BIVV

Vermindert handenvrij bellen onze alertheid op de weg?

Resultaten van een oogbewegingsstudie op de autosnelweg

Federale Overheidsdienst
Mobiliteit en Vervoer

Dankwoord:

De auteurs en het Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid wensen de volgende personen en organisaties te bedanken voor hun gewaardeerde bijdrage aan dit onderzoek:

- De Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer, die de financiële middelen verschafte voor dit onderzoek.
- Willem Vlakveld van de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV, Den Haag, Nederland), die optrad als externe reviewer van een draft versie van dit rapport en Ludo Kluppels, Julie Maes en Sofie Boets die als adviseurs en interne reviewers optraden binnen het BIVV. De verantwoordelijkheid voor de inhoud van dit rapport ligt echter bij de auteurs.
- Peter Silverans en Wouter Van den Berghe, die de onderzoeksactiviteiten superviseerden en verantwoordelijk waren voor de finale kwaliteitscontrole.
- Profacts, die de rekrutering van proefpersonen deed en een deel van de dataverwerking uitvoerde.
- Onze collega Alexandre Lefebvre voor de verificatie van de vertalingen. Het bedrijf "Dynamics translation", die het rapport vanuit het Nederlands naar het Frans vertaalden, maar ook onze collega Julien Leblud voor een verificatie van de Franse vertaling.

Vermindert handenvrij bellen onze alertheid op de weg? Resultaten van een oogbewegingsstudie op de autosnelweg

Onderzoeksrapport nr. 2017-R-03-NL

D/2017/0779/23

Auteurs: Charlotte Desmet & Kevin Diependaele

Verantwoordelijke uitgever: Karin Genoe

Uitgever: Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid - Kenniscentrum Verkeersveiligheid

Publicatiedatum: 10/08/2017

Gelieve naar dit document te refereren als: Desmet, C., & Diependaele, K. (2017). Vermindert handenvrij bellen onze alertheid op de weg? Resultaten van een oogbewegingsstudie op de autosnelweg. Brussel, België: Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid – Kenniscentrum Verkeersveiligheid

Ce rapport est également disponible en français sous le titre: Téléphoner avec un kit mains libres diminue-t-il notre vigilance sur la route? Résultats d'une étude sur les mouvements des yeux sur l'autoroute.

This report includes an English summary.

Dit onderzoek werd mede mogelijk gemaakt door de financiële steun van de Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer.

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING 3
EXECUTIVE SUMMARY 8

1 INLEIDING 12

2 METHODE 15

2.1 Steekproef 15
2.2 Verloop van het experiment 16
2.3 Gemeten gedragsvariabelen 17
2.3.1 Eye-trackingbril 17
2.3.2 Oogbewegingsvariabelen 17
2.3.3 Rijvariabelen 19

3 DATA-ANALYSE EN RESULTATEN 20

3.1 Fixatiefrequentie 20
3.2 Fixatieduurtijden 22
3.3 Visueel scanpatroon 23
3.4 Rijvariabelen 25

4 DISCUSSIE 27

4.1 Overzicht van de bevindingen 27
4.2 Vergelijking met resultaten van andere studies 28
4.3 Nood aan verder onderzoek 29

5 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN 30

LIJST VAN TABELLEN EN FIGUREN 33

REFERENTIES 36

SAMENVATTING

Doel en methodologie

Onderzoek toont duidelijk aan dat bellen achter het stuur nefast is voor de verkeersveiligheid. Het leidt tot meer ongevallen, tot een tragere detectie van gevaar en het heeft een invloed op de positie op de weg en de snelheid (bijv. Caird et al., 2008; Dingus et al., 2016). Hoewel sommigen ervan uitgaan dat handenvrij bellen, in tegenstelling tot handheld bellen, wel veilig is, hebben bepaalde studies geen verschil vastgesteld tussen de effecten op verkeersveiligheid tijdens handenvrij en handheld bellen (bijv. Ishigami & Klein, 2009). Meerdere bronnen van afleiding spelen immers een rol tijdens het bellen in de wagen. Tijdens het handenvrij bellen wordt de bediening van het toestel tot een minimum herleid waardoor visuele en fysieke vormen van afleiding kleiner worden, maar de cognitieve afleiding (het verdelen van de aandacht tussen een telefoongesprek en het monitoren van de verkeerssituatie) is evenveel aanwezig tijdens handenvrij bellen als tijdens handheld bellen.

Deze studie had als doel om de effecten van handenvrij bellen op de aandacht van de bestuurder te bestuderen. Dit werd gedaan aan de hand van een oogbewegingsstudie op de weg. Oogbewegingspatronen worden namelijk zeer sterk beïnvloed door aandachtsprocessen (Posner, 1980).

Dertig proefpersonen reden achtereenvolgens twee trajecten van telkens ca. 14 kilometer op een autosnelweg met 3 rijstroken. Tijdens één van deze twee trajecten voerden ze een handenvrij telefoongesprek (testrit). Tijdens de andere rit voerden ze geen gesprek (controlerit). Tijdens deze ritten droegen proefpersonen een eye-trackingbril en werden hun oogbewegingen naar 7 relevante gebieden voor de verkeersveiligheid geregistreerd. Meer bepaald werd gekeken hoeveel en hoelang de bestuurders fixeerden op verkeersborden, de achteruitkijkspiegel, de linkerzijspiegel, de rechterzijspiegel, de weg, andere voertuigen en de snelheidsmeter.

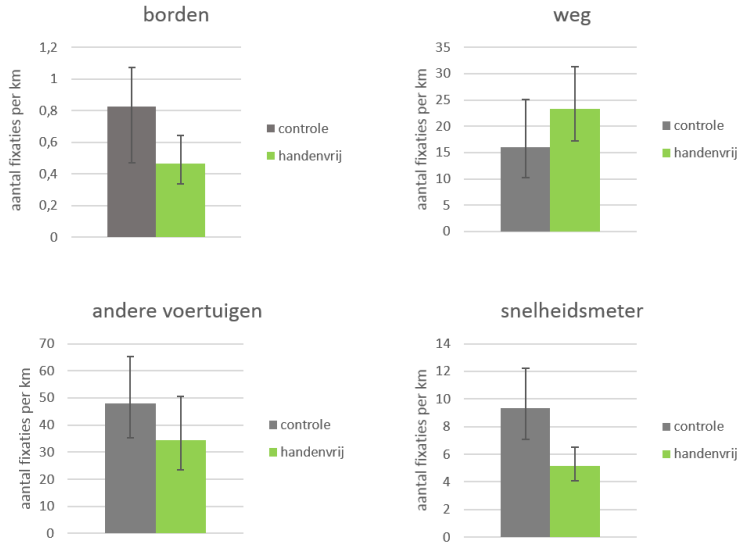
Verder werd het sequentiële patroon van de fixaties - of het visuele scanpatroon - van de proefpersonen tijdens deze 2 ritten bestudeerd. Meer bepaald werd nagegaan of er een vernauwing van het visueel veld optrad tijdens een handenvrij telefoongesprek. Dit werd geoperationaliseerd aan de hand van twee variabelen: de saccadetijden en de densiteiten van de x- en y- coördinaten van de fixaties. De saccadetijd is de tijd tussen twee opeenvolgende fixaties. Een kortere saccadetijd komt overeen met een kleinere afstand tussen opeenvolgende fixaties en impliceert een meer gefocust scanpatroon in vergelijking met langere saccadetijden. Ten tweede werden de densiteiten van de x- en y- coördinaten van de fixaties bestudeerd. Hogere densiteiten representeren een meer gefocust scanpatroon in vergelijking met lagere densiteiten.

Tot slot vergeleken we 4 rijvariabelen voor beide ritten: de gemiddelde snelheid, de tijd gespendeerd op elk van de 3 rijstroken, het aantal veranderingen van rijstrook en de afstand tot de voorligger bij het inhalen.

Belangrijkste resultaten

We vonden een betrouwbaar verschil in het aantal fixaties tussen de testrit en de controlerit voor 4 van de 7 relevante gebieden. De proefpersonen fixeerden tijdens de testrit minder op borden, op andere voertuigen en op hun snelheidsmeter. Daarentegen fixeerden ze meer op de rijweg tijdens het handenvrij bellen. Figuur A toont het effect van het soort rit op het aantal fixaties.

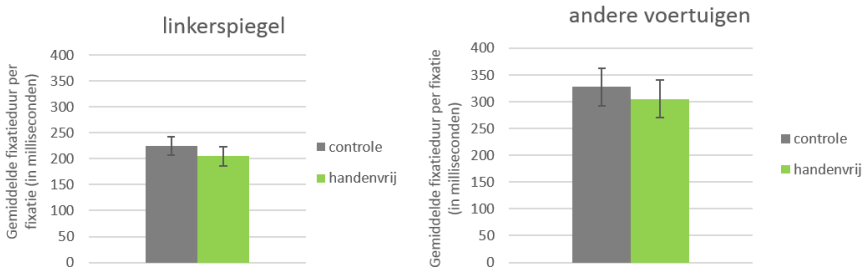
Figuur A. Het aantal fixaties per km op de relevante gebieden waar een betrouwbaar verschil tussen de testrit en de controlerit werd geobserveerd.



Foutmarges geven de 95% betrouwbaarheidsintervallen weer.

Verder vonden we een verschil in de fixatieduur op 2 relevante gebieden. Uit Figuur B kan afgeleid worden dat de fixaties op de spiegel aan de bestuurderszijde (linkerspiegel) korter waren tijdens de testrit in vergelijking met de controlerit. Verder vonden we een trend in dezelfde richting voor de gemiddelde fixatieduur op andere voertuigen: tijdens het handenvrij bellen waren de fixaties op andere voertuigen namelijk minder lang dan tijdens de controlerit.

Figuur B. Gemiddelde fixatieduur op de relevante gebieden waar een betrouwbaar verschil tussen de test en de controlerit werd geobserveerd.

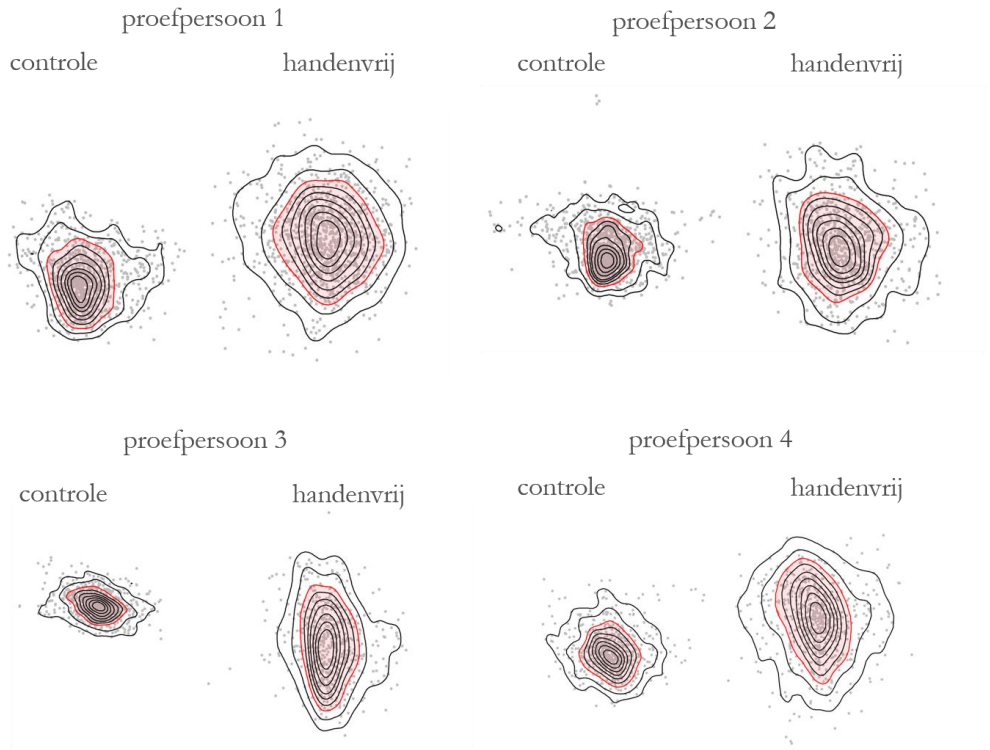


Foutmarges geven de 95% betrouwbaarheidsintervallen weer.

De resultaten met betrekking tot de visuele scanpatronen toonden aan dat proefpersonen tijdens het handenvrij bellen een uitgebreider deel van hun visueel veld scanden. We observeerden enerzijds langere saccadetijden tijdens de testrit in vergelijking met de controlerit. Verder bleken ook de densiteiten van de x- en y- coördinaten van de fixaties een minder gefocust patroon weer te geven tijdens het handenvrij gesprek. Ter illustratie hiervan worden in Figuur C densiteitsgrafieken getoond voor 4 proefpersonen. We vonden dus geen evidentie voor een visuele vernauwing tijdens een handenvrij telefoongesprek maar evidentie voor een visuele verbreding.

BIVV	2017	Vermindert handenvrij bellen onze alertheid op de weg?

Figuur C. Densiteitsgrafieken tijdens de controlerit en de testrit voor 4 proefpersoon ter illustratie.



De zwarte lijnen zijn de densiteitscontouren. Iedere contour omvat een bepaalde proportie van de fixaties. In deze grafieken worden de densiteitscontouren afgebeeld die de volgende proporties van fixaties omvatten (van binnen naar buiten): 0.10, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.68 (in het rood), 0.70, 0.80 en 0.90. De ingekleurde oppervlakte geeft de oppervlakte weer die door de p = 0.68 contour omvat wordt en vergeleken is tussen beide condities (handenvrij en controle) in dit rapport.

De vergelijking van de rijvariabelen, tot slot, toonde geen verschil in snelheid, aantal veranderingen van rijstrook, en inhaalafstand tussen beide ritten. Wel vonden we een trend tot meer rijden op de middelste en minder op de linker rijstrook tijdens de testrit in vergelijking met de controlerit.

Conclusie en belangrijkste aanbevelingen

De resultaten van deze studie tonen aan dat handenvrij bellen een duidelijke invloed heeft op het rijgedrag. Ten eerste blijkt dat tijdens het handenvrij bellen minder en minder lang gekeken wordt naar een aantal relevante gebieden voor de verkeersveiligheid.

Ten tweede, tonen de analyses van de saccadetijden en de densiteitsgrafieken aan dat het algemeen scanpatroon verschilt tussen de testrit en de controlerit. Tijdens de testrit blijken de saccades langer te duren dan tijdens de controlerit. Dit wijst erop dat proefpersonen een groter deel van het visueel veld bekijken tijdens een handenvrij telefoongesprek. Dit wordt verder bevestigd door de inspectie van de densiteitsgrafieken. Hieruit blijkt duidelijk dat proefpersonen tijdens het handenvrij gesprek een veel uitgebreider deel van hun visuele omgeving bekijken dan tijdens de controlerit. Men zou kunnen opperen dat dit de verkeersveiligheid ten goede zou moeten komen, aangezien bestuurders blijkbaar een groter deel van de visuele omgeving bekijken. Maar dit fixatiepatroon impliceert niet noodzakelijk een betere verwerking van de gegevens. Dit hangt samen met het verschil tussen "kijken" en "zien". Hoewel oogfixaties aangeven waar iemand naar kijkt, wil dat niet zeggen dat deze informatie ook bewust gezien is. Als we naar iets kijken terwijl we aan iets helemaal anders aan het denken zijn, is de kans groot dat we relevante informatie missen.

Samengenomen tonen we in deze studie dat oogfixaties meer verspreid zijn tijdens een handenvrij gesprek en dat er minder gefixeerd wordt op een aantal bronnen van verkeersrelevante informatie. Dit lijkt erop te

wijzen dat er minder gericht of actief gekeken wordt naar het verkeer tijdens een handenvrij telefoongesprek. Wat betreft de rijvariabelen vonden we een trend tot meer rijden op de middelste rijstrook en minder op de linker rijstrook tijdens het handenvrij bellen. Dit bevestigt verder dat bestuurders minder actief betrokken zijn in het verkeer tijdens een handenvrij telefoongesprek.

Moeten we dan streven naar een algeheel verbod van het handenvrij telefoneren? Aangezien het moeilijk of bijna onmogelijk is om te controleren of iemand handenvrij aan het bellen is, kan een dergelijke maatregel niet gehandhaafd worden. Het BIVV is dan ook geen voorstander van een totaalverbod van telefoneren achter het stuur. Wel vindt het BIVV dat gebruikers voldoende gewaarschuwd moeten worden voor het mogelijke risico en is er nood aan sensibilisering voor het principe “auto in = GSM uit”.

EXECUTIVE SUMMARY

Goal and methodology

Research clearly shows that phoning while driving is detrimental for traffic safety. It leads to more accidents, a slower hazard detection and it influences the position on the road and speed (for example: Caird et al., 2008; Dingus et al., 2016). Although the general idea might be that handsfree phoning is safer than handheld phoning, a number of studies failed to find differences between the effects on traffic safety during handsfree and handheld phoning (e.g., Ishigami & Klein, 2009). Multiple sources of distraction are at play while phoning in the car. During a handsfree phone call, visual and physical forms of distraction are reduced because the operation of the device is less complicated. However, the cognitive distraction (the division of attention between the phone call and the monitoring of the traffic situation) is equally present during handsfree as handheld phoning.

The purpose of this study was to study the effects of handsfree phoning on the driver's attention. We did this by means of an eye-tracking study on the road. Eyemovement patterns are strongly influenced by attention (Posner, 1980) and are thus a good measure to study drivers' attentional processes.

Thirty participants drove consecutively two rides of ca. 14 km on a highway with three lanes. During one of these two rides they received a handsfree phone call (testride). During the other ride they did not receive any call (controlride). While they drove, participants wore eye-tracking glasses and their eyemovements towards 7 areas of interest were registered. Moreover, we investigated how much and how long participants fixated traffic signs, the rearview mirror, the left side mirror, the right side mirror, the road, other vehicles and the speedometer.

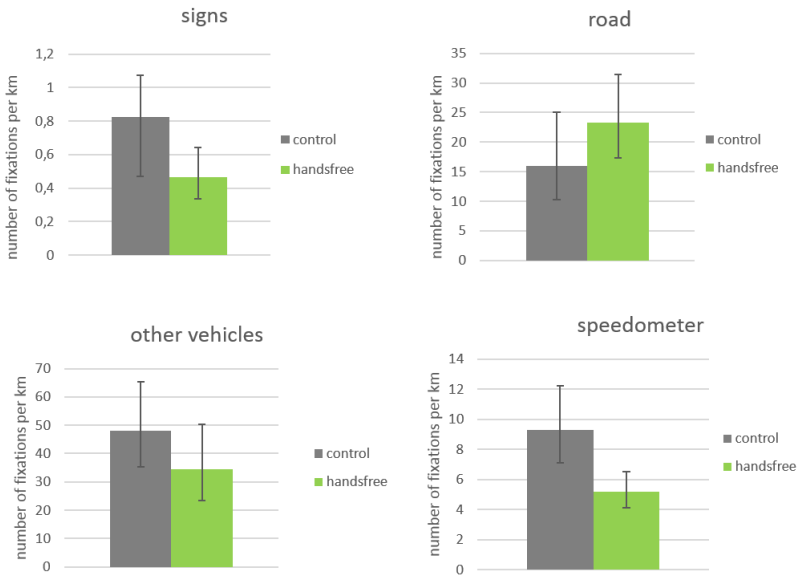
Further, the sequential pattern of fixations – or the visual scanpattern – during the 2 rides was investigated. More specifically, we examined if handsfree phoning led to a visual narrowing. The visual scanpattern was operationalized by means of two variables: the saccadetime and the density of the x- and y- coordinates of the fixations. The saccadetime is the time elapsed between two consecutive fixations. Shorter saccadetimes represent smaller distances between consecutive fixations and imply a more focused scanpattern compared to longer saccadetimes. Second, we studied the densities of the x- and y-coordinates of the fixations. Higher densities represent a more focused scanpattern in comparison with lower densities.

Finally, we compared 4 driving variables for both rides: the mean speed, the time spent on each of the 3 lanes, the number of lane changes, and the overtakingdistance.

Most important results

We observed a reliable difference in the number of fixations during the testride (handsfree) and the controlride for 4 of the 7 areas of interest. Participants fixated less on signs, other vehicles and the speedometer while making a handsfree call. On the other hand, the road was fixated more during a handsfree call than during the controlride. Figure A shows the effect of the ride on the number of fixations.

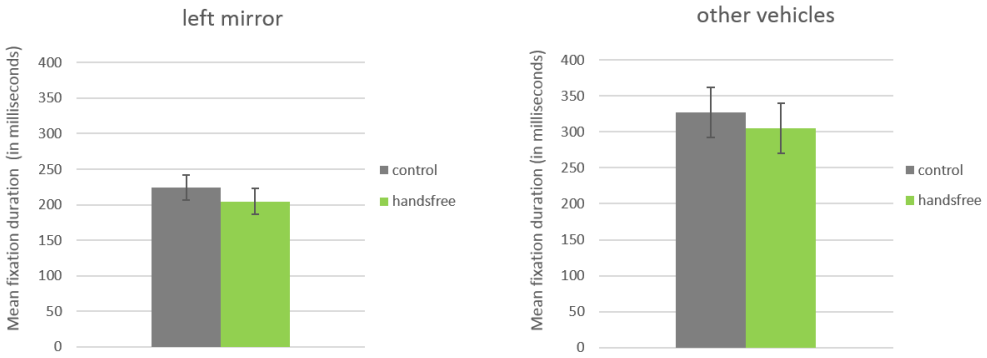
Figure A. The number of fixations per km on the areas of interest for which a reliable difference between the testride and the controlride was observed.



Errorbars represent the 95% confidenceintervals.

Further, we found a difference in fixationduration for 2 areas of interest. Figure B shows that the fixations at the mirror at the side of the driver (left side mirror) were shorter during the testride than during the controlride. In addition, we observed a trend in the same direction for the mean fixationduration related to other vehicles: during a handsfree phone call the fixations at other vehicles were shorter than during the controlride.

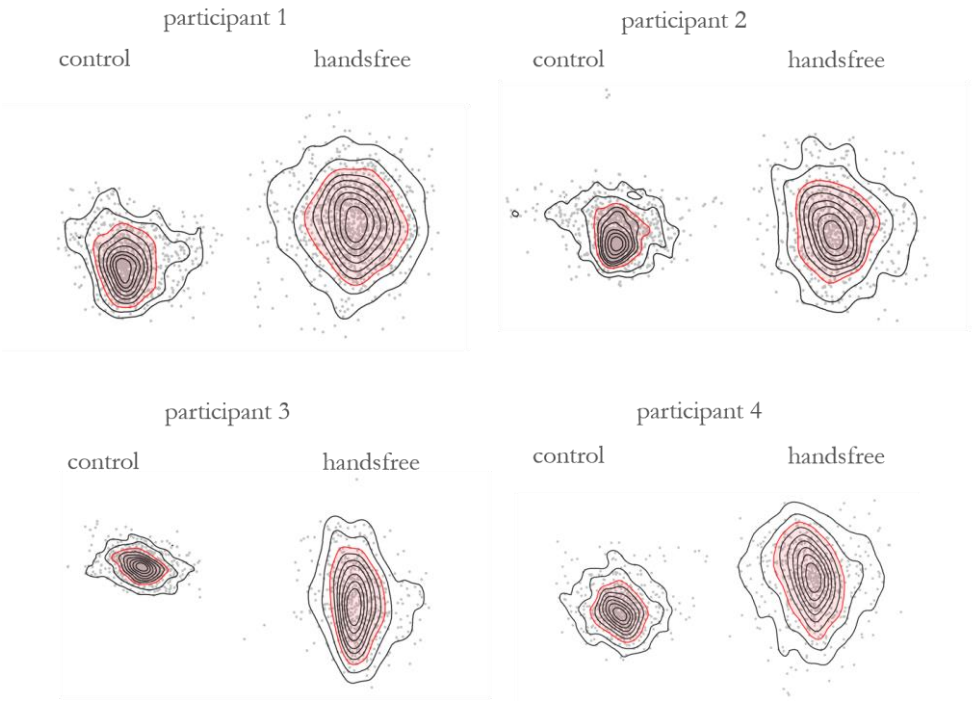
Figure B. Mean fixationduration for the areas of interest where a reliable difference between the test and the controlride was observed.



Errorbars represent the 95% confidenceintervals.

The results concerning the visual scanpatterns indicate that participants scan a more extensive part of their visual field while phoning handsfree. First of all, we observed longer saccadetimes during the testride compared to the controlride. Secondly, the densities of the x- and y- coordinates of the fixations showed a less focused pattern during handsfree phoning. To illustrate this latter finding, Figure C shows the density plots for 4 participants. We thus obtained no evidence for a visual narrowing during handsfree phoning but evidence for the opposite pattern.

Figure C. Density plots during the testride and the controlride for 4 participants.



Black lines represent density contours. Every contour comprises a certain proportion of fixations. In the graphs, the density contours comprise the following proportion of fixations (from the inner contour to the most outward): 0.10, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.68 (in red), 0.70, 0.80 and 0.90. The coloured surface represents the surface comprised by the p = 0.68 contour and is compared between both conditions (handsfree and control) in this report.

Finally, the comparison of the driving variables showed no difference in speed, the number of lane changes, and the overtakingdistance. However, we observed a trend towards more driving on the middle and less driving on the left lane during the testride in comparison with the controlride.

Conclusion and most important recommendations

The results of this study show that handsfree phoning has a clear influence on driving behaviour. First of all, during handsfree phoning there are less and shorter fixations at a number of areas relevant for traffic safety.

Second, the analyses of the saccadetimes and the density plots show that the visual scanpattern is different for the testride and the controlride. The duration of the saccades is longer during the testride than during the controlride. It indicates that participants inspect a larger part of their visual field while phoning handsfree. This is further confirmed by the inspection of the density plots. These plots clearly show that participants scan a more extensive part of their visual environment during the testride than during the controlride. One could argue that this is beneficial for traffic safety: drivers inspect a larger part of their visual surroundings during handsfree phoning. However, this fixation pattern does not necessarily imply a better processing of the information. This relates to the difference between "look" and "see". Although eyefixations indicate where somebody is looking at, this does not mean that this information is consciously processed. If we look at something while we are thinking of something else, chances are large that we miss the relevant information.

In short, the results of this study show that eyefixations are more spread over the visual field during handsfree phoning and that there are less and shorter fixations at a number of traffic related areas. This suggests that during handsfree phoning the gaze behaviour is less directed to the traffic situation. Concerning the driving variables, we found a trend towards more driving on the middle lane and less

driving on the left lane during handsfree phoning. This confirms that drivers are less involved in traffic during a handsfree phone call.

Does this mean that we have to prohibit handsfree phoning? Because it is difficult and almost impossible to control if someone is making a handsfree phone call in the car, such a measure cannot be enforced. The BRSI is thus no advocate of a total prohibition of phoning while driving. However, the BRSI thinks that drivers should be sufficiently informed about the potential risks associated with handsfree phoning and supports the need to make people aware of the principle "car in = phone out".

1 INLEIDING

Door de enorme populariteit van de GSM vinden we het vanzelfsprekend om overal en altijd bereikbaar te zijn. Ook in de auto willen we deze bereikbaarheid verderzetten en gebruiken we vaak onze GSM. Deze houding wordt bevestigd door een recente representatieve attitudemeting van het BIVV. Hieruit blijkt dat 32% van de respondenten aangeeft wel eens te bellen met de GSM in de wagen (Meesmann & Schoeters, 2016). Er is dan ook een grote en terechte belangstelling ontstaan voor de mogelijke gevaren gerelateerd aan GSM-gebruik tijdens het rijden.

Uit epidemiologische studies blijkt dat men meer kans heeft op een ongeval tijdens het bellen (bijv. Dingus et al., 2016; Redelmeier & Tibshirani, 1997, maar zie ook Young, 2012). De relatie tussen ongevallen en bellen aan het stuur is niet verrassend als men ziet welke gevolgen GSM-gebruik op het rijgedrag heeft. Een aantal consistente bevindingen worden gerapporteerd in de wetenschappelijk literatuur op basis van onderzoek op de weg en in rijsimulatoren. Zo tonen sommige studies aan dat telefoneren een invloed heeft op de afstand die men ten opzichte van de voorligger laat en werd aangetoond dat het moeilijker wordt om binnen de rijstrook te blijven tijdens een telefoongesprek (Caird et al., 2008; SWOV, 2016).

Bellen achter het stuur heeft ook een duidelijke invloed op de snelheid van de bestuurder. Men gaat namelijk trager rijden tijdens een telefoongesprek. Deze verlaging in snelheid wordt soms verklaard als risicocompensatiegedrag: door trager te rijden kunnen fouten die ontstaan door afleiding nog opgevangen worden (Caird et al., 2008; Ishigami & Klein, 2009).

Naast deze maten, die aangeven dat de controle over het voertuig verandert, geeft onderzoek aan dat de detectie (van bijvoorbeeld gevaarlijke situaties) vertraagt tijdens het bellen (Caird et al., 2008; Horrey & Wickens, 2006; Ishigami & Klein, 2009). Het uitvoeren van een tweede taak in de wagen of de extra belasting van ons aandachtsysteem (telefoneren) zorgt dus voor een verandering in rijgedrag.

Deze extra belasting van ons aandachtsysteem kan ook op een meer directe manier bestudeerd worden door middel van het monitoren van oogbewegingen. Oogbewegingen zijn namelijk gelinkt aan aandachtsprocessen. Het richten van aandacht op een bepaald object door er de ogen op te fixeren wordt in de literatuur omschreven als "overte aandacht" (Posner, 1980). Dit in tegenstelling tot "coverte aandacht" waarbij men de aandacht op iets richt zonder de ogen erop te fixeren.

Oogbewegingen kunnen ons dus onmiddellijke informatie verschaffen over veranderingen in aandacht. Enerzijds kan oogbewegingsregistratie ons vertellen op welke zaken de ogen fixeren (de zogenaamde oogfixaties) en hoelang deze fixaties duren. Tijdens deze fixaties zijn de ogen stabiel gericht op een object gedurende een korte periode (minstens 100ms). Dit is nodig om visuele informatie binnen te laten komen (bijv. Duchowski, 2007).

Anderzijds laat de registratie van oogbewegingen ook toe het sequentiële patroon van fixaties of het zogenaamde visuele scanpatroon van de bestuurder in beeld brengen. Met andere woorden, we kunnen bestuderen welke delen van de visuele ruimte bekeken worden binnen een bepaald tijdsinterval. Zullen mensen bijvoorbeeld de ruimte visueel scannen over de volledige horizontale en verticale as van hun visueel veld of zullen ze vooral het centrale deel van hun visueel veld bekijken? Dit laatste wordt vaak aangeduid als het zogenaamde tunnelzicht. Eerder onderzoek toont aan dat er een vernauwing is van het perceptueel visueel veld tijdens een extra belasting. Dit wil zeggen dat mensen meer voor zich uit zullen kijken en minder naar de perifere zijden van het visueel veld (bijv. Maples et al., 2008; Recarte & Nunez, 2000). Oogbewegingsonderzoek met betrekking tot bellen achter het stuur heeft vastgesteld dat bestuurders minder kijken naar verkeersrelevante zaken zoals de spiegels en de kilometerteller (Harbluk et al., 2007). In verband met het visueel scanpatroon is er de bevinding dat er een visueel tunneleffect ontstaat tijdens een gesprek (Harbluk et al., 2007). Dit laatste blijkt versterkt te worden wanneer het gesprek een emotionele impact heeft op de persoon in kwestie (Briggs et al., 2011). Dus niet alleen het gesprek op zich maar ook de inhoud ervan - en meer bepaald de emotionele betrokkenheid die het met zich meebrengt - heeft een duidelijke invloed op het kijkpatroon.

Gelet op deze nadelige effecten heeft men het gebruik van de GSM in de wagen opgenomen in de verkeerswetgeving. In België is het bij wet verboden om gebruik te maken van een draagbare telefoon in de wagen, behalve wanneer het voertuig stilstaat (om personen in of uit te laten stappen of voor het

laden/lossen van zaken) of geparkeerd is. Hoewel handheld bellen in de meeste Europese landen verboden is, is handenvrij bellen overal toegestaan. Dit zou de indruk kunnen wekken dat handenvrij bellen geen effect heeft op ons rijgedrag.

Onderzoek spreekt dit echter tegen. Meerdere vormen van afleiding spelen immers een rol tijdens het bellen met een GSM in de wagen (Slootmans, 2015). Er zijn bijvoorbeeld visuele en fysieke vormen van afleiding. Wanneer de ogen niet op de weg gericht zijn (door bijvoorbeeld naar het scherm van de GSM te kijken) spreken we over visuele afleiding. Fysieke afleiding ontstaat doordat men bijvoorbeeld tijdens het telefoneren slechts één hand vrij heeft om te sturen.

Ook de extra cognitieve belasting is een belangrijke vorm van afleiding. Een bestuurder moet namelijk de aandacht verdelen tussen het telefoongesprek en de rijsituatie. Tijdens het handenvrij bellen wordt de bediening van het toestel tot een minimum herleid waardoor visuele en fysieke vormen van afleiding kleiner worden, maar de cognitieve afleiding (het verdelen van de aandacht tussen een telefoongesprek en het monitoren van de verkeerssituatie) is evenveel aanwezig tijdens handenvrij bellen als tijdens handheld bellen. Sommige onderzoeken vinden dan ook geen verschillende uitkomsten tussen de gevolgen van deze twee vormen van telefoneren achter het stuur. Zo rapporteren epidemiologische studies (bijv. McEvoy et al., 2005) dat het risico op een ongeval niet verschilt tussen handenvrij of handheld bellen. Verder blijken ook detectietijden in gelijke mate aangetast te zijn tijdens handenvrij en handheld bellen (Caird et al., 2008; Ishigami & Klein, 2009). De resultaten voor wat betreft snelheid zijn minder eenduidig. De verlaging in snelheid die gerapporteerd wordt tijdens het handheld bellen wordt niet consistent teruggevonden tijdens handenvrij bellen (Ishigami & Klein, 2009). Dit kan erop wijzen dat er tijdens het handenvrij bellen geen risicocompensatiestrategieën (zoals een verlaging in snelheid) worden toegepast (Dragutinovic & Divera, 2006).

Het doel van deze studie is het verder in kaart brengen van de effecten van handenvrij bellen op het rijgedrag. We doen dit aan de hand van een experimentele studie op de weg. Een experimentele onderzoeksopzet op de rijweg laat ons toe de proefpersoon in een reële rijsituatie te brengen en terzelfdertijd controle uit te oefenen over wanneer en hoelang we een handenvrij gesprek aanbieden. Dankzij recente technologische ontwikkelingen is het bovendien mogelijk om de oogbewegingen van proefpersonen tijdens de autorit constant te monitoren. Op die manier kunnen we niet enkel het effect van handenvrij bellen op rijvariabelen nagaan maar ook het effect op het kijkgedrag.

In deze studie meten we hoeveel en hoelang gekeken werd naar relevante verkeersinformatie. Proefpersonen in deze studie droegen een eye-trackingbril die hun oogbewegingen registreerde terwijl ze een autorit aflegden. Deze bril ziet eruit als een gewone bril en registreert de oogbewegingen. Iedere proefpersoon legde een rit af waarin ze een handenvrij telefoongesprek voerden (testrit) en een rit waarin geen gesprek werd gevoerd (controlerit). De ritten werden gereden op een autosnelweg om het effect van andere beïnvloedende factoren (zoals bijvoorbeeld kruispunten en verkeerslichten) op rijvariabelen en kijkgedrag te minimaliseren.

Deze studie was de eerste "Naturalistic Driving Study" van het BIVV, waarbij we gebruik maakten van een relatief recent beschikbare technologie voor registratie van oogbewegingen. Daarom hebben we voor deze studie gekozen om a priori categorieën van relevante gebieden van verkeersinformatie te definiëren (zoals bijvoorbeeld de snelheidsmeter, de zijspiegels en andere voertuigen). In het kader van deze eerste studie was er dus nog geen gedetailleerde analyse in real time van verkeersrelevante informatie voorzien. Bij de analyse van fixaties op andere voertuigen werd er bijvoorbeeld geen onderscheid gemaakt tussen voertuigen die kritisch zijn voor de veilige uitvoering van de rijtaak en andere voertuigen.

Onze onderzoekshypothese was dat er minder en minder lang wordt gekeken naar verkeersrelevante informatie tijdens de testrit in vergelijking met de controlerit. Verder wilden we onderzoeken of er verschillen optreden in visuele scantechniek tijdens het handenvrij telefoneren in vergelijking met wanneer er geen gesprek werd gevoerd. Op basis van de literatuur verwachtten we een vernauwing van het visuele veld wanneer men belast wordt met een extra taak (zoals telefoneren). Naast de oogbewegingen registreerden we tijdens deze twee ritten ook een aantal rijvariabelen, met name de snelheid, de tijd gespendeerd op elk van de 3 rijstroken, het aantal veranderingen van rijstrook en de afstand tot de voorligger bij het inhalen.

BIVV	2017	Vermindert handenvrij bellen onze alertheid op de weg?

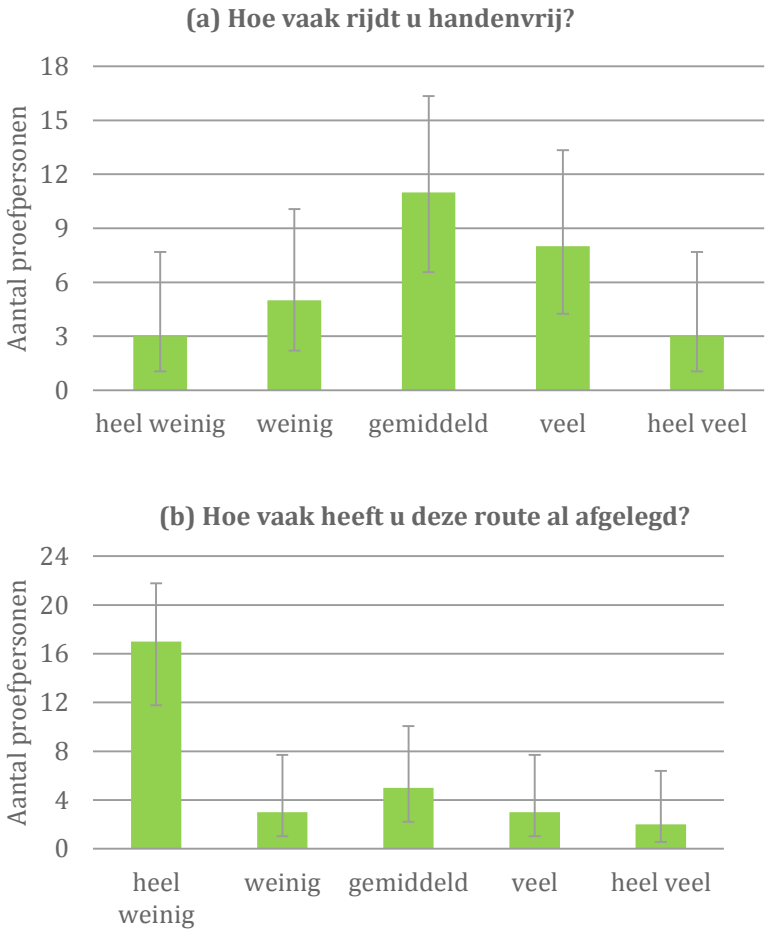
2 METHODE

2.1 Steekproef

De rekrutering van proefpersonen, het afnemen van het experiment en een deel van de dataverwerking gebeurde door het marktonderzoeksbureau Profacts op basis van specificaties van het BIVV.

De steekproef bestond uit 30 deelnemers (waarvan de helft vrouwen) die in het bezit waren van een rijbewijs B (wagen). De gemiddelde leeftijd van de steekproef was 33 jaar (SD = 12 jaar) en gemiddeld genomen hadden de proefpersonen 14 jaar hun rijbewijs (SD = 11 jaar). Proefpersonen die geen ervaring hadden met handenvrij bellen werden uitgesloten voor deelname. De ervaring die proefpersonen hadden met handenvrij bellen werd aangegeven op een vijfpuntenschaal gaande van "heel weinig" tot "heel veel". De scores op deze vraag zijn weergegeven in de bovenste grafiek (a) van Figuur 1. Uit deze grafiek kunnen we afleiden dat de meeste proefpersonen (21 van de 30) van zichzelf vonden dat ze gemiddeld tot heel veel ervaring hebben met handenvrij bellen. Verder werd aan de proefpersonen gevraagd hoe vaak ze de route reeds hadden afgelegd via een vijfpuntenschaal gaande van "heel weinig" tot "heel veel". De scores op deze vraag worden weergegeven in de onderste grafiek (b) van Figuur 1. Hierop is duidelijk te zien dat de meeste proefpersonen (17 van de 30) heel weinig ervaring hadden met deze route.

Figuur 1. Ervaring met handenvrij bellen (a) en ervaring met de gereden route (b) voor de volledige steekproef.



Foutmarges geven de 95% betrouwbaarheidsintervallen weer verdeeld volgens de score methode voor binomiale parameters (Wilson, 1927).

2.2 Verloop van het experiment

Aan de deelnemers werd gevraagd naar de vestiging van Profacts te komen in De Pinte. Deze personen waren niet op voorhand ingelicht over het doel van het experiment. Ze wisten enkel dat ze een rit met een wagen zouden moeten maken. Na aankomst ondertekenden de proefpersonen een formulier voor geïnformeerde toestemming (*informed consent)* en namen ze plaats aan het stuur van de testwagen (Renault Megane). De experimentleider nam plaats op de achterbank en gaf de instructies aan de proefpersoon. Er werd verteld dat de proefpersoon een rit met de wagen zou moeten maken en dat tijdens deze rit de oogbewegingen zouden geregistreerd worden door middel van een bril. Verder werd meegedeeld dat ze tijdens het traject zouden worden opgebeld via een handenvrije methode.

Vervolgens werd de eye-trackingbril van SensoMotoric Instruments (Eye-Tracking Glasses 2.0, SMI, Teltow, Duitsland) opgezet en klaargemaakt voor gebruik. Figuur 2 toont een afbeelding van deze bril.

Figuur 2. Afbeelding van de eye-trackingbril (Eye-Tracking Glasses 2.0).



bron: https://www.smivision.com

Vooraleer de bril de oogbewegingen registreerde, diende het toestel gekalibreerd te worden. Hiervoor moesten proefpersonen kijken naar een bepaald beeld in de ruimte en werd gekeken of de bril dit punt effectief herkende als "bekeken". De bril stond via een draad in verbinding met een smartphone die alle gegevens bewaarde. De smartphone lag op de achterbank en de verbindingsdraad met de bril werd over de schouder van de proefpersonen gelegd om deze niet te hinderen tijdens het rijden. Verder in deze tekst (2.3.1) wordt er verder ingegaan op de technische aspecten van de bril.

Vervolgens maakte de proefpersoon een korte oefenrit om te wennen aan de wagen. Deze oefenrit begon aan de vestiging van Profacts en eindigde 3.4 km verder aan de oprit "De Pinte" van de autosnelweg E17 richting Frankrijk. Aan het einde van deze oefenrit werd gevraagd aan de proefpersonen of ze zich comfortabel voelden om de snelweg op te gaan met de wagen. Dit was het geval voor alle proefpersonen. Vervolgens moest de proefpersoon de autosnelweg oprijden en de afrit "Kruishoutem" nemen. Na het verlaten van de autosnelweg moest de proefpersoon hetzelfde traject in tegenovergestelde richting afleggen, vanaf de oprit "Kruishoutem" tot aan de afrit "De Pinte". Zowel de heen- als de terugrit bedroeg 13.7 km en werd afgelegd overdag (tussen 7u en 18u) bij een milde verkeersdrukte op een autosnelweg met 3 rijstroken waar een snelheidslimiet van 120 km/u van toepassing is.

De ene helft van de proefpersonen ontving tijdens de heenrit een oproep voor een handenvrij telefoongesprek. De andere helft van de proefpersonen ontving deze oproep tijdens de terugrit. Iedere proefpersoon legde dus een testrit (met handenvrij gesprek) af en een controlerit (zonder telefoongesprek). Mogelijks gedragen proefpersonen zich niet "natuurlijk" wanneer ze weten dat hun oogbewegingen onderzocht worden. Dit bezwaar hebben we met dit onderzoeksopzet wellicht kunnen

opvangen. Door een design met herhaalde metingen, zal dit soort beïnvloeding in beide condities meespelen (zowel tijdens de testrit als de controlerit) en zal deze dus waarschijnlijk geen invloed hebben op het verschil tussen beide condities.

De experimentleider, die op de achterbank zat, bediende het GSM toestel. Dit toestel stond via bluetooth in verbinding met de geluidsboxen en een microfoon (aan de spiegel van de zonneklep boven de proefpersoon) in de wagen. De proefpersoon moest dus geen apparatuur bedienen. De proefpersonen werden opgebeld door een vrouwelijke medewerker van Profacts die hen een aantal vragen stelde. Dit waren voor iedere proefpersoon dezelfde vragen. De medewerker vroeg wat hun hobby's waren, hoe hun voorbije vakantie was verlopen, of ze nog vakantieplannen hadden en of ze kinderen hadden. Op die manier waren de gesprekken afhankelijk van de antwoorden van de proefpersonen en werd het gesprek zo natuurlijk mogelijk gehouden. Gelet op de proefopzet in een reële rijssituatie hebben we bewust geen telefoongesprek willen voeren dat zeer cognitief belastend was en/of zeer emotioneel. Want dit had het risico op gevaarlijk rijgedrag (en dito gevolgen) mogelijk doen toenemen. Het gesprek duurde de volledige testrit (ongeveer 8 minuten).

Na afloop van het experiment kregen proefpersonen een vergoeding van 40 euro.

2.3 Gemeten gedragsvariabelen

2.3.1 Eye-trackingbril

De bril die de proefpersonen droegen tijdens het experiment is uitgerust met 2 soorten camera's. De zogenaamde omgevingscamera bevindt zich aan de voorzijde van de bril en registreert het beeld dat proefpersonen door de bril zien. Met deze camera worden 30 beelden per seconde geregistreerd met een resolutie van 960 x 720 pixels per beeld. De reikwijdte van het gezichtsveld dat geregistreerd wordt door de camera bedraagt 60° op de horizontale as en 46° op de verticale as.

Naast deze omgevingscamera is de bril uitgerust met twee oogbewegingscamera's (één per oog). Deze camera's bevinden zich aan de binnenzijde van de bril en registreren de oogbewegingen van de proefpersoon. De bepaling van de kijkrichting van de ogen is gebaseerd op de methode van de pupilgecentreerde corneale reflectie (PCCR). Bij PCCR wordt infrarood licht op het oog geprojecteerd. De reflecties van dit licht op de cornea (hoornvlies) en de pupil resulteren in een contrastbeeld dat wordt gefilmd door de oogbewegingscamera's. De beelden worden verkregen met een sampling rate van 60 Hz per oog. De reikwijdte van de geregistreerde oogbewegingen bedraagt 80° op de horizontale as en 60° op de verticale as. Door het toepassen van specifieke algoritmes op dit contrastbeeld wordt de kijkrichting van beide ogen berekend. De kijkrichting wordt gemeten met een hoge accuraatheid van 0.5° over alle afstanden. Dit wil zeggen dat het verschil tussen het punt waar de proefpersoon echt naar kijkt en het punt dat gemeten is door de bril maximaal 0.5° van elkaar verwijderd zijn.

2.3.2 Oogbewegingsvariabelen

We zien enkel scherp met het centrale deel van ons netvlies, de zogenaamde fovea. Dit betekent dat we enkel een scherp beeld krijgen door er met de fovea op te fixeren. Onze ogen bewegen dus constant om nieuwe punten in de omgeving te fixeren en scherp te stellen. Deze bewegingen kunnen vergeleken worden met kleine sprongetjes. Deze sprongetjes worden saccades genoemd en zijn heel erg snel (10 tot 100ms) waardoor we er ons meestal niet bewust van zijn (bijv. Land, 2006). De stabiele perioden tussen twee opeenvolgende saccades worden fixaties genoemd en duren iets langer dan saccades (minimum 100 tot 200ms) (Salvucci & Goldberg, 2000).

In deze studie onderzoeken we de fixaties en saccades van proefpersonen tijdens het experiment. Zoals aangegeven eerder in deze tekst zijn we voornamelijk geïnteresseerd in het kijkgedrag naar verkeersrelevante informatie. Daarom hebben we de verkeersomgeving ingedeeld in 7 categorieën of relevante gebieden. Deze 7 gebieden worden weergegeven in Figuur 3 en zijn de volgende:

- borden: alle borden die zich op het traject bevonden, worden in rekening gebracht. Er wordt dus geen onderscheid gemaakt tussen verkeersborden en informatieborden langs de weg, noch tussen verschillende types verkeersborden

- de achteruitkijkspiegel van de wagen
- de linkerzijspiegel van de wagen
- de rechterzijspiegel van de wagen
- de weg: enkel het geasfalteerde deel van de weg wordt in rekening gebracht
- andere voertuigen: alle voertuigen buiten het eigen voertuig die te zien waren op het traject worden in rekening gebracht
- de snelheidsmeter van de wagen

Figuur 3. Weergave van de 7 relevante gebieden waarnaar oogbewegingen geregistreerd werden.



Om fixaties te onderzoeken werden de beelden van de omgevingscamera en de oogbewegingsbeelden gecombineerd tot een "overlay" video in de "BEGaze 3.2" analyse software van SMI. Deze overlay video werd bekeken en iedere fixatie werd manueel gecodeerd als behorende tot 1 van de 7 relevante gebieden of tot een restcategorie (fixaties die niet gemaakt zijn naar een relevant gebied). Op basis van deze codering is het vervolgens mogelijk om het totale aantal fixaties op een relevant gebied en de duurtijd van deze fixaties te berekenen.

Daarnaast waren we ook geïnteresseerd in het visueel scanpatroon van proefpersonen. Dit werd geoperationaliseerd aan de hand van twee bijkomende variabelen: de saccadetijd en de densiteit van de oogcoördinaten.

Een nadeel van de gebruikte methode voor oogbewegingsregistratie is dat hoofdbewegingen niet in rekening worden gebracht en dat bijgevolg de sequentie van fixaties enkel als coördinaten binnen het kijkveld bekeken kunnen worden in plaats van in de reële ruimte. Wat ieder individu ziet in zijn kijkveld wordt immers voor een groot deel bepaald door de gemaakte hoofdbewegingen. Iemand die grote hoofdbewegingen maakt, zal logischerwijs een groter deel van de reële ruimte bekijken dan iemand die weinig hoofdbewegingen maakt. De tijd die verloopt tussen 2 opeenvolgende fixaties (de zogenaamde saccadetijd) kan ons echter (onrechtstreeks) informatie verschaffen over de afstand tussen fixaties in de reële ruimte. Saccadetijden zijn immers lineair gerelateerd aan de afstand tussen twee fixaties (Baloh et al., 1975). We kunnen er ook van uitgaan dat een hoofdbeweging tussen twee opeenvolgende fixaties resulteert in een langere saccadetijd. Een vermindering of verhoging van de saccadetijden kunnen we dus interpreteren als evidentie voor, respectievelijk, een meer of minder gefocust scanpatroon.

Ten slotte bekeken we ook de horizontale en verticale densiteit van de fixaties binnen het kijkveld. Om de invloed van hoofdbewegingen te minimaliseren maakten we voor deze analyse een selectie van de fixaties

door de voorruit van het voertuig. Voor iedere proefpersoon en iedere rit werd een densiteitsplot gecreëerd (zie Figuur 7 voor een aantal voorbeelden). Op basis van een inspectie van deze grafieken kan men zien rond welke x- en y- coördinaten (en dus waar in het visuele veld) zich de meeste fixaties bevinden. Bijvoorbeeld, een hoge densiteit rond de coördinaten (0,0) geeft aan dat proefpersonen vooral fixeerden rond het centraal punt van hun visueel veld. Een meer verspreid patroon geeft aan dat proefpersonen meer rond zich heen keken.

Op basis van deze densiteitsgrafieken is het mogelijk om het densiteitsoppervlak te berekenen dat wordt gevormd door een bepaalde proportie van de fixaties (bijv. Steinman, 1965). Hiervoor tekent men eerst contouren uit op de densiteitsgrafieken die een bepaalde proportie van fixaties omvatten. Bijvoorbeeld de contour p = 0.50, omvat 50% van alle fixaties. Vervolgens berekent men de oppervlakte die deze contour beslaat. Een kleiner oppervlak komt overeen met een meer gefocust patroon. Wanneer de ogen meer "ronddwalen" resulteert dit in een groter oppervlak. In navolging van de methode van Crossland et al. (2004) zullen we hier de oppervlakte die omvat wordt door de contour p = 0.68 hanteren. De oppervlakte die deze contour beslaat, omvat dus 68% van de fixaties. Indien handenvrij bellen inderdaad leidt tot tunnelzicht, verwachten we kleinere densiteitsoppervlaktes in deze conditie.

2.3.3 Rijvariabelen

Naast de oogbewegingsvariabelen worden 4 rijvariabelen geregistreerd:[1]

- de gemiddelde snelheid van de proefpersoon in km/u
- de tijd die gespendeerd werd op de 3 rijstroken in seconden
- het aantal veranderingen van rijstrook per minuut
- de inhaalafstand tot de voorligger

De snelheidsdata werden onafhankelijk van de eye-trackingbril geregistreerd, meer bepaald door middel van een black box (Geotab GO7 2G, https://www.geotab.com/) aangesloten op de on-board diagnostic poort (OBD) van de wagen. De snelheid werd verkregen op basis van GPS-gegevens. Voor de berekening van de gemiddelde snelheid werd enkel het traject op de autosnelweg in rekening gebracht en werden de data aan het begin en einde van deze trajecten gefilterd (~500 meter). Dit werd gedaan omdat snelheden tijdens dit begin en einde onderhevig zijn aan respectievelijk grote versnellingen (oprijden autosnelweg) en sterke vertragingen (afrijden autosnelweg). De gemiddelde snelheid werd vervolgens berekend per proefpersoon en per rit (testrit en controlerit). Dit resulteerde in twee snelheidsscores per proefpersoon uitgedrukt in kilometer per uur (km/u).

Ten tweede werd voor iedere proefpersoon een berekening gemaakt van de tijd die gespendeerd werd op elk van de 3 rijstroken. We bepaalden een verschilscore die het verschil weergeeft tussen de totale tijd (in

[1] Naast de oog- en rijvariabelen werd ook een visuele detectietaak afgenomen aan het einde van het experiment. Tijdens deze taak kregen proefpersonen foto's te zien. De helft van deze foto's werd genomen langs de afgelegde trajecten, de andere helft van de foto's werd niet genomen langs de afgelegde trajecten. Proefpersonen moesten per foto aangeven of ze dachten dat de foto genomen was op hun traject of niet. Op basis van deze gegevens kan voor iedere proefpersoon nagegaan worden wat de kans is om een foto daadwerkelijk te herkennen als "gezien" (zogenaamde hit ratio) en de kans om onterecht een foto te herkennen als "gezien" (zogenaamde vals alarm ratio). De oorspronkelijke idee was om deze scores te vergelijken tijdens de testrit en de controlerit per proefpersoon. Spijtig genoeg is omwille van een technische fout de data collectie voor deze taak enkel gebeurd voor de foto's die genomen werden tijdens het eerste traject. Dit wil zeggen dat er per proefpersoon enkel metingen zijn voor één conditie: ofwel de testrit ofwel de controlerit (afhankelijk van welke rit eerst werd gereden). We kunnen dus de waarden voor beide ritten niet vergelijken voor dezelfde proefpersonen maar enkel tussen proefpersonen. Aangezien de hit ratio en vals alarm ratio sterk individueel bepaald zijn (afhankelijk van de responsstrategie van de proefpersoon, bijv. Ingham, 1970) is een tussen-subject opzet niet ideaal om verschillen tussen twee condities na te gaan. Verder zitten we hier met een beperkte steekproef (door de tussen-subject vergelijking houden we slechts 15 proefpersonen per conditie over). Daardoor hebben we onze twijfels bij de betrouwbaarheid van deze data en hebben we dan ook besloten niet dieper in te gaan op deze resultaten.

seconden) gespendeerd op een bepaalde rijstrook tijdens de testrit en de totale tijd op dezelfde rijstrook tijdens de controlerit (in seconden). Een positieve score geeft dus aan dat langer op deze rijstrook werd doorgebracht tijdens de testrit dan tijdens de controlerit. Deze werkwijze resulteerde in 3 verschilscores per proefpersoon.

Ten derde werd het aantal veranderingen van rijstrook gemeten per rit en per proefpersoon. Een verandering van rijstrook wordt gedefinieerd als een overgang van de rechter rijstrook naar de middelste, van de middelste naar de linker rijstrook, van de linker rijstrook naar de middelste rijstrook of van de middelste naar de rechter rijstrook. Vervolgens werd dit cijfer gecorrigeerd voor de snelheid waarmee de proefpersoon de ritten aflegde. Een proefpersoon die trager rijdt, zal namelijk langer op de weg aanwezig zijn en dus meer gelegenheid gehad hebben om een verandering van rijstrook te maken. Om dit in rekening te brengen werd het totale aantal veranderingen van rijstrook gedeeld door de gemiddelde snelheid tijdens de desbetreffende rit. Tot slot werd deze waarde omgerekend naar het aantal rijstrookveranderingen per minuut.

Tenslotte werd de inhaalafstand berekend voor iedere proefpersoon. Dit is de afstand die men laat tussen het eigen voertuig en het voertuig dat men inhaalt op het moment dat de inhaalbeweging gestart wordt. Het startpunt van de inhaalbeweging werd hier gedefinieerd als het veranderen van rijstrook. Per inhaalbeweging werd de afstand tot de voorligger gehercodeerd aan de hand van 4 categorieën. Hierbij geeft categorie 1 een afstand van minder of gelijk aan 5 meter weer, categorie 2 een afstand tussen 5 en 10 meter, categorie 3 een afstand tussen 10 en 20 meter en tenslotte categorie 4 een afstand van meer dan 20 meter. Vervolgens werd per proefpersoon en per rit geteld hoeveel waarden per categorie voorkwamen en werd dit cijfer gedeeld door het totale aantal waarden per proefpersoon en per rit om een gemiddelde score te bekomen.

De tijd gespendeerd op de 3 rijstroken, het aantal veranderingen van rijstrook en de inhaalafstand tot de voorligger werden gecodeerd aan de hand van observatie van de beelden van de omgevingscamera.

3 DATA-ANALYSE EN RESULTATEN

Vier proefpersonen werden uitgesloten voor verdere analyses omwille van technische problemen tijdens het registreren van de oogbewegingen gedurende het experiment. De uiteindelijke steekproef betrof dus 26 proefpersonen voor de analyse van de oogbewegingsvariabelen.[2]

De analyses van de modellen die verder in deze tekst worden besproken, werden uitgevoerd met behulp van het lme4 R-pakket (Bates et al., 2015) (R Core Team, 2016). We gingen na of het effect van conditie (handenvrij of controle) significant is. In de rest van deze tekst hanteren we een significantieniveau van 5% (of een p-waarde van 0.05).

3.1 Fixatiefrequentie

De individuele fixaties van iedere proefpersoon werden in eerste instantie gegroepeerd (1) per conditie, (2) per relevant gebied en (3) per gereden kilometer. Dit laatste werd gedaan op basis van de aanwezige kilometerpalen op de autosnelweg die te zien waren op de overlay video. Het effect van conditie werd afzonderlijk geschat voor ieder relevant gebied door middel van een ANOVA met random proefpersoon-afwijkingen met betrekking tot (a) het aantal fixaties (het intercept) en (b) het effect van conditie. Er werd een lognormaal model geschat waarbij het random effect van proefpersoon binnen de lineaire predictor geschat is aan de hand van normaal verdelingen. Het toevoegen van random proefpersoon-afwijkingen

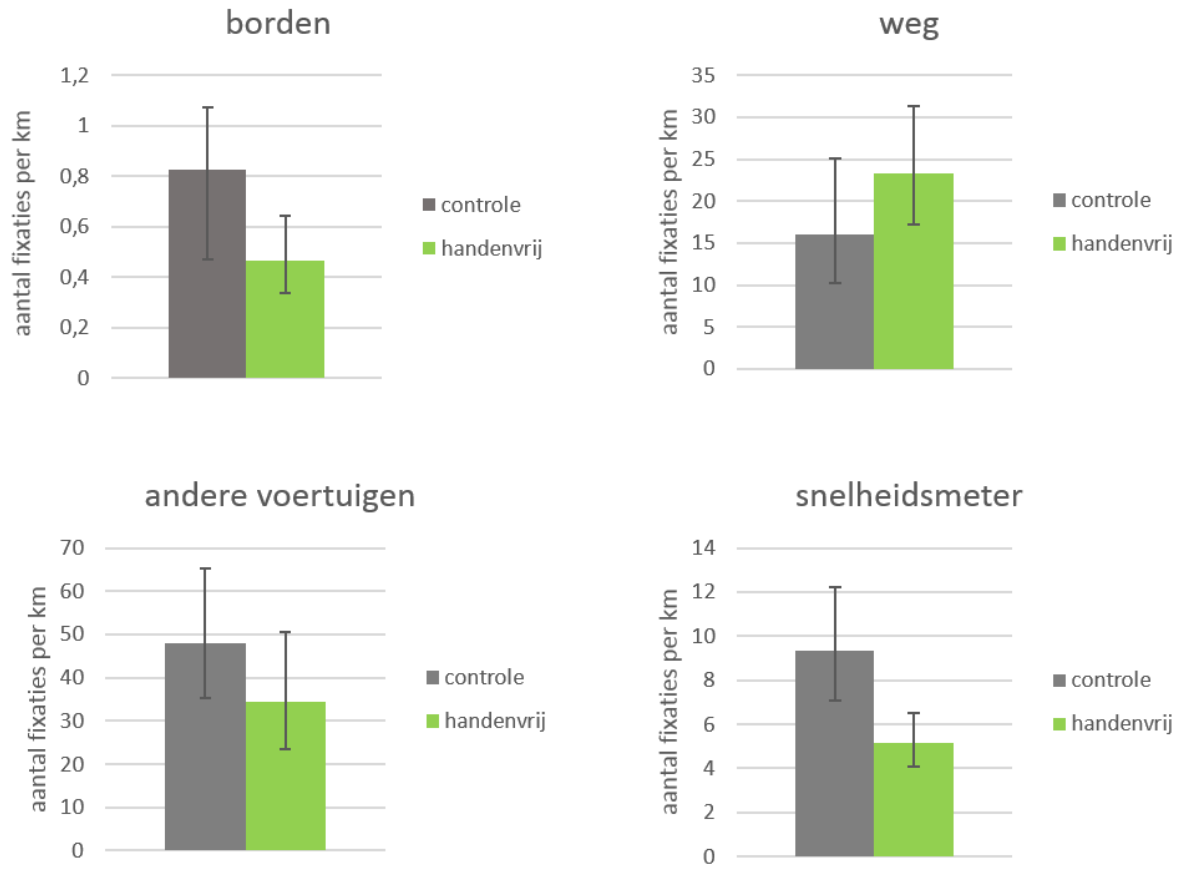
[2]De analyse van de rijvariabelen – tijd gespendeerd op de drie rijstroken, aantal veranderingen van rijstrook en inhaalafstand tot de voorligger – zijn gebeurd door middel van analyse van de beelden van de omgevingscamera van de eye-trackingbril. Technische problemen met de bril brachten met zich mee dat de oogbewegingsvariabelen van 4 proefpersonen niet gebruikt konden worden. Van 1 van deze proefpersonen waren echter wel beelden van de omgevingscamera beschikbaar. Dus konden voor deze ene proefpersoon de rijvariabelen wel berekend worden. Dit zorgt ervoor dat de analyse van de oogbewegingsvariabelen gebeurd is op 26 proefpersonen en de analyse van de rijvariabelen op 27 proefpersonen. De snelheidsdata werden onafhankelijk van de bril geregistreerd, meer bepaald door middel van een black box. Voor de analyse van de snelheid zijn bijgevolg alle proefpersonen opgenomen (30).

was noodzakelijk omdat iedere proefpersoon beide condities van het experiment (handenvrij en controle) heeft doorlopen. Hierdoor ontstaat er een probleem bij het toepassen van standaard lineaire modellen (modellen die geen random variabelen opnemen). Eén van de belangrijkste assumpties van deze standaard modellen is namelijk dat observaties niet gecorreleerd mogen zijn. Maar aangezien de metingen tijdens de testrit en de controlerit afgenomen zijn bij dezelfde proefpersonen kunnen we veronderstellen dat deze metingen wel gecorreleerd zullen zijn. Door het invoegen van twee random variabelen – één met betrekking tot het intercept en één met betrekking tot de conditie - wordt de random variatie tussen proefpersonen in rekening gebracht en kan dus het effect van de conditie op de afhankelijke variabele (de fixatiefrequentie) zuiverder geschat worden.[3]

Het aantal fixaties die proefpersonen maakten is significant verschillend tijdens de testrit en de controlerit voor 3 van de 7 relevante gebieden. Zoals te zien is in Figuur 4 maakten de bestuurders minder fixaties op borden, andere voertuigen en de snelheidsmeter tijdens de testrit dan tijdens de controlerit. Verder vinden we een marginaal significant effect voor het aantal fixaties op de rijweg. Tijdens de testrit waren er, misschien verrassend op het eerste gezicht, *meer* fixaties op de weg in vergelijking met de controlerit. De grafieken in Figuur 4 tonen telkens het effect van de vaste variabele conditie (zoals geschat met behulp van de lineair gemengde modellen). Naast dit effect wordt ook het 95% betrouwbaarheidsinterval weergegeven. Voor de achteruitkijkspiegel, de linkerspiegel en de rechterspiegel worden geen significante verschillen in fixaties geobserveerd tussen beide ritten. Een volledig overzicht van het aantal fixaties per km met bijhorende toetsstatistieken kan teruggevonden worden in Tabel 1.

Figuur 4. Het aantal fixaties per km op de relevante gebieden waar een (marginaal) significant verschil tussen de testrit en de controlerit wordt geobserveerd.

[3]In principe kan men fixatiefrequenties ook modelleren zonder opdeling per kilometer. De opdeling per kilometer laat toe om de resolutie van de data per proefpersoon, conditie en relevant gebied te verhogen waardoor men een zicht krijgt op de verdeling van de fixatiefrequenties in deze cellen van het design.



Foutmarges geven de 95% betrouwbaarheidsintervallen weer.

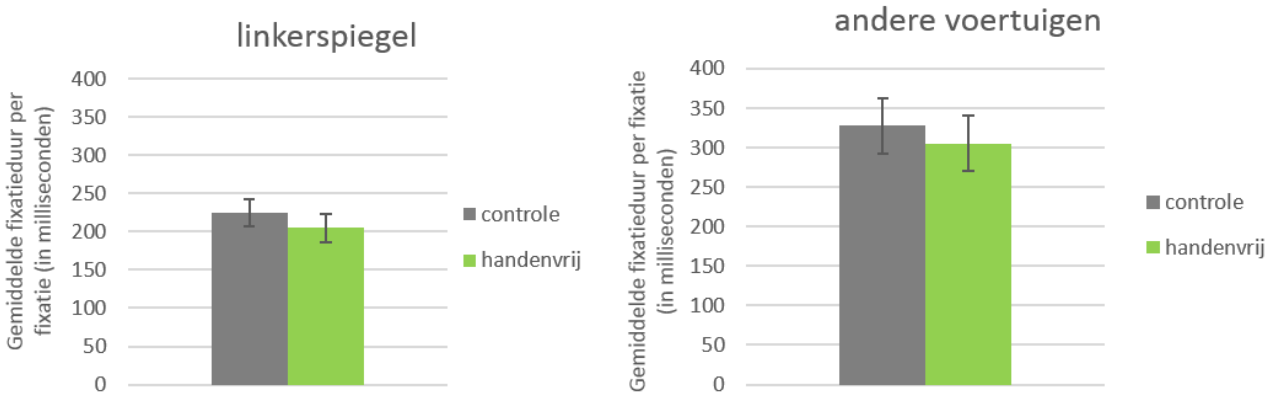
3.2 Fixatieduurtijden

Fixatieduurtijden werden geanalyseerd als gemiddeldes[4] per proefpersoon, conditie, relevant gebied en kilometer en werden via een gelijkaardige model geanalyseerd als de fixatiefrequenties. Het enige verschil was de veronderstelling van een normaal verdeling.

De resultaten van de analyses van de gemiddelde fixatieduur worden weergegeven in Figuur 5.

Figuur 5. Gemiddelde fixatieduur in milliseconden op de relevante gebieden waar een (marginaal) significant verschil tussen de testrit en de controlerit wordt geobserveerd.

[4]De keuze voor gemiddeldes (in plaats van individuele fixaties) werd hier gemaakt om twee redenen. Ten eerste, wordt het datavolume daardoor gebalanceerd over proefpersonen (dwz. er zijn evenveel datapunten per proefpersoon, ongeacht verschillen in het totale aantal fixaties per proefpersoon). Ten tweede, wordt de seriële correlatie van de individuele fixaties daarmee althans voor een stuk opgevangen. Ter controle werden de analyses ook uitgevoerd op de individuele fixaties, waarin de resultaten werden gewogen op basis van het aantal fixaties. Dit had geen enkel effect op de conclusies.



Foutmarges geven de 95% betrouwbaarheidsintervallen weer.

Hieruit blijkt dat de fixaties op de linkerspiegel korter waren tijdens de testrit dan tijdens de controlerit. Verder vinden we een trend in dezelfde richting voor de gemiddelde fixatieduur op andere voertuigen. Tijdens de testrit waren de fixaties minder lang op andere voertuigen dan tijdens de controlerit. Voor de overige relevante gebieden worden geen verschillen in gemiddelde fixatieduur gemeten tussen beide ritten. Een volledig overzicht van de gemiddelde fixatieduur op elk relevant gebied met de bijhorende toetsstatistieken kan teruggevonden worden in Tabel 1.

Tabel 1: Aantal fixaties per kilometer en de gemiddelde fixatieduur in ms op alle relevante gebieden.[5]

	Aantal fixaties (per km)			**Gemiddelde fixatieduur (in ms)**		
Relevante gebieden	controle	handenvrij	toetsstatistiek	controle	handenvrij	toetsstatistiek
borden	**0.82**	**0.47**	**$z = -2.63$, $p = 0.01$**	267.74	261.02	$F(1, 22.62) = 0.21$, $p = 0.65$
achteruitkijkspiegel	2.58	2.29	$z = -0.57$, $p = 0.57$	206.08	201.00	$F(1, 16.43) = 0.27$, $p = 0.61$
linkerspiegel	4.02	3.89	$z = -0.24$, $p = 0.81$	**224.15**	**204.74**	**$F(1, 25.30) = 5.59$, $p = 0.03$**
rechterspiegel	0.73	0.65	$z = -0.50$, $p = 0.62$	211.46	206.42	$F(1, 17.67) = 0.17$, $p = 0.69$
de weg	**16.02**	**23.28**	**$z = 1.85$, $p = 0.06$**	277.58	293.46	$F(1, 25.23) = 0.86$, $p = 0.36$
andere voertuigen	**47.94**	**34.41**	**$z = -2.54$, $p = 0.01$**	**327.63**	**305.35**	**$F(1, 25.52) = 3.55$, $p = 0.07$**
snelheidsmeter	**9.31**	**5.17**	**$z = -6.58$, $p < 0.001$**	183.19	177.65	$F(1, 23.13) = 0.97$, $p = 0.33$

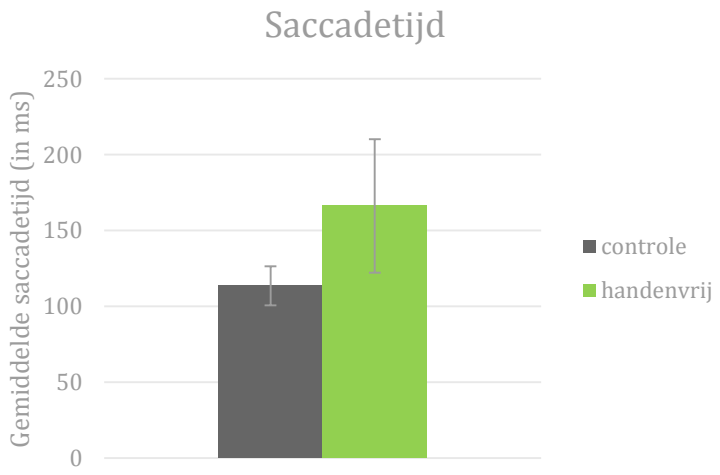
3.3 Visueel scanpatroon

[5]De vrijheidsgraden geassocieerd met de *F*-toetsen worden benaderd door middel van de Satterthwaite benadering.

Saccadetijden werden geanalyseerd als gemiddeldes per proefpersoon, conditie en kilometer[6], onafhankelijk van de relevante gebieden. Zoals eerder vermeld, was het doel van de analyse om het effect van de conditie te onderzoeken met betrekking tot de afstand tussen fixaties in de reële ruimte, ongeacht het onderwerp van de fixaties. Het gebruikte model was identiek aan dat voor gemiddelde fixatieduurtijden.

Ook in het visueel scanpatroon worden verschillen tussen de testrit en de controlerit geobserveerd. Uit Figuur 6 blijkt dat de saccadetijden beduidend groter waren tijdens de testrit (166.23ms) dan tijdens de controlerit (113.56ms) ($F(1, 21.22) = 5.67$, $p = 0.03$). Hieruit kunnen we afleiden dat grotere sprongen in het visueel veld werden gemaakt tijdens een handenvrij telefoongesprek in vergelijking met wanneer geen gesprek werd uitgevoerd.

Figuur 6. Gemiddelde saccadetijd tijdens de testrit en de controlerit.



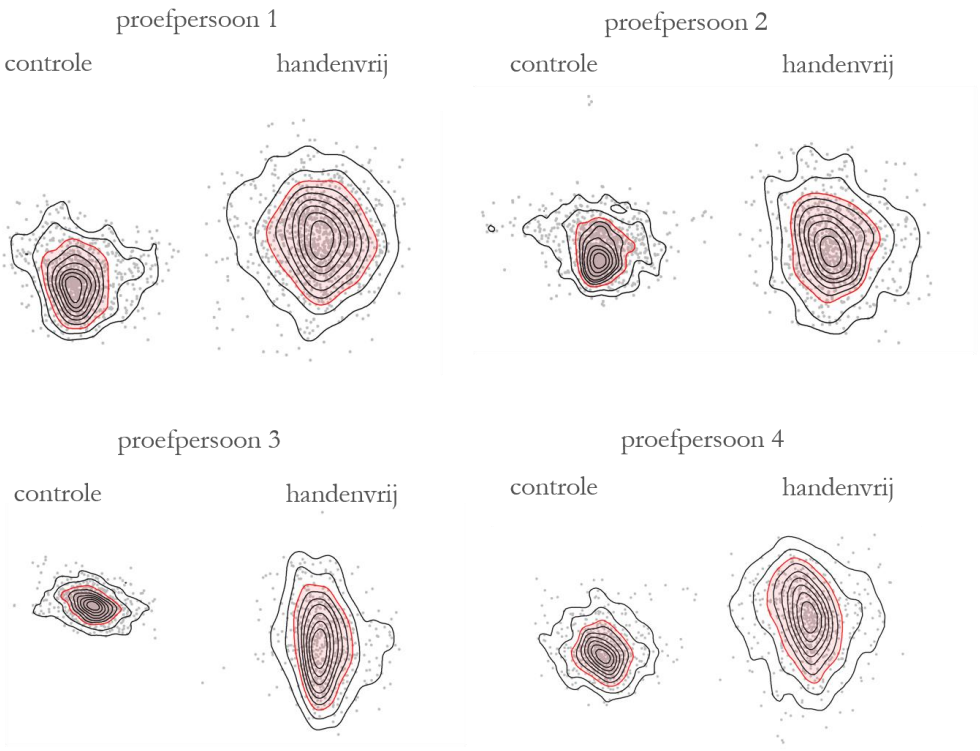
Foutmarges geven de 95% betrouwbaarheidsintervallen weer.

De ruimtelijke spreiding van de fixaties door de voorruit werd per proefpersoon en conditie gemodelleerd aan de hand van de zogeheten niet-parametrische techniek *kernel density estimation*. Meer bepaald ging het hier over de densiteit van de fixaties op "de weg", "andere voertuigen" en in een restcategorie (fixaties door de voorruit die niet op de weg of op een andere voertuig gemaakt zijn). De schatting gebeurde met behulp van het ks R-pakket (Duong, 2017). De bandbreedtematrix werd via cross-validatie geselecteerd (Duong, & Hazelton, 2005). Het visueel scanpatroon werd gekwantificeerd door de oppervlakte van de p=.68 densiteitscontour te berekenen per proefpersoon en conditie. Deze oppervlaktes worden vervolgens vergeleken aan de hand van een Wilcoxon Signed Rank test (bijv. Crossland et al., 2004).

In Figuur 7 worden ter illustratie de densiteitsgrafieken voor de controlerit (links) en de testrit (rechts) voor 4 proefpersoon weergegeven. De p = .68 contour is in alle grafieken weergegeven door middel van een rode lijn. Inspectie van deze densiteitsgrafieken bevestigen de conclusie van de analyse van de saccadetijden. De oppervlakte die de p = .68 densiteitscontour omvat, is namelijk significant verschillend tussen de testrit en de controlerit ($V = 277$, $p = 0.004$). Meer bepaald is de oppervlakte groter tijdens de testrit in vergelijking met de controlerit. Dit wijst erop dat de fixaties minder gefocust waren tijdens de testrit en proefpersonen dus meer in het rond keken tijdens deze rit.

Figuur 7. Densiteitsgrafieken tijdens de controlerit en de testrit voor 4 proefpersoon ter illustratie.

[6]Drie proefpersonen vertoonden extreme (intercept) waarden. Zij werden bijgevolg uitgesloten voor de analyse van de saccadetijden.



De densiteitscontouren die afgebeeld zijn, zijn de volgende (van binnen naar buiten): 0.10, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.68 (in het rood), 0.70, 0.80 en 0.90. De ingekleurde oppervlakte geeft de oppervlakte weer die door de p = 0.68 contour omvat wordt en vergeleken werd tussen beide condities in de bovenstaande beschreven analyse.

3.4 Rijvariabelen

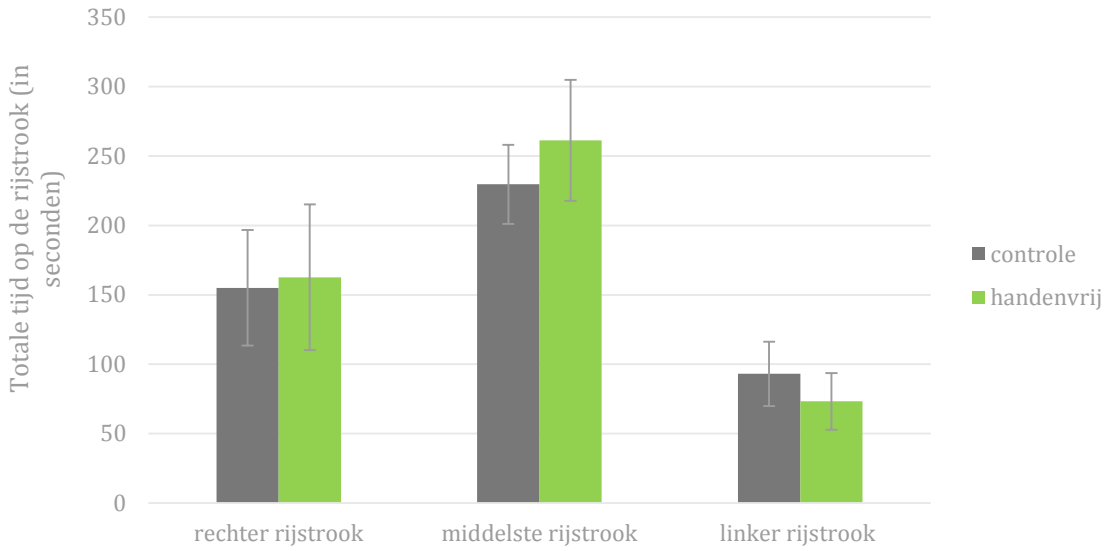
Zoals eerder vermeld hebben we het effect op de volgende rijvariabelen getest: de snelheid, de tijd gespendeerd op elk van de 3 rijstroken, het aantal veranderingen van rijstrook en de afstand tot de voorligger bij het inhalen.

De gemiddelde snelheid werd vergeleken tussen de testrit en de controlerit aan de hand van een Wilcoxon Signed Rank test. Er werd voor deze test gekozen omdat de verschillen tussen de gepaarde metingen niet normaal verdeeld waren volgens de Shapiro-Wilk test ($W(30) = 0.84$, $p < 0.001$). Er worden geen significante verschillen geobserveerd in snelheid tussen beide condities. De gemiddelde snelheid tijdens de testrit betrof 110 km/u en de gemiddelde snelheid tijdens de controlerit betrof 112 km/u.

Voor de analyse van de tijd doorgebracht op de verschillende rijstroken werd een multivariate variantie analyse uitgevoerd (MANOVA). Multivariaat verwijst, in tegenstelling tot een univariaat model, naar het feit dat de data van meerdere afhankelijke variabelen terzelfdertijd gemodelleerd wordt. De bedoeling hiervan is om de onderlinge relatie tussen deze afhankelijke variabelen mee op te nemen. Aangezien onze metingen (de 3 verschilscores) afhankelijk zijn van elkaar (meer tijd doorbrengen op één rijstrook resulteert automatisch in minder tijd doorbrengen op de andere rijstroken) is dit de aangewezen methode.

In de analyse werd getest of de waarde van de 3 verschilscores significant verschilt ten opzichte van 0. Dit komt neer op het testen of er een significant verschil is tussen beide condities (test en controle) voor elk van de 3 rijstroken. We zien dat proefpersonen evenveel tijd doorbrachten op de rechter rijstrook tijdens beide ritten. We observeren echter een marginaal significant verschil in tijd die doorgebracht werd op de middelste en linker rijstrook tijdens de 2 ritten. Meer bepaald bracht men tijdens de testrit meer tijd door op de middelste rijstrook en minder tijd op de linker rijstrook door in vergelijking met de controlerit. De tijd doorgebracht op de 3 rijstroken wordt weergegeven in Figuur 8.

Figuur 8. Tijd doorgebracht op de 3 rijstroken tijdens de testrit en de controlerit (in seconden).



Foutmarges geven de 95% betrouwbaarheidsintervallen weer.

Het aantal veranderingen van rijstrook per minuut werd vergeleken tussen de testrit en de controlerit. De keuze van de toetsstatistiek is afhankelijk van het feit of de gepaarde verschillen normaal verdeeld zijn of niet. Op basis van een Shapiro-Wilk test bleek dat de gepaarde verschillen normaal verdeeld waren ($W(27) = 0.98$, $p = 0.90$). Bijgevolg werd een paired samples t-test gebruikt om te kijken of er een significant verschil was tussen beide condities. Er worden geen significante verschillen geobserveerd voor het aantal veranderingen van rijstroken tussen beide ritten. Gemiddeld genomen werd er 1.56 keer per minuut veranderd van rijstrook tijdens de testrit en 1.74 keer per minuut tijdens de controlerit.

Voor de analyse van de inhaalafstand ten slotte, werd een cumulatieve linkfunctie gebruikt. Dit is een specifieke vorm van een lineair gemengd model zoals hierboven beschreven bij de analyses van de oogbewegingsvariabelen. Het grote verschil met de hierboven beschreven modellen is dat de afhankelijke variabele in dit geval een categorische variabele is in plaats van een variabele gemeten op intervalniveau. De inhaalafstand wordt immers niet weergegeven in meters maar door middel van een categorie (bijv. categorie 1 = inhaalafstand ≤ 5 meter). De opgenomen variabelen zijn identiek aan de hierboven beschreven modellen: de vaste variabele conditie en de 2 random variabelen die geassocieerd zijn met de proefpersoon. Voor deze analyse werd gebruik gemaakt van het R-pakket ordinal (Christensen, 2015).

De afstand tot de voorligger bij het inhalen blijkt niet te verschillen tussen de testrit en de controlerit. De meeste inhaalbewegingen die werden uitgevoerd hadden een afstand tot de voorligger van meer dan 20 meter. Er werden bijna geen inhaalbewegingen uitgevoerd waarbij de afstand tot de voorligger minder was of gelijk was aan 5 meter.

Een overzicht van alle rijvariabelen wordt weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2: Overzicht van de rijvariabelen tijdens de testrit en de controlerit.

Rijvariabelen			
	controle	handenvrij	toetsstatistiek
Snelheid	112.04 km/u	110.31 km/u	$V = -1.04$, $p = 0.30$
Tijd gespendeerd op de rijstroken (in seconden)			
rechter rijstrook	155.07	162.63	$t(26) = 0.42$, $p = 0.68$

middelste rijstrook	229.56	261.15	$t(26) = 1.80, p = 0.08$
linker rijstrook	93.17	73.33	$t(26) = -1.97, p = 0.06$
Aantal veranderingen van rijstrook per minuut	1.74	1.56	$t(26) = 1.20, p = 0.24$
Afstand tot de voorligger bij het inhalen (proportie per categorie)			$Z = 0.68, p = 0.50$
categorie 1: afstand ≤ 5 meter	0.02	0.00	
categorie 2: 5 < afstand ≤ 10 meter	0.09	0.05	
categorie 3: 10 < afstand ≤ 20 meter	0.32	0.38	
categorie 4: afstand > 20 meter	0.58	0.58	

4 DISCUSSIE

4.1 Overzicht van de bevindingen

De resultaten van deze studie tonen aan dat handenvrij bellen een duidelijke invloed heeft op het rijgedrag. Ten eerste blijkt dat tijdens het handenvrij bellen **minder gekeken** wordt naar **borden, andere voertuigen en de snelheidsmeter**. Anderzijds wordt er **meer gekeken** naar de weg (hoewel dit resultaat slechts marginaal significant is). Verder tonen de resultaten aan dat men **minder lang** kijkt naar de **linkerspiegel** en naar **andere voertuigen** (deze laatste bevinding is marginaal significant) tijdens de testrit in vergelijking met de controlerit.

De analyses van de saccadetijden en de densiteiten van de fixaties tonen aan dat het algemeen scanpatroon verschilt tussen de testrit en de controlerit. Tijdens de testrit blijken de saccades langer te duren dan tijdens de controlerit. Zoals eerder in deze tekst aangehaald, wijst dit erop dat proefpersonen een **groter deel van het visueel veld bekijken tijdens een handenvrij telefoongesprek**. Dit wordt verder bevestigd door de inspectie van de densiteitsgrafieken. Hieruit blijkt duidelijk dat proefpersonen tijdens het handenvrij gesprek een veel uitgebreider deel van hun visuele omgeving bekijken dan tijdens de controlerit.

Men zou kunnen opperen dat dit de verkeersveiligheid ten goede zou moeten komen, aangezien bestuurders blijkbaar een groter deel van de visuele omgeving bekijken. Maar dit fixatiepatroon impliceert niet noodzakelijk een betere verwerking van de gegevens. Dit hangt samen met het verschil tussen "kijken" en "zien". Hoewel oogfixaties aangeven waar iemand naar kijkt, wil dat niet zeggen dat deze informatie ook bewust gezien is. Als we naar iets kijken terwijl we aan iets helemaal anders aan het denken zijn, is de kans groot dat we relevante informatie missen. Dit fenomeen wordt aangeduid als "inattentional blindness" (Mack & Rock, 1998) en doet zich vaak voor bij de zogeheten "looked-but-failed-to-see"-ongevallen (Herslund & Jorgensen, 2003), waarbij een bestuurder een bepaald gevaar niet waarneemt (Velichkovsky et al., 2002).

Samengevat: er wordt minder en minder lang gekeken naar verkeersrelevante informatie tijdens het handenvrij bellen dan tijdens de controlerit. In eerste instantie lijkt de bevinding dat men meer kijkt naar de weg tijdens de testrit (marginaal significant) niet in lijn te zijn met deze conclusie. Het lijkt immers plausibel dat een bestuurder op de weg fixeert om de positie van zijn voertuig op de weg te monitoren. Vanuit het perspectief van de verkeersveiligheid lijkt dit positief. Mogelijk gaat het hier om compensatiegedrag. Bestuurders weten dat ze aan het bellen zijn en dat ze hun eigen positie op de weg beter in de gaten moeten houden. Wij menen echter dat het "meer kijken naar de weg" in deze context anders moet geïnterpreteerd worden. We hebben immers ook gevonden dat bestuurders tijdens de testrit meer rond zich heen kijken dan tijdens de controlerit. Doordat men meer (maar waarschijnlijk ook meer ongericht) in het rond kijkt tijdens de testrit, is het plausibel aan te nemen dat de ogen vaker zullen rusten op het wegdek. Verdere analyses, waarbij de fixaties op de weg in detail bekeken worden - bijvoorbeeld worden vooral lijnmarkeringen gefixeerd of zien we een verspreid fixatiepatroon over het gehele wegdek - zijn aangewezen om hier uitspraken over te doen.

Wat we momenteel kunnen concluderen is dat oogfixaties meer verspreid zijn tijdens de testrit en dat er minder gefixeerd wordt op een aantal bronnen van verkeersrelevante informatie. Dit lijkt erop te wijzen dat er minder gericht of actief gekeken wordt naar het verkeer tijdens een handenvrij telefoongesprek.

Naast de verschillen in effecten op oogvariabelen zagen we ook een invloed van het handenvrij bellen op de rijvariabelen. We vonden een trend tot meer rijden op de middelste rijstrook en minder op de linker rijstrook tijdens het handenvrij bellen. Dit geeft aan dat men minder "actief" aan het verkeer deelneemt tijdens een handenvrij telefoongesprek. Men blijft immers rijden op dezelfde rijstrook en voegt niet terug in naar de meest rechtse rijstrook.

De resultaten van deze studie tonen aan dat er een duidelijke invloed is van handenvrij bellen op een aantal visuele variabelen en (in mindere mate) ook op rijvariabelen. Dit suggereert dat handenvrij bellen de aandacht van het verkeer afleidt. Om deze conclusie hard te maken is wel bijkomend onderzoek nodig. Volgens Lee, Young, en Regan (2008) is afleiding: *"a diversion of attention away from activities critical for safe driving (riding or walking) toward a competing activity."* In deze studie hebben we duidelijk aangetoond dat er een verandering is in kijkpatroon tijdens het handenvrij bellen. Het is echter niet duidelijk of er minder vaak op één en hetzelfde voertuig gefixeerd werd, of dat er andere voertuigen waren waarop in het geheel niet gefixeerd is. Verder weten we ook niet of deze voertuigen kritisch waren voor de verkeerssituatie. Enkel in het laatste geval, mogen we aannemen dat handenvrij bellen ten koste gaat van activiteiten die kritisch zijn voor veilig rijden. Een analoge overweging geldt voor fixaties op borden. Hier werd geen onderscheid gemaakt tussen borden die relevant zijn voor de verkeerssituatie en andere borden (bijv. reclameborden). Dus om met zekerheid te zeggen dat handenvrij bellen een bron van afleiding is, is een diepte-analyse nodig waarbij iedere element waarop gefixeerd is, afzonderlijk wordt beoordeeld naar verkeersrelevantie. In het kader van dit proefproject hebben we ons beperkt tot de indeling op basis van a priori categorieën, maar het zou interessant zijn voor vervolgonderzoek om diepgaandere analyses uit te voeren.

4.2 Vergelijking met resultaten van andere studies

In de huidige studie werd gebruik gemaakt van een experimentele onderzoeksopzet in een reële rijcontext. In tegenstelling tot simulatorstudies heeft dit het voordeel dat het rijgedrag in een natuurlijke omgeving bestudeerd kan worden. Verder hebben we dankzij recente technologische ontwikkelingen de oogbewegingen van proefpersonen kunnen registreren terwijl ze aan het rijden waren. Hoewel er een aantal studies zijn die informatie geven over de relatie tussen het uitvoeren van een auditieve tweede taak tijdens het rijden op de weg en visuele variabelen, hebben we geen studies gevonden die een volledig gelijkaardige onderzoeksopzet als de onze gebruikten.

Studies die conclusies genereren over de relatie tussen handenvrij bellen en visuele variabelen gebruiken vaak geen telefoongesprek op zich als "afleidende" taak maar een andere auditieve taak. Zo zijn een aantal studies uitgevoerd die de effecten van het discrimineren van tonen of het uitvoeren van een rekentaak, op het visueel gedrag in de auto nagaan (bijv. Tsai, 2007; Victor, 2005, Harbluk, 2007). De resultaten van deze onderzoeken tonen, in lijn met onze resultaten, aan dat er minder gefixeerd wordt op verkeersrelevante informatie tijdens het uitvoeren van een tweede taak. Echter, in tegenstelling tot onze bevindingen tonen ze allen aan dat er een vernauwing in het visuele veld optreedt wanneer een secundaire auditieve taak in de auto wordt aangeboden. Aangezien men een telefoonconversatie ook kan zien als een secundaire auditieve taak extrapoleert men deze resultaten vaak naar handenvrij bellen in de wagen. Op basis van bovenstaande bevindingen zouden we dus verwachten dat er tijdens een handenvrij gesprek ook een vernauwing van het visueel veld optreedt. In de huidige studie, vonden we echter evidentie voor het omgekeerde patroon: het bekeken visueel veld is breder tijdens de testrit in vergelijking met de controlerit.

Er zijn een aantal mogelijke verklaringen waarom we deze vernauwing in het visueel veld niet terugvinden in deze studie. Het is mogelijk dat het telefoongesprek niet belastend genoeg was voor de proefpersoon om een visueel tunneleffect te veroorzaken. De auditieve taken die in eerder onderzoek gebruikt werden (uitvoeren van rekenopgaven) zorgen mogelijks voor een veel grotere cognitieve belasting dan het voeren van een conversatie over de vakantie van de proefpersoon. In lijn hiermee, werd reeds gevonden dat de inhoud van het gesprek een invloed heeft op het tunneleffect. Briggs et al. (2011) rapporteerden in hun simulatorstudie een verschil in visueel scanpatroon afhankelijk van de emotionele inhoud van het gesprek.

Meer bepaald vertoonden mensen die angst hadden voor spinnen een visueel tunneleffect wanneer zij een gesprek voerden over spinnen terwijl niet-angstigen deze vernauwing niet toonden.

Ten tweede kan ook de verkeerscontext en de onderzoeksopzet een invloed hebben op onze resultaten. Het blijkt immers dat afhankelijk van de onderzoeksopzet (simulatoronderzoek of veldonderzoek) en de verkeerssituatie (landelijke wegen versus snelwegen) de effecten van een secundaire auditieve taak verschillen. De vernauwing in het visueel veld is groter gebleken voor gesimuleerde snelwegen dan voor echte snelwegen en ook groter voor landelijke wegen met veel bochten in vergelijking met snelwegen (Victor, 2005). Daarnaast blijkt ook de beschikbare visuele informatie een rol te spelen. Zo zal de interferentie van een tweede taak sterker zijn wanneer de proefpersoon zich in een visueel complexere rijomgeving bevindt (Lee et al., 2001).

De hierboven opgesomde mogelijkheden zouden kunnen verklaren waarom er geen verschil is in visueel scanpatroon tussen een handenvrije en een controlerit. Meer bepaald zou het kunnen dat het type gesprek (conversatie over hobby's, de vakantie, kinderen), de verkeerssituatie en de hiermee samenhangende visuele informatie (autosnelweg met milde verkeersdrukte) in onze studie een te lage cognitieve belasting veroorzaakte om een tunneleffect te observeren. De resultaten van de huidige studie tonen echter **een verbreding** van het scanpatroon aan tijdens de testrit ten opzichte van de controlerit. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat dit scanpatroon een compensatiestrategie weerspiegelt. Men is zich bewust van het afleidende karakter van het gesprek en van het feit dat de oogbewegingen geregistreerd worden en zal daardoor de volledige visuele omgeving proberen te bekijken. Maar dit wil niet zeggen dat daarom deze informatie "bewuster" is opgenomen. Verder onderzoek is aangewezen om hier een duidelijk antwoord op te geven.

Wat betreft de rijvariabelen vinden we geen verlaging in snelheid terug tijdens het handenvrij bellen in vergelijking met de controlerit. Dit is in lijn met eerder onderzoek en werd in vorige studies verklaard door een gebrek aan compensatiestrategieën (Ishigami & Klein, 2009). Men is zich namelijk niet bewust van het gevaar dat handenvrij bellen met zich meebrengt en zal daardoor zijn snelheid niet overeenkomstig aanpassen. Echter, het is ook mogelijk dat hier de verkeerssituatie een rol gespeeld heeft. Eerder vond men de verlaging in snelheid tijdens handenvrij bellen enkel terug op landelijke wegen met hoge snelheidslimieten en in complexe stadsomgevingen (Törnros & Bolling, 2005; 2006). Tijdens onze studie was het niet echt zinvol om de snelheid aan te passen aangezien er relatief weinig verkeer was.

4.3 Nood aan verder onderzoek

Deze studie werd opgezet als een eerste proefproject om de effecten van afleiding te onderzoeken in een reële rijcontext door middel van oogbewegingsregistratie. In deze studie werd enkel een vergelijking gemaakt tussen handenvrij bellen en niet telefoneren. Proefpersonen kregen tijdens de controlerit immers geen telefoongesprek aangeboden. We hebben dus geen directe vergelijking gemaakt tussen handenvrij en handheld bellen. Het zou natuurlijk interessant zijn om ook uitspraken te kunnen doen over de verschillen tussen handenvrij en handheld bellen. Aangezien handheld bellen bij wet verboden is, zou voor zo een studie wel een (gecontroleerde en beperkte) afwijking van de wet moeten toegestaan worden en wellicht ook een specifieke ethische toestemming moeten verkregen worden. Het BIVV neemt zich voor om na te gaan of zo iets eenmalig mogelijk zou kunnen gemaakt worden.

In de literatuur vinden we ook verschillende studies terug over het verschil tussen handenvrij bellen en een conversatie met een medepassagier. Aangezien er tijdens het handenvrij bellen geen handeling met een toestel vereist is, is het verschil met een conversatie met een passagier op het eerste zicht niet groot. Maar volgens sommige onderzoekers is het grote verschil tussen handenvrij bellen en een conversatie met een passagier dat een passagier zich effectief in de wagen bevindt. Hierdoor zal deze passagier het verkeer meevolgen en op kritische momenten het gesprek hieraan aanpassen. Dit kan op een expliciete manier door de bestuurder effectief op gevaren te wijzen of eerder impliciet door bijvoorbeeld even te pauzeren of langzamer te praten wanneer een drukke verkeerssituatie benaderd wordt (Drews et al., 2008). Studies die de verschillen tussen handenvrij bellen en praten met een passagier in kaart brengen, zijn niet eenduidig. Sommige studies vonden bijvoorbeeld dat er een gelijkaardige verlaging was in detectietijden (Consiglio et al., 2003; Horrey & Wickens, 2006) en geen verschil in het aantal gemiste objecten in het perifere gezichtsveld (Horrey & Wickens, 2006). Anderen toonden daarentegen aan dat beide vormen van

gesprekken wel een verschillende invloed uitoefenden op de rijtaak. Zo blijken reactietijden langer te zijn bij telefonerende bestuurders dan bij bestuurders die een gesprek voeren met een passagier (Hunton & Rose, 2005). Interessant voor vervolgonderzoek zou dus zijn om deze verschillende vormen van conversatie (handheld bellen (mits ethische goedkeuring), handenvrij bellen en converseren met een passagier) en eventueel ook andere bronnen van cognitieve afleiding (zoals bijvoorbeeld het luisteren naar de radio) rechtstreeks met elkaar te vergelijken.

Het lijkt ook zinvol om vervolgonderzoek te doen naar specifieke effecten van de aard van het telefoongesprek. Zoals eerder in deze tekst aangegeven blijkt de inhoud van het gesprek een rol te spelen op het visueel scanpatroon tijdens het rijden. Een emotioneel aangrijpender gesprek kan leiden tot een sterkere vernauwing van het visueel veld (Briggs et al., 2011). Naast deze visuele effecten werden ook verschillende effecten op rijvariabelen gevonden afhankelijk van de inhoud van het gesprek (Wester, et al., 2007, maar zie ook, Strayer & Johnston, 2001). Hieraan gerelateerd, blijkt dat de effecten van afleiding zich niet beperken tot het telefoongesprek zelf. Tot 5 minuten nadat de conversatie afgelopen was, werd er een invloed gerapporteerd van het telefoongesprek (Redelmeier & Tibshirani, 1997). Iemand die net een telefoongesprek heeft afgerond, kan nog een tijdje verder nadenken over dit gesprek waardoor de aandacht nog steeds afgeleid blijft van de rijtaak. We kunnen ervan uitgaan dat afhankelijk van de inhoud van het gesprek dit na-effect een andere rol zal spelen.

Het zou ook interessant zijn om de kenmerken van de rijomgeving te variëren om te kijken in welke mate de effecten hiervan afhankelijk zijn. Deze studie werd uitgevoerd op een autosnelweg onder een milde verkeersdrukte. Interessant zou zijn om te kijken hoe de effecten variëren afhankelijk van een andere context, zoals bijvoorbeeld een stadscontext, en een grotere verkeersdrukte.

Tot slot leent de huidige onderzoeksmethode zich uitstekend om recente technologische ontwikkelingen in de auto-industrie op aandacht te onderzoeken. Het aantal situaties waarin de auto de functies als bestuurder overneemt (of kan overnemen) wordt steeds groter. Nu reeds beschikken steeds meer modellen over systemen voor automatisch parkeren en adaptieve cruise controle, de verwachting is dat de automatisering de komende jaren verder zal toenemen. We kunnen er vanuit gaan dat er minder aandacht zal zijn voor het verkeer wanneer we er een minder actieve rol in spelen. Door de automatisatie ontstaan twee verschillende situaties. Enerzijds heb je de situatie waarbij van de bestuurder verwacht wordt dat hij voortdurend zijn aandacht bij het verkeer houdt om nog een gedeelte van de rijtaak uit te voeren. Anderzijds ontstaan situaties waar de bestuurder zijn aandacht aan een andere taak kan en mag schenken. Volgens sommigen zal de wagen zelfs als een "werkplek" kunnen fungeren. In de eerste situatie is voortdurend aandachtig zijn belangrijk. In de tweede situatie zal de tijd die de bestuurder nodig heeft om te wisselen tussen een andere taak en de rijtaak (en het correct inschatten van de verkeersituatie die hij niet voortdurend heeft opgevolgd) belangrijk zijn. De huidige onderzoeksmethode is uitermate geschikt om de effecten van deze twee situaties op aandacht te onderzoeken. Deze bevindingen zijn waardevol voor de vraag die in het debat rond de autonoom rijdende wagen ontstaat, namelijk: in welke situaties kan/moet een bestuurder nog controle krijgen over de auto en kan dit dan nog op een efficiënte manier gebeuren?

5 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

De resultaten van deze studie tonen duidelijk aan dat handenvrij bellen leidt tot een verandering in het gedrag tijdens het rijden. Er wordt minder gefixeerd op verkeersrelevante informatie zoals de borden, andere voertuigen en de snelheidsmeter tijdens de testrit in vergelijking met de controlerit; er wordt ook minder lang gefixeerd op de linkerspiegel tijdens het handenvrij bellen. Ook wordt er een groter deel van het visueel veld bekeken tijdens de testrit. Deze bevindingen samen suggereren dat proefpersonen meer maar ook meer ongericht in het rond kijken tijdens een handenvrij telefoongesprek. We vonden geen verschil in snelheid, inhaalafstand of aantal veranderingen van rijstrook tussen beide ritten maar wel een trend tot meer rijden op de middelste rijstrook en minder rijden op de linker rijstrook tijdens een handenvrij telefoongesprek.

In deze studie leidde handenvrij bellen tot een minder relevant kijkgedrag. Dit leidde echter niet onmiddellijk tot risicosituaties o.a. omdat we met opzet hadden gekozen voor een relatief "veilige" situatie. Op een autosnelweg met milde verkeersdrukte zijn er minder situaties waarin zich conflicten kunnen voordoen. Iedereen rijdt in dezelfde richting, er zijn geen (of weinig) onverwachte gebeurtenissen

in het perifere gezichtsveld die een belangrijke impact kunnen hebben, er moeten geen manoeuvres genomen worden, … kortom verkeerstechnisch gezien een redelijk eenvoudige situatie. We kunnen dan ook veronderstellen dat diezelfde fouten in het kijkgedrag binnen een bebouwde kom of op secundaire wegen een groter risico kunnen opleveren.

Toch zouden deze bevindingen bestuurders bewust moeten maken dat ook handenvrij bellen een zeker risico met zich mee kan brengen. Over de gevaren van handheld bellen zijn de meeste mensen het ondertussen wel eens. Uit een recente attitudemeting van het BIVV blijkt dat 91% van de respondenten handheld bellen in de wagen afkeurt (Meesmann & Schoeters, 2016). Mensen die toch nog handheld bellen, gebruiken vaak compensatiestrategieën. Ze zullen bijvoorbeeld minder lang telefoneren of het gesprek uitstellen tot ze zich op een rustiger traject bevinden (bijv. Dragutinovic & Divera, 2006). Doordat handenvrij bellen achter het stuur toegestaan is, zou de indruk kunnen ontstaan dat handenvrij bellen volkomen veilig is. Uit een Europese atttitudemeting (Trigoso et al., 2016) blijkt inderdaad dat het effect dat handenvrij bellen heeft op de aandacht in het verkeer veel lager wordt ingeschat in vergelijking met handheld bellen. Hoewel fysieke en visuele vormen van afleiding tot een minimum herleid worden tijdens handenvrij bellen, geldt dit niet voor de cognitieve afleiding: het verdelen van de aandacht tussen het gesprek en de rijsituatie. Door deze misconceptie van het veiligheidsrisico zou handenvrij bellen zelfs tot gevaarlijkere rijsituaties kunnen leiden dan handheld bellen. Tijdens het handheld bellen is men zich bewust van het gevaar en kan men hierop inspelen door bijvoorbeeld minder lang te bellen of het gesprek uit te stellen.

Huth en Brusque (2014) spreken over 3 soorten van compensatiestrategieën waardoor het potentiële risico kan verminderen:

- Strategieën die de blootstelling aan het gebruik van de telefoon regelen, gaande van volledige weigering om de telefoon te gebruiken tot het selectief reageren op oproepen, en het "chunken" van een oproep.
- Strategieën waarbij het telefoongebruik beperkt wordt tot situaties waarin de rijtaak of het telefoongebruik minder veeleisend is. Hierbij kan men ervoor kiezen om enkel te telefoneren in zeer eenvoudige verkeerssituaties (stilstaan in een file of voor het rode licht, enkel op snelwegen en niet in de bebouwde kom), of wanneer het voertuig technische ondersteuning aanbiedt (cruise control), en enkel als ook het telefoongebruik zonder al te veel manipulatie kan gebeuren (handsfree, voice-control)
- Strategieën die vooral ingrijpen op het tactische handelen in het verkeer. Men gaat meer afstand houden van de voorligger, niet meer inhalen, ….

De strategieën op tactisch niveau zijn echter niet altijd doelbewust, maar vormen zich eerder op een onbewust niveau door de spontane kalibratie die zich als continue proces ontwikkelt. Zo zien we inderdaad vaak dat mensen die handsheld bellen of sms-en vertragen, zonder dat ze dit zelf beseffen. Deze typische verlaging in snelheid vinden we niet terug tijdens het handenvrij bellen (Ishigami & Klein, 2009). Eerder onderzoek, en ook de resultaten van deze studie, tonen aan dat men tijdens een handenvrij gesprek even snel blijft rijden als tijdens een controlerit. Hier moeten we wel opmerken dat de rijsituatie in deze studie (autosnelweg met milde verkeersdrukte) waarschijnlijk minder sensitief is om variaties in snelheid te detecteren.

Moeten we dan streven naar een algeheel verbod van het handsfree telefoneren? Het is moeilijk om zo een verbod op te leggen omdat het bijna onmogelijk is om te controleren of iemand handenvrij aan het bellen is. Dit zou handhaving uiterst moeilijk maken. Het BIVV is dan ook geen voorstander van een totaalverbod van telefoneren achter het stuur. Wel vindt het BIVV dat gebruikers voldoende gewaarschuwd moeten worden voor het mogelijke risico en is er nood aan sensibilisering voor het principe "auto in = GSM uit". Tot slot formuleren we in de onderstaande tabel een aantal tips ten aanzien van het gebruik van de GSM in de wagen.

Tabel 3: Tips met betrekking tot handenvrij bellen in de wagen.

1) Hanteer bij voorkeur het principe "auto in = GSM uit". Onderschat op geen enkele wijze de mogelijke risico's.
    a. De meest eenvoudige oplossing is het uitzetten van de GSM of smart phone bij het instappen in de wagen.
    b. Nieuwe technologieën kunnen hierbij helpen. Zo zijn er bijvoorbeeld heel wat apps die helpen om de telefoon in de auto te negeren. Een voorbeeld hiervan zijn apps die de GSM in stille modus zetten tijdens het rijden, of die de telefoon uitschakelen wanneer een bepaalde snelheidslimiet bereikt wordt
    c. Verder bestaan er ook automatische antwoordapps die een bericht versturen naar de beller met als boodschap dat de bestuurder aan het rijden is en de telefoon niet kan aannemen.
2) Indien je er toch voor kiest om bereikbaar te blijven, kan je een aantal principes toepassen:
    a. Je wordt zelf opgebeld…
        i. Verbind specifieke signalen/beltonen aan oproepen die echt belangrijk zijn om toch tijdens het rijden het beantwoorden. Zo selecteer je al heel wat oproepen die je ook achteraf kan beantwoorden.
        ii. Neem enkel op als de verkeerssituatie op dat moment relatief eenvoudig is.
        iii. Neem je toch op, zeg dan onmiddellijk dat je aan het rijden bent en dat je plots kan wegvallen doordat het verkeer je aandacht opeist.
        iv. Vraag om het gesprek kort te houden.
        v. Indien het toch een moeilijker of emotioneler gesprek wordt, zeg dat je onmiddellijk zal terugbellen en zoek een parkeerplaats om dat te doen.
    b. Je moet zelf iemand opbellen …
        i. Best zoek je een parkeerplaats waar je dit kan doen zonder enig gevaar.
        ii. Hou enkel korte, zakelijke, mededelende gesprekken als je toch tijdens het rijden belt.
        iii. Gebruik bij voorkeur voice-control-technology bij het oproepen van een gesprek; zo word je minder visueel afgeleid.
        iv. Touchscreens geven meer risico dan echte toetsen omdat er meer visuele aandacht wordt gevraagd (Crandall & Chaparro, 2012). Als je weet dat je iemand zal bellen, toets dan van te voren het nummer al in.

LIJST VAN TABELLEN EN FIGUREN

Figuur A. Het aantal fixaties per km op de relevante gebieden waar een betrouwbaar verschil tussen de testrit en de controlerit werd geobserveerd.

Figuur B. Gemiddelde fixatieduur op de relevante gebieden waar een betrouwbaar verschil tussen de test en de controlerit werd geobserveerd.

Figuur C. Densiteitsgrafieken tijdens de controlerit en de testrit voor 4 proefpersoon ter illustratie.

Figure A. The number of fixations per km on the areas of interest for which a reliable difference between the testride and the controlride was observed.

Figure B. Mean fixationduration for the areas of interest where a reliable difference between the test and the controlride was observed.

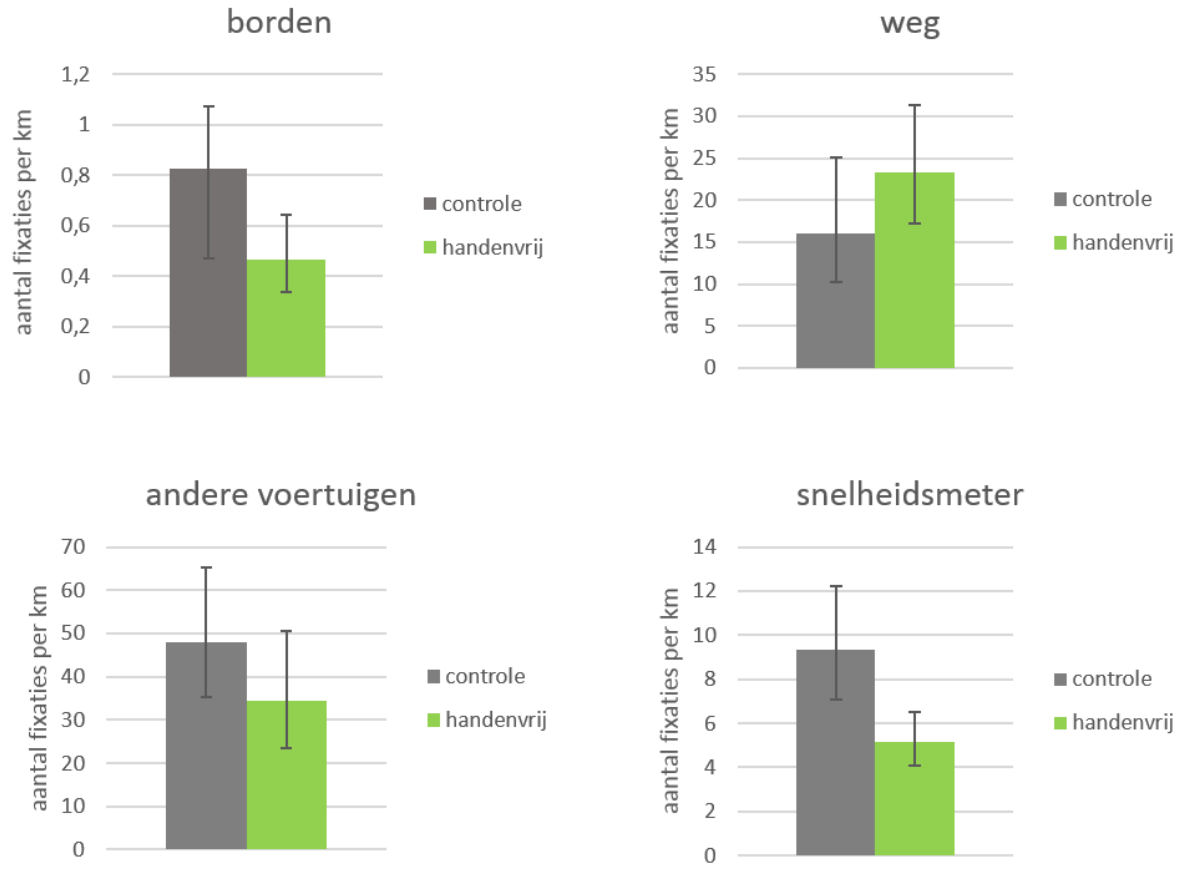
Figure C. Density plots during the testride and the controlride for 4 participants.

Figuur 1. Ervaring met handenvrij bellen (a) en ervaring met de gereden route (b) voor de volledige steekproef.

Figuur 2. Afbeelding van de eye-trackingbril (Eye-Tracking Glasses 2.0).

Figuur 3. Weergave van de 7 relevante gebieden waarnaar oogbewegingen geregistreerd werden.

Figuur 4. Het aantal fixaties per km op de relevante gebieden waar een (marginaal) significant verschil tussen de testrit en de controlerit wordt geobserveerd.



Figuur 5. Gemiddelde fixatieduur in milliseconden op de relevante gebieden waar een (marginaal) significant verschil tussen de testrit en de controlerit wordt geobserveerd.

Figuur 6. Gemiddelde saccadetijd tijdens de testrit en de controlerit.

Figuur 7. Densiteitsgrafieken tijdens de controlerit en de testrit voor 4 proefpersoon ter illustratie.

Figuur 8. Tijd doorgebracht op de 3 rijstroken tijdens de testrit en de controlerit (in seconden).

Tabel 1: Aantal fixaties per kilometer en de gemiddelde fixatieduur in ms op alle relevante gebieden.

Tabel 2: Overzicht van de rijvariabelen tijdens de testrit en de controlerit.
Tabel 3: Tips met betrekking tot handenvrij bellen in de wagen.

REFERENTIES

Baloh, R.W., Sills, A.W., Kumley, W.E., & Honrubia, V. (1975). Quantitative measurement of saccade amplitude, duration, and velocity. *Neurology, 25*, 1065-1070.

Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software, 67*, 1-48.

Briggs, G.F., Hole, G.J., & Land, M.F. (2011). Emotionally involving telephone conversations lead to driver error and visual tunneling. *Transportation Research Part F, 14*, 313–323.

Caird, J.K., Willness, C.R., Steel, P., & Scialfa, C. (2008). A meta-analysis of the effects of cell phones on driver performance. *Accident Analysis and Prevention, 40*, 1282–1293.

Christensen, R.H.B. (2015). ordinal - Regression Models for Ordinal Data. R package version 2015.6-28.

Consiglio, W., Driscoll, P., Witte, M., & Berg, W.P. (2003). Effect of cellular telephone conversations and other potential interference on reaction time in a braking response. *Accident Analysis and Prevention, 325*, 495–500.

Crandall, J. M., & Chaparro, A. (2012). Driver Distraction: Effects of text entry methods on driving performance. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society HFES 56th Annual Meeting, 22-26 October 2012, Boston*, 1693-1697.

Crossland, M.D., Sims, M., Galbraith, R.F., & Rubin, G.S. (2004). Evaluation of a new quantitative technique to assess the number and extent of preferred retinal loci in macular disease. *Vision Research, 44*, 1537-1546.

Dingus, T. A., Guo, F., Lee, S., Antin, J.F., Perez, M., Buchanan-King, M., & Hankey, J. (2016). Driver crash risk factors and prevalence evaluation using naturalistic driving data. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 113*, 2636-2641.

Dragutinovic, N. & Divera, T. (2006). Use of mobile phones while driving – effects on road safety. A literature review. SWOV, Leidschendam.

Drews, F.A., Pasupathi, M., Strayer, D.L. (2008). Passenger and cell-phone conversations in simulated driving. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 14*, 392-400.

Duchowski, A.T. (2007). Eye Tracking Methodology: Theory and Practice. London, UK: Springer.

Duong, T., & Hazelton, M.L. (2005). Cross-validation bandwidth matrices for multivariate kernel density estimation. *Scandinavian Journal of Statistics, 32*, 485-506.

Duong (2017). ks: Kernel Smoothing. R package version 1.10.5.

Harbluk, J.L., Noy, Y.I., Trbovich, P.L., & Eizenman, M. (2007). An on-road assessment of cognitive distraction: impacts on drivers' visual behavior and braking performance. *Accident Analysis and Prevention, 39*, 372-379.

Herslund, M.B., & Jorgensen, N.O. (2003). Looked-but-failed-to-see-errors in traffic. *Accident Analysis and Prevention, 35*, 885-891.

Horrey, W.J., & Wickens, C.D. (2006). The impact of cell phone conversations on driving using meta-analytic techniques. *Human Factors, 48*, 196–205.

Hunton, J., & Rose, J.M. (2005). Cellular Telephones and Driving Performance: The Effects of Attentional Demands on Motor Vehicle Crash Risk. *Risk Analysis, 25*, 855-866.

Huth, V., & Brusque, C. (2014). Drivers' adaptation to mobile phone use: interaction strategies, consequences on driving behaviour and potential impact on road safety'. In Stevens, A., Brusqye, C., & Krems, J. (Eds.), *Driver adaptation to information and assistance systems*. (pp. 173-196). Institution of engineering and technology, London, United Kingdom.

Ingham, J. G. (1970). Individual differences in signal detection. *Acta Psychologica, 34*, 39-50.

Ishigami, Y., & Klein, R.M. (2009). Is a hands-free phone safer than a handheld phone? *Journal of Safety Research, 40*, 157-164.

Land, M.F. (2006). Eye movements and the control of actions in everyday life. *Progress in Retinal and Eye Research, 25*, 296–324.

Lee, J. D., Vaven, B., Haake, S., & Brown, T. L. (2001). Speech-based interaction with in-vehicle computers: The effects of speech-based e-mail on drivers' attention to the roadway. *Human Factors, 43,* 631–640.

Lee, J. D., Young, K. L., & Regan, M. A. (2008). Defining driver distraction. In Regan, M.A., Lee, J.D., & Young, K.L. (Eds.), *Driver distraction: Theory, effects, and mitigation.* (pp. 31-40). Boca Raton, Florida: CRC Press, Taylor & Francis Group.

Mack, A., & Rock, I. (1998). Inattentional blindness. Cambridge: MIT Press.

Maples, W.C., DeRosier, W., Hoenes, R., Bendure, R., & Moore, S. (2008). The effects of cell phone use on peripheral vision. *Optometry, 79,* 36-42.

McEvoy, S.P., Stevenson, M.R., McCartt, A.T., Woodward, M., Haworth, C., Palamara, P., & Cercarelli, R. (2005). Role of Mobile Phones in Motor Vehicle Crashes Resulting in Hospital Attendance: A Case-Crossover Study. British Medical Journal, 331, 428-433.

Meesmann, U. & Schoeters, A. (2016). Hoe kijken autobestuurders naar verkeersveiligheid? Resultaten van de vijfde nationale attitudemeting over verkeersveiligheid van het BIVV (2015). Brussel, België: Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid – Kenniscentrum Verkeersveiligheid.

Posner, M.I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 32*, 3–25.

R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R *Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

Recarte, M.A., & Nunes, L.M. (2000). Effects of verbal and spatial imagery tasks on eye fixations while driving. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 6*, 31–43.

Redelmeier, D.A., & Tibshirani, R.J. (1997). Association between cellular telephone calls and motor vehicle collisions. *The New England Journal of Medicine, 336*, 453–458.

Salvucci, D.D., & Goldberg, J.H. (2000). Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols. *Proceedings of the 2000 Symposium on Eye Tracking Research and Applications,* 71-78.

Slootmans, F. (2015). Themadossier verkeersveiligheid. Afleiding in het verkeer. Brussel, België: Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid – Kenniscentrum Verkeersveiligheid.

Steinman, R.M. (1965). Effect of target size, luminance, and color on monocular fixation. *Journal of the Optical Society of America, 55*, 1158-1165.

Strayer, D. L., & Johnston, W. A. (2001). Driven to distraction: Dual-task studies of simulated driving and conversing on a cellular phone. *Psychological Science, 12,* 462–466.

SWOV (2016). Mobiel telefoongebruik door bestuurders. SWOV-Factsheet, juli 2016. SWOV, Den Haag

Törnros, J. E. B., & Bolling, A. K. (2005). Mobile phone use--Effects of handheld and handsfree phones on driving performance. *Accident Analysis and Prevention, 37,* 902-909.

Törnros, J. E. B., & Bolling, A. (2006). Mobile phone use--Effects of conversation on mental workload and driving speed in rural and urban environments. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 9,* 298-306.

Trigoso J., Areal A., & Pires C. (2016). Distraction and fatigue. ESRA thematic report no. 3. ESRA project (European Survey of Road users' safety Attitudes). Lisbon, Portugal: Prevenção Rodoviária Portuguesa.

Tsai, Y.F., Viirre, E., Strychacz, C., Chase, B., & Jung, T.P. (2007). Task performance and eye activity: Predicting behavior relating to cognitive workload. *Aviation Space and Environmental Medicine, 78*, B176-185.

Velichkovsky, B. M., Dornhoefer, S. M., Kopf, M., Helmert, J., & Joos, M. (2002). Change detection and occlusion modes in road-traffic scenarios. *Transportation Research Part F, 5,* 99–109.

Victor, T.W., Harbluk, J.L., Engstrom, J.A. (2005). Sensitivity of eye-movement measures to in-vehicle task difficulty. *Transportation Research Part F, 8*, 167–190.

Wester, A. E., Böcker, K. B. E., Volkerts, E. R., Verster, J. C., & Kenemans, J. L. (2007). Event-related potentials and secondary task performance during simulated driving. *Accident Analysis and Prevention, 40*, 1–7.

Wilson, E.B. (1927). Probable inference, the law of succession, and statistical inference. *Journal of the American Statistical Association, 22*, 209–212.

Young, R. A. (2012). Cell Phone Use and Crash Risk: Evidence for Positive Bias. *Epidemiology, 23*(1), 116-118.



Belgisch Instituut Voor de Verkeersveiligheid
Haachtsesteenweg 1405
1130 Brussel
info@bivv.be

Tel.: 02 244 15 11
Fax: 02 216 43 42