



**UHASSELT**

KNOWLEDGE IN ACTION

## **School voor Mobiliteitswetenschappen**

master in de mobiliteitswetenschappen

### ***Masterthesis***

***Slimme verlichtingsoplossingen om de verkeersveiligheid in Vlaanderen te verbeteren***

#### **Brent Peters**

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de mobiliteitswetenschappen

#### **PROMOTOR :**

Prof. dr. ir. Ansar-Ul-Haque YASAR

#### **COPROMOTOR :**

dr. Ariane CUENEN



**UHASSELT**

KNOWLEDGE IN ACTION

[www.uhasselt.be](http://www.uhasselt.be)  
Universiteit Hasselt  
Campus Hasselt:  
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt  
Campus Diepenbeek:  
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

**2021**  
**2022**



# **School voor Mobiliteitswetenschappen**

master in de mobiliteitswetenschappen

## ***Masterthesis***

***Slimme verlichtingsoplossingen om de verkeersveiligheid in Vlaanderen te verbeteren***

**Brent Peters**

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de mobiliteitswetenschappen

**PROMOTOR :**

Prof. dr. ir. Ansar-Ul-Haque YASAR

**COPROMOTOR :**

dr. Ariane CUENEN



# Slimme verlichtingsoplossingen om de verkeersveiligheid in Vlaanderen te verbeteren

---

MASTERPROEF

Impact van in de grond ingebouwde led-strips op het gedrag van voetgangers en automobilisten bij oversteekvoorzieningen

&

Gedrag van het slimme Bitlogicx verlichtingssysteem onder verschillende verlichtingsomstandigheden

**Brent Peters**

UHASSELT | 2 MA. MOBILITEITSWETENSCHAPPEN | MASTERPROEF EN STUDIO (4321-2122)

ACADEMIEJAAR 2021-2022

PROMOTOR: PROF. DR. IR. ANSAR-UL-HAQUE YASAR

COPROMOTOR: DR. ARIANE CUENEN



# WOORD VOORAF

Voor u ligt de masterproef van Brent Peters, een document dat tot stand is gekomen in het kader van de opleiding Mobiliteitswetenschappen en an sich het summum van de studie. De masterproef legt zich toe op het onderzoeken van nieuwe verlichtingssystemen die de verkeersveiligheid in Vlaanderen kunnen verhogen.

Bij het lezen van de titel van deze masterproef zult u ongetwijfeld opgemerkt hebben dat er niet één, maar twee onderwerpen op te zien zijn. Inderdaad: deze masterproef behandelt twee onderwerpen die niet echt gerelateerd zijn aan elkaar, afgezien van het feit dat ze allebei over verlichting gaan. Dat heeft een eenvoudige verklaring. Oorspronkelijk zou deze masterproef zich uitsluitend focussen op het verlichtingssysteem gebouwd door het bedrijf Bitlogicx. Echter bleek dat systeem te kampen met een hele reeks hardware- en softwaregerelateerde issues. Sensoren die er de brui aan gaven, kabels die kapot smolten, problemen om data te downloaden... Als u bekend bent met de wet van Murphy, die zegt dat “alles wat verkeerd kan gaan, zal verkeerd gaan”, dan leek het wel alsof hij onverbiddelijk toegeslagen had op deze masterproef.

Vandaar ook dat ik in de loop van het tweede semester een tweede onderwerp op mij nam. Het leek mij oninteressant om mijn masterproef te beëindigen en potentieel niets anders te kunnen presenteren dan “het systeem werkt niet: er is geen data”. Dit nieuwe onderwerp, dat een oversteekvoorziening in Hasselt behandelt, zou dienen als “back-up” voor het geval dat het systeem van Bitlogicx niet zou werken. Dat bleek helaas het geval te zijn, waardoor ik mij volledig focuste op dit nieuwe onderwerp en eindigde met het document dat u hier nu voor u ziet.

Bij deze wil ik ook de kans nemen om een aantal personen te bedanken die cruciaal waren voor de totstandkoming van dit rapport. Zo gaat mijn dank uit naar prof. dr. ir. Ansar Yasar en de heer Ahmad Kaleem van Bitlogicx voor hun technische steun met de verscheidene hardware- en softwareproblemen die het systeem ondervond. Het systeem kon nog niet op punt gesteld worden voor onderzoek, maar hun bijdragen zijn hopelijk waardevol voor de volgende onderzoeker die ermee aan de slag kan gaan. Ook wil ik dr. Ariane Cuenen bedanken voor haar feedback en ondersteuning bij het opstellen van het nieuwe masterproefonderwerp over de ledstrips aan de Blauwe Boulevard in Hasselt. Zo kon ik tijdig aan dit onderwerp beginnen en op nog een schappelijk moment hiermee van start gaan. Mijn vrienden en collega's wil ik eveneens bedanken voor de nodige steun. Tot slot wil ik ook nog mijn dank betuigen aan mijn familie voor de steun aan het thuisfront, en in het bijzonder mijn vader die samen met mij in de koude voetgangers wou observeren om mij te helpen met deze masterproef.

Ik wens u veel leesplezier.

Brent Peters

Student 2<sup>de</sup> Master Mobiliteitswetenschappen

07/06/2022



# SAMENVATTING

Deze masterproef legt zich toe op de studie van verlichtingssystemen die de verkeersveiligheid in Vlaanderen ten goede kunnen komen: ledstrips die geïnstalleerd werden aan een zebrapad aan de Blauwe Boulevard in Hasselt en een experimenteel verkeersafhankelijk straatverlichtingssysteem van het bedrijf “Bitlogicx”.

Wetenschappelijke literatuur heeft zich al vaker gebogen over nieuwe manieren om oversteekvoorzieningen te beveiligen, zoals apps en verlichtingssystemen. Echter is onderzoek omtrent de impact van deze systemen nog steeds onbekend gebied: er is nog weinig kennis beschikbaar over de impact die zulke systemen kunnen hebben op het gedrag van voetgangers. In dit onderzoek wordt daarom een eenvoudige installatie op een zebrapad getest. Het gaat om een zebrapad aan de Blauwe Boulevard in Hasselt. Aan weerszijden van dit zebrapad zijn ledstrips geïnstalleerd die gecoördineerd zijn met de voetgangerslichten en oplichten in de kleur van het voetgangerslicht.

Met een enquête werd de mening van personen die regelmatig voetganger zijn in Hasselt bevraagd. Deze enquête werd verspreid via Facebookgroepen over Hasselt en buurgemeenten van die stad. De enquête werd ook via persoonlijke benadering en een intern e-mailadres van de Universiteit Hasselt verstuurd. Daarnaast werd een observatieonderzoek uitgevoerd om het gedrag van voetgangers en automobilisten aan dit zebrapad aan de Blauwe Boulevard te vergelijken met een controlezebrapad. Dit controlezebrapad werd zodanig geselecteerd dat het zo vergelijkbaar mogelijk was met het experimenteel zebrapad. Deze observatie gebeurde manueel door een onderzoeker die op selecte momenten het gedrag van voetgangers of automobilisten observeerde. Tijdens een observatiedag (zowel 's ochtends als 's avonds) werd de observatie aan het controlezebrapad uitgevoerd door twee onderzoekers om de inter-rater reliability te berekenen. Tot slot werd een observatie van het systeem uitgevoerd om de betrouwbaarheid van het systeem na te gaan. Analyses werden uitgevoerd in Excel en in SPSS.

De technische betrouwbaarheid van het systeem is hoog: tijdens het observatiemoment om deze betrouwbaarheid in kaart te brengen kon het systeem steeds correct van kleur wisselen. Wat de resultaten van de enquête betreft, blijkt dat regelmatige voetgangers in Hasselt gematigd positief zijn over het zebrapad en weten ze algemeen gezien wel hoe het werkt. Echter zijn er bepaalde aspecten van de ledstrips waar zij niet van overtuigd zijn: zo denken ze niet dat de ledstrips vermijden dat iemand zijn of haar smartphone zal gebruiken bij het oversteken. Uit de resultaten van het observatieonderzoek kan daarnaast niet geconcludeerd worden dat de ledstrip ook een significante impact heeft op voetgangersgedrag of het gedrag van automobilisten. Bovendien bleek de samenstelling van de steekproeven van voetgangers bij het experimenteel zebrapad en het controlezebrapad anders te zijn: zo bleek dat er meer vrouwen waren bij het experimenteel zebrapad en dat voetgangers vaker in gezelschap waren bij het experimenteel zebrapad. Er bleken ook verbanden te zijn tussen de factoren van voetgangers onderling: zo bleek dat voetgangers die alleen waren, ook vaker afgeleid waren.

Verder onderzoek rond dit onderwerp is nodig. Observaties zouden beter uitgevoerd worden met camera's indien mogelijk. Camera-observatie zou immers toestaan om het gedrag van voetgangers te observeren zonder dat de observator kritieke momenten mist. Bovendien zouden meer nuances van voetgangersgedrag vastgelegd kunnen worden. Daarnaast moet de enquête via nog meer kanalen verspreid worden in de toekomst, aangezien het bereik van de huidige enquête beperkt bleef ondanks de inzet van verschillende kanalen. Op basis van het onderzoek lijkt het installeren van ledstrips aan zebrapaden slechts aan te raden om de gepercipieerde veiligheid van voetgangers te verhogen, aangezien de ledstrips geen aantoonbaar effect hebben op het gedrag van voetgangers en automobilisten maar wel ervoor zorgen dat voetgangers zich veiliger voelen.



Daarnaast werden eveneens proeftests gedaan met een experimenteel verlichtingssysteem van het bedrijf “Bitlogicx”. Immers kunnen zulke slimme systemen voordelen bieden op vlak van energieverbruik en vermindering van lichthinder. Lichthinder is immers schadelijk voor de menselijke gezondheid en ecosystemen, dus technieken die lichthinder kunnen beperken zijn zeer waardevol. Echter is er nog weinig bekend over zulke systemen, dus ook op dit vlak begeeft deze masterthesis zich op onbekend terrein.

Het systeem van Bitlogicx bestond uit vier miniatuur verlichtingspalen die met sensoren geactiveerd konden worden. Als een radiografisch voertuig voor de sensor reed (of, algemener, als de sensor een obstakel detecteerde), dan stuurt de sensor een signaal waardoor de lamp van de verlichtingspaal brandt. Het doel van dit experiment was om het systeem te testen onder verschillende toestanden, bijvoorbeeld in verschillende lichtomstandigheden. Het voertuig zou voortdurend langs de sensoren rijden terwijl data gelogd zou worden door het systeem.

Helaas bleek dat op technisch vlak het systeem nog niet klaar was om tests mee uit te voeren. In het hoofdstuk over het systeem van Bitlogicx worden dus voornamelijk de technische problemen met het systeem beschreven. Zo waren er bijvoorbeeld enkele hardwareproblemen. Sommige sensoren waren kapot, waardoor er vervanging nodig was. Een ander probleem was dat een van de palen kampte met een kapotte kabel. Daarnaast waren er bovendien softwareproblemen: op de sensoren zat heel wat vertraging. Het systeem had initieel ook problemen met het doorsturen van de data. De data bleken uiteindelijk ook niet nuttig te zijn voor het onderzoek. Hoogstens werden enkele eenvoudige proeftests uitgevoerd om het systeem te testen, waaruit kwalitatieve data voortkwam die Bitlogicx mogelijk kan gebruiken om het systeem mee te verbeteren. In deze proeftests reed het voertuig rond in de experimentele opstelling. Zodanig kon bestudeerd worden hoe het systeem reageerde.

Door al deze technische problemen werd de focus van deze masterproef verschoven naar een parallel project dat de ledstrips aan de Blauwe Boulevard zou bestuderen, maar de input van het onderdeel omtrent het systeem van Bitlogicx heeft er wel voor gezorgd dat het systeem in technische gereedheid is gebracht om in de toekomst tests mee uit te voeren.

# INHOUDSOPGAVE

WOORD VOORAF .....	3
SAMENVATTING .....	5
LEESWIJZER .....	13
DEEL 1: IMPACT VAN IN DE GROND INGEBOUWDE LED-STRIPS OP HET GEDRAG VAN VOETGANGERS EN AUTOMOBILISTEN BIJ OVERSTEEKVOORZIENINGEN .....	15
1 Introductie: Afleiding bij Voetgangers.....	17
1.1 Verkeersveiligheid van de kwetsbare weggebruiker in Vlaanderen .....	17
1.2 Afleiding bij voetgangers .....	17
1.2.1 Wat is afleiding?.....	17
1.2.2 Prevalentie van het probleem van afleiding .....	18
1.2.3 Waarom zijn voetgangers afgeleid bij het oversteken? .....	20
1.2.4 Effecten van afleiding bij voetgangers .....	20
1.3 Aanpassingen om oversteekvoorzieningen zichtbaarder te maken voor automobilisten .....	22
Innovatieve technologische oplossingen om zichtbaarheid van voetgangers en oversteekvoorzieningen te verbeteren. ....	22
Zichtbaarheidsverhogende markeringen aan oversteekvoorzieningen .....	23
Verlichtingsinstallaties aan oversteekvoorzieningen.....	23
1.4 Aanpassingen om oversteekvoorzieningen zichtbaarder te maken voor voetgangers.....	25
App-gebaseerde oplossingen om voetgangers te waarschuwen voor een oversteekvoorziening ..	25
Infrastructurele maatregelen om oversteekvoorzieningen zichtbaarder te maken voor afgeleide voetgangers.....	25
Zichtbaarheidsverhogende installaties aan oversteekvoorzieningen in Hasselt .....	26
2 Onderzoeksvragen .....	29
2.1 Probleemstelling.....	29
2.2 Doelstellingen.....	29
2.3 Onderzoeksvragen .....	29
3 Methodologie .....	31
3.1 Studiegebied .....	31
3.2 Manuele observatie van voetgangers en automobilisten .....	34
3.3 Manuele observatie van het systeem .....	38
3.4 Vragenlijst .....	38
3.5 Statistische analyse.....	39
4 Resultaten .....	41
4.1 Betrouwbaarheid van het systeem .....	41
4.2 Analyse van de enquête .....	41
4.2.1 Demografische gegevens van de regelmatige voetgangers .....	41

4.2.2 Bekendheid van de regelmatige voetgangers met Hasselt.....	42
4.2.3 Ongevallenstatistieken van de regelmatige voetgangers .....	43
4.2.4 Kennis van regelmatige voetgangers over innovatieve manieren om oversteekvoorzieningen te beveiligen .....	44
4.2.5 Regelmatige voetgangers en de led-strips aan de Blauwe Boulevard .....	44
4.3 Analyse van de observatiedata .....	48
4.3.1 Inter-rater reliability .....	48
4.3.2 Voetgangers.....	49
4.3.3 Automobilisten .....	56
4.3.5 Impact van geslacht en gezelschap op gedragsfactoren .....	58
5 Discussie.....	63
5.1 Betrouwbaarheid van het systeem .....	63
5.2 Resultaten van de enquête .....	63
5.3 Resultaten van de observaties.....	66
5.3.1 Voetgangers.....	66
5.3.2 Automobilisten .....	68
5.3.3 Verband tussen geslacht, gezelschap en gedragsfactoren van voetgangers .....	68
5.4 Beperkingen .....	69
5.5 Aanbevelingen.....	70
6 Conclusie .....	73
<b>DEEL 2: GEDRAG VAN HET SLIMME BITLOGICX VERLICHTINGSSYSTEEM ONDER VERSCHILLENDE VERLICHTINGSOMSTANDIGHEDEN .....</b>	<b>75</b>
1 Introductie: Duisternis in het Verkeer .....	77
1.1 Verkeersveiligheidsproblematiek van kwetsbare weggebruikers.....	77
1.2 Duisternis en verkeersveiligheid .....	77
1.2.1 Nachtelijke verkeersongevallen.....	77
1.2.2 Impact van lichtgesteldheid op perceptie van weggebruikers .....	78
1.2.3 Impact van lichtgesteldheid op gedrag van weggebruikers .....	78
1.3 Impact van straatverlichting .....	79
1.3.1 Positieve impact van straatverlichting.....	79
1.3.2 Negatieve impact van straatverlichting .....	81
1.3.3 Mogelijke oplossingen voor lichtvervuiling .....	85
1.4 Het gebruik van slimme verlichting en sensoren .....	87
1.4.1 Slimme verlichting .....	87
1.4.2 Sensoren .....	88
2 Onderzoeksvragen .....	91
2.1 Probleemstelling.....	91
2.2 Doelstellingen.....	91

2.3 Onderzoeksvragen .....	91
3 Beschrijving van het systeem .....	93
3.1 Bitlogix .....	93
3.2 De verlichtingspalen .....	93
3.3 De sensor dozen .....	95
3.4 Het dashboard en andere toebehoren .....	95
3.5 Technische problemen .....	97
3.5.1 Stroomvoorziening .....	97
3.5.2 Constructieproblemen .....	99
3.5.3 Loskomende platen .....	99
3.5.4 Beschadigingen paal 1 .....	99
3.5.5 Defect sensor dozen 1 en 2 .....	100
3.5.6 Beschadiging paal 4 .....	101
3.5.7 Problemen met de datacollectie .....	103
4 Gepland experimenteel ontwerp .....	105
4.1 Fysieke opbouw systeem .....	105
4.2 Proeftests .....	109
4.2.1 Proeftest 1: Trial run .....	109
4.2.2 Proeftest 2: Test van datacollectie 1 .....	110
4.2.3 Proeftest 3: Test van datacollectie 2 .....	110
4.2.4 Proeftest 4: Hertest lamp 1 en test van datacollectie 3 .....	110
4.2.5 Proeftest 5: Test van datacollectie na update .....	111
5 Discussie .....	113
5.1 Beperkingen .....	113
5.2 Aanbevelingen .....	113
6 Conclusie .....	115
LIJST VAN GERAADPLEEGDE WERKEN .....	117
BIJLAGEN .....	125
A. Data-opschoningsproces .....	125
A.1. Voetgangers .....	125
A.2. Automobilisten .....	127
B. Vragenlijst .....	131
C. Tekst voor berichten naar enquêterespondenten .....	142
C.1. E-mail .....	142
C.2. Facebook-bericht .....	143
C.3. Facebook-bericht 2 .....	143
D. Data van observaties .....	145

# FIGUURLIJST

Figuur 1: Locaties van de observaties bij kruispunten (© OpenStreetMap-bijdragers, 2022. Kaart geproduceerd met QGIS).....	31
Figuur 2: Het zebrapad aan de Blauwe Boulevard.....	32
Figuur 3: Close-up van de ledstrip in het rood (boven) en het groen (beneden).....	33
Figuur 4: Het zebrapad aan het kruispunt R70 x N2.....	34
Figuur 5: Vervoersmiddelen die regelmatige voetgangers minstens 1 keer per week gebruiken .....	42
Figuur 6: SPSS-instellingen om afleiding samen te vatten .....	53
Figuur 7: SPSS-instellingen om stopgedrag samen te vatten.....	55
Figuur 8 Gemiddelde zenit artificiële helderheid van de nachtlucht van Europese NUTS3-regio's in mcd/m <sup>2</sup> . De kleur zwart geeft een nachtlucht zonder lichtvervuiling weer. De kleur wit komt aldus Falchi en collega's (2019) overeen met de helderste metropool. Elke kleurverandering op de kaart stemt overeen met een verdubbeling van de helderheid (figuur uit Falchi et al., 2019).....	82
Figuur 9: Paal nummer 3.....	94
Figuur 10: LED-doos van paal nummer 3.....	94
Figuur 11: Sensordoos van paal nummer 3.....	95
Figuur 12: De router die de sensoren met elkaar kan coördineren.....	96
Figuur 13: Een radiografisch bestuurbare auto, de "trigger" van de sensoren .....	97
Figuur 14: De oorspronkelijke stekkers van de LED-dozen, losgekoppeld van de LED-dozen.....	98
Figuur 15: De oorspronkelijke stekker van de router. Merk de vormgeving van de plastic behuizing op, die aansluiting op een stopcontact verhindert .....	98
Figuur 16: De beschadiging aan de plastic behuizing van de fitting van paal 1 .....	100
Figuur 17: De defecte sensordozen 1 en 2.....	101
Figuur 18: Paal 4. Merk de schuine positie van de fitting van de lamp op. ....	102
Figuur 19: Detail van lamp 4. Merk de gesmolten lijm op de fitting op. In de achtergrond staat paal 3: merk op dat de lamp van deze paal wel verticaal hangt.....	103
Figuur 20: Foto van de systeemopstelling.....	106
Figuur 21: De vier individuele palen. Van links naar rechts, van boven naar onder: paal 1, paal 2, paal 3, paal 4 .....	107
Figuur 22: Schematische weergave van het systeem .....	108
Figuur 23: Schematische weergave van de kamer waarin de proefopstelling zich bevindt. Niet op schaal. De noordpijl geeft een indicatie van de richting van het noorden.....	109

# TABELLENLIJST

Tabel 1: Codering van de bestudeerde eigenschappen bij voetgangers. Vetgedrukte tekst beschrijft parameters en codes die na het printen van de invulformulieren zijn toegevoegd om een gedetailleerder beeld van de gedragingen te bieden. Schuingedrukte tekst beschrijft parameters die verwijderd werden aangezien ze lastig te observeren waren.....	35
Tabel 2: Codering van de bestudeerde eigenschappen bij automobilisten. Vetgedrukte tekst beschrijft parameters en codes die na het printen van de invulformulieren zijn toegevoegd om een gedetailleerder beeld van de gedragingen te bieden. Schuingedrukte tekst beschrijft parameters die verwijderd werden aangezien ze lastig te observeren waren.....	36
Tabel 3: Codering voor de betrouwbaarheidsmeting van het systeem.....	38
Tabel 4: Resultaten van de meting van de betrouwbaarheid van het systeem.....	41
Tabel 5: Geslacht van de regelmatige voetgangers .....	41

Tabel 6: Leeftijd van de regelmatige voetgangers .....	42
Tabel 7: Hoogst behaalde opleiding van de regelmatige voetgangers .....	42
Tabel 8: Bekendheid van regelmatige voetgangers in Hasselt .....	43
Tabel 9: Frequentie van verplaatsingen te voet in Hasselt door de regelmatige deelnemers .....	43
Tabel 10: Ongevallenbetrokkenheid als voetganger bij regelmatige voetgangers in de afgelopen 3 jaar .....	43
Tabel 11: Ongevallenbetrokkenheid als automobilist bij regelmatige voetgangers in de afgelopen 3 jaar .....	43
Tabel 12: Locatie van de gerapporteerde ongevallen.....	44
Tabel 13: Eigen oversteekgedrag bij de gerapporteerde ongevallen bij een zebepad met verkeerslichten .....	44
Tabel 14: Eigen afleiding bij de gerapporteerde ongevallen bij een zebepad met verkeerslichten .....	44
Tabel 15: Afleiding van de tegenpartij bij gerapporteerde ongevallen bij een zebepad met verkeerslichten .....	44
Tabel 16: Bekendheid van regelmatige voetgangers met het zebepad aan de Blauwe Boulevard.....	45
Tabel 17: Ervaring van regelmatige voetgangers met de ledstrips op het zebepad aan de Blauwe Boulevard .....	45
Tabel 18: Zelf-gerapporteerd gedrag van de regelmatige voetgangers in relatie tot de ledstrips op de Blauwe Boulevard .....	45
Tabel 19: Houding van de stellingsrespondenten tegenover de ledstrips.....	47
Tabel 20: Cohens kappa voor de parameter "Afleiding voetganger" .....	48
Tabel 21: Cohens kappa voor de parameter "Kijkgedrag voetganger" .....	48
Tabel 22: Cohens kappa voor de parameter "Stopgedrag voetganger" .....	49
Tabel 23: Geslacht van de voetgangers .....	49
Tabel 24: Chi-kwadraattoets voor geslacht van de voetgangers .....	49
Tabel 25: Gezelschap van voetgangers .....	50
Tabel 26: Chi-kwadraattoets voor gezelschap van voetgangers.....	50
Tabel 27: Oversteeklocatie van voetgangers.....	51
Tabel 28: Chi-kwadraattoets voor oversteeklocatie van voetgangers .....	51
Tabel 29: Oversteekrichting van voetgangers .....	51
Tabel 30: Afleiding van voetgangers .....	52
Tabel 31: Aanwezigheid van afleiding bij voetgangers .....	53
Tabel 32: Chi-kwadraattoets van de aanwezigheid van afleiding bij voetgangers.....	54
Tabel 33: Stopgedrag van voetgangers.....	54
Tabel 34: Samengevatte stopgedrag van voetgangers.....	56
Tabel 35: Chi-kwadraattoets voor het samengevatte stopgedrag van voetgangers .....	56
Tabel 36: Geslacht van automobilisten .....	56
Tabel 37: Chi-kwadraattoets voor geslacht automobilisten .....	57
Tabel 38: Stopgedrag van automobilisten .....	57
Tabel 39: Chi-kwadraattoets voor stopgedrag van automobilisten .....	58
Tabel 40: Kruistabel van geslacht en afleiding van de voetgangers.....	58
Tabel 41: Chi-kwadraattoets voor geslacht en afleiding van de voetgangers .....	58
Tabel 42: Kruistabel van gezelschap en afleiding van voetgangers.....	59
Tabel 43: Chi-kwadraattoets voor gezelschap en afleiding van de voetgangers .....	59
Tabel 44: Geslacht en stopgedrag van voetgangers .....	59
Tabel 45: Chi-kwadraattoets van geslacht en stopgedrag van voetgangers .....	60
Tabel 46: Gezelschap en stopgedrag van voetgangers .....	60
Tabel 47: Chi-kwadraattoets van gezelschap en stopgedrag van voetgangers .....	61



# LEESWIJZER

Deze masterproef is opgedeeld in twee grote luiken.

Het eerste luik is eerder praktijkgericht en onderzoekt een daadwerkelijk geïnstalleerd systeem om zebrapaden veiliger te maken. Het gaat hier om ledstrips die geïnstalleerd werden aan een zebrapad aan de Blauwe Boulevard in Hasselt. Dit luik start met een overzicht van de problematiek rond afgeleide voetgangers die oversteken en geeft een beeld van technologieën die nu al bestaan om het oversteken veiliger te maken. Ten tweede worden de onderzoeksvragen van dit onderzoek beschreven. Ten derde wordt de methodologie besproken. Ten vierde volgt een overzicht van de data die in het kader van dit onderzoek werd verzameld. Ten vijfde wordt deze data besproken in een discussie, en dit luik eindigt met een conclusie.

Het tweede luik behandelt het experimentele verlichtingssysteem van Bitlogicx, waarmee oorspronkelijk tests mee uitgevoerd zouden worden. Dit luik start met een introductie van de problematiek die dit systeem wil aankaarten, met name de gevaren van duisternis in het verkeer én de gezondheids- en ecologische problemen die lichtvervuiling met zich meebrengen. Ten tweede worden de onderzoeksvragen van dit onderdeel beschreven. Ten derde gaat dit luik in op de gebruikte methodologie voor dit onderzoek. Concreet wordt hier het systeem beschreven, samen met de technische problemen van het systeem die hebben geleid tot de annulering van dit onderzoek. Ten vierde volgen het experimenteel ontwerp en enkele eenvoudige proeftests die ondernomen werden om het systeem te testen. Ten vijfde is er de discussie, en dit luik eindigt met een conclusie.





# DEEL 1: IMPACT VAN IN DE GROND INGEBOUWDE LED-STRIPS OP HET GEDRAG VAN VOETGANGERS EN AUTOMOBILISTEN BIJ OVERSTEEKVOORZIENINGEN



# 1 Introductie: Afleiding bij Voetgangers

## 1.1 Verkeersveiligheid van de kwetsbare weggebruiker in Vlaanderen

Verkeersveiligheid blijft een heikel probleem in Vlaanderen. Aldus Statistiek Vlaanderen (2021) is het aantal verkeersdoden in het Vlaams Gewest in dalende lijn, met 254 verkeersdoden in 2020. Dat is een halvering van het aantal doden in 2005. Ook bij de zwaargewonden is er bijna een halvering zichtbaar sinds 2005: in 2005 vielen er 3.912 zwaargewonden te betreuren in het Vlaams Gewest, in 2020 waren dat er 2.048.

Alhoewel het Vlaams Gewest het met 254 verkeersdoden in 2021 een stuk beter doet dan vroeger, zijn dit nog altijd 254 verkeersdoden te veel. Bovendien was 2020 een zeer opmerkelijk jaar door de coronacrisis. Mensen werd aangeraden om zo weinig mogelijk buiten te komen. Dat heeft natuurlijk een impact op de hoeveelheid verkeer, met mogelijk als logisch gevolg dat het aantal verkeersdoden daalt. 2020 werd zo een trendbreuk, want het aantal verkeersdoden was sinds 2017 aan het stabiliseren en zelfs lichtjes aan het stijgen tot 2019 (Statistiek Vlaanderen, 2021).

Ook volgens Statistiek Vlaanderen (2021) blijkt dat 4 op de 10 van de dodelijke verkeersslachtoffers een voetganger of een fietser is. Bij de fietsers was er zelfs een lichte stijging van het aantal doden in 2020 tegenover 2005.

Het is dan ook geen verrassing dat het Verkeersveiligheidsplan Vlaanderen 2021-2025 de focus legt op kwetsbare weggebruikers. Het motto van het plan is zelfs “Actieve Weggebruikers Centraal”. Zowel verkeersongevallen met voetgangers als verkeersongevallen met fietsers vormen twee belangrijke aandachtspunten in het plan. Ook afleiding vormt een pijler waarop het plan zich wil focussen (Beleidsdomein Mobiliteit en Openbare Werken, 2021).

Centrumsteden spelen een hoofdrol in het verkeersveiligheidsverhaal. Als centra van Vlaanderen trekken zij heel wat verkeer aan, en bovendien kennen zij ook een hoger inwonersaantal. Zij moeten dan ook het voorbeeld zijn voor andere gemeenten wat betreft verkeersveiligheid. Hasselt, de hoofdstad van Limburg, doet het in dat geval opvallend goed. Wat verkeersslachtoffers in 2020 betreft, had de stad 22,8 zwaargewonden per 100.000 inwoners in 2020. Cijfers over doden zijn voor 2020 niet bekend. Voor de 13 centrumsteden zijn die cijfers gemiddeld 29,5 zwaargewonden per 100.000 inwoners en 2,9 doden per 100.000 inwoners (Agentschap Binnenlands Bestuur, 2022).

Ook wat betreft verkeersongevallen met kwetsbare weggebruikers scoort Hasselt beter dan de andere Vlaamse centrumsteden. Hasselt telt 3,8 zwaargewonde voetgangers en 11,4 zwaargewonde fietsers per 100.000 inwoners. Wederom zijn voor het aantal doden de cijfers niet bekend, maar voor beide statistieken omtrent zwaargewonden scoren de centrumsteden gemiddeld minder goed: 4,5 zwaargewonde voetgangers en 13,4 zwaargewonde fietsers per 100.000 inwoners (Agentschap Binnenlands Bestuur, 2022). Hasselt is dus op de goede weg, maar elke zwaargewonde is er een te veel. De bescherming van kwetsbare weggebruikers is prioritair, gezien zij niet beschermd zijn door een metalen cocon als een autobestuurder.

## 1.2 Afleiding bij voetgangers

### 1.2.1 Wat is afleiding?

Aldus Sloomans en Desmet (2019) van Vias Institute zijn er meer dan 50 verschillende definities van afleiding bekend. Zij definiëren vier verschillende soorten afleiding:

- Visuele afleiding: afleiding waarbij de ogen niet naar de weg kijken, oftewel afleiding waarbij de ogen naar de weg kijken, maar geen gevaar herkennen;

- Auditieve afleiding: afleiding waarbij de aandacht van een weggebruiker naar geluid gaat zoals muziek;
- Fysieke afleiding: afleiding waarbij een weggebruiker één of twee van zijn handen gebruikt om een toestel te bedienen;
- Cognitieve afleiding: een vorm van afleiding waarbij een weggebruiker een mentale taak uitvoert die ervoor zorgt dat hij of zij niet alle aandacht bij de weg heeft.

### *1.2.2 Prevalentie van het probleem van afleiding*

#### *Prevalentie van afleiding bij kwetsbare weggebruikers in de statistieken*

Afleiding speelt een significante rol bij verkeersongevallen, aldus SWOV (2020a). Amerikaanse ongevallenstatistieken uit 2017 geven aan dat in 9% van geregistreerde dodelijke auto-ongevallen afleiding een rol speelde. 6% van automobilisten die bij een dodelijk ongeval betrokken raakte, was afgeleid. Afleiding kan echter ook gevaarlijk zijn voor kwetsbare weggebruikers. In een Nederlands onderzoek uit 2017 gaf 19% van slachtoffers van fietsongevallen op Spoed Eisende Hulp aan dat afleiding op een of andere manier een rol speelde in het ongeval. Telefoongebruik werd opmerkelijk genoemd als oorzaak of medeoorzaak in minder dan 1% van de gevallen. Ook omtrent voetgangers heeft SWOV (2020a) cijfers, alhoewel deze gedateerd zijn: uit Amerikaanse ongevallenstatistieken blijkt dat tussen 2004 en 2010 het aantal voetgangers overleden terwijl deze de telefoon gebruikt gestegen is van minder dan 1% naar 3,6%.

Zheng & Giang (2021) benaderden het probleem vanuit een andere hoek en bestudeerden data van het National Electronic Injury Surveillance System. Dit is een databank van de US Consumer Products Safety Commission en verzamelt gegevens over ziekenhuisopnames door consumentenproducten uit een gestratificeerde steekproef van 100 ziekenhuizen in de Verenigde Staten van Amerika. De onderzoekers legden zich specifiek toe op verwondingen veroorzaakt door afleiding door een telefoon, alsook de locatie waar dat ongeval gebeurde. Een belangrijke opmerking die zij maken is dat, tussen 2011 en 2019, het aantal incidenten sterk gestegen is van 2184 naar 4711. Tevens moet opgemerkt worden dat Zheng & Giang (2021) ook andere locaties dan oversteekvoorzieningen bestudeerden. De meeste ongevallen in hun onderzoek gebeurden thuis, op een openbare plek zoals een parkeerplaats of een voetgangersplein of op trappen. De proporties van deze locaties zijn respectievelijk 21,8%, 14,7% en 20,6%. Vooral 11- tot 20-jarigen raken snel gewond door afleiding tijdens het wandelen. 91% van de patiënten kon behandeld worden in het ziekenhuis en dan ontslagen worden. Over heel hun dataset heen merkten Zheng & Giang (2021) op dat er slechts 1 dode door afgeleid wandelen was van 722 observaties uit de NEISS dataset van bezoeken aan een afdeling spoedeisende hulp.

#### *Geobserveerde prevalentie van afleiding van voetgangers bij het oversteken*

Horberry en collega's (2019) voerden onderzoek naar de prevalentie en ernst van het probleem van afleiding onder voetgangers in een grote observatiestudie. Met camera's werden 8 oversteekplaatsen in de Australische stad Melbourne geobserveerd. Zo werd data verzameld van 4129 voetgangers. 20% van hen gebruikte op een of andere manier een telefoon. Van die 20% telefoongebruikers maakte 37% gebruik van het toestel door te sms'en of iets dergelijks. 38% gebruikte het toestel in combinatie met oortjes of een koptelefoon om naar muziek te luisteren, maar zij gebruikten het toestel zelf niet. 19% van hen was aan het bellen.

Zeker bij adolescenten blijkt afleiding bij het oversteken een belangrijk probleem te zijn, aldus Baswail en collega's (2019). Zij observeerden 11- tot 18-jarige scholieren aan een oversteekvoorziening bij een school in een stad in het Verenigd Koninkrijk. In 1080 observaties werd vastgesteld dat een voetganger een zichtbaar elektronisch toestel gebruikten. In 2362 observaties werd er geen elektronisch toestel gebruikt. Dat betekent dat 31,37% van de scholieren een toestel gebruikten bij het oversteken. Dat percentage ligt hoger dan de proportie van 20% die Horberry en collega's (2019) vaststelden. Dat jongere doelgroepen meer geneigd zijn om tijdens het oversteken hun telefoon te gebruiken, blijkt ook uit

onderzoek van Wells en collega's (2018). Tijdens hun observatieonderzoek aan twee stedelijke universiteiten (een in Virginia en een in Alabama, staten in de Verenigde Staten van Amerika) observeerden zij 1020 voetgangers, waarvan zij 89,2% als “jongvolwassene” categoriseerden. Dat zijn individuen waarvan de onderzoekers de leeftijd inschatten op 18 tot 34 jaar oud. 41,2% van de in detail geobserveerde voetgangers was op een of andere manier afgeleid. Ook Ortiz en collega's (2017) merkten in hun observatieonderzoek in Washington D.C. op dat de kans dat een 16- tot 25-jarige voetganger afgeleid was 1,9 keer hoger lag dan voor 26- tot 35-jarige voetgangers.

Er kan niet met zekerheid gezegd worden dat de prevalentie van afleiding bij voetgangers ook daadwerkelijk op 20% ligt. Hamann en collega's (2017) observeerden bijvoorbeeld 1711 voetgangers op 100 verschillende sites waar ongevallen met voetgangers gebeurden, dit in het district Cluj in Roemenië. Hun observaties duurden steeds 10 minuten. Zij observeerden 6,3 afgeleide voetgangers per 100 geobserveerde voetgangers tijdens het oversteken, een aantal dat dus lager ligt dan de proportie van 20% uit het onderzoek van Horberry en collega's (2019). Hamann en collega's (2017) ontdekten ook dat deze proportie afgeleide voetgangers per 100 voetgangers iets hoger lag in de stad Cluj-Napoca dan erbuiten (6,3 versus 5,8) en dat hij hoger lag in niet-residentiële gebieden dan in residentiële gebieden (7,8 versus 4,7) (dit “beschermend” effect van residentiële gebieden bleek echter niet behouden te zijn in hun aangepast model). Andere factoren waarbij er een hogere proportie afgeleide voetgangers werd geobserveerd zijn maatregelen die oversteekvoorzieningen beveiligen. De aanwezigheid van verkeerslichten werd bijvoorbeeld geassocieerd met een proportie van 7,4 afgeleide voetgangers per 100 voetgangers, in tegenstelling tot 5,1 afgeleide voetgangers per 100 voetgangers.

Ortiz en collega's (2017) merkten in hun observatieonderzoek in Washington D.C. juist een hogere prevalentie dan 20% op: in hun onderzoek was maar liefst 53% van de voetgangers die overstaken op een of andere manier afgeleid, waarvan 25% afgeleid werden door hun smartphone. Bij deze hoge prevalentie moet opgemerkt worden dat andere mensen tevens als een vorm van afleiding werden meegenomen.

### *Zelfgerapporteerde afleiding van voetgangers bij het oversteken*

Zheng & Giang (2021) voerden tevens een online survey uit om risicoperceptie van personen die wandelen en hun telefoon gebruiken na te gaan. De survey werd verdeeld via het “Amazon Mechanical Turk” systeem. De deelnemers waren personen ouder dan 18 jaar die goed presteerden op het MTurk systeem. De deelnemers vonden dat het riskanter is om afgeleid te wandelen dan om niet afgeleid te wandelen. Van de vijf omgevingen die werden bevraagd- een hal, een kruispunt, een parking, een plein (plaza) en een trappenhuis- vonden de deelnemers dat het risico op een botsing het hoogst was op het kruispunt. Het trappenhuis scoorde het hoogst wat betreft het risico op vallen. De deelnemers zien kruispunten dus zeker als een riskante locatie om afgeleid te zijn door een telefoon.

Wat specifiek de prevalentie van afleiding van voetgangers tijdens het oversteken betreft, onderzochten Hou en collega's (2021) dit via een survey. zij stuurden deze survey via het Chinese survey-platform “Sojump”. Zij analyseerden de resultaten van 387 deelnemers die uit 10 verschillende provincies in China kwamen. De onderzoekers vroegen hen of zij onder andere de intentie hadden om tijdens het oversteken hun telefoon te gebruiken. Uit hun survey bleek dat 50,7% van de mannelijke respondenten en 56,5% van de vrouwelijke respondenten de afgelopen twee weken al ervaring hadden met hun telefoon te gebruiken tijdens het oversteken van de straat. Dat zou insinueren dat meer dan de helft van de voetgangers dus wel eens zijn telefoon gebruikt tijdens het oversteken, en dat het fenomeen meer voorkomt bij vrouwen.

Ren en collega's (2021) ondervroegen 643 voetgangers, fietsers of elektrische fietsers die betrokken raakten bij een verkeersongeval, naar een spoeddienst moesten en een mobiele telefoon bezitten, en dit met een vragenlijst. Zij voerden dit onderzoek uit in drie ziekenhuizen in drie verschillende districten in de Chinese stad Shanghai. Maar liefst 50,2% van de respondenten gebruikte een telefoon tijdens het

“gevaareninterval”. Ren en collega's (2021) identificeren dit gevaareninterval als “maximaal 1 minuut vooraleer het ongeval plaatsvond”. Hierbij moet opgemerkt worden dat het hier gaat om alle respondenten, dus ook de (elektrische) fietsers. Het gebruik van een telefoon binnen het gevaareninterval correleerde met een verdrievoudiging van de kans om een ongeval te krijgen bij voetgangers, fietsers en motorfietsers.

### *1.2.3 Waarom zijn voetgangers afgeleid bij het oversteken?*

Waarom gebruiken voetgangers echter hun telefoon tijdens het oversteken? Zoals Zheng & Giang (2021) immers al aantonen aan de hand van hun survey worden kruispunten als een gevaarlijke locatie gepercipieerd door voetgangers. De Theory of Planned Behaviour kan hier mogelijk een uitleg voor geven.

De Theory of Planned Behaviour stelt dat de keuze van een persoon om een bepaald gedrag uit te voeren afhangt van zijn of haar intentie om dat gedrag uit te voeren. Drie elementen beïnvloeden die intentie: (1) **attitudes**, de persoonlijke houding tegenover het gedrag; (2) **subjectieve normen**, oftewel wat een persoon denkt dat anderen om hem of haar heen denken van dat gedrag en (3) **waargenomen gedragscontrole**, de mate waarin iemand gelooft dat hij of zij controle heeft over zijn of haar gedrag (Brookes, 2021).

Piazza en collega's (2019) trachten specifiek om het probleem van afgeleide, overstekende voetgangers te verklaren aan de hand van de Theory of Planned Behaviour. Zij voerden een enquête uit met studenten van een universiteit in het zuidwesten van de Verenigde Staten. De enquête in kwestie was een Theory of Planned Behaviour questionnaire. Deze vragenlijst zou de intentie nagaan om volgende week de straat over te steken terwijl er van een mobiele telefoon gebruik wordt gemaakt. Uit de resultaten bleek dat zowel attitude tegenover het gedrag als subjectieve normen intentie om gebruik makend van de telefoon over te steken voorspellen. Ook waargenomen gedragscontrole een predictor van deze intentie.

Hou en collega's (2022) bestudeerden dit eveneens, aan de hand van een survey met 425 deelnemers uit de Chinese stad Nanjing. Specifiek bestudeerden zij risicoperceptie van voetgangers. Zo ontdekten zij dat personen met een hogere waargenomen kans op een botsing, hogere waargenomen ernst van de gevolgen en hoger waargenomen algemeen risico ook minder geneigd waren om de telefoon te gebruiken tijdens het oversteken.

### *1.2.4 Effecten van afleiding bij voetgangers*

#### *De impact van telefoongebruik op het oversteekgedrag van voetgangers*

Afleiding kan heel wat negatieve effecten hebben op het gedrag van voetgangers. Simmons en collega's (2020) voerden een meta-analyse uit van verschillende studies die de effecten van telefoongebruik op het oversteekgedrag van voetgangers onderzoeken. Uit deze analyse bleek dat telefoongebruik de volgende effecten heeft op voetgangers Simmons en collega's (2020):

- Een voetganger die belt, sms't of gewoon browsed op een telefoon wacht langer vooraleer deze begint met oversteken;
- Een voetganger die belt of sms't met een telefoon kan potentieel meer kansen missen om veilig over te steken;
- Door te sms'en of te bellen met een telefoon kijkt de voetganger minder vaak links en rechts;
- Een voetganger die belt, sms't of gewoon browsed op een telefoon heeft een hogere kans om geraakt te worden door een auto of om een bijna-ongeval te hebben.

Telefoongebruik bleek uit de meta-analyse van Simmons en collega's (2020) geen effect te hebben op de tijdsduur om een zebrapad over te steken.

Het gebruik van een telefoon tijdens het wandelen kan dus ronduit gevaarlijk zijn. Zo blijkt ook uit de data van Horberry en collega's (2019). 42% van de telefoongebruikers bleek niet te kijken vooraleer ze de straat oversteken. 26% van de niet-telefoongebruikers vertoonde dit gedrag. Opmerkelijk is dat 49% van de niet-telefoongebruikers op een verkeerd moment overstak. Dit in vergelijking met 34% van de telefoongebruikers. Horberry en collega's (2019) vermoeden dat dit komt omdat voetgangers die niet met hun telefoon bezig zijn meer capaciteit over hebben om op het verkeer te letten.

Baswail en collega's (2019) observeerden eveneens het gedrag van afgeleide voetgangers in hun onderzoek, en met name ging het hier specifiek over 11- tot 18-jarige scholieren. De voetgangers die afgeleid waren door een telefoon of een ander toestel keken minder vaak links en rechts voor het oversteken dan voetgangers zonder een toestel. Hierbij moet opgemerkt worden dat het dan voornamelijk ging over voetgangers die naar hun scherm keken (bijvoorbeeld om een sms te typen). Praten tegen het toestel of luisteren naar het toestel gingen niet gepaard met minder links en rechts kijken. Opmerkelijk is ook dat van alle voetgangers die overstaken bij rood licht, de meeste juist geen toestel gebruikten. Dat lijkt overeen te stemmen met de data van Horberry en collega's (2019), die eveneens suggereren dat niet-afgeleide voetgangers meer geneigd zijn om op een verkeerd moment over te steken.

Het kijkgedrag van een voetganger wordt dus duidelijk beïnvloed door het gebruik van een telefoon, en dat blijkt ook uit onderzoek van Jiang en collega's (2018). Zij tonen dit aan de hand van een observatieonderzoek met studenten gerekruteerd van de Chinese Hefei University of Technology aan. Hen werd opgedragen om, al dan niet afgeleid, een zebraapad over te steken. Hun gedrag op het zebraapad werd dan geobserveerd. Uit het onderzoek bleek dat niet-afgeleide voetgangers er 0,69 seconden over deden om hun oversteek te beginnen, terwijl voetgangers afgeleid door sms-berichten (in dit geval moesten zij antwoorden op wiskundige vermenigvuldigingsoefeningen) er 2,65 seconden over deden. De voetgangers afgeleid door sms-berichten keken ook minder vaak links en rechts als de straat overstaken: 2,50 keer versus 4,46 keer voor niet-afgeleide voetgangers. De sms'ende voetganger liep ook iets trager, met 1,36 m/s in vergelijking met de niet-afgeleide voetganger (1,46 m/s). Niet verrassend is ook het feit dat sms'ende voetgangers erg vaak op hun telefoon keken: 80% van hun fixatiepunten bevond zich op de telefoon. Dit in tegenstelling tot de niet-afgeleide voetganger die veel vaker naar het zebraapad keek (65,04% van de fixatiepunten lag in het gebied van het zebraapad, dit percentage was 16,79% voor een sms'ende voetganger).

### *De impact van verschillende soorten telefoongebruik op het oversteekgedrag van voetgangers*

Bij dit overzicht van effecten van afleiding op het oversteekgedrag van voetgangers moet ook vermeld worden dat niet elke activiteit even grote effecten heeft op de voetganger. Mohammed (2021) analyseerde de wandelsnelheid van verschillende voetgangers en keek hierbij ook naar de manier waarop zij hun telefoon gebruikten. Niet-afgeleide voetgangers, met een gemiddelde snelheid van 5,14 voet/s, wandelden sneller dan voetgangers die op een telefoon keken, voetgangers die aan het bellen waren, voetgangers die in een paar liepen en voetgangers die in een groep liepen (de gemiddelde snelheden voor deze groepen waren respectievelijk 4,53 voet/s, 4,62 voet/s, 4,50 voet/s en 4,31 voet/s). Echter bleken voetgangers met een koptelefoon of oortjes (met een gemiddelde snelheid van 6,05 voet/s) sneller te wandelen dan voetgangers die niet afgeleid waren.

Chen en collega's (2018) onderzochten en vergeleken eveneens specifiek de effecten van verschillende soorten afleiding. In hun onderzoek observeerden zij met behulp van camera's een oversteekvoorziening in de stad Taipei in Taiwan. Specifiek vergeleken zij de effecten van vijf soorten afleidende activiteiten: bellen, sms'en, gamen, surfen op het internet en luisteren naar muziek. Alleen personen met een smartphone met touchscreen (dus: geen telefoons met toetsenbord) werden opgenomen in de studie. Met een interview bepaalden de onderzoekers de afleidende activiteit van de voetganger. Bij "sms'en" ging het in deze studie specifiek over sms'en via een berichtenapp, aangezien de onderzoekers geen



voetgangers die traditioneel sms'ten observeerden. In het geval van gamende voetgangers werden alleen voetgangers die het spel "Pokémon GO" speelden opgenomen in de analyse aangezien de onderzoekers ook hier amper voetgangers observeerden die een ander spel speelden. 1995 voetgangers deelnemers werden zo uiteindelijk opgenomen in de studie. Over het algemeen bleken voetgangers die een spel op hun smartphone zoals Pokémon GO speelden algemeen het vaakst gevaarlijk gedrag te vertonen in vergelijking met andere voetgangers. 23,4% van hen vertoonden bijvoorbeeld plotse bewegingen, zij deden er gemiddeld 13,8 seconden over om de straat over te steken, 19,4% van hen stak over bij rood licht en 33,7% van hen stak buiten het zebrapad over. Ter vergelijking: voor voetgangers die sms'ten met een app zijn de statistieken voor deze gedragingen respectievelijk 5,7%, 11,6 seconden, 8,9% en 13,4%. Uit het onderzoek van Chen en collega's (2018) blijkt dus inderdaad dat sommige afleidende activiteiten een ernstigere impact hebben op het oversteekgedrag van voetgangers dan andere.

Gezien het gevaar van afleiding van voetgangers bij oversteekvoorzieningen, is het noodzakelijk dat er maatregelen genomen moeten worden om voetgangers beter te beschermen. Innovatie kan deze problemen deels oplossen. Het Verkeersveiligheidsplan Vlaanderen 2021-2025 introduceert een nieuw begrip, genaamd MIA: Mobiliteit Innovatief Aanpakken. Dat betekent dat de doelstellingen omtrent verkeersveiligheid sneller, samen en alert aangepakt moeten worden. Concreet betekent dit dat er geïnvesteerd moet worden in veilige infrastructuur (Beleidsdomein Mobiliteit en Openbare Werken, 2021). Ongevallen aan oversteekvoorzieningen zouden kunnen dalen als de oversteekvoorziening (of de voetganger zelf) zichtbaarder is, dus er zijn verschillende technieken bedacht om die zichtbaarheid te verbeteren. In de literatuur komen twee grote categorieën van zulke maatregelen voor: maatregelen die zich richten op automobilisten en maatregelen die zich richten op voetgangers.

### 1.3 Aanpassingen om oversteekvoorzieningen zichtbaarder te maken voor automobilisten

#### *Innovatieve technologische oplossingen om zichtbaarheid van voetgangers en oversteekvoorzieningen te verbeteren.*

Technologische ontwikkelingen kunnen oversteekplaatsen van Vlaanderen verbeteren. Die technologische ontwikkelingen hoeven zich niet per definitie aan de oversteekvoorziening zelf te bevinden. Voertuigen kunnen uitgerust worden met waarschuwingssystemen om de bestuurder te alarmeren over een komende oversteekvoorziening. Angulo en Smith (2021) bestudeerden zo een "Pedestrian-2-Vehicle" waarschuwingssysteem dat ervoor zorgde dat automobilisten 1,79 keer tot 2,44 keer meer geneigd waren om te stoppen voor een voetganger. Respectievelijk zijn dit cijfers voor 's nachts en overdag. Specifiek werd het systeem onderzocht bij een "mid-block crosswalk", dat in het geval van dit experiment een oversteekvoorziening met markeringen, maar zonder verkeerslichten is.

Calvi en collega's (2020) gingen een stap verder en testten een "augmented reality" (of AR) toepassing voor dit doeleinde. In een rijnsimulator werd deze toepassing getest. De AR-waarschuwing in dit onderzoek was een rode pijl die verscheen boven het hoofd van de voetganger, zelfs als deze niet zichtbaar is door bijvoorbeeld geparkeerde voertuigen. Zo kan de automobilist zich bewust worden van voetgangers, zelfs als deze niet zichtbaar zijn. Tevens kon er een audiosignaal afgespeeld worden. Het systeem kan de veiligheid van zulke "verborgen" voetgangers significant verhogen: in de baselineconditie zonder waarschuwingssysteem was het percentage ongevallen maar liefst 31%. Dit percentage werd tot slechts 2% verlaagd als de autobestuurder een visuele AR-waarschuwing krijgt.

Er zijn echter ook "low-tech" oplossingen om de zichtbaarheid van oversteekvoorzieningen te verhogen. Zo onderzochten Clark en collega's (2019) de impact van "Pedestrian Crossing Flags" of PCF's op het gedrag van autobestuurders bij een oversteekvoorziening in Las Vegas. PCF's zijn felgekleurde plastic vlaggen die aan beide zijden van een oversteekvoorziening in een emmer geplaatst zijn. Om te signaleren dat zij of hij wil oversteken, kan een voetganger een van deze vlaggen vasthouden. Na het oversteken

legt de voetganger de vlag terug in de emmer aan de overkant van de straat. Autobestuurders bleken inderdaad meer geneigd te zijn om voorrang te verlenen aan een voetganger die een PCF vasthield. Clark en collega's (2019) halen echter een belangrijk probleem van dit systeem aan: alhoewel het erg goedkoop is, zijn de vlaggen diefstalgevoelig. Daardoor zijn sommige steden gestopt met het gebruik van dit systeem.

### *Zichtbaarheidsverhogende markeringen aan oversteekvoorzieningen*

Sommige oplossingen om de zichtbaarheid van zebrapaden te verhogen houden in dat de markeringen op de weg aangepast worden om deze zichtbaarder te maken.

Vooraleer er wordt ingegaan op dit onderwerp, is het interessant om het onderzoek van Gitelman en collega's (2017) aan te halen. Zij onderzochten juist een site waarbij de zebrapadmarkeringen werden verwijderd, waardoor de oversteekvoorziening uiteraard minder zichtbaar werd. Zij ontdekten dat het verwijderen van een zebrapadmarkering er juist voor zorgde dat voertuigen sneller reden. Voetgangers kregen ook minder vaak voorrang op een oversteekvoorziening zonder markeringen. Slechts 3% kreeg voorrang. Bij de gemarkeerde oversteekvoorziening verleende 25% tot 60% van de voertuigen voorrang aan voetgangers. Het verwijderen van zebrapadmarkeringen heeft dus duidelijk negatieve implicaties voor de verkeersveiligheid.

Variaties op de zebrapadmarkering zelf kunnen helpen om de zichtbaarheid van een zebrapad te verhogen. Dit is een goedkope manier om de veiligheid te verhogen, want men moet geen verlichting of andere systemen aanbrengen. Pantangi en collega's (2021) bestudeerden de impact van *high visibility crosswalks* op de veiligheid van voetgangers. Dit type oversteekvoorzieningen is uitgerust met markeringen om de zichtbaarheid van de oversteekvoorziening te verhogen. Drie verschillende types werden onderzocht: "Ladder" HVC's, "Continentale" HVC's en "Bar-Pair" HVC's. Continentale HVC's zien eruit als gewone zebrapaden. Ladder HVC's zien eruit als zebrapaden met twee markeringen die over de breedte van de rijbaan getrokken zijn, waardoor de oversteekvoorziening eruitziet als een ladder (sfbetterstreets, z.d.). Bar-Pair HVC's zien eruit als zebrapaden waarvan de individuele strepen opgesplitst zijn in twee (Federal Highway Administration, 2010). De onderzoekers toonden aan de hand van naturalistische data aan dat HVC's ervoor zorgen dat voertuigen minder snel rijden en minder hard accelereren. Tevens was de TPA (Throttle Pedal Actuation) lager. De drie verschillende types markeringen hadden echter verschillende effecten (Pantangi et al., 2021).

Burghardt en collega's (2019) rapporteerden zo over een type zebrapad met hoogreflecterende gele markeringen. Dit soort zebrapad zou de veiligheid van voetgangers kunnen verbeteren omdat meer opvalt dan een gewoon zebrapad. Opmerkelijk is dat de markeringen in dit geval geel zijn: dat is gebruikelijk in Zwitserland omdat een geel zebrapad meer zou opvallen dan een wit zebrapad. Het probleem met zulke zebrapaden is echter dat het retro-gereflecteerd licht lager is. De experimentele zebrapaden in dit onderzoek werden uitgerust met premium glazen korrels die verwerkt werden in de wegmarkering. In vergelijking met standaard korrels hebben deze premium korrels een iets hogere brekingsindex. Ook het niveau van retro-gereflecteerd licht lag hoger, en bovendien waren de premium korrels in staat om langer het niveau van retro-gereflecteerd licht boven het vereiste minimum te houden. Materialen zijn dus al in staat om de zichtbaarheid van zebrapaden te verbeteren.

### *Verlichtingsinstallaties aan oversteekvoorzieningen*

Naast het plaatsen van markeringen kan de zichtbaarheid van een oversteekvoorziening ook verhoogd worden met verlichting. De kwaliteit van deze verlichting is een belangrijke factor in het bepalen van de veiligheid van een oversteekvoorziening. Zalesinska en Wandachowicz (2021) onderzochten zo oversteekvoorzieningen met verschillende verlichtingskwaliteit: een oversteekvoorziening had geen extra verlichting (maar wel een standaard verlichtingspaal in de buurt), twee oversteekvoorzieningen waren asymmetrisch verlicht (dat betekent dat er een verlichtingspaal net voor de oversteekvoorziening

op de stoep staat aan beide kanten van de weg). Een van de twee zebrapaden met asymmetrische verlichting had een middeneiland. De onderzoekers analyseerden de zichtbaarheid van voetgangers op elk van deze zebrapaden en ontwikkelden een scoresysteem om de kwaliteit van de verlichting te bestuderen. De oversteekvoorziening met middeneiland en asymmetrische verlichting bleek de beste verlichting te hebben, met scores van gemiddeld-goed tot erg goed. De oversteekvoorziening zonder middeneiland en met asymmetrische verlichting scoorde beter dan goed en de oversteekvoorziening zonder extra verlichting scoorde gemiddeld. De onderzoekers zijn het echter niet eens met deze scores: zij vinden dat de oversteekvoorziening met asymmetrische verlichting en zonder middeneiland immers voldeed aan alle criteria voor goede verlichting, en de oversteekvoorziening zonder extra verlichting kreeg een te hoge score.

Die verlichting kan op ongebruikelijke locaties geïnstalleerd worden. Zo onderzochten Costa en collega's (2020) de impact van led-strips die in de stoeprand geïntegreerd werden. Tevens was de onderzochte oversteekvoorziening in dit onderzoek uitgerust met een van achteren verlicht verkeersbord dat een oversteekvoorziening aangaf, in combinatie met knipperende oranje lichten. Straatverlichting was eveneens aanwezig op dit kruispunt, alsook verbeterde straatverlichting. De onderzoekers bestudeerden verschillende condities waarin deze toestellen ofwel aan, ofwel uit waren. Het percentage voertuigen dat voorrang gaf steeg van 19% naar 38,21% door de toevoeging van de verbeterde straatverlichting in vergelijking met standaard straatverlichting. De toevoeging van de andere waarschuwingssystemen had eveneens een positief effect op het percentage voorrang verlenende voertuigen. 63,55% van de voertuigen verleende voorrang in deze conditie, waarin de verbeterde verlichting ontstoken was, samen met oranje knipperlichten en knipperende witte led-strips in de stoeprand.

Sommige systemen zijn niet bedoeld om de oversteekvoorziening beter te verlichten, maar dienen eerder uitsluitend om automobilisten te waarschuwen voor de (potentiële) aanwezigheid van voetgangers. Een voorbeeld van zo een systeem is een *Rectangular Rapid Flashing Beacon* of een RRFB. Dit systeem werd onderzocht door Guo en Boyle (2022) aan de hand van Hidden Markov Models en naturalistische data. De snelheid van autobestuurders bleef voor bijna alle geobserveerde voertuigen (99%) binnen 35 meter van de oversteekvoorziening boven 20 mijl per uur als de RRFB's uitstonden en er geen voetganger aanwezig was. Als de RRFB echter geactiveerd waren en er een voetganger aanwezig was, dan bleef de snelheid van bijna alle geobserveerde voertuigen (96%) juist onder 20 mijl per uur binnen 35 meter van de oversteekvoorziening. Zelfs zonder voetgangers bleken de RRFB's een gunstig effect te hebben op het gedrag van automobilisten. In dat geval bleek 78% van de geobserveerde voertuigen binnen 35 meter van de oversteekvoorziening sneller te rijden dan 20 mijl per uur.

Een ander innovatief systeem werd onderzocht door Patella en collega's (2020). Zij bestudeerden de impact van ledverlichting op de veiligheid van voetgangers bij een oversteekvoorziening in de Italiaanse hoofdstad Rome. De verlichting bestond uit een verkeersbord dat een oversteekvoorziening aangeeft dat van achteren verlicht werd. Echter waren de strepen van het zebrapad aan het uiteinde eveneens uitgerust met ledverlichting, die geïnstalleerd werd in de grond. Deze lichten activeren als het systeem een voetganger detecteert met een optische sensor. De snelheid van voertuigen bij deze oversteekvoorziening werd gemeten. Zonder aanwezige voetganger en bij voortdurend geactiveerde verlichting die dus voortdurend knipperde (mogelijk gemaakt door een wimpel voor de sensor te hangen), bleek het systeem te zorgen voor een gemiddelde snelheidsdaling van 16,4% in vergelijking met de situatie zonder geactiveerde verlichting. Echter merken de onderzoekers op dat het mogelijk is dat automobilisten zullen "leren" dat het systeem niet waarschuwt voor voetgangers, waardoor dit snelheidsverlagende effect mogelijk verloren gaat na verloop van tijd. Als er wel een voetganger aanwezig is, dan zorgt de geactiveerde verlichting voor een daling van de gemiddelde snelheid met 19,3% in vergelijking met de situatie zonder geactiveerde verlichting.

Fitzpatrick en Park (2021) vergeleken verschillende soorten verlichting van oversteekvoorzieningen met elkaar: een Pedestrian Hybrid Beacon (PHB), een Rectangular Rapid Flashing Beacon (RRFB) en een verkeersbord met ledverlichting. Met name ging het over de effectiviteit van deze voorzieningen tijdens de nacht. Het gemiddelde percentage voertuigen dat voorrang gaf lag op 97% voor PHB's, 77% voor RRFB's en 29% voor het verkeersbord met ledverlichting (met een groot bereik van waarden, tussen 5% en 85%). Dit suggereert dat PHB's het effectiefst zijn om auto's voorrang te doen verlenen tijdens de dag. Voor PHB's verschilt dit percentage niet veel tijdens de nacht (96%). Voor leds verschilt het percentage tijdens de nacht (27%) ook niet veel, maar de onderzoekers merken op dat aan elke site individueel voertuigen meer geneigd waren om voorrang te geven overdag dan 's nachts.

## 1.4 Aanpassingen om oversteekvoorzieningen zichtbaarder te maken voor voetgangers

Er zijn ook interventies die eerder inzetten op voetgangers en hen willen waarschuwen voor afleiding. Zij maken, op een of andere manier, de oversteekplaats zichtbaarder voor een afgeleide voetganger.

### *App-gebaseerde oplossingen om voetgangers te waarschuwen voor een oversteekvoorziening*

Een interessante manier om voetgangers bewust te maken van de aanwezigheid van een oversteekvoorziening is om de telefoon zelf in te schakelen voor dit doeleinde. Dat deden Schwebel en collega's (2021): in het kader van hun studie downloadden 385 personen die met regelmaat een bepaalde straathoek oversteken de app "StreetBit". Bluetooth-bakens in de buurt van de oversteekvoorziening stuurden een visuele melding naar de voetganger via deze app als deze de telefoon gebruikt. De melding herinnerde de voetganger eraan om niet afgeleid te straat over te steken. Als de voetganger muziek luisterde of met een telefoongesprek bezig was, kreeg deze een auditieve melding. Op Android-toestellen was de melding een afbeelding die verschijnt in het midden van het scherm. Op dit scherm is een voetganger te zien die oversteekt en waarvoor een auto hard moet remmen. Op iOS-toestellen verschijnt de melding slechts aan de bovenkant van het scherm. Het audiosignaal was een mannenstem die uitlegde dat de voetganger goed moest uitkijken bij het oversteken. De resultaten van het onderzoek, aldus Schwebel en collega's (2021), waren de volgende: 74,3% van de oversteeken gebeurden afgeleid, over de hele studie heen. Hierbij merken de onderzoekers op dat voetgangers die nieuwsgierig waren naar de werking van de app mogelijk hun telefoon gingen gebruiken om de app in actie te zien, wat de frequentie van afleiding natuurlijk zou doen stijgen. De technologie bleek echter zeker effectief te zijn. Bij Android-gebruikers die bijna altijd afgeleid waren bij de baseline was er een daling van 64% in afleiding tijdens de "alarm"-fase van de interventie (de interventiefase). Die daling bleef behouden na het stopzetten van het experiment (tijdens een post-interventiefase van 4 weken): er was toen nog een daling van 52% in afleiding. Echter waren de veranderingen in afleiding bij minder afgeleide personen (en iOS-gebruikers) kleiner en vaak zelfs onbestaand.

### *Infrastructurele maatregelen om oversteekvoorzieningen zichtbaarder te maken voor afgeleide voetgangers*

Andere maatregelen om oversteekvoorzieningen zichtbaarder te maken voor afgeleide voetgangers zijn van infrastructurele aard.

Een voorbeeld van zo een interventie werd onderzocht door Barin en collega's (2018). Het ging om een onderzoek in Californië waarbij de effectiviteit van tekst op de stoep om afleiding bij voetgangers te verminderen onderzocht werd. De tekst in kwestie was "Heads Up, Phones Down" ("Hoofd Omhoog, Telefoons Omlaag"). De tekst werd geschilderd op de stoeprand van verschillende zebrapaden nabij locaties zoals een kinderziekenhuis en scholen, en werd ook bij de in- en uitgang van deze gebouwen geplaatst. 1 week na de interventie bleek het totaal aantal afleidingen gedaald te zijn van 23% naar 17%,

maar dit effect bleek niet op lange termijn (met name 4 maanden) behouden te zijn. Echter bleek het wel degelijk een langetermijneffect te hebben, want zowel de frequentie van sms'en en het luisteren naar muziek via koptelefoons ging erop achteruit. "Andere" vormen van afleiding kwamen op lange termijn echter vaker voor. Ook praten via de telefoon kwam op langere termijn weer vaker voor.

Tekst op de grond verven is een low-tech maatregel die blijkbaar wel degelijk een positief (maar beperkt) effect kan hebben op voetgangers. Het lijkt echter wel logisch om met voorzieningen in de grond de aandacht te trekken van afgeleide voetgangers. Een afgeleide voetganger, met het hoofd naar zijn of haar telefoon (en dus naar beneden) gericht, zal zo een voorziening eerder opmerken dan bijvoorbeeld een verkeerslicht (waarvoor de voetganger eerder naar boven zou moeten kijken). Larue en collega's (2020) onderzochten de potentiële effectiviteit van in de grond ingebouwde knipperende leds om de aandacht te trekken van afgeleide voetgangers. De technologie werd getest in een laboratorium, waarbij deelnemers moesten aangeven of ze een led zagen knipperen of niet. Afgeleide deelnemers moesten ofwel een visuele ofwel een auditieve reactietijdtest uitvoeren. Ook konden deelnemers ofwel stilstaan ofwel wandelen. De detectieprecisie van de leds was met 90% (ongeacht of de deelnemer afgeleid was) hoog, maar de visuele afleidingstaak had wel een negatieve impact op die precisie, zeker als de deelnemer tegelijkertijd ook aan het wandelen was. Opmerkelijk was dat de reactietijd voor de detectie van de leds steeg als de deelnemer afgeleid was. Staargedrag werd eveneens gecontroleerd, maar de onderzoekers concludeerden dat deelnemers niet hoefden te fixeren op de leds om ze te detecteren. Dat betekent dat ze op hun perifeer zicht vertrouwen om de leds te zien.

Een gelijkaardig onderzoek werd gevoerd door Kim en collega's (2021). Zij analyseerden in welke mate een afgeleide voetganger in staat is om zogenaamde "ground-level signals" te detecteren. Tijdens hun onderzoek moesten deelnemers op een loopband wandelen in drie verschillende tests: een test waarin zij gewoon rechtop wandelden, een test waarin zij gewoon scrollden op een telefoon en een test waarin zij sms'en typten op hun telefoon. Een projector, bevestigd aan het plafond van de kamer, projecteerde een cirkel op een van 24 mogelijke locaties op de grond. De deelnemer moest aangeven wanneer hij of zij een cirkel zag verschijnen. Bij het gebruik van een telefoon hadden de deelnemers het moeilijker om de cirkels te detecteren: de detectiegraad voor het gewoon wandelen zonder telefoon was 93,5%, terwijl deze voor het browsen op de telefoon en het sms'en op de telefoon respectievelijk 76,3% en 74,1% was. Tevens was de detectiegraad lager voor cirkels die verder van de deelnemer werden geprojecteerd. Opmerkelijk is ook dat deelnemers vaker cirkels aan hun rechterkant misten dan aan hun linkerkant.

Kim en collega's (2021) bestudeerden eveneens de reactietijd op het verschijnen van de cirkels. Die blijkt voor de niet-afgeleide conditie lager te zijn dan bij het browsen of het sms'en: de reactietijden waren 0,9 seconden, 1,04 seconden en 1,15 seconden, respectievelijk. De reactietijd was ook hoger voor cirkels die dichterbij de deelnemer verschenen.

Een manier om voetgangers attenter te maken op de aanwezigheid van verkeerslichten is door de installatie van zogenaamde "Lichtlijnen". Kommers (2019) voerde hier in het kader van een masterthesis onderzoek over. Deze lichtlijnen zijn in de grond ingebouwde verlichting die rood en groen kan oplichten. De onderzoeker kon echter niet concluderen dat roodlichtnegatie verminderd werd omdat het aantal observaties te laag was. Algemeen zullen voetgangers zich ook niet veiliger gedragen.

### *Zichtbaarheidsverhogende installaties aan oversteekvoorzieningen in Hasselt*

Ook de stad Hasselt investeerde recent in installaties die de zichtbaarheid van een oversteekvoorziening moeten verhogen. Het gaat om ledstrips die ingebouwd werden in de grond nabij een oversteekvoorziening voor voetgangers. Ze strekken zich uit over de breedte van de oversteekvoorziening en nemen de kleur aan van het verkeerslicht waar ze bij horen. Als het verkeerslicht voor voetgangers op rood springt, dan zal de ledstrip ook rood worden. Deze ledstrips hebben als doel om de oversteekvoorziening zichtbaarder te maken voor smartphone zombies, voetgangers die zich bezighouden met hun smartphone en zodoende zich minder of niet bewust zijn van

hun omgeving (Latinne, 2020). Een ander systeem dat Hasselt in 2018 testte is een lichtgevende ledstrip die automobilisten moet waarschuwen voor naderende fietsers. Als een fietser over sensoren rijdt, dan wordt de fietser gewaarschuwd voor het komende kruispunt door groen flikkerende leds. Op het kruispunt zelf krijgen automobilisten rood flikkerende leds om hen te waarschuwen voor een naderende fietser (Jacobs, 2018).

Dit onderzoek legt de focus op de ledstrips die geïnstalleerd zijn om de oversteekvoorziening zichtbaarder te maken voor smartphone zombies. Opmerkelijk is dat, in vergelijking met de meeste andere systemen genoemd in dit onderzoek, deze innovatieve installatie niét bedoeld is om de zichtbaarheid van voetgangers en/of de oversteekvoorziening te verhogen voor automobilisten. Hij dient uitsluitend om de zichtbaarheid van de oversteekvoorziening te verhogen voor voetgangers. De ledstrips zijn vergelijkbaar met de Lichtlijnen uit het onderzoek van Kommers (2019).





## 2 Onderzoeksvragen

### 2.1 Probleemstelling

Zulke innovaties zijn uiteraard toe te juichen, maar er is nog maar weinig bekend over deze specifieke systemen. Noch over het gedrag van weggebruikers nabij deze systemen, noch over hun houding naar deze systemen toe. Over de systemen in Hasselt zijn slechts enkele krantenartikels te vinden. De probleemstelling is daarom de volgende:

**Er is nog weinig kennis over de impact van nieuwe oversteekvoorzieningssystemen op het gedrag van voetgangers en automobilisten bij deze oversteekvoorzieningen.**

De geanalyseerde oversteekvoorziening is in dit geval het systeem dat genoemd werd door Latinne (2020). Om de koppeling met het vak Studio te maken, waar de focus vooral lag op voorzieningen aan zebrapaden en voetgangers, wordt dit onderwerp verder uitgediept in de masterproef.

### 2.2 Doelstellingen

De doelstelling van dit onderzoek is dan ook als volgt:

**Het leveren van kennis over de effecten op voetgangers en automobilisten van een nieuw type oversteekvoorziening in de stad Hasselt.**

Deze kan opgedeeld worden in drie subdoelstellingen:

- **Bestuderen of er een verschil is in gedrag van voetgangers bij conventionele oversteekvoorzieningen en deze experimentele oversteekvoorzieningen**
- **Bestuderen of er een verschil is in gedrag van automobilisten bij conventionele oversteekvoorzieningen en deze experimentele oversteekvoorzieningen**
- **Bestuderen wat de houding is van voetgangers en automobilisten, en specifiek zij die wonen, werken en/of naar school gaan in Hasselt, tegenover deze experimentele oversteekvoorzieningen**

### 2.3 Onderzoeksvragen

De hoofdonderzoeksvraag is dan ook de volgende:

**Welke impact hebben de experimentele oversteekvoorzieningen in Hasselt op het gedrag van voetgangers en automobilisten?**

Deze onderzoeksvraag kan opgedeeld worden in enkele subvragen:

- **Welke impact heeft de experimentele oversteekvoorziening op de afleiding van een voetganger?**
- **Welke impact heeft de experimentele oversteekvoorziening op het stopgedrag van een voetganger?**
- **Welke impact heeft de experimentele oversteekvoorziening op het stopgedrag van een automobilist?**
- **Welke houding hebben voetgangers en automobilisten, en specifiek zij die wonen, werken en/of naar school gaan in Hasselt, tegenover experimentele oversteekvoorzieningen van deze aard?**





## 3 Methodologie

### 3.1 Studiegebied

Voor dit experiment worden twee verschillende locaties bestudeerd: het zebrapad aan het kruispunt Thonissenlaan en Slachthuiskaai nabij de Blauwe Boulevard in Hasselt (Figuur 2) en een zebrapad aan het kruispunt van de R70 en N2 nabij het Dusartplein in Hasselt (Figuur 4). De locaties van deze zebrapaden worden weergegeven in Figuur 1, een kaart die werd gemaakt met behulp van QGIS (QGIS Development Team, 2022) en data van OpenStreetMap-bijdragers (2022).



Figuur 1: Locaties van de observaties bij kruispunten (© OpenStreetMap-bijdragers, 2022. Kaart geproduceerd met QGIS)

Het zebrapad aan het kruispunt Thonissenlaan en Slachthuiskaai nabij de Blauwe Boulevard in Hasselt is een zebrapad over een weg met eenrichtingsverkeer met twee rijstroken, met name de R70. Over deze weg heen loopt een oversteekvoorziening die voetgangersverkeer tussen het centrum van Hasselt en de Blauwe Boulevard faciliteert. Dit zebrapad is beveiligd met verkeerslichten.

Het kruispunt is voorzien van ledstrips die in de grond geïnstalleerd zijn aan weerszijden van het zebrapad. Technische informatie over deze ledstrips kon noch na mails aan de stad Hasselt op 25 maart en 27 april noch na een mail aan het Agentschap Wegen en Verkeer op 28 april verkregen worden. Echter kon op basis van het observatieonderzoek voor de betrouwbaarheid van het systeem (zie ook [5.1 Betrouwbaarheid van het systeem]) wel achterhaald worden hoe het systeem werkt. De ledstrips zijn eenvoudigweg gecoördineerd met de voetgangerslichten. Als de lichten groen worden, dan worden de ledstrips eveneens groen. Als zij rood worden, dan worden de ledstrips eveneens rood.



*Figuur 2: Het zebrapad aan de Blauwe Boulevard*





*Figuur 3: Close-up van de ledstrip in het rood (boven) en het groen (beneden)*



Het andere zebepad vertoont verschillen in vergelijking met het zebepad aan de Blauwe Boulevard. Dit is niet verrassend, want een goede controlelocatie zou aan de meeste van de volgende eigenschappen moeten voldoen:

- Kruising van een voetgangerszone en een autoweg
- Zebepad is meer dan 10 meter breed
- Autoweg heeft twee rijstroken, die beide in dezelfde richting gaan
- Zebepad is beveiligd met verkeerslichten
- Voldoende verkeersintensiteit om genoeg data te kunnen verzamelen
- Er ligt geen fietsoversteekplaats naast het zebepad
- zebepad bevindt zich in Haspengouw en omstreken omwille van praktisch nut

Zulke locaties zijn echter zeer zeldzaam, dus moeten er compromissen genomen worden. Het controlezebrapad is daarom een zebepad over de R70 bij het kruispunt van de R70 met de N2. Het zebepad werd gekozen omdat het zich, ondanks het feit dat het aan een kruispunt ligt, in een gelijkaardige context bevindt als het zebepad over de Thonissenlaan. Met name ligt het zebepad over een eenrichtingsweg met twee rijstroken, is het zebepad beveiligd met verkeerslichten, verbindt het zebepad twee redelijk brede, open gebieden in de stad en wordt er verwacht dat er voldoende verkeersintensiteit is. De oversteekvoorziening is wel uitgerust met een fietsoversteekplaats. Dit is een belangrijk verschilpunt met het zebepad over de Thonissenlaan. Echter hangt er aan een van de verkeerslichten een blauw bord met het opschrift “Fiets aan de hand”, wat erop wijst dat de stad Hasselt liever wil dat fietsers afstappen van hun fiets en te voet oversteken.



*Figuur 4: Het zebepad aan het kruispunt R70 x N2*

### 3.2 Manuele observatie van voetgangers en automobilisten

Op deze locaties werden de volgende eigenschappen geobserveerd aan de hand van menselijke observatie:

- Demografische eigenschappen van de weggebruikers

- Totale hoeveelheid auto's (categorieën: auto, taxi, prioritaire auto, bestelwagen<sup>1</sup>)
- Totale hoeveelheid voetgangers
- Demografische eigenschappen van voetganger en automobilist (met name: geslacht en inschatting van de leeftijd)
- Gedrag van voetganger en automobilist

Menselijke observatie werd gekozen aangezien dit goedkoper is dan camera-observatie en er bovendien minder problemen zijn omtrent datacollectie, aldus een studie van Asan en Montague (2014) omtrent de observatie van patiënten in de eerste zorg.

Hiervoor wordt Tabel 1 gebruikt, die het eenvoudiger moet maken om bovenstaande eigenschappen te noteren. In deze tabel staan de bestudeerde eigenschappen opgesomd, inclusief de codering die gebruikt zal worden om het noteren te versnellen:

*Tabel 1: Codering van de bestudeerde eigenschappen bij voetgangers. Vetgedrukte tekst beschrijft parameters en codes die na het printen van de invulformulieren zijn toegevoegd om een gedetailleerder beeld van de gedragingen te bieden. Schuingedrukte tekst beschrijft parameters die verwijderd werden aangezien ze lastig te observeren waren.*

<b>Fietser afstappen?</b>	<b>Indien hier een vinkje wordt geplaatst, dan was deze voetganger een fietser die afstapte en te voet overstak. Fietzers worden níet meegenomen in deze analyse.</b>
Geslacht voetganger	1: Vrouw 2: Man
<i>Geschatte leeftijdsgroep voetganger</i>	<i>0: Kind 1: Tiener 2: Jongvolwassene 3: Middelbare leeftijd 4: Oudere</i>
Voetganger alleen of in begeleiding	I: Alleen II: In gezelschap / Onder begeleiding
Op zebrapad / naast zebrapad	O: Op zebrapad N: Naast zebrapad
Afleiding voetganger	0: Geen smartphone/tablet/ander toestel 1: Kijkt op smartphone/tablet/ander toestel, blijft kijken bij aankomst aan het zebrapad 2: Kijkt op smartphone/tablet/ander toestel, kijkt op bij aankomst aan het zebrapad maar houdt smartphone in de hand 3: Kijkt op smartphone/tablet/ander toestel, steekt bij aankomst aan het zebrapad smartphone weg <b>B: Belt met smartphone</b> Letter "M" wordt genoteerd als de persoon terwijl muziek aan het luisteren is via oortjes.

<sup>1</sup> Bestelwagens werden in de loop van het onderzoek toegevoegd. Initieel werd alleen hun aanwezigheid geregistreerd (met name op 5 april 2022), maar niet het gedrag van de chauffeurs. Zij werden toegevoegd na deze eerste observatiedag voor automobilisten op het experimenteel zebrapad op 5 april 2022. Hun ontbrekende data op deze dag zal vermoedelijk slechts een beperkt effect hebben op de geaggregeerde data: bij slechts 19 van de in totaal 241 geobserveerde voertuigen werd als opmerking genoteerd dat het (mogelijk) een bestelwagen was, en bij vier van deze voertuigen werd stopgedrag alsnog genoteerd.

<i>Kijkgedrag voetganger<sup>2</sup></i>	<p>0: <i>Kijkt recht voor zich uit</i>  1: <i>Kijkt naar verkeer</i>  2: <i>Kijkt op smartphone</i>  3: <i>Kijkt naar verkeerslicht</i>  4: <i>Kijkt naar ledstrip</i></p>
Stopgedrag voetganger	<p>Voor de Thonissenlaan:  0: Stopt niet bij rood licht (stapt op het zebrapad terwijl het licht voor voetgangers rood is)  1: Stopt voor het zebrapad (stapt voorbij de led-strip)  2: Stopt voor de led-strip (stapt niet voorbij de led-strip)  <b>3: Groen licht, stapt door</b>  <b>4: Groen licht, stapt niet door</b></p> <p>Voor de N2:  <b>0: Stopt niet bij rood licht (stapt op het zebrapad terwijl het licht voor voetgangers rood is)</b>  <b>1: Stopt voor het zebrapad</b>  <b>3: Groen licht, stapt door</b>  <b>4: Groen licht, stapt niet door</b></p>
Looprichting voetganger	<p>Pijlsymbolen die de richting aangeven. Er worden pijlsymbolen gebruikt omdat deze snel te tekenen zijn, en er zo niet nog meer codes onthouden moeten worden. De pijlsymbolen stemmen overeen met de volgende richtingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (Aan Thonissenlaan) Richting Blauwe Boulevard</li> <li>- (Aan Thonissenlaan) Richting Hasselt</li> <li>- (Aan N2) Richting Hasselt</li> <li>- (Aan N2) Richting Grote Ring</li> </ul>

Tabel 2: Codering van de bestudeerde eigenschappen bij automobilisten. Vetgedrukte tekst beschrijft parameters en codes die na het printen van de invulformulieren zijn toegevoegd om een gedetailleerder beeld van de gedragingen te bieden. Schuingedrukte tekst beschrijft parameters die verwijderd werden aangezien ze lastig te observeren waren.

Geslacht automobilist	<p>1: Vrouw  2: Man  <b>3: Onbekend</b></p>
<i>Geschatte leeftijd automobilist<sup>3</sup></i>	<p>1: <i>Tiener</i>  2: <i>Jongvolwassene</i>  3: <i>Middelbare leeftijd</i>  4: <i>Oudere</i></p>

<sup>2</sup> Kijkgedrag werd niet meegenomen in de analyse, maar werd wel gebruikt om inter-rater reliability te bepalen. De parameter werd niet meegenomen in de analyse omdat het lastig is om te bepalen waar een voetganger precies naar kijkt.

<sup>3</sup> Deze parameter werd uiteindelijk geschrapt. De zichtbaarheid op automobilisten was niet goed genoeg om hun leeftijd consistent en betrouwbaar te kunnen vaststellen.

<i>Kijkgedrag automobilist<sup>4</sup></i>	<p>0: Kijkt recht voor zich uit</p> <p>1: Kijkt links en rechts naar voetgangers</p> <p>2: Kijkt op smartphone/tablet/ander toestel</p>
Stopgedrag automobilist	<p>0: Stopt niet bij rood licht (rijdt door)</p> <p>1: Stopt voor het zebrapad, rolt stilletjes vooruit om te vertrekken als licht op rood staat</p> <p>2: Stopt voor het zebrapad, blijft stilstaan tot het licht op groen springt</p>
Rijrichting automobilist	<p>Pijlsymbolen die de richting aangeven. Er worden pijlsymbolen gebruikt omdat deze snel te tekenen zijn, en er zo niet nog meer codes onthouden moeten worden. Het lege vakje werd gekozen om het aantal te noteren symbolen te beperken, maar heeft als nadeel dat het ook overeenkomt met een gemiste observatie. De pijlsymbolen stemmen overeen met de volgende richtingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>(Aan Blauwe Boulevard): vakje leeg: rijdt rechtdoor of observatie gemist</b></li> <li>- <b>(Aan Blauwe Boulevard): &lt;∟ : Slaat linksaf de ventweg op</b></li> <li>- <b>(Aan R70 x N2): vakje leeg: rijdt rechtdoor of observatie gemist</b></li> <li>- <b>(Aan R70 x N2): &lt;∟ : Slaat linksaf richting Hasselt</b></li> <li>- <b>(Aan R70 x N2): ∟&gt; : Slaat rechtsaf richting Grote Ring</b></li> </ul>

De observaties werden telkens uitgevoerd op dinsdagen en donderdagen tijdens de ochtendspits tussen 8:00 en 9:00 en de avondspits tussen 17:00 en 18:00. De precieze data van deze observatiemomenten zijn te vinden in de bijlage, onder de sectie “D. Data van observaties”. Elke doelgroep werd op aparte momenten geobserveerd om de werklust op de onderzoeker te beperken: zo kon de onderzoeker zich op één dag focussen op voetgangers, en op een andere dag zich focussen op automobilisten. Dit heeft als nadeel dat voetgangers en automobilisten niet op dezelfde dag geobserveerd worden, maar het voordeel is dat de kans kleiner is dat er cruciale momenten gemist worden omdat de onderzoeker slechts op één doelgroep moet focussen. Aldus de filebarometer (Vlaams Verkeerscentrum, 2022) zijn dit immers de drukste momenten van de dag. De zebrapaden werden bestudeerd op een strategische plek om de zichtbaarheid van zowel de voetgangers als de automobilisten te garanderen. Wat de automobilisten betreft werden enkel de gestopte voertuigen recht voor de stopstreep bestudeerd. Zij hebben immers het beste zicht op de verkeerslichten en voetgangers en stoppen ook voor deze lichten, terwijl de andere bestuurders minder goed zicht hebben op de lichten en stoppen voor hun voorligger. Bovendien vereist de variabele “Stopgedrag automobilist” dat de automobilist recht voor de stopstreep staat. Elke observatie werd twee keer uitgevoerd. Dit betekent dat er in totaal 16 observatiemomenten waren:

<sup>4</sup> Deze parameter werd uiteindelijk geschrapt. Het vaststellen van geslacht was in veel gevallen al lastig, en de zichtbaarheid op automobilisten was niet goed genoeg om te kunnen bevestigen hoe zij keken. Bovendien zorgde de aanwezigheid van de onderzoeker, die met een klembord notities maakte, voor een opvallend element in de omgeving dat mogelijk de aandacht trok van automobilisten. Hun kijkgedrag zou hierdoor sterk beïnvloed kunnen worden, wat deze variabele niet meer betrouwbaar maakt (door bijvoorbeeld een disproportionele hoeveelheid automobilisten die keek naar voetgangers, omdat de onderzoeker naast de weg stond).



- 2 dagen voor voetgangers op het experimentele kruispunt, tijdens de ochtend- en avondspits
- 2 dagen voor auto's op het experimentele kruispunt, tijdens de ochtend- en avondspits
- 2 dagen voor voetgangers op het controlekruispunt, tijdens de ochtend- en avondspits
- 2 dagen voor auto's op het controlekruispunt, tijdens de ochtend- en avondspits

Eén observatie werd door twee observatoren tegelijk uitgevoerd: de observatie van voetgangers op het controlezebrapad op 21 april 2022, en dit zowel tijdens de ochtendspits als de avondspits. De data van deze twee observaties zal gebruikt worden om inter-rater reliability te bepalen. Zodoende kan ook nagegaan worden hoe betrouwbaar de observaties zijn.

De data werden schriftelijk genoteerd en nadien ingegeven in een Excel-spreadsheet.

### 3.3 Manuele observatie van het systeem

Tevens wordt ook de werking van het systeem geanalyseerd. De datum van deze meting is eveneens te vinden in de bijlage, onder de sectie “D. Data van observaties”. De bedoeling van deze observatie, die een uur duurde, is om na te gaan of het systeem bepaalde betrouwbaarheidsissues heeft.

Om de betrouwbaarheid van het systeem te meten, werd het systeem gedurende een uur geobserveerd. Tijdens deze observatie werd met name gekeken of de ledstrip consistent van kleur verandert als de voetgangerslichten van kleur veranderen. Tijdens deze meting werden de codes gebruikt die in Tabel 3 zijn weergegeven. In deze tabel wordt ook uitgelegd wat deze codes betekenen.

De data werden digitaal geregistreerd via een Word-document, waarna de data gekopieerd werd naar een Excel-spreadsheet.

Tabel 3: Codering voor de betrouwbaarheidsmeting van het systeem

Codering voor de betrouwbaarheid van het systeem	
Code	Betekenis
rgv	Licht springt van rood naar groen, leds veranderen correct van kleur
grv	Licht springt van groen naar rood, leds veranderen correct van kleur
rgx	Licht springt van rood naar groen, leds veranderen niet correct van kleur
grx	Licht springt van groen naar rood, leds veranderen niet correct van kleur
/	Overgang gemist

### 3.4 Vragenlijst

Daarnaast werd er een vragenlijst opgesteld die de houding naar deze systemen toe bevroeg. De vragenlijst bestaat voornamelijk uit open vragen omtrent ervaringen die deelnemers hebben met experimentele systemen om voetgangersoversteekvoorzieningen te beveiligen en gesloten vragen omtrent meningen over het experimentele systeem aan de Blauwe Boulevard. De meningen over het systeem aan de Blauwe Boulevard worden specifiek bevroegd aan de hand van een Likertschaal met 5 niveaus. De vragenlijst werd opgesteld via Qualtrics en is te vinden in de bijlage “B. Vragenlijst”.

De deelnemers voor deze survey werden gerekruteerd via openbare Facebookpagina's omtrent Hasselt en haar buurgemeenten (Provincie Limburg.be, z.d.). De Facebookpagina's hebben vaak een dialectversie van de zin “je bent van [gemeente] als je...”. Aangezien het systeem in Hasselt is geïnstalleerd, is de verwachting dat de kans groter is dat bewoners van deze gemeenten het systeem al zijn tegengekomen. Een nieuw Facebook-account wordt aangemaakt voor dit doeleinde. De enquête werd gestuurd via de volgende Facebookpagina's:

- “Djie zeit van Hasselt as djie ni klaag èn ni zieëg euch..”, een lokale Facebookpagina over Hasselt met ongeveer 3.200 leden

- “Ge zijt van Diepenbeek als ge... 2.0”, een lokale Facebookpagina over Diepenbeek met ongeveer 3.500 leden
- “Ge zijt van Kortessem EN OMSTREKEN als...”, een lokale Facebookpagina over Kortessem en omstreken met ongeveer 7.700 leden (poging: het is verstuurd naar de groepsbeheerders)
- “Heusden-Zolder”, een lokale Facebookpagina over Heusden-Zolder met ongeveer 1.700 leden (poging: het is verstuurd naar de groepsbeheerders)
- “Ge zijt van Lummen als ...”, een lokale Facebookpagina over Lummen met ongeveer 2.900 leden
- “Ge zijt van Nieuwerkerken -Wyer - Kozen...”, een lokale Facebookpagina over Nieuwerkerken met 1.900 leden

In enkele gevallen werd het bericht echter verstuurd naar groepsbeheerders. Als zij besloten om het bericht niet door te laten gaan, dan kon het ook niet in de groep gepost worden.

Buurgemeenten niet genoemd in deze lijst werden om verschillende redenen niet opgenomen, met name omdat Facebookpagina's niet openbaar waren of omdat groepsregels gekant leken te zijn tegen het posten van een enquête. Om geen animositeit te wekken, werd er daarom niet gepost. Enkele voorbeelden van buurgemeenten en Facebookgroepen waardoor er om deze redenen niet werd gepost:

- Genk: de Facebookpagina was niet openbaar.
- Zonhoven: de Facebookpagina was openbaar, maar groepsregels leken gekant te zijn tegen het posten van een enquête. Om geen animositeit op te wekken werd er daarom niet gepost.
- Herk-de-Stad: de Facebookpagina was niet openbaar.
- “Alken Leeft”: de Facebookpagina was niet openbaar.

Eveneens werd de enquête rondgestuurd via het e-mailadres [enquetes@uhasselt.be](mailto:enquetes@uhasselt.be), aangezien verwacht wordt dat studenten van de Universiteit Hasselt een hogere kans hebben om dit systeem te zijn tegengekomen. Op 4 april werd de enquête getest om te controleren of de logica van de enquête goed werkte. De resultaten van deze tests werden verwijderd om te vermijden dat ze per ongeluk in de uiteindelijke resultaten terecht kwamen. Datacollectie startte bij het rondsturen van de enquête.

Omdat de Facebookposts om een of andere reden niet zichtbaar waren na controle, werd op 31 mei nogmaals een reeks berichten in de Facebookgroepen gepost. Eveneens werden respondenten via persoonlijke benadering gevraagd om de enquête in te vullen. Dit zou de data eveneens kunnen aanvullen. De verspreiding is echter wel degelijk gebeurd: de eerste data werden ontvangen op 5 april, terwijl de enquête op 6 april via het UHasselt mailaccount werd verstuurd. De reden achter de verdwijning van deze posts blijft vooralsnog onbekend. In totaliteit werden data verzameld tot en met 5 juni 2022 om 14:15. De analyse werd met al deze data uitgevoerd.

De e-mail die werd verstuurd, alsook de Facebookberichten, zijn te vinden in bijlage “C. Tekst voor berichten naar enquêterespondenten”

### 3.5 Statistische analyse

Zowel de resultaten van het observatieonderzoek als de resultaten van de enquête worden geanalyseerd aan de hand van de statistische software SPSS en gerapporteerd. Het gebruik van vervoersmiddelen door deelnemers aan de enquête wordt in Excel geanalyseerd omwille van praktische overwegingen, met behulp van informatie van Exceljet (z.d.). De kennis van de deelnemers over innovatieve manieren om oversteekvoorzieningen te beveiligen wordt tevens bekeken in Excel.

Ten eerste worden beschrijvende statistieken gegeven van de verschillende gemeten variabelen, zowel voor de enquête als voor de fysieke metingen. De data worden weergegeven aan de hand van hun gemiddeldes en hun standaardafwijking. Frequentietabellen en grafieken geven een duidelijk overzicht van de data.

Ten tweede wordt, specifiek voor de fysieke metingen, gekeken of er verschillen zijn tussen de gedragingen van voetgangers en automobilisten bij het experimenteel zebra-pad en hun gedragingen bij het controlezebra-pad. De data van de observaties is van nominaal niveau. Gegevens zoals het type stopgedrag van een voetganger of afleiding van een voetganger kunnen immers onmogelijk gerangschikt worden. Dat betekent dat de twee groepen met elkaar vergeleken zullen worden aan de hand van een chi-kwadraattoets. Dit is een niet-parametrische test die gebruikt kan worden voor categorische variabelen, zoals deze in dit onderzoek verzameld werden. Specifiek wordt de onafhankelijkheidstoets gebruikt om te kijken of het voorkomen van bepaalde variabelen overeenstemt met het voorkomen van waarden van andere variabelen. Er wordt dus gekeken of er een relatie is tussen die twee variabelen (Bhandari, 2021; EZ SPSS, z.d.b). Ter verduidelijking: het is bijvoorbeeld mogelijk dat voetgangers meer geneigd zijn om hun telefoon te nemen als zij niet in gezelschap van andere voetgangers zijn. Met een onafhankelijkheidstest kan nagegaan worden of zo een verband bestaat. Gezelschap zou dan immers een andere factor kunnen zijn die een impact heeft op telefoongebruik bij een zebra-pad, die de werking van het experimenteel zebra-pad beïnvloedt.

Uiteraard wordt er echter voornamelijk gekeken naar significante verschillen in gedrag en andere factoren tussen het controlezebra-pad en het experimenteel zebra-pad. Ook daar is de chi-kwadraattoets voor geschikt: de chi-kwadraattoets wordt immers gebruikt om significante verschillen tussen verwachte en waargenomen frequenties te vinden. Die analyse kan toegepast worden op een of meerdere categorieën (Data Science Team, 2020). De chi-kwadraattoets werd uitgevoerd in SPSS gebaseerd op de methode beschreven door EZ SPSS (z.d.a).

De inter-rater reliability wordt bepaald op basis van Cohens kappa, zoals dit ook gedaan werd door Riaz en collega's (2022). Het proces uitgelegd door Laerd Statistics (z.d.) wordt gebruikt. Op die manier kan de betrouwbaarheid van de observaties nagegaan worden. In het kader van dit onderzoek wordt dit gedaan door de observaties van twee observatoren met elkaar te vergelijken. De observaties van de tweede observator worden niet gebruikt in de onafhankelijkheidstoets, zodat alle resultaten afkomstig zijn van een enkele observator. Aldus McHugh (2012) geven waarden van Cohens kappa die kleiner zijn dan of gelijk zijn aan 0 aan dat er geen akkoord is tussen beide observatoren. Hoe hoger Cohens kappa is, des te hoger is de mate van akkoord tussen de onderzoekers, met een maximum van 1.

## 4 Resultaten

### 4.1 Betrouwbaarheid van het systeem

De betrouwbaarheid van het systeem werd gemeten op 31/03/2022, van 9:08 tot 10:08. De data van deze meting wordt weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4: Resultaten van de meting van de betrouwbaarheid van het systeem

Resultaten van de meting van de betrouwbaarheid van het systeem				
	Totaal aantal rgv	Totaal aantal grv	Totaal aantal rgx	Totaal aantal grx
Totaal aantal observaties				
128	67	61	0	0
Betekenis codes: rgv: Licht springt van rood naar groen, leds veranderen correct van kleur grv: Licht springt van groen naar rood, leds veranderen correct van kleur rgx: Licht springt van rood naar groen, leds veranderen niet correct van kleur grx: Licht springt van groen naar rood, leds veranderen niet correct van kleur				

### 4.2 Analyse van de enquête

#### 4.2.1 Demografische gegevens van de regelmatige voetgangers

In totaal werden 85 antwoorden geregistreerd. Niet alle deelnemers vulden echter de enquête volledig in, aangezien de survey eindigt als een persoon aangeeft als hij jaarlijks of nooit te voet in Hasselt zich voortbeweegt. Dat zorgt ervoor dat van verschillende deelnemers de antwoorden onbekend zijn. 1 persoon gaf geen toestemming om zijn/haar ingevulde gegevens te gebruiken in de enquête. De uiteindelijke steekproef omvatte dus 84 deelnemers. Op basis van de antwoorden op de vraag ‘Hoe vaak verplaatst u zich te voet in Hasselt?’ worden de deelnemers verder gefilterd. Personen die niet antwoordden op deze vraag, of ‘Nooit’ of ‘Jaarlijks’ antwoordden, werden uit de databank gehaald. De uiteindelijke databank bestond uit 63 deelnemers, de regelmatige voetgangers. De resultaten worden besproken in [5.2 Resultaten van de enquête].

Het geslacht van de regelmatige voetgangers is te zien in Tabel 5. Gegevens over de leeftijd van de deelnemers (met name de 56 regelmatige voetgangers waarvan de leeftijd bekend is) worden in Tabel 6 weergegeven. Tabel 7 geeft de hoogst behaalde opleiding van de regelmatige voetgangers weer. Tot slot geeft Figuur 5 het gebruik van vervoersmiddelen door regelmatige voetgangers weer.

Tabel 5: Geslacht van de regelmatige voetgangers

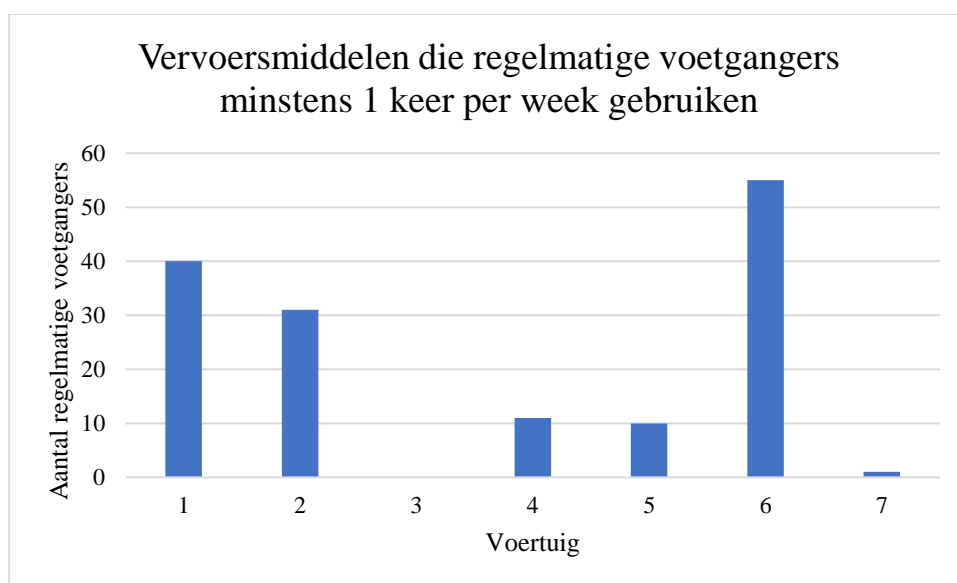
Geslacht van de regelmatige voetgangers			
	Frequentie	Percentage	Cumulatief percentage
Onbekend/Niet ingevuld	7	11,1	11,1
Man	19	30,2	41,3
Vrouw	37	58,7	100,0
<b>Totaal</b>	<b>63</b>	<b>100,0</b>	

Tabel 6: Leeftijd van de regelmatige voetgangers

Leeftijd van de regelmatige voetgangers					
	Aantal (#)	Minimum	Maximum	Gemiddelde	Std. Afwijking
Statistieken over de leeftijd	56	12	75	34,00	16,112

Tabel 7: Hoogst behaalde opleiding van de regelmatige voetgangers

Hoogst behaalde opleiding van de regelmatige voetgangers			
	Frequentie	Percentage	Cumulatief percentage
Onbekend/niet ingevuld	7	11,1	11,1
Bacheloropleiding	21	33,3	44,4
Basisschool	1	1,6	46,0
Doctoraat	2	3,2	49,2
Masteropleiding	8	12,7	61,9
Middelbare school	24	38,1	100,0
<b>Totaal</b>	63	100,0	



Figuur 5: Vervoersmiddelen die regelmatige voetgangers minstens 1 keer per week gebruiken

#### 4.2.2 Bekendheid van de regelmatige voetgangers met Hasselt

De bekendheid van de regelmatige voetgangers in Hasselt wordt weergegeven in Tabel 8. De gegevens omtrent de frequentie van verplaatsingen te voet in Hasselt worden weergegeven in Tabel 9.

Tabel 8: Bekendheid van regelmatige voetgangers in Hasselt

Woont u, werkt u en/of gaat u naar school in Hasselt?			
	Frequentie	Percentage	Cumulatief percentage
Ja	48	76,2	76,2
Nee	15	23,8	100,0
<b>Totaal</b>	<b>63</b>	<b>100,0</b>	

Tabel 9: Frequentie van verplaatsingen te voet in Hasselt door de regelmatige deelnemers

Frequentie van de verplaatsingen te voet in Hasselt door regelmatige deelnemers			
	Frequentie	Percentage	Cumulatief percentage
Dagelijks	12	19,0	19,0
Maandelijks	24	38,1	57,1
Wekelijks	27	42,9	100,0
<b>Totaal</b>	<b>63</b>	<b>100,0</b>	

#### 4.2.3 Ongevallenstatistieken van de regelmatige voetgangers

De ongevallenbetrokkenheid van de regelmatige voetgangers wordt weergegeven in Tabel 10 en Tabel 11.

Tabel 10: Ongevallenbetrokkenheid als voetganger bij regelmatige voetgangers in de afgelopen 3 jaar

Ongevallenbetrokkenheid als voetganger bij regelmatige voetgangers in de afgelopen 3 jaar			
	Frequentie	Percentage	Cumulatief percentage
0 keer	60	95,2	95,2
1 keer	2	3,2	98,4
Meer dan 2 keer	1	1,6	100,0
<b>Totaal</b>	<b>63</b>	<b>100,0</b>	

Tabel 11: Ongevallenbetrokkenheid als automobilist bij regelmatige voetgangers in de afgelopen 3 jaar

Ongevallenbetrokkenheid als automobilist bij regelmatige voetgangers in de afgelopen 3 jaar			
	Frequentie	Percentage	Cumulatief percentage
0 keer	54	85,7	85,7
1 keer	8	12,7	98,4
Meer dan 2 keer	1	1,6	100,0
<b>Totaal</b>	<b>63</b>	<b>100,0</b>	

Tabel 12, Tabel 13, Tabel 14 en Tabel 15 geven meer gedetailleerde info over de ongevallen die plaatsvonden. De vragen in de titels van deze tabellen werden gesteld aan personen die een ongeval hadden in de afgelopen 3 jaar.

Tabel 12: Locatie van de gerapporteerde ongevallen

Gebeurde dit ongeval bij een zebrapad met verkeerslichten?			
	Frequentie	Percentage	Cumulatief percentage
Ja	4	6,3	36,4
Nee	7	11,1	100,0
<b>Totaal</b>	11	17,5	
Ontbrekend	52	82,5	
<b>Totaal</b>	63	100,0	

Tabel 13: Eigen oversteekgedrag bij de gerapporteerde ongevallen bij een zebrapad met verkeerslichten

Was u op dat moment aan het oversteken op het zebrapad als voetganger?			
	Frequentie	Percentage	Cumulatief percentage
Ja	1	1,6	25,0
Nee	3	4,8	100,0
<b>Totaal</b>	4	6,3	
Ontbrekend	59	93,7	
<b>Totaal</b>	63	100,0	

Tabel 14: Eigen afleiding bij de gerapporteerde ongevallen bij een zebrapad met verkeerslichten

Was u in dit ongeval afgeleid?			
	Frequentie	Percentage	Cumulatief percentage
Ja	2	3,2	50,0
Nee	2	3,2	100,0
<b>Totaal</b>	4	6,3	
Ontbrekend	59	93,7	
<b>Totaal</b>	63	100,0	

Tabel 15: Afleiding van de tegenpartij bij gerapporteerde ongevallen bij een zebrapad met verkeerslichten

Was de tegenpartij in dit ongeval afgeleid?			
	Frequentie	Percentage	Cumulatief percentage
Ja	3	4,8	75,0
Nee	1	1,6	100,0
<b>Totaal</b>	4	6,3	
Ontbrekend	59	93,7	
<b>Totaal</b>	63	100,0	

#### 4.2.4 Kennis van regelmatige voetgangers over innovatieve manieren om oversteekvoorzieningen te beveiligen

18 regelmatige voetgangers gaven aan dat zij tijdens hun woon-werk- of woon-schoolverplaatsing een nieuw type oversteekvoorziening tegenkomen op hun route. Hun kennis wordt verder besproken in [5.2 Resultaten van de enquête].

#### 4.2.5 Regelmatige voetgangers en de led-strips aan de Blauwe Boulevard

Tabel 16 geeft de bekendheid van de regelmatige voetgangers met het zebrapad aan de Blauwe Boulevard weer. Tabel 17 geeft de ervaring van regelmatige voetgangers met de ledstrips op het zebrapad aan de Blauwe Boulevard weer.

Tabel 16: Bekendheid van regelmatige voetgangers met het zebrapad aan de Blauwe Boulevard

Bekendheid van regelmatige voetgangers met het zebrapad aan de Blauwe Boulevard			
	Frequentie	Percentage	Cumulatief percentage
Onbekend/niet ingevuld	2	3,2	3,2
Ja	47	74,6	77,8
Nee	14	22,2	100,0
<b>Totaal</b>	<b>63</b>	<b>100,0</b>	

Tabel 17: Ervaring van regelmatige voetgangers met de ledstrips op het zebrapad aan de Blauwe Boulevard

Ervaring van regelmatige voetgangers met de ledstrips op het zebrapad aan de Blauwe Boulevard			
	Frequentie	Percentage	Cumulatief percentage
Onbekend/niet ingevuld	20	31,7	31,7
Ja	38	60,3	92,1
Nee	5	7,9	100,0
<b>Totaal</b>	<b>63</b>	<b>100,0</b>	

Tabel 18 geeft het zelf-gerapporteerd gedrag van de regelmatige voetgangers in relatie tot de ledstrips aan de Blauwe Boulevard weer. Hen werd een situatie voorgelegd waarin zij op weg zijn naar de Blauwe Boulevard in Hasselt. In dit scenario kregen zij een bericht op hun smartphone en pakken zij deze om het bericht te lezen. Dan zien zij in hun ooghoek een rode ledstrip branden en moesten zij aanduiden wat in dit hypothetische scenario het meest van toepassing was op hen.

Tabel 18: Zelf-gerapporteerd gedrag van de regelmatige voetgangers in relatie tot de ledstrips op de Blauwe Boulevard

U bent op weg naar de Blauwe Boulevard in Hasselt. U krijgt een bericht op uw smartphone en pakt deze om het bericht te lezen. U ziet in uw ooghoek een rode ledstrip branden. Duid aan wat volgens u het meest van toepassing is op u:			
	Frequentie	Percentage	Cumulatief percentage
Onbekend/niet ingevuld	7	11,1	11,1
Ik loop door.	1	1,6	12,7
Ik stop en blijf op mijn smartphone kijken.	2	3,2	15,9
Ik stop en kijk op om het verkeer te controleren, maar blijf mijn smartphone in mijn hand houden.	39	61,9	77,8
Ik stop en zal mijn smartphone wegsteken.	14	22,2	100,0
<b>Totaal</b>	<b>63</b>	<b>100,0</b>	

De volgende gegevens peilen naar de houding van de regelmatige voetgangers ten opzichte van het systeem. De respondenten die deze stellingen niet beantwoordden werden eruit gehaald, waardoor we de groep van 56 “Stellingsrespondenten” krijgen. De antwoorden “Helemaal niet mee eens”, “Niet mee eens”, “Neutraal”, “Mee eens” en “Helemaal mee eens” kregen een score toegewezen van



respectievelijk 1, 2, 3, 4 en 5. Zodoende kan aan de hand van gemiddelden de houding van de stellingsrespondenten bestudeerd worden. Hoe hoger het gemiddelde is, des te meer zijn de stellingsrespondenten geneigd om het eens te zijn met de stelling, en vice versa. De resultaten worden weergegeven in Tabel 19. Ze worden besproken in [5.2 Resultaten van de enquête].

Tabel 19: Houding van de stellingsrespondenten tegenover de ledstrips

Houding van de stellingsrespondenten tegenover de ledstrips					
Geef aan in welke mate u het eens bent met de volgende stellingen:	Aantal (#)	Minimum	Maximum	Gemiddelde	Std. Afwijking
Als ik oversteeek op dit zebrapad, heb ik vertrouwen in de ledstrip.	56	1	5	3,77	1,079
De ledstrip waarschuwt mij als voetganger als ik het zebrapad nader.	56	2	5	4,09	,745
Ik voel me als voetganger beveiligd door de ledstrip.	56	1	5	3,46	1,008
Ik voel me door deze ledstrip veilig om mijn smartphone te blijven gebruiken als ik wandel.	56	1	5	2,61	1,039
Als voetganger voel ik mij bij dit zebrapad veiliger door de ledstrip.	56	1	5	3,43	1,024
De ledstrip zorgt ervoor dat voetgangers niet meer op hun smartphone kijken bij het oversteken.	56	1	5	2,18	,993
De ledstrip vermijdt dat voetgangers zonder te kijken oversteken.	56	1	5	2,95	1,034
De ledstrip vermijdt dat voetgangers door het rood licht oversteken.	56	1	5	3,29	1,039
De ledstrip maakt mensen bewust van de problematiek van afleiding in het verkeer.	56	1	5	3,09	1,049
Als ledstrips bij elk zebrapad geïnstalleerd zouden worden, dan zou het aantal verkeersongevallen met voetgangers sterk dalen.	56	1	5	3,16	,910
Als de ledstrip niet werkt, zal ik meer op mijn hoede zijn bij het oversteken.	56	1	5	2,95	1,086
Een zebrapad met ledstrips is veiliger dan een zebrapad zonder ledstrips.	56	1	5	3,79	,909
Als automobilist geven deze ledstrips mij het gevoel dat afgeleide voetgangers altijd zullen stoppen.	56	1	5	2,57	,951
Gelieve bij deze stelling "Niet mee eens" aan te duiden.	56	1	4	1,98	,404
Dankzij deze ledstrips moet ik als automobilist minder opletten bij een door verkeerslichten beveiligd zebrapad.	56	1	3	1,73	,618

### 4.3 Analyse van de observatiedata

In dit onderdeel worden de observatiedata geanalyseerd teneinde te vergelijken of er significante verschillen zijn in gedrag van voetgangers en automobilisten tussen het experimenteel zebepad en het controlezebrapad. Na invoer van de gegevens in individuele datasheets in Excel werden deze datasheets per modus- samengevoegd. Dit resulteerde voor de voetgangers in een databank van 1180 entries en voor de automobilisten in een databank van 930 entries. Nadien werden ze opgeschoond voor analyse. Een beschrijving van dit proces is te vinden in de bijlage, bij [A. Data-opschoningsproces]. In de databank wordt elke waarde met het symbool “\” (of “3” in het geval van het geslacht voor automobilisten) aangeduid als “Missing”, waardoor SPSS hier geen rekening mee hoeft te houden tijdens de analyse. De uiteindelijke databank voor de voetgangers omvat 1145 entries. De uiteindelijke databank voor de automobilisten omvat 905 entries. De totalen in de kruistabellen die in deze sectie weergegeven zijn, zullen daarom ook steeds wat verschillen, aangezien sommige parameters vaker of minder werden gemist.

#### 4.3.1 Inter-rater reliability

De analyse van de inter-rater reliability maakt gebruik van de ruwe data die nog niet opgeschoond is op 1 wijziging voor een invoerfout na<sup>5</sup>. Dit gebeurde op basis van een aparte databank met ruwe data. Om de inter-rater reliability te bepalen wordt gekeken naar de observaties voor afleiding, kijkgedrag en stopgedrag. Hoe hoger deze factor is, des te betrouwbaarder zijn de observaties.

Cohens kappa voor de parameter “Afleiding voetganger” wordt weergegeven in Tabel 20. Cohens kappa voor de parameter “Kijkgedrag voetganger” wordt weergegeven in Tabel 21. Cohens kappa voor de parameter “Stopgedrag voetganger” wordt weergegeven in Tabel 22.

Tabel 20: Cohens kappa voor de parameter "Afleiding voetganger"

Cohens kappa voor de parameter “Afleiding voetganger”		
	Waarde	Benaderende significantie
Maat van overeenkomst: Kappa	-,001	,532
Aantal geldige cases	262	

Tabel 21: Cohens kappa voor de parameter "Kijkgedrag voetganger"

Cohens kappa voor de parameter “Kijkgedrag voetganger”		
	Waarde	Benaderende significantie
Maat van overeenkomst: Kappa	-,002	,442
Aantal geldige cases	262	

<sup>5</sup> Er werd een entry ontdekt in de gewone databank die als waarde bij “Afleiding voetganger” “1/feb” had. Afgaand op de genoteerde data, moest hier 1/2 staan (een teken dat de afleiding bij deze voetganger 1 of 2 was). Gezien het feit dat afgaand op deze observatie de voetganger wel degelijk afgeleid was, werd deze waarde vervangen door een 1. In de opmerkingen van de gecombineerde, opgeschoonde databank werd deze wijziging aangegeven om hem later nog te kunnen terugvinden. Deze aanpassing gebeurde eveneens in de databank voor inter-rater reliability.

Tabel 22: Cohens kappa voor de parameter "Stopgedrag voetganger"

Cohens kappa voor de parameter "Stopgedrag voetganger"		
	Waarde	Benaderende significantie
Maat van overeenkomst: Kappa	,023	,536
Aantal geldige cases	262	

De Cohens kappa voor "Afleiding voetganger", "Kijkgedrag voetganger" en "Stopgedrag voetganger" worden weergegeven door de kolom "Waarde". Deze waarden zijn respectievelijk -0,001, -0,002 en 0,023. Echter zijn deze kappa's niet significant op significantieniveau 0,05, aangezien de significantie bij benadering respectievelijk 0,532, 0,442 en 0,536 is. Alle zijn groter dan 0,05.

### 4.3.2 Voetgangers

#### Geslacht van de geobserveerde voetgangers

Tabel 23 geeft het geobserveerde geslacht van de voetgangers weer. Een chi-kwadraattoets kan duidelijk maken of er een significant verschil is in de verhouding van vrouwen en mannen bij het experimenteel zebra-pad en het controlezebra-pad. De hypothesen zijn als volgt:

- H0: De verdeling van mannen en vrouwen is gelijk bij het experimenteel zebra-pad en het controlezebra-pad.
- H1: De verdeling van mannen en vrouwen is verschillend bij het experimenteel zebra-pad en het controlezebra-pad.

De chi-kwadraatanalyse wordt weergegeven in Tabel 24.

Tabel 23: Geslacht van de voetgangers

Geslacht van de voetgangers				
		Studielocatie (#)		Totaal (#)
		Controlezebra-pad	Experimenteel zebra-pad	
Geslacht voetganger (#)	Vrouw	252	405	<b>657</b>
	Man	191	227	<b>418</b>
<b>Totaal (#)</b>		<b>443</b>	<b>632</b>	<b>1075</b>

Tabel 24: Chi-kwadraattoets voor geslacht van de voetgangers

Chi-kwadraattoets voor geslacht van de voetgangers			
	Waarde	df	Asymptotische significantie (2-zijdig)
Pearson Chi-kwadraat	5,677 <sup>a</sup>	1	,017
N geldige cases	1075		

a. 0 cellen (0,0%) hebben een verwacht aantal van minder dan 5. Het minimum verwachte aantal is 172,25.

Uit de chi-kwadraattoets blijkt dat de  $p$ -waarde 0,017 is. Aangezien deze waarde kleiner is dan 0,05 verwerpen we de nulhypothese op significantieniveau 0,05.

#### Hoeveelheid voetgangers alleen of in groep

Tabel 25 geeft weer hoeveel voetgangers er alleen of in gezelschap werden geobserveerd. De hypothesen voor de chi-kwadraattoets zijn de volgende:

- H0: De verdeling van voetgangers die alleen zijn en voetgangers die in gezelschap of onder begeleiding zijn is gelijk bij het experimenteel zebrapad en het controlezebrapad.
- H1: De verdeling van voetgangers die alleen zijn en voetgangers die in gezelschap of onder begeleiding zijn is verschillend bij het experimenteel zebrapad en het controlezebrapad.

De chi-kwadraattoets wordt weergegeven in Tabel 26.

Tabel 25: Gezelschap van voetgangers

Gezelschap van voetgangers				
		Studielocatie (#)		Totaal (#)
		Controlezebrapad	Experimenteel zebrapad	
Voetganger alleen of in gezelschap/onder begeleiding (#)	Alleen	264	231	<b>495</b>
	In gezelschap/Onder begeleiding	159	368	<b>527</b>
<b>Totaal (#)</b>		<b>423</b>	<b>599</b>	<b>1022</b>

Tabel 26: Chi-kwadraattoets voor gezelschap van voetgangers

Chi-kwadraattoets voor gezelschap van voetgangers			
	Waarde	df	Asymptotische significantie (2-zijdig)
Pearson Chi-kwadraat	56,451 <sup>a</sup>	1	<,001
N geldige cases	1022		

a. 0 cellen (0,0%) hebben een verwacht aantal van minder dan 5. Het minimum verwachte aantal is 204,88.

Uit de chi-kwadraattoets blijkt dat de  $p$ -waarde kleiner dan 0,001 is. We verwerpen de nulhypothese op significantieniveau 0,05. Zoals al deels afgeleid kon worden uit de kruistabel, is er inderdaad een significant verschil tussen het experimenteel zebrapad en het controlezebrapad op het vlak van voetgangers die alleen of in gezelschap/onder begeleiding zijn.

### Oversteeklocatie

Tabel 27 toont de oversteeklocatie van de voetgangers. De hypothesen voor de chi-kwadraattoets zijn dan ook de volgende:

- H0: De verdeling van voetgangers die op het zebrapad oversteken en voetgangers die naast het zebrapad oversteken is gelijk bij het experimenteel zebrapad en het controlezebrapad.
- H1: De verdeling van voetgangers die op het zebrapad oversteken en voetgangers die naast het zebrapad oversteken is verschillend bij het experimenteel zebrapad en het controlezebrapad.

De chi-kwadraattoets wordt weergegeven in Tabel 28.

Tabel 27: Oversteeklocatie van voetgangers

Oversteeklocatie van voetgangers				
		Studielocatie (#)		Totaal (#)
		Controlezebrapad	Experimenteel zebrapad	
Oversteeklocatie (#)	Naast zebrapad	47	16	<b>63</b>
	Op zebrapad	218	206	<b>424</b>
	Rand	0	2	<b>2</b>
Totaal (#)		<b>265</b>	<b>224</b>	<b>489</b>

Tabel 28: Chi-kwadraattoets voor oversteeklocatie van voetgangers

Chi-kwadraattoets voor oversteeklocatie van voetgangers			
	Waarde	df	Asymptotische significantie (2-zijdig)
Pearson Chi-kwadraat	14,256 <sup>a</sup>	2	<.001
N geldige cases	489		
a. 2 cellen (33,3%) hebben een verwacht aantal van minder dan 5. Het minimum verwachte aantal is ,92.			

Uit de chi-kwadraattoets blijkt dat de  $p$ -waarde kleiner dan 0,001 is. We verwerpen de nulhypothese op significantieniveau 0,05. Dit betekent dus dat er wel degelijk een verschil is in de verhouding van voetgangers die op of naast het zebrapad oversteken tussen de twee zebrapaden.

### Oversteekrichting

Tabel 29 toont de geobserveerde oversteekrichting van de voetgangers.

Tabel 29: Oversteekrichting van voetgangers

Oversteekrichting van voetgangers				
		Studielocatie (#)		Totaal (#)
		Controlezebrapad	Experimenteel zebrapad	
Oversteekrichting voetganger (#)	Richting Hasselt	197	267	<b>464</b>
	Richting Blauwe Boulevard (Experimenteel zebrapad) / Richting Grote Ring (Controlezebrapad)	229	267	<b>496</b>
Totaal (#)		<b>426</b>	<b>534</b>	<b>960</b>

### Afleiding

Tabel 30 geeft een algemeen overzicht van de vormen van afleiding van voetgangers die geobserveerd waren bij beide zebrapaden.

Tabel 30: Afleiding van voetgangers

Afleiding van voetgangers				
		Studielocatie (#)		Totaal (#)
		Controlezebrapad	Experimenteel zebrapad	
Afleiding voetganger (#)	Afleiding niet geobserveerd, luistert muziek via oortjes	2	1	3
	Geen smartphone/tablet/ander toestel	275	418	693
	Geen smartphone/tablet/ander toestel, luistert muziek via oortjes	4	6	10
	Kijkt op smartphone/tablet/ander toestel, blijft kijken bij aankomst aan het zebrapad	19	53	72
	Kijkt op smartphone/tablet/ander toestel, blijft kijken bij aankomst aan het zebrapad, maar lijkt te bellen	1	0	1
	Kijkt op smartphone/tablet/ander toestel, blijft kijken bij aankomst aan het zebrapad, luistert muziek via oortjes	6	7	13
	Kijkt op smartphone/tablet/ander toestel, kijkt op bij aankomst aan het zebrapad maar houdt smartphone in de hand OF houdt smartphone gewoon in de hand	18	23	41
	Kijkt op smartphone/tablet/ander toestel, kijkt op bij aankomst aan het zebrapad maar houdt smartphone in de hand OF houdt smartphone gewoon in de hand, luistert muziek via oortjes	2	2	4
	Kijkt op smartphone/tablet/ander toestel, steekt bij aankomst aan het zebrapad smartphone weg	2	6	8
	Belt met smartphone	5	12	17

	Hield een doosje of iets dergelijks vast	1	0	1
	Luistert muziek via oortjes	3	1	4
	Praat met groepje	4	0	4
	Praatte met gezelschap	0	2	2
	Praatte met gezin	3	0	3
<b>Totaal (#)</b>		<b>345</b>	<b>531</b>	<b>876</b>

Om afleiding samen te vatten werd de functie “Recode into Different Variables” gebruikt. De data uit de bovenstaande frequentietabel werd via deze functie omgevormd tot een nieuwe parameter, gebruik makende van de volgende instellingen in Figuur 6. Het komt erop neer dat het niet vasthouden van een smartphone, het wegsteken van een smartphone en het vasthouden van een doosje niet gezien worden als afleiding. Praten wordt uiteindelijk ook niet gezien als afleiding. Immers is het moeilijk te observeren of iemand praat of niet en ligt de focus op afleiding veroorzaakt door smartphones en dergelijke toestellen. De samengevatte waarden worden weergegeven in Tabel 31.



Figuur 6: SPSS-instellingen om afleiding samen te vatten

Tabel 31: Aanwezigheid van afleiding bij voetgangers

Aanwezigheid van afleiding bij voetgangers				
		Studielocatie (#)		Totaal (#)
		Controlezebrapad	Experimenteel zebra-pad	
Aanwezigheid van afleiding bij voetgangers (#)	Ja	164	270	434
	Nee	285	426	711
<b>Totaal (#)</b>		<b>449</b>	<b>696</b>	<b>1145</b>

De hypothesen voor de chi-kwadraattoets zijn als volgt. De chi-kwadraattoets wordt weergegeven in Tabel 32.

- H0: De verdeling van afgeleide en niet-afgeleide voetgangers is gelijk bij het experimenteel zebra-pad en het controlezebrapad.
- H1: De verdeling van afgeleide en niet-afgeleide voetgangers is verschillend bij het experimenteel zebra-pad en het controlezebrapad.



Tabel 32: Chi-kwadraattoets van de aanwezigheid van afleiding bij voetgangers

Chi-kwadraattoets voor aanwezigheid van afleiding bij voetgangers			
	Waarde	df	Asymptotische significantie (2-zijdig)
Pearson Chi-kwadraat	,596 <sup>a</sup>	1	,440
N geldige cases	1145		

a. 0 cellen (0,0%) hebben een verwacht aantal van minder dan 5. Het minimum verwachte aantal is 170,19.

Uit de chi-kwadraattoets blijkt dat de  $p$ -waarde 0,440 is. We verwerpen de nulhypothese niet op significantieniveau 0,05. Er is dus geen bewijs voor een significant verschil in de verdeling van afgeleide en niet-afgeleide voetgangers tussen het experimenteel zebrapad en het controlezebrapad.

### Stopgedrag

Van het stopgedrag van de voetgangers wordt een overzicht gegeven in Tabel 33.

Tabel 33: Stopgedrag van voetgangers

Stopgedrag van voetgangers				
		Studielocatie (#)		Totaal (#)
		Controlezebrapad	Experimenteel zebrapad	
Stopgedrag voetganger (#)	Stopt niet bij rood licht (stapt op het zebrapad terwijl het licht voor voetgangers rood is)	12	10	<b>22</b>
	Stopt voor het zebrapad (stapt voorbij de led-strip indien die er ligt))	204	248	<b>452</b>
	Stopt voor het zebrapad (stapt voorbij de led-strip indien die er ligt)) (Stapte zp op toen het nog rood was, dan sprong het op groen)	1	0	<b>1</b>
	Stopt voor het zebrapad (stapt voorbij de led-strip indien die er ligt)), Vertrok al bij rood, licht sprong op groen	0	1	<b>1</b>
	Stopt voor de led-strip (stapt niet voorbij de led-strip indien die er ligt))	0	118	<b>118</b>
	Stopt voor de led-strip (stapt niet voorbij de led-strip indien die er ligt)) -> Stopt voor het zebrapad (stapt voorbij de led-strip indien die er ligt))	0	1	<b>1</b>
	Groen licht, stapt door	114	88	<b>202</b>

	Groen licht, stapt niet door	0	2	2
	Groen licht, stapt niet door -> Stopt voor de led-strip (stapt niet voorbij de led-strip indien die er ligt))	0	1	1
	Staat naast ledstrip	0	5	5
	Staat op ledstrip	0	6	6
<b>Totaal (#)</b>		<b>331</b>	<b>480</b>	<b>811</b>

Om de analyse uit te voeren, werden verschillende waarden echter geconsolideerd. De uitgevoerde consolidaties worden in Figuur 7 getoond. Er zijn nu slechts twee categorieën: “Stopt wanneer nodig”, die weergeeft dat een voetganger stopt bij rood licht en doorloopt bij groen licht, en “Stopt niet wanneer nodig”, die weergeeft dat een voetganger doorloopt bij rood licht en niet doorloopt bij groen licht. De variabelen “1 (Stapte zp op toen het nog rood was, dan sprong het op groen)” en “1, Vertrok al bij rood, licht sprong op groen” worden ingedeeld bij “Stopt wanneer nodig” omdat de voetganger wel stopte voor het rood licht, maar alleen vertrok toen het nog rood was. De variabele “2->1” wordt ingedeeld bij “Stopt wanneer nodig” omdat de voetganger twee gedragingen vertoonde die allebei aantoonde dat hij stopte voor het rood licht. De variabele “4 -> 2” wordt ingedeeld bij “Stopt niet wanneer nodig” omdat de voetganger wel het gedrag met code 4 vertoonde, met name dat het groen licht was maar dat deze niet doorstapte. Tot slot krijgen zowel “Staat naast ledstrip” als “Staat op ledstrip” het symbool “\” en worden zij dus uitgesloten van de analyse aangezien er niet bevestigd kan worden of zij bij rood of groen licht dit gedrag vertoonden. Het “\”-symbool blijft het “\”-symbool en geeft dus nog steeds ontbrekende waarden aan die uitgesloten worden van de analyse. Het samengevatte stopgedrag wordt weergegeven in Tabel 34.

```
'0' -> 'Stopt niet wanneer nodig'
'1' -> 'Stopt wanneer nodig'
'2' -> 'Stopt wanneer nodig'
'3' -> 'Stopt wanneer nodig'
'4' -> 'Stopt niet wanneer nodig'
'1 (Stapte zp op toen het nog rood was, dan sprong het op groen)' -> 'Stopt wanneer nodig'
'2->1' -> 'Stopt wanneer nodig'
'4 -> 2 ' -> 'Stopt niet wanneer nodig'
'Staat naast ledstrip' -> '\'
'Staat op ledstrip' -> '\'
'1, Vertrok al bij rood, licht sprong op groen' -> 'Stopt wanneer nodig'
'\ -> \''
```

Figuur 7: SPSS-instellingen om stopgedrag samen te vatten

Tabel 34: Samengevatte stopgedrag van voetgangers

Samengevatte stopgedrag van voetgangers				
		Studielocatie (#)		Totaal (#)
		Controlezebrapad	Experimenteel zebrapad	
Samengevatte stopgedrag van voetgangers (#)	Stopt niet wanneer nodig	12	13	25
	Stopt wanneer nodig	319	456	775
<b>Totaal (#)</b>		<b>331</b>	<b>469</b>	<b>800</b>

De hypothesen voor de chi-kwadraattoets zijn als volgt. De chi-kwadraattoets wordt weergegeven in Tabel 35.

- H0: De verdeling van het stopgedrag van de voetgangers is gelijk bij het experimenteel zebrapad en het controlezebrapad.
- H1: De verdeling van het stopgedrag van de voetgangers is verschillend bij het experimenteel zebrapad en het controlezebrapad.

Tabel 35: Chi-kwadraattoets voor het samengevatte stopgedrag van voetgangers

Chi-kwadraattoets voor het samengevatte stopgedrag van voetgangers			
	Waarde	df	Asymptotische significantie (2-zijdig)
Pearson Chi-kwadraat	,467 <sup>a</sup>	1	,494
N geldige cases	800		
a. 0 cellen (0,0%) hebben een verwacht aantal van minder dan 5. Het minimum verwachte aantal is 10,34.			

Uit de chi-kwadraattoets blijkt dat de  $p$ -waarde 0,494 is. We verwerpen de nulhypothese niet op significantieniveau 0,05. Er is dus geen bewijs voor een significant verschil in de verdeling van stopgedrag van voetgangers tussen het experimenteel zebrapad en het controlezebrapad.

### 4.3.3 Automobilisten

#### Geslacht van de geobserveerde automobilisten

Het geslacht van de automobilisten wordt weergegeven in Tabel 36.

Tabel 36: Geslacht van automobilisten

Geslacht van automobilisten				
		Studielocatie (#)		Totaal (#)
		Controlezebrapad	Experimenteel zebrapad	
Geslacht automobilist (#)	Vrouw	136	133	269
	Man	219	249	468
<b>Totaal (#)</b>		<b>355</b>	<b>382</b>	<b>737</b>

De hypothesen voor de chi-kwadraattoets zijn als volgt. De chi-kwadraattoets wordt weergegeven in Tabel 37.

- H0: De verdeling van mannen en vrouwen is gelijk bij het experimenteel zebrapad en het controlezebrapad.
- H1: De verdeling van mannen en vrouwen is verschillend bij het experimenteel zebrapad en het controlezebrapad.

Tabel 37: Chi-kwadraattoets voor geslacht automobilisten

Chi-kwadraattoets voor geslacht automobilisten			
	Waarde	df	Asymptotische significantie (2-zijdig)
Pearson Chi-kwadraat	,969 <sup>a</sup>	1	,325
N geldige cases	737		

a. 0 cellen (0,0%) hebben een verwacht aantal van minder dan 5. Het minimum verwachte aantal is 129,57.

Uit de chi-kwadraattoets blijkt dat de  $p$ -waarde 0,325 is. We verwerpen de nulhypothese dus niet op significantieniveau 0,05. Er is dus geen bewijs gevonden dat de verdeling van de geslachten bij automobilisten significant verschilt tussen het experimenteel zebrapad en het controlezebrapad.

### Stopgedrag

Het stopgedrag van automobilisten wordt weergegeven in Tabel 38.

Tabel 38: Stopgedrag van automobilisten

Stopgedrag van automobilisten				
		Studielocatie (#)		Totaal (#)
		Controlezebrapad	Experimenteel zebrapad	
Stopgedrag automobilist (#)	Stopt niet bij rood licht (rijdt door)	2	1	3
	Stopt voor het zebrapad, rolt stilletjes vooruit om te vertrekken als licht op rood staat	36	33	69
	Stopt voor het zebrapad, blijft stilstaan tot het licht op groen springt	359	395	754
<b>Totaal (#)</b>		397	429	826

De hypothesen voor de chi-kwadraattoets zijn de volgende. De chi-kwadraattoets wordt weergegeven in Tabel 39.

- H0: De verdeling van het stopgedrag van automobilisten is gelijk bij het experimenteel zebrapad en het controlezebrapad.
- H1: De verdeling van het stopgedrag van automobilisten is verschillend bij het experimenteel zebrapad en het controlezebrapad.

Tabel 39: Chi-kwadraattoets voor stopgedrag van automobilisten

Chi-kwadraattoets voor stopgedrag van automobilisten			
	Waarde	df	Asymptotische significantie (2-zijdig)
Pearson Chi-kwadraat	,944 <sup>a</sup>	2	,624
N geldige cases	826		
a. 2 cellen (33,3%) hebben een verwacht aantal van minder dan 5. Het minimum verwachte aantal is 1,44.			

Uit de chi-kwadraattoets blijkt dat de  $p$ -waarde 0,624 is. We verwerpen de nulhypothese niet op significantieniveau 0,05. Dat betekent dus dat er geen bewijs is gevonden dat het stopgedrag van de automobilisten ook daadwerkelijk verschilt tussen de twee zebrapaden, ondanks het verschil in verhouding dat in de kruistabel zichtbaar was.

#### 4.3.5 Impact van geslacht en gezelschap op gedragsfactoren

Tevens wordt er gekeken of het geslacht en het gezelschap van de voetgangers een impact hebben op afleiding en het stopgedrag.

##### Geslacht en afleiding

Een kruistabel van het geslacht en afleiding van de voetgangers wordt weergegeven in Tabel 40.

Tabel 40: Kruistabel van geslacht en afleiding van de voetgangers

Geslacht en afleiding van de voetgangers				
		Geslacht voetganger (#)		Totaal (#)
		Vrouw	Man	
Aanwezigheid van afleiding bij voetgangers (#)	Ja	234	139	<b>373</b>
	Nee	423	279	<b>702</b>
<b>Totaal (#)</b>		<b>657</b>	<b>418</b>	<b>1075</b>

De hypothesen voor de chi-kwadraattoets zijn de volgende. De chi-kwadraattoets wordt weergegeven in Tabel 41.

- H0: De verdeling van de aanwezigheid van afleiding bij voetgangers en geslacht zijn onafhankelijk.
- H1: De verdeling van de aanwezigheid van afleiding bij voetgangers en geslacht zijn niet onafhankelijk.

Tabel 41: Chi-kwadraattoets voor geslacht en afleiding van de voetgangers

Chi-kwadraattoets voor geslacht en afleiding van de voetgangers			
	Waarde	df	Asymptotische significantie (2-zijdig)
Pearson Chi-kwadraat	,629 <sup>a</sup>	1	,428
N geldige cases	1075		
a. 0 cellen (0,0%) hebben een verwacht aantal van minder dan 5. Het minimum verwachte aantal is 145,04.			

Uit de chi-kwadraattoets blijkt dat de  $p$ -waarde 0,428 is. We verwerpen de nulhypothese niet op significantieniveau 0,05. Er is dus geen bewijs gevonden dat de mate waarin afleiding aanwezig is bij voetgangers een verband heeft met geslacht.

### Gezelschap en afleiding

Een kruistabel van gezelschap en afleiding van de voetgangers wordt weergegeven in Tabel 42.

Tabel 42: Kruistabel van gezelschap en afleiding van voetgangers

Gezelschap en afleiding van de voetgangers				
		Voetganger alleen of in gezelschap/onder begeleiding (#)		Totaal (#)
		Alleen	In gezelschap/Onder begeleiding	
Aanwezigheid van afleiding bij voetgangers (#)	Ja	181	148	329
	Nee	314	379	693
<b>Totaal (#)</b>		<b>495</b>	<b>527</b>	<b>1022</b>

De hypothesen voor de chi-kwadraattoets zijn de volgende. De chi-kwadraattoets wordt weergegeven in Tabel 43.

- H0: De verdeling van de aanwezigheid van afleiding bij voetgangers is onafhankelijk van de vorm van gezelschap.
- H1: De verdeling van de aanwezigheid van afleiding bij voetgangers is niet onafhankelijk van de vorm van gezelschap.

Tabel 43: Chi-kwadraattoets voor gezelschap en afleiding van de voetgangers

Chi-kwadraattoets voor gezelschap en afleiding van de voetgangers			
	Waarde	df	Asymptotische significantie (2-zijdig)
Pearson Chi-kwadraat	8,413 <sup>a</sup>	1	,004
N geldige cases	1022		

a. 0 cellen (0,0%) hebben een verwacht aantal van minder dan 5. Het minimum verwachte aantal is 159,35.

Uit de chi-kwadraattoets blijkt dat de  $p$ -waarde 0,004 is. We verwerpen de nulhypothese op significantieniveau 0,05. De mate van afleiding houdt dus een verband met beide vormen van gezelschap.

### Geslacht en stopgedrag

Een kruistabel van geslacht en stopgedrag van de voetgangers wordt weergegeven in Tabel 44.

Tabel 44: Geslacht en stopgedrag van voetgangers

Geslacht en stopgedrag van voetgangers				
		Geslacht voetganger (#)		Totaal (#)
		Vrouw	Man	
Samengevatte stopgedrag van voetgangers (#)	Stopt niet wanneer nodig	10	15	25
	Stopt wanneer nodig	464	295	759
<b>Totaal (#)</b>		<b>474</b>	<b>310</b>	<b>784</b>

De hypothesen voor de chi-kwadraattoets zijn de volgende. De chi-kwadraattoets wordt weergegeven in Tabel 45.

- H0: De verdeling van het samengevatte stopgedrag van voetgangers en geslacht zijn onafhankelijk.
- H1: De verdeling van het samengevatte stopgedrag van voetgangers en geslacht zijn niet onafhankelijk.

Tabel 45: Chi-kwadraattoets van geslacht en stopgedrag van voetgangers

Chi-kwadraattoets van geslacht en stopgedrag van voetgangers			
	Waarde	df	Asymptotische significantie (2-zijdig)
Pearson Chi-kwadraat	4,522 <sup>a</sup>	1	,033
N geldige cases	784		
a. 0 cellen (0,0%) hebben een verwacht aantal van minder dan 5. Het minimum verwachte aantal is 9,89.			

Uit de chi-kwadraattoets blijkt dat de  $p$ -waarde 0,033 is. We verwerpen de nulhypothese op significantieniveau 0,05. Het stopgedrag heeft dus een verband met gezelschap, alhoewel hier de opmerking bij gemaakt moet worden dat er een beperkte hoeveelheid personen is die niet stopten wanneer nodig.

### Gezelschap en stopgedrag

Een kruistabel van gezelschap en stopgedrag van de voetgangers wordt weergegeven in Tabel 46.

Tabel 46: Gezelschap en stopgedrag van voetgangers

Gezelschap en stopgedrag van voetgangers				
		Voetganger alleen of in gezelschap/onder begeleiding (#)		Totaal (#)
		Alleen	In gezelschap/Onder begeleiding	
Samengevatte stopgedrag van voetgangers (#)	Stopt niet wanneer nodig	14	10	24
	Stopt wanneer nodig	382	362	744
<b>Totaal (#)</b>		<b>396</b>	<b>372</b>	<b>768</b>

De hypothesen voor de chi-kwadraattoets zijn de volgende. De chi-kwadraattoets wordt weergegeven in Tabel 47.

- H0: De verdeling van het samengevatte stopgedrag van voetgangers is onafhankelijk van de vorm van gezelschap.
- H1: De verdeling van het samengevatte stopgedrag van voetgangers is niet onafhankelijk van de vorm van gezelschap.

Tabel 47: Chi-kwadraattoets van gezelschap en stopgedrag van voetgangers

Chi-kwadraattoets van gezelschap en stopgedrag van voetgangers			
	Waarde	df	Asymptotische significantie (2-zijdig)
Pearson Chi-kwadraat	,455 <sup>a</sup>	1	,500
N geldige cases	768		

a. 0 cellen (0,0%) hebben een verwacht aantal van minder dan 5. Het minimum verwachte aantal is 11,63.

Uit de chi-kwadraattoets blijkt dat de  $p$ -waarde 0,500 is. We verwerpen de nulhypothese niet op significantieniveau 0,05. Er is dus geen bewijs gevonden dat het stopgedrag verschilt over de twee vormen van gezelschap.





## 5 Discussie

### 5.1 Betrouwbaarheid van het systeem

De onderzoeker observeerde 156 (mogelijk 158) kleurovergangen van de voetgangerslichten. Bij 28 (mogelijk 30) van deze observaties miste de onderzoeker de kleurverandering van de lichten, waardoor niet met zekerheid kon worden vastgesteld of de ledstrips correct van kleur veranderden. Deze gemiste observaties waren te wijten aan het feit dat de onderzoeker net op het moment dat het licht of rood/groen sprong even wegkeek, onoplettendheid of slechte weersomstandigheden (de data werd vastgelegd met een laptop, die voortdurend schoongemaakt moest worden omwille van regen).

Van de overgebleven 128 observaties werd in 67 van de gevallen vastgesteld dat de ledstrip correct van rood naar groen licht sprong. In 61 van de gevallen werd vastgesteld dat de ledstrip correct van groen naar rood licht sprong. Foutieve, gemiste, ... kleurveranderingen werden niet vastgesteld: de betrouwbaarheid van het systeem is dus vermoedelijk erg hoog. Dat is logisch, aangezien de ledstrips vermoedelijk in directe verbinding staan met de voetgangerslichten. Ze wijzigen dus als de voetgangerslichten wijzigen.

### 5.2 Resultaten van de enquête

In wat volgt worden de resultaten van de enquête besproken.

Wat geslacht betreft deden er duidelijk meer vrouwen mee aan de enquête dan mannen: 58,7% van de regelmatige voetgangers was vrouwelijk en 30,2% van de regelmatige deelnemers was mannelijk. Van 11,1% van de regelmatige voetgangers is het geslacht niet bekend, mogelijk omdat zij voortijdig stopten met de enquête of een vraag voorgelegd kregen waardoor zij voortijdig de enquête beëindigden (en de demografische vragen niet te zien kregen). De antwoordopties “Andere” en “Zeg ik liever niet” werden niet aangeduid.

Wat leeftijd betreft is van 56 regelmatige voetgangers de leeftijd bekend. De gemiddelde leeftijd van de regelmatige voetgangers is 34,00 jaar, met een standaardafwijking van 16,112. Er zit een redelijk grote spreiding op de leeftijden van de regelmatige voetgangers: de jongste persoon die de enquête invulde was 12 jaar, de oudste persoon was 75 jaar.

11,1% van de regelmatige voetgangers beantwoordden de vraag omtrent de hoogst behaalde opleiding niet. Wat de overige regelmatige voetgangers betreft heeft de meerderheid oftewel de middelbare school afgewerkt (38,1%) oftewel een bacheloropleiding afgewerkt (33,3%). 12,7% van de regelmatige voetgangers werkte een masteropleiding af. 3,2% van de regelmatige voetgangers heeft een doctoraat behaald en een overige 1,6% heeft de basisschool afgewerkt. De regelmatige voetgangers zijn dus voornamelijk personen die hun middelbare school afgewerkt hebben of personen die hun bacheloropleiding afgewerkt hebben.

De auto is veruit het meest gebruikte vervoersmiddel door de regelmatige voetgangers: 55 van hen gaven aan dat zij minstens 1 keer per week de auto gebruikten. De fiets wordt minstens 1 keer per week gebruikt door 31 van de regelmatige voetgangers. 40 van de regelmatige voetgangers geven aan minstens 1 keer per week te voet te gaan: dit hoge aandeel is logisch aangezien de 56 personen die hier geanalyseerd worden aangaven zich regelmatig te voet in Hasselt te verplaatsen. De bus of tram en de trein worden minder gebruikt: respectievelijk worden deze modi gebruikt door 11 en 10 van de regelmatige voetgangers. De bromfiets (zowel klasse A of klasse B) wordt door geen enkele van de regelmatige voetgangers minstens 1 keer per week gebruikt. 1 regelmatige voetganger gaf aan een ander vervoersmiddel te gebruiken.

De grote meerderheid van de regelmatige voetgangers woont, werkt en/of gaat naar school in Hasselt. 76,2% gaf aan zo een band met Hasselt te hebben. 23,8% van de deelnemers gaf aan niet in Hasselt te wonen, te werken en/of naar school te gaan. Wat betreft de frequentie van het te voet gaan in Hasselt, blijkt dat 38,1% van de regelmatige voetgangers zich maandelijks te voet verplaatst in Hasselt. 42,9% verplaatst zich wekelijks te voet in Hasselt. 19,0% verplaatst zich dagelijks te voet in Hasselt. De meerderheid van de regelmatige voetgangers verplaatst zich dus minstens wekelijks in Hasselt, maar een groot deel van de regelmatige voetgangers verplaatst zich maandelijks in Hasselt. Zij worden ook bij regelmatige voetgangers gerekend, maar zij hebben vermoedelijk minder ervaring met verplaatsingen te voet in Hasselt dan de andere groepen.

Betrokkenheid bij ongevallen in de afgelopen 3 jaar ligt laag bij de regelmatige voetgangers. 95,2% van de deelnemers raakten de afgelopen 3 jaar niet als voetganger betrokken bij een ongeval, en 85,7% van de deelnemers raakten de afgelopen 3 jaar niet als automobilist betrokken bij een ongeval. Ongevallenbetrokkenheid als automobilist ligt dan ook iets hoger dan ongevallenbetrokkenheid als voetganger.

Wat de ongevallenbetrokkenheid als voetganger betreft, gaf 3,2% aan 1 keer in een ongeval betrokken te zijn geraakt. 1,6% gaf aan meer dan 2 keer in een ongeval betrokken te zijn geraakt. Wat de ongevallenbetrokkenheid als automobilist betreft, gaf 12,7% aan 1 keer betrokken te zijn geweest in een ongeval. 1,6% gaf aan meer dan 2 keer betrokken te zijn geweest in een ongeval.

Vier van de gerapporteerde ongevallen vonden plaats bij een zebrapad met verkeerslichten. Zeven van de gerapporteerde ongevallen vonden niet plaats bij een zebrapad met verkeerslichten. Wat de ongevallen bij een zebrapad met verkeerslichten betreft was in 1 geval de regelmatige voetganger zelf aan het oversteken op het zebrapad als voetganger. In twee ongevallen was de respondent zelf ook afgeleid en in drie ongevallen was de tegenpartij afgeleid. De steekproef is echter te klein om hier verdere uitspraken over te kunnen doen.

Zoals eerder vermeld gaven 18 voetgangers aan tijdens hun woon-werk- of woon-schoolverplaatsing een nieuw type oversteekvoorziening tegen te komen op hun route. 17 van hen gaven een beschrijving van dit systeem en gaven weer op welke locatie het zich bevindt. Verschillenden van hen gaven aan het zebrapad aan de Blauwe Boulevard reeds te kennen. Van zeker acht van hen kon afgeleid worden dat zij dit systeem kennen, alhoewel het er meer kunnen zijn aangezien niet alle locatiebeschrijvingen even precies waren. Andere aangehaalde systemen waren een systeem aan de Maastrichtersteenweg, de Corneliusstraat, de “dorp-skern” van Hasselt en de Grote Ring. Bijna alle aangehaalde systemen waren ledstrips, verlichting of leds die in de grond geïnstalleerd werden. 1 iemand haalde (ondergrondse) bruggen aan die over de Grote Ring van Hasselt gebouwd werden voor fietsers. Het systeem aan de Maastrichtersteenweg is volgens hen bedoeld voor fietsers en het systeem aan de Blauwe Boulevard werd geïdentificeerd als een systeem voor voetgangers, alhoewel 1 iemand aanhaalde dat het systeem voor fietsers diende. De systemen aan de Maastrichtersteenweg en de Blauwe Boulevard werken verschillend, zoals de regelmatige voetgangers die deze systemen vaak tegenkomen opmerkten. 3 van hen gaven aan dat ze niet wisten hoe het systeem werkt. De overige gaven aan wel te weten hoe het systeem werkt. Het systeem op de Maastrichtersteenweg detecteert fietsers met een sensor waardoor een ledstrip zal knipperen. Het systeem aan de Blauwe Boulevard volgt de verkeerslichtenregeling en licht op al naargelang de kleur van het verkeerslicht (alhoewel iemand aangaf dat de ledstrip wit wordt om aan te geven dat de voetganger mag oversteken, wat niet het geval is). Er moet bij deze gegevens vermeld worden dat, om de vraag voor de deelnemers te verduidelijken, het voorbeeld van in de grond ingebouwde leds werd aangehaald. Het kan zijn dat deze vraagstelling de deelnemers deed denken aan in de grond ingebouwde leds en dat zij zodanig niet verder nadachten over andere mogelijke systemen die zij misschien regelmatig tegenkomen.

De meerderheid van de regelmatige voetgangers is bekend met het zebrapad aan de Blauwe Boulevard. 74,6% van de voetgangers gaf aan dat zij bekend waren met het zebrapad. 22,2% van de voetgangers was niet bekend met het zebrapad. 3,2% beantwoordde deze vraag niet. 60,3% van hen heeft reeds ervaring met het systeem. 7,9% heeft geen ervaring met het systeem. 31,7% vulde deze vraag niet in, onder andere omdat deze vraag niet verschijnt voor personen die niet “Ja” invulden op de vraag omtrent bekendheid met het zebrapad aan de Blauwe Boulevard. Opmerkelijk is dus dat bekendheid met het zebrapad geen garantie is dat de voetganger ook daadwerkelijk ervaring krijgt met de ledstrips op het zebrapad.

11,1% van de deelnemers vulden het hypothetische scenario omtrent het gedrag van voetgangers in relatie tot de ledstrip niet in, maar van de overige deelnemers is duidelijk te zien dat de regelmatige voetgangers zelf rapporteren dat zij positief beïnvloed worden door de ledstrip. 22,2% van de voetgangers zou stoppen en de smartphone wegsteeken. De groep die zou stoppen en opkijken om het verkeer te controleren, maar de smartphone in de hand blijft houden, is met 61,9% het grootst. Echter zou 1,6% van de regelmatige voetgangers gewoon doorlopen als zij tijdens een sms-bericht de rode ledstrip zien branden in hun ooghoek en 3,2% zou stoppen, maar wel op hun smartphone blijven kijken.

Wat de houding van de subset van regelmatige voetgangers die de stellingen invulde (de stellingsrespondenten) betreft, blijkt dat over het algemeen de stellingsrespondenten redelijk wat vertrouwen hebben in de ledstrip bij het oversteken: het gemiddelde bij deze stelling is 3,77. De voetgangers voelen zich eveneens redelijk beveiligd ( $\bar{x} = 3,46$ ) en voelen zich door de ledstrip redelijk veiliger op het zebrapad ( $\bar{x} = 3,43$ ). Over het algemeen neigen ze ook een zebrapad met ledstrips veiliger te vinden dan een zebrapad zonder ledstrips ( $\bar{x} = 3,79$ ). Ook neigen ze te vinden dat een zebrapad met ledstrips vermijdt dat voetgangers door rood oversteken ( $\bar{x} = 3,29$ ). Zeker positief staan ze tegenover het waarschuwingseffect van de ledstrip: Met een gemiddelde van 4,09 zijn de stellingsrespondenten het over het algemeen eens dat de ledstrip hen inderdaad waarschuwt als zij het zebrapad naderen.

Over sommige aspecten van de ledstrip is er meer onenigheid of zijn de stellingsrespondenten neutraal. Met name zijn de stellingsrespondenten neutraal over het feit dat de ledstrip vermijdt dat voetgangers zonder te kijken oversteken ( $\bar{x} = 2,95$ ), dat de ledstrip hen bewust maakt van de problematiek van afleiding in het verkeer ( $\bar{x} = 3,09$ ) en dat het aantal verkeersongevallen met voetgangers sterk zou dalen als ledstrips bij elk zebrapad geïnstalleerd zouden worden ( $\bar{x} = 3,16$ ). Ook staan de voetgangers neutraal tegenover de stelling dat zij méér op hun hoede zouden zijn bij het oversteken als de ledstrip niet werkt ( $\bar{x} = 2,95$ ).

Er zijn eveneens een aantal aspecten van de ledstrips waar de stellingsrespondenten het niet mee eens zijn. Met name zijn de stellingsrespondenten eerder geneigd om te denken dat ze zich niet veilig voelen om hun smartphone te blijven gebruiken terwijl zij wandelen door de ledstrip ( $\bar{x} = 2,61$ ). Ook zijn ze er niet van overtuigd dat de ledstrips- voor een automobilist- afgeleide voetgangers zullen stoppen ( $\bar{x} = 2,57$ ). Ze zijn er helemaal niet van overtuigd dat de ledstrip ervoor zorgt dat voetgangers niet meer op hun smartphone kijken bij het oversteken. ( $\bar{x} = 2,18$ ). Tot slot was de meest negatief beoordeelde stelling “Dankzij deze ledstrips moet ik als automobilist minder opletten bij een door verkeerslichten beveiligd zebrapad.”. Met een gemiddelde van 1,73 zijn de stellingsrespondenten het niet eens met deze stelling, wat uiteraard een positief signaal is.

De stellingsrespondenten lijken dus gematigd positief te zijn over de ledstrips. Zij zien er zeker wel de waarde van in, gezien het feit dat ze eerder geneigd zijn om zich veiliger te voelen op een zebrapad met ledstrips en geneigd zijn te vermoeden dat de ledstrips kunnen vermijden dat een voetganger door rood oversteekt. Echter zijn ze niet zeker of de ledstrips kunnen vermijden dat iemand zonder te kijken oversteekt, noch dat het systeem voetgangers bewuster maakt rond afleiding in het verkeer. Ze vermoeden echter dat de ledstrips er niet voor zullen zorgen dat voetgangers niet meer op hun

smartphone kijken. Het systeem zal volgens hen echter er niet voor zorgen dat zij als automobilist minder zullen opletten bij een door verkeerslichten beveiligd zebraapad.

Bij deze is de vraag “Welke houding hebben voetgangers en automobilisten, en specifiek zij die wonen, werken en/of naar school gaan in Hasselt, tegenover experimentele oversteekvoorzieningen van deze aard?” beantwoord.

## 5.3 Resultaten van de observaties

In wat volgt worden de observaties besproken. Vooraleer zij besproken worden, moet vermeld worden dat Cohens kappa voor de parameters “Afleiding voetganger” en “Kijkgedrag voetganger” zeer laag was en niet significant. Dit wijst erop dat de observaties mogelijk onbetrouwbaar zijn. Aldus McHugh (2012) geven waarden van Cohens kappa die kleiner zijn dan of gelijk zijn aan 0 aan dat er geen akkoord is tussen beide observatoren. Dat is in dit onderzoek het geval voor de variabelen “Afleiding voetganger” en “Kijkgedrag voetganger”. Cohens kappa voor de variabele “Stopgedrag voetganger” is 0,023, wat volgens McHugh (2012) overeenkomt met geen tot weinig overeenkomst tussen beide observatoren. De kappa's waren echter niet significant.

### 5.3.1 Voetgangers

Wat de resultaten van de observaties betreft, viel de grote hoeveelheid vrouwen op. Van 1075 van de geobserveerde voetgangers is het geslacht bekend. Maar liefst 657 geobserveerde voetgangers waarvan het geslacht geobserveerd werd was een vrouw, tegenover 418 mannelijke voetgangers. Bovendien bleek er een significant verschil te zijn in de verdeling van het geslacht van voetgangers bij het experimenteel zebraapad en het controlezebraapad, wat betekent dat enige verschillen in gedrag tussen het experimenteel zebraapad en het controlezebraapad mogelijk te wijten kunnen zijn aan verschillen in geslacht.

Deze voetgangers konden in gezelschap van andere voetgangers zijn of niet. Van 1022 voetgangers kon geobserveerd worden of zij alleen of in gezelschap waren. Erg opvallend is hier dat er een groot verschil blijkt te zijn tussen het controlezebraapad en het experimenteel zebraapad. Bij het controlezebraapad werden voornamelijk voetgangers die alleen waren geobserveerde (264 voetgangers, met name) en 159 voetgangers die in gezelschap of onder begeleiding waren. Bij het experimenteel zebraapad werden juist voornamelijk voetgangers in gezelschap geobserveerd: maar liefst 368 voetgangers waren daar in gezelschap of onder begeleiding, in tegenstelling tot 231 voetgangers die alleen liepen. Dit verschil bleek ook significant te zijn. Hier moet rekening mee gehouden worden, aangezien dit betekent dat enige verschillen van gedrag van de voetgangers tussen de twee zebraapaden mogelijk te wijten kunnen zijn aan het feit dat zij in gezelschap zijn of niet.

Voor 489 voetgangers kon geobserveerd worden of zij op of naast het zebraapad overstaken. De proportie voetgangers die naast het zebraapad overstaken was, met 46 voetgangers tegenover 216 voetgangers, hoger bij het controlezebraapad dan het experimenteel zebraapad (met 16 voetgangers tegenover 205 voetgangers). Slechts een zeer klein aantal voetgangers vertoonde een andere gedraging. Er bleek een significant verschil te zijn tussen de oversteeklocatie op het experimenteel zebraapad en op het controlezebraapad. Op het controlezebraapad zullen voetgangers meer geneigd zijn om naast het zebraapad over te steken. Dit is logisch: het experimenteel zebraapad is immers zeer breed (dit was een van de kritieke verschillen tussen het controlezebraapad en het experimenteel zebraapad). Bovendien nodigt het controlezebraapad ook uit om naast het zebraapad over te steken aangezien er een fietsoversteekplaats is die bijvoorbeeld uitgerust is met aflopende boordstenen.

De richting waarin de voetganger overstak werd eveneens geobserveerd. Opvallend is dat exact evenveel voetgangers waarvan de richting geobserveerd werd bij het experimenteel zebraapad werden geobserveerd in elke richting: 267 voetgangers in elke richting. Bij het controlezebraapad staken 229

voetgangers over in de richting van de Grote Ring en 197 voetgangers staken over in de richting van Hasselt.

Wat afleiding betreft was de meerderheid van de voetgangers niet afgeleid bij het zebrapad. De meest voorkomende vorm van afleiding was blijven kijken op de smartphone aan het zebrapad, gevolgd door de smartphone in de hand houden bij aankomst aan het zebrapad. Deze twee vormen van afleiding kwamen in bijna gelijke mate voor aan het controlezebrapad. Opmerkelijk is dat die verhoudingen van de verschillende vormen van afleiding niet helemaal overeenkomen met het onderzoek van Horberry en collega's (2019). Zij ontdekten immers dat zowel afleiding door te sms'en als afleiding door enkel naar muziek te luisteren via oortjes zonder een toestel te gebruiken ongeveer in gelijke mate voorkwamen bij afgeleide voetgangers (respectievelijk bij 37% en 38%). In dit onderzoek werd het luisteren naar muziek echter veel minder vaak geobserveerd dan het gebruiken van een telefoon tijdens het wandelen. 14 van de in totaal 876 voetgangers waarvan de toestand van afleiding geobserveerd kon worden luisterden naar muziek zonder een toestel te gebruiken via oortjes, 4 extra geobserveerde voetgangers luisterden naar muziek terwijl ze een toestel gewoon in de hand hielden en 3 extra geobserveerde voetgangers luisterden muziek maar er kon niet geobserveerd worden of zij ook op een andere manier afgeleid waren. Dit in tegenstelling tot de voetgangers waarvan geobserveerd werd dat ze een toestel gebruikten: 72 van de in totaal 876 voetgangers waarvan de toestand van afleiding geobserveerd kon worden gebruikten enkel hun toestel en bleven erop kijken bij aankomst aan het zebrapad. Hier moet de opmerking bij gemaakt worden dat het moeilijk is om te observeren of een voetganger muziek luistert of niet: als de voetganger immers een kap op heeft, dan zijn oortjes of iets dergelijks moeilijk of niet te zien.

Het percentage afgeleide voetgangers in het algemeen, in totaal, was 37,9% (434 van 1154 voetgangers). Alhoewel hierbij de opmerking gemaakt moet worden dat onder andere door drukte niet alle voetgangers geobserveerd konden worden, ligt dit percentage opvallend hoger dan de percentages die genoteerd werden door Horberry en collega's (2019) (20% gebruikte een telefoon op een of andere manier), Baswail en collega's (2019) (31,37% van scholieren gebruikte een toestel tijdens het oversteken) en Hamann en collega's (2017) (6,3 afgeleide voetgangers per 100 voetgangers). Aan de andere kant ligt het percentage lager dan de resultaten van Wells en collega's (2018) (41,2% van de in detail geobserveerde voetgangers was op een of andere manier afgeleid) en Ortiz en collega's (2017) (53% van de voetgangers was op een of andere manier afgeleid, alhoewel zij ook andere vormen van afleiding dan de smartphone meetelden). De resultaten van dit onderzoek wat de prevalentie van afleiding bij het oversteken betreft, liggen dus redelijk in lijn met vorige onderzoeken. Wat verschillen in prevalentie tussen het controlezebrapad en het experimenteel zebrapad betreft, waren bij het controlezebrapad 164 personen op een manier afgeleid en bij het experimenteel zebrapad waren 270 personen afgeleid. 285 personen bij het controlezebrapad waren niet afgeleid en 426 personen bij het experimenteel zebrapad waren niet afgeleid. Echter is er geen bewijs dat het type zebrapad een significante invloed heeft op de mate van afleiding bij de twee zebrapaden.

Wat stopgedrag betreft stopt een grote proportie voetgangers voor de ledstrip. 248 voetgangers stapten voorbij de ledstrip op het experimenteel zebrapad terwijl 118 voetgangers voor de ledstrip stoppen. Bovendien moet hierbij vermeld worden dat op het experimenteel zebrapad de knop om een aanvraag te doen om over te steken tussen het zebrapad en de ledstrip ligt: voetgangers moeten dus voorbij de ledstrip stappen om een aanvraag te doen. Bij het controlezebrapad stopten 12 voetgangers niet wanneer dit nodig was en bij het experimenteel zebrapad stopten 13 voetgangers niet wanneer dit nodig was. Bij het controlezebrapad stopten 319 voetgangers wanneer dit nodig was en bij het experimenteel zebrapad stopten 456 mensen wanneer dit nodig was. Echter is er geen bewijs dat het type zebrapad een significante invloed heeft op het stopgedrag van voetgangers bij de twee zebrapaden.

Onderzoek omtrent de impact van systemen als deze op het gedrag van voetgangers is redelijk schaars, dus er zijn nog weinig onderzoeken waarmee deze resultaten vergeleken kunnen worden. Wel is er het onderzoek van Barin en collega's (2018) die de effecten van een boodschap die op de stoeprand



geschilderd werd onderzochten. 1 week na de interventie was het aantal afleidingen gedaald van 23% naar 17%. Dit effect was er niet op lange termijn, maar wel bleek dat zowel de frequentie van sms'en als het luisteren naar muziek via koptelefoons erop achteruitging op lange termijn (alhoewel andere vormen van afleiding dan weer vaker voorkwamen). In feite zijn de resultaten van dit onderzoek op een manier gelijkaardig aan het onderzoek van Barin en collega's (2018). De ledstrips liggen al in Hasselt sinds 2020 (Latinne, 2020). Het is goed mogelijk dat het systeem op korte termijn wel degelijk effecten heeft gehad. Inmiddels is het echter 2022, dus als het systeem geen langetermijneffecten heeft, dan is het logisch dat er geen verschil in gedrag te zien is tussen het experimenteel zebrapad en het controlezebrapad. Uiteraard moet ook de vergelijking gemaakt worden met het onderzoek van Kommers (2019) voerde hier in het kader van een masterthesis onderzoek over. In dit onderzoek zorgden de Lichtlijnen tevens niet voor een veiliger gedrag van voetgangers. Over roodlichtnegatie kon er geen conclusie getrokken worden.

Bij deze zijn de vragen “Welke impact heeft de experimentele oversteekvoorziening op de afleiding van een voetganger?” en “Welke impact heeft de experimentele oversteekvoorziening op het stopgedrag van een voetganger?” beantwoord.

### *5.3.2 Automobilisten*

Kijkende naar het geslacht van de automobilisten valt op dat er verhoudingsgewijs meer mannen werden geobserveerd dan vrouwen- een contrast in vergelijking met de opvallende dominantie van vrouwen bij de voetgangers. Bij het experimenteel zebrapad werden 133 vrouwelijke automobilisten geobserveerd en 249 mannelijke automobilisten. Bij het controlezebrapad liggen die aantallen respectievelijk op 136 en 219. Er is geen bewijs dat de verdeling van de geslachten significant verschilt tussen de twee zebrapaden.

Roodlichtnegatie bij beide zebrapaden lag erg laag. 2 voertuigen reden door het rode licht bij het controlezebrapad, en 1 voertuig reed door het rode licht bij het experimenteel zebrapad. Er lijkt ook een verschil te zijn tussen het stopgedrag aan beide zebrapaden. Verhoudingsgewijs zijn voertuigen aan het controlezebrapad meer geneigd om te rollen of bewegen voor te vertrekken terwijl het licht nog rood is (36 automobilisten tegenover 397 automobilisten in totaal). Bij het experimenteel zebrapad ligt die verhouding iets lager (33 automobilisten tegenover 432 automobilisten in totaal). Echter is er geen bewijs gevonden dat het stopgedrag ook daadwerkelijk verschilt tussen de twee zebrapaden.

Bij deze is de vraag “Welke impact heeft de experimentele oversteekvoorziening op het stopgedrag van een automobilist?” beantwoord.

### *5.3.3 Verband tussen geslacht, gezelschap en gedragsfactoren van voetgangers*

Echter kunnen er ook mogelijke verbanden getrokken worden tussen de individuele bestudeerde factoren tijdens de observaties, met name eigenschappen van de voetgangers zoals geslacht en gezelschap en hun gedrag.

Wat het verband tussen geslacht en afleiding betreft, werd er geen bewijs gevonden dat de aanwezigheid van afleiding bij voetgangers significant verband houdt met geslacht. Opmerkelijk is hier dat uit de survey van Hou en collega's (2021) blijkt dat het fenomeen van afleiding tijdens het oversteken vaker voorkomt bij vrouwen dan bij mannen: uit hun survey bleek immers dat 50,7% van de mannelijke respondenten en 56,5% van de vrouwelijke respondenten de afgelopen twee weken al ervaring hadden met hun telefoon te gebruiken tijdens het oversteken van de straat. Uit observaties in de realiteit blijkt dus dat dit verband niet significant is. Hetzelfde geldt voor het verband tussen stopgedrag en gezelschap van voetgangers, dat ook niet significant is.

Er is echter wel een verband tussen gezelschap en afleiding van voetgangers. In totaal werden 495 voetgangers alleen geobserveerd waarvoor ook de afleiding bekend was. 527 voetgangers waarvan ook

de afleiding bekend was werden in gezelschap of in begeleiding geobserveerd. Van de 495 voetgangers die alleen waren, werden er 181 geobserveerd die afgeleid waren. Van de 527 voetgangers die in gezelschap of in begeleiding waren, werden er 148 voetgangers geobserveerd die afgeleid waren. Er blijkt een statistisch significant verband te zijn in de aanwezigheid van afleiding bij de twee vormen van gezelschap: voetgangers die alleen zijn, zijn vaker afgeleid. Afleiding houdt hier echter alleen afleiding door een toestel zoals een smartphone in. Sommige voetgangers in groepjes praatten met elkaar, maar hier werd niet op gefocust aangezien het een lastig te verifiëren parameter is. Indien praten meegerekend werd als een vorm van afleiding, dan zou het aantal afgeleide voetgangers in gezelschap vermoedelijk hoger liggen. De hoeveelheid afgeleide voetgangers die alleen waren zou vermoedelijk gelijk blijven aangezien voetgangers die alleen zijn geen partner hebben om mee te praten.

Daarnaast werd er ook een verband ontdekt tussen geslacht en stopgedrag. Stopgedrag bleek significant te verschillen over de geslachten heen. In totaal werden er 474 vrouwen geobserveerd met een geldige waarde voor stopgedrag en 310 mannen met een geldige waarde van stopgedrag. 10 van de vrouwen stopten niet wanneer dit nodig was en 15 mannen stopten niet wanneer dit nodig was. De proportie mannen die niet stopte wanneer dit nodig was, is dus hoger.

## 5.4 Beperkingen

Een belangrijke beperking in dit onderzoek was het feit dat manuele observatie een inferieure observatiemethode is in vergelijking met observatie aan de hand van bijvoorbeeld camera's. Dit was zichtbaar aan de hand van de lage Cohens Kappa. Dit is logisch: verschillende voetgangers of verschillende gedragingen van voetgangers konden niet geobserveerd worden door bijvoorbeeld een grote massa aan voetgangers. Bovendien waren beide observatoren nog niet getraind in gedragsobservatie, wat tevens de lage betrouwbaarheid kan verklaren.

De data die verzameld werd is redelijk betrouwbaar op momenten dat er weinig voetgangers langskwamen, maar die betrouwbaarheid verkleint als er veel voetgangers tegelijkertijd aankwamen op het zebrapad. De onderzoeker had in dat geval twee keuzes:

- Oftewel noteert deze alle voetgangers op, wat leidt tot minder bias, maar wel tot meer gemiste observaties;
- Oftewel selecteert de onderzoeker manueel een voetganger om alle gedragingen van te noteren, wat leidt tot meer gedetailleerde data, maar deze keuze kan onderhevig zijn aan onbewuste bias van de onderzoeker uit.

Observaties met videocamera's hebben dit probleem niet. Het is een methodiek die ook in eerdere onderzoeken werd gebruikt. Chen en collega's (2018) combineerden camera-observatie bijvoorbeeld met interviews.

Camera-observatie zou objectiever zijn dan manuele observatie, aldus Asan en Montague (2014). Met camera-observatie kan een onderzoeker na de geobserveerde gebeurtenissen de beelden nog eens bekijken. Toegepast op dit onderzoek zou dat betekenen dat een camera het gedrag op het zebrapad opneemt, waarna de onderzoeker op zijn of haar eigen tempo kan aanduiden welke voetganger wat voor soort gedrag vertoont. Een nadeel van traditionele observatie is juist dat de onderzoeker gebeurtenissen mist Asan en Montague (2014).

Een ander voordeel van camera-observatie is dat de onderzoeker vrij is om zo veel variabelen als deze wenst te observeren. Aangezien de situatie op het zebrapad immers op beeld staat, kan de onderzoeker deze beelden telkens opnieuw bekijken om- in het geval van dit onderzoek- te bestuderen wat voor gedrag een voetganger of automobilist precies vertoont. Aldus Asan en Montague (2014) behoudt camera-observatie de rijkheid van de data. Zij vernoemen ook het feit dat de onderzoeker in staat is om



activiteiten over enige tijd en in grote mate van hun complexiteit na te kunnen gaan met behulp van camera-observatie.

Een andere beperking van dit onderzoek is dat het gedrag van voetgangers veel complexer is dan de variabelen in dit onderzoek aangeven. Er zijn veel nuances in hun gedrag die niet zomaar gevat kunnen worden in enkele variabelen. Zo kan het gebeuren dat voetgangers eerst hun telefoon in hun zak steken bij het wachten en deze tijdens het wachten toch weer gebruiken (bijvoorbeeld omdat de wachttijd te lang duurt). Het kan ook gebeuren dat een voetganger stopt voor de ledstrip, daar even blijft staan, en dan toch voorbij de ledstrip stapt. Bovendien kunnen ook demografische variabelen verkeerd ingeschat worden: “geslacht” kon in dit onderzoek alleen bepaald worden op basis van uiterlijke kenmerken zoals lichaamsbouw, haarstijl en klederdracht, dus het is goed mogelijk dat de onderzoeker mannen foutief aangeduid heeft als vrouwen of dergelijke. In deze gevallen is het ambigu in welke categorie de voetganger valt, dus moest de onderzoeker de meest passende categorie aanduiden.

De enquête kon, ondanks de verschillende toegepaste verspreidingsmethodes, slechts 85 mensen bereiken, en dit na twee rekruteringsrondes via Facebookgroepen en een e-mail die via [enquetes@uhasselt.be](mailto:enquetes@uhasselt.be) werd verspreid. Bovendien waren er een aantal keuzes gemaakt bij het opstellen van de enquête die zorgden voor minder kwalitatieve data. Zo waren er een aantal vragen die de deelnemer naar het einde van de enquête stuurden, omdat zij niet tot de te onderzoeken doelgroep behoorden (met name voetgangers die regelmatig wandelen in Hasselt). Het was beter geweest om hen eerst de demografische vragen te laten invullen, zodat er toch meer gegevens over hen beschikbaar zijn (zoals geslacht en leeftijd).

## 5.5 Aanbevelingen

Het installeren van ledstrips op drukke oversteekvoorzieningen is mogelijk aan te bevelen aan gemeenten en steden. Alhoewel er tijdens de observaties geen bewijs gevonden werd dat de ledstrips een significante impact hebben op het gedrag van voetgangers en automobilisten bij een zebrapad, geldt onder voetgangers de perceptie wel dat de oversteekvoorziening veiliger wordt door de ledstrips. Zo is de perceptie van een zebrapad met ledstrips dat het veiliger is dan een zebrapad zonder ledstrips. Op het vlak van subjectieve veiligheid kan er dus zeker wel een voordeel zijn. Echter moet hierbij de opmerking gemaakt worden dat weggebruikers- op basis van de enquête- niet vinden dat de ledstrips ervoor zorgen dat iemand zijn of haar smartphone niet zal gebruiken bij het oversteken. Er zal dus steeds een afweging gemaakt moeten worden of de ledstrips daadwerkelijk nodig zijn, zeker aangezien ze vooralsnog geen aantoonbaar effect op gedrag van voetgangers en automobilisten hebben.

Verdere aanbevelingen hebben vooral betrekking op onderzoek op dit vlak. Uit bovenstaande resultaten bleek immers dat de data gebrekkig is. Wat de enquête betreft werd ondanks een brede oproep via verschillende Facebookgroepen en het e-mailaccount dat enquêtes binnen UHasselt verspreid slechts een beperkte hoeveelheid ingevulde vragenlijsten verzameld, waarvan niet alle vragenlijsten volledig ingevuld waren. Wat de observaties betreft bleek uit Cohens kappa dat de kwaliteit van de data niet goed is.

In toekomstige onderzoeken moeten nog meer kanalen ingezet worden om de enquête te verspreiden. Er kan hierbij gedacht worden aan gemeentelijke communicatiebronnen, zoals een oproep op de website van naburige gemeenten van Hasselt en Hasselt zelf. Ook de enquêtologica kan best aangepast worden. Deelnemers werden na het invullen van een ongewenst antwoord (bijvoorbeeld “jaarlijks” bij de vraag “Hoe vaak verplaatst u zich te voet in Hasselt?”) onmiddellijk doorgestuurd naar het einde van de enquête. Beter zou het zijn om hen alsnog de enquête te laten invullen om meer data te verzamelen. Ook zou men zo de demografische gegevens van deze personen kunnen verzamelen.

Wat de observaties betreft is het waarschijnlijk een beter idee om volledig in te zetten op camera-observatie. Dit is moeilijker te organiseren dan menselijke organisatie omwille van bijvoorbeeld

privacywetgeving, maar zal leiden tot veel betrouwbaardere data aangezien de onderzoeker in staat zou zijn om de beelden terug te spoelen en op pauze te zetten om geobserveerde voetgangers op een zo correct mogelijke wijze te classificeren. Een camera zou bovendien een permanent onderdeel kunnen zijn van dit systeem. De massa voetgangers die van dit zebrapad gebruik maakt is enorm, en camera's kunnen niet alleen data verzamelen, maar ook een beveiligingsfunctie opnemen door bijvoorbeeld snelheid van auto's te meten.

Verder moet er buiten de grenzen van Hasselt gezocht worden om een goed vergelijkbaar zebrapad te vinden. Ondanks bepaalde overeenkomsten verschilde het controlezebrapad immers nog op een aantal kritieke punten van het experimenteel zebrapad. Ook de samenstelling van de massa voetgangers bij beide zebrapaden verschillen op zowel het vlak van geslacht als gezelschap. Bij verder onderzoek zou het experimenteel zebrapad dus best vergeleken worden met een zebrapad dat nog meer overeenkomsten heeft.

Hoe dan ook moet de literatuur omtrent de effectiviteit van zulke systemen als aan de Blauwe Boulevard uitgebreid worden. Op basis van de literatuurstudie in dit onderzoek bleek immers dat voetgangers wel degelijk in staat zijn om deze systemen te detecteren, maar er moet meer onderzoek gebeuren naar de werking van deze systemen in de praktijk. Onderzoek dat verschillende systemen met elkaar vergelijkt kan tevens bijdragen aan een beter begrip van deze nieuwe systemen om oversteekvoorzieningen te beveiligen.



## 6 Conclusie

Dit onderzoek legde zich toe op de studie van een nieuw type oversteekvoorziening aan de Blauwe Boulevard in Hasselt. Nieuwe manieren om een zebrapad veiliger te maken zijn al vaker aan bod gekomen in de literatuur. Het gaat bijvoorbeeld om verlichtingssystemen, apps en dergelijke. Het zebrapad is uitgerust met ledstrips in de grond die oplichten in de kleur van het verkeerslicht. Met een enquête en een observatieonderzoek werd getracht om de effecten van deze ledstrips in kaart te brengen.

De technische betrouwbaarheid van het systeem is goed. Tijdens een observatiemoment om deze betrouwbaarheid te controleren wisselde de ledstrip steeds correct van kleur.

Regelmatige voetgangers zijn bekend met het zebrapad en in mindere mate weten ze ook hoe het werkt. Hun perceptie van het systeem is gematigd positief. Zo is er de perceptie dat een zebrapad met ledstrips veiliger is dan een zebrapad zonder ledstrips. Aan de andere kant blijkt echter ook dat de weggebruikers niet vinden dat de ledstrips ervoor zorgen dat iemand zijn of haar smartphone niet zal gebruiken bij het oversteken. Een uitgebreidere enquête is echter nodig, aangezien slechts een beperkte hoeveelheid respondenten de enquête volledig invulde.

Op basis van het observatieonderzoek kan echter niet bevestigd worden dat de ledstrips een significante impact hebben op het gedrag van voetgangers of automobilisten. Meer onderzoek is echter nodig, aangezien de inter-rater reliability van de data erg laag was en de correctheid van deze conclusie mogelijk in twijfel getrokken kan worden.



# DEEL 2: GEDRAG VAN HET SLIMME BITLOGICX VERLICHTINGSSYSTEEM ONDER VERSCHILLENDE VERLICHTINGSOMSTANDIGHEDEN



# 1 Introductie: Duisternis in het Verkeer

## 1.1 Verkeersveiligheidsproblematiek van kwetsbare weggebruikers

Verkeersveiligheid blijft een heikel probleem in Vlaanderen. Aldus Statistiek Vlaanderen (2021) is het aantal verkeersdoden in het Vlaams Gewest in dalende lijn, met 254 verkeersdoden in 2020. Dat is een halvering van het aantal doden in 2005. Ook bij de zwaargewonden is er bijna een halvering zichtbaar sinds 2005: in 2005 vielen er 3.912 zwaargewonden te betreuren in het Vlaams Gewest, in 2020 waren dat er 2.048.

Alhoewel het Vlaams Gewest het met 254 verkeersdoden in 2021 een stuk beter doet dan vroeger, zijn dit nog altijd 254 verkeersdoden te veel. Bovendien was 2020 een zeer opmerkelijk jaar door de coronacrisis. Mensen werd aangeraden om zo weinig mogelijk buiten te komen. Dat heeft natuurlijk een impact op de hoeveelheid verkeer, met mogelijk als logisch gevolg dat het aantal verkeersdoden daalt. 2020 werd zo een trendbreuk, want het aantal verkeersdoden was sinds 2017 aan het stabiliseren en zelfs lichtjes aan het stijgen tot 2019 (Statistiek Vlaanderen, 2021).

Ook volgens Statistiek Vlaanderen (2021) blijkt dat 4 op de 10 van de dodelijke verkeersslachtoffers een voetganger of een fietser is. Bij de fietsers was er zelfs een lichte stijging van het aantal doden in 2020 tegenover 2005.

Aldus SWOV (2020b) kunnen oversteekvoorzieningen de veiligheid van voetgangers zeker verhogen. Vooral oversteekvoorzieningen die beveiligd zijn met verkeerslichten zijn veilig, aangezien ze voetgangers (deels) scheiden van gemotoriseerd verkeer. Uit onderzoek leidt SWOV (voorzichtig) af dat zebepadmarkeringen an sich weinig effect hebben op de verkeersveiligheid. Het is effectiever om maatregelen zoals snelheidsremmers te nemen.

Een belangrijk element om oversteekvoorzieningen zichtbaarder te maken, aldus SWOV (2020b), is zichtbaarheid. Dankzij verlichtingselementen kunnen zebepaden zichtbaarder gemaakt worden, wat de verkeersveiligheid ten goede zou komen. Dat is logisch, want duisternis heeft an sich een negatief effect op de verkeersveiligheid.

## 1.2 Duisternis en verkeersveiligheid

### 1.2.1 Nachtelijke verkeersongevallen

Aldus Sloomans (2021) vormen ongevallen tijdens de nacht een minderheid van het aantal ongevallen. Wat betreft letselongevallen, gebeurde in 2020 11% van de ongevallen 's nachts. 20% van de doden 30 dagen vielen tijdens een nacht, en 11% van de gewonden vielen tevens 's nachts. Deze cijfers staan echter disproportioneel tegenover de verdeling van voertuigkilometers in 2016 (iets meer dan 5%). Zeker het aantal doden 30 dagen is dus relatief hoog tijdens de nacht.

Samerei en collega's (2021) analyseerden de ernst van busongevallen in Australië op basis van data mining. Specifieker onderzochten zij 1705 busongevallen in de staat Victoria, die gebeurden tussen 2006 en 2019. Aldus de data die zij gebruikten, kennen busongevallen die 's nachts gebeurden een hoge sterftegraad van 5,5%. Ter vergelijking: deze sterftegraad is 2,1% voor ongevallen die overdag gebeurden en 4,1% voor ongevallen die bij schemering of dageraad gebeurden. Chang en collega's (2022) onderzochten met behulp van een RGOP-HM model de ernst van verwondingen bij ongevallen met een elektrische fiets die tussen 2014 en 2016 gebeurden in Hunan, een provincie in China. In China zijn er twee veelvoorkomende categorieën van elektrische fietsen: fietsen met elektrische trapondersteuning en fietsen die tevens als scooter kunnen dienen. Aldus hun analyse blijkt dat duisternis en schemerlicht geassocieerd zijn met een hoger risico op een verwonding.



### *1.2.2 Impact van lichtgesteldheid op perceptie van weggebruikers*

De lichtgesteldheid heeft een enorme impact op de perceptie van de omgeving, aldus AZO Materials (2018). Dat heeft te maken met de werking van het menselijk oog. Het oog bevat twee types lichtreceptoren: staafjes, die in staat zijn om helderheidsniveaus van elkaar te onderscheiden, en kegeltjes, die de mens helpen om kleuren te onderscheiden. Als het menselijk zicht voornamelijk vertrouwt op kegeltjes, dan noemt dat fotopisch zicht. Bij daglicht maakt de mens gebruik van dit zicht. Als het nacht is, dan maakt de mens gebruik van scotopisch zicht of nachtzicht, dat voornamelijk vertrouwt op de staafjes die zeer gevoelig zijn aan lichtintensiteit.

Lichtintensiteit kan een belangrijke impact hebben op de perceptie van weggebruikers. Wood en collega's (2018) onderzochten de impact van het dimmen van LED-straatverlichting op de perceptie en het weggedrag van autobestuurders. De tests voor dit onderzoek werden uitgevoerd op een gesloten circuit. Aldus hun onderzoek blijkt dat het dimmen van de verlichting tot 25%-50% zorgde voor een vermindering van de afstand waarop de bestuurders voetgangers konden waarnemen.

Daarnaast blijkt uit onderzoek door Cheng en collega's (2014) dat de herkenningafstand en snelheidsperceptie van bestuurders er 's nachts op achteruit gaan. De onderzoekers voerden een experiment uit op een 22 kilometer lang segment van de Chang-Song snelweg, die de Chinese steden Chang-Chun en Song-Yuan met elkaar verbindt. De snelheidslimiet op deze snelweg is 100 km/u. De deelnemers waren 10 autobestuurders en voerden de rit zes keer uit aan verschillende snelheden. Uit het onderzoek bleek dat de herkenningafstand 's nachts 7% korter is dan de herkenningafstand overdag. Er is bovendien een modererend effect van snelheid: hoe hoger de snelheid, des te lager zal de herkenningafstand zijn. Dat is eveneens problematisch, want snelheidsinschatting wordt 's nachts eveneens negatief beïnvloed: bestuurders onderschatten hun snelheid als zij minder dan 90 km/u rijden, en zij overschatten hun snelheid als zij meer dan 100 km/u rijden.

Oogproblemen kunnen dat probleem mogelijk nog verergeren. Oogziekten hebben immers een impact op het functioneren van het oog. Zo voerden Wang en collega's (2019) een onderzoek uit naar de rijvaardigheden en risicoperceptie van bijziende autobestuurders tijdens de nacht. Het onderzoek omvatte een survey die werd uitgevoerd 500 bestuurders in de Chinese stad Hefei, waarbij resultaten van 364 bijziende bestuurders en 81 niet-bijziende bestuurders werden behouden. Uit het onderzoek bleek dat de risicoperceptie 's nachts van bestuurders met een hoge mate van bijziendheid hoger was dan de risicoperceptie 's nachts van bestuurders met lagere niveaus van bijziendheid. De zelf gerapporteerde rijvaardigheid tijdens de nacht van bestuurders met een hoog niveau van bijziendheid lag ook lager dan de zelf gerapporteerde rijvaardigheid tijdens de nacht van bestuurders met lagere niveaus van bijziendheid.

### *1.2.3 Impact van lichtgesteldheid op gedrag van weggebruikers*

Het gedrag van bestuurders wijzigt afhankelijk van de lichtgesteldheid. Zo voerden Gilandeh en collega's (2018) een rijimulatoronderzoek met buschauffeurs om de impact van lichtgesteldheid op hun gedrag te bepalen. Zo blijkt dat de gemiddelde snelheid 's nachts over het algemeen lager was, en dit voor verschillende segmenttypes. Ook Jägerbrand en collega's (2018) ontdekten dat lichtgesteldheid een impact kan hebben op gereden snelheid, maar komen tot de conclusie dat duisternis juist mensen zou kunnen aanzetten tot hardrijden. Op een controlelocatie bij hun studie naar snelheid in een residentiële straat in Zweden, ontdekten zij dat de gemiddelde snelheid van bestuurders overdag en 's nachts amper van elkaar verschilde (respectievelijk 30,1 km/u en 29,8 km/u). Echter bleek de variatie in snelheid wel sterk te verschillen tussen dag en nacht: 's nachts werden er hogere snelheden gehaald dan overdag. Een gelijkaardige conclusie trekken de Bellis en collega's (2018): uit hun analyse van 1,2 miljoen voertuigbewegingen blijkt dat er in duisternis meer te hard wordt gereden.

Een studie van Bassani en collega's (2016), een observatie van voertuigsnelheden op wegen in Turijn, toont dan weer aan dat gemiddelde snelheid en deviatie van de snelheid groter zijn tijdens de nacht dan tijdens de dag. Bovendien zijn bestuurders meer geneigd om de snelheidslimiet te overschrijden tijdens de nacht, maar dit kan aldus de auteurs te wijten zijn aan factoren niet gerelateerd aan het lichtniveau, zoals de lagere hoeveelheid handhaving 's nachts.

Zeker voor jongeren kan nachtelijk autorijden gevaren met zich meebrengen. Bao en collega's (2020) onderzochten het volgedrag van jonge bestuurders. De gebruikte data werden uit IVBSS en Teen IVBSS gehaald. Dit waren projecten die naturalistische data omvatten, die bovendien ook interageerde met ADAS. De gebruikte onderzoeksvoertuigen waren uitgerust met Forward Crash Warning, Lane Drifting Warning, Lane-Change Warning en Curve-Speed Warning. De deelnemers werden in vier groepen ingedeeld: tieners (ouder dan 16 jaar), 20- tot 30-jarigen, 40- tot 50-jarigen en 60- tot 70-jarigen. 's Nachts bleken de volwassen bestuurders een groter gat tot hun voorligger te behouden, als risicocompensatiegedrag. Tieners bleken dit gedrag niet te vertonen. Aldus Bao en collega's (2020) lag de gemiddelde snelheid overdag echter hoger dan 's nachts, in tegenstelling tot Jägerbrand en collega's (2018) en de Bellis en collega's (2018).

Wood en collega's (2018) onderzochten eveneens de impact van het dimmen van LED-straatverlichting op het rijgedrag van autobestuurders. Het dimmen van LED-straatverlichting tot een niveau van 25% brengt een tragere reactietijd bij autobestuurders teweeg (met name een reactietijd die gemiddeld 0,4 seconden trager is).

## 1.3 Impact van straatverlichting

### 1.3.1 Positieve impact van straatverlichting

#### *Verkeersveiligheid*

Een reden om straatverlichting te installeren is de verkeersveiligheid. Door de verlichting wordt de wegomgeving zichtbaarder voor de weggebruiker, met veiligheidsvoordelen tot gevolg. Bullough en collega's (2013) onderzochten de impact van straatverlichting op de verkeersveiligheid in Minnesota. Specifieker ging het om de effecten van straatverlichting op de nacht/dag-ratio van verkeersongevallen. Aldus de onderzoekers zorgde verlichting op kruispunten voor een daling van het nacht/dag-ratio van verkeersongevallen met 12%.

Straatverlichting kan de impact van duisternis op het rijgedrag van bestuurders mediëren. Uit het eerder genoemde onderzoek van Jägerbrand en collega's (2018) blijkt bijvoorbeeld dat straatverlichting snelheid bij een verkeersdrempel positief kan beïnvloeden. Zij onderzochten drie verkeersdrempels, en merkten op dat de verkeersdrempel met de laagste helderheid ook het kleinste snelheidsverminderende effect had. Zij verklaren dit door het feit dat de positie van de verlichtingspaal vermoedelijk ervoor zorgde dat de verkeersdrempel slecht zichtbaar was. Ze merken echter ook op dat er geen voorbarige conclusies getrokken mogen worden: zo merken ze op dat voor deze specifieke verkeersdrempel er sowieso al een kleiner verschil was tussen dag en nacht wat snelheid betreft.

#### *Sociale veiligheid*

Dat straatverlichting een positief effect kan hebben op de sociale veiligheid van een buurt is bekend. Een onderzoek van Painter (1996) toonde dat aan. Angst voor misdaad houdt personen 's nachts binnen. Painter (1996) haalt aan dat een goed ontworpen straat komaf kan maken met misdaad. Immers omvat een veilige omgeving voor voetgangers twee aspecten: adequate zichtbaarheid en veel en gevarieerde andere voetgangers. Dit zijn ook de factoren die misdadigers op afstand houden, want goede zichtbaarheid en een grote hoeveelheid omstanders zorgen ervoor dat zijn misdaad snel opgemerkt wordt en dat hij of zij zelfs herkend kan worden. In zijn experiment testte Painter (1996) daarom de effecten van verlichting op misdaad en de angst voor misdaad. Daartoe werden enkele risicovolle straten

geselecteerd met gebrekkige verlichting en problemen die sociaal onwenselijk zijn, zoals hangjongeren, loslopende honden, graffiti, beschadigingen aan eigendommen, en dergelijke. De onderzochte misdaden waren van zeer verscheiden aard: Painter (1996) onderzocht zo diefstallen, aanrandingen, vandalisme, intimidatie, dronken gedrag en dergelijke. Voetgangers in de geselecteerde straten werden voor het experiment en zes weken na de installatie van betere verlichting bevraagd naar hun ervaringen met misdaad in de buurt. Uit het onderzoek bleek dat verlichting in twee van de drie straten zorgde voor een significante daling in misdaad. Bovendien bleek er een halo-effect te zijn: in aansluitende, niet verlichte straten was er ook een reductie in misdaad. Ook de angst om aangevallen te worden daalde.

Dezelfde conclusies trekken Chalfin en collega's (2022) in hedendaags onderzoek. In openbare huisvestingsontwikkelingen van New York City werden op willekeurige basis tijdelijke (zeer heldere) verlichtingsmasten geplaatst. De onderzoekers merken op dat de masten aangedreven worden door een dieselgenerator, en het geluid en de geur van de generator kunnen mogelijk een effect hebben op misdaad. Daarnaast vallen de masten ook erg op, en kunnen ze mogelijk aangezien worden als baken dat het gebied in kwestie extra aandacht krijgt van de handhaving. Ook dit kan een effect op misdaad hebben. De misdaden waarop gefocust werd in dit experiment waren voornamelijk gewelddadige misdaden, zoals moord en fysieke aanvallen, en ook grote en kleine diefstallen, inbraak en autodiefstallen. Vooral fysieke aanvallen en overvallen kwamen vaak voor. Het onderzoek concludeert dat tactische investeringen in verbeteringen aan straatverlichting het aantal ernstige misdaden kan doen dalen in achtergestelde buurten.

Xu en collega's (2018) bestudeerden de impact van straatverlichting op misdaad in Detroit, en focusten hierbij op de tijd-ruimterelatie tussen de twee. De verlichting van Detroit werd bestudeerd in GIS. Eveneens werden data over misdaad in Detroit ingevoerd. Dat waren misdaden zoals geweldpleging, grote diefstallen (larceny), inbraken, beschadiging van eigendommen en diefstal van voertuigen. Aldus de onderzoekers blijkt dat een hoge dichtheid van straatverlichting leidt tot een lage dichtheid van misdaad. Dat kan volgens hen door twee mogelijke redenen. (1) door verlichting is surveillance makkelijker omdat de omgeving zichtbaarder wordt, wat misdadigers afschrikt; (2) door verlichting krijgen bewoners het gevoel dat er in hun buurt geïnvesteerd wordt, waardoor zij een positiever beeld van de omgeving krijgen en zorgen voor sociale controle.

Straatverlichting kan, zoals Painter (1996) reeds aanhaalde, eveneens de angst voor misdaad doen dalen. Straatverlichting heeft dus ook een impact op gepercipieerde veiligheid. Dit bleek uit een kwalitatief onderzoek van Johan en collega's (2021). 106 deelnemers werden ondervraagd over hun wandelgedrag in Malmö, Zweden. De deelnemers deden mee aan een wandeling doorheen enkele districten van Malmö, waarna zij deelnamen aan focusgroepen. Uit deze focusgroepen bleek het belang van straatverlichting: alhoewel bomen als een positieve eigenschap van de omgeving werden ervaren, zouden deelnemers paden met bomen in het donker vermijden. De aanwezigheid van anderen kan paden echter aantrekkelijker maken, zelfs als het donker is. Slechte verlichting draagt ook bij aan gevoelens van beknelling.

Er zijn echter ook studies die weergeven dat de angst voor misdaad niet daalt door straatverlichting. Een literatuurstudie van Lorenc en collega's (2013) identificeerde verschillende interventies om de angst voor misdaad te doen dalen. Zij vonden weinig bewijs voor het angstreducerende effect van straatverlichting.

### *Andere*

Straatverlichting heeft daarnaast ook een aantal andere voordelen. Uit een literatuurstudie van Bonaccorsi en collega's (2020) blijkt dat straatverlichting een positieve relatie vertoont met fysieke activiteiten van oudere volwassenen. Slechte straatverlichting vertoont dan weer een negatieve relatie met fysieke activiteiten van oudere volwassenen.

### 1.3.2 Negatieve impact van straatverlichting

#### *Lichtvervuiling: een overzicht*

Er zijn echter ook negatieve gevolgen van straatverlichting, met name in de vorm van lichtvervuiling. De straatverlichting van België zorgt ervoor dat het land 's nachts helder oplicht. In 2017 publiceerde BBC een artikel waarin fotograaf Thomas Pesquet foto's van Europa vanuit de ruimte toonde. België valt sterk op als een heldere vlek door het dense wegennetwerk (BBC, 2017).

De prevalentie van lichtvervuiling in Europa (en in de Verenigde Staten) wordt besproken door Falchi en collega's (2019). Zij deelden Europa in provincies of lokale regio's in<sup>6</sup>, en bepaalden zo dat 25 regio's de donkerste provincies waren. De volgende landen hebben meer dan 1 regio op deze lijst: Oostenrijk, het Verenigd Koninkrijk<sup>7</sup>, Letland, Litouwen en Bulgarije. Eveneens stelden zij een lijst op met de 25 helderste regio's van Europa, en de volgende landen hebben meer dan 1 regio op deze lijst: het Verenigd Koninkrijk<sup>8</sup>, Frankrijk, Nederland en Italië. België heeft 1 regio op deze lijst. De onderzoekers keken naast helderheid ook naar lichtflux per capita en lichtflux per BBP en deelden op basis van die data de regio's in drie categorieën in: "goede" regio's, oftewel de 25 regio's die het best scoren, "lelijke" regio's, oftewel de 25 regio's die het slechtst scoren, en "slechte" regio's, oftewel 25 regio's die op de lelijke regio's na het slechtst scoren (en dus net iets beter zijn, maar nog steeds zeer slecht scoren).

België heeft slechts 1 regio die zich in deze lijst van "lelijke" regio's bevindt: het arrondissement van Aat in Henegouwen. Wordt de lijst met slecht scorende regio's uitgebreid met de "slechte" regio's, dan zijn er nog twee Belgische regio's die hieraan toegevoegd worden: het arrondissement Sint-Niklaas in Oost-Vlaanderen en het arrondissement Borgworm in Luik (Falchi et al., 2019).

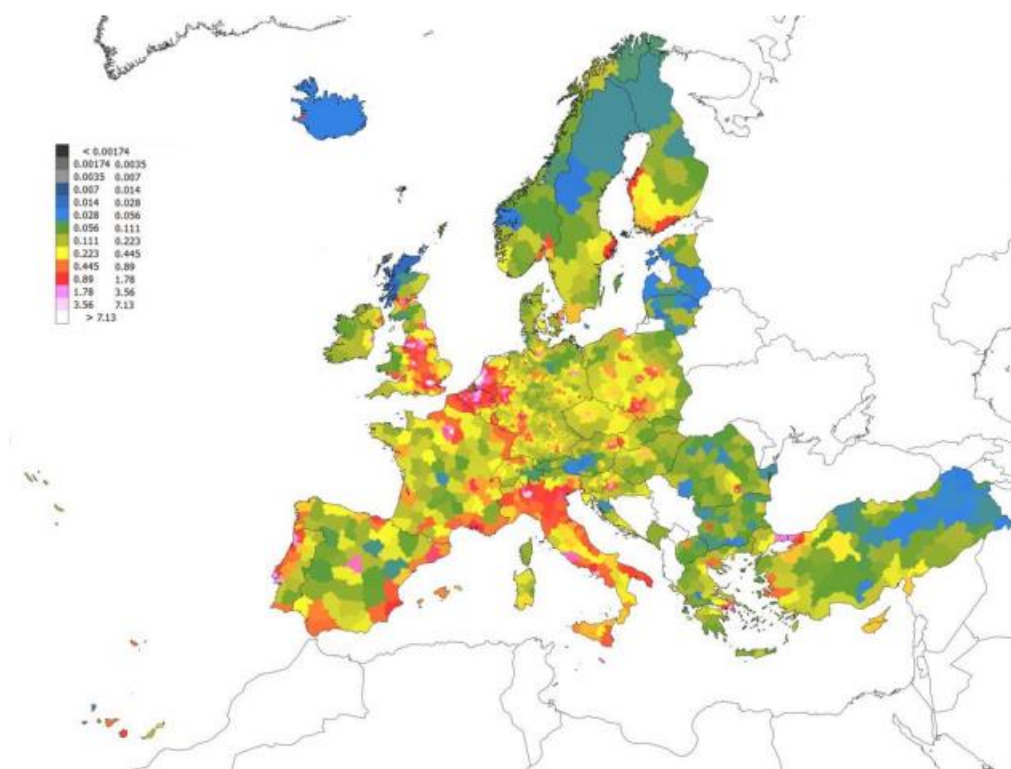
De helderheid van België valt echter ten zeerste op in Europa, zoals Figuur 8 duidelijk maakt. Deze figuur komt uit het onderzoek van Falchi en collega's (2019).

---

<sup>6</sup> Deze indeling is de NUTS3-indeling (Falchi et al., 2019)

<sup>7</sup> Aldus Falchi en collega's (2019) blijken de drie donkerste provincies van Europa zich alle drie in Schotland te bevinden.

<sup>8</sup> Opmerkelijk is dat het Verenigd Koninkrijk ook de donkerste regio's van Europa omvat, met wel 10 provincies (Falchi et al., 2019)



Figuur 8 Gemiddelde zenit artificiële helderheid van de nachtlucht van Europese NUTS3-regio's in  $\text{mcd/m}^2$ . De kleur zwart geeft een nachtlucht zonder lichtvervuiling weer. De kleur wit komt aldus Falchi en collega's (2019) overeen met de helderste metropool. Elke kleurverandering op de kaart stemt overeen met een verdubbeling van de helderheid (figuur uit Falchi et al., 2019)

De Lage Landen, met België en Nederland, zijn overduidelijk de helderste regio's van Europa. Alhoewel landen zoals Spanje, Frankrijk en Polen eveneens zeer heldere regio's kennen, aangeduid in het rood, roze of wit, zijn België en Nederland een grote vlek van rode of roze regio's, wat duidt op grote helderheid. Ook Italië en het Verenigd Koninkrijk kennen zulke heldere regio's. Hier moet echter de opmerking bij gemaakt worden dat de helderheid het gemiddelde voor elke regio is. Parijs, de hoofdstad van Frankrijk, is bijvoorbeeld een zeer heldere vlek in Frankrijk en kent als regio een kleine oppervlakte. Het lijkt erop dat Parijs als NUTS3-regio vooral op zichzelf staat. Rome daarentegen, de hoofdstad van Italië, omvat ook de gebieden rondom Rome. Deze omliggende gebieden zorgen er zo mogelijk voor dat de regio van Rome duisterder wordt afgebeeld, terwijl Rome an sich mogelijk zeer helder zou zijn. (Falchi et al., 2019).

Over de impact van lichthinder in Vlaanderen zijn helaas geen recente cijfers te vinden. Het Departement Omgeving (z.d.b) vermeldt op haar website wel resultaten van het schriftelijk leefomgevingsonderzoek in Vlaanderen, waaruit blijkt dat in 2001 5,3% van de ondervraagde burgers enige hinder ondervinden van kunstlicht en in 2004 dit percentage licht (maar niet significant) gedaald was tot 4,1%. Hoe het nu gesteld is met de lichthinder in Vlaanderen is onbekend.

Er bestaan verschillende vormen van lichtvervuiling, die allen worden aangehaald door Chepesiuk (2009):

- *Sky glow*, of luchtgloed, is een heldere halo rond steden die 's nachts verschijnt;
- *Light trespass*, of lichtoverschrijding, gebeurt als (artificieel) licht straalt op plaatsen die het niet moet belichten;
- *Glare*, of schittering, gebeurt wanneer licht horizontaal schijnt;
- *Overillumination*, of overbelichting, gebeurt wanneer licht helderder schijnt dan nodig is.



Lichtvervuiling, en specifiek lichtvervuiling in stedelijke gebieden, wordt besproken door Goronczy (2021) in zijn boek "Light Pollution in Metropolises". Hij kaart hier verschillende impacts van lichtvervuiling aan, met name effecten op mensen en effecten op dieren (Goronczy, 2021).

### *Gezondheidseffecten van lichtvervuiling*

Lichtvervuiling kan een negatieve impact hebben op de menselijke gezondheid, en de gezondheidseffecten die Goronczy (2021) aanhaalt zijn van uiteenlopende aard. Een voorbeeld is schittering, waarbij het licht te helder is voor de omgeving waaraan het oog zich heeft aangepast. Schittering gebeurt bijvoorbeeld bij de koplampen van auto's in tegemoetkomend verkeer. Door schittering van felblauw licht duurt het langer vooraleer de ogen zich aanpassen aan het donker. Daarbij komt ook dat ledverlichting als verblindend aanschouwd kan worden. Goronczy (2021) haalt ook de verstoring van het circadiaan ritme (de innerlijke klok van organismen) aan als een gevolg van lichtvervuiling. Dat ritme wordt bepaald door de helderheid van de omgeving en de kleur van het licht. Verstoring van het circadiaan ritme zal uiteindelijk ook een impact hebben op hormoonproductie, omdat cellen in het oog een regulerende functie hebben op hormoonproductie afhankelijk van de helderheid van de omgeving. Zo produceert het lichaam bij lage helderheid melatonine. In een experiment aangehaald door Goronczy (2021) bleek dat licht met een golflengte van 460 nm (een golflengte waarbij leds in startverlichting pieken) de productie van melatonine verminderen. Dat is problematisch, want melatonine kan kankers vermijden en dient bovendien om het immuunsysteem te versterken, aldus Goronczy (2021).

Chepesiuk (2009) geeft in een artikel een overzicht van deze impacts. Immers is het menselijke bioritme net als het bioritme van andere organismen- geregeld door de *circadiaanse klok*. Celregulatie en hersengolven zijn processen waarop deze cyclus een impact heeft. Aldus Paolo Sassone-Corsi, de voorzitter van het Pharmacology Department van de Universiteit van Californië die aangehaald wordt door Chepesiuk (2009), kan dat gezondheidsproblemen tot gevolg hebben. Met name gaat het om depressie, slapeloosheid, cardiovasculaire ziektes en kanker. Ook slaapstoornissen noemt Chepesiuk (2009) als een potentieel gevolg van lichtvervuiling. Om verder in te gaan op Chepesiuks (2009) toevoeging van depressie aan deze lijst gezondheidsproblemen: aldus Min en Min (2018) wordt een hoge hoeveelheid licht 's nachts niet alleen geassocieerd met depressie, maar ook met zelfmoord. Uit hun onderzoek, uitgevoerd bij Koreaanse volwassenen, blijkt dat personen met symptomen van depressie of personen die suïcidale gedragingen vertonen een hogere kans hadden om blootgesteld te worden aan buitenlicht tijdens de nacht.

Lichtvervuiling heeft mogelijk ook gevolgen voor het menselijke immuunsysteem. Argentiero en collega's (2021) onderzochten de relatie tussen lichtvervuiling en de verspreiding van COVID-19. Aldus hun analyse, is het mogelijk dat de verspreiding van COVID-19 een positieve relatie vertoont met lichtvervuiling. Echter merken de onderzoekers op dat ook andere factoren deze relatie mogelijk verklaren, zoals een hogere graad van nachtactiviteiten in gebieden met een hogere mate van lichtvervuiling.

Gezondheidsproblemen als depressie en slapeloosheid kunnen indirecte gevolgen van lichtvervuiling zijn, maar het ook het oog zelf kan beschadigd raken door lichtvervuiling. De ogen zijn immers de lichtreceptoren van het menselijk lichaam, en overmatige belichting kan een impact hebben op het oog. Contín en collega's (2016) geven een overzicht van manieren waarop de retina beschadigd kan raken. Zij noemen drie mechanismen:

- Fotochemische schade (het oog kan beschadigd raken door reacties in het oog die ontstaan als lichtgolven geabsorbeerd worden. Artificiële verlichting kan problemen met de retina mogelijk versnellen);
- Fotothermische schade (temperatuur wordt niet snel genoeg verspreid, waardoor weefsels opwarmen);

- Fotomechanische schade (lichtenergie wordt afgezet vooraleer het er mechanische ontspanning gebeurt).

Ook voor ongeborenen kan lichtvervuiling voor gezondheidsproblemen zorgen. Argys en collega's (2021) redeneren immers dat als lichtvervuiling leidt tot slaapproblemen, en als slaapproblemen een belangrijke impact hebben op de groei van een baby in de buik van de moeder, dan kan lichtvervuiling de ontwikkeling van de baby verstoren. Om dit te bestuderen, verzamelden de onderzoekers data van baby's (specifieker verwijzen de onderzoekers naar *live birth*- met andere woorden, baby's die doodgeboren werden, werden in dit onderzoek niet meegenomen) die in New Jersey geboren werden tussen 2011 en 2015. Met name ging het om biologische data over de baby, zoals gewicht en duur van de zwangerschap, alsook data over de moeder, zoals leeftijd, opleiding en dergelijke. Ook het adres van de moeder werd mee in rekening genomen. Eveneens beschikten de onderzoekers over data over slaapttekort en data over luchtgloed. "Luchtgloed" wordt hier gedefinieerd als NELM, of *Naked Eye Limiting Magnitude*. NELM is de helderheid van de zwakste ster die gezien kan worden met het blote oog. Een daling van NELM met een eenheid, overeenstemmend met een reductie van  $1/4^{\text{de}}$  tot  $1/3^{\text{de}}$  van de sterren die men met het blote oog kan zien in vergelijking met een niet-lichtvervuilde nachthemel, is gecorreleerd met een stijging van de kans op een vroeggeboorte met 1,48 procentpunten of 12,9% (Argys et al., 2021).

### *Ecologische gevolgen van lichtvervuiling*

Ook op dieren heeft lichtvervuiling een negatieve impact. Zoals hierboven al aangehaald, hebben organismen immers een soort bioritme of innerlijke klok dat bepaald wordt door de helderheid van de omgeving alsook de kleur van het licht (Goronczy, 2021; Chepesiuk, 2009). Het is dus niet verwonderlijk dat ook andere dieren dan de mens beïnvloed worden door lichtvervuiling.

Zo heeft onderzoek van Brei en collega's (2016) aangetoond dat licht tijdens de nacht het aantal nesten van zeeschildpadden significant vermindert. Deze dieren leven normaliter in de zee, maar kruipen het strand op om eieren te leggen. Jonge zeeschildpadden komen 's nachts uit hun ei. Brei en collega's (2016) onderzochten data van zeeschildpadnesten op 67 stranden van Guadeloupe. De onderzochte soorten, die inheems zijn aan Guadeloupe, waren de groene zeeschildpad (*Chelonia mydas*), de karetschildpad (*Eretmochelys imbricata*) en de lederschildpad (*Dermochelys coriacea*). De onderzoekers verzamelden tevens data over verlichting en over economische activiteit langs de kusten. Uit hun analyse bleek dat er minder nesten op de stranden zijn door artificiële verlichting. De onderzoekers trachtten ook om economische kosten van het verlies van deze nesten in te schatten: over 20 jaar heen werd er steeds meer verlichting langs neststranden in het Caraïbische gebied gebruikt. Als men dan aanneemt dat de economische kost van een schildpad de kosten zijn om die schildpad in gevangenschap te laten opgroeien, dan leed men hierdoor een verlies van maximaal 288 miljoen dollar.

Onderzoek van RODRÍGUEZ en collega's (2017) toont aan dat ook zeevogels last ondervinden van licht. De onderzoekers bestudeerden de dunbekpijlstormvogel (*Ardenna tenuirostris*), en dit op Phillip Island in het zuidoosten van Australië. Zij vergeleken de lichamelijke toestand en de pluimen van vogels op drie locaties: (1) jonge vogels die op het punt stonden om uit te vliegen uit hun nest, (2) vogels aangespoeld op het strand en (3) vogels langs de kant van een weg waar ze vermoedelijk terecht kwamen nadat ze aangetrokken werden door het licht. De gestrande vogels bleken veelal een laag gewicht (<450 gram) te hebben, wat betekent dat ze vermoedelijk niet sterk genoeg waren om te overleven. De vogels op de weg waren in betere conditie, maar ze waren in minder goede conditie dan de vogels die klaar stonden om weg te vliegen. De onderzoekers raden aan om het probleem van lichtvervuiling aan te pakken, aangezien de lichten zeevogels aantrekken en dit hen fataal kan worden. Bovendien bleek dat, in het tweede jaar van experimenten, de vogels die blootgesteld waren aan licht geen voortplantingsactiviteit vertoonden.

Waterdieren ondervinden eveneens last van artificieel licht. Pulgar en collega's (2019) bestudeerden de impact van artificieel licht op zuurstofconsumptie en activiteitspatronen op *Girella laevifrons*, een vis die tijdens de eerste twee jaren van zijn leven leeft in poelen in het intergetijdengebied en zodoende blootgesteld kan worden aan artificieel licht. Vissen die onder normale lichtomstandigheden bestudeerd werden, vertoonden een piek in activiteit die overeen leek te stemmen met de getijden. Die piek bleek niet te bestaan bij vissen die aan artificieel licht blootgesteld werden. De vissen die aan artificieel licht blootgesteld werden consumeerden tevens meer zuurstof.

Ook dieren landinwaarts worden aangetast door lichtvervuiling. Dominoni en collega's (2013) voerden zo onderzoek uit naar de impact van lichtvervuiling op de merel (*Turdus merula*). Uit hun onderzoek bleek dat lichtvervuiling op lange termijn een impact heeft op deze vogels. Belangrijke biologische functies van de vogels, die afhankelijk zijn van de seizoenen, worden erdoor getroffen. Zo blijkt dat vogels die 's nachts aan 0,3 lux werden blootgesteld een maand eerder dan andere vogels hun voortplantingsfuncties ontwikkelen (met name gaat het dan om de testikels van de vogels). Stedelijke vogels krijgen algemeen gezien eerder functionele voortplantingsorganen dan rurale vogels. Vogels blootgesteld aan licht ruïen ook eerder.

Artificiële verlichting zorgt mogelijk zelfs voor evolutionaire druk op dieren. Keinath en collega's (2021) bestudeerden nachtmotten van de soort *Agrotis exclamationis*. De diertjes werden over een periode van 137 jaar verzameld. Het studiegebied was de Duitse stad Berlijn, die doorheen de jaren steeds meer met lichtvervuiling te maken heeft. Zo merkten de onderzoekers een trend op: doorheen de jaren, bij stijgende niveaus van artificiële verlichten, blijken vrouwtjesmotten steeds kleinere ogen te krijgen. Verdere veranderingen waren er echter niet, wat de onderzoekers verrasten. Zij merkten op dat het mogelijk is dat zij vooral motten hebben gevangen die de neiging hebben om naar licht toe te vluchten (aangezien het vangen van motten gebeurde met "lichtvallen"). Ook is het mogelijk dat de studieperiode van 137 jaar te kort is om enige evolutionaire druk van artificiële verlichting te zien. Ook onnauwkeurigheden in de berekening van lichtniveaus zijn mogelijk, gezien men de lichtintensiteit van vroeger moest inschatten.

Lichtvervuiling kan ook de relatie tussen prooi en roofdier beïnvloeden, en zodoende zorgen voor evolutie. Minnaar en collega's (2015) bestudeerden de impact van lichtvervuiling op de relatie tussen de vleermuis *Neoromicia capensis* en zijn prooi, insecten. De vleermuizen werden bestudeerd in een gebied waarvan een stuk grond artificieel werd verlicht, dit in het Rietvlei Natuurreservaat in Zuid-Afrika. Zij bestudeerden de uitwerpselen van de vleermuizen, waaruit bleek dat vleermuizen in de verlichte conditie zes keer meer motten aten, en de consumptie van kevers ging erop achteruit. Dit insinueert dat het verdedigend gedrag van de mot er bij verlichting op achteruit gaat. Door verlichting worden motten aangetrokken, waardoor de vleermuizen er zeer gemakkelijk op kunnen jagen. Dat zet druk op de mottenpopulatie. Eveneens kan er druk komen te staan op populaties van zogenaamd "allotonische vleermuissoorten", die vooral motten eten.

### ***Economische gevolgen van lichtvervuiling***

Lichtvervuiling heeft echter niet alleen gevolgen voor de menselijke en dierlijke gezondheid: er hangen ook economische gevolgen aan vast, aldus Gallaway en collega's (2010). Volgens hen is lichtvervuiling onlosmakelijk verbonden met de bevolking van een land, alsook het reële BBP per capita van een land. Zulke modellen kunnen helpen om de economische gevolgen van lichtvervuiling in te schatten, die niet alleen gerelateerd zijn aan gezondheid en ecologische problemen, maar ook aan energieconsumptie en astronomie.

### ***1.3.3 Mogelijke oplossingen voor lichtvervuiling***

Gezien de negatieve impact die straatverlichting kan hebben op zowel mens als dier, is het belangrijk om oplossingen aan te reiken om lichtvervuiling zo veel mogelijk te beperken. De Vlaamse Overheid



publiceerde richtlijnen om lichthinder te beperken. Deze richtlijnen zijn opgedeeld als antwoorden op de vragen “wat?”, “hoe?” en “wanneer?”. Zo moet het licht zo veel mogelijk enkel en alleen het gewenste gebied verlichten, moet overbodige verlichting vermeden worden en moet de gebruikte lamp energiezuinig zijn en een klein vermogen hebben. Het verlichtingsniveau moet aangepast worden al naargelang de nood aan verlichting of kan zelfs volledig uitgeschakeld worden indien het niet meer nodig is. Eveneens moet verlichting rekening houden met andere lichtbronnen. Tot slot moeten de lampen op een zodanige manier geïnstalleerd worden zodat ze lichthinder vermijden. Concreet betekent dit dat de verlichtingsbron afgeschermd moet worden, dat de lamp niet direct gezien mag worden, dat de lamp niet boven de horizontale as mag schijnen, dat het licht steeds van boven naar beneden moet schijnen én dat het licht gelijkmatig verdeeld moet worden (Departement Omgeving, z.d.a). Veel van deze richtlijnen komen ook naar voren in de wetenschappelijke literatuur.

Falchi en collega's (2011) onderzochten de emissie van verschillende soorten lampen, in verhouding tot de reactie van het menselijk oog op deze lampen. Op basis van hun bevindingen raadden zij de volgende oplossingen aan voor het probleem van lichtvervuiling:

- Een lamp mag geen licht stralen op het niveau van de horizontaal, en daarboven. Wat Falchi en collega's (2011) precies bedoelen met de “horizontaal” is niet duidelijk;
- Neerwaartse flux van verlichting mag niet verspild worden op gebieden die niet verlicht moeten worden;
- Overbelichting moet vermeden worden;
- Verlichting op een plek moet uitgezet worden als er niemand gebruik maakt van die plek;
- De totale geïnstalleerde flux mag niet verder groeien;
- Er moet een strenge limiet komen op blauw licht (dat een korte golflengte heeft).

Om specifiek de ecologische impact van lichtvervuiling te beperken, noemen Gaston en collega's (2012) eveneens een aantal oplossingen. Met name bestuderen zij vijf verschillende maatregelen die genomen kunnen worden om lichtvervuiling tegen te gaan. Ten eerste is er het managen van niet belichte gebieden, door bijvoorbeeld daar geen verlichtingsinstallaties te plaatsen. Dat houdt ook in dat verlichtingsinstallaties uitgezet worden als ze niet nodig zijn. Lichtoverschrijding en luchtgloed blijven echter nog een probleem. Ten tweede kan men duur van de verlichting wijzigen, dit omdat het uitzetten van verlichting mogelijk niet gewenst is. De verlichting zou bijvoorbeeld uitgeschakeld kunnen worden als dieren actief zijn, bijvoorbeeld als ze paren of zoeken naar voedsel. Echter merken Gaston en collega's (2012) op dat er overlap is tussen de periodes waarin verlichting voor mensen nodig is en periodes die een significante invloed hebben op dieren (met name net na schemering en net voor dageraad), omdat ze de lengte van de dag gebruiken als indicator voor bepaalde processen in hun leven.

Ten derde noemen Gaston en collega's (2012) het verminderen van lichtoverschrijding (of *trespass of light*) als maatregel. Lichtoverschrijding betekent dat een lamp gebieden verlicht die niet verlicht moeten worden. Dit kan onder andere door muren te bouwen om licht te blokkeren, of door reflecterende oppervlakken te vervangen door licht absorberende oppervlakken. Ook aanpassingen aan de verlichtingsbron zelf kunnen helpen, bijvoorbeeld door ze een smallere lichtbundel te laten stralen. Ten vierde kan de intensiteit aangepast worden. Deze lagere intensiteit zal nog steeds een impact hebben op bijvoorbeeld nachtdieren, maar tegelijkertijd zal het luchtgloed en lichtoverschrijding verminderen. Tot slot noemen Gaston en collega's (2012) nog het wijzigen van het spectrum van het licht als oplossing. Met name heeft dit betrekking op de kleur van verlichting. De kleursamenstelling van licht beïnvloedt immers verschillende mechanismen in planten en dieren.

## 1.4 Het gebruik van slimme verlichting en sensoren

### 1.4.1 Slimme verlichting

In de toekomst wil Vlaanderen de wegen op een slimmere manier verlichten. De visie van Vlaanderen op straatverlichting klaart het Agentschap Wegen en Verkeer uit in haar Lichtvisie omtrent gewestwegen. Deze Lichtvisie kan eveneens gebruikt worden door gemeentes als richtlijn voor gemeentewegen, dus hij kan zeker van toepassing zijn op oversteekvoorzieningen voor voetgangers en fietsers in lokale gebieden. Deze richtlijnen zijn van toepassing op verlichting in nieuwe projecten (Agentschap Wegen en Verkeer, z.d.).

De Lichtvisie van het AWW steunt op drie verschillende pijlers. De eerste pijler is milieubewustzijn: het kost immers energie om straatverlichting te doen branden, dus het AWW raadt dan ook aan om zuinig met verlichting te zijn. De standaard is dat er geen verlichting geplaatst wordt, tenzij beargumenteerd kan worden dat er verlichting nodig is. Bovendien moeten er flankerende maatregelen genomen worden als er geen verlichting geplaatst wordt. Als er wel verlichting geplaatst wordt, dan moet deze verlichting op maat van de weggebruiker en de omgeving zijn (Agentschap Wegen en Verkeer, z.d.).

De tweede pijler van de Lichtvisie is veiligheid. Veiligheid vormt de belangrijkste reden om al dan niet te beslissen over de plaatsing van straatverlichting. Daar waar verkeer kruist- dus vermoedelijk ook aan oversteekvoorzieningen- daar moet altijd verlichting geplaatst worden. Aandacht voor voetgangers en fietsers vormt trouwens de derde pijler van de Lichtvisie: Het AWW raadt aan om overal waar voetgangers en fietsers voornamelijk voorkomen- zoals woonkernen, oversteekvoorzieningen en dergelijke- hoe dan ook te verlichten (Agentschap Wegen en Verkeer, z.d.).

De beheerder van het Vlaams netwerk van openbare verlichting is Fluvius. Op haar website geeft de netbeheerder een gedetailleerde uitleg over de verlichting van Vlaanderen. Aldus Fluvius telt Vlaanderen meer dan een miljoen lichtpunten. Die lichtpunten worden geactiveerd met een systeem genaamd Centrale Afstandsbediening, of CAB. Om de verlichting te doen branden, zendt een zendinstallatie een CAB-signaal uit naar een ontvanger die ingebouwd is in een distributiekast. Vanuit die kast gaat er dan elektriciteit naar de straatverlichting, waardoor ze geactiveerd worden. De straatverlichting in Vlaanderen is al in zekere mate “slim”: met fotocellen, die meten wanneer het donker wordt, bepaalt het systeem of de verlichting ontstoken moet worden. Moesten de fotocellen niet werken, dan kijkt het systeem naar de astronomische curve (Fluvius, 2021).

Het verlichtingssysteem van Vlaanderen kent echter flexibiliteit. Aldus Fluvius zijn er ongeveer honderd zogenaamde “brandprogramma’s” waarmee steden en gemeenten zelf in staat zijn om de verlichting te besturen. Fluvius noemt het voorbeeld van een straat waarin men op rustige momenten de verlichting zou kunnen dimmen (Fluvius, 2021).

Alhoewel deze brandprogramma’s al flexibiliteit bieden, hebben ze ook een belangrijk nadeel. De mogelijkheden van de brandprogramma’s zijn niet eindeloos, en hangen af van de netstructuur. Als een stad dus bepaalde straten wil dimmen, dan kan het zo zijn dat dit door de netstructuur onmogelijk is. Bovendien kunnen steden en gemeenten brandprogramma’s wijzigen, maar dit vereist een technicus die fysiek moet sleutelen aan de verlichting (Fluvius, 2021).

De netbeheerder investeert echter in de toekomst, en maakt de omschakeling naar slimme verlichting (of zoals de beheerder het zelf noemt, interactieve verlichting). Het plan is om tegen 2030 alle verlichtingspunten in Vlaanderen vervangen te hebben door leds. Die leds bieden ook oplossingen in de vorm van interactieve verlichting. Die verlichting biedt vijf voordelen, aldus Fluvius (Fluvius, z.d.):

- De lampen zijn individueel instelbaar, dus lokale besturen zijn in staat om veel preciezer te bepalen welke lampen waar moeten branden.

- Door deze zeer flexibele en nood-gebaseerde instelbaarheid, zijn de lampen ook energie-efficiënt.
- De lampen kunnen op afstand gemonitord worden en oude lampen worden proactief vervangen, dus onderhoud kan veel gemakkelijker ingepland worden.
- Doordat de lampen flexibel zijn, kunnen ze inspelen op lokale noden. Denk hierbij aan extra verlichting bij noodsituaties of evenementen.
- Tot slot kan lichthinder door verlichting beperkt worden omdat alle lampen flexibel instelbaar zijn.

Ook geeft Fluvius weer wat de toekomstige functionaliteiten van de interactieve verlichting zijn. Het gaat om de volgende functies (Fluvius, z.d.):

- Het dimmen en doven van verlichting dat overal mogelijk wordt
- Brandprogramma's die op maat ingesteld kunnen worden
- Meerdere dim-niveaus
- Automatische defectmeldingen
- Activering van verlichting bij noodsituaties
- Verbruiksmetingen

Opvallend is dat een nuttig lijkende functie van slimme verlichting niet genoemd wordt: verkeersafhankelijke verlichting. Dankzij verkeersafhankelijke verlichting zou de verlichting in staat zijn om alleen te branden wanneer het nodig is: als er ook daadwerkelijk verkeer is. In Vlaanderen zijn er echter wel al onderzoeksprojecten omtrent verlichting van dien aard. In Mechelen en Bonheiden werd bijvoorbeeld in 2020 slimme straatverlichting getest in het kader van het project "Nachtraven". Het project omvat energiezuinig en slimme ledlampen die bovendien zelflerend zijn. Standaard branden deze lampen op 20% van hun intensiteit. Als sensoren die aangebracht zijn op de verlichtingspaal een fietser detecteren, dan stijgt de intensiteit van de lamp naar 100%. Bijgevolg wordt het traject van de fietser verlicht zonder dat het vol ledige traject verlicht moet worden (Agentschap Innoveren & Ondernemen, 2020).

Verscheidende bedrijven leveren reeds intelligente verlichting, al dan niet bedoeld om oversteekvoorzieningen mee te beveiligen. Deze bedrijven werden reeds aangehaald in het deel Studio. Zo levert het bedrijf FUTURLUX een intelligent verlichtingssysteem. De verlichtingspaal schijnt met wit licht op de voetganger, waardoor het silhouet en de kleuren van de voetganger goed zichtbaar zijn voor de autobestuurder. Tevens beschikt het systeem over een controle- en managementsysteem, waardoor de energieconsumptie van het systeem beperkt kan worden als er geen verkeer is (APM, z.d.).

Het bedrijf Schröder bracht het NEOS Zebra systeem op de markt. Ook dit systeem is intelligent: bij een gebrek aan verkeer dimt het licht tot 20% van de intensiteit. Als het systeem een voetganger detecteert, dan kan de intensiteit verhoogd worden tot 100% om de voetganger zichtbaarder te maken. De gemeente is echter in staat om de parameters van het systeem te personaliseren al naargelang de situatie. Dit gebeurt met een managementsysteem genaamd EXEDRA (Schröder, z.d.).

Tot slot werd ook het IVS-systeem van Thorn aangehaald. Dit systeem is niet zomaar een verlichtingspaal die een overstekende voetganger verlicht: het is optioneel tevens een waarschuwingssysteem voor automobilisten, aangezien het systeem uitgerust kan worden met een extra lamp die knippert (Thorn, z.d.).

#### 1.4.2 Sensoren

Tests voor sensoren zijn belangrijk om na te gaan of een bepaald sensortype goed functioneert voor bepaalde toepassingen. De sensoren die gebruikt worden door het systeem in dit onderzoek, beschreven in [3 Beschrijving van het systeem] zijn obstakelsensoren, die een signaal zenden als ze binnen een vooraf ingestelde afstand een object detecteren.

Singh en Borschbach (2017) testten in hun onderzoek ultrasonische sensoren voor het meten van afstand. Zij voerden tests uit om de impact van externe factoren op de precisie van het toestel te meten. De precisie van de sensor bleek gegarandeerd te zijn met een hoek van maximaal/minimaal  $\pm 15^\circ$ . Ook de impact van luchtdruk werd onderzocht, aangezien een ultrasonische sensor geluidsgolven uitzendt en deze golven lucht als een medium gebruiken. Echter bleek de verandering in luchtdruk geen significant effect te hebben op de precisie van de sensor.

Singh en Borschbach (2017) testten ook de impact van temperatuur op de sensor. Uit hun onderzoek blijkt dat hoge temperaturen een negatieve impact hebben op de precisie van de sensor. Een bewegende sensor bleek slechts een kleine impact te hebben op de afstandsinschatting. Ook een bewegend object bleek geen impact te hebben op de precisie van de afstandsinschatting.



## 2 Onderzoeksvragen

### 2.1 Probleemstelling

Slimme verlichting, als concept, is nog geen afgewerkt product. De interactieve verlichting van Fluvius is zeker een stap vooruit, maar deze is niet verkeersafhankelijk (Fluvius, z.d.). Projecten in Vlaanderen die wel verkeersafhankelijk zijn, zoals Nachtraven, zijn nog zeer experimenteel (Agentschap Innoveren & Ondernemen, 2020).

De probleemstelling van dit onderzoek is dan ook als volgt:

**Verkeersafhankelijke straatverlichting is vooralsnog een technologisch concept, en er is nog weinig informatie over de technische werking ervan.**

### 2.2 Doelstellingen

Het doel van deze masterproef is om dit probleem aan te kaarten. Dit gebeurt aan de hand van tests die uitgevoerd worden met een experimenteel verlichtingssysteem, geleverd door het bedrijf Bitlogicx. De doelstelling is dan ook als volgt:

**Het doel van deze studie is om data te verzamelen en te analyseren over een experimenteel verlichtingssysteem van het bedrijf Bitlogicx onder verschillende omstandigheden.**

Bij deze doelstelling horen verschillende subdoelstellingen:

1. **Het testen van het experimenteel verlichtingssysteem van het bedrijf Bitlogicx onder verschillende lichtomstandigheden.**
2. **Het testen van het experimenteel verlichtingssysteem van het bedrijf Bitlogicx bij variërende snelheid van een passerend obstakel.**
3. **Het testen van het experimenteel verlichtingssysteem van het bedrijf Bitlogicx bij verschillende temperaturen**

### 2.3 Onderzoeksvragen

De hoofdonderzoeksvraag van dit onderzoek is dan ook als volgt:

**Onder welke omstandigheden werkt het experimenteel verlichtingssysteem van het bedrijf Bitlogicx optimaal?**

Bij deze onderzoeksvraag horen verschillende deelonderzoeksvragen:

1. **Welke instellingen voor het experimenteel verlichtingssysteem van het bedrijf Bitlogicx zijn optimaal voor verschillende lichtomstandigheden?**
2. **Welke instellingen voor het experimenteel verlichtingssysteem van het bedrijf Bitlogicx zijn optimaal voor verschillende voertuigsnelheden?**
3. **Welke instellingen voor het experimenteel verlichtingssysteem van het bedrijf Bitlogicx zijn optimaal voor verschillende temperaturen?**



## 3 Beschrijving van het systeem

Het systeem dat in dit onderzoek gebruikt wordt is een experimentele verlichtingsinstallatie ontwikkeld door het bedrijf Bitlogicx. Het bestaat uit vier verlichtingspalen met LED- en sensor dozen die opgesteld worden op een vloer.

### 3.1 Bitlogicx

Bitlogicx, de leverancier van het experimentele systeem, is een softwarebedrijf dat verschillende diensten kan leveren aan bedrijven. Zij bieden een verscheidenheid aan diensten aan, waaronder (Bitlogicx, z.d.):

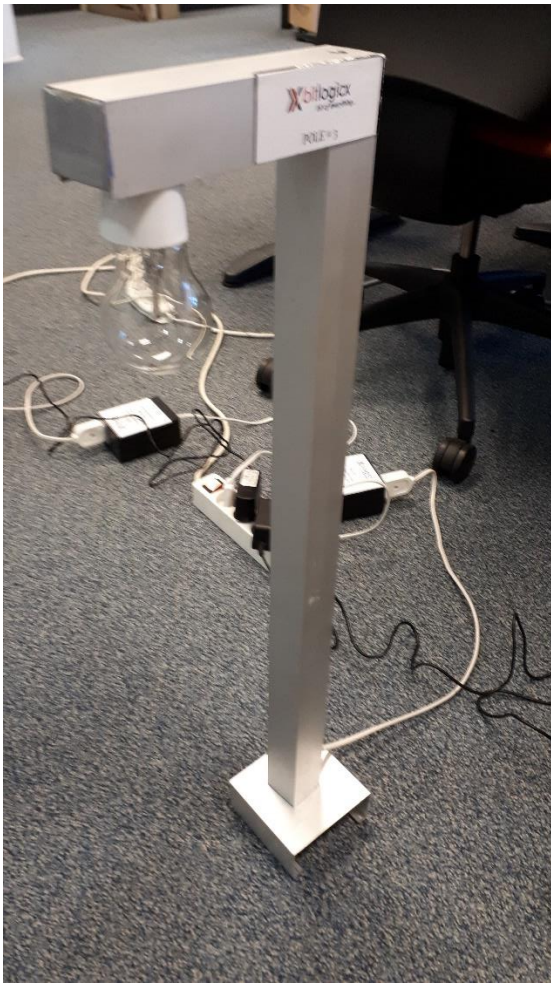
- Webontwikkeling, waaronder ook platforms voor e-commerce en hulp bij het bereiken van het doelpubliek voor de website;
- Appontwikkeling, en dit voor verschillende toestellen: mobiele toestellen (draaiende op Android of IOS) en pc's;
- Digitale marketing via blogs, sociale netwerken, etc.;
- Grafisch ontwerpen;
- Optimalisatie van zoekmachines om de bruikbaarheid van een website te verbeteren;
- Embedded Systems. Het experimenteel systeem is hier vermoedelijk een voorbeeld van.

### 3.2 De verlichtingspalen

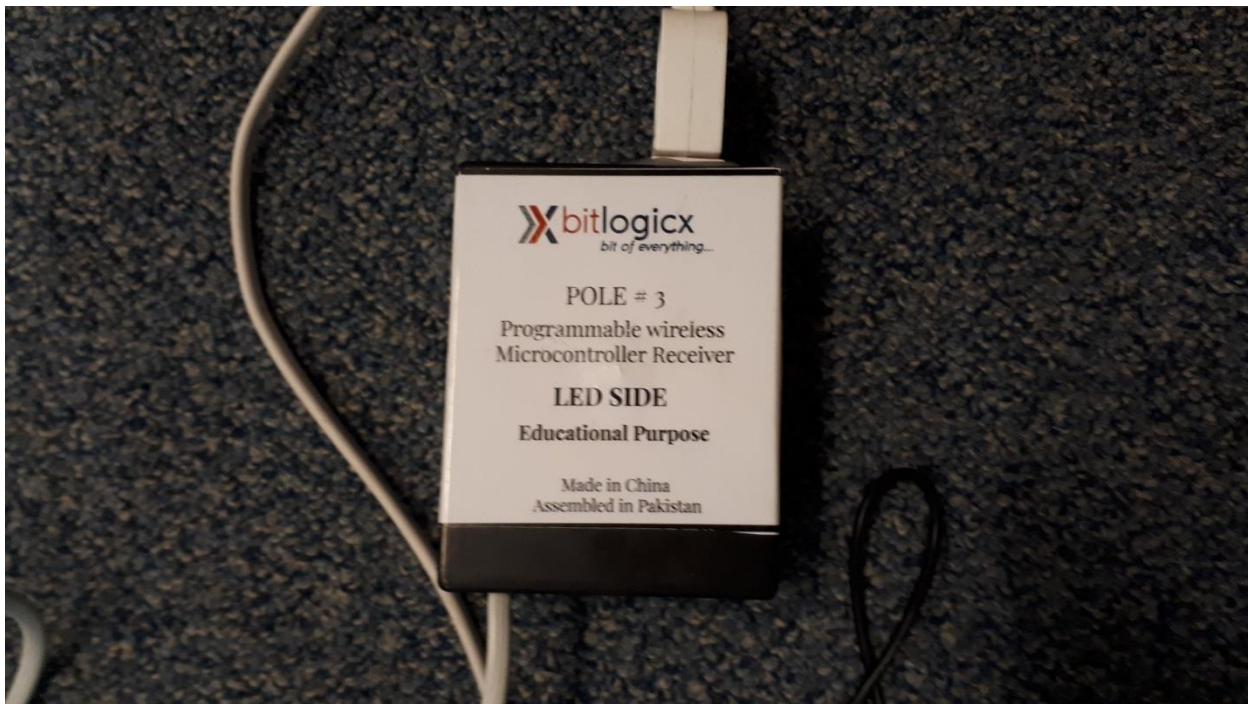
De verlichtingspalen van het systeem zijn metalen platen en buizen die gemonteerd worden in de vorm van een verlichtingspaal. De palen bestaan uit drie delen: een voet, een mast en een armatuur. Deze onderdelen zijn aan elkaar geschroefd en hebben zo de vorm van een verlichtingspaal. In de armatuur is een fitting vastgelijmd waarin een gloeilamp bevestigd kan worden. Deze fitting voorziet de lamp van stroom. De kabels van de fitting worden beschermd door de mast en lopen naar de voet, waar ze de paal verlaten. Deze kabels worden aangesloten op een LED-doos die de verlichting kan regelen. Deze LED-doos moet op zijn beurt aangesloten worden op een stopcontact. Het systeem is standaard voorzien van twee soorten gloeilampen: gloeilampen van 60W en gloeilampen van 100W.

Het systeem omvat vier van de hierboven beschreven verlichtingspalen. Zij hebben de draagnummers #1, #2, #3 en #4. Elke LED-doos is tevens voorzien van een nummer dat identiek is aan het draagnummer van de paal waar deze bij hoort.





*Figuur 9: Paal nummer 3*



*Figuur 10: LED-doos van paal nummer 3*

### 3.3 De sensordozen

De sensordozen zijn afstandssensoren die een signaal sturen als ze een object detecteren binnen hun ingestelde detectieafstand. Het object in kwestie kan eender welk obstakel zijn, maar voor de doeleinden van deze masterproef is het obstakel een radiografisch bestuurbare auto die een naderend voertuig simuleert. De sensordoos wordt opgesteld naast de verlichtingspaal, en activeert de verlichting als het voertuig nadert.

Net zoals de LED-dozen zijn ook de sensordozen voorzien van nummers. Deze nummers moeten identiek zijn aan de paal waar zij bij horen. Dit is cruciaal voor de goede werking van het systeem. Een geactiveerde sensor geeft immers ook een signaal door aan de volgende verlichtingspaal om deze alvast te laten branden. In praktijk komt dat neer op de volgende sequentie van gebeurtenissen als een auto in volgorde langs de sensordozen rijdt:

- De sensordoos van paal 1 activeert de verlichting van zowel paal 1 als paal 2;
- De sensordoos van paal 2 activeert de verlichting van zowel paal 2 als paal 3;
- De sensordoos van paal 3 activeert de verlichting van zowel paal 3 als paal 4;
- De sensordoos van paal 4 activeert de verlichting van paal 4.



Figuur 11: Sensordoos van paal nummer 3

### 3.4 Het dashboard en andere toebehoren

Het systeem is voorzien van een digitaal dashboard waarmee twee parameters van het systeem aangepast kunnen worden. Deze parameters zijn:

- De intensiteit van de verlichting. Hoe hoger deze parameter, des te feller zal de verlichting branden als het voertuig gedetecteerd wordt;
- Het obstakelbereik. Hoe hoger deze parameter, des te verder kan de sensor zien en des te eerder zal het systeem een object detecteren.

Een router, bijgevoegd bij het systeem, coördineert alle verbindingen tussen de dozen. Echter is het ook mogelijk om deze verbinding via een hotspot te maken, wat ook gebeurde tijdens het onderzoek.



Wijzigingen die aangebracht worden in het dashboard, komen enkele seconden later aan bij het systeem zelf. Er zit dus een delay op deze verbinding.

Als het systeem aangesloten is op elektriciteit, branden de lampen standaard met de intensiteit die ingesteld werd op het dashboard. Met een knop in het dashboard kan de module geactiveerd worden, waardoor het systeem operationeel wordt. De lampen zullen dan dimmen, en zullen op hun ingestelde intensiteit branden als de sensor een obstakel detecteert. Het obstakel in kwestie, de “trigger” van de sensoren, is een radiografisch bestuurbare auto.

Het systeem stuurt voortdurend data door naar de cloud. Deze data omvat de afstand waarop de sensor de auto detecteerde, de duur van het branden van de lampen, de intensiteit van de lampen, en dergelijke.

Ook IT-gerelateerde data kunnen uit het dashboard gedownload worden. Voor de doeleinden van dit onderzoek is dit echter minder relevant.



*Figuur 12: De router die de sensoren met elkaar kan coördineren*



*Figuur 13: Een radiografisch bestuurbare auto, de "trigger" van de sensoren*

### 3.5 Technische problemen

Vooraleer het systeem in gebruik genomen kon worden, en het plan van aanpak voor dit onderzoek in meer detail uitgewerkt kon worden, moesten er technische problemen opgelost worden. Deze technische problemen kunnen van impact zijn op de uitkomst van het testen en zijn dus cruciaal om te vermelden. Uiteindelijk hebben ze er ook tot geleid dat deze masterproef zich volledig toeleide op deel 1.

#### 3.5.1 Stroomvoorziening

Het bedrijf Bitlogicx leverde oorspronkelijk de LED-dozen met stekkers die incompatibel zijn met de stopcontacttypes die gebruikt worden. De stekker is noodzakelijk om de LED-doos, en bijgevolg de verlichting, van elektrische stroom te voorzien. De pennen van deze stekkers zijn zodanig geplaatst dat zij te dicht bij elkaar staan en zodoende niet in een stopcontact passen. De stekkers moesten handmatig vervangen worden, dit door de plastic behuizing van deze stekkers te openen en de kabel los te maken. De kabel werd nadien terug bevestigd aan een compatibele stekker.



*Figuur 14: De oorspronkelijke stekkers van de LED-dozen, losgekoppeld van de LED-dozen*

De stekker van de router was eveneens incompatibel met de gebruikte stopcontacttypes. De beschermende plastic behuizing van de stekker verhinderde dat de stekker aangesloten kon worden op een stopcontact. De vormgeving van deze behuizing vereist immers een stopcontact zonder beschermende plastic rand. Zulke stopcontacten waren niet beschikbaar.

Deze stekker kon echter niet handmatig vervangen worden. Dit was ook niet nodig: anders dan de stekkers van de LED- of sensordozen kan de stroomkabel van de router losgekoppeld worden. Er werd dus een volledig nieuwe stroomkabel besteld met aan een kant een connector die in de router past en aan de andere kant een compatibele stekker.



*Figuur 15: De oorspronkelijke stekker van de router. Merk de vormgeving van de plastic behuizing op, die aansluiting op een stopcontact verhindert*

Ook de vervanging voor sensordoos 2 (zie ook 3.5.5 Defect sensordozen) beschikte over een incompatibele stekker. De vervanging van deze stekker is echter een lastiger karwei. Sensordoos 2 beschikt over een stekkertype dat niet zomaar vervangen kan worden. De kabel zou doorgeknipt en gestript kunnen worden om een volledig nieuwe stekker te installeren, maar in de stekker bevindt zich een printplaat die mogelijk cruciaal is voor de werking van de sensordoos. Met een reisadapter kan de stekker echter wel gebruikt worden.

### *3.5.2 Constructieproblemen*

De palen werden in twee stukken geleverd. De voet was een apart onderdeel. De mast en armatuur waren reeds aan elkaar bevestigd (alhoewel de connectie tussen de onderdelen redelijk los zit: er zit speling op, waardoor de armatuur lichtjes kan draaien op de mast). De mast moest dus nog bevestigd worden op de voet. Op de voet bevindt zich een winkelhaakachtig stuk metaal om de mast op te bevestigen. Zowel dit stuk metaal als de mast hebben geboorde gaten om er een schroef doorheen te steken. De gaten overlappen echter niet altijd goed, waardoor de voet en de paal speling vertonen.

### *3.5.3 Loskomende platen*

De behuizing van de palen, bestaande uit metalen platen en buizen, kwam op sommige locaties los. Met name ging het om de voorste plaatjes die vastgelijmd werden op de voorkant van de armatuur. Met nieuwe lijm werden deze plaatjes vastgemaakt.

### *3.5.4 Beschadigingen paal 1*

De constructie van paal 1 vertoont een verschil in vergelijking met de andere palen: de voet van deze paal is gedraaid. De voet van een paal is normaliter balkvormig, waarbij de onderzijde hol is en twee tegenoverliggende vlakken open zijn. Figuur 9, die paal nummer 3 toont, geeft dit weer. Normaliter is de voet zodanig geïnstalleerd dat de linker- en de rechterzijde van de voet open zijn. Bij paal 1 is dit echter niet het geval: bij deze paal zijn de voor- en de achterzijde van de voet open. Het zwaartepunt van de paal ligt bovendien verder naar voren omdat de voet ook verder naar voren gemonteerd werd. Daardoor staat de paal wankel op zijn voet. De paal is reeds omgevallen tijdens het opstellen van het systeem, waardoor de behuizing van de fitting van de lamp beschadigd werd. Door de voet van de paal te verzwaren en te blokkeren wordt vermeden dat dit nog eens gebeurt.





*Figuur 16: De beschadiging aan de plastic behuizing van de fitting van paal 1*

### *3.5.5 Defect sensordozen 1 en 2*

Tijdens initiële testen van het systeem bleken sensordozen 1 en 2 beschadigd te zijn. Mogelijk raakten de sensordozen beschadigd tijdens het transport, wat betekent dat zij redelijk fragiel zijn. Dat de sensordozen kapot zijn, werd bevestigd tijdens een videomeeting met de makers van het systeem. De sensordozen werden tijdens deze meeting opengemaakt en gecontroleerd op beschadigingen. De connecties tussen de kabels en printplaten bleek in orde te zijn, maar toch functioneerde het systeem niet. Een vuiltje op de camera zou mogelijk een oorzaak kunnen zijn, maar dat zou wijzen op een kritische constructiefout in de sensordoos. De lens wordt immers beschermd door een raster, maar dit raster verhindert dat de lens schoongemaakt kan worden. Blazen op de lens hielp ook niet.

De stroomvoorziening van de sensordozen functioneerde, maar de sensordozen detecteerden foutief een obstakel dat er niet was. Daardoor zonden zij “fantoosignalen” uit, met als gevolg dat de verlichting op ongepaste momenten aansprong. De verlichting was dan ook ontregeld: de fantoomsignalen van sensordoos 1 activeerden immers palen 1 en 2, terwijl de fantoomsignalen van sensordoos 2 paal 2 en de goed functionerende paal 3 activeerden. De defecte sensordozen werden vervangen door nieuwe exemplaren.



Figuur 17: De defecte sensordozen 1 en 2

### 3.5.6 Beschadiging paal 4

Tijdens initiële testen raakte paal 4 defect. Het probleem bevond zich vermoedelijk in de fitting van de lamp, aangezien het vervangen van de lamp zelf het probleem niet oploste en beide dozen van paal 4 nog functioneerden vooraleer de paal kapotging.

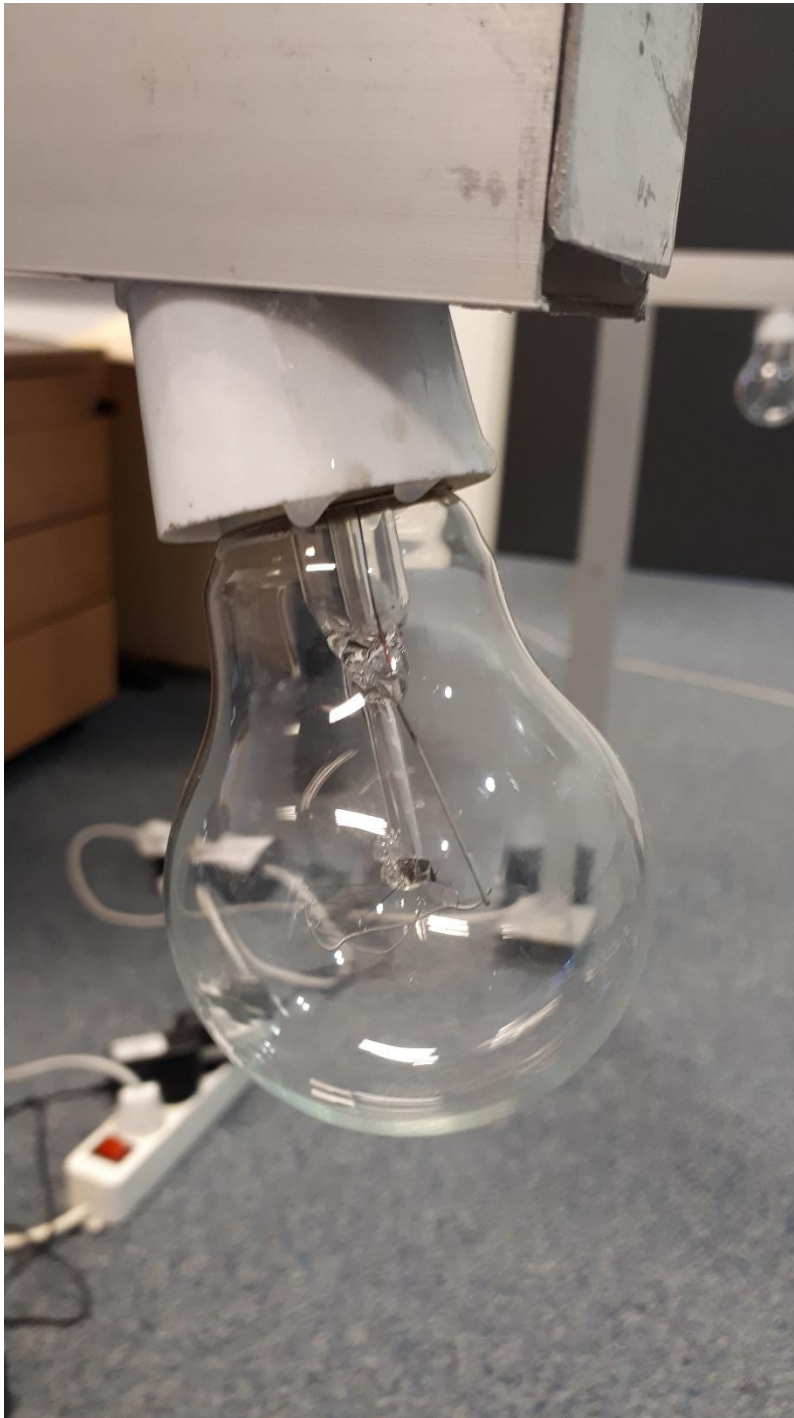
Paal 4 vertoonde voor het testen van het systeem al problemen. Zo zat de fitting van de lamp schuin in de armatuur. Dit is ongebruikelijk, aangezien de fitting normaliter verticaal in de armatuur moet zitten (zoals zichtbaar in Figuur 9, die paal 3 toont).





*Figuur 18: Paal 4. Merk de schuine positie van de fitting van de lamp op.*

Bovendien vertoonde de paal tijdens de tests technische problemen. De lijm waarmee de fitting vastgemaakt werd in de armatuur smolt en liep langs de plastic behuizing van de lamp en de lamp zelf af. Het is mogelijk dat deze smeltende lijm de fitting had beschadigd.



*Figuur 19: Detail van lamp 4. Merk de gesmolten lijm op de fitting op. In de achtergrond staat paal 3: merk op dat de lamp van deze paal wel verticaal hangt*

Technische controle van paal 4, door het demonteren van de armatuur en de plastic behuizing van de fitting, toonde aan dat er inderdaad een probleem met de fitting was, en specifiek de kabel die door de plastic behuizing naar de fitting ging. De kabel bleek gebroken of gesmolten te zijn, waardoor lamp 4 niet meer werkte. De kabel werd hersteld en lamp 4 functioneerde opnieuw.

### *3.5.7 Problemen met de datacollectie*

Het systeem bleek nadien nog problemen te hebben. Uit een proeftest, beschreven in [4.2 Proeftest], bleek dat er een probleem was met de dataverzameling. Ondanks de test van 15 minuten, bleek er geen data doorgestuurd te zijn naar de cloud. De oorzaak van dit probleem is onduidelijk. Extra tests bleken ook geen resultaten door te sturen.

Bitlogicx had het systeem echter kunnen repareren en het systeem kon data doorsturen. Echter dook op dit moment een nieuw probleem op: normaliter zou het systeem data moeten doorsturen omtrent de prestaties van het systeem (bijvoorbeeld data die weergeeft op welke afstand de auto gedetecteerd werd), maar bij het downloaden van de data bleek dat het systeem voornamelijk IT-gerelateerde data leek door te sturen. Met name ging het om de parameters COMPUTERNAME, REQUEST TIME, WEBSOCKET, IP, OS en GATEWAY. OS lijkt bijvoorbeeld te verwijzen naar het besturingssysteem waar een of andere computer op draait, en IP verwijst duidelijk naar een of ander IP-adres. Voor de onderzoeker zijn sommige parameters zoals WEBSOCKET en GATEWAY ook onbekend, maar de data zijn in ieder geval niet nuttig voor analyse aangezien ze (1) op REQUEST TIME na allemaal identiek lijken te zijn (uit een proefstest van 19 april bleek bijvoorbeeld dat “GATEWAY” voor elke data-entry identiek is) en (2) ze geen prestaties over het systeem zelf weergeven. Vooralnog is het onduidelijk hoe het systeem prestatieparameters doorgeeft.

Dit is ook het probleem dat heeft geleid tot een shift in prioriteit van deze masterproef naar het parallel lopende project omtrent de ledstrips bij het zebrapad aan de Blauwe Boulevard in Hasselt: de technische problemen begonnen lang aan te slepen en het begon stilaan niet mogelijk te worden om de data tijdig te kunnen verzamelen en analyseren.

## 4 Gepland experimenteel ontwerp

Om het experiment uit te voeren, worden de sensoren onder verschillende omstandigheden getest. De module wordt opgestart en het radiografisch bestuurbaar voertuig wordt gebruikt om de sensoren te activeren. Markeringen op de wegmaquette geven weer waar het voertuig precies moet rijden om zo consistent mogelijke resultaten te krijgen. Deze rit wordt verschillende keren herhaald. De obstakelafstand zal daarna opnieuw ingesteld worden en het experiment herhaalt zich.

Het experiment wordt daarnaast uitgevoerd in verschillende condities: drie lichtcondities en drie temperatuurcondities. De twee lichtcondities zijn de volgende:

- De kamer wordt normaal verlicht door de verlichting op de ruimte.
- De kamer wordt enkel verlicht door zonlicht tijdens de dag, wat de kamer verduistert.
- De kamer wordt enkel verlicht door avondlicht, wat de kamer verder verduistert.

Een luxmeter zal objectief aangeven wat de lichtintensiteit in de ruimte is. De temperatuurcondities worden geregeld met een elektrisch verwarmingstoestel: het toestel staat uit, het toestel staat op stand 2,5 en het toestel staat op stand 5.

De kamer in kwestie is een ruimte in het onderzoeksinstituut IMOB.

### 4.1 Fysieke opbouw systeem

Het systeem wordt als volgt opgesteld. De vier palen worden geplaatst in de hoeken van een rechthoek met een lange zijde die ongeveer 195,5 cm lang is en een korte zijde die ongeveer 144,5 cm lang is.

De lange zijden van de rechthoek (195,5 cm) worden gevormd door:

- De zijde paal 1 tot paal 2
- De zijde paal 3 tot paal 4

De korte zijden van de rechthoek (144,5 cm) worden gevormd door:

- De zijde paal 2 tot paal 3
- De zijde paal 4 tot paal 1

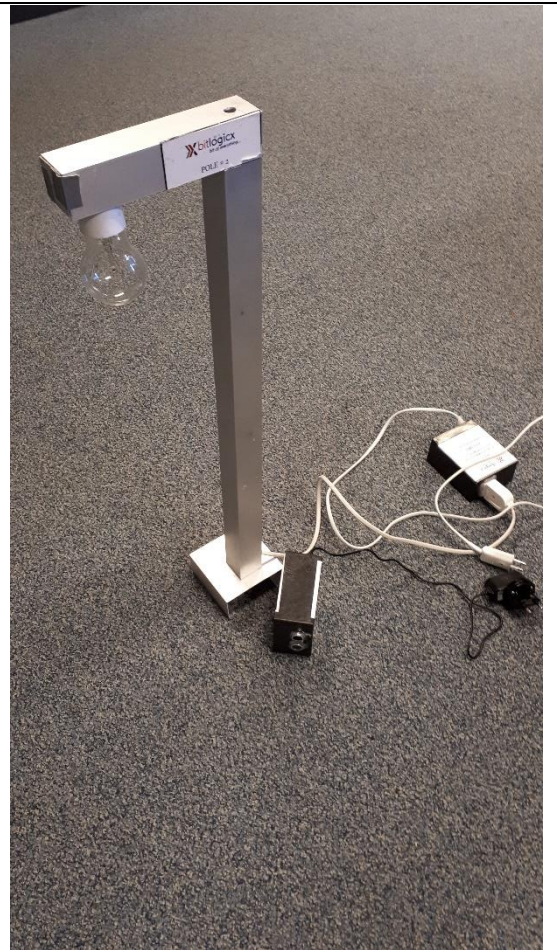
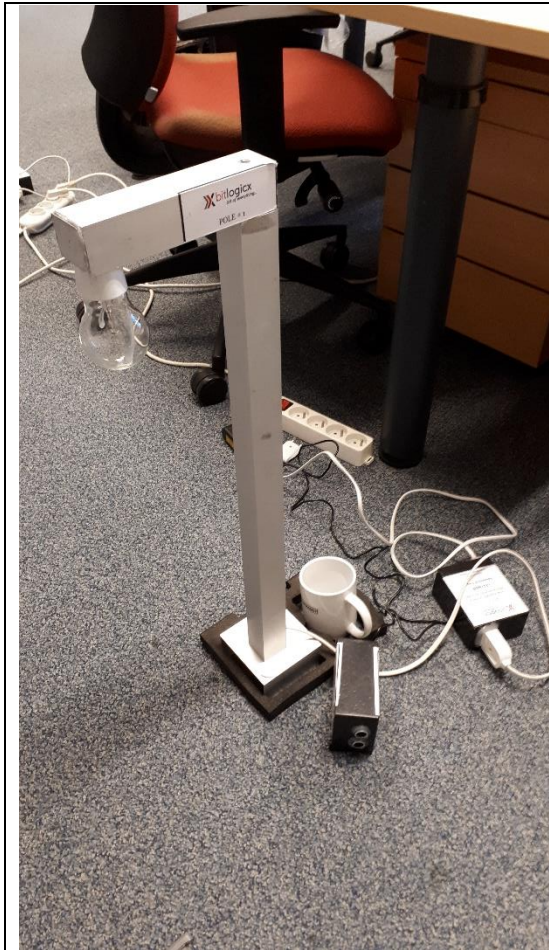
De buitenste hoeken van de paalvoeten zijn hierbij de hoekpunten van de rechthoek. De bekabeling van het systeem, alsook de LED-dozen en stekkerdozen, bevinden zich buiten deze rechthoek. De sensordozen 1 en 3 bevinden zich eveneens buiten deze rechthoeken. Wegens de constructieproblemen van paal 1 wordt deze paal extra verankerd met schuim en een zwaar object: deze verankering bevindt zich eveneens buiten deze rechthoek.

De sensordozen worden onder een hoek van 45° tegen de voet van de paal geplaatst, of in het geval van paal 1, tegen het schuim van de verankering. Een kabel voor de stroomvoorziening loopt tussen palen 1 en 2 en palen 3 en 4 door, bedekt door papieren om ervoor te zorgen dat de radiografische auto er makkelijker overheen kan rijden. Een foto van de opstelling is te zien in Figuur 20. De opstelling van de palen apart is te zien in Figuur 21.





*Figuur 20: Foto van de systeemopstelling*

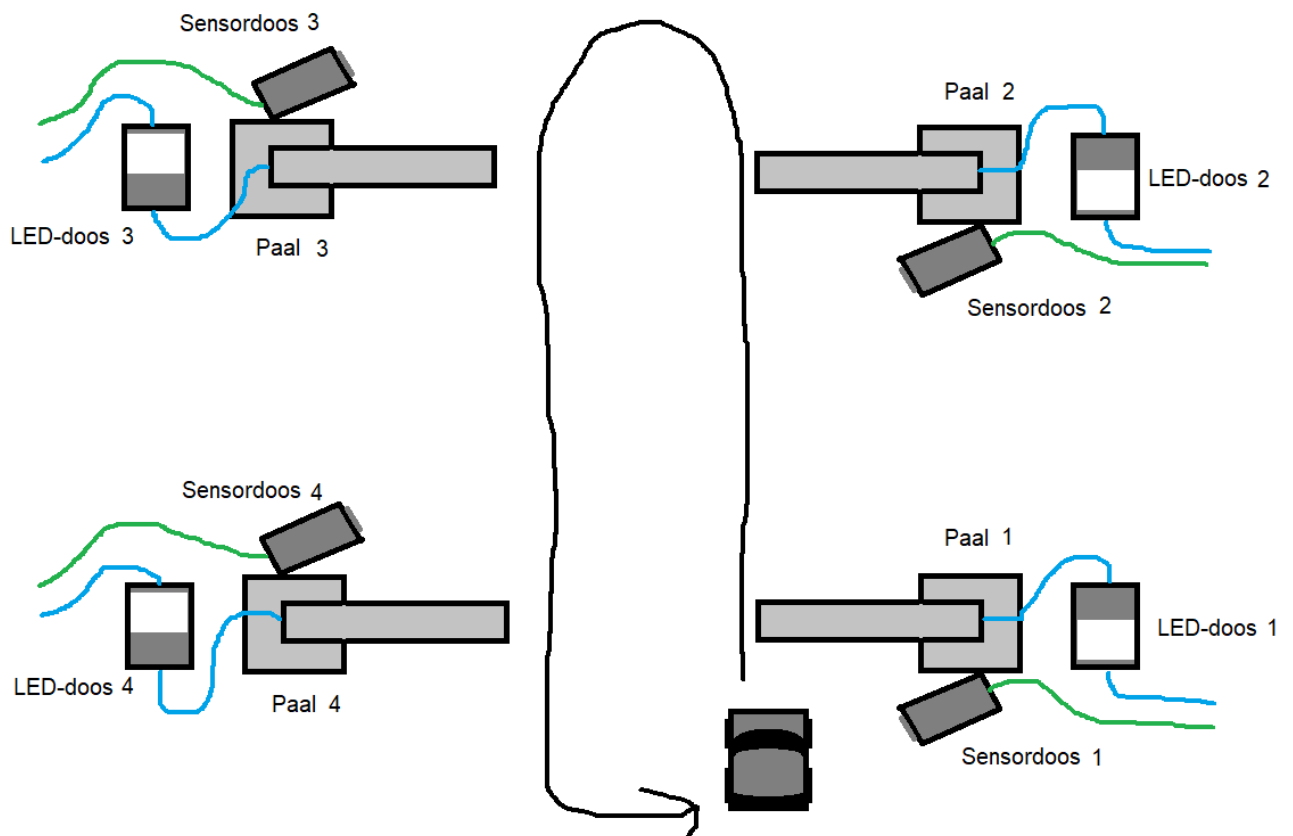






*Figuur 21: De vier individuele palen. Van links naar rechts, van boven naar onder: paal 1, paal 2, paal 3, paal 4*

Tijdens het experiment is het de bedoeling dat de radiografische auto langs de sensordozen heen rijdt in een U-bocht. Hij rijdt langs sensordozen 1 en 2, keert dan om, en rijdt dan langs sensordozen 3 en 4. Een schematische, top down view van het systeem is te zien in Figuur 22.

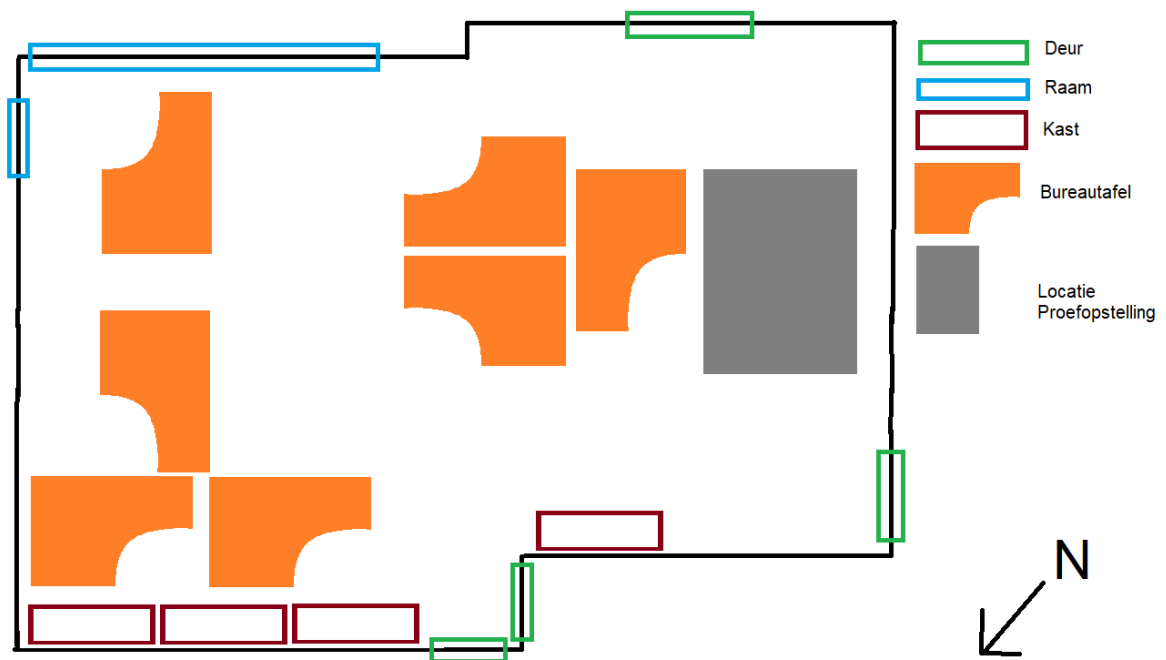


*Figuur 22: Schematische weergave van het systeem*

Een beschrijving van de kamer is tevens noodzakelijk, aangezien de opbouw van de kamer een impact heeft op de lichtinval in de kamer. Een schematische weergave van de kamer is te zien in Figuur 23. De maximale lengte van deze kamer is 9,24 m. De maximale breedte van deze kamer is 7,32 m. De kamer is zodanig georiënteerd dat de linkeronderhoek van de kamer op Figuur 23 zich in het noorden bevindt.

De kamer omvat twee ramen: een groot raam op de zuidoostelijke muur dat ongeveer 3,50 m breed en ongeveer 1,75 m hoog is en een klein raam op de noordoostelijke muur dat ongeveer 0,95 m breed en ongeveer 1,75 m hoog is. Deze ramen zijn uitgerust met een verduisterend gordijn, maar hebben geen rolluik om de kamer volledig donker te maken.

De locatie van de opstelling moet ervoor zorgen dat de omgeving van het systeem zo donker mogelijk gemaakt kan worden. Om te beginnen bevindt het systeem zich zo ver als mogelijk van de vensters, met name tegen de zuidwestelijke muur, zodanig dat het licht dat invalt door het zuidoostelijke grote raam het systeem moeilijker kan bereiken. Daarnaast staan er enkele bureautafels tussen het systeem en de ramen in. De ramen bevinden zich boven het horizontaal vlak van de bureautafels en het systeem bevindt zich onder het horizontaal vlak van de bureautafels. Zodanig wordt het licht verder geblokkeerd en bevindt het systeem zich in de schaduw van de bureautafels. Tot slot helpt de stand van de zon mee. Aangezien de ramen zich in de oostelijke hoek van de kamer bevinden, zal de meeste lichtinval 's ochtends en tijdens de voormiddag gebeuren. Immers komt de zon op in het oosten. In de namiddag zal het licht beperkter blijven aangezien de oostelijke hoek met de ramen zich dan in de schaduw van het gebouw bevindt. Bovendien zal de lichtinval steeds zwakker worden naarmate de zon ondergaat.



Figuur 23: Schematische weergave van de kamer waarin de proefopstelling zich bevindt. Niet op schaal. De noordpijl geeft een indicatie van de richting van het noorden.

## 4.2 Proeftests

### 4.2.1 Proeftest 1: Trial run

Na de technische problemen was een proeftest noodzakelijk om het systeem te testen. Zodanig kan gecontroleerd worden of alles werkt. Het systeem werd getest met een mobiele hotspot. De verbinding via dit systeem is echter bijzonder slecht: verschillende lampen reageren niet na een aantal seconden en blijven op een bepaald intensiteitsniveau. De systemen uit het stopcontact trekken en weer aansluiten verbetert dit. Vooral palen 1 en 2 kampen met dit probleem. Ter illustratie: de vertraging bij een wijziging van intensiteit 11 naar een hogere intensiteit was ongeveer de volgende voor volgende palen (inclusief vertraging om op stopwatch te drukken):

- 1: 01m43s
- 2: 01m16s
- 3: 00m11s
- 4: 00m31s

De proeftests worden uitgevoerd met lampen van 100W voor palen 3 en 4 en lampen van 60W voor palen 1 en 2. De lamp van paal 1 werd vervangen omdat er smeltende lijm op deze lamp hing. De lamp van paal 2 werd tijdens deze proef vervangen door een vervangingslamp van 60W wegens een probleem met de lamp. De gloeidraad was losgekomen uit een steendraad, wat mogelijk gevaar kan opleveren aangezien deze hierdoor dichterbij het glas hing. Op zich maakt dit niet uit voor deze proeftest, aangezien vooral gecontroleerd wordt of er überhaupt output is.

Tijdens de test werd het systeem gedurende 15 minuten geactiveerd, met de volgende standen:

- Intensiteit: 60
- Obstakelafstand: 20

Het radiografisch bestuurbaar voertuig rijdt dan rondjes om de sensoren te activeren.



Uit de proeftest blijkt dat het besturen van de auto lastig is. Immers moet de auto handmatig bestuurd worden, waardoor het nemen van bochten om te draaien een moeilijk karwei is waardoor de auto niet steeds goed uitgelijnd is om de sensoren het kunnen activeren. De auto moet voortdurend bijgestuurd worden, en moet regelmatig achteruit rijden om de route verder te kunnen volgen. Het gebruik van papieren om de auto over de kabels heen te laten rijden werkt, doch de auto komt hard neer als hij over de papieren rijdt.

Wat de sensoren betreft, blijkt dat deze niet altijd betrouwbaar zijn. Soms moet de auto meerdere keren vooruit en achteruit rijden vooraleer de sensor dit opmerkt. Ook zijn de sensoren traag: de auto moet soms remmen en even wachten vooraleer de sensoren hem opmerken. De signalen die dan naar de volgende lamp gestuurd worden komen ook laat aan: er zit bijvoorbeeld een vertraging tussen het activeren van lamp 3 en lamp bij het activeren van sensor 3.

#### *4.2.2 Proeftest 2: Test van datacollectie 1*

Proeftest 2 diende om de datacollectie te testen. Immers scheen er een defect te zijn op het vlak van datacollectie. De contactpersoon bij Bitlogix had geen data ontvangen van deze test. Deze proeftest was bedoeld om die datacollectie nogmaals te testen.

Proeftest 2 verliep gedurende 20 minuten (d.w.z.: elke afgelegde ronde van de auto is volledig, de ronde waarin een stopwatch 20 minuten aantikt is de laatste ronde). Het systeem vertoonde minder vertraging, alhoewel er soms nog steeds heen en weer gereden moest worden om de lamp te activeren. Het besturen van de auto verliep vlotter, maar de draaicirkel varieert lichtjes en is net te groot om de bocht tussen palen 4 en 1 zonder achteruit en vooruit rijden te nemen.

De connectie met het systeem is veel beter: in tegenstelling tot bijna twee minuten zoals bij proeftest 1, deed het systeem er nu bij een meting 9 seconden over om volledig te reageren op een intensiteitswijziging in het dashboard (d.w.z.: alle lampen veranderden van intensiteit)

Na de test werd de sensormodule uitgezet.

#### *4.2.3 Proeftest 3: Test van datacollectie 2*

Proeftest 3 verliep eveneens gedurende 20 minuten (d.w.z.: elke afgelegde ronde van de auto is volledig, de ronde waarin een stopwatch 20 minuten aantikt is de laatste ronde). De test verliep gelijkaardig aan proeftest 2, met als verschil dat lamp 1 tijdens de test niet meer activeerde. De auto heen en weer rijden voor de sensormodule hielp niet, noch hielp het zetten van een voet voor de sensormodule.

Na de test bleef de sensormodule aan staan gedurende minstens 10 minuten, waarna minstens 10 minuten werd gewacht voor een volgende test.

Het probleem met paal 1 was vermoedelijk een verbindingsprobleem. De paal reageerde niet op wijzigingen in het dashboard. Hierna werd de mobiele hotspot waarmee de sensoren verbonden zijn uitgezet en weer ingeschakeld om het probleem met lamp 1 op te lossen. Eveneens werden de sensor- en LED-doos van lamp 1 uitgetrokken en weer ingestoken.

#### *4.2.4 Proeftest 4: Hertest lamp 1 en test van datacollectie 3*

Proeftest 4 verliep gedurende ongeveer 15 minuten. Nadien bleef de testmodule aan staan gedurende minstens 10 minuten. Daarna werd de hotspot uitgezet.

De bedoeling van deze drie tests is om onder verschillende omstandigheden de datacollectie te testen, met de hoop mogelijk te ontdekken waar het misloopt als de datacollectie toch nog niet werkt.

#### 4.2.5 Proeftest 5: Test van datacollectie na update

Proeftest 5 gebeurde op 19 april 2022 om 14:15 en diende om de datacollectie te testen nadat het dashboard werd geüpdatet door Bitlogicx. De test duurde 15 minuten.

Het systeem blijkt inderdaad data door te sturen, alhoewel er drie opmerkingen gemaakt moeten worden.

(1) De onderzoeker was na deze proeftest in staat om op 19 april data te downloaden in PDF-vorm, maar de tijden lijken niet te kloppen. Zo was de laatst doorgestuurde tijd na het uitschakelen van de mobiele hotspot 12:38 PM, maar de onderzoeker was op dit moment nog niet eens in de onderzoeksruimte om het onderzoek. Mogelijk is het systeem ingesteld op een andere tijdzone, waardoor de klok van het systeem twee uur vroeger aangeeft. (2) De doorgestuurde data lijken niet nuttig voor onderzoek. Het systeem stuurt 6 verschillende parameters door, met name:

- **COMPUTERNAME:** Vermoedelijk de naam van het account of de computer waarmee het dashboard is geopend, voor de onderzoeker is dit GUEST
- **REQUEST TIME:** De tijd waarop het systeem een “verzoek” doet. Mogelijk heeft dit iets te maken met de verbinding, want het systeem voert vele verzoeken uit op eenzelfde minuut.
- **WEBSOCKET:** Wat deze parameter precies is, is onduidelijk voor de onderzoeker.
- **IP:** Vermoedelijk geeft deze parameter een IP-adres weer. Dit kan het IP-adres van de onderzoeksruimte zijn, maar dit is niet zeker.
- **OS:** OS staat voor “Operating System”. Dit geeft een besturingssysteem weer. De onderzoeker weet niet van welk systeem dit het besturingssysteem zou moeten zijn.
- **GATEWAY:** Wat deze parameter precies is, is onduidelijk voor de onderzoeker.

(3) Zoals hierboven te zien is, is geen enkele parameter gerelateerd aan de werking van het systeem. De parameters zijn allemaal IT-gerelateerd en bovendien lijken ze voor elke data-entry identiek te zijn. Enkel “Request Time” vertoont verschillen over data-entries heen en zou potentieel te maken kunnen hebben met detectie van de auto door het systeem, maar dit lijkt onwaarschijnlijk omwille van verschillende redenen:

- De data geven geen seconden weer
- De data geven niet weer door welke sensor de auto gedetecteerd werd

Na proeftest 5 werd er nog contact opgenomen met Bitlogicx in de hoop dat het bedrijf deze problemen zou kunnen oplossen en dat er voor onderzoek interessante data uit gehaald zou kunnen worden, maar uiteindelijk werd toch beslist om het onderzoek rond dit onderwerp stop te zetten en volledig over te schakelen op het onderzoek omtrent de led-strips in Hasselt, oftewel deel 1 van deze masterproef.



## 5 Discussie

### 5.1 Beperkingen

Oorspronkelijk zou dit onderzoek het onderwerp van deze masterproef zijn, maar het ging niet door omwille van technische en softwarematige problemen met het systeem. Sectie [3.5 Technische problemen] toonde al aan dat er verscheidene technische problemen waren met de toestellen, waardoor ze niet naar specificatie van het bedrijf gebruikt konden worden. De modificaties die doorgevoerd moesten worden aan het systeem kunnen mogelijk een effect hebben gehad op de werking van het systeem, waardoor toekomstige resultaten beïnvloed worden. Met name gaat het dan om de wijziging van de stekkers. De beschadiging van paal 1 kan tevens resultaten beïnvloeden (bijvoorbeeld op het vlak van lichtintensiteit, aangezien het de behuizing van de fitting was die beschadigd werd). Het systeem is echter wel verder in technische gereedheid gebracht om het te kunnen gebruiken in toekomstige onderzoeken.

Een belangrijke beperking is tevens de vertraging op het systeem. Als de auto voor de sensoren reed, duurde het even vooraleer de lamp aanging. Deze vertraging kan mogelijk een impact hebben op toekomstige resultaten.

### 5.2 Aanbevelingen

Zoals vermeld in [3.5 Technische problemen], waren de toestellen verre van klaar voor gebruik. Twee van de vier sensor dozen waren defect, een lamp weigerde te functioneren, verschillende apparaten waren uitgerust met incompatibele stekkers en bovendien kampt het systeem met enkele constructiefouten. Ook het dashboard zelf kampte met enkele problemen: zo was het op een gegeven moment niet in staat om data van het systeem te ontvangen. Het dashboard vereiste een update vooraleer dit wel kon gebeuren, maar toen bleek dat de gedownloade data geen prestaties van het systeem leek te tonen. Eenmaal die data er wel door kwamen, bleek dat de data niet nuttig waren om te gebruiken voor verkeerskundig onderzoek.

Verdere doorontwikkeling van het systeem zal zich moeten focussen op het oplossen van de breekbaarheid van het systeem. Tijdens initiële tests van het systeem bleek dat twee van de vier sensor dozen defect waren en fantoomsignalen uitzonden. Vermoedelijk raakten ze beschadigd tijdens transport, maar als het transport van deze systemen er al voor zorgde dat ze defect raken en onmiddellijk foutief signalen beginnen te sturen, dan is dit een kritisch probleem dat dringend opgelost moet worden. Alternatief is het mogelijk dat er een vuiltje voor de lenzen van de defecte sensoren zaten. In dat geval is er echter sprake van een constructiefout, want de lens is niet schoon te vegen door een beschermend raster dat zich voor de lens bevindt. Een ander teken van fragiliteit is paal 1. Omdat de voet van paal 1 foutief gemonteerd moest worden, stond deze zeer wankel op zijn voet. Het balanceren van de paal liep dan ook mis: tijdens het opstellen leek het alsof hij stabiel stond, waarna hij uiteindelijk toch omviel. Deze klap brak een stukje van de plastic behuizing van de fitting af, ondanks het feit dat de paal op tapijt neerkwam (ter info: het tapijt brak de val zodanig dat de lamp niet brak).

Kwaliteit is ook een belangrijk aspect waar verder op ingezet moet worden. Losstaand van het feit dat twee van de vier sensor dozen nog voor de daadwerkelijke experimenten defect gingen, vertoonde paal 4 tekenen van beschadiging. De fitting zat schuin in de armatuur. Bij activatie van paal 4 werd de fitting warm, en door de hitte smolt de lijm waarmee de fitting in de armatuur vastzat. Deze drupte dan langs de houder en de lamp af. Los van het feit dat dit mogelijk gevaarlijk kan zijn (bij wijze van voorbeeld: hete lijm die van de lamp afdrupt kan terechtkomen op iemands huid, lijmdampen kunnen ontstaan, ...), ging de paal hierna kapot. Vermoedelijk zorgde de smeltende lijm ervoor dat een kabel brak. Daarnaast zijn er nog een reeks andere kwaliteitsissues, zoals de plaatjes die aan de voorkant van de armatuur

loskwamen en opnieuw vastgesteld moesten worden of de onderdelen van de palen die speling vertonen en niet goed op elkaar passen.

Vervolgens moet het bedrijf dat de toestellen levert goed letten op de stroomtoevoer die gebruikt wordt in het land van levering. In totaliteit werden er 10 apparaatdozen gebruikt in dit experiment: 4 LED-dozen, 4 sensordozen en 2 sensordozen ter vervanging van kapotte apparatuur. 5 van deze dozen waren uitgerust met stekkers die niet compatibel waren met de stopcontacten die hier gebruikt worden. Dat kost de klant nog eens extra geld (om nieuwe stekkers te kopen) en tijd (om de stekkers te vervangen). De klant moet bovendien nog eens de nodige kennis hebben om zo een vervanging uit te voeren. De vervanging van vier van de foutieve stekkers verliep immers eenvoudig, maar een vijfde stekker bevatte een printplaat en kon dus niet zomaar vervangen worden. Een reisadapter werd gebruikt om dit probleem op te lossen.

Tot slot moet ook de IT-kant van het systeem op orde zijn. Vertragingen en andere verbindingsproblemen maakten het testen van het systeem nodeloos langzaam. Soms bleek een lamp niet te reageren op wijzigingen in het dashboard, waardoor deze gedeactiveerd en terug aangezet moest worden. Voor een systeem dat daadwerkelijk op de weg toegepast zou kunnen worden is dit een kritieke fout: weggebruikers zouden willekeurig lampen tegenkomen die niet aanspringen als ze naderen (wat gevaarlijk is) of de lamp zou niet uitspringen wanneer er geen verkeer is (wat niet energiezuinig is). Het dashboard lijkt tevens niet geschikt te zijn om de prestaties van het systeem na te gaan, voor een leek althans. Zo is het eenvoudig om zowel lichtintensiteit als obstakelafstand te wijzigen in het dashboard, maar het is niet duidelijk wat deze waarden precies betekenen. Zo kan de obstakelafstand ingesteld worden op “40” en de lichtintensiteit op “30”, maar er staan geen eenheden bij, dus er kan niet bepaald worden op welke afstand het systeem voertuigen detecteert of hoe fel de lampen precies branden. De overige data in het systeem zijn redelijk vaag. Zo telt het systeem “Server Requests”, “Vehicles” en “Others”, maar hoe die statistieken geïnterpreteerd moeten worden is onduidelijk. “Vehicles” slaat duidelijk op voertuigen, maar het is onbekend wat voor items er onder “Others” vallen en “Server Requests” is duidelijk een technische term die mogelijk gerelateerd is aan de werking van het systeem en dus helemaal niet in 1 statistiek zou moeten staan met het aantal getelde voertuigen. De data die gedownload kan worden geven vooral IT-gerelateerde gegevens weer. Zulke gegevens zijn vermoedelijk zeer nuttig voor het onderhoud van het systeem, maar verkeerskundig gezien kunnen ze niet gebruikt worden om de prestaties van het systeem te bekijken.

## 6 Conclusie

In dit deel van deze masterproef werd het experimentele verlichtingssysteem van Bitlogicx getest. Slimme verlichtingssystemen die verkeersafhankelijk zijn kunnen energieverbruik en lichthinder worden beperkt. Ze kunnen bovendien flexibel worden ingezet. Dat zorgt dan weer voor vermindering van de problemen die lichthinder met zich meebrengt, zoals schade aan de menselijke gezondheid en schade aan ecosystemen.

Het systeem van Bitlogicx bestond uit sensoren met een op voorhand instelbare obstakelafstand en lichtintensiteit. Als deze sensoren een obstakel detecteren, zoals een radiografisch voertuig, sturen zij een signaal door waardoor een lamp zal branden. Het geheel wordt bestuurd door twee types “dozen”, een LED-doos en een sensordoos, en wordt gecoördineerd door een router of een mobiele hotspot.

Het doel van het experiment was om de werking van het systeem te testen onder verschillende omstandigheden, zoals een verschillende lichttoestand. Het voertuig zou voortdurend langs de sensoren rijden om de lichten te activeren. Het systeem zou data doorsturen naar het dashboard, zoals de afstand waarop elk obstakel gedetecteerd werd. Die data zouden dan geëxporteerd kunnen worden en statistisch geanalyseerd worden.

Helaas bleek dat het systeem kampte met verschillende problemen, zowel op technisch vlak als op softwarevlak. Om te beginnen waren er kwaliteitsproblemen. Sommige plaatjes van de behuizing van de palen kwamen bijvoorbeeld los. Twee sensordozen waren al van meet af aan kapot en onbruikbaar omdat ze “fantoosignalen” uitzonden. Een constructiefout bij paal 1 zorgde ervoor dat de voet er foutief op staat, waardoor hij gemakkelijk omvalt (en dit gebeurde dan ook). Kritieker was de constructiefout bij paal 4: de fitting van de lamp van deze paal zat schuin in de armatuur en de lijm waarmee hij vastgemaakt lijkt te zijn begon te smelten. Als gevolg daarvan werd een kabel doorgesmolten of gebroken. De hete lijm die drupt van de lamp kan potentieel een gezondheidsrisico vormen (als deze bijvoorbeeld op de huid terecht komt). De gesmolten kabel vormt daarnaast een potentieel brandgevaar.

Minder ernstig waren de gebruiksvriendelijkheidsproblemen. Enkele dozen die Bitlogicx leverde beschikten over stekkers die incompatibel waren met de stopcontacten die gebruikt werden. Deze stekkers moesten daarom vervangen worden of gekoppeld worden op een reisadapter. Dit kost geld en tijd.

Tot slot waren er verschillende softwareproblemen. Bij initiële tests bleek dat het systeem geen data doorstuurde naar de cloud. Bitlogicx moest dit probleem eerst oplossen vooraleer de tests uitgevoerd konden worden. Nadat deze functie hersteld werd, bleek dan weer dat het systeem alleen maar IT-gerelateerde data zoals het IP-adres doorstuurt om aan te tonen dat het systeem werkt, en dit niet eens per doos (dus: er is geen onderscheid tussen data van dozen 1, 2, 3 en 4). Prestatiegerelateerde indicatoren konden er niet mee gemeten worden, terwijl deze wel cruciaal waren voor dit deel van de masterproef.

Omwille van deze problemen werd de focus verlegd naar een parallel project. De bijdrage van dit deel van de masterproef was dus vooral het technisch gereedmaken van dit systeem voor verdere tests. Het systeem was nog niet klaar voor tests tijdens deze masterproef.



# LIJST VAN GERAADPLEEGDE WERKEN

- Agentschap Binnenlands Bestuur. (2022). *Jouw gemeentescan; Hasselt; Benchmark 13 centrumsteden*. Geraadpleegd op 13 maart 2022, van [https://gsminfo.gemeentestadsmonitor.be/%24web/Rapporten\\_outputs/JouwGemeentescan\\_13CS/GSM\\_JouwGemeentescan\\_13CS\\_Hasselt.pdf](https://gsminfo.gemeentestadsmonitor.be/%24web/Rapporten_outputs/JouwGemeentescan_13CS/GSM_JouwGemeentescan_13CS_Hasselt.pdf)
- Agentschap Innoveren & Ondernemen. (2020, 3 januari). Geraadpleegd op 26 februari 2022, van <https://www.vlaio.be/nl/nieuws/mechelen-en-bonheiden-testen-slimme-straatverlichting>
- Agentschap Wegen en Verkeer. (z.d.). *Lichtvisie gewestwegen*. Geraadpleegd op 26 februari, 2022 van <https://wegenenverkeer.be/wegen/openbare-verlichting/lichtvisie-gewestwegen>
- APM. (z.d.). *LED Street Lighting*. Geraadpleegd op 27 februari 2022, van <https://apm.pl/en/products/led-street-lighting/>
- Angulo, A. V., & Smith, B. L. (2021). Evaluation of driver performance with a prototype cyber physical mid-block crossing advanced warning system. *Journal of Safety Research*, 79, 237–245. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2021.09.004>
- Argentiero, A., Cerqueti, R., & Maggi, M. (2021). Outdoor light pollution and COVID-19: The Italian case. *Environmental Impact Assessment Review*, 90, 106602. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106602>
- Argys, L. M., Averett, S. L., & Yang, M. (2021). Light pollution, sleep deprivation, and infant health at birth. *Southern Economic Journal*, 87(3), 849–888. <https://doi.org/10.1002/soej.12477>
- Asan, O., & Montague, E. (2014). Using video-based observation research methods in primary care health encounters to evaluate complex interactions. *Informatics in primary care*, 21, 161–170. <https://doi.org/10.14236/jhi.v21i4.72>
- AZO Materials. (2018, 20 februari). *How does the human eye perceive light? Photopic and Scotopic Vision*. Geraadpleegd op 7 maart 2022, van <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=14971>
- Bao, S., Wu, L., Yu, B., & Sayer, J. R. (2020). An examination of teen drivers' car-following behavior under naturalistic driving conditions: With and without an advanced driving assistance system. *Accident Analysis & Prevention*, 147, 105762. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105762>
- Barin, E. N., McLaughlin, C. M., Farag, M. W., Jensen, A. R., Upperman, J. S., & Arbogast, H. (2018). Heads Up, Phones Down: A Pedestrian Safety Intervention on Distracted Crosswalk Behavior. *Journal of Community Health*, 43(4), 810–815. <https://doi.org/10.1007/s10900-018-0488-y>
- Bassani, M., Catani, L., Cirillo, C., & Mutani, G. (2016). Night-time and daytime operating speed distribution in urban arterials. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 42, 56–69. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.06.020>
- Baswail, A., Allinson, L., & Goddard, P. (2019). Adolescents' Mobile Phone Use While Crossing the Road. *Safety*, 5(2), 27. <http://dx.doi.org/10.3390/safety5020027>
- BBC. (2017, 12 mei). *Why does Belgium shine so brightly?*. Geraadpleegd op 9 juni, 2022 van <https://www.bbc.com/news/world-europe-39900940>
- Beleidsdomein Mobiliteit en Openbare Werken. (2021). *Verkeersveiligheidsplan Vlaanderen 2021-2025*. Geraadpleegd op 27 februari 2022, van [https://assets.vlaanderen.be/image/upload/v1626161661/20210709\\_MOW\\_Verkeersveiligheidsplan\\_Vlaanderen\\_2021-2025\\_DEF\\_nrwbw7.pdf](https://assets.vlaanderen.be/image/upload/v1626161661/20210709_MOW_Verkeersveiligheidsplan_Vlaanderen_2021-2025_DEF_nrwbw7.pdf)



- Bhandari, P. (2021). Nominale data verzamelen en analyseren | Uitleg & voorbeelden. *Scribbr*. Geraadpleegd op 5 juni 2022, van <https://www.scribbr.nl/statistiek/nominale-data/>
- Bitlogicx. (z.d.). *We are comitted to building the best software for our clients* [sic]. Geraadpleegd op 26 februari 2022, van <https://bitlogicx.com/services>
- Bonaccorsi, G., Manzi, F., Del Riccio, M., Setola, N., Naldi, E., Milani, C., Giorgetti, D., Dellisanti, C., & Lorini, C. (2020). Impact of the Built Environment and the Neighborhood in Promoting the Physical Activity and the Healthy Aging in Older People: An Umbrella Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 6127. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176127>
- Brei, M., Pérez-Barahona, A., & Strobl, E. (2016). Environmental pollution and biodiversity: Light pollution and sea turtles in the Caribbean. *Journal of Environmental Economics and Management*, 77, 95–116. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2016.02.003>
- Brookes, E. (2021, 22 juli). *The Theory of Planned Behavior*. SimplyPsychology. Geraadpleegd op 30 mei 2022, van <https://www.simplypsychology.org/theory-of-planned-behavior.html>
- Bullough, J. D., Donnell, E. T., & Rea, M. S. (2013). To illuminate or not to illuminate: Roadway lighting as it affects traffic safety at intersections. *Accident Analysis & Prevention*, 53, 65–77. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.12.029>
- Burghardt, T. E., Pashkevich, A., & Mosböck, H. (2019). Yellow pedestrian crossings: From innovative technology for glass beads to a new retroreflectivity regulation. *Case Studies on Transport Policy*, 7(4), 862–870. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2019.07.007>
- Calvi, A., D'Amico, F., Ferrante, C., & Bianchini Ciampoli, L. (2020). Effectiveness of augmented reality warnings on driving behaviour whilst approaching pedestrian crossings: A driving simulator study. *Accident Analysis & Prevention*, 147, 105760. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105760>
- Chalfin, A., Hansen, B., Lerner, J., & Parker, L. (2022). Reducing Crime Through Environmental Design: Evidence from a Randomized Experiment of Street Lighting in New York City. *Journal of Quantitative Criminology*, 38(1), 127–157. <https://doi.org/10.1007/s10940-020-09490-6>
- Chang, F., Haque, Md. M., Yasmin, S., & Huang, H. (2022). Crash injury severity analysis of E-Bike Riders: A random parameters generalized ordered probit model with heterogeneity in means. *Safety Science*, 146, 105545. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105545>
- Chen, P.-L., Saleh, W., & Pai, C.-W. (2018). Pokemon gaming causes pedestrians to run a red light: An observational study of crossing behaviours at a signalised intersection in Taipei City. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 55, 380–388. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.03.011>
- Cheng, G. Z., Sun, X. D., & Han, J. (2014). Modeling Driver Distance Recognition and Speed Perception at Night for Freeway Speed Limit Selection in China. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 4(2), 143–153. <http://dx.doi.org/10.2495/SAFE-V4-N2-143-153>
- Chepesiuk, R. (2009). Missing the Dark: Health Effects of Light Pollution. *Environmental Health Perspectives*, 117(1), A20–A27.
- Clark, S., Coughenour, C., Bumgarner, K., de la Fuente-Mella, H., Reynolds, C., & Abelar, J. (2019). The Impact of Pedestrian Crossing Flags on Driver Yielding Behavior in Las Vegas, NV. *Sustainability*, 11(17), 4741. <http://dx.doi.org/10.3390/su11174741>

- Contín, M. A., Benedetto, M. M., Quinteros-quintana, M. L., & Guido, M. E. (2016). Light pollution: The possible consequences of excessive illumination on retina. *Eye*, 30(2), 255–263. <http://dx.doi.org/10.1038/eye.2015.221>
- Costa, M., Lantieri, C., Vignali, V., Ghasemi, N., & Simone, A. (2020). Evaluation of an integrated lighting-warning system on motorists' yielding at unsignalized crosswalks during nighttime. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 68, 132–143. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.12.004>
- Data Science Team. (2020<sup>9</sup>). *Chi-kwadraattoets*. DATA SCIENCE. Geraadpleegd op 5 juni 2022, van <https://datascience.eu/nl/wiskunde-statistiek/chi-kwadraattoets/>
- de Bellis, E., Schulte-Mecklenbeck, M., Brucks, W., Herrmann, A., & Hertwig, R. (2018). Blind haste: As light decreases, speeding increases. *PLoS One*, 13(1), e0188951. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0188951>
- Departement Omgeving. (z.d.a). *Beleid: lichthinder*. Geraadpleegd op 1 maart 2022, van <https://omgeving.vlaanderen.be/beleid-lichthinder>
- Departement Omgeving. (z.d.b). *Lichthinder: cijfers*. Geraadpleegd op 1 maart 2022, van <https://omgeving.vlaanderen.be/lichthinder-cijfers>
- Dominoni, D. M., Quetting, M., & Partecke, J. (2013). Long-Term Effects of Chronic Light Pollution on Seasonal Functions of European Blackbirds (*Turdus merula*). *PLoS One*, 8(12), e85069. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0085069>
- Exceljet. (z.d.). *Count cells that contain specific text*. Geraadpleegd op 19 mei 2022, van <https://exceljet.net/formula/count-cells-that-contain-specific-text>
- EZ SPSS. (z.d.a). *Calculate and Interpret Chi Square in SPSS*. Geraadpleegd op 5 juni 2022, van <https://ezspss.com/calculate-and-interpret-chi-square-in-spss/>
- EZ SPSS. (z.d.b). *Interpreting Chi Square Results in SPSS*. Geraadpleegd op 7 juni 2022, van <https://ezspss.com/interpreting-chi-square-results-in-spss/>
- Falchi, F., Cinzano, P., Elvidge, C. D., Keith, D. M., & Haim, A. (2011). Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility. *Journal of Environmental Management*, 92(10), 2714–2722. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.029>
- Falchi, F., Furgoni, R., Gallaway, T. A., Rybnikova, N. A., Portnov, B. A., Baugh, K., Cinzano, P., & Elvidge, C. D. (2019). Light pollution in USA and Europe: The good, the bad and the ugly. *Journal of Environmental Management*, 248, 109227. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.128>
- Federal Highway Administration. (2010). *Crosswalk Marking Field Visibility Study. CHAPTER 3: MARKING SELECTION STUDY*. Geraadpleegd op 1 april 2022, van <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/pedbike/10068/ch03.cfm>
- Fluvius. (2021, 8 oktober). *Een klare kijk op onze openbare verlichting: hoe werkt het?*. Geraadpleegd op 26 februari 2022, van <https://www.fluvius.be/nl/blog/wat-doet-fluvius-voor-jou/hoe-werkt-openbare-verlichting>
- Fluvius. (z.d.). *Openbare verlichting*. Geraadpleegd op 26 februari 2022, van <https://lokaal-bestuur.fluvius.be/nl/thema/openbare-verlichting>

<sup>9</sup> Het artikel van Data Science Team (2020) meldt als datum “2 years ago” dus het jaartal kan ook iets hoger of lager zijn.

- Fitzpatrick, K., & Park, E. S. (2021). Nighttime effectiveness of the pedestrian hybrid beacon, rectangular rapid flashing beacon, and LED-embedded crossing sign. *Journal of Safety Research*, 79, 273–286. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2021.09.009>
- Gallaway, T., Olsen, R. N., & Mitchell, D. M. (2010). The economics of global light pollution. *Ecological Economics*, 69(3), 658–665. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.10.003>
- Gaston, K. J., Davies, T. W., Bennie, J., & Hopkins, J. (2012). Reducing the ecological consequences of night-time light pollution: Options and developments. *Journal of Applied Ecology*, 49(6), 1256–1266.
- Gilandeh, S. S., Hosseinlou, M. H., & Anarkooli, A. J. (2018). Examining bus driver behavior as a function of roadway features under daytime and nighttime lighting conditions: Driving simulator study. *Safety Science*, 110, 142–151. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.08.011>
- Gitelman, V., Carmel, R., Pesahov, F., & Hakkert, S. (2017). An examination of the influence of crosswalk marking removal on pedestrian safety as reflected in road user behaviours. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 46, 342–355. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.03.007>
- Goronczy, E. E. (2021). Influence and Effects of Artificial Light After Dark and Light Pollution. In E. E. Goronczy (Red.), *Light Pollution in Metropolises: Analysis, Impacts and Solutions* (pp. 9–35). Springer Fachmedien. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-29723-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-658-29723-7_3)
- Guo, H., & Boyle, L. N. (2022). Driving behavior at midblock crosswalks with Rectangular Rapid Flashing Beacons: Hidden Markov model approach using naturalistic data. *Accident Analysis & Prevention*, 165, 106406. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106406>
- Hamann, C., Dulf, D., Baragan-Andrada, E., Price, M., & Peek-Asa, C. (2017). Contributors to pedestrian distraction and risky behaviours during road crossings in Romania. *Injury prevention : journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*, 23(6), 370–376. <https://doi.org/10.1136/injuryprev-2016-042219><sup>10</sup>
- Horberry, T., Osborne, R., & Young, K. (2019). Pedestrian smartphone distraction: Prevalence and potential severity. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 60, 515–523. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.11.011>
- Hou, M., Cheng, J., Xiao, F., & Wang, C. (2021). Distracted Behavior of Pedestrians While Crossing Street: A Case Study in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1), 353. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010353><sup>11</sup>
- Hou, M., Chen, S., & Cheng, J. (2022). The effect of risk perception and other psychological factors on mobile phone use while crossing the street among pedestrians. *Accident Analysis & Prevention*, 170, 106643. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106643>

---

<sup>10</sup> Een alternatieve verwijzing naar dit artikel die eveneens gevonden werd is:

Hamann, C., Dulf, D., Baragan-Andrada, E., Price, M., & Peek-Asa, C. (2017). Contributors to pedestrian distraction and risky behaviours during road crossings in Romania. *Injury Prevention*, 23(6), 370–376. <https://doi.org/10.1136/injuryprev-2016-042219>

<sup>11</sup> Een alternatieve verwijzing die eveneens werd gemaakt door problemen met Zotero is de volgende:

Hou, M.; Cheng, J.; Xiao, F.; Wang, C. Distracted Behavior of Pedestrians While Crossing Street: A Case Study in China. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, 353. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010353>

- Jacobs, D. (2018, 5 oktober). Hasselt test lichtgevende ledstrip die aantal ongevallen met fietsers moet doen dalen [Plus-artikel]. *Het Belang van Limburg*. Geraadpleegd op 27 februari 2022, van [https://www.hbvl.be/cnt/dmf20181005\\_03813089](https://www.hbvl.be/cnt/dmf20181005_03813089)
- Jägerbrand, A. K., Johansson, M., & Laike, T. (2018). Speed Responses to Speed Humps as Affected by Time of Day and Light Conditions on a Residential Road with Light-Emitting Diode (LED) Road Lighting. *Safety*, 4(1). <http://dx.doi.org/10.3390/safety4010010>
- Jiang, K., Ling, F., Feng, Z., Ma, C., Kumfer, W., Shao, C., & Wang, K. (2018). Effects of mobile phone distraction on pedestrians' crossing behavior and visual attention allocation at a signalized intersection: An outdoor experimental study. *Accident Analysis and Prevention*, 115, 170–177. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.03.019>
- Johan, R., Catharina, S., & Johansson, M. (2021). “In the evening, I don't walk in the park”: The interplay between street lighting and greenery in perceived safety. *Urban Design International*, 26(1), 42–52. <http://dx.doi.org/10.1057/s41289-020-00134-6>
- Keinath, S., Hölker, F., Müller, J., & Rödel, M.-O. (2021). Impact of light pollution on moth morphology—A 137-year study in Germany. *Basic and Applied Ecology*, 56, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2021.05.004>
- Kim, E., Kim, H., Kwon, Y., Choi, S., & Shin, G. (2021). Performance of ground-level signal detection when using a phone while walking. *Accident Analysis & Prevention*, 151, 105909. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105909>
- Kommers, J. (2019). *De invloed van de lichtlijn op het oversteeekgedrag* [Masterthesis, Universiteit Hasselt]. Document Server@UHasselt. <https://documentserver.uhasselt.be/handle/1942/29511>
- Laerd Statistics. (z.d.). *Cohen's kappa using SPSS Statistics*. Geraadpleegd op 4 juni 2022, van <https://statistics.laerd.com/spss-tutorials/cohens-kappa-in-spss-statistics.php>
- Larue, G. S., Watling, C. N., Black, A. A., Wood, J. M., & Khakzar, M. (2020). Pedestrians distracted by their smartphone: Are in-ground flashing lights catching their attention? A laboratory study. *Accident Analysis & Prevention*, 134, 105346. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.105346>
- Latinne, G. (2020, 13 oktober). Hasseltse oversteeplaats krijgt ledstrip voor betere verkeersveiligheid. *Het Laatste Nieuws*. Geraadpleegd op 20 mei 2022, van <https://www.hln.be/hasselt/hasseltse-oversteekplaats-krijgt-ledstrip-voor-betere-verkeersveiligheid~a90879d9/?referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>
- Lorenc, T., Petticrew, M., Whitehead, M., Neary, D., Clayton, S., Wright, K., Thomson, H., Cummins, S., Sowden, A., & Renton, A. (2013). Environmental interventions to reduce fear of crime: Systematic review of effectiveness. *Systematic Reviews*, 2(1), 30. <https://doi.org/10.1186/2046-4053-2-30>
- McHugh, M. L. (2012). Interrater reliability: The kappa statistic. *Biochemia Medica*, 22(3), 276–282.<sup>12</sup>
- Min, J., & Min, K. (2018). Outdoor light at night and the prevalence of depressive symptoms and suicidal behaviors: A cross-sectional study in a nationally representative sample of Korean adults. *Journal of Affective Disorders*, 227, 199–205. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2017.10.039>
- Minnaar, C., Boyles, J. G., Minnaar, I. A., Sole, C. L., & McKechnie, A. E. (2015). Stacking the odds: Light pollution may shift the balance in an ancient predator–prey arms race. *Journal of Applied Ecology*, 52(2), 522–531. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12381>

<sup>12</sup> Kreeg geen DOI-link via Zotero, maar wel een URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3900052/>

- Mohammed, H. A. (2021). Assessment of distracted pedestrian crossing behavior at midblock crosswalks. *IATSS Research*, 45(4), 584–593. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2021.07.003>
- OpenStreetMap-bijdragers. (2022). [Kaart Locaties van de observaties bij kruispunten]. Geraadpleegd op 12 maart 2022. Gegevens beschikbaar onder de Open Database License. Cartografie heeft de licentie CC BY-SA. <https://www.openstreetmap.org/copyright>
- Ortiz, N. C., Ramnarayan, M., & Mizenko, K. (2017). Distraction and road user behavior: An observational pilot study across intersections in Washington, D.C. *Journal of Transport & Health*, 7, 13–22. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2017.05.362>
- Painter, K. (1996). The influence of street lighting improvements on crime, fear and pedestrian street use, after dark. *Landscape and Urban Planning*, 35(2), 193–201. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(96\)00311-8](https://doi.org/10.1016/0169-2046(96)00311-8)
- Pantangi, S. S., Ahmed, S. S., Fountas, G., Majka, K., & Anastasopoulos, P. Ch. (2021). Do high visibility crosswalks improve pedestrian safety? A correlated grouped random parameters approach using naturalistic driving study data. *Analytic Methods in Accident Research*, 30, 100155. <https://doi.org/10.1016/j.amar.2020.100155>
- Patella, S. M., Sportiello, S., Carrese, S., Bella, F., & Asdrubali, F. (2020). The Effect of a LED Lighting Crosswalk on Pedestrian Safety: Some Experimental Results. *Safety*, 6(2), 20. <http://dx.doi.org/10.3390/safety6020020>
- Piazza, A. J., Knowlden, A. P., Hibberd, E., Leeper, J., Paschal, A. M., & Usdan, S. (2019). Mobile device use while crossing the street: Utilizing the theory of planned behavior. *Accident Analysis & Prevention*, 127, 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.02.006>
- Provincie Limburg.be. (z.d.). *Contactgegevens per gemeente (kaart)*. Geraadpleegd op 9 juni 2022, van <https://www.limburg.be/tccontactgegevenspergemeentekaart>
- Pulgar, J., Zeballos, D., Vargas, J., Aldana, M., Manriquez, P. H., Manriquez, K., Quijón, P. A., Widdicombe, S., Anguita, C., Quintanilla, D., & Duarte, C. (2019). Endogenous cycles, activity patterns and energy expenditure of an intertidal fish is modified by artificial light pollution at night (ALAN). *Environmental Pollution*, 244, 361–366. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.063>
- QGIS Development Team (2022). *QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project* [GIS-software]. Geraadpleegd op 14 april, 2022, van <http://qgis.osgeo.org><sup>13</sup>
- Ren, J., Chen, Y., Li, F., Xue, C., Yin, X., Peng, J., Liang, J., Feng, Q., & Wang, S. (2021). Road Injuries Associated With Cellular Phone Use While Walking or Riding a Bicycle or an Electric Bicycle: A Case-Crossover Study. *American Journal of Epidemiology*, 190(1), 37–43. <https://doi.org/10.1093/aje/kwaa164>
- Riaz, M. S., Cuenen, A., Polders, E., Akram, M. B., Houda, M., Janssens, D., & Azab, M. (2022). Child Pedestrian Safety: Study of Street-Crossing Behaviour of Primary School Children with Adult Supervision. *Sustainability*, 14(3), 1503. <https://doi.org/10.3390/su14031503>
- RODRÍGUEZ, A., MOFFETT, J., REVOLTÓS, A., WASIAK, P., MCINTOSH, R. R., SUTHERLAND, D. R., RENWICK, L., DANN, P., & CHIARADIA, A. (2017). Light Pollution and Seabird Fledglings: Targeting Efforts in Rescue Programs. *The Journal of Wildlife Management*, 81(4), 734–741.

<sup>13</sup> Specifiek werd de kaart gemaakt op 14 april 2022. De software is te downloaden via de URL, maar was eerder al geïnstalleerd.



- Samerei, S. A., Aghabayk, K., Mohammadi, A., & Shiwakoti, N. (2021). Data mining approach to model bus crash severity in Australia. *Journal of Safety Research*, 76, 73–82. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2020.12.004>
- Schröder. (z.d.). *Portimão voetgangersoversteekplaatsen*. Geraadpleegd op 27 februari 2022, van <https://nl.schreder.com/nl/projecten/slimme-verlichting-voor-zebrapaden-optimaliseert-veiligheid-en-kosten>
- Schwebel, D. C., Hasan, R., Griffin, R., Hasan, R., Hoque, M. A., Karim, Md. Y., Luo, K., & Johnston, A. (2021). Reducing distracted pedestrian behavior using Bluetooth beacon technology: A crossover trial. *Accident Analysis & Prevention*, 159, 106253. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106253>
- sfbetterstreets. (z.d.). *Crosswalks*. Geraadpleegd op 1 april 2022, van <https://www.sfbetterstreets.org/find-project-types/pedestrian-safety-and-traffic-calming/crosswalks/>
- Simmons, S. M., Caird, J. K., Ta, A., Sterzer, F., & Hagel, B. E. (2020). Plight of the distracted pedestrian: A research synthesis and meta-analysis of mobile phone use on crossing behaviour. *Injury Prevention*, 26(2), 170. <http://dx.doi.org/10.1136/injuryprev-2019-043426>
- Singh, N. A., & Borschbach, M. (2017). Effect of external factors on accuracy of distance measurement using ultrasonic sensors. *2017 International Conference on Signals and Systems (ICSigSys)*, 266–271. <https://doi.org/10.1109/ICSIGSYS.2017.7967054>
- Slootmans, F. & Desmet, C. (2019). Themadossier Verkeersveiligheid nr. 5. Afleiding, Brussel, België: Vias institute – Kenniscentrum Verkeersveiligheid ([https://www.vias.be/publications/Themadossier%20verkeersveiligheid%20n%C2%B05%20-%20Afleiding%20in%20het%20verkeer%20\(2018\)/Themadossier\\_Verkeersveiligheid\\_nr5\\_-\\_Afleiding.pdf](https://www.vias.be/publications/Themadossier%20verkeersveiligheid%20n%C2%B05%20-%20Afleiding%20in%20het%20verkeer%20(2018)/Themadossier_Verkeersveiligheid_nr5_-_Afleiding.pdf))
- Slootmans, F. (2021). Statistisch rapport 2021 – Verkeersongevallen 2020, Brussel: Vias institute (<https://www.vias.be/publications/Statistisch%20Rapport%202021%20-%20Verkeersongevallen%202020/Statistisch%20Rapport%202021%20-%20Verkeersongevallen%202020.pdf>)
- Statistiek Vlaanderen. (2021, 30 juni). *Verkeersslachtoffers*. Geraadpleegd op 27 februari 2022, van <https://www.statistiekvlaanderen.be/nl/verkeersslachtoffers-0>
- SWOV (2020a). *Afleiding in het verkeer*. SWOV-Factsheet, juli 2020. SWOV, Den Haag (<https://swov.nl/nl/factsheet/afleiding-het-verkeer>)
- SWOV (2020b). *Infrastructuur voor voetgangers en fietsers*. SWOV-factsheet, november 2020. SWOV, Den Haag. (<https://swov.nl/nl/factsheet/infrastructuur-voor-voetgangers-en-fietsers>)
- Thorn. (z.d.). *Pedestrian Crossing*. Geraadpleegd op 27 februari 2022, van [http://www.thornlighting.be/nl-be/producten/buitenverlichting/wegverlichting/Pedestrian\\_Crossing](http://www.thornlighting.be/nl-be/producten/buitenverlichting/wegverlichting/Pedestrian_Crossing)
- Vlaams Verkeerscentrum. (2022, 11 maart). *Verkeersbarometer*. Geraadpleegd op 11 maart 2022, van <https://www.verkeerscentrum.be/filebarometer>
- Wang, K., Zhang, W., Liu, J., Feng, Z., Wang, C., Hu, Z., & Huang, W. (2019). Exploring the factors affecting myopic drivers' driving skills and risk perception in nighttime driving. *Cognition, Technology & Work*, 21(2), 275–285. <https://doi.org/10.1007/s10111-018-0492-0>

- Wells, H. L., McClure, L. A., Porter, B. E., & Schwebel, D. C. (2018). Distracted Pedestrian Behavior on two Urban College Campuses. *Journal of Community Health, 43*(1), 96–102. <https://doi.org/10.1007/s10900-017-0392-x>
- Wood, J. M., Isoardi, G., Black, A., & Cowling, I. (2018). Night-time driving visibility associated with LED streetlight dimming. *Accident Analysis & Prevention, 121*, 295–300. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.08.023>
- Xu, Y., Fu, C., Kennedy, E., Jiang, S., & Owusu-Agyemang, S. (2018). The impact of street lights on spatial-temporal patterns of crime in Detroit, Michigan. *Cities, 79*, 45–52. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.02.021>
- Zalesinska, M., & Wandachowicz, K. (2021). On the Quality of Street Lighting in Pedestrian Crossings. *Energies, 14*(21), 7349. <http://dx.doi.org/10.3390/en14217349>
- Zheng, H., & Giang, W. C. W. (2021). Risk perception and distraction engagement with smart devices in different types of walking environments. *Accident Analysis & Prevention, 162*, 106405. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106405>

# BIJLAGEN

## A. Data-opschoningsproces

### A.1. Voetgangers

Voor de **voetgangers** verliep het data-opschoningsproces als volgt:

- Entries waar alleen een opmerking bijstond (bv.: “2 vrouwen steken een eindje verderop het zebrapad over”, “Koppel (M/V) mogelijk door rood”, opmerkingen die aangeven dat er voetgangers gemist werden, opmerkingen die de locatie van grote groepen voetgangers aangaven, opmerkingen die aangaven dat het niet duidelijk was of er een voetganger genoteerd was (bv. als er een streepje bij de looprichting van de voetganger stond, maar niet bij de rest), ...). Dit houdt eveneens een voetganger in waarbij foutief “step?” werd geschreven bij “geslacht”, alsook een voetganger waarbij de opmerking “1 gemist?” foutief bij “Looprichting voetganger” stond. Ook was er een fietser foutief geregistreerd als voetganger: bij de opmerkingen van deze entry stond “Fietst (toch) over”. Deze zijn eveneens verwijderd. Deze verwijderingen gebeurden met als argument dat bij deze entries en bij deze individuen amper data geregistreerd is, waardoor zij niet nuttig zijn om op te nemen in de analyse. Deze entries werden gevonden door in Excel de kolom "Geslacht" te sorteren. Moesten ze later nog toegevoegd moeten worden ter verduidelijking, dan is dat nog mogelijk.
- Twee entries hadden bij alle parameters het symbool “\” staan en bij de opmerkingen “Mogelijk?”. Deze entries werden eveneens verwijderd aangezien er geen nuttige data uit gehaald kan worden.
- Bij alle entries waar “Notitie onduidelijk”, “Onduidelijke notitie” (mogelijk aangevuld door een opmerking waarbij weergegeven wordt welke variabele het mogelijk is) in een cel die een waarde van een variabele aangaf stond, werd die opmerking vervangen door het symbool “\” dat aangeeft dat de waarde onbekend is.
- Specifiek bij de variabele “Op zebrapad/naast zebrapad” werd een aantal keer aangehaald dat een voetganger op de rand van het zebrapad liep. Indien dit gebeurt, werd de opmerking die daar stond vervangen door “Rand”.
- Bij alle entries waar een vraagteken achter de waarde in een cel voor een bepaalde variabele of alleen in een cel stond, werd deze waarde vervangen door het symbool “\” dat aangeeft dat de waarde onbekend is.
- Specifiek bij de variabele “Stopgedrag” waren er 16 entries met afwijkende gedragingen. Zo leken sommige voetgangers op of naast de ledstrip te staan.
  - o Waarden als “1 (staat erop?)”, “1/2 (staat erop)”, “Op de strip, dan 1” en “Staat erop” werden vervangen door “Staat op ledstrip”.
  - o Waarden als “Ernaast”, “ernaast, noch voor, noch achter” en “Naast leds” werden vervangen door “Staat naast ledstrip”.
  - o “Steekt over als het net rood wordt” werd vervangen door “0”.
  - o “2 (nog net)” werd vervangen door “2”.
- In de opmerkingen werd eveneens gecontroleerd of de waarde van een variabele zeker was of niet. Als er in de opmerkingen onzekerheid werd geuit over de waarde van een parameter, dan werd deze vervangen door het symbool “\”. De oude waarde werd toegevoegd aan de opmerkingen als die er nog niet bijstond zodat deze nog steeds geraadpleegd kan worden. Met name gaat het om de volgende opmerkingen:
  - o “2 gezinnen: 2 moeders met elk 2 kindjes, mogelijk wat gemist (kwamen tegelijk, stopgedrag is mogelijk \); Stopgedrag voor opschoning was 1”



- Opmerkingen van de volgende vorm, waar de waarde voor opschoning al standaard bijstond:
  - “Afleiding is mogelijk [waarde], dit is niet heel zeker”
  - “Afleiding voetganger is mogelijk [waarde]”
  - “Kijkgedrag is mogelijk [waarde], dit is niet heel zeker”
  - “Op zebrapad/naast zebrapad is mogelijk [waarde], dit is niet heel zeker
  - “Op zebrapad/naast zebrapad is mogelijk [waarde], dit is niet heel zeker + Afleiding voetganger is mogelijk [waarde], dit is niet heel zeker”
  - “Step, stopgedrag is mogelijk [waarde], dit is niet heel zeker; "Step" werd toegevoegd aan parameter "Fietser die afstapt?"”
  - “Stopgedrag is mogelijk [waarde], dit is niet heel zeker”
  - “Stopgedrag is mogelijk [waarde], maar dit is niet zeker”
- “Kind op stepje, stopgedrag is mogelijk 3, geslacht is mogelijk 2 (vergissing bij noteren?); Geslacht was voor opschoning "1"”
- “Notitie voor looprichting is onduidelijk, dus symbool is een vermoeden; Looprichting was voor opschoning <”
- “Stopgedrag is mogelijk 3, geslacht is mogelijk 1 (vergissing bij noteren?); Stopgedrag was voor opschoning "\", Geslacht was voor opschoning 2”
- “Stopgedrag: onduidelijke notitie, lijkt op 3; Stopgedrag was voor opschoning 3”
- Indien er in de opmerkingen werd geuit dat een voetganger een bepaalde gedraging vertoonde, dan werd dit geschreven bij de passende parameter. Met name bij de volgende opmerkingen werd dit gedaan:
  - “Afleiding is mogelijk 2, de voetganger hield een doosje of iets dergelijks vast; Afleiding was voor opschoning 0”
  - “Afleiding voetganger: voetganger had iets vast; Afleiding was voor opschoning 0”
  - “Keek sterk naar observatoren; Kijkgedrag was voor opschoning "0"”
  - “Kijkt op smartphone bij vriendin; Kijkgedrag was voor opschoning gewoon "2"”
  - “Lijkt te bellen; Afleiding was voor opschoning "1"”
  - “Praat met groepje; Afleiding voor opschoning was "0"”
  - “Praatte met gezelschap; Afleiding voor opschoning was "0"”
  - “Praatte met gezin; Afleiding voor opschoning was "0"”
  - “Stapt terug op zebrapad (dus: N dan O); "Op zebrapad / naast zebrapad” was voor opschoning "N"”
  - “Stapt van zebrapad af (dus: eerder O\N); "Op zebrapad / naast zebrapad" was voor opschoning "O"”
  - “Stapte zp op toen het nog rood was, dan sprong het op groen; Stopgedrag was voor opschoning 1”
  - “Step; "Step" werd toegevoegd aan parameter "Fietser die afstapt?"”
  - “Step, stopgedrag is mogelijk [waarde], dit is niet heel zeker; "Step" werd toegevoegd aan parameter "Fietser die afstapt?"”
  - “Stept met iemand anders op 1 step over; Werd na opschoning toegevoegd bij parameter "Fietser die afstapt?"”
  - “Stept over; "Step" werd toegevoegd aan parameter "Fietser die afstapt?"”
  - “Vertrok al bij rood, licht sprong op groen; Stopgedrag was voor opschoning "1"”
- In de opmerkingen werd eveneens gecontroleerd of een waarde van een variabele wel klopte of niet. Als de opmerking in tegenstrijd is met de waarde, dan wordt de waarde aangepast om overeen te stemmen met de opmerking. De oude waarde werd toegevoegd aan de opmerking. Met name gaat het om de volgende opmerkingen:
  - “Keek even op smartphone, stak hem dan weg; Afleiding was voor opschoning 0”: de waarde van “Afleiding” werd hiervoor gewijzigd naar “3”.

Invoerfouten en andere opschoningen bij voetgangers:

- Er werd een entry ontdekt die als waarde bij “Afleiding voetganger” “1/feb” had. Afgaand op de genoteerde data, moest hier 1/2 staan (een teken dat de afleiding bij deze voetganger 1 of 2 was). Gezien het feit dat afgaand op deze observatie de voetganger wel degelijk afgeleid was, werd deze waarde vervangen door een 1. In de opmerkingen van de gecombineerde, opgeschoonde databank werd deze wijziging aangegeven om hem later nog te kunnen terugvinden. Deze aanpassing gebeurde eveneens in de databank voor inter-rater reliability.
- Er werd een entry ontdekt die als waarde bij “Afleiding voetganger” “O” had. Afgaand op de notities tijdens de observaties en het feit dat zowel “O” als “0” als variabelen gebruikt werden tijdens dit onderzoek, moest hier vermoedelijk 0 staan. De waarde is dan ook vervangen door 0. In de opmerkingen van de gecombineerde, opgeschoonde databank werd deze wijziging aangegeven om hem later nog te kunnen terugvinden.
- Er werd een entry ontdekt die als waarde bij “Kijkgedrag voetgangers” “I” had. Kijkend in de genoteerde data blijkt dat het bedoelde symbool “\” is, aangezien het slechts een streepje is. De waarde werd dan ook vervangen door “\”. In de opmerkingen van de gecombineerde, opgeschoonde databank werd deze wijziging aangegeven om hem later nog te kunnen terugvinden.

Na feedback werden er een aantal extra opschoning doorgevoerd, inclusief opschoningen aan de parameters die hierboven beschreven staan:

- Specifiek bij de variabele “Op zebrapad / naast zebrapad” waren er vier entries waarbij er geen O of N stond, maar een waarde in de trant van N->O (implicierend dat een voetganger eerst naast het zebrapad liep en er dan weer op startte) of O->N (implicierend dat een voetganger eerst op het zebrapad liep en er dan af stapte). Zij werden geplaatst bij de categorie waar ze bij het begin van hun oversteek bij zouden horen (dus: een voetganger met N->O zal bij “naast” geplaatst worden, een voetganger met O->N zal bij “op” geplaatst worden). Dit werd in SPSS aangepast en als opmerking werd de oude waarde erbij gezet. Het gaat om entries met de volgende opmerkingen:
  - o “Stapt terug op zebrapad (dus: N dan O); "Op zebrapad / naast zebrapad" was voor opschoning "N"; Na feedback werd "Op zebrapad / naast zebrapad" teruggezet naar "N"”
  - o “Stapt van zebrapad af (dus: eerder O\N); "Op zebrapad / naast zebrapad" was voor opschoning "O"; Na feedback werd "Op zebrapad / naast zebrapad" teruggezet naar "O"” (deze opmerking kwam twee keer voor)
  - o “Voor feedback was de waarde bij "Op zebrapad / naast zebrapad" "O -> N"”
- Bij “Afleiding voetganger” gebeurde er mogelijk een invoerfout bij een entry waardoor er een variabele verdween. Vermoedelijk werd deze waarde per abuis verwijderd. Het gaat over de entry met de opmerking “"Stopgedrag" was mogelijk 0: werd doorgekrast wegens onzekerheid”. Vergelijking van de databank met een oude versie van de databank- waarin deze waarde nog niet leek te ontbreken- gaf aan dat de entry met de opmerking “"Stopgedrag" was mogelijk 0: werd doorgekrast wegens onzekerheid” “0” had als waarde bij “Afleiding voetganger”. Deze werd dan ook teruggeplaatst.

## A.2. Automobilisten

Voor **automobilisten** verliep het data-opschoningsproces als volgt:

- Voor een reeks bestelwagens werd geen geslacht of gedrag geobserveerd, maar de aanwezigheid van de bestelwagens werd wel gemeten. Voor deze bestelwagens wordt voor de parameter “Geslacht” een 3 geplaatst en voor de gedragsparameter “Stopgedrag automobilist” het symbool

“\”. Voor “en “Rijrichting automobilist” werd de kolom leeggelaten, aangezien een lege kolom aangeeft dat het voertuig niet geobserveerd werd van richting te veranderen (in dit geval: het voertuig reed rechtdoor of werd niet gezien). Met name gaat het om wijzigingen aan entries met de volgende opmerkingen:

- “Bestelwagen”
- “Bestelwagentje”
- “Bestelwagen? Was sowieso niet zichtbaar door andere bestelwagen”
- Een aantal lege entries werden uit de database gehaald met als argument dat er geen data voor was of zij bevatten opmerkingen die niet wijzen op een geobserveerd voertuig. Het gaat hier bijvoorbeeld om opmerkingen die duiden op een gemist voertuig, opmerkingen die duiden op een gebeurtenis in de omgeving zoals een vrachtwagen die stilstaat op twee rijstroken of een voertuig dat nog net kon doorrijden of door oranje reed en dus niet tot de geobserveerde voertuigen behoorde. Dit houdt bijvoorbeeld ook een entry in waarvoor de rijrichting wel werd genoteerd, maar waar als opmerking bijstond: “Kon nog net doorrijden”. Dit houdt ook een entry in waarbij als waarde voor de parameter “Geslacht” “gemist” stond en als opmerking “Mogelijke verschuiving registratie”. Deze zijn dus verwijderd.
- Alle waarden waar een vraagteken achterstond (wat aangaf dat de observator niet zeker was over dit gedrag) werden vervangen door:
  - In het geval van “Geslacht” een 3, duidend op een onbekend geslacht
  - In het geval van “Stopgedrag” een symbool “\”, duidend op een onbekend stopgedrag
  - In het geval van “Rijrichting” door “Sloeg mogelijk af”.
- Specifiek voor de parameter “Geslacht” werd voor alle entries de waarde “\” vervangen door “3”. De waarde “3” verwijst immers naar een onbekend geslacht en het symbool “\” geeft aan dat het geslacht niet geobserveerd kon worden: het is dus onbekend.

Nadien werden ook de opmerkingen in de databank voor de automobilisten gecontroleerd.

- Indien uit de opmerking afgeleid kon worden dat een auto toch door kon rijden omdat het licht op groen sprong, dan werd deze entry uit de databank verwijderd. Het gaat zo om volgende opmerkingen:
  - “Auto reed langzamer tot licht op groen sprong”
  - “Kwam aan toen licht op groen stond, stopte bijna”
  - “Kwam aan, licht sprong net op groen”
  - “Remde, maar licht sprong op groen”
  - “Rolde bijna tot stilstand, dan groen”
  - “Rolt tot lichten op groen springen”
  - “Vertraagde maar kwam niet tot volle stop door groen” (deze opmerking verscheen bij twee entries)
- Indien een opmerking de waarden tegenspreekt, dan werd de waarde aangepast om overeen te stemmen met de opmerking. Met name gaat het hier over de waarden voor de parameter “Stopgedrag automobilist”, waar soms 2 bijstaat terwijl de opmerking toch aangeeft dat het voertuig bewoog. In dit geval wordt dus het stopgedrag gewijzigd naar “1” als de opmerkingen aangeven dat het voertuig beweegt tijdens rood licht (zelfs als er staat dat stopgedrag 2 is, aangezien dit tegenspreekt dat het voertuig toch aanstalten maakt te vertrekken). Er werd eveneens toegevoegd aan de opmerking wat het stopgedrag voor de opschoning van de data was. Het gaat over entries met de volgende opmerkingen:
  - “Bestelwagen, rolde stilletjes naar achteren, koppeling los?; Stopgedrag was voor opschoning 2”
  - “Bewoog even tijdens rood; Stopgedrag was voor opschoning 2”
  - “Bewoog, maar rolde niet echt; Stopgedrag was voor opschoning \”

- “Grote bestelwagen, leek te vertrekken, stopte daarna; Stopgedrag was voor opschoning 2”
- “Grote bestelwagen, rolde langzaam, stond stil, leek koppeling lost te houden; Stopgedrag was voor opschoning 2”
- “Héél stilletjes, amper rollen; Stopgedrag was voor opschoning 2”
- “Kijkgedrag: \, rolde een klein beetje, maar kwam weer tot stilstand; Stopgedrag was voor opschoning 2”
- “Kijkgedrag: 0, stopgedrag 2, maar bewoog en stond toen weer stil; Stopgedrag was voor opschoning 2”
- “Kijkgedrag: 0, stopgedrag was 2 maar probeerde bij rood te vertrekken; Stopgedrag was voor opschoning 2”
- “Kijkgedrag: 0, stopgedrag: 2, rolde eventjes, dan weer stil; Stopgedrag was voor opschoning 2”
- “Kijkgedrag: 1, stopgedrag is 2 maar maakte aanstalten om te vertrekken; Stopgedrag was voor opschoning 2”
- “Kijkgedrag: 3 -> 0, stopgedrag was 2 maar kwam al lichtjes in beweging; Stopgedrag was voor opschoning 2”
- “Kijkgedrag: 3, rookt, bewoog lichtjes tijdens rood; Stopgedrag was voor opschoning 2”
- “Kijkgedrag: 3, stopgedrag 2, maar rolde en kwam toen tot stilstand; Stopgedrag was voor opschoning 2”
- “Maar bewoog even; Stopgedrag was voor opschoning 2”
- “Rolde eventjes vg groen, kwam dan tot stilstand, Kijkgedrag: \; Stopgedrag was voor opschoning 2”
- “Rolt stilletjes terwijl het op rood stond; Stopgedrag was voor opschoning \”
- “Stopgedrag 2, maar rolt tijdens rood voorbij de streep, stopt dan; Stopgedrag was voor opschoning 2”
- “Stopgedrag was 2, maar: rolde even, kwam toen tot stilstand; Stopgedrag was voor opschoning 2”
- “Stopgedrag: 2, maar bewoog zéér lichtjes; Stopgedrag was voor opschoning 2”
- “Stopgedrag: 2, maar vertrok en stond terug stil bij rood; Stopgedrag was voor opschoning 2”
- 
- Als in de opmerkingen aangegeven is dat een voertuig mogelijk bewoog(of in het algemeen stopgedrag mogelijk een waarde heeft) (bv. het woord “mogelijk” werd gebruikt, er stond een vraagteken, het voertuig “leek” te bewegen...), dan wordt bij deze parameter het symbool “\” geplaatst dat een onzekere waarde aanduidt. Het gaat over entries met volgende opmerkingen:
  - “Bedekt door bestelwagen, rolde vanachter bestelwagen uit?” (deze stond al aangegeven als onbekend)
  - “Bewoog lichtjes net voor groen?; Stopgedrag was voor opschoning 2”
  - “Kijkgedrag: 1, Bewoog mogelijk zeer lichtjes; Stopgedrag was voor opschoning 2”
  - “Maar rolde hiervoor?; Stopgedrag was voor opschoning 2”
  - “Stopgedrag is mogelijk 2; Stopgedrag was voor opschoning 2”
  - Bij een entry met als parameter “Stopgedrag: op het einde?” werd het stopgedrag met als waarde 1 echter behouden aangezien er enkel twijfel lijkt te zijn over het precieze moment waarop het stopgedrag plaatsvond.
  - “Leek even te bewegen, kijkgedrag: 2, 1; Stopgedrag was voor opschoning 2”
- Bij een entry met de opmerking “Stopte even, kon meteen vertrekken want licht sprong op groen; Stopgedrag was voor opschoning een lege cel” werd een lege cel voor stopgedrag aangevuld met een 2 aangezien het voertuig aldus de opmerking wel degelijk tot stilstand kwam.

In sommige gevallen was het onzeker of een voertuig wel of niet afsloeg. In dat geval werd de waarde voor de parameter “rijrichting” steeds vervangen door “Sloeg mogelijk af”. Ook werd aangevuld wat de oude waarde van de parameter was. Het gaat met name over de volgende opmerkingen:

- “Deel van "groep b", groep van twee voertuigen waarvan 1 van de 2 mogelijk naar rechts reed en waartussen een motor was; Rijrichting was voor opschoning een lege cel”
- “Kijkgedrag: \, had smartphone in hand, reed mogelijk naar links; Rijrichting was voor opschoning <”
- “Kijkgedrag: 0, deel van "groep a", een van twee voertuigen die vermoedelijk rechtsaf reed; Rijrichting was voor opschoning een lege cel”
- “Kijkgedrag: 0, rijrichting is mogelijk <; Rijrichting was voor opschoning <”
- “Reed mogelijk naar rechts, anders rechtdoor; Rijrichting was voor opschoning >”
- “Richting is mogelijk naar rechts, straatveger, begint met vegen als licht nog op rood staat; Rijrichting was voor opschoning >”
- “Richting is mogelijk, net nog antenne gezien die mogelijk tot de auto behoorde, Kijkgedrag: \; Rijrichting was voor opschoning >”
- “Rijrichting is mogelijk <; Rijrichting was voor opschoning <”
- “Rijrichting is mogelijk <, voorwielen over streep; Rijrichting was voor opschoning <”
- “Rijrichting is mogelijk >; Rijrichting was voor opschoning >”
- “Rijrichting mogelijk links, Kijkgedrag: 0; Rijrichting was voor opschoning <”

Bij enkele entries werd in de opmerkingen aangehaald dat er een (mogelijke) verschuiving van registraties plaatsvond. De entries met deze info in hun opmerking zijn verwijderd, aangezien de data door deze verschuiving mogelijk ongeldig zijn.

Enkele invoerfouten werden eveneens verbeterd of verwijderd:

- Bij 1 entry stond het symbool “/”. Hier werd duidelijk het symbool “\” mee bedoeld, dus het werd vervangen door het symbool “\”.

Voor drie entries was het niet duidelijk wat de onderzoeker bedoelde. Er staat dat de voertuigen door rolden, maar niet of dit tijdens groen of rood gebeurden. Ze zijn behouden in de databank, met als stopgedrag “Rolde door in onbekende omstandigheden”. Het gaat over entries met opmerkingen van de volgende vorm:

- Kijkgedrag: [waarde], is 1 van drie voertuigen die door rolde (andere voertuigen worden eveneens aangeduid met deze exacte tekst in de opmerkingen); Stopgedrag was voor opschoning \
- Na de feedback op de analyses kregen deze voertuigen opnieuw het symbool “\”. Immers waren de omstandigheden van hun stopgedrag niet duidelijk. De opmerking bij deze entries werd: “Kijkgedrag: [waarde], is 1 van drie voertuigen die door rolde (andere voertuigen worden eveneens aangeduid met deze exacte tekst in de opmerkingen); Stopgedrag was voor opschoning \; Voor feedback was Stopgedrag "Rolde door in onbekende omstandigheden"

## B. Vragenlijst

# Impact van in de grond ingebouwde led-strips op voetgangersveiligheid bij oversteekvoorzieningen

---

Start of Block: Intro

Q1 Mijn naam is Brent Peters, en ik ben een tweedejaars masterstudent van de opleiding Mobiliteitswetenschappen aan de universiteit van Hasselt. Voor mijn masterproef voer ik onderzoek uit naar manieren om oversteekvoorzieningen voor voetgangers veiliger te maken. Met deze vragenlijst wil ik de houding van weggebruikers tegenover zulke systemen in kaart brengen. Het invullen van deze vragenlijst neemt ongeveer 10 minuten in beslag.

Alvorens met de vragenlijst van slag te gaan, dient de informatie hieronder grondig gelezen te worden:

- Ik heb bovenstaande informatie grondig gelezen.
  - Ik begrijp de opzet alsook wat er van mij verwacht wordt.
  - Ik begrijp dat mijn deelname vrijwillig is en dat ik het recht heb om deelname elk moment stop te zetten (door het browservenster te sluiten). Daarvoor hoef ik geen reden te geven en weet ik dat daaruit geen nadeel voor mij kan ontstaan.
  - Ik begrijp dat de resultaten kunnen gebruikt worden voor wetenschappelijke doeleinden en mogen gepubliceerd worden. Mijn naam wordt daarbij niet gepubliceerd en de vertrouwelijkheid van mijn gegevens is gewaarborgd.
  - Ik weet dat de resultaten gedurende 10 jaar worden bijgehouden en na deze periode verwijderd zullen worden.
  - Voor eventuele klachten of andere bezorgdheden omtrent de verwerking van persoonsgegevens kan ik contact opnemen met de functionaris voor gegevensbescherming/data protection officer van de UHasselt: [dpo@uhasselt.be](mailto:dpo@uhasselt.be)
  - Voor meer informatie omtrent mijn rechten of het neerleggen van een klacht kan ik terecht op onze Privacyverklaring.
  - Voor vragen weet ik dat ik tijdens en na mijn deelname terecht kan bij: Brent Peters ([brent.peters@student.uhasselt.be](mailto:brent.peters@student.uhasselt.be))
-



Q2 Ik ga ermee akkoord dat de gegevens die ik in deze vragenlijst invul gebruikt worden in het kader van deze masterproef:

Ja (1)

Nee (2)

*Skip To: End of Survey If Ik ga ermee akkoord dat de gegevens die ik in deze vragenlijst invul gebruikt worden in het kader... = Nee*

End of Block: Intro

---

Start of Block: Vragen over verplaatsingsgedrag

Q29 Woont u, werkt u en/of gaat u naar school in Hasselt?

Ja (1)

Nee (2)

-----

Q4 Welke vervoersmiddelen gebruikt u minstens 1 keer per week? (meerdere antwoorden zijn mogelijk)

Te voet (1)

Fiets (2)

Bromfiets (klasse A of klasse B) (3)

Bus of tram (4)

Trein (5)

Auto (6)

Andere (7)

-----

Q6 Hoe vaak verplaatst u zich te voet in Hasselt?

- Dagelijks (1)
- Wekelijks (2)
- Maandelijks (3)
- Jaarlijks (4)
- Nooit (5)

*Skip To: End of Survey If Hoe vaak verplaatst u zich te voet in Hasselt? = Jaarlijks*

*Skip To: End of Survey If Hoe vaak verplaatst u zich te voet in Hasselt? = Nooit*

---

Q7 Hoe vaak bent u de afgelopen 3 jaar als voetganger in een verkeersongeval betrokken geraakt?

- 0 keer (1)
  - 1 keer (3)
  - 2 keer (4)
  - Meer dan 2 keer (5)
- 

Q28 Hoe vaak bent u de afgelopen 3 jaar als automobilist in een verkeersongeval betrokken geraakt?

- 0 keer (1)
  - 1 keer (3)
  - 2 keer (4)
  - Meer dan 2 keer (5)
-

*Display This Question:*

*If Hoe vaak bent u de afgelopen 3 jaar als voetganger in een verkeersongeval betrokken geraakt? = 1 keer*

*Or Hoe vaak bent u de afgelopen 3 jaar als voetganger in een verkeersongeval betrokken geraakt? = 2 keer*

*Or Hoe vaak bent u de afgelopen 3 jaar als voetganger in een verkeersongeval betrokken geraakt? = Meer dan 2 keer*

*Or Hoe vaak bent u de afgelopen 3 jaar als automobilist in een verkeersongeval betrokken geraakt? = 1 keer*

*Or Hoe vaak bent u de afgelopen 3 jaar als automobilist in een verkeersongeval betrokken geraakt? = 2 keer*

*Or Hoe vaak bent u de afgelopen 3 jaar als automobilist in een verkeersongeval betrokken geraakt? = Meer dan 2 keer*

Q8 Gebeurde dit ongeval bij een zebrapad met verkeerslichten?

Ja (1)

Nee (2)

---

*Display This Question:*

*If Gebeurde dit ongeval bij een zebrapad met verkeerslichten? = Ja*

Q9 Was u op dat moment aan het oversteken op het zebrapad als voetganger?

Ja (1)

Nee (2)

---

*Display This Question:*

*If Gebeurde dit ongeval bij een zebrapad met verkeerslichten? = Ja*

Q30 Was u in dit ongeval afgeleid?

Ja (1)

Nee (2)

---

*Display This Question:*

*If Gebeurde dit ongeval bij een zebrapad met verkeerslichten? = Ja*

Q31 Was de tegenpartij in dit ongeval afgeleid?

- Ja (1)
- Nee (2)

End of Block: Vragen over verplaatsingsgedrag

---

Start of Block: Vragen over oversteeksystemen

Q10 Standaard oversteekvoorzieningen voor voetgangers komen in Vlaanderen vaak voor en zijn bijvoorbeeld zebrapaden zonder beveiliging, zebrapaden uitgerust met straatverlichting en zebrapaden uitgerust met verkeerslichten. Echter worden er steeds vaker tests uitgevoerd met nieuwe types van oversteekvoorzieningen. Deze oversteekvoorzieningen dienen om de weggebruiker extra te waarschuwen voor overstekende weggebruikers, om de locatie extra te verlichten, en dergelijke. Een voorbeeld van zo'n oversteekvoorziening is een oversteekvoorziening met signalisatie door ledstrips.

---

Q11 Komt u tijdens uw woon-werk- of woon-schoolverplaatsing een nieuw type oversteekvoorziening tegen op uw route? Het gaat hier om oversteekvoorzieningen die uitgerust zijn met installaties die u ongebruikelijk vindt voor oversteekvoorzieningen, zoals leds die in het wegdek zijn ingebouwd.

- Ja (1)
- Nee (2)
- 

*Display This Question:*

*If Komt u tijdens uw woon-werk- of woon-schoolverplaatsing een nieuw type oversteekvoorziening tegen... = Ja*

Q12 Waar bevindt dit systeem zich?

---

*Display This Question:*

*If Komt u tijdens uw woon-werk- of woon-schoolverplaatsing een nieuw type oversteekvoorziening tegen...  
= Ja*

Q13 Is deze oversteekvoorziening bedoeld voor voetgangers of voor fietsers?

- Voor voetgangers (1)
- Voor fietsers (2)
- Weet ik niet (3)

*Display This Question:*

*If Komt u tijdens uw woon-werk- of woon-schoolverplaatsing een nieuw type oversteekvoorziening tegen...  
= Ja*

Q14 Hoe ziet het systeem eruit? Een korte beschrijving volstaat.

---

*Display This Question:*

*If Komt u tijdens uw woon-werk- of woon-schoolverplaatsing een nieuw type oversteekvoorziening tegen...  
= Ja*

Q15 Weet u hoe het systeem werkt?

- Ja (1)
- Nee (2)

*Display This Question:*

*If Weet u hoe het systeem werkt? = Ja*

Q16 Hoe werkt het systeem? Een korte beschrijving volstaat.

---

End of Block: Vragen over oversteeksystemen

Q18 Op het zebrapad over de Thonissenlaan in Hasselt installeerde de stad ledstrips aan beide kanten van het zebrapad om voetgangers te waarschuwen voor de verkeerslichten. De ledstrip is een lijn van ledverlichting die in de grond is geïnstalleerd, evenwijdig aan het zebrapad in de stoep. De ledstrip licht op in dezelfde kleur als het voetgangerslicht en kan zodoende ook aangeven dat het licht op rood staat als de voetganger zijn of haar ogen naar de grond gericht heeft (bijvoorbeeld als deze met zijn of haar smartphone bezig is).

---

Q32

---

Q20 Bent u bekend met dit zebrapad?

- Ja (1)
- Nee (2)
- 

*Display This Question:*

*If Bent u bekend met dit zebrapad? = Ja*

Q21 Hebt u al ervaring met de ledstrips op dit zebrapad?

- Ja (1)
- Nee (2)
- 

Q22 De volgende vraag peilt naar uw houding tegenover dit systeem, in de vorm van een scenario. Leef u in dit scenario in, en beantwoord de komende stelling eerlijk.

---



Q23 U bent op weg naar de Blauwe Boulevard in Hasselt. U krijgt een bericht op uw smartphone en pakt deze om het bericht te lezen. U ziet in uw ooghoek een rode ledstrip branden.

Duid aan wat volgens u het meest van toepassing is op u:

- Ik stop en zal mijn smartphone wegsteken. (1)
  - Ik stop en kijk op om het verkeer te controleren, maar blijf mijn smartphone in mijn hand houden. (2)
  - Ik stop en blijf op mijn smartphone kijken. (3)
  - Ik loop door. (4)
-

Q24 Geef aan in welke mate u het eens bent met de volgende stellingen:

	Helemaal niet mee eens (1)	Niet mee eens (2)	Neutraal (3)	Mee eens (4)	Helemaal mee eens (5)
Als ik oversteeek op dit zebrapad, heb ik vertrouwen in de ledstrip. (1)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
De ledstrip waarschuwt mij als voetganger als ik het zebrapad nader. (2)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik voel me als voetganger beveiligd door de ledstrip. (3)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik voel me door deze ledstrip veilig om mijn smartphone te blijven gebruiken als ik wandel. (4)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Als voetganger voel ik mij bij dit zebrapad veiliger door de ledstrip. (5)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
De ledstrip zorgt ervoor dat voetgangers niet meer op hun smartphone kijken bij het oversteken. (6)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
De ledstrip vermijdt dat voetgangers zonder te kijken oversteken. (7)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
De ledstrip vermijdt dat voetgangers door het rood licht oversteken. (8)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
De ledstrip maakt mensen bewust van de problematiek van afleiding in het verkeer. (9)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Als ledstrips bij elk zebra­pad ge­in­stalleerd zou­den wor­den, dan zou het aantal verkeersongevallen met voet­gan­gers sterk dalen. (10)

Als de led­strip niet werkt, zal ik meer op mijn hoede zijn bij het over­ste­ken. (11)

Een zebra­pad met led­strips is veiliger dan een zebra­pad zonder led­strips. (12)

Als auto­mo­bilist ge­ven deze led­strips mij het ge­voel dat af­ge­leide voet­gan­gers al­tijd zullen stop­pen. (13)

Gelieve bij deze stelling "Niet mee eens" aan te duiden. (14)

Dankzij deze led­strips moet ik als auto­mo­bilist minder op­letten bij een door verkeers­lichten beveiligd zebra­pad. (15)

End of Block: Nieuw oversteek­sys­teem in Hasselt

Start of Block: Demografische gegevens

Q25 Wat is uw geslacht?

- Man (1)
  - Vrouw (2)
  - Andere (3)
  - Zeg ik liever niet (4)
- 



Q26 Wat is uw leeftijd?

---

Q27 Wat is uw hoogst behaalde opleiding?

- Basisschool (1)
  - Middelbare school (2)
  - Bacheloropleiding (3)
  - Masteropleiding (4)
  - Doctoraat (5)
- 

Q33 Indien u nog opmerkingen over deze enquête heeft, dan kunt u deze hier neerschrijven.

---

End of Block: Demografische gegevens

---

## C. Tekst voor berichten naar enquêterespondenten

### C.1. E-mail

Beste,

Mijn naam is Brent Peters, en ik ben een tweedejaars masterstudent Mobiliteitswetenschappen aan UHasselt. In het kader van mijn masterproef voer ik onderzoek uit naar de impact van in de grond ingebouwde led-strips op het gedrag van voetgangers en automobilisten bij oversteekvoorzieningen. Om dat te onderzoeken heb ik een enquête opgesteld die peilt naar de houding van weggebruikers tegenover een oversteekvoorziening in Hasselt die uitgerust is met zulke ledstrips voor voetgangers.

Het invullen van de enquête duurt ongeveer 10 minuten. Uw antwoorden zullen meer inzicht kunnen bieden over de houding van weggebruikers tegenover nieuwe en innovatieve manieren om oversteekvoorzieningen zichtbaarder te maken.

Via de volgende link kunt u de enquête invullen:  
[https://uhasselt.qualtrics.com/jfe/form/SV\\_cMFduA2GskKZkma](https://uhasselt.qualtrics.com/jfe/form/SV_cMFduA2GskKZkma)

Hebt u nog vragen, aarzel dan niet om mij te contacteren via volgend e-mailadres:  
[brent.peters@student.uhasselt.be](mailto:brent.peters@student.uhasselt.be)

Alvast erg bedankt voor uw tijd!

Met vriendelijke groet,

Brent Peters

2 ma. Mobiliteitswetenschappen

UHasselt

[brent.peters@student.uhasselt.be](mailto:brent.peters@student.uhasselt.be)

#### **Onderwerp:**

Impact van in de grond ingebouwde led-strips op het gedrag van voetgangers en automobilisten bij oversteekvoorzieningen

**Doelpubliek:** Voetgangers en automobilisten, al dan niet wonend, werkend of naar school gaand in Hasselt

## C.2. Facebook-bericht

Hallo!

Mijn naam is Brent Peters, en ik ben een tweedejaars masterstudent Mobiliteitswetenschappen aan UHasselt. In het kader van mijn masterproef voer ik onderzoek uit naar de impact van in de grond ingebouwde ledstrips op het gedrag van voetgangers en automobilisten bij oversteekvoorzieningen. Om dat te onderzoeken heb ik een enquête opgesteld die peilt naar de houding van weggebruikers tegenover een oversteekvoorziening in Hasselt die uitgerust is met zulke ledstrips voor voetgangers.

Het invullen van de enquête duurt ongeveer 10 minuten. Uw antwoorden zullen meer inzicht kunnen bieden over de houding van weggebruikers tegenover nieuwe en innovatieve manieren om oversteekvoorzieningen zichtbaarder te maken.

Via de volgende link kunt u de enquête invullen:  
[https://uhasselt.qualtrics.com/jfe/form/SV\\_cMFduA2GskKZkma](https://uhasselt.qualtrics.com/jfe/form/SV_cMFduA2GskKZkma)

Hebt u nog vragen, aarzel dan niet om mij te contacteren via volgend e-mailadres:  
[brent.peters@student.uhasselt.be](mailto:brent.peters@student.uhasselt.be)

Alvast erg bedankt voor uw tijd, en nog een zeer fijne dag gewenst!

## C.3. Facebook-bericht 2

Hallo!

Mijn naam is Brent Peters, en ik ben een tweedejaars masterstudent Mobiliteitswetenschappen aan UHasselt. In het kader van mijn masterproef voer ik onderzoek uit naar de impact van in de grond ingebouwde ledstrips op het gedrag van voetgangers en automobilisten bij oversteekvoorzieningen. Om dat te onderzoeken heb ik een enquête opgesteld die peilt naar de houding van weggebruikers tegenover een oversteekvoorziening in Hasselt die uitgerust is met zulke ledstrips voor voetgangers.

Ik heb nog een aantal respondenten nodig om ervoor te zorgen dat de data kwaliteitsvoller zijn.

Het invullen van de enquête duurt ongeveer 10 minuten. Uw antwoorden zullen meer inzicht kunnen bieden over de houding van weggebruikers tegenover nieuwe en innovatieve manieren om oversteekvoorzieningen zichtbaarder te maken.

Via de volgende link kunt u de enquête invullen:

[https://uhasselt.qualtrics.com/jfe/form/SV\\_cMFduA2GskKZkma](https://uhasselt.qualtrics.com/jfe/form/SV_cMFduA2GskKZkma)

Hebt u nog vragen, aarzel dan niet om mij te contacteren via volgend e-mailadres:  
[brent.peters@student.uhasselt.be](mailto:brent.peters@student.uhasselt.be)

Alvast erg bedankt voor uw tijd, en nog een zeer fijne dag gewenst!



## D. Data van observaties

	28/mrt	29/mrt	30/mrt	31/mrt	1/apr	2/apr	3/apr	4/apr	5/apr	6/apr	7/apr	8/apr	9/apr	10/apr	11/apr	12/apr	13/apr	14/apr	15/apr	16/apr	17/apr	18/apr	19/apr	20/apr	21/apr	22/apr	23/apr	24/apr	25/apr	26/apr	
7:00																															
8:00				■					■		■					■						■			■						■
9:00				■																											
10:00																															
11:00																															
12:00																															
13:00																															
14:00																															
15:00																															
16:00																															
17:00				■					■		■					■						■			■					■	
18:00																															
19:00																															
20:00																															
21:00																															
22:00																															
23:00																															

■	Observatiemoment voetgangers experimenteel zebra-pad
■	Observatiemoment auto's experimenteel zebra-pad
■	Observatiemoment voetgangers controlezebra-pad
■	Observatiemoment auto's controlezebra-pad
■	Observatiemoment betrouwbaarheid systeem
2	Observatiemoment met twee observatoren