen schoon en droog. Een overzicht van de gemeten locaties en de bijbehorende soorten ribbelmarkeringen is weergegeven in onderstaande tabel 1. Alle ribbelmarkeringen hadden een dwarsprofiel.

Tabel 1. Een overzicht van de gemeten locaties tijdens de eerste sessie en de bijbehorende soorten ribbelmarkeringen.

Locatie	Soort ribbelmarkering
1. Houten, Notengarde	Ribbelmarkering 6m van Heijmans
2. Hardenberg, Langejacht	Ribbelmarkering 6m van Heijmans
3. Utrecht, Rubenslaan	Ribbelmarkering 5m van VelopA (Alerrrt)
4. Enschede, Emmalaan	Ribbelmarkering 8.25m van Erdi
5. Barneveld, Hollands Hoenlaan	Ribbelmarkering 6m aangelegd door de gemeente
6. Zwolle, Westerveldse pad	Ribbelmarkering 5m van VelopA (Alerrrt)
A. Bunnik, Rhijnauwen	Controlelocatie 1: Geen ribbelmarkering
B. Utrecht, Kanaalweg	Controlelocatie 2: Geen ribbelmarkering

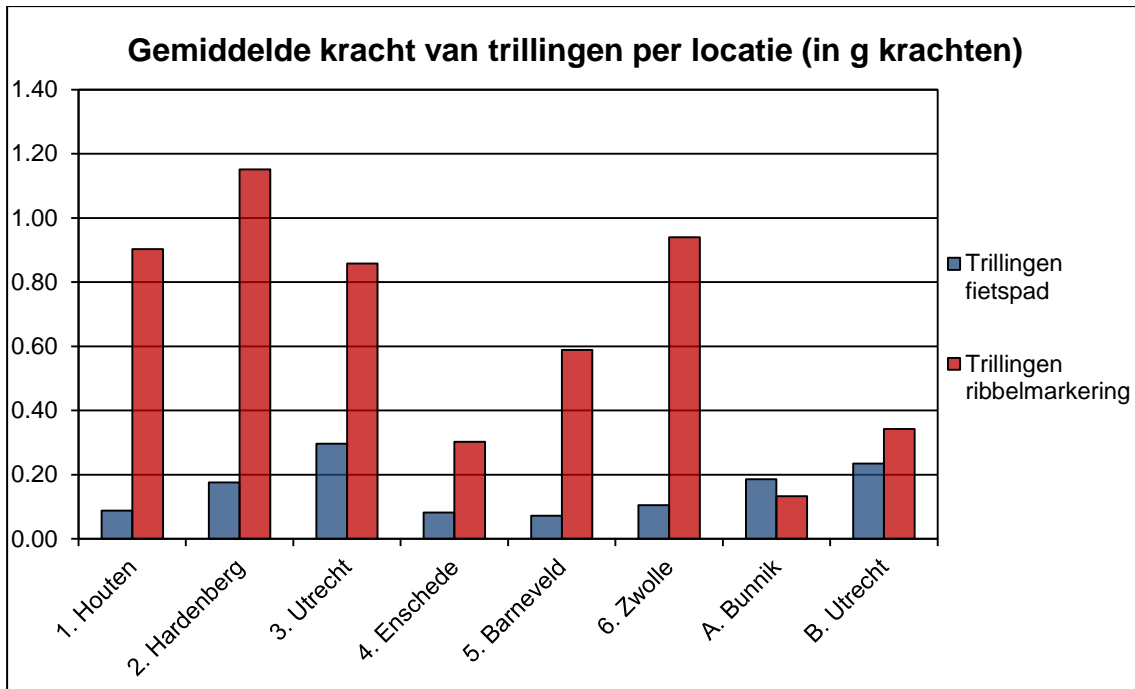
De metingen zijn uitgevoerd door eerst op snelheid te komen met de geïnstrumenteerde fiets om vervolgens over de ribbelmarkering rond het fietspaaltje te fietsen. Tijdens het meten is bijgehouden rond welke sample de fietser de ribbelmarkering heeft betreden. Met behulp van deze informatie is in de data teruggekeken wat de verschillen waren tussen de z-versnellingsdata vóór en na het genoteerde punt. Vervolgens is er van zowel (vlak) voor als tijdens het betreden van de ribbelmarkering een even grote sample genomen ter grootte van de tijd dat er over de ribbelmarkering is gefietst. In onderstaande figuur 3 is een illustratie van het verloop van één van de metingen weergegeven (locatie 6 te Zwolle, Westerveldse Pad), waarbij het betreden van de ribbelmarkering zichtbaar is vanaf sample 290. Bij locatie 2 (Hardenberg) zijn de trillingsmetingen tweemaal verricht: eenmaal op de ribbelmarkering voor het paaltje (meting 1) en eenmaal op de ribbelmarkering langs de belijning aan de zijkant van het fietspad (meting 2). Deze twee metingen zijn samengevoegd. In tabel 2 zijn de meetresultaten van de absolute waarden van versnellingen in g krachten weergegeven, evenals de daaruit berekende verschilcores en vergrotingsfactoren. De vergrotingsfactor is bepaald om de alerterende werking van de ribbel vast te kunnen stellen, immers, bij nadering over een oneffen fietspad zal de ribbelmarkering minder goed waargenomen worden.



Figuur 3: Het verloop van de versnellingsmetingen vanaf een deel van de aanloop voor de ribbelmarkering (fietspad) en het betreden van de ribbelmarkering (zichtbaar vanaf sample 290). Aangezien met 10Hz is gesampled is hierboven 9 seconden tijd weergegeven.

Tabel 2. Een overzicht van de absolute trillingswaarden en samplegroottes per meting van de versnellingen van de voormetingen (fietspad), nametingen (ribbelmarkeringen) en de daaruit berekende verschilcores en vergrotingsfactoren van ribbelmarkeringen vs. fietspad in g krachten. 10 samples = 1 meetseconde. Op de locaties 3 en B bestond het pad bij de voormeting uit stoeptegels wat terug te zien is in een hogere mate van trillingen bij die voormetingen.

Locatie	Trillingen Fietspad	Trillingen ribbelmarkering	Verschilscore	Factor	Samples
1. Houten	0,09g	0,90g	0,82g	10,26	21
2. Hardenberg	0,18g	1,15g	0,98g	6,57	52
3. Utrecht (Rubenslaan)	0,30g	0,86g	0,56g	2,89	31
4. Enschede	0,08g	0,30g	0,22g	3,67	31
5. Barneveld	0,07g	0,59g	0,52g	8,21	21
6. Zwolle	0,10g	0,94g	0,83g	8,96	16
A. Bunnik	0,19g	0,13g	-0,05g	0,71	21
B. Utrecht (Kanaalweg)	0,23g	0,34g	0,11g	1,46	21



Figuur 4: De absolute trillingswaarden (g krachten) in de Z dimensie wanneer er over de ribbelmarkering wordt gereden, ten opzichte van het voorliggende fietspad zonder ribbelmarkering. Locaties: 1. Houten, 2. Hardenberg, 3. Utrecht (Rubenslaan), 4. Enschede, 5. Barneveld, 6. Zwolle, A. Bunnik, B. Utrecht (Kanaalweg).

Zoals weergegeven in figuur 4 en tabel 2 hebben locaties 1, 2, en 6 de grootste verschillen ten opzichte van het aanrijde deel van het fietspad, met respectievelijk een verschil van 0.82 in Houten, 0.98 te Hardenberg en 0.94 te Zwolle. Op de locaties te Houten en Hardenberg is hetzelfde type ribbelmarkering gelegd, namelijk de ribbelmarkering van 6 meter van Heijmans (figuur 5). In Zwolle is een ander type ribbelmarkering aangelegd, namelijk de ribbelmarkering van VelopA (Alerrt), weergegeven in figuur 6. Wanneer er gekeken wordt naar de trillingen per type ribbelmarkering kan geconcludeerd worden dat de ribbelmarkeringen van Heijmans en VelopA gemiddeld meer trillingen veroorzaken dan de ribbelmarkeringen van Erdi (figuur 8) of de in Barneveld door de gemeente aangelegde markering (figuur 7).



Figuur 5: De ribbelmarkering van Heijmans.



Figuur 6: De ribbelmarkering van VelopA.



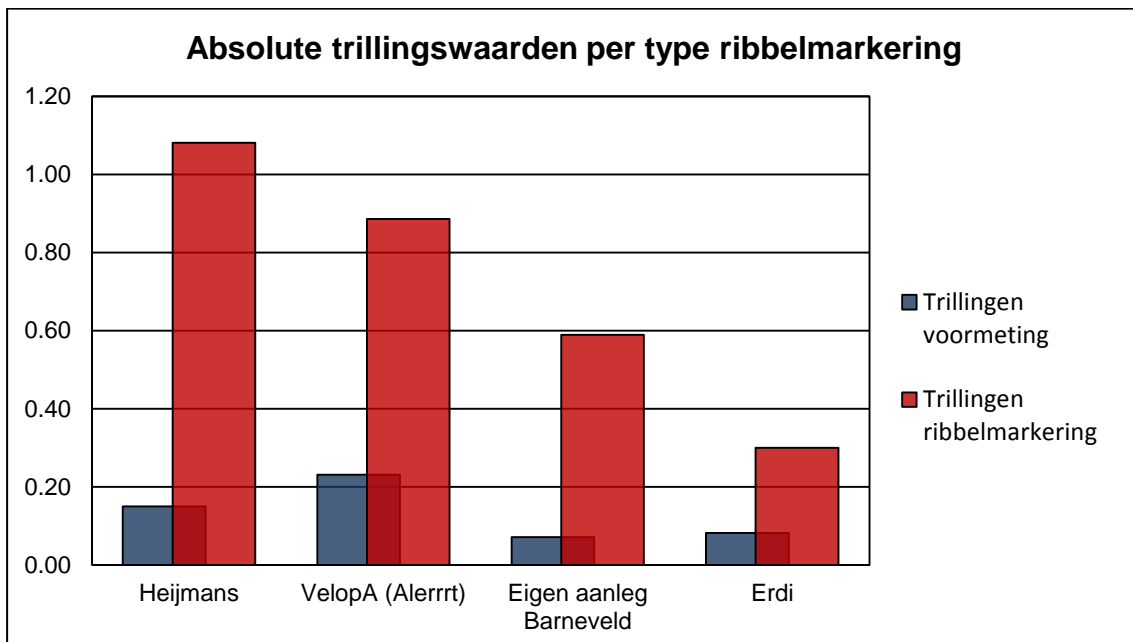
Figuur 7: De ribbelmarkering te Barneveld.



Figuur 8: De ribbelmarkering van Erdi.

1.3. Conclusies

Uit de trillingsmetingen kan geconcludeerd worden dat de ribbelmarkeringen van Heijmans en VelopA de meeste trillingen veroorzaken (figuur 9). De markeringen van Heijmans zijn toegepast op de locaties 1 (Houten) en 2 (Hardenberg). De ribbelmarkeringen van VelopA zijn gelegen te locatie 3 (Utrecht, Rubenslaan) en 6 (Zwolle). Op de locaties 1, 2 en 6 zijn de verschillen met het niet bewerkte fietspad het grootst. De ribbelmarkeringen van Erdi, toegepast in Enschede, leverde de laagste hoeveelheid extra trillingen op vergeleken met het aanrij deel van het fietspad.



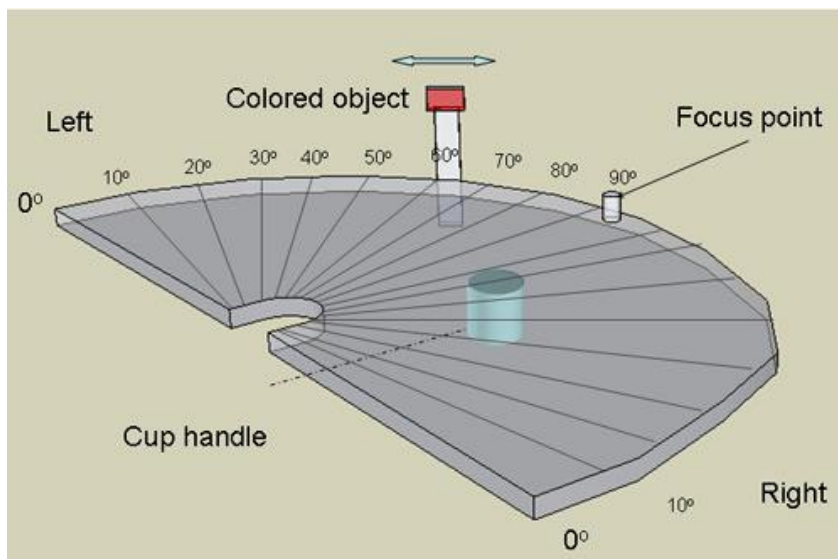
Figuur 9: De absolute trillingswaarden (g krachten) in de Z dimensie per type ribbelmarkering, vergeleken met het voorliggende fietspad zonder ribbelmarkering.

2. Zichtbaarheid fietspaaltjes

2.1 Methode

2.1.1 Zichtbaarheid fietspaaltjes ter plaatse

Om de zichtbaarheid van de paaltjes ter plaatse te bepalen is er gebruik gemaakt van een methode gebaseerd op de methode beschreven door Toet et al. (1998). Met drie personen is ter plekke de opvallendheid van objecten ten opzichte van de omgevingsachtergrond bepaald. Het ging er hierbij om of het paaltje of de paaltjes in de periferie gedetecteerd kon worden, en onder welke hoek. Hiertoe werden allereerst de observatoren op een vaste afstand van het object, het paaltje, gestationeerd en draaiden zij hun blik 90 graden weg van het object. Vervolgens werd de blik geleidelijk naar het object toe verplaatst en op het moment dat het object zichtbaar werd (“detectie-opvallendheid”) is de hoek bepaald met een gradenmeter. Metingen van de zichthoek zijn uitgevoerd met een eenvoudige gradenboog (Figuur 10 en 11). Als de gemeten hoek tot het object kleiner is, is de zichtbaarheid van het object geringer. Deze methode is een vereenvoudigde versie van de zichtbaarheidsmeting zoals uitgevoerd door Toet en Varkevisser (2001) die gebruik maakten van een speciaal ontwikkelde opvallendheidsmeter, maar levert wel een goede indicatie van relatieve zichtbaarheid. Omdat dezelfde mensen op alle locaties de metingen uitvoerden is het goed mogelijk de relatieve zichtbaarheid, dus de zichtbaarheid van diverse locaties en uitvoeringen ten opzichte van elkaar, te bepalen.



Figuur 10: Originele tekening gradenboog (Science Buddies, 2008) ter bepaling van het perifere visuele veld.



Figuur 11: De gebruikte boog. Op het moment dat de observator het object waarneemt wordt met behulp van deze boog de hoek bepaald. De neus van de observator wordt daarbij geplaatst in de inkeping en er wordt gefixeerd gekeken naar het focus punt op 0° .

Er is op alle locaties van zowel 12.5 meter als 25 meter afstand gemeten, echter, in geval van een bocht voor het object is ter plaatse bekeken wanneer het object het eerst zichtbaar was en vervolgens werd die positie gebruikt. Metingen vonden plaats onder “normale” omstandigheden bij daglicht, bij bewolkt weer, en bij duisternis. Op vijf experimentele locaties en twee controlelocaties is de zichtbaarheid van fietspaaltjes vastgesteld, vanuit twee richtingen waarvandaan de fietser de paaltjes kon benaderen: naar de kruising toe of van de kruising af (figuur 12).



Figuur 12: Uitvoering van de meting met de gradenboog.

Samenvattend zijn de zichtmetingen als volgt gemeten:

- Twee (benaderings)richtingen (naar de kruising toe en van de kruising af)
- Twee lichtcondities (daglicht en bij duisternis)
- Drie observatoren
- Zeven locaties (vijf experimentele- en twee controlelocaties)

De gehanteerde maat was detectie opvallendheid: zichtbaarheidshoek in graden. Hoewel er niet direct normen beschikbaar zijn voor deze specifieke situaties, zou dit vergeleken kunnen worden met de norm die het Centraal Bureau Rijvaardigheidsbewijzen (CBR) hanteert. Het CBR gebruikt als rijgeschikheidsnorm onderstaande criteria (Bron: <http://wetten.overheid.nl/BWBR0011362>):

Artikel 1

In deze regeling wordt verstaan onder:

- a. groep 1: rijbewijzen van de categorieën A1, A2, A, B en B+E;
- b. groep 2: rijbewijzen van de categorieën C, C1, C+E, C1+E, D, D1, D+E en D1+E.

Artikel 3.3 Gezichtsvelden

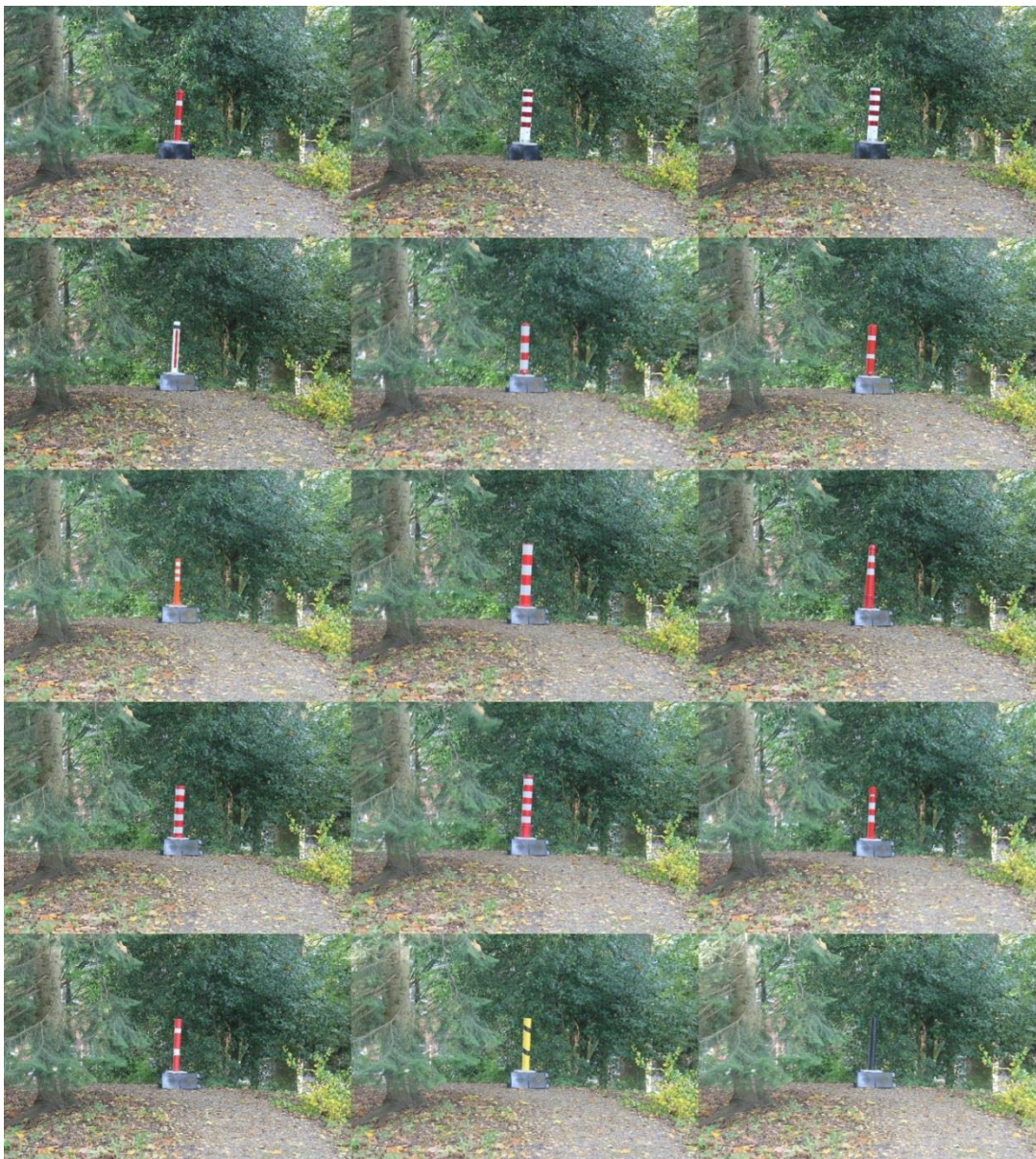
- a. groep 1: Het horizontale gezichtsveld moet minimaal 120 graden zijn en het bereik dient zich links en rechts minstens 50 graden uit te strekken. Het verticale gezichtsveld dient minstens 20 graden naar boven en beneden te zijn. Binnen een straal van 20 graden vanuit het centrum mogen zich geen gezichtsvelddefecten bevinden.

In uitzonderlijke omstandigheden kunnen personen die niet voldoen aan de normen voor het gezichtsveld, zoals bij scotomen, kwadrantanopsie of homonyme hemianopsie, geschikt worden verklaard voor rijbewijzen van groep 1. Voorwaarden zijn de afwezigheid van andere visuele functiestoornissen, een positief advies van een oogarts en een positieve rijtest (zie paragraaf 3.5). Deze uitzondering geldt niet voor personen met een gezichtsveld van minder dan 90 graden horizontaal.

- b. groep 2: Het binoculaire horizontale gezichtsveld moet minimaal 160 graden zijn en het bereik dient zich links en rechts minstens 70 graden uit te strekken. Het verticale gezichtsveld dient minstens 30 graden naar boven en naar beneden te zijn. Binnen een straal van 30 graden vanuit het centrum mogen zich geen gezichtsvelddefecten bevinden.

2.1.2. Zichtbaarheid fietspaaltjes bij constante achtergrond

Om de zichtbaarheid van verschillende soorten fietspaaltjes ten opzichte van elkaar te vergelijken is er ook een zichtbaarheidsmeting uitgevoerd op één locatie. De toegepaste methode met de zichtbaarheidshoek en de gradenboog is in grote lijnen identiek aan de methode beschreven in paragraaf 2.1.1 maar de metingen hebben enkel vanuit één kijkrichting plaatsgevonden. Bij deze meting zijn echter twaalf verschillende fietspaaltjes op één locatie vergeleken. De paaltjes zijn één voor één op dezelfde, vastliggende betonvoet geplaatst waarna drie observatoren de kijkhoek hebben bepaald waarop de betreffende paaltjes zichtbaar werden in het perifere gezichtsveld, zowel links als rechts naar het paaltje toe draaiend vanaf een kijkafstand van 12.5m (figuur 13). Deze metingen zijn alleen bij daglicht in schaduwomstandigheden uitgevoerd.



Figuur 13: De verschillende soorten paaltjes bij dezelfde achtergrond vanaf een kijkafstand van 12.5 meter.

2.1.3. Contrastmeting ter plaatse gebaseerd op IDEED

De zichtbaarheid is ook bepaald met een op de IDEED (Den Brinker & Daffertshofer, 2005) gebaseerde methode. Met de IDEED-methode wordt een foto van een situatie zodanig gedegradeerd (onscherp) gemaakt zodat alleen die visuele informatie (contrastverschillen) overblijven die door een slechtziende ook gezien worden. Op alle locaties is bij bewolkt weer op 12.5 meter afstand een foto gemaakt van het fietspaaltje/de fietspaaltjes, met een spiegelreflexcamera (Canon EOS 550D) op een statief met telkens dezelfde instellingen (ASA 100, AV F8.0, Centre weighted average, Beeldkwaliteit: L, Superfine). De 12.5 meter afstand is gekozen omdat dat de minimale afstand is waarbij de fietser met een gemiddelde snelheid van 15 km/uur nog twee seconden heeft om de situatie te beoordelen en te bepalen of een uitwijkende manoeuvre uitgevoerd moet worden.

De foto's zijn geblurred (Gaussian blur) waarmee een verlaagde gezichtsscherpte wordt gesimuleerd die overeenkomt met een bepaalde excentriciteit van de kijkrichting. Het gekozen niveau komt overeen met een gezichtsscherpte van 0.27. De hier toegepaste methode is vergelijkbaar met de methode beschreven in Fabriek et al. (2012). Daarna is het zichtbaarheidsniveau bepaald met Corel Photo Paint met "edge detection". Dit levert relatieve Sobel waarden op tussen 0 en 100, waarbij een lagere waarde betere zichtbaarheid weergeeft.

2.1.4. Relatieve contrastmeting gebaseerd op IDEED onder gelijke omstandigheden

Bovenstaande metingen (paragraaf 2.1.2) hebben in context plaatsgevonden, met realistische omgevingsafleiding en lokale lichteffecten. Om de paaltjes objectief te vergelijken heeft er ook een op de IDEED gebaseerde contrastmeting plaatsgevonden, zie paragraaf 2.1.3.

2.2. Resultaten

2.2.1. Zichtbaarheidsmetingen fietspaaltjes op locatie

De zichtbaarheidsmetingen met de gradenboog zijn op zeven locaties uitgevoerd, waarvan vijf experimentele locaties en twee controlelocaties. Op locatie 3 te Utrecht (Rubenslaan) kon de zichtbaarheidsmeting niet uitgevoerd worden omdat er op het moment van de meting geen paaltje was geplaatst. Zie tabel 3 voor een overzicht van de locaties en de kenmerken van de paaltjes.

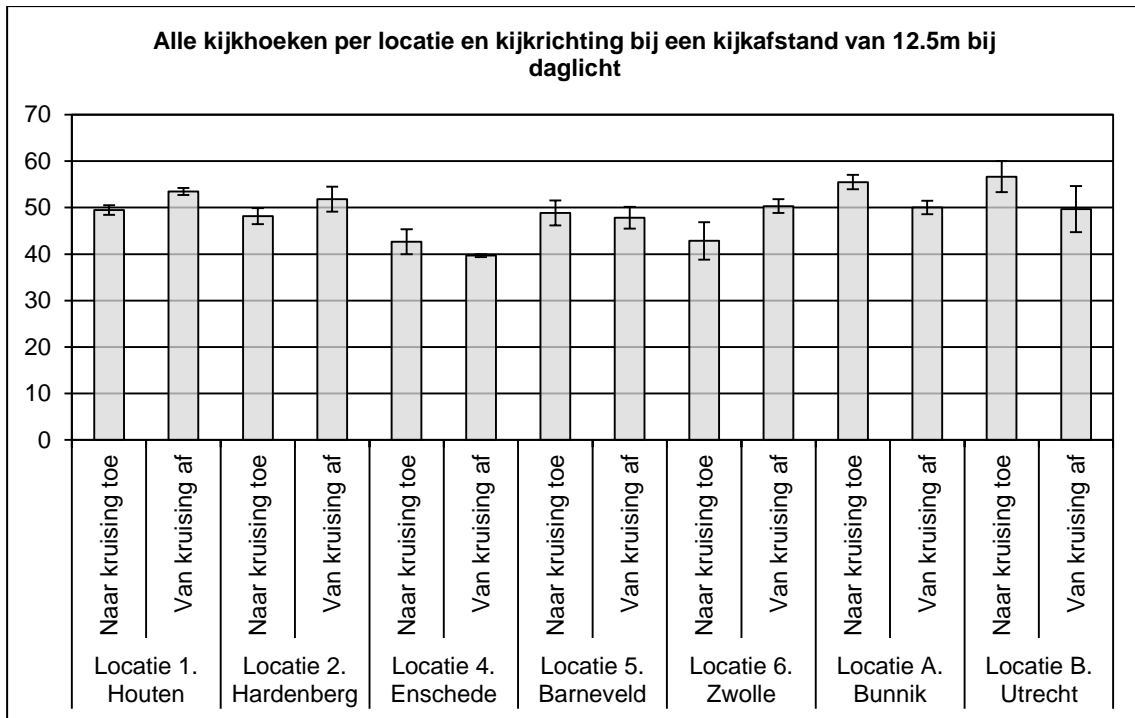
Deze paragraaf beschrijft het totaal overzicht van de resultaten op alle locaties waar deze metingen konden worden uitgevoerd. Bijlage 1 bevat de toelichting op de resultaten voor de individuele locaties.

Tabel 3. Een overzicht van de gemeten locaties en de bijbehorende soorten paaltjes

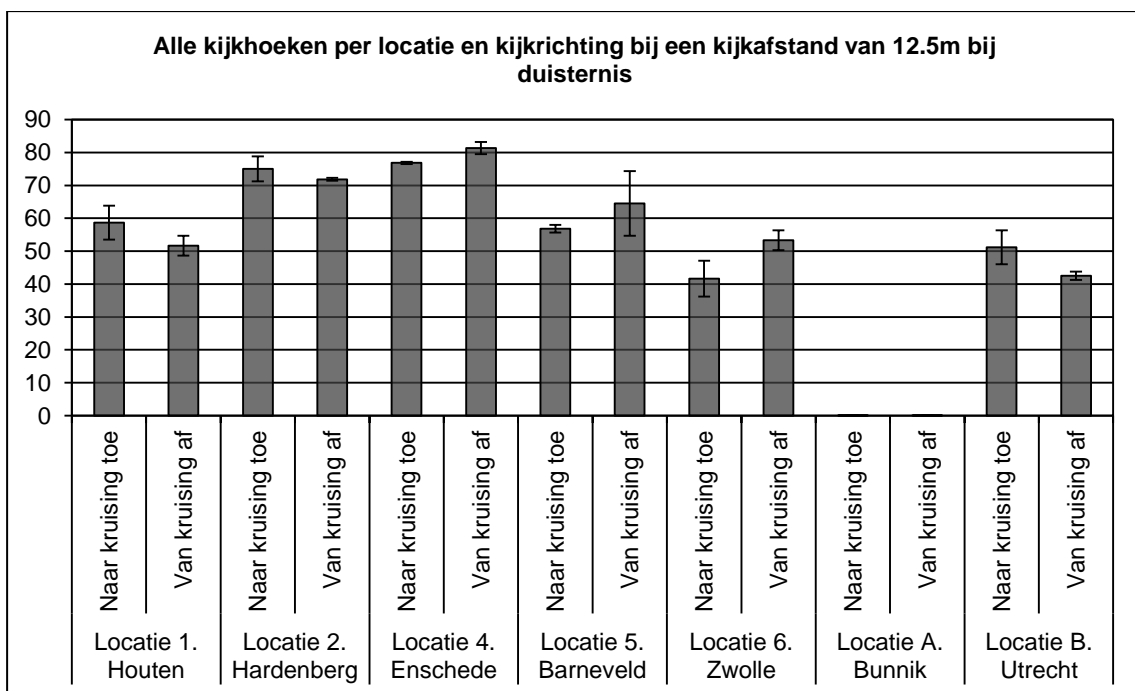
Locatie	Type paaltje	Hoogte palen	Openbare verlichting	Extra verlichting
1. Houten, Notengarde	Pol Flexpost (4x)	1.0m	Aanwezig	2x LED, wit
2. Hardenberg, Langejacht	Pol Flexpost (3x)	1.0m	Niet aanwezig	3x LED, wit
3. Utrecht, Rubenslaan	Nog niet geplaatst	n.v.t.	Aanwezig	n.v.t.
4. Enschede, Emmalaan	Erdi Solar Flash (4x)	0.75m	Aanwezig	2x LED, oranje knipperend
5. Barneveld, Hollands Hoenlaan	Pol Flexpost (4x)	1.0m	Aanwezig	4x LED, wit
6. Zwolle, Westerveldse pad	Pol X-Last (3x)	0.8m	Niet direct aanwezig	3x LED, wit
A. Bunnik, Rhijnauwen	n.v.t.	n.v.t.	Volledig afwezig	n.v.t.
B. Utrecht, Kanaalweg	n.v.t.	n.v.t.	Aanwezig	n.v.t.

De correlatie tussen de kijkrichtingen van links naar het object en van rechts naar het object was hoog, $r = 0.927$, deze metingen zijn daarom gemiddeld. De intra class correlaties tussen de observatoren bij gemiddelde metingen bedroeg 0.958 ($F(111,222) = 23.836$, $p < 0.001$), wat betekent dat de metingen van de drie observatoren sterk overeenstemmen. Er is over alle locaties een herhaalde metingen design uitgevoerd naar de effecten van de locatie, dag vs. nacht, kijkrichting (naar de kruising toe of van de kruising af) en kijkafstand.

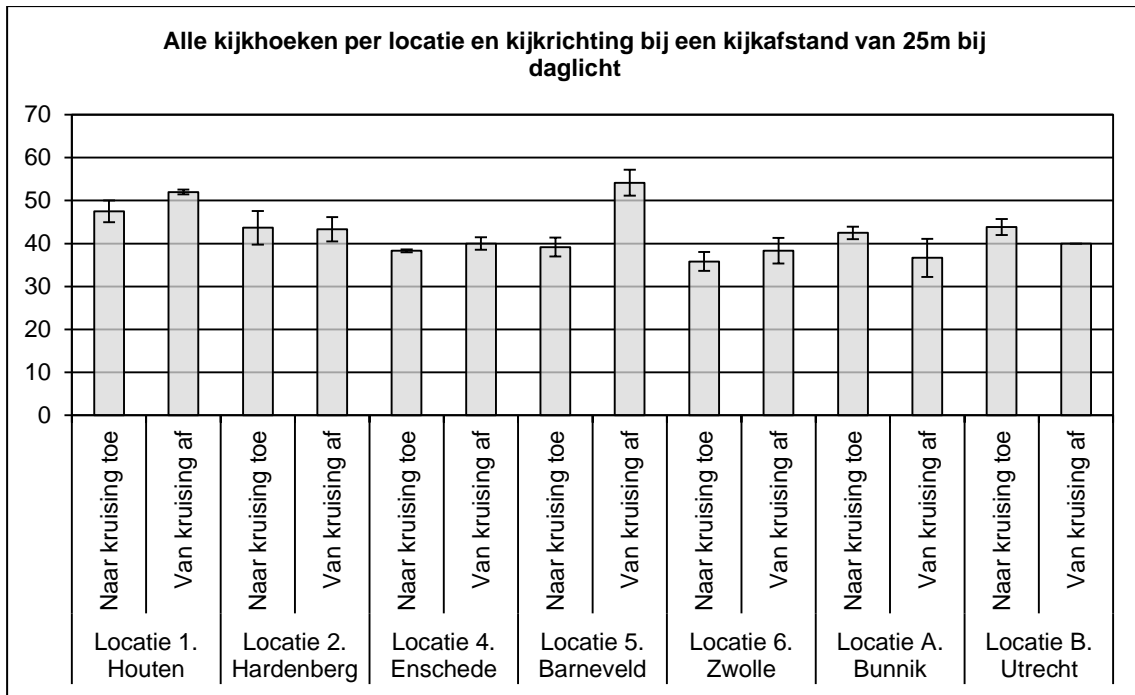
Zoals te zien in de figuren 14, 15, 16, 17 en tabel 4 zijn er hoofdeffecten gevonden van locatie, kijkrichting en afstand. Vanwege de hoge betrouwbaarheid en de afwezigheid van een hoofdeffect van linksom of rechtsom bewegen naar het object zijn deze variabelen gemiddeld en is er vervolgens per locatie een herhaalde metingen analyse uitgevoerd op de overige variabelen. Ondanks het eveneens afwezig zijn van een hoofdeffect van daglicht en duister over alle locaties is deze variabele wel meegenomen in de analyses per locatie, reden hiervoor is dat de verschillen per locatie groot zijn, op sommige locaties verslechterde de zichtbaarheid (duisternis), op andere verbeterde deze (vanwege led verlichting), over locaties middelen deze effecten uit.



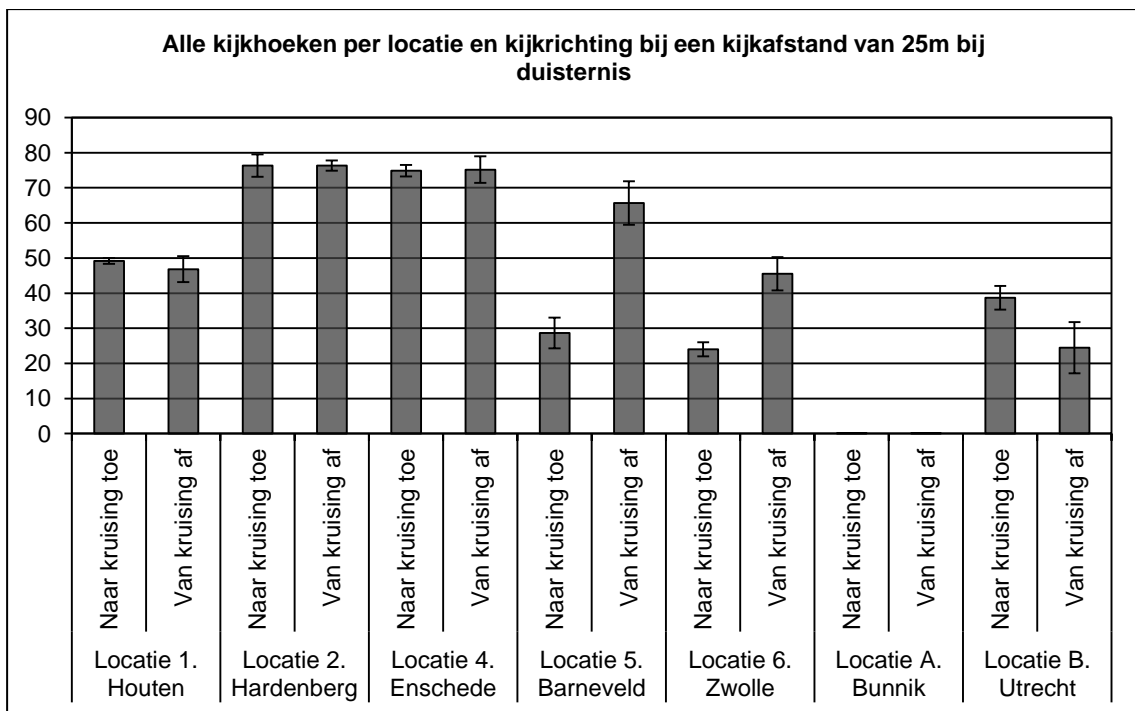
Figuur 14: Een overzicht van alle gemiddelde kijkhoeken per locatie en kijkrichting bij een afstand van 12.5 meter gedurende daglicht (Error bars geven de standaard fout weer). Een grotere kijkhoek (hogere waarde) geeft betere zichtbaarheid weer.



Figuur 16: Een overzicht van alle gemiddelde kijkhoeken per locatie en kijkrichting bij een afstand van 12.5 meter gedurende duisternis (Error bars geven de standaard fout weer). Een grotere kijkhoek (hogere waarde) geeft betere zichtbaarheid weer.



Figuur 15: Een overzicht van alle gemiddelde kijkhoeken per locatie en kijkrichting bij een afstand van 25 meter gedurende daglicht (Error bars geven de standaard fout weer). Een grotere kijkhoek (hogere waarde) geeft betere zichtbaarheid weer.



Figuur 17: Een overzicht van alle gemiddelde kijkhoeken per locatie en kijkrichting bij een afstand van 25 meter gedurende duisternis (Error bars geven de standaard fout weer). Een grotere kijkhoek (hogere waarde) geeft betere zichtbaarheid weer.

Tabel 4. Een overzicht van de hoofdeffecten van locatie, dag vs. nacht, kijkrichting (naar de kruising toe of van de kruising af), afstand en of er linksom of rechtsom gedraaid is naar het object.

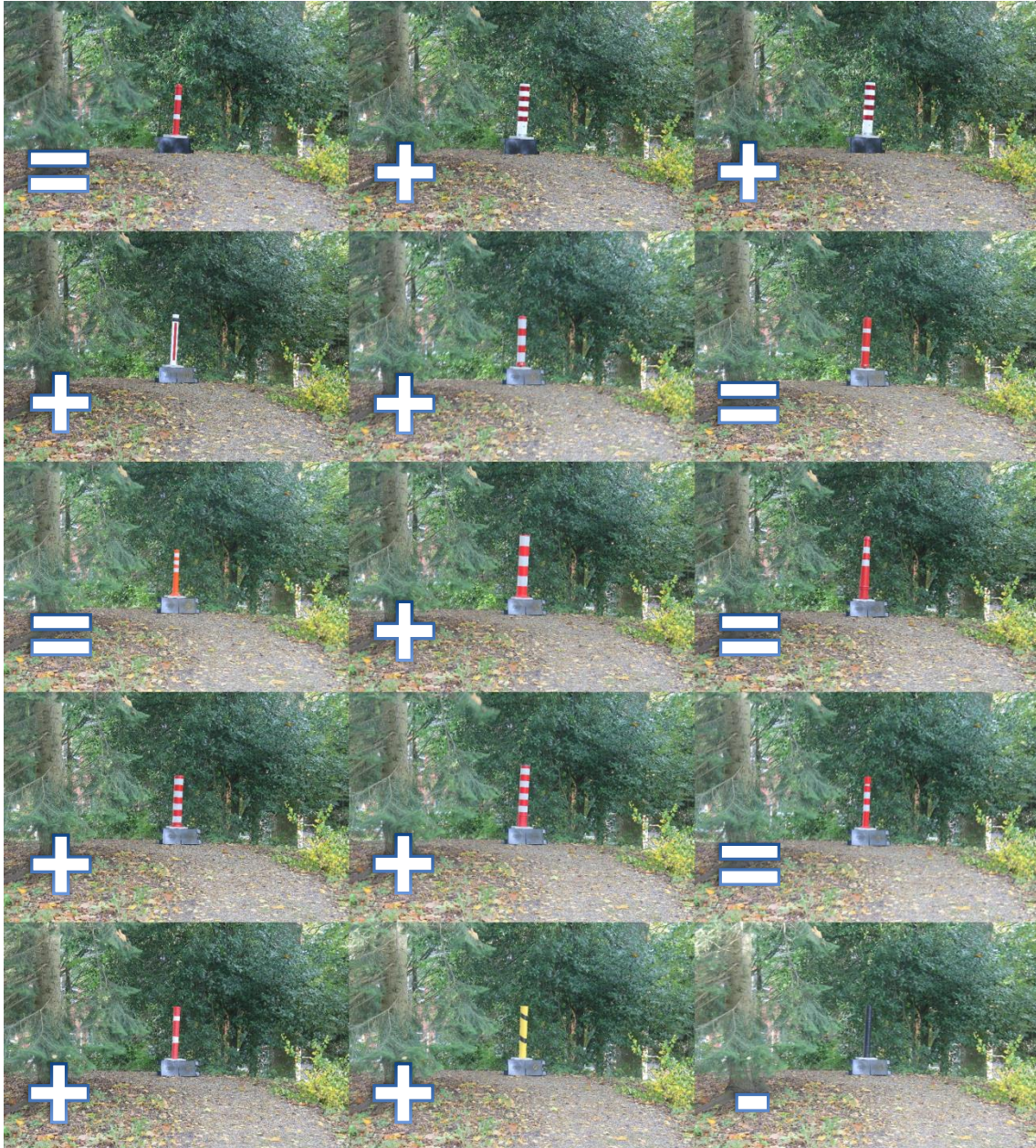
Variabele	Mean Square	df	F Waarde	P Waarde
Locatie	7773.288	6, 12	58.685	<0.001
Dag / Nacht	505.190	1, 2	5.958	NS
Kijkrichting	381.440	1, 2	71.881	0.014
Afstand	3922.333	1, 2	19.575	0.047
Links / Rechts	275.048	1, 2	5.202	NS

2.2.2. Zichtbaarheidsmetingen bij constante achtergrond

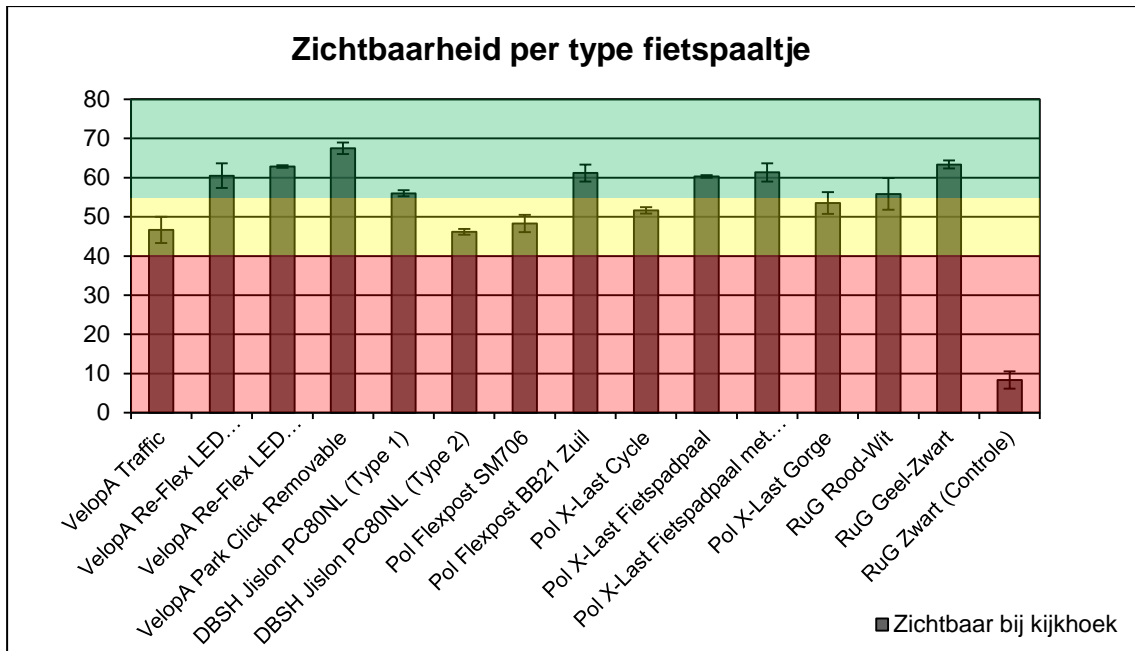
De zichtbaarheidsmetingen per type fietspaaltje zijn op één constante locatie uitgevoerd. In totaal is de zichtbaarheid van 12 verschillende paaltjes gemeten van vier leveranciers: drie paaltjes van VelopA, twee paaltjes van DBS Haagen, zes paaltjes van Pol en drie paaltjes van de RuG (gebruikt bij het onderzoek van Fabriek et al., 2012) ter controle (tabel 5). De correlatie tussen links en rechts naar het object toe draaien was wederom erg hoog ($r = 0.915$). Deze metingen zijn hierom gemiddeld. De intra-class correlatie bedroeg 0.963 ($F(29,58) = 26.676$, $p < 0.001$) bij gemiddelde metingen, hetgeen opnieuw wijst op een hoge inter-beoordelaars betrouwbaarheid. In figuur 18 zijn de paaltjes weergegeven met de daarbij behorende zichtbaarheidsscores ten opzichte van de grenzen van het CBR. Omdat de grenzen die het CBR hanteert gebaseerd zijn op bewegingsdetectie in het perifere gezichtsveld, en de onderzoekers bij dit onderzoek zelf naar een stationair paaltje hebben gedraaid, is voor dit onderzoeksdoeleinde een hoger bereik gehanteerd, namelijk een zichtbaarheidshoek met 40° als ondergrens en 55° als bovengrens. De gemiddelde waarden per paaltje zijn weergegeven in figuur 19.

Tabel 5. Een overzicht van de verschillende soorten gemeten fietspaaltjes en de bijbehorende leveranciers.

Leverancier	Type
VelopA	Traffic
VelopA	Re-Flex LED
VelopA	Park Click Removable
DBS Haagen	Jislon PC80NL (Type 1)
DBS Haagen	Jislon PC80NL (Type 2)
Pol	Flexpost SM706
Pol	Flexpost BB21 Zuil
Pol	X-Last Cycle
Pol	X-Last Fietspadpaal
Pol	X-Last Fietspadpaal met LED
Pol	X-Last Gorge
RuG	Rood-Wit
RuG	Geel-Zwart
RuG	Zwart



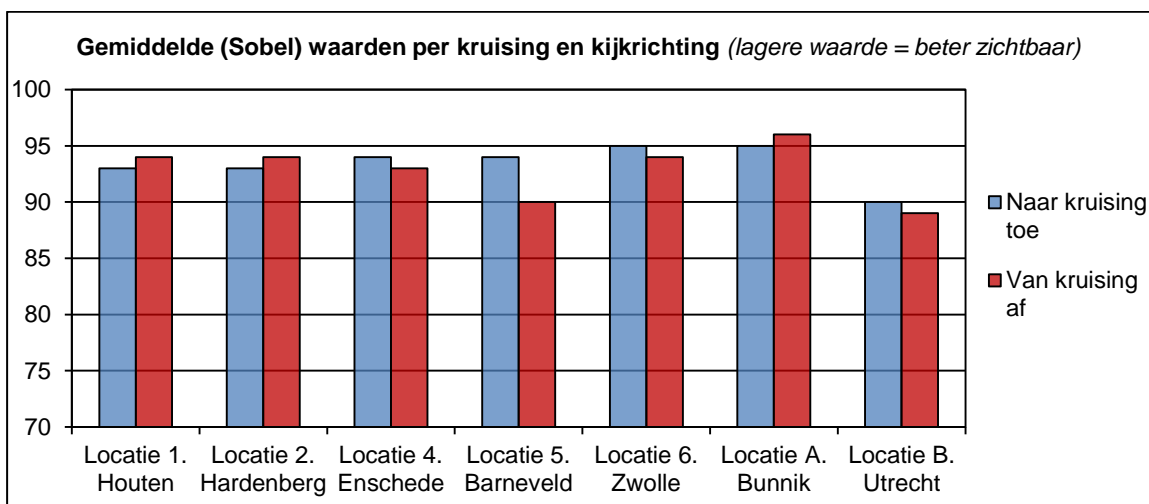
Figuur 18: Een overzicht van de verschillende typen paaltjes waarbij de zichtbaarheid bij een hoek van 55° of hoger is gemarkeerd met een “+” symbool, een zichtbaarheid tussen 40° en 55° is weergegeven door een “=” en een zichtbaarheid bij 40° of lager is weergegeven met een “-“ symbool.



Figuur 19: Een overzicht van alle gemiddelde kijkhoeken per type fietspaaltje gemeten bij dezelfde constante achtergrond (Error bars geven de standaard fout weer). Een hogere waarde geeft betere zichtbaarheid weer. Een kijkhoek van 55° of hoger is groen weergegeven, een kijkhoek tussen de 40° en 55° geel, en een kijkhoek van 40° of lager rood.

2.2.3. Contrastmeting ter plaatse

In figuur 20 is een overzicht weergegeven van alle (Sobel) zichtbaarheidswaarden (bereik in theorie 0-100) per locatie en kijkrichting (metingen bij daglicht). Hieruit is gebleken dat de onderlinge verschillen erg gering zijn, zie tabel 6. NB een hogere waarde betekent hier slechter contrast, en dus minder goed zichtbaar.



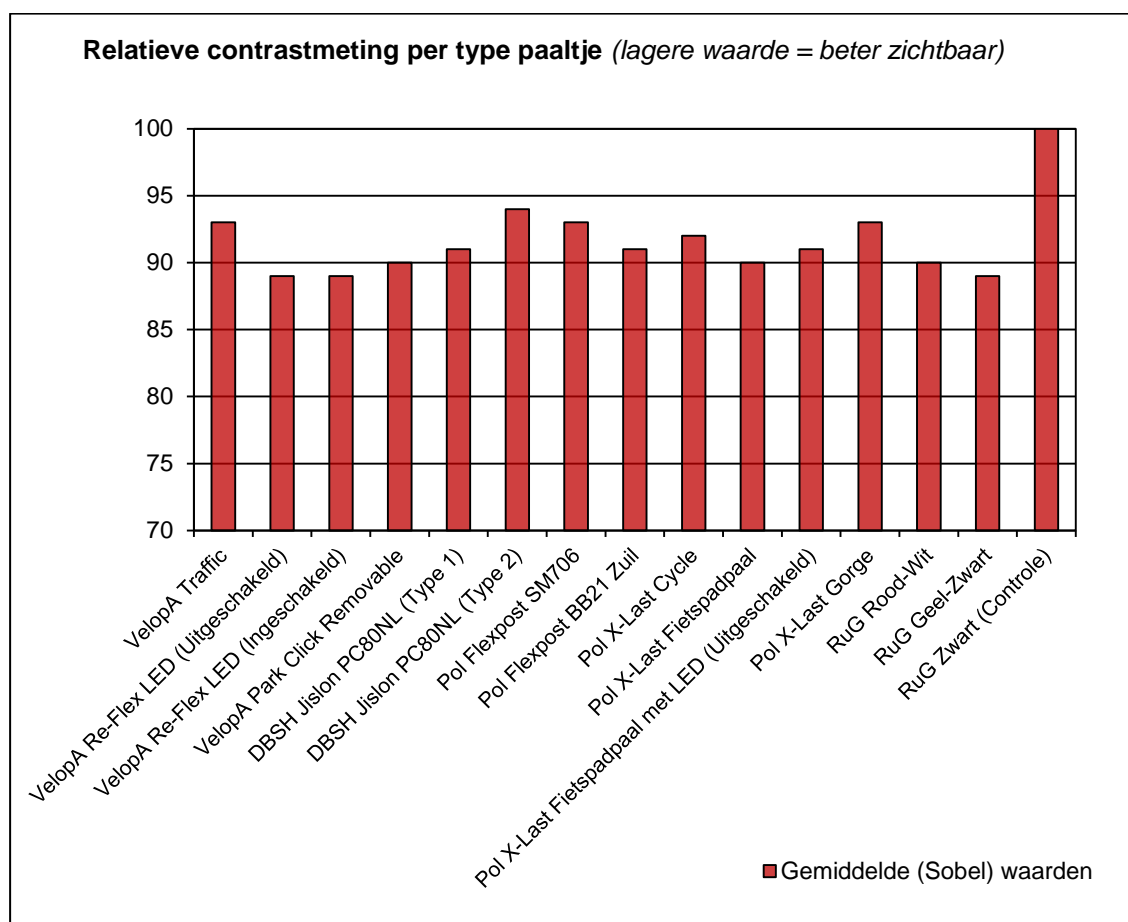
Figuur 20: Een overzicht van alle gemiddelde (Sobel) waarden per locatie en kijkrichting (lagere waarde = beter zichtbaar).

Tabel 6. Een overzicht van alle gemiddelde (Sobel) waarden per locatie en kijkrichting.

Locatie	Naar Kruising Toe	Van Kruising Af
1. Houten (Notengarde)	93	94
2. Hardenberg (Langejacht)	93	94
4. Enschede (Emmalaan)	94	93
5. Barneveld (Hollands Hoenlaan)	94	90
6. Zwolle (Westerveldse Pad)	95	94
A. Bunnik (Rhijnauwen)	95	96
B. Utrecht (Rubenslaan)	90	89

2.2.4. Vergelijking onder identieke omstandigheden (relatieve contrastbepaling)

Zoals weergegeven in figuur 21 en tabel 7 zijn uit de relatieve contrastmetingen met uitzondering van het zwarte paaltje geen sterk uiteenlopende gemiddelde zichtbaarheidswaarden gebleken. De contrasten lijken dus onder identieke omstandigheden niet te verschillen tussen de verschillende soorten fietspaaltjes.



Figuur 21: Een overzicht van alle gemiddelde (Sobel) waarden per type paaltje.

Tabel 7. Een overzicht van alle gemiddelde (Sobel) waarden per type paaltje.

Type fietspaal	Gemiddelde (Sobel) waarden
VelopA Traffic	93
VelopA Re-Flex LED (Uitgeschakeld)	89
VelopA Re-Flex LED (Ingeschakeld)	89
VelopA Park Click Removable	90
DBSH Jislon PC80NL (Type 1)	91
DBSH Jislon PC80NL (Type 2)	94
Pol Flexpost SM706	93
Pol Flexpost BB21 Zuil	91
Pol X-Last Cycle	92
Pol X-Last Fietspadpaal	90
Pol X-Last Fietspadpaal met LED (Uitgeschakeld)	91
Pol X-Last Gorge	93
RuG Rood-Wit	90
RuG Geel-Zwart	89
RuG Zwart	100

Tenslotte is er een regressieanalyse uitgevoerd om de invloed van de individuele kenmerken kleur, hoogte en breedte van de fietspaaltjes op de zichtbaarheid ervan te bepalen. Kanttekening dient gemaakt te worden dat deze resultaten puur indicatief van aard zijn omdat de data uit deze steekproef niet aan alle voorwaarden voor een regressieanalyse voldoen. Het belangrijkste is de grootte van de steekproef (N=3), deze is niet groot genoeg om strikte uitspraken te kunnen doen.

Omdat er bij een regressieanalyse alleen dichotome en continue variabelen kunnen worden meegenomen is de factor kleur opgedeeld in twee categorieën, namelijk witte paaltjes en gekleurde paaltjes (met een rode, oranje of gele kleur). Het zwarte paaltje is buiten de regressie gehouden vanwege de extreme waarde (nagenoeg onzichtbaar). Uit de analyse is gebleken dat alleen de variabele kleur een voorspeller is van de zichtbaarheid (zie tabel 8). Dit betekent dat de gekozen kleurstelling (in combinatie met de gebruikte relatief donkere achtergrond) met name bepalend is voor de zichtbaarheid van een fietspaaltje. De invloed van de hoogte en / of de breedte van de paaltjes op de zichtbaarheid is met deze regressie niet aangetoond.

Tabel 8. Een overzicht van de resultaten van de regressieanalyse voor de invloed van de factoren kleur, hoogte en breedte van de fietspaaltjes op de zichtbaarheid. De factor kleur is in het regressiemodel opgenomen als dichotome variabele (wit vs. gekleurd), hoogte en breedte als continue variabelen.

RegressieModel	B	Standaardfout	Beta	T-Waarde	P-Waarde
(Constante)	28.590	16.366		1.747	NS
Kleur	-9.811	3.822	-0.623	-2.567	0.028
Hoogte	0.042	0.028	0.517	1.505	NS
Breedte	-0.002	0.082	-0.009	-0.025	NS

2.3. Conclusies

2.3.1 Zichtbaarheidsmetingen

Over het algemeen zijn de paaltjes goed zichtbaar gebleken, zowel overdag als 's nachts. Dit kan veel te maken hebben met de kleurstelling van de paaltjes, die overal wit-rood is. Op basis van het onderzoek van Fabriek et al. (2012) werd deze kleurstelling dan ook aanbevolen. De uitzondering op deze zichtbaarheidsbevindingen was de controlelocatie A in Bunnik, waar het paaltje 's nachts volledig onzichtbaar was door het ontbreken van straatverlichting en omgevingsverlichting. Op andere locaties zorgde de led verlichting 's nachts juist voor een goede zichtbaarheid van de paaltjes, en werden deze snel in het perifere zicht opgemerkt.

Enige voorzichtigheid bij het interpreteren van de huidige bevindingen in relatie tot de CBR richtlijn is echter op z'n plaats omdat de wijze van de metingen verschilt. Het visuele veld wordt voor rijgeschiktheid bepaald met dezelfde gradenboog, maar er wordt dan –staand achter de deelnemer– langzaam een object het visuele veld ingeschoven. Er is daar dus sprake van detectie van een bewegend object. Bij de huidige metingen bewoog de deelnemer naar het object toe. Beweging wordt sneller gedetecteerd, metingen kunnen daarom waarschijnlijk niet in absolute zin 1:1 vergeleken worden. Bij een kijkafstand van 12.5m bevinden alle paaltjes zich wat zichtbaarheid betreft rondom de norm van het CBR, er is dus weinig verschil tussen de locaties. Uitzondering hierop zijn de paaltjes in Enschede waarbij deze onder een kleinere hoek waargenomen worden. Dit verschil is echter ook gering. Het verschil in Enschede tussen de zichtbaarheid van de paaltjes overdag en gedurende duisternis was echter groot. Waar de led lampjes bij duisternis knipperen werden deze onder een grote hoek en dus snel opgemerkt. In Hardenberg is geen straatverlichting aanwezig, maar ook daar zorgen de constant brandende led lampjes voor een goede zichtbaarheid in het duister. Opmerkelijk is dat op beide locaties de led lampjes de paaltjes bij duisternis zelfs beter zichtbaar maakten dan bij daglicht. Andere speciale omgevingsfactoren die van invloed zijn gebleken op de zichtbaarheid van de fietspaaltjes zijn een voorliggende tunnel in locatie 5 (Barneveld) en strooilicht in locatie 6 (Zwolle) waardoor er een verschil in zichtbaarheid naar voren kwam bij verschillende kijkrichtingen en afstanden. Er werd door de onderzoekers op locatie 1 (Houten) opgemerkt dat de straatverlichting in ruime mate de situatie en de paaltjes verlicht waardoor op die locatie de verschillende lichtcondities wat betreft zichtbaarheid op elkaar kunnen lijken. LED verlichting kan de zichtbaarheid van fietspaaltjes bij duisternis dus verhogen, met name wanneer er weinig omgevingslicht is.

Wat betreft de zichtbaarheid bij dezelfde achtergrond blijkt deze niet wezenlijk te verschillen per type paaltje. Wanneer de zichtbaarheid vergeleken wordt met de 50 graden norm van het CBR is gebleken dat alle paaltjes rond deze norm zichtbaar zijn. Enkele paaltjes scoorden hoger op de zichtbaarheid, namelijk de VelopA Re-Flex LED, de VelopA Park Click Removable, de Pol Flexpost BB21 Zuil, de

Pol X-Last fietspadpaal (zowel met als zonder LED) en het RuG paaltje Geel-Zwart. Deze verhoogde zichtbaarheid kan verklaard worden door een verhoogd contrast van de witte en gele paaltjes met de (groene) achtergrond en een grotere diameter. Enige uitzondering op de goede zichtbaarheid is het zwarte paaltje, wat geen deel uitmaakte van de te beoordelen set, maar dat als extreme variant is toegevoegd. Dit paaltje bleek nagenoeg onzichtbaar.

2.3.2. Contrastmetingen

Uit de contrastmetingen is gebleken dat de paaltjes wat betreft contrast met de omgeving minimaal tot niet van elkaar verschillen. Ook zijn er bij de relatieve contrastmetingen met een constante achtergrond geen grote verschillen gevonden, weer met uitzondering van het zwarte toegevoegde paaltje.

2.3.3. Overige bevindingen

Het viel op dat niet op alle locaties de led verlichting even goed functioneert. Zo wordt de verlichting in Barneveld ingeschakeld door middel van lichtsensoren. De straatverlichting zorgt er bij duisternis echter voor dat deze sensoren dusdanig veel licht opvangen dat de led verlichting niet wordt ingeschakeld op drie van de vier plaatsen. Wanneer de hoeveelheid licht van de straatverlichting verminderd wordt, schakelt de led verlichting wel in (figuur 21).

Naast het niet functioneren van de led verlichting in Barneveld zijn er ook beschadigingen aan de paaltjes geconstateerd in Barneveld, evenals in Hardenberg en Houten (figuur 22). Het lijkt erop dat wanneer er door grote voertuigen over deze paaltjes heen gereden wordt, de reflecterende lagen hierdoor (soms zwaar) kunnen beschadigen. In Barneveld en Houten ging het om de middelste twee paaltjes, in Hardenberg betrof het het paaltje uiterst links (wanneer de blik naar het westen wordt gericht).



Figuur 21: Het door de invloed van straatverlichting niet ingeschakelde led lampje (links) en het wel ingeschakelde led lampje bij blokkeren van de straatverlichting (schaduw-rechts).



Figuur 22: De beschadigde paaltjes in Barneveld (links), Hardenberg (midden) en Houten (rechts).

Referenties

- Den Brinker, B.P.L.M. & Daffertshofer, A. (2005). The IDED method to measure the visual accessibility of the built environment. *International Congress Series, 1282*, 992-996.
- Fabriek, E., De Waard, D., & Schepers, P. (2012). Improving the visibility of bicycle infrastructure. *The International Journal of Human Factors and Ergonomics, 1*, 98-115.
- Toet, A., Kooi, F.L., Bijl, P., & Valetton, J.M. (1998). Visual conspicuity determines human target acquisition performance. *Opt. Eng, 37(7)*, 1969–1975.
- Toet, A., & Varkevisser, J. (2001). De visuele opvallendheid van AKI en mini-AHOB installaties. *Rapport TM-01-C018*. Soesterberg: TNO Technische Menskunde.

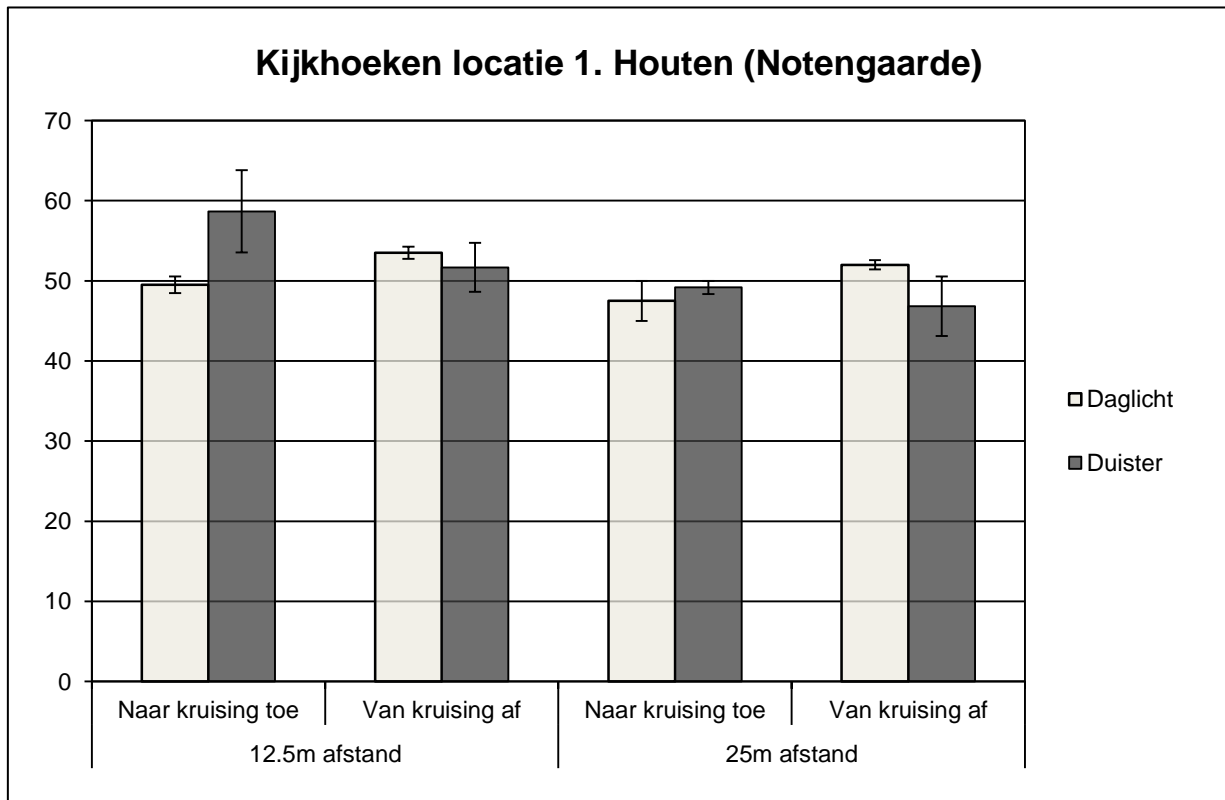
Bijlage 1: Zichtbaarheid op de verschillende locaties

Zichtbaarheid Locatie 1 - Houten (Notengarde)

Op locatie 1 (Houten, Notengarde) zijn geen effecten gevonden op de verschillende variabelen. De fietspaaltjes op deze locatie blijken dus zowel overdag als 's nachts van beide richtingen van verschillende afstanden in dezelfde mate zichtbaar (figuur 24).



Figuur 23: Foto's van de paaltjes genomen op locatie 1 (Houten) bij daglicht (boven) en duisternis (onder), zowel naar de kruising toe (links) als van de kruising af (rechts).



Figuur 24: Een overzicht van alle gemiddelde kijkhoeken gemeten op locatie 1 (Houten), per kijkrichting en kijkafstand gedurende daglicht en duisternis (Error bars geven de standaard fout weer). Een grotere kijkhoek (hogere waarde) geeft betere zichtbaarheid weer.

Tabel 9. Een overzicht van de hoofdeffecten van dag vs. nacht, kijkrichting (naar de kruising toe of van de kruising af) en afstand op de zichtbaarheid van het fietspaaltje te Houten in het perifere gezichtsveld.

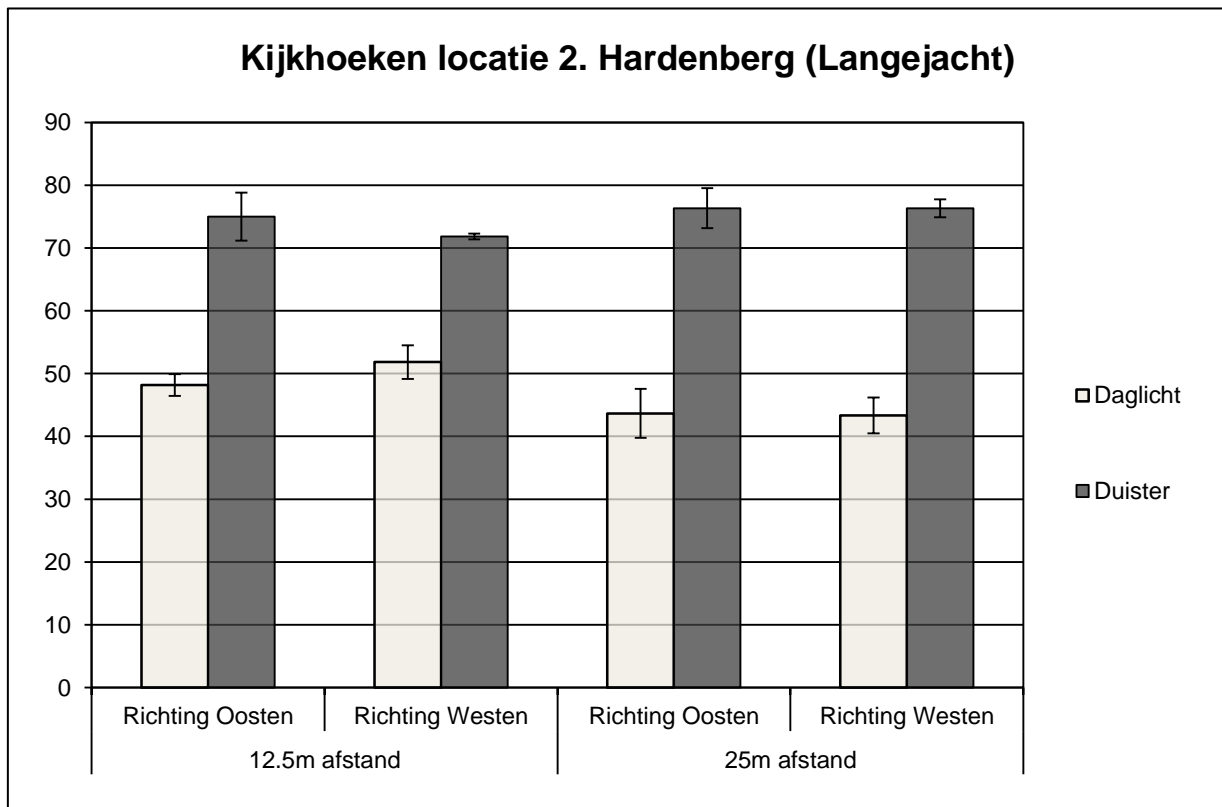
Variabele	Mean Square	df	F Waarde	P Waarde
Dag / Nacht	5.510	1, 2	<1	NS
Kijkrichting	0.260	1, 2	<1	NS
Afstand	119.260	1, 2	4.675	NS

Zichtbaarheid Locatie 2 Hardenberg (Langejacht)

Op locatie 2 te Hardenberg is een effect van daglicht en duisternis gevonden. Op deze locatie blijken de paaltjes bij duisternis beter waarneembaar te zijn dan overdag, zoals weergegeven in figuur 26. Dit komt met name door de afwezigheid van straatverlichting rondom de situatie waardoor de led-verlichting zeer contrast verhogend functioneert bij duisternis. Er zijn op deze locatie geen effecten van de kijkrichting en / of de kijkafstand op de zichtbaarheid van de paaltjes gevonden.



Figuur 25: Foto's van de paaltjes genomen op locatie 2 (Hardenberg) bij daglicht (boven) en duisternis (onder, aangestraald), met de blik richting het oosten (linksboven en onder) en richting het westen (rechtsboven).



Figuur 26: Een overzicht van alle gemiddelde kijkhoeken gemeten op locatie 4 (Hardenberg), per kijkrichting (richting het oosten vs. richting het westen) en kijkafstand gedurende daglicht en duisternis (Error bars geven de standaard fout weer). Een grotere kijkhoek (hogere waarde) geeft betere zichtbaarheid weer.

Tabel 10. Een overzicht van de hoofdeffecten van dag vs. nacht, kijkrichting (richting het oosten of richting het westen) en afstand op de zichtbaarheid van het fietspaaltje te Hardenberg in het perifere gezichtsveld.

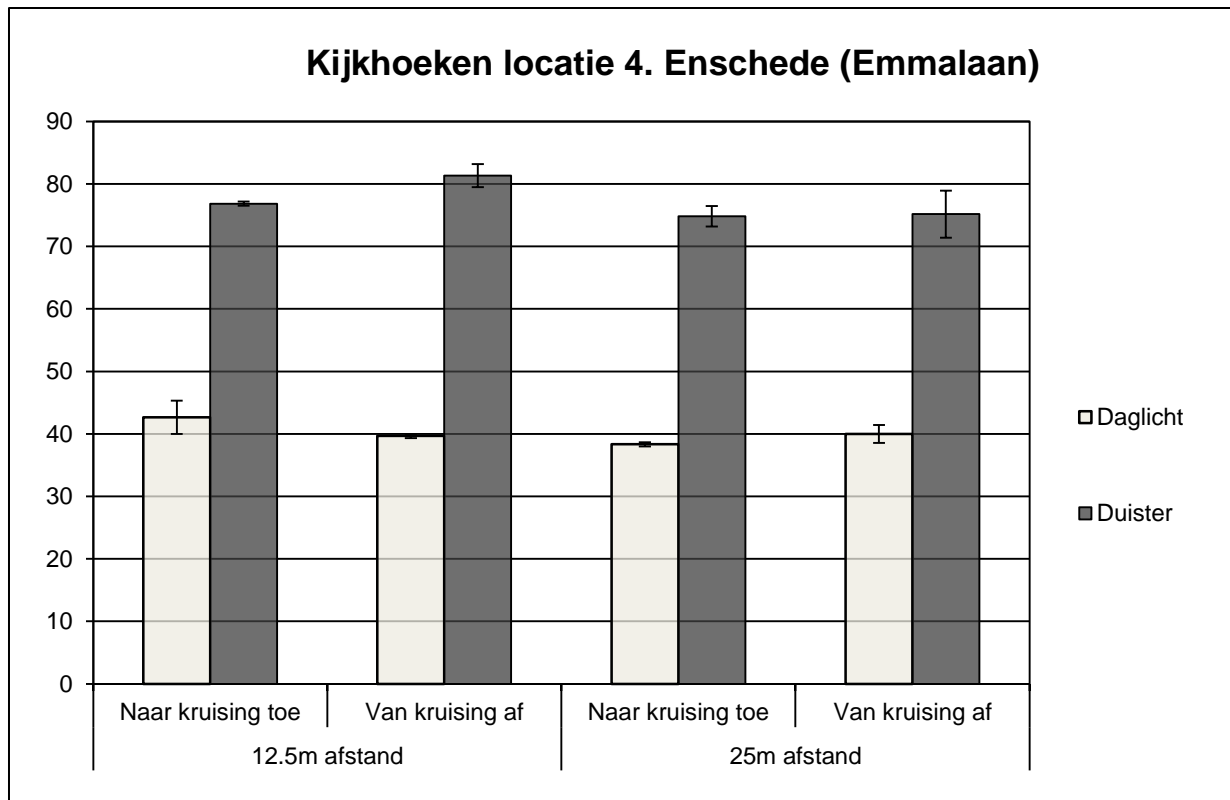
Variabele	Mean Square	df	F Waarde	P Waarde
Dag / Nacht	4746.094	1, 2	121.597	0.008
Kijkrichting	0.010	1, 2	<1	NS
Afstand	19.260	1, 2	1.900	NS

Zichtbaarheid Locatie 4 - Enschede (Emmalaan)

In Enschede aan de Emmalaan is er een duidelijk verschil gevonden tussen de zichtbaarheidscondities bij daglicht en bij duisternis. Bij duisternis worden de paaltjes sneller waargenomen (figuur 28) dan bij daglicht. Dit is met name te verklaren doordat de knipperende led verlichting op de paaltjes in het perifere gezichtsveld snel zichtbaar is en contrast verhogend werkt in donkere omstandigheden.



Figuur 27: Foto's van de paaltjes genomen op locatie 4 (Enschede) bij daglicht (boven) en duisternis (onder), zowel naar de kruising toe (links) als van de kruising af (rechts).



Figuur 28: Een overzicht van alle gemiddelde kijkhoeken gemeten op locatie 4 (Enschede), per kijkrichting en kijkafstand gedurende daglicht en duisternis (Error bars geven de standaard fout weer). Een grotere kijkhoek (hogere waarde) geeft betere zichtbaarheid weer.

Tabel 11. Een overzicht van de hoofdeffecten van dag vs. nacht, kijkrichting (naar de kruising toe of van de kruising af) en afstand op de zichtbaarheid van het fietspaaltje te Enschede in het perifere gezichtsveld.

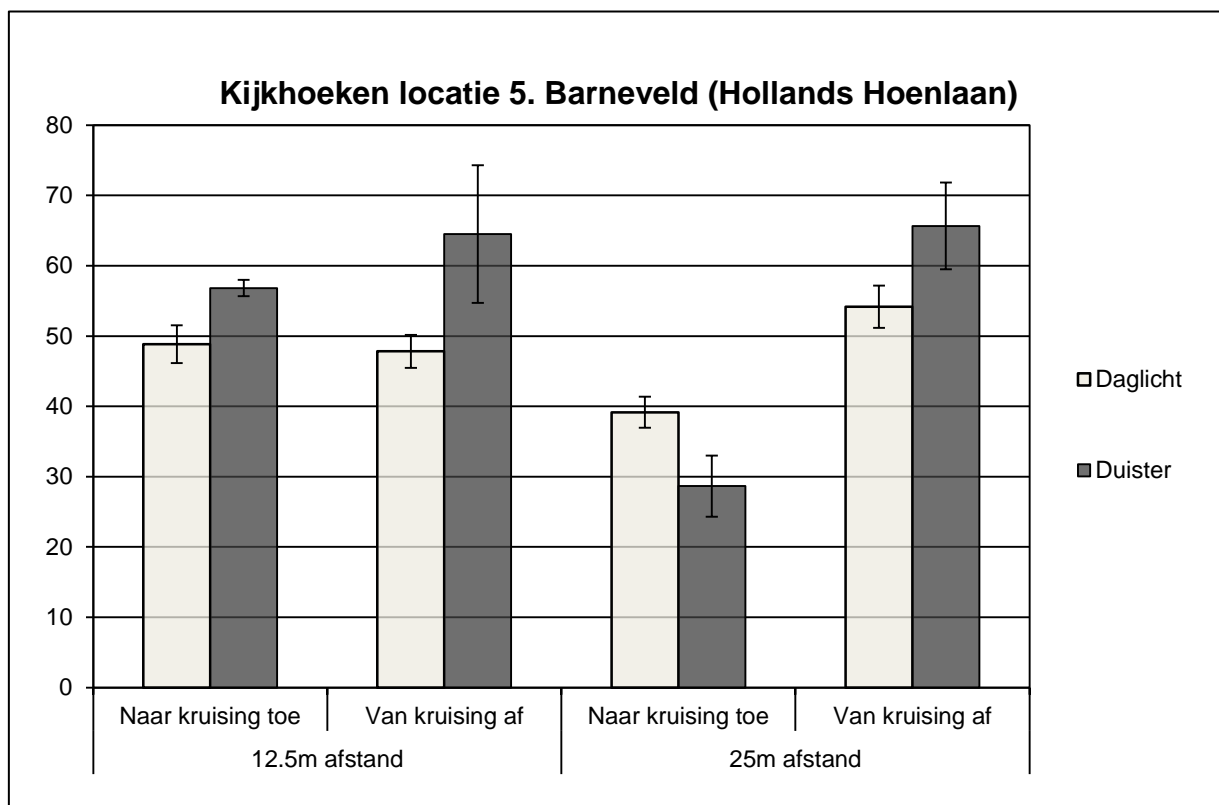
Variabele	Mean Square	df	F Waarde	P Waarde
Dag / Nacht	8158.594	1, 2	6694.231	<0.001
Kijkrichting	4.594	1, 2	<1	NS
Afstand	55.510	1, 2	7.096	NS

Zichtbaarheid Locatie 5 te Barneveld (Hollands Hoenlaan)

Op locatie 5 te Barneveld zijn geen verschillen gevonden in zichtbaarheid tussen daglicht en duisternis, kijkrichting en afstand (zie figuur 30). Er dient echter opgemerkt te worden dat de led-verlichting bij duisternis op deze locatie niet goed functioneerde. De aanwezige straatverlichting scheen op de lichtsensoren van de led verlichting zodat drie van de vier led-lampjes niet ingeschakeld werden. Zodra deze verlichting wel ingeschakeld werd door de straatverlichting te blokkeren zijn er vanuit deze kijkrichting kijkhoeken gemeten van 50 graden linksom en 65 graden rechtsom. Tevens is er een trend zichtbaar waarbij de paaltjes bij een kijkafstand van 25 meter naar de kruising toe minder goed zichtbaar lijken te zijn. Wanneer een fietser vanuit deze richting op de kruising af fietst lijken de paaltjes minder goed zichtbaar omdat de fietser zich dan vlak voor een tunnel bevindt waarbij het fietspad naar beneden loopt. De tunnel blokkeert vanuit deze positie een gedeelte van het zicht op de paaltjes. Ook zorgde de tunnelverlichting voor een verminderde zichtbaarheid van de paaltjes.



Figuur 29: Foto's van de paaltjes genomen op locatie 5 (Barneveld) bij daglicht (boven) en duisternis (onder), zowel naar de kruising toe (links) als van de kruising af (rechts).



Figuur 30: Een overzicht van alle gemiddelde kijkhoeken gemeten op locatie 5 (Barneveld), per kijkrichting en kijkafstand gedurende daglicht en duisternis (Error bars geven de standaard fout weer). Een grotere kijkhoek (hogere waarde) geeft betere zichtbaarheid weer.

Tabel 12. Een overzicht van de hoofdeffecten van dag vs. nacht, kijkrichting (naar de kruising toe of van de kruising af) en afstand op de zichtbaarheid van het fietspaaltje te Barneveld

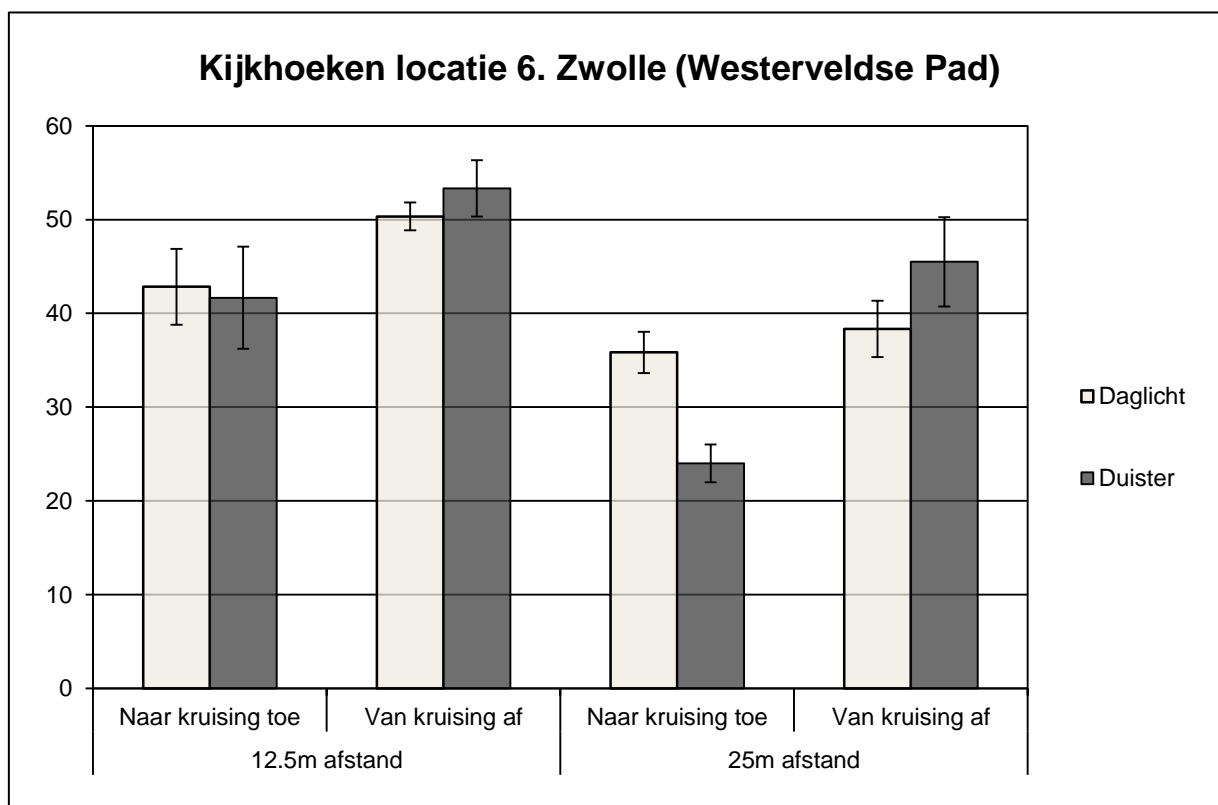
Variabele	Mean Square	df	F Waarde	P Waarde
Dag / Nacht	247.042	1, 2	3.577	NS
Kijkrichting	1290.667	1, 2	8.085	NS
Afstand	345.042	1, 2	14.715	0.062

Zichtbaarheid Locatie 6 te Zwolle (Westerveldse Pad)

In Zwolle zijn geen effecten van daglicht of duisternis gevonden. Hoewel niet significant, zijn er wel twee trends zichtbaar van kijkrichting en afstand (figuur 32). In de eerste plaats is er geconstateerd dat wanneer er van de kruising af wordt gekeken men in een open ruimte met groen kijkt terwijl vanaf de andere kant een weg met achterliggende bebouwing zichtbaar is, waardoor de paaltjes van de kruising af gezien beter zichtbaar lijken. Ook zorgt bij duisternis de verstrooiing van het licht van de op dat moment zichtbare omgeving (straatverlichting, gebouwen) ervoor dat de led-verlichting op de paaltjes naar de kruising toe minder goed waargenomen worden dan bezien vanuit de andere naderingszijde.



Figuur 31: Foto's van de paaltjes genomen op locatie 6 (Zwolle) bij daglicht (boven) en duisternis (onder), zowel naar de kruising toe (links) als van de kruising af (rechts).



Figuur 32: Een overzicht van alle gemiddelde kijkhoeken gemeten op locatie 6 (Zwolle), per kijkrichting en kijkafstand gedurende daglicht en duisternis (Error bars geven de standaard fout weer). Een grotere kijkhoek (hogere waarde) geeft betere zichtbaarheid weer.

Tabel 13. Een overzicht van de hoofdeffecten van dag vs. nacht, kijkrichting (naar de kruising toe of van de kruising af) en afstand op de zichtbaarheid van het fietspaaltje te Zwolle in het perifere gezichtsveld.

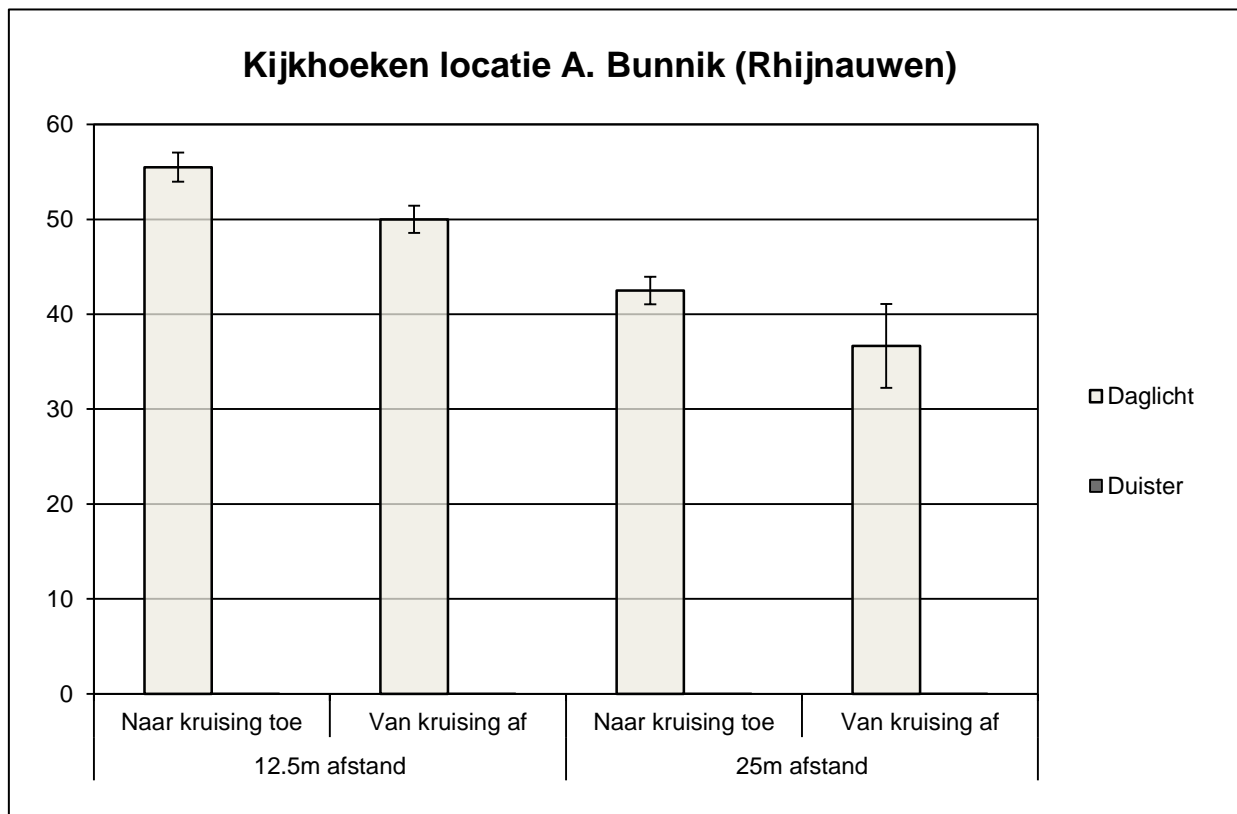
Variabele	Mean Square	df	F Waarde	P Waarde
Dag / Nacht	3.010	1, 2	<1	NS
Kijkrichting	698.760	1, 2	16.486	0.056
Afstand	742.594	1, 2	17.827	0.052

Zichtbaarheid Locatie A te Bunnik (Rhijnauwen)

Op controlelocatie A te Bunnik zijn significante effecten gevonden op alle variabelen. Het verschil in zichtbaarheid tussen daglicht en duisternis is te verklaren door het volledig afwezig zijn van zowel omgevingsverlichting als verlichting op het paaltje, wat resulteerde in een totale onzichtbaarheid van het paaltje bij duisternis (figuur 34). Verder is het paaltje beter zichtbaar wanneer er naar de kruising toe wordt gekeken. Ook neemt de zichtbaarheid af naarmate de afstand van het paaltje groter wordt.



Figuur 33: Foto's van het fietspaaltje genomen op controlelocatie A (Bunnik) bij daglicht zowel naar de kruising toe (linksboven) als van de kruising af (rechtsboven), bij duisternis (linksonder) en gedurende duisternis bij aan schijnen door fietsverlichting (rechtsonder).



Figuur 34: Een overzicht van alle gemiddelde kijkhoeken gemeten op controlelocatie A (Bunnik), per kijkrichting en kijkafstand gedurende daglicht en duisternis (Error bars geven de standaard fout weer). Een grotere kijkhoek (hogere waarde) geeft betere zichtbaarheid weer.

Tabel 14. Een overzicht van de hoofdeffecten van dag vs. nacht, kijkrichting (naar de kruising toe of van de kruising af) en afstand op de zichtbaarheid van het fietspaaltje te Bunnik in het perifere gezichtsveld.

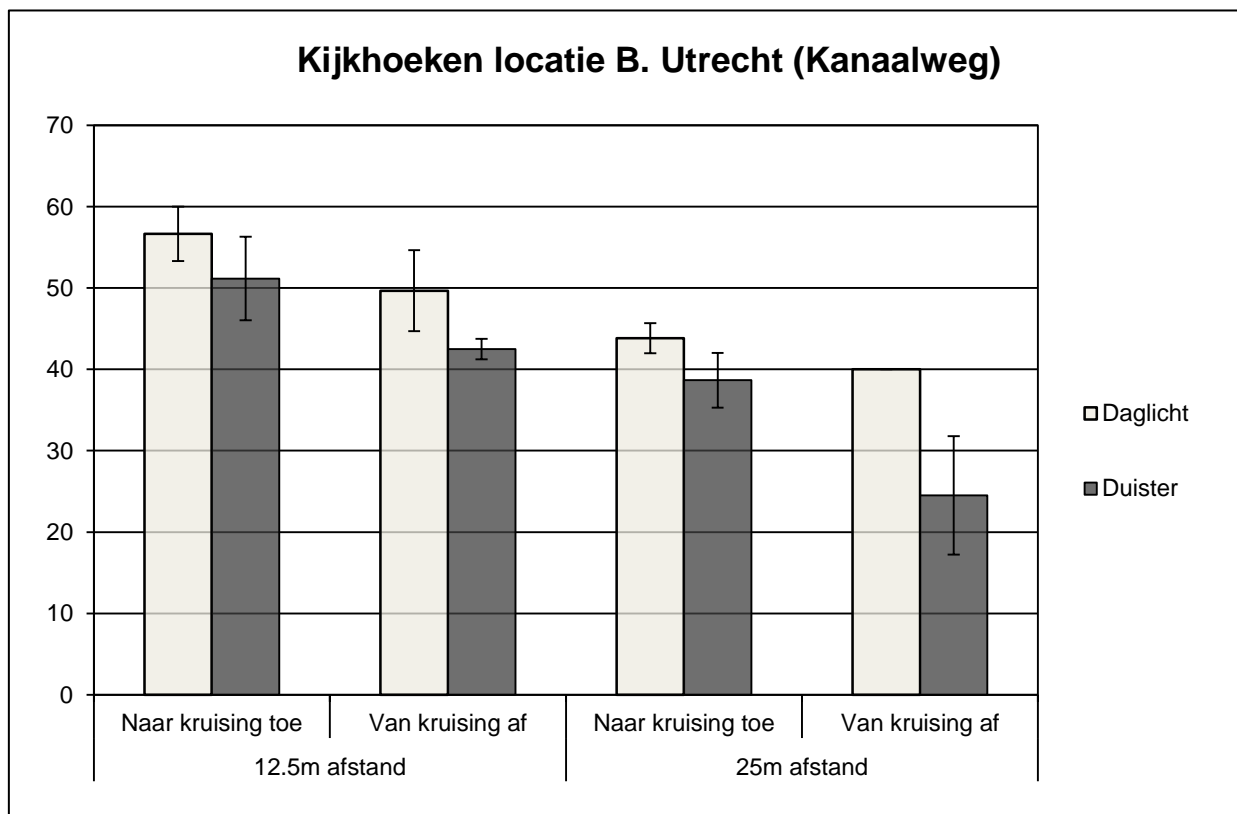
Variabele	Mean Square	df	F Waarde	P Waarde
Dag / Nacht	12788.167	1, 2	824.489	0.001
Kijkrichting	48.167	1, 2	33.266	0.029
Afstand	260.042	1, 2	33.781	0.028

Zichtbaarheid Locatie B te Utrecht (Kanaalweg)

In Utrecht zijn bij controlelocatie B aan de Kanaalweg geen verschillen gevonden tussen de daglicht / duisternis, kijkrichting en afstandscondities (figuur 36). Wel zijn er trends waar te nemen waarbij de paaltjes beter zichtbaar lijken wanneer er naar de kruising toe wordt gekeken evenals wanneer er van een kleinere kijkafstand wordt gekeken.



Figuur 35: Foto's van de paaltjes genomen op controlelocatie B (Utrecht, Kanaalweg) bij daglicht (boven) en duisternis (onder), zowel naar de kruising toe (links) als van de kruising af (rechts).



Figuur 36: Een overzicht van alle gemiddelde kijkhoeken gemeten op controlelocatie B (Utrecht, Kanaalweg), per kijkrichting en kijkafstand gedurende daglicht en duisternis (Error bars geven de standaard fout weer). Een grotere kijkhoek (hogere waarde) geeft betere zichtbaarheid weer.

Tabel 15. Een overzicht van de hoofdeffecten van dag vs. nacht, kijkrichting (naar de kruising toe of van de kruising af) en afstand op de zichtbaarheid van het fietspaaltje te Utrecht (Kanaalweg) in het perifere gezichtsveld.

Variabele	Mean Square	df	F Waarde	P Waarde
Dag / Nacht	416.667	1, 2	7.635	NS
Kijkrichting	425.042	1, 2	17.341	0.053
Afstand	1053.375	1, 2	12.725	0.070