



rijksuniversiteit
groningen

Laterale verplaatsing van jongere en oudere
fietsers tijdens het ingehaald worden

**Lateral movement of younger and older cyclists
whilst being overtaken**

Masterthese Klinische Neuropsychologie

Vera Blok

s2746905

Januari 2022

Afdeling Psychologie

Rijksuniversiteit Groningen

Supervisor / Examinator: Frank Westerhuis

Tweede beoordelaar: Dick de Waard

Samenvatting

Op basis van de literatuur wordt gesuggereerd dat ingehaalde fietsers zich lateraal verplaatsen. Verder wordt aangegeven dat ouderen cognitief en fysiek achteruitgaan en ingehaald worden op de fiets als een gevaarlijke situatie ervaren. Het doel van het onderzoek is om vast te stellen of fietsers tijdens het ingehaald worden zich lateraal verplaatsen en of de verplaatsingsgrootte van ouderen verschilt van jongeren. Het fietsgedrag van 34 oudere fietsers van 60 jaar en ouder (16 vrouwen en 18 mannen) en 41 jongere fietsers tussen de 18 en 25 jaar (22 vrouwen en 19 mannen) is geobserveerd door middel van een op de fiets gemonteerde camera. Wanneer een participant werd ingehaald en kort ervoor of erna, werd de laterale afstand van het voorwiel van de fiets tot de rand van de weg gemeten. De laterale verplaatsing werd per wegbreedte, smal of breed, geanalyseerd. Zowel op smalle als brede weglocaties verplaatsen jongere en oudere fietsers zich gemiddeld naar de rand van de weg tijdens het ingehaald worden. De verplaatsing van ouderen is statistisch significant terwijl het bij jongeren niet statistisch significant is. Een exploratieve vergelijking tussen de twee groepen laat geen significant verschil in laterale verplaatsingsgrootte zien. De huidige resultaten ondersteunen de theorie dat er een laterale verplaatsing naar de rand van de weg is tijdens het ingehaald worden, al kan dit alleen met zekerheid gezegd worden voor oudere fietsers. Verder helpen de resultaten ons beter te begrijpen dat de laterale verplaatsing waarschijnlijk niet resulteert in een verhoogd risico op enkelvoudige fietsongevallen.

Abstract

The literature suggests that an overtaken cyclist moves laterally. Furthermore, it suggests that the elderly deteriorate cognitively plus physically and experience being overtaken on the bicycle as a dangerous situation. The aim of the current study was to determine if cyclists move laterally while being overtaken and if the size of displacement differs between younger and older cyclists. The cycling behaviour of 34 older cyclists of 60 years and older (16 women and 18 men) and 41 younger cyclists between 18 and 25 years old (22 women and 19 men) was observed via a camera mounted on their own bicycles. When a participant was overtaken and shortly before or after, the lateral distance between the front wheel of the bicycle until the edge of the road was measured. The lateral displacement was analysed for narrow and wide roads. On average, younger and older cyclists move towards the edge of the road while being overtaken, though younger cyclists not significantly, on both the narrow and wide roads. An explorative comparison between the two groups, however, shows no significant difference in the size of the lateral displacement. The current results support the notion that, while being overtaken, a lateral movement towards the edge of the road occurs. This is only certain though for older cyclist. Furthermore, the results help us to better understand that the lateral displacement probably does not result in a greater risk at single-sided bicycle accident.

Introductie

Fietsen is een veelgebruikte manier van vervoer in Nederland. Dit is goed voor het milieu omdat er minder gebruik wordt gemaakt van auto's, met als gevolg verminderde luchtvervuiling en verkeersopstoppingen (USDOT, 2010). Bovendien heeft het een positieve invloed op de gezondheid (Oja et al., 2011). Toch zijn er ook risico's verbonden aan fietsen, namelijk de kans op een ongeval (Schepers & Van Schagen, 2020).

In Nederland zijn er steeds meer oudere fietsers van 60 jaar of ouder op de weg vanwege de vergrijzing en het langer doorfietsen op latere leeftijd (Wegman, Zhang & Dijkstra, 2012). Een groter aantal fietsende ouderen is een positieve ontwikkeling omdat fietsen de mobiliteit, gezondheid en kwaliteit van het leven verbetert (Törnvall, Marcusson, & Wressle, 2016; Fagerström & Borglin 2010; Oja et al., 2011). Hoewel fietsen bijdraagt aan 'healthy ageing', is er ook een keerzijde. Ouderen hebben namelijk een verhoogde kans op een fietsongeval (Martínez-Ruiz et al., 2014). Ook is het letsel na een ongeval vaak ernstiger en duurt het herstel langer ten opzichte van mensen van middelbare leeftijd (Schepers et al., 2020). Zo blijkt uit onderzoek dat bijna driekwart van de fietsdoden in Nederland ouderen betreft (Schepers & Van Schagen, 2020).

Door het verouderingsproces gaan de cognitieve en fysieke aspecten achteruit. Het ouder worden gaat gepaard met een afname van witte en grijze materie in de hersenen (Abe et al., 2010). De materieafname heeft een negatieve invloed op de cognitie, dit kan tot uiting komen in een vermindering in aandacht, werkgeheugen en een lagere reactietijd (Abe et al., 2010; Engbers et al., 2018; OECD, 2001). Daarnaast is er een fysieke afname in spierkracht, botdichtheid, gehoor, verhoogde stijfheid en minder scherp visueel zicht (Engbers et al., 2018; OECD, 2001; Schepers & den Brinker, 2011). Deze cognitieve en fysieke veranderingen maakt ouderen kwetsbaar voor fietsongevallen.

Ouderen zijn vaker slachtoffer van enkelvoudige fietsongevallen dan jongere leeftijdsgroepen (Schepers et al., 2020b; Zeegers, 2010). Hierbij wordt een enkelvoudig fietsongeval gedefinieerd als een ongeval waar geen andere verkeersgebruikers bij betrokken zijn (Engbers et al., 2018). Ondanks de definitie van enkelvoudig fietsongeval blijkt uit onderzoek dat voorafgaand aan het enkelvoudig fietsongeval ook andere weggebruikers betrokken kunnen zijn (Davidse et al., 2014; Davidse et al., 2014b). Wat voorafgaand aan een enkelvoudig fietsongeval plaatsvindt dient onderzocht te worden om zo meer inzicht te krijgen in de oorzaken en door maatregelen het risico op ongevallen zo klein mogelijk te maken.

In onderzoeken is gerapporteerd dat oudere fietsers ingehaald worden door andere weggebruikers ervaren als een gevaarlijke situatie (Westerhuis & De Waard, 2016; Westerhuis et al., 2016). Inhalen kan gedefinieerd worden als het voorbijgaan van een fietser die in dezelfde richting fietst met lagere snelheid (Khan & Raksuntorn, 2001). In Westerhuis et al. (2016) is ingehaald worden door een andere weggebruiker zelfs gerapporteerd als het meest genoemde type gedrag dat oudere fietsers als moeilijk of gevaarlijk ervaren.

Inhaalmanoeuvres kunnen op macro- of microniveau onderzocht worden. De literatuur over het inhaalmanoeuvres op macroniveau is veelal gericht op de frequentie van inhalen bij fietsers zonder inachtneming van leeftijd (Hummer et al., 2006; Chen, Yue & Han, 2018). Er is een relatie tussen de inhaal- en passeerfrequentie en ervaren hinder van een fietser: des te hoger de inhaal- en passeerfrequentie, des te hoger de ervaren hinder van een fietser (Botma, 1995). Er wordt gesteld dat wanneer een fietser meer vrijheid heeft om te manoeuvreren de verkeerskwaliteit verbetert. Daarom is de ervaren hinder van een fietser een maatstaf voor de verkeerskwaliteit van fietspaden (Botma, 1995; Botma & Papendrecht, 1991; Hummer et al., 2006; Li et al., 2013; Kazemzadeh et al., 2020; Virkler & Balasubramanian, 1998). Daarnaast hebben Gavriilidou et al. (2019) gekeken naar factoren die invloed hebben op de beslissing om in te halen. Gevonden factoren waren onder andere het aantal fietsers, fietstype, één- of tweerichtings fietspaden en geslacht. Er wordt verder niet benoemd in welke mate en manier deze factoren invloed hebben op de beslissing.

Er is echter weinig bekend op microniveau over inhalen in het fietsverkeer (Van der Horst et al., 2014; Mohammed, Bigazzi & Sayed, 2019). De literatuur met betrekking tot inhalen is namelijk voornamelijk gericht op verkeerssituaties waarin een automobilist een fietser inhaalt (Rubie et al., 2020; Mehta, Mehran & Hellinga, 2015; Beck et al., 2019; Foletta et al., 2015; Apasnore, Ismail & Kassim, 2017). Factoren die een rol spelen bij een inhaalmanoeuvre kunnen onderverdeeld worden in weg- en verkeersfactoren, fietsfactoren en motorvoertuigfactoren. In het merendeel van de onderzoeken is de laterale afstand tussen een auto en fietser gemeten aangezien dit hoog correleert met risico op aanrijdingen (Rubie et al., 2020). Een bredere weg (Feng et al., 2018; Debnath et al., 2018), dicht bij de rand fietsen (Kay et al., 2014; Walker & Robinson, 2019) en kleinere motorvoertuigen (Evans et al., 2018; Stewart & McHale, 2014) zorgen ervoor dat automobilisten met een grotere laterale afstand inhalen. Echter, automobilisten en fietsers verschillen in fysieke en dynamische eigenschappen. Fietsers bewegen onder andere lateraal flexibeler en verplaatsen zich meer op lateraal vlak dan automobilisten (Twaddle, Schendzielorz & Fakler, 2014). Toch blijkt dat

onderzoekresultaten van het gedrag van automobilisten ook gedeeltelijk toepasbaar zijn op fietsers (Zhao & Zhang, 2017; Carrignon, 2009; COWI, 2012).

Desalniettemin zijn er enkele onderzoeken op microniveau die zich richten op het inhaalgedrag van fietsers (Khan & Raksuntorn, 2001; Botma & Papendrecht, 1991; Mohammed, Bigazzi & Sayed, 2019; Virkler & Balasubramanian, 1998). Bij deze studies varieert de gevonden gemiddelde snelheid tussen de 17.59 km/h en 21.42 km/h. Het snelheidsverschil van de inhalende en ingehaalde fietser varieert tussen 4.32 km/h en 9.38 km/h. De afstand die een inhalende fietser aflegt om in te halen varieert van 24 m tot 91 m en de laterale afstand tussen de fietsers van 0.75 m tot 1.78 m. Enkel Khan en Raksuntorn (2001) vermelden expliciet de gemiddelde snelheid van een inhalende fietser, bij de andere onderzoeken is onbekend of het van de inhalende of ingehaalde fietser is. Het bereik van de gemiddelde waarden is groot voor elke variabele, wat suggereert dat er veel variatie in fietsgedrag is. Verder zijn de laterale afstanden tussen fietsers relatief groot in verhouding tot de beschikbare ruimte, wat indiceert dat er ook veel laterale ruimte nodig is aan de linkerkant van de ingehaalde fietser voor een veilige inhaalmanoeuvre.

Botma en Papendrecht (1991) en Khan en Raksuntorn (2001) hebben gekeken naar de laterale afstand tussen de ingehaalde fietser en de rand van de weg, dit wordt gedefinieerd als laterale positie. Bij beide onderzoeken is een gemiddelde laterale positie van 0.83 m gevonden voorafgaand aan de inhaalmanoeuvre. Botma en Papendrecht (1991) benoemen dat de ingehaalde fietser in een rechte lijn fietst tijdens de inhaalmanoeuvre maar vermelden verder geen gemeten laterale posities. Daarentegen rapporteren Khan en Raksuntorn (2001) een gemiddelde laterale positie van 0.53 meter tijdens de inhaalmanoeuvre, waarbij de kleinst gemeten laterale positie zelfs 0.03 m is. Dit zou kunnen betekenen dat de fietser die wordt ingehaald zich tijdens de inhaalmanoeuvre naar de rand van de weg toe verplaatst. Een oncomfortabel gevoel of schrikreactie zou de ingehaalde fietser naar de rand van de weg toe kunnen laten sturen. Vervolgens zou dit kunnen leiden tot een enkelvoudig fietsongeval, zoals de berm in fietsen, botsen met een stoepwand of tegen een obstakel aanfietsen (Boele-Vos et al., 2017; Schepers & Den Brinker, 2011; Schepers et al., 2020b).

Het is mogelijk dat oudere fietsers door een verminderd gehoor, zicht, reactietijd en/of aandacht inhalende fietsers later waarnemen dan jongere fietsers. Hierdoor zou een schrikreactie kunnen optreden wanneer ouderen ingehaald worden. Ook reageren oudere fietsers mogelijk trager op inhalende fietsers vanwege de verminderde spierkracht, reactietijd, aandacht en/of verhoogde stijfheid. Hierdoor zouden ouderen een vertraagde corrigerende terugstuurbeweging kunnen maken tijdens het ingehaald worden. Om deze redenen zou de

laterale verplaatsing van oudere fietsers naar de rand van de weg toe groter kunnen zijn dan van jongere fietsers.

Het eerste doel van het onderzoek is vaststellen of een ingehaalde fietser lateraal verplaatst tijdens een inhaalmanoeuvre. Het tweede doel is onderzoeken of de laterale verplaatsingsgrootte verschillend is voor jongere en oudere fietsers. De eerste hypothese is dat zowel jongere als oudere fietsers lateraal verplaatsen naar de rand van de weg tijdens het ingehaald worden. De tweede hypothese is dat oudere fietsers een grotere laterale verplaatsing hebben dan jongere fietsers. De wegbreedte heeft ook invloed op de laterale positie van een fietser, op smallere fietspaden wordt namelijk dichterbij de rand gefietst dan op bredere fietspaden (Goede, Obdeijn & Van der Horst, 2013; Botma & Papendrecht, 1991). Om de mogelijke invloed van wegbreedte te beperken zal er rekening gehouden worden met de breedte van de weg in het onderzoek.

Methode

Semi-naturalistische onderzoeksmethode

In het huidige onderzoek zijn data van twee semi-naturalistisch fietsonderzoeken gebruikt die verzameld zijn in 2017 en 2018 aan de Rijksuniversiteit Groningen. In dit onderzoek hebben participanten een vooraf bepaalde route van vijf km gefietst in de stad Groningen. Voor de datacollectie werd een commerciële actiecamera met GPS gebruikt die gemonteerd werd op de eigen fiets van iedere participant. Het experimentele element van deze onderzoeken is dat participanten een vaste route fietsen en het naturalistische element is dat participanten in het alledaagse verkeer fietsen.

Participanten

In totaal hebben 75 participanten deelgenomen. Er is specifiek geworven op jongeren, die tussen de 18 en 25 jaar oud waren, en ouderen, die boven de 60 jaar oud waren. Het aantal vrouwen en mannen, gemiddelde leeftijd en totaal aantal participanten is per leeftijdsgroep weergegeven in tabel 1. Alle participanten konden zelfstandig fietsen, waarbij de fiets van de participant een conventionele fiets, elektrische fiets of racefiets was (zie tabel 1). De participanten waren geworven door middel van het informele netwerk van de onderzoekers en via flyers bij buurthuizen in de stad Groningen. Het onderzoek is goedgekeurd door de Ethische Commissie Psychologie (ECP) van de Rijksuniversiteit van Groningen.

Tabel 1

Kenmerken en type fiets van participanten

Leeftijdsgroep	Vrouw	Man	Totaal	Gemiddelde leeftijd	Conventionele fiets	E-bike	Racefiets
Jongeren	22	19	41	21.1 (SD: 1.6)	40	0	1
Ouderen	16	18	34	69.6 (SD: 5.0)	28	6	0

Materialen

De participanten gebruikten hun eigen fiets tijdens het onderzoek. Hierop werd een Contour+2® camera met ingebouwde GPS gemonteerd om het fietsgedrag op te nemen. De camera werd bij voorkeur gemonteerd aan de stang van het stuur omdat het camerabeeld zo een optimaal overzicht



Figuur 1a: Voorkeurslocatie camera. Figuur 1b. Andere locatie camera. Overgenomen uit Westerhuis en De Waard (2016).

van de verkeerssituatie gaf (Westerhuis & De Waard, 2016), zie figuur 1a.

Indien dit niet mogelijk was, doordat bijvoorbeeld andere fietsonderdelen of apparaten al op deze locatie gemonteerd waren, werd de camera

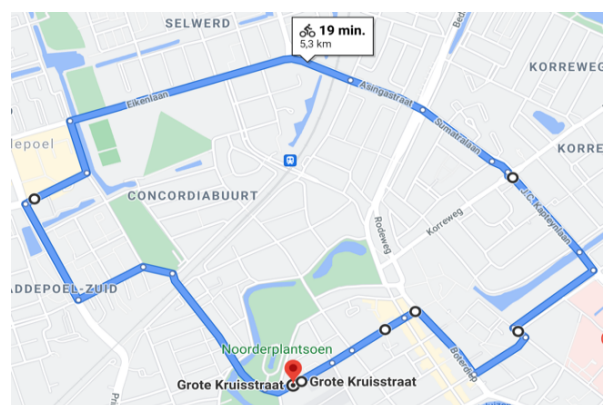
op een andere locatie dan het stuur gemonteerd zoals in figuur 1b te zien is. Bij het plaatsen van de camera werd ervoor gezorgd dat het voorwiel zichtbaar was op het videobeeld. De Contour+2® camera gaf vanwege een 170 graden lens een breed videobeeld maar ook vervorming van het perifere beeld. Om de vervorming te corrigeren en om de laterale positie te kunnen meten werd voorafgaand aan het fietsen een korte opname gemaakt van twee meetinstrumenten die op de grond lagen voor de fiets van de participant. Elk meetinstrument bestond uit 6 meetvakken van 25 cm die afwisselend rood en wit waren. Van beide meetinstrumenten werd één uiteinde gepositioneerd op het laterale middelpunt van de fiets. Vervolgens werd een screenshot van de korte opname gemaakt en werd alles behalve het meetinstrument en het voorwiel verwijderd door middel van een illustratieprogramma (Paint.NET), zie figuur 2 voor een voorbeeld. Daarna werd het bewerkte screenshot met een 50% transparantie over de bijbehorende video geplaatst in VLC Media Player®, waardoor het screenshot en de video tegelijkertijd zichtbaar waren. Het meetinstrument in de video gaf dan de afstand aan van de echte wereld (zie figuur 3). Ten slotte werd bij het meten van de laterale positie de digitale liniaal JRuler Pro voor Windows® gebruikt en voor het aflezen van de snelheid de Contour Storyteller software voor Windows®.



Figuur 2: Overlappend screenshot met meetlat.



Figuur 3: Video met overlappend screenshot.



Figuur 4: Gefietste route. Bron: Google Maps (2021).

Onderzoeksprocedure

Iedere participant fietste een vooraf bepaalde route van 5 km door de stad Groningen, te zien in figuur 4. De route was bij aanvang onbekend bij de participanten. Tijdens het onderzoek

fietste een onderzoeker achter de participant aan en communiceerde voorafgaand aan ieder verkeerspunt in welke richting de participant diende te gaan via een Walkie Talkie (het merk is onbekend). Wanneer er desondanks in een foutieve richting werd gefietst gaf de meefietsende onderzoeker dit aan en keerde de participant terug naar de correcte route. Bij regen of hagel werd er tijdelijk gestopt met fietsen.

Selectie van inhaalmanoeuvres

De opnames zijn eerst allemaal volledig bekeken. Tijdens het bekijken van de opnames werd genoteerd wanneer een participant werd ingehaald. De inhaalmanoeuvre werd genoteerd mits de participant of inhalende fietser nog minstens 1 seconde rechtdoor fietste na de inhaalmanoeuvre, plaatsvond op een recht stuk zonder drempels, paaltjes of wegwerkzaamheden, plaatsvond bij een zichtbare rand van de weg en plaatsvond zonder aanvullende interactie met andere verkeersdeelnemers.

Vervolgens werden de inhaalmanoeuvres gescoord via visuele observatie op een aantal factoren, namelijk het dicht op een voorligger fietsen, de weg maakt een flauwe bocht, het type berm en de wegbreedte. De factoren zijn weergegeven in tabel 2, samen met de scorecategorieën, de scorecriteria en de selectie van scores die geïnccludeerd werden in de analyse. Er is gekozen om een selectie van de factoren te analyseren om de metingen zo vergelijkbaar mogelijk te maken. Zoveel mogelijk versturende factoren worden op die manier gefilterd. Daarnaast werden enkel inhaalmanoeuvres geïnccludeerd waar de participant 12 km/h of sneller fietste, dit omdat vanaf deze snelheid het fietsgedrag stabiel is en er minder geslingerd wordt (Twisk, Platteel & Lovegrove, 2017).

Laterale positie

De laterale positie werd verkregen door de afstand van het voorwiel van de fiets tot de rand van de weg te meten. Derhalve werd bij een weg met een stoeprand de laterale positie gemeten tot de goot en bij een weg met een parkeerstrook tot de autoband van een geparkeerde auto. Indien op een weg met een parkeerstrook het voorwiel van de fiets tijdens een meting niet naast een autoband gepositioneerd was, is een denkbeeldige lijn gebruikt als rand van de weg. De denkbeeldige lijn werd per meting geconstrueerd aan de hand van de banden van geparkeerde auto's. Als het voorwiel van de fiets tussen de voor- en achterband van een geparkeerde auto gepositioneerd was, dan werd de denkbeeldige lijn evenwijdig gepositioneerd met het contactpunt van de voorband van de auto met het wegdek (zie figuur

Tabel 2

De factoren die gescoord waren, de scorecategorieën van elke factor, de criteria van de scorecategorieën en de selectie van scorecategorieën die geïnccludeerd zijn in de analyse.

Factor	Scorecategorie	Criteria scorecategorie	Selectie scorecategorie
Dicht op een voorligger fietsen	Ja	Ja: De afstand tussen de voorligger en de participant is kleiner dan twee fietslengtes.	Nee
	Nee	Nee: De afstand tussen de voorligger en de participant is groter dan twee fietslengtes.	
Weg maakt flauwe bocht	Ja	Ja: De weg boog tussen de 10 en 45 graden af.	Nee
	Nee	Nee: De weg boog niet of tussen de 0 en 10 graden af.	
Het type berm	Geen stoeprand	Geen stoeprand: De berm bevat geen stoeprand, enkel een duidelijke onderscheiding tussen de weg en de stoep zonder hoogteverschil.	Stoeprand
	Stoeprand	Stoeprand: De berm bevat een stoeprand.	Parkeerstrook
	Parkeerstrook	Parkeerstroken met geparkeerde auto's: De weg heeft geplaveide ruimte aan de rechterkant ter grootte van één autobreedte.	
Wegbreedte	Smal	Smal: Twee fietsers kunnen naast elkaar fietsen.	Smal
	Gemiddeld	Gemiddeld: Drie of vier fietsers kunnen naast elkaar fietsen.	Breed
	Breed	Breed: Meer dan vier fietsers kunnen naast elkaar fietsen.	

5). Als het voorwiel van de fiets niet tussen de voor- en achterband van een geparkeerde auto geïdentificeerd was, dan werd de denkbeeldige lijn evenwijdig met de contactpunten van de voor- en achterband van de dichtstbijzijnde geparkeerde auto geïdentificeerd (zie figuur 6).



Figuur 5: Denkbeeldige lijn indien voorwiel van de fiets tussen de voor- en achterband van een geparkeerde auto geïdentificeerd is.



Figuur 6: Denkbeeldige lijn indien voorwiel van de fiets niet tussen de voor- en achterband van een geparkeerde auto geïdentificeerd.

De meting tijdens de inhaalmanoeuvre werd uitgevoerd op het moment dat de voorwielen van de ingehaalde en inhalende fietser lateraal naast elkaar waren geïdentificeerd. Een controlemeting werd zo kort mogelijk voor of na de inhaalmanoeuvre uitgevoerd, onder de conditie dat de meting bij een soortgelijke infrastructuur en zonder aanvullende interactie met andere verkeersdeelnemers plaatsvond. Bovendien, werd indien mogelijk op een weg met een parkeerstrook de controlemeting gedaan wanneer het voorwiel van de fietser ter hoogte was van een autoband aangezien de laterale positie dan direct afgelezen kon worden van het meetinstrument. Daarnaast, werd indien mogelijk het midden van de slingerbeweging als controlemeetmoment genomen om de foutmarge in laterale positie door het slingeren te verkleinen.

De laterale positie is bepaald in drie stappen. Ten eerste werd het aantal volledige meetvakken vanaf het midden van het meetinstrument tot aan de rand van de weg geteld en vermenigvuldigd met de lengte van 25 cm. Ten tweede werd de positie in het onvolledige laatste meetvak tot de rand van de weg gemeten met een digitale liniaal. De liniaal werd evenwijdig en aangrenzend aan het meetvak geïdentificeerd. Vervolgens werd de liniaal grootte aangepast zodat het meetvak van 25 cm overeenkomstig was met 2,5 dm op de liniaal. Een voorbeeld van de



Figuur 7: Video met overlappend screenshot met digitale liniaal.

meetopstelling is te zien in figuur 7. Vanwege de verschillende meeteenheden werd de van de liniaal afgelezen waarde vermenigvuldigd met 10. Ten slotte is de laterale positie de som van de afstanden uit stap 1 en 2. Tevens zijn meerdere participanten vaker dan één keer ingehaald op dezelfde wegbreedte, daarom zijn deze waarden per wegbreedte gemiddeld.

Snelheid

Door middel van de GPS-informatie van de camera werd de snelheid berekend. Dit was af te lezen in Contour Storyteller® wanneer er gepauzeerd werd op het moment dat de participant werd ingehaald. Net zoals bij de laterale positie werd er een snelheidsgemiddelde berekend wanneer er meerder inhaalmanoeuvres op een smalle of brede weg waren bij een participant.

Statistische analyse

Aangezien de data van de laterale positie niet normaal verdeeld waren, zijn non-parametrische testen gebruikt om te analyseren of er bij jongeren en ouderen een verschil was in laterale positie tussen de controlemeting en tijdens ingehaald worden (Wilcoxon Signed-Rank test) en of ouderen een groter verschil in laterale positie hebben dan jongeren (Mann-Whitney U test). Voor alle testen is een α -waarde van 0,05 gebruikt om de significantie te beoordelen.

Resultaten

Het fietsgedrag (laterale positie en snelheid) is geanalyseerd van jongere en oudere fietsers op het moment dat zij ingehaald worden, zowel op een smalle als een brede weg. Tevens zijn deze situaties vergeleken met een controlesituatie waar geen inhaalmanoeuvre plaatsvond.

Exclusie participanten en inhaalmanoeuvres

Vanwege problemen met meetapparatuur zijn de opnames van 14 participanten niet geanalyseerd: 5 participanten vanwege een verschoven camera met als gevolg een niet accuraat overliggende screenshot van het meetinstrument, 4 participanten door een fietsonderdeel/voorwerp dat het zicht blokkeerde op de inhaler of de berm, 4 participanten als gevolg van geen zichtbare fietsband op de opname en 1 participant door waterdruppels op de lens van de camera. Daarnaast zijn zeven inhaalmanoeuvres geëxcludeerd aangezien de meting te onbetrouwbaar werd wanneer de dichtstbijzijnde geparkeerde auto meer dan vier fietslengtes van het fietsvoorwiel verwijderd was.

Inhaalfrequentie

Tijdens het onderzoek werden de 61 participanten die na de meetapparatuurproblemen overbleven in totaal 213 keer ingehaald. Bij het berekenen van de totale inhaalfrequentie zijn de zeven bovengenoemde inhaalmanoeuvres nog niet geëxcludeerd en zijn er nog geen inhaalmanoeuvres geëxcludeerd op basis van eerder genoemde factoren. Tabel 3 geeft de inhaalfrequentie weer per leeftijdsgroep.

Tabel 3

Het totaal, gemiddelde, minimum en maximum van de inhaalfrequentie voor jongeren en ouderen

Inhaalfrequentie	Aantal participanten	Totaal	Gemiddelde	Minimum	Maximum
Jongeren	30	61	2.03 (SD: 2.09)	0	9
Ouderen	31	152	4.90 (SD: 4.59)	0	16
Totaal	61	213	3.49 (SD: 3.84)	0	16

Nadere selectie factoren

Het selecteren van inhaalmanoeuvres op basis van infrastructuur en de afwezigheid van andere verkeersgebruikers resulteerde in een reductie van het aantal participanten. Dit gaf een resterend aantal van 28 participanten, hiervan waren 9 jongeren en 18 ouderen. De

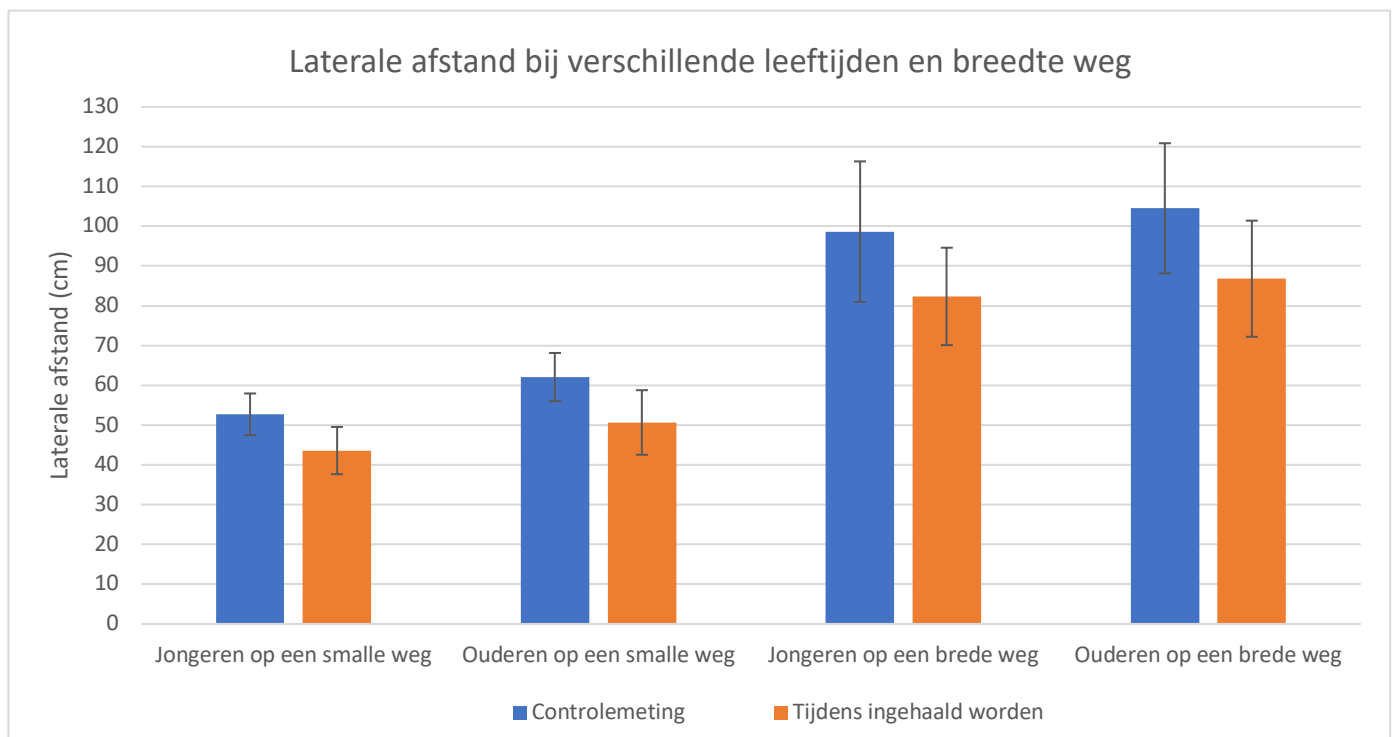
gemiddelde leeftijd van de jongeren na de selectie was 21 jaar (SD = 1.93) en de gemiddelde leeftijd van de ouderen was 71.2 jaar (SD = 4.7). De participanten werden in totaal 57 keer ingehaald, de jongeren werden 16 keer ingehaald en de ouderen werden 41 keer ingehaald.

Snelheid

De gemiddelde snelheid tijdens het ingehaald worden was 15.7 km/h (SD = 2.3), waar de jongeren een gemiddelde snelheid van 16.6 km/h hadden (SD = 3.0) en de ouderen een gemiddelde snelheid van 15.3 km/h hadden (SD = 1.9). Dit verschil was niet significant ($t(26) = 1.346, p = 0.19$).

Laterale positie

In figuur 8 zijn de gemiddelden van de laterale positie weergegeven voor de controlemeting en tijdens het ingehaald worden, per leeftijdsgroep en wegbreedte. Jongeren lijken op beide wegbreedte gemiddeld een lagere gemiddelde laterale positie te hebben ten opzichte van ouderen. Jongeren fietsen bij de controlemetingen en tijdens het ingehaald worden gemiddeld dichterbij de rand van de weg dan ouderen. In tabel 4 zijn de absolute gemiddelden van de verschillen tussen de gemiddelde controlemeting en de meting tijdens het ingehaald worden per conditie weergegeven.



Figuur 8: De gemiddelde laterale posities voor verschillende leeftijden en breedte van de weg. De error bars geven de standaarddeviatie weer.

Vanwege niet normaal verdeelde data zijn de non-parametrische testen Wilcoxon Signed-Rank test en Mann-Whitney U test gebruikt. De laterale positie van jongere fietsers tijdens het ingehaald worden is niet significant verschillend van de controlemeting, zowel op de smalle (Mdn = 36.0; $Z = -1.483$, $p = 0.138$) als de brede weglocaties (Mdn = 86.0; $Z = -1.521$, $p = 0.128$; zie figuur 8). Daarentegen is de laterale positie van oudere fietsers tijdens het ingehaald worden wel significant verschillend van de controlemeting op de smalle (Mdn = 48.0; $Z = -2.485$, $p = 0.013$) en brede weglocatie (Mdn = 88.3; $Z = -3.180$, $p < 0.001$; zie figuur 8).

Grootteverschil in laterale verplaatsing

Ondanks de afwezigheid van significante verschillen bij jongeren in de laterale posities tussen de controlemeting en tijdens ingehaald worden, liggen de gemiddelde laterale positieverschillen van jongeren en ouderen relatief dicht bij elkaar. Er is een exploratieve analyse uitgevoerd om te kijken of er grootteverschil is in laterale verplaatsing tussen jongeren en ouderen. Het gemiddelde laterale positieverschil tussen de controlemeting en de meting tijdens het ingehaald worden is per conditie weergegeven in tabel 4. De laterale positie van de jongere fietsers tijdens het ingehaald worden is niet significant verschillend van de oudere fietsers, op zowel de smalle (Mdn = 16.5.0; $Z = .494$, $p = 0.621$) als brede weglocaties (Mdn = 14.5; $Z = 0.159$, $p = 0.874$; zie tabel 4).

Tabel 4

Het gemiddelde laterale positieverschil voor verschillende leeftijden en breedte van de weg

Leeftijdsgroep	Wegbreedte	Gemiddelde laterale positieverschil (cm)
Jongeren	Smal	9.1 (SD: 12.60)
Ouderen	Smal	11.4 (SD: 12.68)
Jongeren	Breed	16.2 (SD: 25.06)
Ouderen	Breed	17.7 (SD: 12.41)

Discussie

Laterale verplaatsing

Het doel van het huidige onderzoek is om vast te stellen of jongere en oudere fietsers tijdens het ingehaald worden zich lateraal verplaatsen en of de verplaatsingsgrootte van ouderen verschilt van jongeren. Om dit te realiseren is de laterale positie op een gelijke locatie waar de fietser niet werd ingehaald vergeleken met de laterale positie tijdens het worden ingehaald op smalle en brede wegen. Verder is het laterale positieverschil van de jongeren tussen de controlemeting en de meting tijdens het ingehaald worden vergeleken met het laterale positieverschil van de ouderen per wegbreedte.

Ten eerste laten de resultaten zien dat ouderen tijdens het ingehaald worden een statistische significante laterale verplaatsing naar de rand van de weg toe maken, op zowel de smalle als brede weg. Het lateraal verplaatsen naar de rand van de weg toe tijdens ingehaald worden is in overeenstemming met hetgeen Khan en Raksuntorn (2001) hebben geconstateerd. Deze auteurs observeerden namelijk een gemiddelde laterale verplaatsing van 30 cm, dit is groter dan de gemiddelde laterale verplaatsing van 11.4 cm en 17.7 cm in het huidige onderzoek. Het verschil zou verklaard kunnen worden door de wegbreedte en het type berm. Het effect van deze factoren op de laterale verplaatsing zou in toekomstig onderzoek verder moeten worden bestudeerd.

Ten tweede laten de resultaten zien dat ook jongere fietsers zich lateraal verplaatsen naar de rand van de weg tijdens het ingehaald worden, dit verschil was echter niet statistisch significant. Er is een gemiddeld positieverschil van circa 9 cm op een smalle weg en circa 16 cm op een brede weg. Gezien het lage aantal jongere participanten op een smalle weg ($N = 5$) en op een brede weg ($N = 7$) zou het kunnen dat de steekproef te klein was om een statistische significante verplaatsing op te merken. Een te kleine steekproef van jongeren werd mogelijk veroorzaakt doordat jongeren in de huidige steekproef minder vaak werden ingehaald dan ouderen.

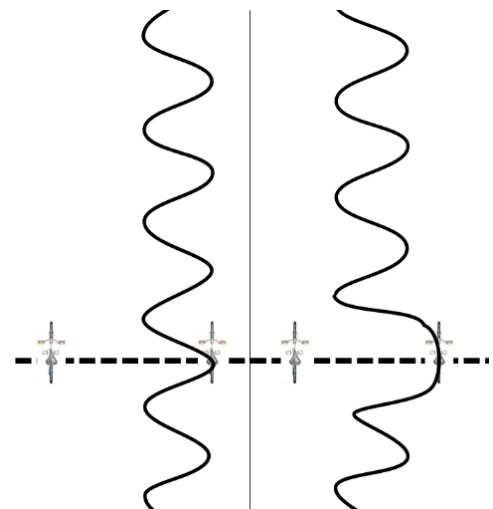
Vanwege de mogelijk te kleine steekproef bij jongeren is enkel een exploratieve analyse uitgevoerd om te kijken of het laterale positieverschil per leeftijd en conditie verschilt. Hoewel al meer jongere ($N = 9$) en oudere ($N = 19$) participanten geïnccludeerd konden worden in de analyse, is dit alsnog relatief weinig om de resultaten met zekerheid te interpreteren. De resultaten laten zien dat de laterale verplaatsingsgrootte van jongeren en ouderen niet significant verschillend zijn. Hieruit valt af te leiden dat ouderen niet een grotere

laterale verplaatsing hebben ten opzichte van jongeren. Verder ondersteunt het de redenering dat jongeren net zoals ouderen lateraal verplaatsen tijdens het ingehaald worden.

Samenvattend ondersteunen de resultaten de hypothesen gedeeltelijk aangezien jongere en oudere fietsers naar de rand van de weg toe verplaatsen tijdens het ingehaald worden maar dit alleen met zekerheid gezegd kan worden voor ouderen. Hoewel er geen harde uitspraak gedaan kan worden, lijkt het alsof jongeren en ouderen een even grootte verplaatsing hebben. Vervolgonderzoek dient te worden uitgevoerd met een grotere steekproef om na te gaan of jongeren zich ook lateraal verplaatsen tijdens het ingehaald worden.

Betekenis van gevonden laterale verplaatsing

Het is echter de vraag wat de gevonden laterale verplaatsing is: een uitwijkingsmanoeuvre of onderdeel van de vetergang? De vetergang, ook wel slingeren genoemd, is een balansmechanisme waarbij de fietser in tegengestelde richting stuurt van het lichaam dat om de beurt ritmisch naar links en rechts valt (SWOV, 2020). De grootte van de vetergang varieert in onderzoeken tussen de 20 en 40 cm (Westerhuis & De Waard, 2014; SWOV, 2015; SWOV, 2020; Godthelp & Wouters, 1980; CROW, 2016). Aangezien de laterale verplaatsingsgrootte binnen de marge van de vetergang valt, is het niet uit te sluiten dat het de reguliere vetergang is. Echter is in het huidige onderzoek de laterale positie bij meerdere mensen gemeten waardoor de vetergang waarschijnlijk gecorrigeerd is in de gemiddelde laterale positie. Bovendien is tijdens het analyseren van de opnames geobserveerd dat de ingehaalde fietsers mogelijk naar rechts sturen tijdens het ingehaald worden. Het is daardoor aannemelijker dat de laterale verplaatsing een bewuste of onbewuste uitwijkingsmanoeuvre is waarbij naar de rand van de weg wordt gestuurd. Zie figuur 9 voor een grafische weergave van de vetergang en mogelijke uitwijkingsmanoeuvre.



Figuur 9: de laterale verplaatsing als vetergang (links) en uitwijkingsmanoeuvre (rechts)

Tevens is het de vraag of de gevonden laterale verplaatsing tot een gevaarlijke verkeerssituatie kan leiden. In het huidige onderzoek zijn er geen participanten gebotst, gevallen of van de weg af gefietst tijdens het ingehaald worden. Verder lijkt de laterale verplaatsing op het oog niet het gevolg van een schrikreactie, er zijn namelijk geen abrupte

stuurbewegingen geobserveerd bij de ingehaalde fietsers. Daarnaast lijken fietsers tijdens het ingehaald worden niet te dicht op de rand van de weg te fietsen. De gemiddelde laterale posities zijn vergeleken met de bijpassende normen in de richtlijnen voor Nederlandse fietspadenontwerp (CROW, 2016). Deze normen zijn verschillend per type zijkant van een weg. Uit de vergelijking volgt dat jongeren en ouderen gemiddeld voldoende afstand tot de rand van de weg houden tijdens het ingehaald worden op zowel smalle als brede weglocaties. Er is in totaal één oudere fietser die op 7 cm onder de bijbehorende norm van 50 cm gefietst heeft. Bovendien is in het huidige onderzoek de kleinste afstand van een ingehaalde fietser tot de rand van de weg 30 cm. De conclusie is dat de laterale verplaatsing tijdens het ingehaald worden waarschijnlijk niet resulteert in een verhoogd risico op enkelvoudige fietsongevallen.

Ondanks dat het in het huidige onderzoek niet getoetst is, zouden oudere fietsers mogelijk meer hinder in het verkeer kunnen ervaren dan jongere fietsers. Dit omdat oudere fietsers in het huidige onderzoek in verhouding vaker ingehaald zijn dan jongere fietsers en vaker ingehaald worden gepaard gaat met een hogere ervaren hinder (Botma, 1995). Vervolgonderzoek zou moeten vaststellen of ouderen bij het fietsen meer hinder in het verkeer ervaren dan jongeren.

Beperkingen en sterke eigenschappen

Het huidige onderzoek bevat een aantal sterke eigenschappen en beperkingen die van belang zijn bij het interpreteren van de resultaten. Een sterke eigenschap is het gebruik van een herhaalde metingen design. Vanwege het meten van eenzelfde participant bij de controlemeting en de meting tijdens het ingehaald worden hebben persoonlijke factoren relatief weinig invloed op het verschil in laterale posities van deze metingen. Aangezien sommige participanten zowel op een smalle als brede weg zijn ingehaald, spelen persoonlijke factoren in mindere mate een rol bij het verschil in laterale posities tussen de verschillende wegbreedtes.

Daarnaast is het een sterke eigenschap van het huidige onderzoek dat sommige participanten meerdere metingen per conditie hebben. Gesteld dat eenzelfde participant meerdere keren werd ingehaald bij dezelfde wegbreedte, kon er een gemiddelde laterale posities per smalle of brede weg berekend worden. Vanwege het variërend fietsgedrag van één persoon is het gebruik van een gemiddelde bevorderlijk omdat het de invloed van één hoge of lage waarde kleiner maakt. Natuurlijk moet niet vergeten worden dat een hoge of lage laterale positie nog steeds kan leiden tot een onveilige situatie. Echter geeft het een vertekend beeld als die hoge of lage laterale positie als gemiddelde laterale positie wordt gebruikt in de

analyse. In een ideale situatie zou er voor elke participant meerdere metingen beschikbaar zijn per conditie. Echter zijn de metingen gedaan in het verkeer en werden participanten soms niet vaker dan één keer ingehaald.

Ook is het gebruik van de semi-naturalistische methode een sterke eigenschap. Ondanks dat versturende factoren niet gemanipuleerd kunnen worden, zoals de waarden van de wegbreedte, zijn de metingen gedaan in het verkeer. Daarmee geven de resultaten het natuurlijke gedrag van de fietser weer in het alledaagse verkeer en wat daadwerkelijk gebeurt in de realiteit. Bovendien, vinden inhaalmanoeuvres vaker op soortgelijke plekken plaats omdat participanten dezelfde route hebben gefietst. Hierdoor zijn versturende factoren relatief vaak hetzelfde bij verschillende inhaalmanoeuvres en konden deze beter gefilterd worden.

Daarentegen is een beperking van het huidige onderzoek dat de invloed van verschillende verkeersdruktes niet onderzocht zijn. Immers is er enkel gemeten wanneer er geen interactie met andere verkeersdeelnemers was, met uitzondering van de inhalende fietsers. In drukke verkeersomstandigheden zou de fietser die wordt ingehaald ander gedrag kunnen vertonen. Bijvoorbeeld, minder ruimte op de weg zou kunnen leiden tot een het uitblijven van een laterale verplaatsing tijdens het ingehaald worden. Vervolgonderzoek moet nagaan of verkeersdrukke invloed heeft op de laterale verplaatsing van de ingehaalde fietser.

Tevens is een beperking dat de laterale positie tijdens een inhaalmanoeuvre op een specifiek meetmoment gemeten is, namelijk wanneer de inhalende en ingehaalde fietser exact naast elkaar fietsen. Het meetmoment is vastgezet om consistentere en objectievere metingen te krijgen waardoor betrouwbaarder resultaat behaald wordt. Toch zou de ingehaalde fietser hierdoor op een ander moment dan het meetmoment dicht bij de rand van de weg kunnen fietsen, door bijvoorbeeld slingergedrag of het verloop van de inhaalmanoeuvre. De ingehaalde fietser zou namelijk bij het horen van een fietsbelgeluid of door niet gefocust te zijn op het verkeer eerder of later lateraal kunnen verplaatsen. Vervolgonderzoek zou door het uitvoeren van meerdere meetmoment bij één inhaalmanoeuvre kunnen uitwijzen of de ingehaalde fietser op andere momenten dicht op de rand fietst.

Tot slot een kanttekening over twee methodische aspecten die niet omschreven kunnen worden als een sterke eigenschap of beperking. Aangezien het scoren visueel gebeurde waren de scorecriteria van een factor soms moeilijk te onderscheiden. Hierdoor zijn enkele inhaalmanoeuvres mogelijk in een andere categorie geplaatst. Dit heeft waarschijnlijk weinig effect gehad op de resultaten en de interpretatie ervan. Daarnaast zijn de participanten vaker ingehaald dan de gerapporteerde totale inhaalfrequentie vanwege het hanteren van exclusiecriteria bij het noteren van inhaalmanoeuvres.

Conclusie

De huidige studie biedt inzicht in de laterale verplaatsing van de ingehaalde fietser tijdens een inhaalmanoeuvre en het verschil in laterale verplaatsingsgrootte van jongeren en ouderen. De resultaten suggereren dat oudere en jongere fietsers tijdens het ingehaald worden zich op een vergelijkbare wijze lateraal verplaatsen naar de rand van de weg toe, al kan dit alleen met zekerheid gezegd worden voor ouderen. Verder lijkt de laterale verplaatsing tijdens het ingehaald worden niet te resulteren in een verhoogde risico op enkelvoudige fietsongevallen. De bevindingen van de huidige studie kunnen mogelijk in overweging worden genomen bij het ontwerpen van veilige en functionele fietspaden.

Referenties

- Abe, O., Yamasue, H., Yamada, H., Masutani, Y., Kabasawa, H., Sasaki, H., Takei, K., Suga, M., Kasai, K., Aoki, S., & Ohtomo, K. (2010). Sex dimorphism in gray/white matter volume and diffusion tensor during normal aging. *NMR in Biomedicine*, 23(5), 446–458. <https://doi.org/10.1002/nbm.1479>
- Apasnore, P., Ismail, K., & Kassim, A. (2017). Bicycle-vehicle interactions at mid-sections of mixed traffic streets: Examining passing distance and bicycle comfort perception. *Accident Analysis & Prevention*, 106, 141–148. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.05.003>
- Beck, B., Chong, D., Olivier, J., Perkins, M., Tsay, A., Rushford, A., Li, L., Cameron, P., Fry, R., & Johnson, M. (2019). How much space do drivers provide when passing cyclists? Understanding the impact of motor vehicle and infrastructure characteristics on passing distance. *Accident Analysis & Prevention*, 128, 253–260. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.03.007>
- Boele-Vos, M. J., Van Duijvenvoorde, K., Doumen, M. J. A., Duivenvoorden, C. W. A. E., Louwse, W. J. R., & Davidse, R. J. (2017). Crashes involving cyclists aged 50 and over in the Netherlands: An in-depth study. *Accident Analysis & Prevention*, 105, 4–10. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.07.016>
- Botma, H. (1995). Method to Determine Level of Service for Bicycle Paths and Pedestrian-Bicycle Paths. *Transportation Research Record*, 1502, 38–44
- Botma, H., & Papendrecht, H. (1991). Traffic Operation of Bicycle Traffic. *Transportation Research Record 1320*, *Transportation Research Board*, Washington D.C., 65–72.
- Carrignon, D., 2009. Assessment of the impact of cyclists on heterogeneous traffic. *TEC Magazine*. 323–325
- Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechniek (Ede). (2016). *Ontwerpwijzer fietsverkeer*. CROW.
- Chen, X., Yue, L., & Han, H. (2018). Overtaking Disturbance on a Moped-Bicycle-Shared Bicycle Path and Corresponding New Bicycle Path Design Principles. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 144(9), 04018048. <https://doi.org/10.1061/jtepbs.0000172>
- COWI. (2012). *Micro Simulation of Cyclists in Peak Hour Traffic*. Copenhagen
- Davidse, R., Duijvenvoorde, K. van, Boele, M.J., Doumen, M.J.A., et al. (2014). Letselongevallen van Fietsende 50-Plussers: Hoe ontstaan ze en wat kunnen we eraan

- doen? R-2014-3. SWOV, *Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV*, Den Haag
- Davidse, R., Duijvenvoorde, K. van, Boele, M., Duivenvoorden, K., Louwerse, R (2014b) Fietsongevallen van 50-plussers in Zeeland: Hoe ontstaan ze en wat kunnen we eraan doen. R-2014-16. *Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV*, Den Haag
- Debnath, A. K., Haworth, N., Schramm, A., Heesch, K. C., & Somoray, K. (2018). Factors influencing noncompliance with bicycle passing distance laws. *Accident Analysis & Prevention*, 115, 137–142. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.03.016>
- Engbers, C., Dubbeldam, R., Brusse-Keizer, M., Buurke, J., De Waard, D., & Rietman, J. (2018). Characteristics of older cyclists (65+) and factors associated with self-reported cycling accidents in the Netherlands. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 56, 522–530. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.05.020>
- Evans, I., Pansch, J., Singer-Berk, L., & Lindsey, G. P. (2018). Factors affecting vehicle passing distance and encroachments while overtaking cyclists. *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, 88(5), 40–45.
- Fagerström, C., & Borglin, G. (2010). Mobility, functional ability and health-related quality of life among people of 60 years or older. *Aging Clinical and Experimental Research*, 22(5-6), 387–394. <https://doi.org/10.1007/bf03324941>
- Feng, F., Bao, S., Hampshire, R. C., & Delp, M. (2018). Drivers overtaking bicyclists—An examination using naturalistic driving data. *Accident Analysis & Prevention*, 115, 98–109. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.03.010>
- Foletta, N., Nielson, C., Patton, J., Parks, J., & Rees, R. (2015). Green Shared Lane Markings on Urban Arterial in Oakland, California. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2492(1), 61–68. <https://doi.org/10.3141/2492-07>
- Gavriilidou, A., Wierbos, M. J., Daamen, W., Yuan, Y., Knoop, V. L., & Hoogendoorn, S. P. (2019). Large-Scale Bicycle Flow Experiment: Setup and Implementation. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2673(5), 709–719. <https://doi.org/10.1177/0361198119839974>
- Goede, M. de, Obdeijn, C. & Horst, A.R.A. van der (2013). *Conflicten op fietspaden - Fase 2. R10966*. TNO, Soesterberg.
- Hummer, J.E., Roupail, N.M., Toole, J.L., Patten, R.S., Schneider, R.J., Green, J.S., Hughes, R.G., Fain, S.J (2006) Evaluation of Safety, Design, and Operation of Shared-Use Paths: Final Report, *Federal Highway Administration: Washington*

- Kay, J. J., Savolainen, P. T., Gates, T. J., & Datta, T. K. (2014). Driver behavior during bicycle passing maneuvers in response to a Share the Road sign treatment. *Accident Analysis & Prevention*, 70, 92–99. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.03.009>
- Kazemzadeh, K., Laureshyn, A., Winslott Hiselius, L., & Ronchi, E. (2020). Expanding the Scope of the Bicycle Level-of-Service Concept: A Review of the Literature. *Sustainability*, 12(7), 2944. <https://doi.org/10.3390/su12072944>
- Khan, S. I., & Raksuntorn, W. (2001). Characteristics of Passing and Meeting Maneuvers on Exclusive Bicycle Paths. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1776(1), 220–228. <https://doi.org/10.3141/1776-28>
- Li, Z., Wang, W., Liu, P., Bigham, J., & Ragland, D. R. (2013). Modeling Bicycle Passing Maneuvers on Multilane Separated Bicycle Paths. *Journal of Transportation Engineering*, 139(1), 57–64. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)te.1943-5436.0000480](https://doi.org/10.1061/(asce)te.1943-5436.0000480)
- Li, Z., Ye, M., Li, Z., & Du, M. (2015). Some Operational Features in Bicycle Traffic Flow. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2520(1), 18–24. <https://doi.org/10.3141/2520-03>
- Martínez-Ruiz, V., Jiménez-Mejías, E., Luna-del-Castillo, J. de D., García-Martín, M., Jiménez-Moleón, J. J., & Lardelli-Claret, P. (2014). Association of cyclists' age and sex with risk of involvement in a crash before and after adjustment for cycling exposure. *Accident Analysis & Prevention*, 62, 259–267. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.10.011>
- Mehta, K., Mehran, B., & Hellinga, B. (2015). Evaluation of the Passing Behavior of Motorized Vehicles When Overtaking Bicycles on Urban Arterial Roadways. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2520(1), 8–17. <https://doi.org/10.3141/2520-02>
- Mohammed, H., Bigazzi, A. Y., & Sayed, T. (2019). Characterization of bicycle following and overtaking maneuvers on cycling paths. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 98, 139–151. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.11.012>
- OECD. (2001). *Ageing and Transport Mobility Needs and Safety Issues*. Van Haren Publishing.
- Oja, P., Titze, S., Bauman, A., de Geus, B., Krenn, P., Reger-Nash, B., & Kohlberger, T. (2011). Health benefits of cycling: a systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(4), 496–509. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01299.x>

- Rubie, E., Haworth, N., Twisk, D., & Yamamoto, N. (2020). Influences on lateral passing distance when motor vehicles overtake bicycles: a systematic literature review. *Transport Reviews*, 40(6), 754–773. <https://doi.org/10.1080/01441647.2020.1768174>
- Schepers, P., den Brinker, B. (2011). What do cyclists need to see to avoid single-bicycle crashes? *Ergonomics*, 54(4), 315–327. <https://doi.org/10.1080/00140139.2011.558633>
- Schepers, P., de Geus, B., van Cauwenberg, J., Ampe, T., & Engbers, C. (2020). The perception of bicycle crashes with and without motor vehicles: Which crash types do older and middle-aged cyclists fear most? *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 71, 157–167. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.03.021>
- Schepers, P., Schagen, I. van (2020). Naar meer veiligheid voor oudere fietsers: Ongevallen, omstandigheden en mogelijke oplossingen. R-2020-22. *Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV*, Den Haag.
- Schepers, J.P., Weijermars, W.A.M., Boele, M.J., Dijkstra, A., Bos, N.M (2020b). Oudere fietsers: Ongevallen met oudere fietsers en factoren die daarbij een rol spelen. R-2020-22A. *Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV*, Den Haag
- Stewart, K., & McHale, A. (2014). Cycle lanes: Their effect on drivers passing distance in urban Areas. *Transport*, 29(3), 307–316. <https://doi.org/10.3846/16484142.2014.953205>
- Törnvall, E., Marcusson, J., & Wressle, E. (2016). Health-related quality of life in relation to mobility and fall risk in 85-year-old people: a population study in Sweden. *Ageing and Society*, 36(9), 1982–1997. <https://doi.org/10.1017/s0144686x15000896>
- Twaddle, H., Schendzielorz, T., & Fakler, O. (2014). Bicycles in Urban Areas. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2434(1), 140–146. <https://doi.org/10.3141/2434-17>
- Twisk, D., Platteel, S., & Lovegrove, G. (2017). An experiment on rider stability while mounting: Comparing middle-aged and elderly cyclists on pedelecs and conventional bicycles. *Accident Analysis & Prevention*, 105, 109–116. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.01.004>
- USDOT, (2004). National Bicycling and Walking Study: Ten Year Status Report. U.S. Department of Transportation, *Federal Highway Administration, Washington*
- van der Horst, A. R. A., de Goede, M., de Hair-Buijssen, S., & Methorst, R. (2014). Traffic conflicts on bicycle paths: A systematic observation of behaviour from video. *Accident Analysis & Prevention*, 62, 358–368. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.04.005>

- Virkler, M. R., & Balasubramanian, R. (1998). Flow Characteristics on Shared Hiking/Biking/Jogging Trails. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1636(1), 43–46. <https://doi.org/10.3141/1636-07>
- Walker, I., & Robinson, D. L. (2019). Bicycle helmet wearing is associated with closer overtaking by drivers: A response to Olivier and Walter, 2013. *Accident Analysis & Prevention*, 123, 107–113. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.11.015>
- Wegman, F., Zhang, F., & Dijkstra, A. (2012). How to make more cycling good for road safety? *Accident Analysis & Prevention*, 44(1), 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.11.010>
- Westerhuis, F., Engbers, C., Dubbeldam, R., & de Waard, D. (2016) What do older cyclists experience? An identification study of perceived difficulties in everyday cycling interactions, *University of Groningen*.
- Westerhuis, F. & de Waard, D. (2016). Using Commercial GPS Action Cameras for Gathering Naturalistic Cycling Data. *Journal of the Society of Instrument and Control Engineers (SICE) of Japan*, 55(5), 422-430.
- Xu, L., Liu, M., Song, X., & Jin, S. (2018). Analytical Model of Passing Events for One-Way Heterogeneous Bicycle Traffic Flows. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2672(36), 125–135. <https://doi.org/10.1177/0361198118788425>
- Zhao, D., Wang, W., Li, C., Li, Z., Fu, P., & Hu, X. (2013). Modeling of Passing Events in Mixed Bicycle Traffic with Cellular Automata. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2387(1), 26–34. <https://doi.org/10.3141/2387-04>
- Zhao, Y., & Zhang, H. M. (2017). A unified follow-the-leader model for vehicle, bicycle and pedestrian traffic. *Transportation Research Part B: Methodological*, 105, 315–327. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2017.09.004>
- Zeegers, T (2010), Ongevallen met oudere fietsers, Factsheet Fietsers, *Fietsersbond SWOV*, Leidschendam