

University of Groningen

Veiligheid E-fiets in interactie met andere weggebruikers

Westerhuis, Frank; de Waard, Dick

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

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

2023

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

Citation for published version (APA):

Westerhuis, F., & de Waard, D. (2023). *Veiligheid E-fiets in interactie met andere weggebruikers*. Rijksuniversiteit Groningen.

Copyright

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

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

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

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



**rijksuniversiteit
groningen**

Veiligheid E-fiets in interactie met andere weggebruikers

Versie 1.0

Februari 2023

Frank Westerhuis & Dick de Waard

Faculteit Gedrags- en Maatschappijwetenschappen

Verkeerspsychologie

<http://www.trafficpsychologygroningen.info>

Inhoudsopgave

1. Introductie	3
1.1. Aanleiding.....	3
1.2. Inhoud	3
2. Vergelijking van ongevallen en risico tussen conventionele en elektrische fietsen	4
2.1. Dodelijke ongevallen	4
2.2. Ongevallen met (ernstig) letsel.....	8
2.2.1. Behandelingen op de SEH.....	8
2.3. Context.....	16
2.4. Beperkingen.....	17
2.5. Conclusies	17
2.5.1. Dodelijke ongevallen	17
2.5.2. Ongevallen met ernstig letsel	17
2.5.3. Invloed van andere weggebruikers	18
3. Literatuuroverzicht	19
3.1. Snelheid	19
3.2. Oudere fietsers.....	20
3.3. Interacties met andere weggebruikers	21
3.4. Conclusies	23
4. Het buitenland	25
4.1.1. Duitsland.....	25
4.1.2. Zwitserland.....	27
4.1.3. Scandinavië	29
4.2. Conclusies.....	30
5. Samenvatting en conclusies.....	31
Dankwoord.....	33
Bijlage 1a	40
Bijlage 1b	42

1. Introductie

1.1. Aanleiding

Het aantal fietsers dat ernstig letsel oploopt bij verkeersongevallen in Nederland is zorgwekkend (Krul, Valkenberg, Asscherman, Stam, & Klein Wolt, 2022). Dit komt o.a. doordat veel mensen in Nederland fietsen, maar ook het toenemend gebruik van de elektrische fiets heeft het verkeersbeeld veranderd. Een gevolg is dat er relatief vaak naar de elektrische fiets gewezen wordt als belangrijke factor voor het hoog blijven van het aantal ongevallen. Het is echter de vraag of andere factoren die samenhangen met toegenomen e-fiets gebruik, niet minstens zo belangrijk zijn. Hogere leeftijd, de toename in kwetsbaarheid, en een toename van het aantal gefietste kilometers bijvoorbeeld. Ook de invloed van andere weggebruikers kan belangrijk zijn. De Kamerleden De Groot en Geurts hebben hierom op 8 juli 2021 een motie ingediend om een onderzoek uit te voeren naar de invloed van andere weggebruikers op de veiligheid van fietsers. Het Ministerie van I&W heeft de Rijksuniversiteit Groningen (RUG) verzocht om dit onderzoek uit te voeren.

Dit document bevat een analyse van ongevallenstatistieken om meer inzicht te krijgen in ongevallen van (elektrische) fietsers in interactie met andere weggebruikers. Hierbij is specifiek onderscheid gemaakt tussen fietsers met een conventionele en fietsers met een elektrische fiets. Deze bevindingen zijn aangevuld met een beknopte literatuurstudie omtrent wetenschappelijke kennis waarin risicovolle interacties met andere weggebruikers van fietsers met een conventionele of elektrische fiets worden vergeleken.

1.2. Inhoud

Dit rapport begint met een overzicht van gepubliceerde onderzoeken omtrent fietsongevallen met zowel conventionele als elektrische fietsen in Nederland (Hoofdstuk 2). Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen dodelijke ongevallen en ongevallen met (ernstig) letsel. In Hoofdstuk 3 wordt een beknopt overzicht gepresenteerd van de literatuur, met als hoofdonderwerpen de snelheid van (elektrische) fietsers, oudere fietsers, en interacties van elektrische fietsers met andere weggebruikers. In Hoofdstuk 4 worden bevindingen omtrent de veiligheid van conventionele en elektrische fietsers in het buitenland uitgewerkt, gevolgd door een algehele samenvatting en conclusie van de bevindingen in Hoofdstuk 5.

2. Vergelijking van ongevallen en risico tussen conventionele en elektrische fietsen

Om uitspraken te kunnen doen over de veiligheid van fietsers op een elektrische fiets, in vergelijking met fietsers op een conventionele fiets, worden eerst de meest recente ongevallencijfers geanalyseerd en gepresenteerd. Het is echter belangrijk om te onderkennen dat de ongevallenregistratie in Nederland niet perfect is: over het algemeen kan gesteld worden dat de registratiegraad stijgt naarmate de ernst van ongevallen toeneemt (Van Kampen & Harris, 1995). Hierom wordt in dit hoofdstuk onderscheid gemaakt tussen dodelijke ongevallen en ongevallen met (ernstig) letsel, waarbij dodelijke ongevallen de hoogste ernst en registratiegraad kennen in vergelijking met ongevallen met hoogstens (ernstig) letsel als gevolg. Daarnaast geldt dat de kans op een dodelijk afloop bij fietsongevallen met gemotoriseerde voertuigen als tegenpartij relatief groot is vergeleken met andere typen ongevallen (Reurings, Vlakveld, Twisk, Dijkstra, & Wijnen, 2012). Er wordt verwacht dat de cijfers in de verkeersongevallenregistratie van dodelijke fietsongevallen met ander gemotoriseerd verkeer het meest betrouwbare beeld oplevert omtrent de meest gevaarlijke interacties van conventionele en elektrische fietsers.

2.1. Dodelijke ongevallen

Een eerste overzicht van het werkelijke aantal fietsdoden per type fiets over de periode 2019 t/m 2021 wordt weergegeven in tabel 1 (CBS, 2022). Het CBS gebruikt voor deze statistiek niet alleen de verkeersongevallenregistratie, maar ook rechtbankverslagen en formulieren ingevuld door een schouwend arts. Hieruit valt af te leiden dat het absolute aantal doden op een conventionele fiets ieder jaar groter was dan op een elektrische fiets. Dit is niet verwonderlijk omdat er ongeveer twee- tot driemaal zoveel kilometers gefietst werden op een conventionele fiets dan op een elektrische fiets (zie tabel 1). Een risicoanalyse wijst echter uit dat, na correctie voor het aantal afgelegde kilometers (expositie) per type fiets (CBS/ODiN+k, 2022), er de afgelopen 3 jaar relatief meer doden te betreuren waren op een elektrische fiets dan op een conventionele fiets. Er lijkt op het eerste gezicht dus een hoger risico te zijn op een dodelijk ongeval wanneer men op een elektrische fiets rijdt, dan op een conventionele fiets.

Tabel 1: Het aantal doden, de expositie, het berekende risico en de verhouding tussen dodelijke ongevallen met conventionele en elektrische fietsen voor de jaren 2019, 2020, en 2021.

Jaar	Fietstype	Aantal doden ¹	Expositie ² (mjd. km)	Risico ³	Ratio ⁴
2019	Conventioneel	138	13,53	10,2	1,5
	Elektrisch	65	4,24	15,3	
2020	Conventioneel	155	10,88	14,2	1,1
	Elektrisch	74	4,64	16,0	
2021	Conventioneel	127	10,68	11,9	1,3
	Elektrisch	80	5,38	14,9	

1. Bron: CBS (2022)

2. Bron: (CBS/ODiN+k, 2022)

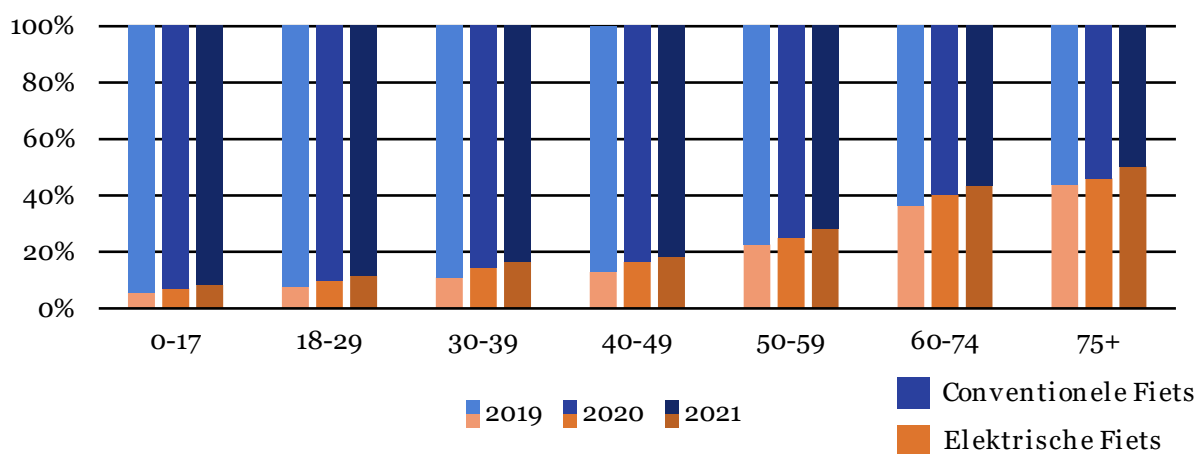
3. Aantal doden per miljard kilometer

4. Ratio: Risico Elektrische Fiets/Risico Conventionele Fiets

Op basis van bovenstaande cijfers kan echter niet zonder meer geconcludeerd worden dat de elektrische fiets de (hoofd)oorzaak is van dit verhoogde risico. Zoals weergegeven in figuur 1

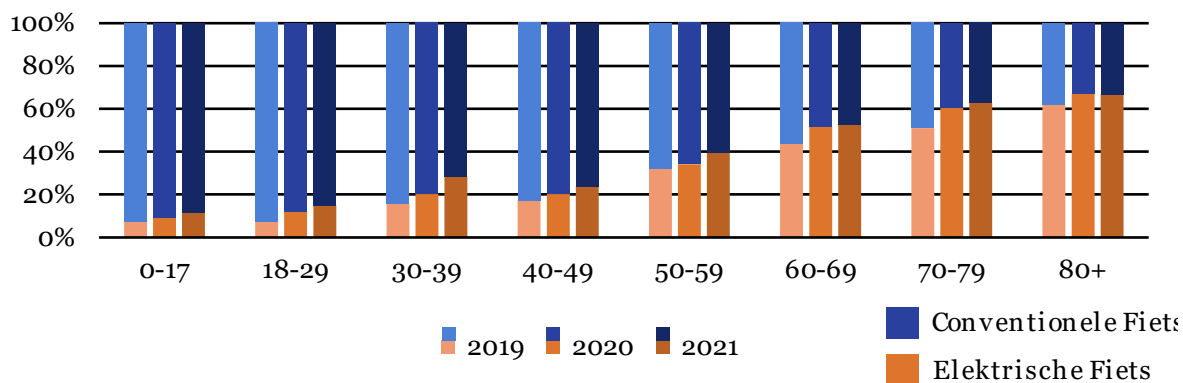
bezitten voornamelijk relatief veel ouderen een elektrische fiets. Zo bezat in 2021 43% van de fietsbezitters tussen 60 en 74 jaar een elektrische fiets, tegenover 11% van de fietsbezitters tussen 18 en 29 jaar. Bovendien reden oudere fietsers de afgelopen drie jaar meer kilometers op een elektrische fiets, terwijl jongere fietsers veruit de meeste afstand aflegden op een conventionele fiets (zie figuur 2). Het is bekend dat ouderen een specifieke groep vormen die door leeftijd gerelateerde ontwikkelingen een verhoogd risico heeft op een verkeersongeval met ernstig of dodelijk letsel (SWOV, 2015; Schepers, Weijermars, Boele, Dijkstra, & Bos, 2020). Het is dus belangrijk om niet alleen het type fiets als bepalende factor te hanteren om de ongevals cijfers te analyseren, maar ook de kenmerken van de gebruiker ervan. Daarom is bovenstaande risicoanalyse uitgesplitst voor verschillende leeftijdsgroepen.

Verdeling conventionele en elektrische fietsen in bezit in Nederland per leeftijdsgroep



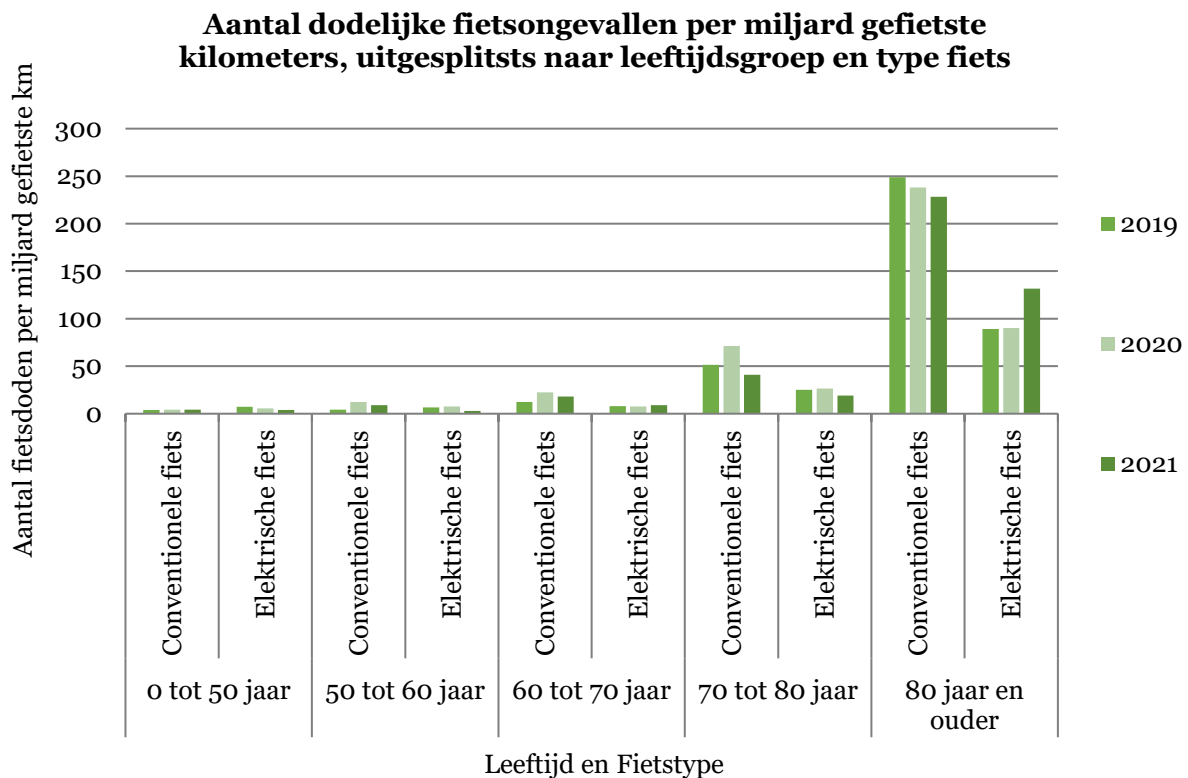
Figuur 1: Verdeling (%) conventionele en elektrische fietsen in bezit in Nederland, uitgesplitst per leeftijdsgroep in de periodes 2019, 2020, en 2021 (CBS/ODiN+k, 2022). Iedere leeftijdscategorie per jaar telt op tot 100% van de totale groep conventionele & elektrische fietsen.

Verdeling fietskilometers gemaakt op een conventionele en elektrische fiets in Nederland per leeftijdsgroep



Figuur 2: Verdeling (%) gereden kilometers op een conventionele en elektrische fiets in het totaal aantal gereden fietskilometers in Nederland (conventioneel en elektrisch gesommeerd), per leeftijdsgroep, in de jaren 2019, 2020, en 2021 (CBS/ODiN+k, 2022). Iedere leeftijdscategorie per jaar telt op tot 100% van de totale groep fietsers met conventionele & elektrische fietsen.

Uit figuur 3 valt af te leiden dat het risico op een dodelijk fietsongeval exponentieel toeneemt vanaf een leeftijd van 60 jaar: een patroon dat zichtbaar is voor gebruikers van zowel conventionele als elektrische fietsen. Het is opvallend dat het risico op een dodelijk fietsongeval op een elektrische fiets, binnen het merendeel van de oudere leeftijdsgroepen, juist lager lijkt te zijn dan op een conventionele fiets. Dit kan echter niet met zekerheid gesteld worden omdat het onbekend is of er sprake is van onderrapportage van de ongevalsbetrokkenheid van elektrische fietsen: wanneer het namelijk niet duidelijk was of de betrokken fiets een conventionele of elektrische fiets betrof, werd deze automatisch geregistreerd als conventionele fiets (CBS, 2022). Bij deze strategie zal iedere ontbrekende of onjuiste registratie over het type fiets automatisch leiden tot een hoger aandeel conventionele fietsers in het totale aantal verongelukte fietsers. Door deze onzekerheid is het op dit moment nog niet mogelijk om betrouwbare uitspraken te doen over de verhouding van het risico tussen conventionele en elektrische fietsen. Deze analyses wijzen er echter wel op dat het eerder vastgestelde verhoogde risico van elektrische fietsen niet zonder meer verklaard kan worden door het voertuig zelf, maar dat het zeer aannemelijk is dat de kenmerken, kwetsbaarheid, gebruik, en/of het gedrag van de gebruikers van de elektrische fiets ook van invloed zijn op de ongevallen die ermee plaatsvinden.

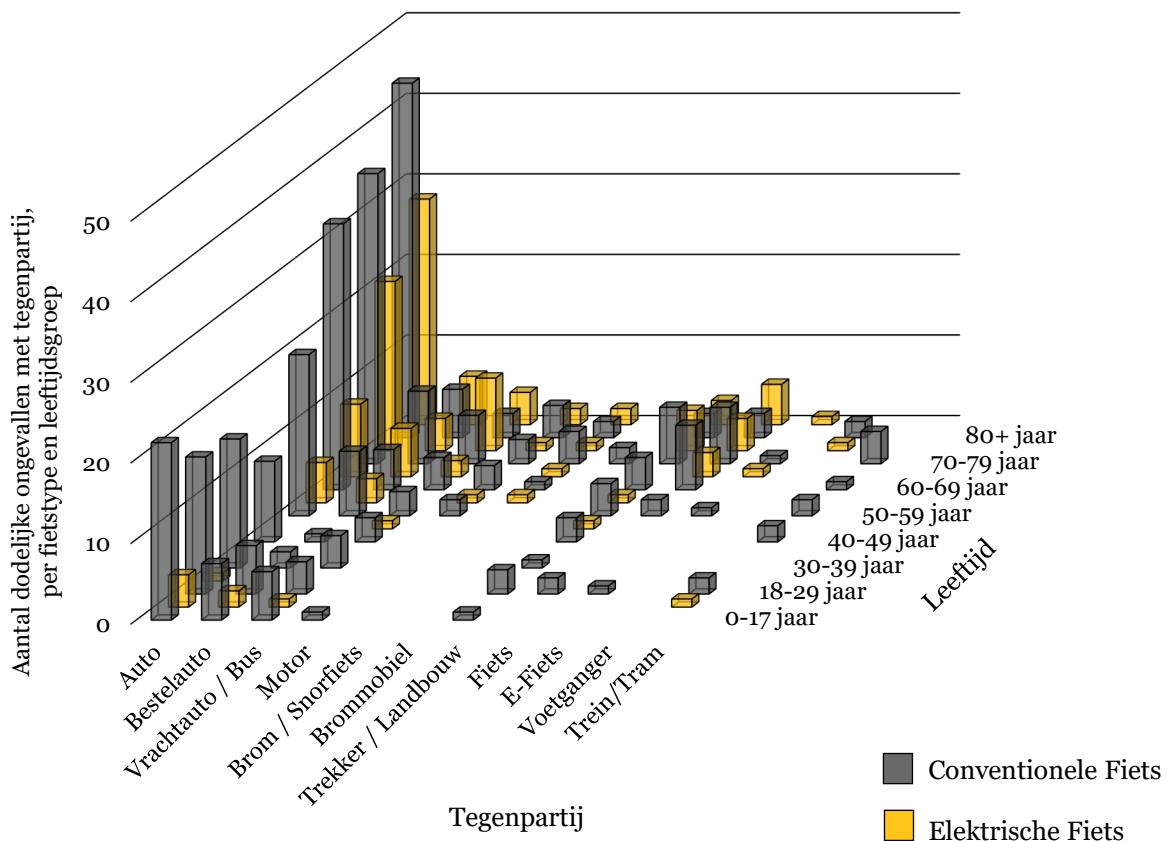


Figuur 3: Aantal dodelijke fietsongevallen per miljard gefietste kilometer, uitgesplitst per leeftijdsgroep en type fiets voor de periodes 2019, 2020, en 2021 (CBS, 2022; CBS/ODiN+k, 2022).

Tot slot zijn de (aantallen) dodelijke meervoudige ongevallen met een geregistreerde andere weggebruiker als tegenpartij, van zowel conventionele als elektrische fietsers, weergegeven in figuur 4 (SWOV, 2022). Ook op basis van figuur 4 is zichtbaar dat de absolute aantallen doden per tegenpartij veelal hoger zijn onder conventionele fietsers dan onder e-fietsers, m.u.v. de hoogste leeftijdsgroepen. Deze absolute aantallen ongevallen zijn vervolgens gedeeld door het aantal afgelegde kilometers per leeftijdsgroep (expositie; CBS/ODiN+k, 2022). De hieruit

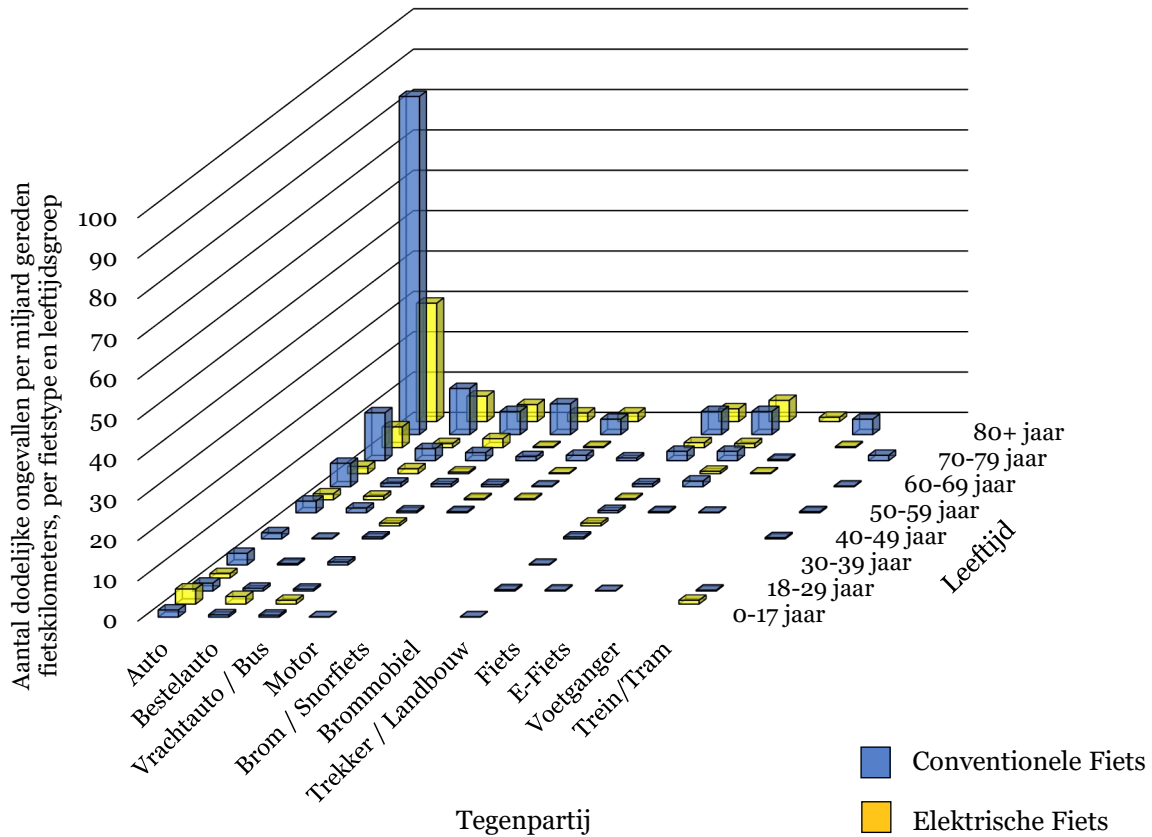
volgende risico's per tegenpartij over de periode 2018 t/m 2021 zijn weergegeven in figuur 5. Hoewel grote voorzichtigheid bij de interpretatie van deze data geboden is, o.a. vanwege de lage aantallen observaties voor een groot deel van de categorieën, wijst figuur 5 erop dat botsingen met automobilisten het grootste risico vormen op fietsongeval met dodelijke afloop. Daarnaast vormen botsingen met bestelauto's, motorfietsen, conventionele fietsen, vrachtauto's, bussen, en landbouwvoertuigen een risico op een dodelijk fietsongeval: m.n. voor oudere fietsers. Ondanks dat er wel sprake is van enige variatie tussen tegenpartijen, is ook in deze gegevens zichtbaar dat de patronen tussen fietstypen in grote lijnen vergelijkbaar zijn: ongevallen met personenauto's resulteren in het grootste risico op dodelijk letsel, gevolgd door andere vormen van gemotoriseerd verkeer, en conventionele fietsers. Voor beide fietstypen geldt dat aanrijdingen met automobilisten het grootste risico vormen op een dodelijk ongeval, ongeacht leeftijd. Voor beide fietstypen geldt bovendien dat het risico toeneemt met de leeftijd, en dit is het meest duidelijk zichtbaar bij ongevallen met automobilisten. Ook bij andere tegenpartijen lopen voornamelijk ouderen het hoogste risico, waarbij het opnieuw opvalt dat de fietsers op een elektrische fiets veelal een lager risico lijken te hebben op een dodelijk ongeval dan conventionele fietsers. Vanwege de lage aantallen is het echter niet mogelijk hier met zekerheid uitspraken over te doen.

Geregistreerd aantal doden n.a.v. een fietsongeval met tegenpartij, uitgesplitst per leeftijdsgroep en fietstype



Figuur 4: Geregistreerd aantal fietsdoden uit verschillende leeftijdsgroepen met verschillende tegenpartijen, uitgesplitst voor zowel conventionele als elektrische fietsen over de periode 2018-2021. Bron: Slachtoffertabel QLIK – BRON (Bestand geRegisterde Ongevallen in Nederland; SWOV, 2022).

Risico van fietsers op een dodelijk ongeval met tegenpartij, uitgesplitst per leeftijdsgroep en fietstype



Figuur 5: Risico's van fietsers uit verschillende leeftijdsgroepen op een dodelijk ongeval met verschillende tegenpartijen, uitgesplitst voor zowel conventionele als elektrische fietsen over de periode 2018-2021. Bronnen: Slachtoffertabel QLIK – BRON (Bestand geRegistreerde Ongevallen in Nederland; SWOV, 2022); Expositiecijfers CBS/ODiN+k (2022).

2.2. Ongevallen met (ernstig) letsel

Naast dodelijke fietsongevallen zijn er ook cijfers over ongevallen met (ernstige) verwondingen tot gevolg. Het is belangrijk om te vermelden dat dit type ongevallen in de nationale verkeersongevallenregistratie sterker dan dodelijke ongevallen onderhevig is aan effecten van onderrapportage. Deze paragraaf geeft dan ook een overzicht van de rapporten die de fietsongevallen met (ernstig) letsel hebben geanalyseerd en gerapporteerd over het afgelopen decennium op basis van andere bronnen. Eerst zullen de Nederlandse rapporten behandeld worden. Een overzicht van dergelijke gegevens uit omliggende landen met vergelijkbare regelgeving op het gebied van elektrische fietsen wordt uiteengezet in hoofdstuk 4. Gegevens omtrent de invloed van andere weggebruikers zullen, indien deze zijn gerapporteerd, in een separate alinea worden behandeld. In de praktijk zal de meerderheid van de informatie worden gebaseerd op gegevens over meervoudige ongevallen.

2.2.1. Behandelingen op de SEH

In de periode 2011 – 2012 zijn de eerste onderzoeken gepubliceerd omtrent ongevallen met (ernstig) letsel, waarbij onderscheid gemaakt werd tussen conventionele en elektrische fietsen in Nederland. Op basis van data uit het Letsel Informatie Systeem (LIS), vonden Kruijer, Den

Hartog, Klein Wolt, Panneman, en Sprik (2012) dat circa 74% van alle fietsslachtoffers, die na een fietsongeval op de Spoedeisende Eerste Hulp (SEH) belandden, een enkelvoudig ongeval betrof: een ongeval waarbij geen andere verkeersdeelnemers betrokken zijn. Voorbeelden van dit type ongevallen waren vallen tijdens het op- of afstappen, of botsen tegen een paaltje. Daarnaast bleek dat 13% van de fietsslachtoffers op een elektrische fiets reed. Volgens de auteurs zou dit naar schatting tot ongeveer 9.100 slachtoffers op een elektrische fiets per jaar leiden. Nadere analyses wezen uit dat elektrische fietsers vaker een enkelvoudig ongeval hadden dan conventionele fietsers en dat zij ook vaker (ernstig) gewond raakten. Van beide bevindingen was eveneens bekend dat dit ook past bij het patroon van ongevallen met oudere fietsers in het algemeen: oudere fietsers, vergeleken met jongere fietsers, hebben relatief vaak een enkelvoudig ongeval en raken sneller gewond vanwege hun fysieke kwetsbaarheid (SWOV, 2015). Daarnaast was destijds ook duidelijk dat met name ouderen een elektrische fiets aanschafte en dat er vaker en een grotere afstand werd gefietst dan op een conventionele fiets (Kruijer, Den Hartog, Klein Wolt, Panneman, & Sprik, 2012). Het bleek dan ook dat na correctie voor leeftijd en geslacht, er geen duidelijke verschillen meer waren tussen de ongevallen van conventionele fietsers of elektrische fietsers. De auteurs gaven echter aan dat een gedegen risicoanalyse niet mogelijk was omdat er destijds niet voldoende informatie was over het aantal gereden kilometers (expositie) per fietstype (Kruijer, Den Hartog, Klein Wolt, Panneman, & Sprik, 2012).

Wat betreft de invloed van andere weggebruikers op het ontstaan van de fietsongevallen, rapporteerden Kruijer et al. (2012) dat fietsers op een elektrische fiets significant vaker tegen een andere weggebruiker aanreden (27%) dan fietsers op een conventionele fiets (21%). Daarentegen werden conventionele fietsers significant vaker door een andere weggebruiker aangereden (25%) dan fietsers met een elektrische fiets (19%). Vergeleken met conventionele fietsers, geven elektrische fietsers dan ook minder vaak aan dat het gedrag van een andere weggebruiker een rol heeft gespeeld bij het ontstaan van een ongeval dan conventionele fietsers (respectievelijk 30% en 40%). Het lijkt er dus op dat het eigen gedrag een grotere rol speelt bij ongevallen van elektrische fietsers dan bij conventionele fietsers (Kruijer, Den Hartog, Klein Wolt, Panneman, & Sprik, 2012).

Van Boggelen, Van Oijen, en Lankhuijzen (2013) hebben dezelfde dataset als Kruijer et al. (2012) geanalyseerd, waarbij van Boggelen et al. (2013) een indicatie voor expositie hebben toegevoegd aan de analyses (gefietste kilometers op basis van o.a. 150.000 uitgelezen e-fietscomputers). Na deze correctie vonden zij dat het verband tussen letselrisico, geslacht, en leeftijd sterker leek te zijn op een elektrische fiets dan op een gewone fiets. Met andere woorden: het al verhoogde risico van oudere fietsers op een fietsongeval en/of ernstig(er) letsel wordt kennelijk versterkt wanneer zij op een elektrische fiets fietsen. Bovendien bleek dit het sterkst te gelden voor oudere vrouwen. Als mogelijke verklaring gaven Van Boggelen et al. (2013) aan dat ouderen vaker en/of langer kunnen blijven fietsen op een elektrische fiets dan op een gewone fiets: een argument dat ook regelmatig werd gegeven als reden om een elektrische fiets te kopen. Een deel van deze oudere fietsers zal dus nog kwetsbaarder zijn bij een fietsongeval dan de ouderen die nog geen behoefte hadden aan elektrische ondersteuning. Een alternatieve verklaring zou ook gevonden kunnen worden in enkele voertuigkenmerken die de elektrische fiets onderscheidt van de gewone fiets, namelijk het vermogen om hogere snelheden te rijden, het hogere gewicht van de gehele fiets, en de combinatie van rijeigenschappen die deze factoren met zich meebrengt (Van Boggelen et al., 2013).

Absolute consensus werd echter niet bereikt: Schepers, Fishman, Den Hertog, Klein Wolt, en Schwab (2014) hebben de data uit het Aanvullend LIS vervolgonderzoek uit 2011 – 2012

geanalyseerd. Om risico's te analyseren werd onderzoek onder fietsers zonder fietsongeval uitgevoerd door TNS NIPO. Zij concludeerden dat elektrische fietsers wel een hogere kans hadden om opgenomen te worden op de SEH na een ongeval met een elektrische fiets, ook na correctie voor leeftijd, geslacht, en hoeveelheid fietsgebruik. Het verschil tussen deze uitkomsten wordt deels verklaard door de wijze van corrigeren (fietsfrequentie vs. fietskilometers). Ondanks de verschillen wijzen de uitkomsten van Kruijer et al. (2012), Van Boggelen et al. (2013), en Schepers et al. (2014) globaal in dezelfde richting: namelijk dat het risico op een ongeval bij een elektrische fiets hoger is dan op een reguliere fiets, maar dat de samenstelling van de gebruikersgroepen (c.q. leeftijd, geslacht, en expositie) hier ook bepalend voor is. De ernst van het letsel na een ongeval blijkt over alle analysemethodes niet te verschillen tussen conventionele en elektrische fietsers. Meer data, met name op het gebied van expositie, is wenselijk om tot nauwkeuriger risicoschattingen te komen.

Scholten et al. publiceerden in 2015 een paper over de incidentie van traumatisch hersenletsel (*Traumatic Brain Injury*: TBI) na een fietsongeval in de periode 1998-2012 (Scholten, Polinder, Panneman, van Beeck, & Haagsma, 2015). Hiervoor hebben zij eveneens LIS data gebruikt, specifiek bestaande uit alle patiënten die door een fietsongeval met TBI zijn beland op één van de 13 deelnemende SEH afdelingen in Nederland. Na correctie voor leeftijd en expositie concludeerden de onderzoekers dat de incidentie van TBI na een fietsongeval sterk was toegenomen gedurende de onderzoeksperiode. Bovendien bleek dat met name fietsers ouder dan 55 jaar de belangrijkste risicogroep vormen. Hoewel in de gebruikte dataset nog geen onderscheid werd gemaakt tussen fietsers met een conventionele of een elektrische fiets, gaven de onderzoekers aan het belangrijk te vinden om ouderen met een elektrische fiets preventief te voorzien van educatie en training om ongevallen te voorkomen.

In 2017 publiceerde VeiligheidNL/Rijkswaterstaat nieuwe cijfers over fiets-slachtoffers op de SEH-afdelingen in Nederland over het jaar 2016 (Valkenberg, Nijman, Schepers, Panneman, & Klein Wolt, 2017). Volgens de onderzoekers zette de trend door die in 2011 was ingezet: de hoeveelheid elektrische fietsen in Nederland was gestegen, evenals het aandeel fietsongevallen met een elektrische fiets: namelijk van 13% naar 20% (Valkenberg, Nijman, Schepers, Panneman, & Klein Wolt, 2017). Van alle fietsongevallen bleek 65% enkelvoudig, een percentage dat voor elektrische fietsers hoger lag: 74%. Opnieuw bleek dat de slachtoffers van elektrische fietsongevallen relatief oud waren: 83% was 55 jaar of ouder, terwijl 46% van de conventionele fietsers jonger was dan 25 jaar. Daarnaast hadden e-fietsers over het algemeen een slechtere gezondheid dan conventionele fietsers. De eerste analyses wezen uit dat het risico op een ongeval met een elektrische fiets hoger was dan bij andere fietstypen, ook na correctie voor leeftijd, geslacht, en gezondheidsfactoren. De auteurs gaven echter aan dat de in eerste instantie gehanteerde correctiefactor voor expositie, namelijk het fietsgebruik in aantal dagen per week, nog te veel onzekerheid met zich meebracht. Daarom is er een aanvullende analyse uitgevoerd, dit keer met het geschatte aantal fietskilometers per jaar als expositiemaat. Na toepassing van deze correctiemaat bleek de algehele kans op een ongeval op een elektrische fiets niet te verschillen van een conventionele fiets (Valkenberg, Nijman, Schepers, Panneman, & Klein Wolt, 2017). Dit gold voor zowel enkelvoudige als meervoudige ongevallen. Ook werd er geen verschil in letselernst gevonden na correctie voor leeftijd, geslacht, en fietsfrequentie. Wel blijkt er een hoger ongevalsrisico met zwaarder letsel te zijn voor oudere vrouwen op een elektrische fiets (Schepers, Klein Wolt, Helbich, & Fishman, 2020). Wat hier de verklaring voor is bleef echter onduidelijk.

Op het gebied van invloed van andere weggebruikers bleek dat de meerderheid van de meervoudige ongevallen plaatsvond met een andere fietser (41%) of automobilist (39%) als

tegenpartij, gevolgd door brommers of scooters (7%). Daarnaast gaf 28% van de fietsers op een elektrische fiets aan dat het gedrag van een andere weggebruiker medebepalend was voor het ontstaan van het ongeval (enkelvoudig of meervoudig). Dit was een lager percentage dan de totale groep fietsers had gerapporteerd, namelijk 36%.

Uit het meest recente VeiligheidNL rapport (april 2022) blijkt dat de stijgende trend van zowel de algehele hoeveelheid elektrische fietsers in het totale verkeer, als het aantal ongevallen dat ermee plaatsvindt, zich heeft voortgezet (Krul, Valkenberg, Asscherman, Stam, & Klein Wolt, 2022). Het aandeel ongevallen met de elektrische fiets in het totale aantal fietsongevallen is dus ook toegenomen: in de periode 2020-2021 bleken inmiddels evenveel slachtoffers te zijn gevallen op een conventionele als op een elektrische fiets. Ook nu bleek het merendeel van de fietsongevallen enkelvoudig (namelijk 70%; voornamelijk door uitglijden en evenwichtsverlies) en dit percentage was vergelijkbaar voor zowel conventionele als elektrische fietsers. Bovendien bleken nog steeds m.n. ouderen een ongeval te krijgen met de e-fiets: 73% van de slachtoffers op een e-fiets was 55 jaar of ouder. De eerste analyses wezen uit dat fietsers op een elektrische fiets, ook wanneer er gecorrigeerd werd voor leeftijd, geslacht, en expositie, een grotere kans hebben op een SEH behandeling na een ongeval dan conventionele fietsers. Tevens bleek ook dat het risico op ernstig letsel lager was op een elektrische fiets dan op een conventionele fiets. Met andere woorden: de elektrische fiets is niet de hoofdoorzaak van ernstig letsel, maar de gebruikers (ouderen) die al een verhoogde kans hebben op ernstig letsel na een ongeval, fietsen vaker en verder met een elektrische fiets, waardoor de kans dat zij gewond raken bij een fietsongeval stijgt (en daarmee dus ook het aantal SEH behandelingen).

Op het gebied van invloed van andere weggebruikers bleek ten eerste dat er geen verschil was tussen conventionele of elektrische fietsen m.b.t de tegenpartijen bij meervoudige ongevallen: fietsers op beide fietstypen botsten het vaakst met een andere fietser (4% van alle fietsongevallen) of auto (eveneens 4% van alle fietsongevallen). Op basis van aanvullende cijfers, aangeleverd door VeiligheidNL (zie bijlage 1a), waarin de gegevens over meervoudige ongevallen van dezelfde periode zijn opgedeeld in botsingen met motorvoertuigen en botsingen met overig verkeer, gecorrigeerd voor fietsafstand, blijkt dat alleen e-fietsers *jonger* dan 55 jaar een hoger risico hadden op een botsing met een motorvoertuig dan de referentiegroep bestaande uit conventionele fietsers (bijlage 1a). Daarnaast bleken er, binnen deze leeftijdsgroep, geen noemenswaardige verschillen tussen elektrische en conventionele fietstypen omtrent de kans op een meervoudig ongeval met overig verkeer en enkelvoudige ongevallen (zie bijlage 1b voor een visuele vergelijking). Het is echter wel belangrijk te onderkennen dat de alternatieve groepsindeling leidt tot kleinere groepen, en dus gepaard gaan met grotere onzekerheidsmarges, voorzichtigheid bij de interpretatie blijft dus geboden.

Naast de bovenstaande onderzoeken zijn er ook studies uitgevoerd op kleinere schaal: namelijk op de SEH-afdelingen van één of meerdere ziekenhuizen in Nederland (zie tabel 2). Deze studies vergeleken de incidentie van verschillende soorten letsel en de letselernst van fietsers die terecht zijn gekomen op de SEH na een ongeval op een conventionele of een elektrische fiets.

Twee van de vijf studies rapporteren de aard van de ongevallen en concluderen dat de meerderheid bestond uit enkelvoudige ongevallen van zowel conventionele (61%; 79%) als elektrische (58%; 74%) fietsers (respectievelijk vermeld in Poos et al., 2017 en Verstappen et al., 2021). Aanvullend rapporteren Verstappen et al. (2021) dat de meervoudige ongevallen m.n. bestonden uit botsingen met andere fietsers (fietsers: 37%, e-fietsers: 50%) of automobilisten (fietsers: 37%; e-fietsers: 40%).

Tabel 2: Overzicht van gepubliceerde artikelen waarin type verwondingen en letselernst vergeleken wordt tussen conventionele en elektrische fietsers uit Nederland.

Auteurs	Type verwondingen ¹	Periode	Fiets (n)	E-Fiets (n)
De Guerre et al. (2020)	Meerdere	2007-2017	1655	58
Poos et al. (2017)	Meerdere	2016-2017	368	107
Verbeek et al. (2021)	TBI	2016-2017	455	379
Verstappen et al. (2021)	Meerdere	2018	91	78
Van der Zaag et al. (2022)	Kaak- en aangezicht	2018-2019	238	73

¹ = n.a.v. een fietsongeval

Bij de geraadpleegde onderzoeken uit tabel 2 valt op dat de groepen e-fietsers op meerdere persoons gerelateerde kenmerken verschillen van de groepen conventionele fietsers. In de eerste plaats blijkt in al deze studies dat de groepen e-fietsers ouder waren dan de conventionele fietsers (Van der Zaag, et al., 2022; de Guerre, Sadiqi, Leenen, Oner, & van Gaalen, 2020; Poos, et al., 2017; Verbeek, de Valk, Schakenraad, Verbeek, & Kroon, 2021; Verstappen, et al., 2021). Daarnaast blijkt in twee studies dat de e-fietsers vaker comorbiditeit hadden en minder vaak alcohol hadden genuttigd dan conventionele fietsers (Van der Zaag, et al., 2022; Verstappen, et al., 2021). Ook bleek in één studie dat e-fietsers vaker medicatie (antistollingsmedicijnen) gebruikten (Verbeek et al., 2021). Verbeek et al. (2021), Verstappen et al. (2021), en van der Zaag et al. (2022) concludeerden dan ook dat na correctie voor persoons gerelateerde factoren, de ernst van het letsel niet verschilde tussen ongevallen van fietsers op een conventionele of een elektrische fiets. Ook werden geen verschillen in het type opgelopen letsel (Verstappen, et al., 2021) en de hoeveelheid diagnoses van TBI gevonden (Verbeek, de Valk, Schakenraad, Verbeek, & Kroon, 2021). Het onderzoek van Poos et al. (2017) leidde initieel tot vergelijkbare conclusies, maar na aanvullende analyses van twee groepen fietsers en e-fietsers (o.b.v. *propensity-score matching*) bleek dat e-fietsers ernstiger en vaker meervoudig gewond raakten dan conventionele fietsers met vergelijkbare leeftijd, geslacht, en comorbiditeit. Dit komt deels overeen met de bevindingen van de Guerre et al. (2020), die vonden dat e-fiets ongevallen een risicofactor waren voor het oplopen van meerdere verwondingen (multitrauma). Tegelijkertijd bleek dat ook leeftijd één van de voorspellende factoren was voor multitrauma. Er kan dus geconcludeerd worden dat factoren als leeftijd, comorbiditeit, medicatie, en alcoholgebruik bepalend zijn voor het type en de ernst van het letsel na een fietsongeval, wellicht bepalender dan het type fiets. Toch kan het type fiets niet volledig uitgesloten worden als risicofactor, omdat e-fietsers relatief vaak meervoudig gewond raken. Bovendien is fietsen met een hogere snelheid ook een risicofactor voor TBI, en zijn er aanwijzingen dat men op een elektrische fiets hogere snelheden kan rijden dan op een conventionele fiets (zie paragraaf 3.1).

Ter conclusie wordt een overzicht van bovenstaande publicaties gepresenteerd in tabel 3 en tabel 4, waarin ook de bronnen, de onderzoeksperioden, (co)variabelen, correctiefactoren, en/of relevante voorspellers in de analysemodellen zijn weergegeven. De factoren waarvan het duidelijk was dat die (mede) doorslaggevend zijn voor de uitkomstmaat zijn dikgedrukt, wat het beeld bevestigt dat factoren zoals leeftijd, geslacht, en fietsgebruik minstens zo belangrijk zijn om (verschillen in) aantal ongevallen, risico, en letselernst te verklaren, als het type fiets. Het is dus belangrijk om deze variabelen mee te wegen bij alle analyses, en het wordt aangeraden consensus te bereiken over welke variabelen dit dienen te zijn en hoe deze gemeten dienen te worden. Dit is belangrijk om onderzoeken beter vergelijkbaar te maken en trends vast te stellen over de tijd. Een voorbeeld waarover consensus kan worden bereikt is de

expositiemaat, waarbij het aantal gefietste kilometers als betrouwbaarder expositiemaat kan worden gerekend dan bijvoorbeeld fietsfrequentie.

Tot slot is er een recent onderzoek gepubliceerd waarbij zelfgerapporteerde fietsongevallen zijn onderzocht. De Geus, Ampe, Van Cauwenberg, Schepers, en Meeusen (2023) hebben 1919 fietsers (ouder dan 40 jaar) uit Nederland en Vlaanderen gevraagd of zij betrokken zijn geweest bij een fietsongeval middels een (online) vragenlijst. Naast gegevens over het ongeval zijn de participanten gevraagd naar socio-demografische factoren (o.a., leeftijd en geslacht), gezondheid gerelateerde factoren (o.a. *Body Mass Index*; BMI), en ervaren beperkingen gerelateerd aan het fietsen (fysiek en mentaal). Daarnaast zijn data verzameld over het gebruikte type fiets (conventioneel of elektrisch) en hoe vaak men over het algemeen fietst (fietsfrequentie). Uit de analyses bleek dat vrouwen significant vaker een ongeval hadden gehad met een elektrische fiets dan mannen. Daarnaast bleek de meerderheid van de ongevallen enkelvoudig: 61.1% (fiets: 57.6% e-fiets: 67.5%). De meest gerapporteerde oorzaken van ongevallen van conventionele fietsers bleken een val tijdens het fietsen (36.6%), een aanrijding met een motorvoertuig (26.9%), of een aanrijding met een obstakel (13.1%). Het meest voorkomende type ongevallen met een elektrische fiets was vergelijkbaar met een conventionele fiets, namelijk veroorzaakt door een val tijdens het fietsen (31.9%). Aanrijdingen met een andere fietser of voetganger bleek echter de eerstvolgende meest frequente categorie ongevallen (15.5%, tegenover 7.4% bij conventionele fietsers), een type ongeval dat iets vaker voorkwam dan vallen tijdens het op- of afstappen (14.7%; conventionele fietsers: 6.3%).

Op basis van een stapsgewijze regressieanalyse, gecorrigeerd voor leeftijd, geslacht, mentale beperkingen, fietsfrequentie, en regio, bleek dat het elektrische fietstype gerelateerd was aan een hogere waarschijnlijkheid van het rapporteren van een fietsongeval. Daarnaast werden er hoofdeffecten gevonden voor fietsfrequentie en mentale beperkingen. M.a.w.: fietsers die vaker fietsen en/of meer mentale beperkingen ervaren tijdens het fietsen hebben een grotere waarschijnlijkheid om betrokken te raken bij een fietsongeval, ongeacht het type fiets. Op het gebied van leeftijd bleek er alleen een interactie-effect met geslacht: oudere mannen hebben een verlaagde waarschijnlijkheid om bij een ongeval betrokken te raken. Dit is opvallend, omdat oudere fietsers juist oververtegenwoordigd zijn bij fietsongevallen. De auteurs geven als mogelijke verklaring dat m.n. de hoge kwetsbaarheid van ouderen de (slechte) afloop van een ongeval verklaart, en niet een verhoogde kans op het optreden van een ongeval (De Geus, Ampe, Van Cauwenberg, Schepers, & Meeusen, 2023). Het is dan wellicht niet zozeer de factor leeftijd die doorslaggevend is, maar de ervaren beperkingen die samengaan met een hogere leeftijd. M.a.w.: zolang men kan compenseren voor deze beperkingen, hoeft een hogere leeftijd geen probleem te zijn om veilig te kunnen fietsen. Echter, wanneer er een ongeval optreedt, zijn de gevolgen ook snel ernstig. Een beperking van dit onderzoek was dat de participanten werd gevraagd naar hoe vaak ze fietsten (frequentie als expositiemaat) waardoor een deel van het verschil mogelijk te verklaren is doordat fietsers met een elektrische fiets grotere afstanden kunnen fietsen dan met een conventionele fiets en daarmee langer blootgesteld staan aan gevaren in het verkeer.

Tabel 3: Een overzicht van de onderzoeken en publicaties met als hoofddoel het vergelijken van conventionele en e-fietsers op het gebied van het aantal ongevallen, ongevalsrisico, en/of het type verwondingen na een behandeling op de SEH n.a.v. een fietsongeval. De dikgedrukte variabelen waren (ook) voorspellende of verklarende factoren voor het aantal ongevallen, ongevalsrisico, en/of verwondingstype(n).

Afkortingen: LIS= Letsel Informatie Systeem, BMI= Body Mass Index.

Onderzoek / Publicatie	Bron	Periode	(Co)Variabelen / Correcties / Voorspellers in Model	Vershil Fiets / E-Fiets
Kruijer et al. (2012)	Slachtoffers o.b.v. LIS	2011-2012	Leeftijd , Geslacht	Geen verschil ¹
Van Boggelen et al. (2013)	Slachtoffers o.b.v. LIS	2011-2012	Leeftijd , Geslacht , Fietsafstand	Geen verschil ²
Schepers et al. (2014)	Slachtoffers o.b.v. LIS & Controlegroep ³	2011-2012	Leeftijd , Geslacht , Fietsfrequentie	Hoger risico E-Fietsers ⁴
Valkenberg et al. (2016)	Slachtoffers o.b.v. LIS & Referentiegroep ³	2016	Leeftijd , Geslacht , Gezondheidsfactoren, Fietsfrequentie, Geschatte Fietsafstand	Geen verschil
Schepers et al. (2018)	Slachtoffers o.b.v. LIS & Controlegroep ³	2016	Leeftijd, Geslacht, Medicatie, Morbiditeit, BMI, Fietsfrequentie, Fietsafstand	Geen verschil
Schepers et al. (2020)	Slachtoffers o.b.v. LIS & Controlegroep ³	2016	Leeftijd , Geslacht , Medicatie ⁵ , Morbiditeit, Coördinatie & Balansproblemen , BMI, Fietsfrequentie, Fietsafstand	Geen verschil
Krul et al. (2022)	Slachtoffers o.b.v. LIS & Referentiegroep ³	2020	Leeftijd , Geslacht , Fietskilometers , BMI , Medicijngebruik, Lichamelijke klachten	Hoger risico E-Fietsers

Onderzoek / Publicatie	Bron	Periode	(Co)Variabelen / Correcties / Voorspellers	Type Verwondingen	Vershil Fiets / E-Fiets
De Guerre et al. (2020)	SEH Behandelingen UMC Utrecht (L1)	2007-2017	Leeftijd , Geslacht, Multitrauma , 'Niet-Reguliere' Fietsongevallen, 1- of 2-zijdig, Cerebrale Bloedingen	Niet Specifiek	Mortaliteit: Geen Verschil
Poos et al. (2017)	SEH Behandelingen UMC Groningen	2014-2016	Leeftijd, Geslacht, Comorbiditeit ⁶	Niet Specifiek	Aantal Opnames: Geen Verschil ⁷
Verbeek et al. (2019)	SEH Behandelingen Noordwest Ziekenhuisgroep	2016-2017	Leeftijd, Geslacht, Snelheid , Antistollingsmedicatie , Alcoholgebruik	Traumatisch Hersenletsel	Aantal TBI Opnames: Geen Verschil
Verstappen et al. (2020)	SEH Behandelingen VieCuri MC Venlo	2018	Leeftijd , Geslacht, Comorbiditeit , BMI, Snelheid, Alcoholgebruik, e.a.	Niet Specifiek	Type Verwondingen: Geen Verschil ⁸
Van der Zaag et al. (2022)	SEH patiënten uit 4 Ziekenhuizen in Noord Nederland	2018-2019	Leeftijd , Alcoholgebruik , Comorbiditeit	Fracturen Kaak / Aangezicht	Incidentie: Geen Verschil

1: Een gedegen risico indicatie bleek niet mogelijk o.b.v. de data. Voorzichtigheid bij de interpretatie is dus geboden.

2: Grote onzekerheidsmarges: wel verhoogd risico e-fietsers boven de 60 jaar, in versterkte mate voor oudere vrouwen.

3: De controlegroep / referentiegroep bestond uit een representatieve groep (e-)fietsers die geen ongeval hebben gehad.

4: Oudere vrouwen met een elektrische fiets hebben een lager risico dan mannen.

5: Anti-epileptica.

6: Propensity-score matching analyse.

7: Opname duur van e-fietsers was wel langer dan conventionele fietsers. Er worden geen uitspraken gedaan over de rol van individuele correctiefactoren.

8: Uitzondering: relatief meer e-fietsers hadden verwondingen aan de borstkas en aan de huid / zacht weefsel.

Tabel 4: Een overzicht van de studies met als hoofddoel het vergelijken van de letselernst tussen conventionele en e-fietsers na een behandeling op de SEH n.a.v. een fietsongeval. De dikgedrukte variabelen waren (ook) voorspellende of verklarende factoren voor ernstig letsel. Afkortingen: LIS= Letsel Informatie Systeem, BMI= Body Mass Index.

Onderzoek / Publicatie	Bron	Periode	(Co)Variabelen / Correcties / Voorspellers in Model	Verskil Fiets / E-Fiets
Kruijer et al. (2012)	Slachtoffers o.b.v. LIS	2011-2012	Leeftijd , Geslacht	Geen verschil
Van Boggelen et al. (2013)	Slachtoffers o.b.v. LIS	2011-2012	Leeftijd, Geslacht, Fietsfrequentie, Fietsafstand	Geen verschil
Schepers et al. (2014)	Slachtoffers o.b.v. LIS & Controlegroep ¹	2011-2012	Leeftijd , Geslacht, Fietsfrequentie, Gezondheid, Fysieke klachten, Snelheid	Geen verschil
Valkenberg et al. (2016)	Slachtoffers o.b.v. LIS & Referentiegroep ¹	2016	Leeftijd , Geslacht	Geen verschil
Schepers et al. (2018)	Slachtoffers o.b.v. LIS & Controlegroep ¹	2016	Leeftijd , Geslacht , Fietsfrequentie, Medicatie, Morbiditeit, Snelheid, BMI	Geen verschil
Schepers et al. (2020)	Slachtoffers o.b.v. LIS & Controlegroep ¹	2016	Leeftijd , Geslacht , Medicatie, Morbiditeit, BMI, Fietsfrequentie, Fietsafstand	Geen verschil
Krul et al. (2022)	Slachtoffers o.b.v. LIS & Referentiegroep ¹	2020	Leeftijd , Geslacht	Lager aandeel ernstig letsel E-Fietsers

Onderzoek / Publicatie	Bron	Periode	(Co)Variabelen / Correcties / Voorspellers	Type Verwondingen	Verskil Fiets / E-Fiets
De Guerre et al. (2020)	SEH Behandelingen UMC Utrecht (L1)	2007-2017	Leeftijd , Geslacht, Multitrauma , 'Niet-Reguliere' Fietsongevallen, 1- of 2-zijdig, Cerebrale Bloedingen	Niet Specifiek	E-Fiets = Risicofactor voor Multitrauma
Poos et al. (2017)	SEH Behandelingen UMC Groningen	2014-2016	Leeftijd, Geslacht, Comorbiditeit ²	Niet Specifiek	E-Fiets = Vaker Meervoudig Ernstig Gewond ³
Verbeek et al. (2019)	SEH Behandelingen Noordwest Ziekenhuisgroep	2016-2017	Leeftijd, Geslacht, Snelheid , Antistollingsmedicatie , Alcoholgebruik	Traumatisch Hersenletsel	Aantal TBI Opnames: Geen Verschil
Verstappen et al. (2020)	SEH Behandelingen VieCuri MC Venlo	2018	Leeftijd , Geslacht, Comorbiditeit , BMI, Snelheid, Alcoholgebruik, e.a.	Niet Specifiek	Type Verwondingen: Geen Verschil ⁶
Van der Zaag et al. (2022)	SEH patiënten uit 4 Ziekenhuizen in Noord Nederland	2018-2019	Leeftijd , Alcoholgebruik , Comorbiditeit	Fracturen Kaak / Aangezicht	Incidentie: Geen Verschil

1: De controlegroep / referentiegroep bestond uit een representatieve groep (e-)fietsers die geen ongeval hebben gehad.

2: Propensity-score matching analyse.

3: Letsel aan de schedel was ook ernstiger bij fietsers met een elektrische fiets.

2.3. Context

Uit bovenstaande cijfers en analyses blijkt dat het merendeel van de ongevallen met een elektrische fiets in Nederland enkelvoudig is ($\pm 70\%$). Dit geldt ook voor ongevallen met conventionele fietsen. Uit een aantal onderzoeken blijkt dat ongevallen met elektrische fietsen vaker enkelvoudig waren dan ongevallen met conventionele fietsen, al geven de meest recente cijfers aan dat dit verschil vermindert of zelfs verdwijnt. Desalniettemin kan geconcludeerd worden dat fietsers op een (elektrische) fiets het grootste risico lopen op een enkelvoudig ongeval, m.a.w.: een ongeval waarbij geen andere weggebruikers betrokken zijn. Het type ongevallen van fietsers op een elektrische fiets past bovendien grotendeels bij het type ongevallen dat oudere fietsers treft. Ouder worden gaat gepaard met functieverliezen die de kans op een enkelvoudig ongeval verhogen, zoals verminderingen in balans, fysieke kracht, reactietijd, en het gezichtsveld (Schepers, Weijermars, Boele, Dijkstra, & Bos, 2020). Hierdoor zijn oudere fietsers op de elektrische fiets relatief vaak betrokken bij (enkelvoudige) ongevallen zoals vallen tijdens het op- en afstappen, tegen een obstakel aan fietsen, of van de weg af raken (Schepers, Weijermars, Boele, Dijkstra, & Bos, 2020).

Wanneer alle bevindingen in context geplaatst worden, is de invloed van andere weggebruikers op de ongevallen van fietsers met een elektrische fiets relatief beperkt. Gezien het hoge aantal elektrische fietsen onder ouderen en de huidige (vergrijzende) bevolkingssamenstelling in Nederland, is het aan te raden om prioriteit te geven aan het voorkomen en/of het beperken van de gevolgen van enkelvoudige fietsongevallen in het algemeen, en niet per se specifiek voor de gebruiker van een elektrische fiets. Het is echter belangrijk te onderkennen dat een deel van de fietsongevallen meervoudig is, waarbij betrokkenheid van een (gemotoriseerd) voertuig van de andere weggebruiker belangrijk is voor de (eventueel dodelijke) afloop.

Afhankelijk van het type ongeval (meervoudig of enkelvoudig) verschilt de rol van andere weggebruikers in de ongevalsregistratie. Bij meervoudige ongevallen is er per definitie sprake van een tegenpartij en wordt de andere weggebruiker als zodanig geregistreerd. Het is echter niet uitgesloten dat interacties met andere weggebruikers ook (deels) van invloed zijn op het ontstaan van enkelvoudige ongevallen. Een deel van de slachtoffers hebben aangegeven dat het gedrag van een andere weggebruiker een rol heeft gespeeld bij het ontstaan van een fietsongeval. Zo kan het bijvoorbeeld voorkomen dat men moet uitwijken voor een andere weggebruiker en hierdoor in de berm ten val komt, of kan een voorliggende weggebruiker het zicht op een naderend paaltje ontnemen waardoor deze niet meer te ontwijken is (zie bijvoorbeeld Davidse et al., 2014a; 2014b; Westerhuis & De Waard, 2016; Boele-Vos et al., 2017). Op basis van SWOV-dieptestudies uit 2014 bleek namelijk dat interacties met andere weggebruiker van invloed waren op ongeveer de helft van de geanalyseerde ongeval scenario's van oudere fietsers, terwijl voertuigfactoren hier slechts een beperkte invloed op hadden. Ondanks dat de steekproeven bestonden uit ongevallen van zowel conventionele als elektrische fietsers, bleken zadelhoogte en de remmen de meest bepalende voertuigfactoren. Dit zou erop kunnen wijzen dat de interacties voorafgaand aan enkelvoudige ongevallen ook overeenkomen tussen conventionele en elektrische fietsers. Echter, vanwege de beperkte steekproefgrootte en de snel voorgaande ontwikkelingen op het gebied van technologie en gebruik van elektrische fietsen sinds de uitvoering van dit onderzoek, kan dit niet zonder meer gegeneraliseerd worden naar de huidige tijd en situatie. Hierom is meer recent wetenschappelijk onderzoek geraadpleegd omtrent concrete interacties van e-fietsers met andere weggebruikers in paragraaf 3.3.

Tot slot is het nuttig op te merken dat er ook verjonging van de e-fiets populatie plaatsvindt: het aandeel e-fietsen onder scholieren en studenten lijkt toe te nemen. Omdat dit ook een groep is die een verhoogd risico heeft op een ongeval (bijvoorbeeld door kenmerken als overschatting van de eigen capaciteiten en ongeremdheid) is het aan te raden deze ontwikkeling scherp te volgen.

2.4. Beperkingen

Bovengenoemde onderzoeken kennen een aantal beperkingen. Zo worden verschillende formaten steekproeven gehanteerd, waarbij sommige vergelijkingen op relatief kleine aantallen zijn gebaseerd, m.n. bij de aantallen elektrische fietsen. Hierdoor is het mogelijk dat significante verschillen tussen fietstypen niet aangetoond kunnen worden. Daarnaast worden tussen studies verschillende vormen van correcties toegepast, bijvoorbeeld voor de hoeveelheid fietsgebruik of expositie. Binnen dezelfde correctiefactoren worden ook weleens verschillende categorieën, inclusie- en exclusiecriteria, en afkappunten gebruikt, wat het vergelijken van onderzoeken bemoeilijkt. Ook zijn (delen van) de data afkomstig uit de periode waarin de Covid pandemie heerste, waardoor trends mogelijk niet helemaal representatief zijn voor tijden waarin geen Covid-maatregelen van kracht zijn.

2.5. Conclusies

2.5.1. Dodelijke ongevallen

- In absolute zin waren er in de afgelopen drie jaren meer verkeersdoden te betreuren onder conventionele fietsers dan onder fietsers met een elektrische fiets in Nederland.
- Na correctie voor (landelijk) afgelegde kilometers is er op het eerste gezicht een hogere kans op een dodelijk ongeval wanneer men op een elektrische fiets rijdt, maar:
 - Relatief veel ouderen bezitten een elektrische fiets, terwijl het overgrote deel van de jonge(re) mensen een conventionele fiets bezit. Ouderen fietsen dan ook de meeste kilometers op een elektrische fiets, waar jonge(re) mensen de meeste kilometers op een conventionele fiets afleggen.
 - Ouderen vormen een kwetsbare groep verkeersdeelnemers: door leeftijd gerelateerde achteruitgang hebben zij een hoger risico om (ernstig) gewond te raken bij een ongeval. Zij zijn fysiek kwetsbaarder en gaan ook cognitief achteruit (ze worden bijvoorbeeld trager in reactie).
- Na correctie voor leeftijd verdwijnt het verhoogde risico voor elektrische fietsers grotendeels. Omdat bij de registratie van het type fiets onbekend is in hoeverre e-fietsen mogelijk ten onrechte als conventionele fietsen worden aangemerkt, is het nog te vroeg om uitspraken te doen over de exacte verhouding ongevallen elektrische vs. conventionele fietsen.
- Op basis van de huidige data blijkt het type tegenpartij bij dodelijke ongevallen niet sterk te verschillen tussen conventionele fietsers en fietsers op een elektrische fiets.
 - Om het aantal verkeersdoden onder (elektrische) fietsers door ongevallen met andere weggebruikers te verminderen, blijkt de grootste veiligheidswinst te halen bij interacties met personenauto's, gevolgd door bestelauto's, vrachtauto's / bussen, en andere fietsers.

2.5.2. Ongevallen met ernstig letsel

- Er gebeuren relatief veel (ernstige) ongevallen met elektrische fietsen. Bij initiële analyses wordt veelal een hoger risico en een hogere letselernst gevonden van elektrische fietsers in het algemeen.

- Ook bij dit type ongevallen spelen de kenmerken van de fietser een belangrijke rol.
- Na correctie voor (persoon gerelateerde) factoren als leeftijd, geslacht, en expositie, blijkt een groot deel van de gevonden onderzoeken uit te wijzen dat er geen grote verschillen meer zijn tussen ongevallen met elektrische en conventionele fietsen. Andere factoren die een rol spelen zijn o.a. comorbiditeit, mentale problemen, alcoholgebruik, geslacht, en ervaring met de (elektrische) fiets.
- Resultaten op het gebied van ongevalsrisico zijn conflicterend. De meeste studies in Nederland wijzen uit dat er geen groot verschil is tussen de risico's op een conventionele of elektrische fiets na correctie voor factoren als leeftijd en expositie. Wel wordt er in verschillende onderzoeken een verhoogd ongevalsrisico van oudere vrouwen op een elektrische fiets gevonden.
- De meeste literatuur wijst uit dat er een vergelijkbare letselernst bestaat tussen ongevallen met conventionele of elektrische fietsen. Het recente VeiligheidNL rapport wijst er zelfs op dat e-fietsers minder ernstig gewond raken in Nederland. Daartegenover staan ook enkele indicaties dat e-fietsers vaker meervoudig gewond raken.
- Het meest voorkomende type ongeval betreft enkelvoudige ongevallen waarbij geen andere weggebruikers betrokken zijn. Hoewel de meeste studies uitwijzen dat het aandeel enkelvoudige ongevallen groter is bij elektrische fietsen dan bij conventionele fietsen, wijzen de meest recente cijfers uit dat dit verschil afneemt.
- Risicoanalyses zijn gevoelig voor de kwaliteit van de data. Daarnaast zijn de keuzes die onderzoekers maken over de te gebruiken correctiefactoren, categorieën, indelingen, afkappunten, etc., cruciaal voor de uitkomst ervan. De meer recentere studies houden rekening met uitgebreidere expositiegegevens, namelijk gereden kilometers i.p.v. fietsfrequentie.

2.5.3. *Invloed van andere weggebruikers*

- Er zijn relatief weinig statistieken beschikbaar die inzicht geven in concrete verschillen in de invloed van andere weggebruikers op ongevallen van conventionele en elektrische fietsers. Veelal is de beschikbare informatie beperkt tot aantallen en percentages botsingen per type tegenpartij bij meervoudige ongevallen.
- Op het gebied van meervoudige ongevallen zijn er geen grote verschillen gebleken tussen conventionele en elektrische fietsen in Nederland. Op basis van de gevonden data is de tegenpartij veelal een andere fietser of een automobilist, en dit komt ongeveer even vaak voor.
- Ongevallen met gemotoriseerd verkeer zijn vaker dodelijk dan ander type ongevallen. De meeste dodelijke ongevallen van zowel conventionele als elektrische fietsers vinden plaats met een automobilist als tegenpartij.
- Een deel van de slachtoffers van een fietsongeval geeft aan dat een andere weggebruiker invloed heeft gehad op het ontstaan van het ongeval. Hierom is het niet uit te sluiten dat interacties met andere weggebruikers mogelijk *wel voorafgaan* aan een deel van de fietsongevallen; deze ongevallen komen in de statistieken terecht als enkelvoudige ongevallen.
- Experimenteel of observatieonderzoek kan meer licht werpen op concrete interactieverschillen (zie paragraaf 3.3).

3. Literatuuroverzicht

De literatuur zoekopdracht leverde artikelen op die globaal in te delen waren in vier categorieën: gebruikswijze van de (elektrische) fiets, oudere fietsers, snelheid, en interacties. Omdat m.n. de gebruikersgroep (ouderen) en (fiets)snelheid relevante factoren zijn om interacties van elektrische fietsers met andere weggebruikers te kunnen beschrijven, wordt er eerst een beknopt overzicht gegeven van deze twee categorieën, gevolgd door het overzicht van de bevindingen op het gebied van interacties. Hierbij zal de nadruk liggen op verschillen tussen (fietsers op) conventionele en elektrische fietsen.

3.1. Snelheid

Omdat de elektrische fiets ondersteunt bij het trappen is er minder (fysieke) inspanning nodig om snelheid te maken dan op een conventionele fiets (Theurel, Theurel, & Lepers, 2012). De literatuur is echter niet geheel eenduidig of deze ondersteuning ertoe leidt dat mensen op een elektrische fiets ook met een hogere snelheid fietsen dan op een conventionele fiets. Zo vonden Westerhuis en De Waard (2016) in een *naturalistic cycling* studie, waarbij zij een groep van 20 fietsers (≥ 50 jaar) op een conventionele en 10 fietsers op een elektrische fiets uit Nederland een week lang volgden in hun dagelijkse fietsactiviteiten, geen significante verschillen tussen de gereden snelheid op een conventionele of een elektrische fiets. Een vergelijkbare uitkomst werd gevonden door Jelijs, Heutink, De Waard, Brookhuis en Melis-Dankers (2020), o.a. in een controlegroep van 10 gezonde fietsers die op zowel een conventionele als een elektrische fiets een route hebben gefietst. Een mogelijke verklaring voor deze bevindingen zou kunnen zijn dat de groepen e-fietsers relatief klein waren en wellicht in hun snelheidskeuze beperkt werden door het aanwezige verkeer. Kováčsová et al. (2016) vonden in een experimentele setting namelijk dat mensen gemiddeld iets sneller fietsen op een elektrische fiets dan op een conventionele fiets wanneer zij vrije snelheidskeuze hebben. Dit werd bevestigd door Twisk et al. (2021), die tevens concludeerden dat het snelheidsverschil omgevingsafhankelijk is: binnen de bebouwde kom werd een toename van ± 2.3 km/h gemeten, terwijl men buiten de bebouwde kom ± 4 km/h sneller reed op een elektrische fiets. Bij een grote meting in 2022, onder 1500 conventionele fietsers en 2300 fietsers op een elektrische fiets, die passeerden in vrije (ongehinderde) omstandigheden, bleek dit verschil iets hoger: e-fietsers reden ongeveer 3 km/h sneller (Rijksoverheid, 2022). Opvallend was echter dat e-fietsers buiten de bebouwde kom langzamer fietsten dan in de stad; een bibeko-bubeko verschil dat niet gevonden werd bij conventionele fietsers. De variatie in snelheid (m.a.w.: het snelheidspatroon) blijkt niet te verschillen tussen fietsers op een conventionele of een elektrische fiets (Twisk, Stelling, Van Gent, De Groot, & Vlakveld, 2021). Wel kunnen fietsers op een elektrische fiets sneller accelereren vanuit stilstand dan op een conventionele fiets, en dit geldt met name voor oudere fietsers (Kováčsová, et al., 2016). Mogelijk kan een e-fiets dus (deels) compenseren voor de effecten van veroudering door ouderen te ondersteunen bij lagere snelheden.

Onderzoeken uit het buitenland wijzen globaal in dezelfde richting. Op basis van twee *naturalistic cycling* studies, uitgevoerd in Zweden en Duitsland, werd geconcludeerd dat men gemiddeld sneller fietst op een elektrische fiets dan op een conventionele fiets (Dozza, Piccinini, & Werneke, 2016; Schleinitz, Petzoldt, Franke-Bartholdt, Krems, & Gehlert, 2017). Binnen deze groep bleek dat, wanneer fietsers overstappen van een conventionele naar een elektrische fiets, ze gaan fietsen met een hogere snelheid (gemiddeld $+1.5$ tot $+5$ km/h; Huertas-Leyva, Dozza, & Baldanzini, 2018). Schleinitz et al. (2017) vonden dat e-fietsers gemiddeld 2 km/h sneller reden dan conventionele fietsers, maar een belangrijke kanttekening die zij hierbij maakten is dat deze snelheidsverschillen met name optraden op specifieke

fietsinfrastructuur en op wegen waar men vrij was om een eigen snelheid te kiezen. Volgens de auteurs zijn de data echter dusdanig onderhevig aan populatieverschillen (i.e., gebruikersgroepen), dat ook niet uit te sluiten valt dat er helemaal geen snelheidsverschillen zijn in de praktijk. Het is dus onduidelijk of de hogere snelheid van een e-fiets leidt tot een hoger ongevalsrisico (Schleinitz, Petzoldt, Franke-Bartholdt, Krems, & Gehlert, 2017). Wel kan geconcludeerd worden dat wanneer het zo is dat men sneller rijdt op een e-fiets, deze verhoogde snelheid relatief beperkt is.

3.2. Oudere fietsers

Van Cauwenberg, Schepers, Deforche, en De Geus (2019) vonden dat fietsen voor ouderen (65+ jaar) gerelateerd is aan het ervaren van een groter 'leefgebied' dan niet fietsen: een bevinding die geldt voor ouderen met zowel conventionele als elektrische fietsen. Wel kunnen oudere fietsers moeilijkheden ervaren wanneer zij over hun schouder moeten kijken en richting aangeven (Kováčová, et al., 2016). Daarnaast hebben zij langere reactietijden dan jongere fietsers. Op- en afstapmethoden zijn met name afhankelijk van leeftijd en geslacht, en minder van fietstype (Twisk, Platteel, & Lovegrove, 2017; Dubbeldam, Baten, Straathof, Buurke, & Rietman, 2017). Vergeleken met een conventionele fiets, gaat opstappen op een elektrische fiets minder stabiel tijdens het verplaatsen van de voeten naar de pedalen (van 0 naar 6 km/h), maar juist stabielere wanneer daarna een stabiele kruissnelheid bereikt wordt (van 6 naar 10 km/h; Twisk, Platteel, & Lovegrove, 2017). Dit geldt nog sterker wanneer iemand relatief zwakke spierkracht heeft: de eerste fase verloopt dan nog instabieler, waar het compenserend vermogen van een elektrische fiets tijdens de tweede fase optreedt. Dit kan dus mogelijk een verklaring zijn voor het hogere ongevalsrisico van oudere fietsers op een elektrische fiets (Twisk, Platteel, & Lovegrove, 2017).

Vlakveld, et al. (2015) hebben de gekozen rijnsnelheid van oudere en jongere fietsers op conventionele en elektrische fietsen vergeleken o.b.v. een experiment waarin zowel mentaal belastende situaties (complexe kruisingen) als minder complexe situaties (rechte secties) werden gepasseerd. Zij concludeerden dat oudere fietsers sneller rijden op een elektrische fiets dan op een conventionele fiets, maar dat dit verschil groter was in simpele situaties (+3.6km/h) dan in complexe situaties (+1.7km/h). Vergeleken met jongere fietsers, bleek dat de oudere fietsers op een e-fiets gemiddeld met een vergelijkbare snelheid reden als fietsers van middelbare leeftijd op een conventionele fiets. De mentale belasting verschilde niet tussen de fietstypen: dit was voornamelijk afhankelijk van de complexiteit van de situatie. De auteurs concluderen dat de hogere snelheid van een elektrische fiets kan zorgen voor een verhoogd ongevals- en letselrisico bij ouderen, omdat de mentale belasting in complexe situaties hoog is onafhankelijk van fietstype (Vlakveld, et al., 2015).

Studies uit het buitenland bevestigen dat fietsen bijdraagt aan de fysieke en mentale gezondheid van ouderen door een toename in zowel fysieke activiteit als interactie met de buitenomgeving (Leyland, Spencer, Beale, Jones, & Van Reekum, 2019). Dit is mogelijk zelfs sterker voor elektrische fietsen, dus het fysieke component lijkt niet per se doorslaggevend (Leyland et al., 2019). O.b.v. het *naturalistic cycling* onderzoek van Schleinitz et al. (2017) bleek over het algemeen geen snelheidsverschil tussen fietsers en e-fietsers, maar wel dat fietsers ouder dan 65 jaar langzamer reden dan jongere fietsers, ongeacht type fiets. Bovendien bleek leeftijd samen te hangen met de wijze van accelereren: hoe ouder, hoe trager de acceleratie (Schleinitz, Petzoldt, Franke-Bartholdt, Krems, & Gehlert, 2017). Men zou de e-fiets dus kunnen gebruiken om met minder moeite te accelereren, maar niet per se om hogere snelheden te halen.

3.3. Interacties met andere weggebruikers

Er is nog betrekkelijk weinig literatuur beschikbaar waarin specifiek de invloed van andere weggebruikers op de veiligheid van fietsers op een conventionele of een elektrische fiets vergeleken wordt. Niet iedere interactie is per definitie doorslaggevend voor de veiligheid, en hierom wordt onderzoek veelal gericht op het in kaart brengen van specifieke conflicten of kritieke gebeurtenissen. M.a.w.: “een observeerbare situatie waarin twee of meer weggebruikers elkaar naderen in ruimte en tijd op zodanige wijze dat er een risico bestaat op een botsing wanneer deze verplaatsingen ongewijzigd blijven” (Amundsen & Hyden, 1977; geciteerd in Van der Horst, de Goede, de Hair-Buijssen & Methorst, 2014; p.360). Een conflict-observatieonderzoek van fietsers op een fietspad in Amsterdam en Eindhoven wees uit dat conflicten op fietspaden zeer afhankelijk zijn van de locatie en inrichting (Van der Horst, de Goede, de Hair-Buijssen, & Methorst, 2014). Op de geobserveerde locaties werden voornamelijk conflicten van fietsers met kruisend verkeer geobserveerd (fietsers, brommers, en voetgangers), en in mindere mate ook met tegemoetkomend verkeer (bijvoorbeeld wanneer men een andere weggebruiker inhaalt terwijl er tegemoetkomende fietsers naderen). Conflicten met fietsers en/of brommers die zich in dezelfde rijrichting voortbewogen bleken relatief weinig voor te komen (Van der Horst, de Goede, de Hair-Buijssen, & Methorst, 2014).

Binnen de beschikbare literatuur waarin specifiek aandacht wordt besteed aan de elektrische fiets valt op dat de snelheid van fietsers op een elektrische fiets, en de perceptie hiervan door andere weggebruikers, de voornaamste doelen zijn van onderzoek. Dit is niet verwonderlijk, omdat de elektrische ondersteuning bij het trappen het primaire verschil is tussen de conventionele en de elektrische fiets. Over het algemeen kan aangenomen worden dat een hogere snelheid in het verkeer leidt tot een hogere kans op conflicten, omdat zowel de fietser zelf als zijn omgeving minder tijd heeft om een situatie te overzien, hierop te anticiperen, en te reageren. Bovendien bleek op basis van een focusgroep onderzoek, uitgevoerd in 2015 met Engelse en Nederlandse verkeersdeelnemers (fietsers en automobilisten), dat voornamelijk Nederlandse weggebruikers de stereotype verwachting hadden dat men op een elektrische fiets sneller fietst, hierdoor een hoger ongevalsrisico heeft, en dat niet iedereen zich hier goed aan aanpast (bijvoorbeeld ouderen; Large, Harvey, Burnett, & de Hair-Buijssen, 2016). Bovendien zou dit volgens hen het gedrag van e-fietsers moeilijk voorspelbaar maken.

In Zweden (regio Göteborg) werd het gedrag van 14 e-fietsers geobserveerd middels een *naturalistic cycling* methode (Dozza, Piccinini, & Werneke, 2016) en vergeleken met het gedrag van 20 conventionele fietsers uit een eerder (vergelijkbaar) onderzoek (Dozza & Werneke, 2014). Er werd gevonden dat fietsers op een elektrische fiets vaker betrokken waren bij kritieke gebeurtenissen dan fietsers op een conventionele fiets, maar dergelijke gebeurtenissen leidden minder vaak tot een botsing of een val dan bij conventionele fietsers. Opvallend was dat e-fietsers minder vaak conflicten hadden met andere fietsers en voetgangers (kwetsbare weggebruikers) dan conventionele fietsers, maar juist meer conflicten met gemotoriseerd verkeer. Dit komt mogelijk omdat automobilisten de snelheid van e-fietsers onderschatten omdat deze fietsen sterk lijken op conventionele fietsen. De kritieke gebeurtenissen vonden relatief vaak plaats op kruisingen (Dozza, Piccinini, & Werneke, 2016). Ondanks de hoge ecologische validiteit van dit onderzoek zijn de bevindingen wel gebaseerd op een relatief kleine steekproef, bestaande uit relatief jonge mensen (tussen 22 en 50 jaar), die deelnamen op een geïnstrumenteerde fiets.

Huertas-Leyva, Dozza, en Baldanzini (2018) hebben een subgroep van zes fietsers onderzocht die zowel hadden deelgenomen als conventionele en elektrische fietser aan de onderzoeken

van Dozza en Werneke (2014) en Dozza, Piccinini, en Werneke (2016). Op basis van een vergelijking van gereden snelheid en remgedrag bleek dat deze personen sneller fietsten op een e-fiets dan ze deden op de conventionele fiets, en dat ze ook vaker abrupt (ongepland) hadden geremd op de e-fiets. De onderzoekers beargumenteerden dat de hogere snelheid op de e-fiets kan leiden tot moeite met het voorspellen van de verkeersstromen door andere weggebruikers, waardoor men vaker abrupt (reactief) moet remmen dan op een conventionele fiets. Dit zou tevens betekenen dat afleiding ook gevaarlijker is op een e-fiets dan op een conventionele fiets (Huertas-Leyva, Dozza, & Baldanzini, 2018). Het grootste risico werd gerapporteerd voor interacties met automobilisten, gevolgd door fietsers en voetgangers.

De hypothese dat andere weggebruikers moeite kunnen hebben met het inschatten van de snelheid van fietsers op een elektrische fiets hebben Schleinitz, Petzoldt, Krems, en Gehlert (2016) onderzocht op basis van een video experiment. Uit de resultaten bleek dat mensen de inschatting maken dat naderende fietsers op een conventionele fiets eerder bij hen aankwamen dan fietsers op een elektrische fiets met een gelijke rijnsnelheid. Met andere woorden: op basis van het visueel zichtbare fietsgedrag schat men de snelheid van een conventionele fietser hoger in dan de snelheid van een e-fietser (Schleinitz, Petzoldt, Krems, & Gehlert, 2016). Op basis van een vervolggexperiment concludeerden de onderzoekers dat men de snelheid van e-fietsers niet onderschat omdat ze herkend worden als e-fietsers, maar omdat deze fietsers minder fysieke inspanning (een lagere cadans) tonen dan conventionele fietsers bij een gelijke snelheid (Schleinitz et al., 2016). Daarnaast bleken oudere proefpersonen de snelheid van fietsers ook consequent hoger in te schatten dan jongere fietsers (als observatoren). Dit kan wijzen op een verminderd vermogen van ouderen om het exacte traject van een naderend voertuig in te schatten (Schleinitz, Petzoldt, Krems, & Gehlert, 2016). Over het algemeen kunnen deze bevindingen wijzen op een grotere kans dat e-fietsers betrokken raken bij een ongeval waar zij ander verkeer kruisen, omdat zij eerder aankomen dan verwacht doordat zij ogenschijnlijk een lagere fysieke inspanning leveren dan verwacht wordt om de snelheid te bereiken.

Petzoldt, Schleinitz, Heilmann, & Gehlert (2017) hebben o.a. deze bevinding geverifieerd, ook o.b.v. de *naturalistic cycling* methode, door conflicten te vergelijken tussen conventionele en elektrische fietsers in het echte verkeer. In totaal hebben zij 175 conflicten geobserveerd over alle fietsers, maar bleken er geen verschillen in het aantal conflicten tussen de verschillende typen fietsen. Ook werden geen verschillen gevonden tussen oudere en jongere fietsers of mannen en vrouwen omtrent het betrokken raken bij een conflict. Conflicten met gemotoriseerd verkeer bestonden vooral uit incidenten waarbij geen voorrang verleend werd door een andere weggebruiker, bijvoorbeeld wanneer een automobilist rechtsaf sloeg en de baan van een fietser doorkruiste (Petzoldt, Schleinitz, Heilmann, & Gehlert, 2017). Een dergelijk conflict kwam vaker voor bij fietsers op een elektrische fiets dan op een conventionele fiets. Conflicten met andere fietsers bestonden met name uit inhalen, ingehaald worden, of het treffen van tegemoetkomende fietsers op een zeer kleine afstand. Onverwacht gedrag (bijvoorbeeld slingeren of plotseling remmen) waren daarbij bepalende factoren: dit gold m.n. voor conventionele fietsers. Conflicten met voetgangers vonden vooral plaats waar voetgangers de weg oversteken of waar zij fietsers tegemoet liepen en onverwacht in hun rijrichting uitkwamen (Petzoldt, Schleinitz, Heilmann, & Gehlert, 2017). De onderzoekers kwamen uiteindelijk tot de conclusie dat e-fietsers een tweemaal zo hoge kans hebben op een conflict bij een kruising dan conventionele fietsers. Daarnaast fietsten e-fietsers veelal ook met een hogere snelheid vlak voordat zij een conflict ervaarden dan conventionele fietsers. Petzoldt, Schleinitz, Heilmann, & Gehlert (2017) vonden dus bevestiging dat het verkeerd inschatten van de snelheid van e-fietsers kan leiden tot conflicten met automobilisten op kruisingen.

Een mogelijke oplossing voor kleinere tussenruimtes die automobilisten kiezen doordat ze e-fiets snelheden onderschatten (Petzoldt, Schleinitz, Gehlert, & Krems, 2017), is explicieter onderscheid mogelijk maken dat men op een elektrische fiets rijdt i.p.v. een conventionele fiets. Een andere kleur helm kan hier bijvoorbeeld aan bijdragen (Schleinitz & Petzoldt, 2019). De verschillen waren echter wel klein en gebaseerd op (beoordeling van) videobeelden, wat de taak wel kunstmatig maakt en waardoor de conclusies niet één op één kunnen worden doorvertaald naar een situatie waarin werkelijk deelgenomen wordt aan het verkeer. Andere mogelijke oplossingen en maatregelen bestaan uit het dragen van een helm om (hoofd)letsels te beperken (Schleinitz, Petzoldt, & Gehlert, 2018), het aanbieden van trainingen gericht op de elektrische fiets (Twisk, Platteel, & Lovegrove, 2017), of het implementeren van geavanceerde systemen op motorvoertuigen om ongevallen met fietsers te voorkomen en/of de gevolgen van een impact te verminderen. Dit is bijvoorbeeld mogelijk met speciale airbags voor kwetsbare weggebruikers, gecombineerd met een automatisch remsysteem dat het traject van een naderende fietser op botskoers kan voorspellen en kan ingrijpen (Van Schijndel-de Nooij, et al., 2010). Ook aanpassingen aan de fiets, zoals het instellen van de juiste zadelhoogte, een achteruitkijkspiegel, of in de infrastructuur, zoals het scheiden van fietsers en motorvoertuigen, het toepassen van snelheid reducerende maatregelen waar fietsers en motorvoertuigen elkaar ontmoeten, en/of het 'senior-proof' maken van wegen en fietspaden, kunnen bijdragen aan de veiligheid van (oudere) fietsers op zowel een conventionele als een elektrische fiets (Schepers, Weijermars, Boele, Dijkstra, & Bos, 2020).

3.4. Conclusies

- Fietsers rijden op een elektrische fiets gemiddeld sneller dan op een conventionele fiets, al is dit verschil niet erg groot.
- De hogere snelheid waarmee op een elektrische fiets wordt gereden t.o.v. een conventionele fiets is minder groot bij ouderen dan bij jongeren.
- Of de hogere snelheid op een e-fiets leidt tot een hoger ongevalsrisico is onbekend, de grootste snelheidsverschillen treden namelijk op in vrije omstandigheden waar e-fietsers niet interacteren met ander verkeer.
- Bij ouderen verloopt het opstappen en wegrijden op een elektrische fiets in eerste instantie moeizamer dan op een conventionele fiets, maar wanneer er een snelheid van 6km/h wordt bereikt gaat het balans houden juist beter op een elektrische fiets.
- Oudere fietsers hebben meer moeite met handelingen als over de schouder kijken, richting aangeven, balans houden bij het op- en afstappen, en tijdig reageren.
- Op- en afstapmethodes blijken hoofdzakelijk afhankelijk van leeftijd, niet van type fiets.
- Interacties waarbij conflicten optreden met elektrische fietsen zijn voornamelijk snelheid gerelateerd.
- De hogere snelheid van e-fietsers kan leiden tot een hogere naderingssnelheid bij kruisingen dan men zou aanhouden op een conventionele fiets.
- De snelheid van e-fietsers wordt wel eens onderschat: het is voor andere weggebruikers lastiger om het gedrag van e-fietsers te voorspellen in verkeersstromen.
 - Een lage cadans (trapfrequentie) kan worden gezien als een indicatie van rustig rijden, en dus tot de perceptie van een (te) lage snelheid van fietsers op een elektrische fiets leiden.
 - Misperceptie van snelheid kan leiden tot problemen met voorrang krijgen of verlenen.

- Fietsers op een elektrische fiets dienen vaker abrupt te remmen als reactie op het gedrag van een andere weggebruiker die had verwacht dat de e-fietser later aan zou komen.
 - De meeste interacties vinden plaats op locaties waar verkeersstromen elkaar kruisen (kruisingen).
 - Dit type interactie vindt relatief vaak plaats tussen e-fietsers en gemotoriseerd verkeer.
- Mogelijke maatregelen die in de literatuur worden genoemd om de veiligheid van fietsers op een elektrische fiets te vergroten zijn voornamelijk gericht op het verbeteren van de zichtbaarheid en de herkenbaarheid van e-fietsers, het ondersteunen van de snelheidsperceptie door andere weggebruikers, en het aanbieden van specifieke e-fiets trainingen.
- Oplossingen en maatregelen voor de fietsveiligheid in brede zin bestaan uit aanpassingen aan de fiets, aan de infrastructuur, het dragen van een helm, en/of het toepassen van geavanceerde letselpreventie- of reductiesystemen in motorvoertuigen die kunnen ingrijpen om een ongeval te voorkomen en/of de impact ervan beperken.

4. Het buitenland

4.1.1. Duitsland

Ook in Duitsland is het gebruik van de elektrische fiets over het laatste decennium sterk toegenomen (Gaster & Gehlert, 2022). Om uitspraken te kunnen doen over de effecten hiervan op de fietsongevallen in Duitsland, hebben Otte en Facius (2016) een vergelijking van gemaakt van ongevalsfactoren en verwondingen tussen fietsers op een conventionele of elektrische fiets in de periode 1999-2013. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de data omtrent elektrische fietsen vanaf 2011 zijn toegevoegd en de steekproef van e-fiets ongevallen dus veel kleiner was ($n = 64$) dan van conventionele fietsen ($n = 3608$). Wel hebben zij wegingsfactoren toegepast om de data te corrigeren. Zij concludeerden dat er geen verschil was tussen de frequentie en ernst van verwondingen tussen conventionele en elektrische fietsers, maar dat dit samenhangt met de leeftijd van de betrokken fietsers. Het meest voorkomend type letsel was hoofdletsel.

Omtrent de invloed van andere weggebruikers bleek dat e-fietsers relatief vaker bij een enkelvoudig ongeval betrokken waren dan conventionele fietsers (bijvoorbeeld botsingen met objecten, respectievelijk 36% en 18%). Van de meervoudige ongevallen waren de meeste met een automobilist als tegenpartij (fiets: 57%; e-fiets: 52%), en e-fietsers botsten vaker met kruisend verkeer dan conventionele fietsers. Er werd geen verschil in fietssnelheid gevonden ten tijde van een botsing.

Ook Weiss et al. (2018) hebben ongevallen tussen conventionele en e-fietsers vergeleken (in de periode 2012-2013). Zij concludeerden in een eerste analyse dat oudere e-fietsers een hoger risico hebben op een fietsongeval, maar na een vergelijking tussen ernstig gewonde ouderen met een conventionele of elektrische fiets bleek dat er geen verschil was tussen deze twee groepen. Zij concludeerden dus dat met name leeftijd het verhoogde risico op ernstige verwondingen verklaarde, en niet het type fiets. Dit komt overeen met de bevindingen van Lefarth et al. (2021), die eveneens concludeerden dat e-fietsers significant zwaarder gewond raken dan conventionele fietsers na een ongeval, maar de ernst van het letsel bleek voornamelijk afhankelijk te zijn van de leeftijd en comorbiditeit van de fietser.

Panwinkler en Holz-Rau (2021) deden onderzoek naar de oorzaken van enkelvoudige ongevallen met elektrische fietsen in de periode 2016-2017. Er werd geen vergelijking gemaakt met conventionele fietsers, maar zij concludeerden dat de oorzaken van e-fiets ongevallen met name gerelateerd waren aan de gebruiker en de wegomgeving. Zo bleek een te hoge snelheid, alcoholgebruik, en moeilijkheden met bergafwaarts fietsen tot de grootste kans op ernstige verwondingen te leiden. Andere factoren als problemen met aandacht, mentale (over)belasting, remproblemen, of infrastructuur-gerelateerde moeilijkheden (bijvoorbeeld, door stoepranden, objecten, of een slechte verharding) waren gerelateerd aan ongevallen met een minder ernstige afloop. Een beperking van dit onderzoek is dat het alleen absolute aantallen (enkelvoudige) ongevallen heeft vergeleken van fietsers met een elektrische fiets, en geen correctie voor leeftijd of expositie is toegepast. Een uitspraak doen over werkelijke risico's is dus niet mogelijk.

Haufe et al. (2022) hebben een uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar de effecten van de elektrische fiets op het behalen van de wekelijkse WHO-doelen op het gebied van (matige en intensieve fysieke) beweging. Hierbij hebben zij de fysieke activiteiten van 1250 e-fietsers met 629 conventionele fietsers vergeleken m.b.v. zogenaamde '*activity trackers*' (i.e., smartwatches met bewegingssensoren) die de (GPS) locatie, hartslag, en totale fietstijd vastlegden. Daarnaast werden de participanten gevraagd om vragenlijsten in te vullen over

hun dagelijkse fysieke activiteit, medische historie, en fietsgedrag, waarbij ze ook gevraagd werden naar ongevallen en bijna-ongevallen die ze hadden meegemaakt op de fiets. De eerste analyses wezen uit dat de groep met een elektrische fiets ouder was, een hogere BMI had, meer comorbiditeit had, meer aan vrijetijd gerelateerde fysieke activiteiten deed, en minder aan oefening (sport) gerelateerde fysieke activiteiten deed dan de groep conventionele fietsers. Op basis van stapsgewijze binaire logistische regressieanalyses bleek dat fietsers op een conventionele fiets meer kans hadden om de WHO-norm voor wekelijkse fysieke beweging te halen dan elektrische fietsers. Er werden in totaal 109 ongevallen en 157 bijna-ongevallen gerapporteerd, waarbij geen significante verschillen werden gevonden tussen de twee fietstypen m.b.t. type ongeval en leeftijd. Stapsgewijze regressieanalyses, waarbij gecorrigeerd werd voor leeftijd, geslacht, totale fietstijd, fietsfrequentie, en fietstype, wezen uit dat de factoren leeftijd, totale fietstijd, en fietsfrequentie significante voorspellers waren voor betrokkenheid bij een bijna-ongeval. Daarnaast bleken de factoren totale fietstijd, fietsfrequentie, en fietstype (dus niet leeftijd) voorspellend voor betrokkenheid bij een ongeval (Haufe, et al., 2022). Een beperking van dit onderzoek was dat leeftijd ingedeeld werd in twee categorieën, namelijk <53 en ≥ 53 jaar, waardoor de effecten van veroudering minder goed te onderscheiden zijn.

Op het gebied van andere weggebruikers bleken de verschillen tussen ongevallen van conventionele en elektrische fietsen klein (Haufe, et al., 2022). Het merendeel van de ongevallen van alle fietsers was enkelvoudig (fietsers: 70%; e-fietsers: 68%; niet significant). Van de meervoudige ongevallen bleek de meerderheid met een andere automobilist als tegenpartij (fiets: 27%; e-fiets: 17%; Haufe, et al., 2022).

Gaster en Gehlert (2022) hebben de meest uitgebreide dataset onderzocht waarmee ook een gedegen vergelijking gemaakt kon worden van de risico's tussen conventionele en elektrische fietsers. Naast uitgebreide ongevalsgegevens uit het jaar 2019 hebben zij ook expositiedata gebruikt om leeftijd- en kilometrageafhankelijke risico's te berekenen over de periode 2016-2017. Zij concludeerden dat ongevallen met elektrische fietsers in grote mate overeenkomen met de ongevallen van conventionele fietsers, maar dat e-fietsers gemiddeld genomen wel ouder waren, vaker betrokken waren bij enkelvoudige ongevallen, en relatief meer ongevallen meemaakten buiten de bebouwde kom dan conventionele fietsers. Bovendien vonden zij dat, gecorrigeerd voor leeftijd en expositie, oudere (80+) en jongere (18-24) fietsers een algeheel verhoogd risico hebben op een fietsongeval op zowel een conventionele als een elektrische fiets, maar dat dit risico verder verhoogd is wanneer zij op een elektrische fiets rijden. Dit geldt in mindere mate ook voor fietsers van 75 tot 79 jaar, terwijl fietsers tussen 25 en 34 jaar alleen een verhoogd ongevalsrisico hebben op een elektrische fiets. Opvallend is verder dat, wanneer er alleen gekeken wordt naar ongevallen met ernstig of dodelijk letsel, het risico van jongere fietsers (m.n. voor 18-24-jarigen; in mindere mate ook voor 25-34-jarigen) alleen hoger is op een elektrische fiets, en niet op een conventionele fiets. Echter, voor fietsers ouder dan 65 jaar, bleek het risico op ernstig of dodelijk letsel op een elektrische fiets vergelijkbaar of zelfs (iets) lager te zijn dan op een conventionele fiets. M.a.w.: het risico op een fietsongeval is in zijn algemeenheid verhoogd voor oudere fietsers ongeacht fietstype; het risico op persoonlijk letsel is hoger op een elektrische fiets, maar dit verschil verdwijnt of wordt zelfs lager op een elektrische fiets bij ongevallen met zwaar of dodelijk letsel (Gaster & Gehlert, 2022).

Omtrent andere weggebruikers vonden Gaster en Gehlert (2022) dat in 2019 de meeste botsingen plaatsvonden met een automobilist als tegenpartij: dit betrof 45% van de ongevallen met een e-fiets en 52% van de ongevallen conventionele fiets. Bovendien hadden e-fietsers

vaker een enkelvoudig ongeval (33%) dan conventionele fietsers (23%). De percentages van ongevallen met andere weggebruikers zijn weergegeven in tabel 5.

Tabel 5: Overzicht van tegenpartijen en type fietsongevallen in Duitsland (afkomstig uit Gaster & Gehlert, 2022).

Fietstype	Auto	Fietser	E-Fietser	Voetganger	Bus, motor, vrachtauto	Meerdere	Enkelvoudig
Conventioneel	52%	11%	1%	4%	6%	3%	23%
Elektrisch	45%	8%	4%	3%	5%	2%	33%

4.1.2. Zwitserland

Een ander land in Europa waar relatief veel onderzoek is gedaan naar (ongevallen met) de elektrische fiets is Zwitserland. Ook in dit land zijn de verkoopaantallen van de elektrische fiets sterk gestegen in het afgelopen decennium (Scaramuzza, Uhr, & Niemann, 2015; Deublein & Uhr, 2020). Het is belangrijk op te merken dat Zwitserland andere regels hanteert op het gebied van voertuigeisen voor elektrische fietsen dan de EU (Deublein & Uhr, 2020). Hierdoor is het mogelijk dat in Zwitserland elektrische fietsen gebruikt worden met meer vermogen (max. 500 watt) dan in bijvoorbeeld Nederland of Duitsland (max. 250 watt).

Eén van de eerste publicaties over ongevallen met elektrische fietsen is afkomstig van Weber et al. (2014), waarin zij politierapportages hebben geanalyseerd van 807 fiets en 504 elektrische fietsongevallen in de periode 2011-2012. Zij vonden dat de meeste ongevallen met elektrische fiets plaatsvonden bij fietsers tussen 40 en 65 jaar. Daarnaast was de meerderheid van de ongevallen enkelvoudig en vonden ze geen eenduidig bewijs voor verschillen in letselnernst tussen de fietstypen. De auteurs raadden aan om ongevallen met elektrische fietsen zorgvuldig te monitoren om tijdig te kunnen bepalen of (aanvullende) veiligheidsmaatregelen nodig zijn (Weber, Scaramuzza, & Schmidt, 2014). In een vergelijkbare periode hebben Papoutsi et al. (2014) een evaluatie uitgevoerd van slachtoffers die zijn opgenomen op een SEH Level 1 Trauma Centrum in Zwitserland, na een fietsongeval in de periode 2012-2013. Op basis van een kleine steekproef ($n = 23$) concludeerden ook zij dat de meerderheid van de ongevallen met elektrische fietsers enkelvoudig was (60%). In totaal bleek 17,4% van ongevallen meervoudig te zijn geweest. Tevens was 78% van de e-fietsers ouder dan 40 jaar, hoofdzakelijk man, en leidde het ongeval voornamelijk tot verwondingen aan het hoofd en de nek (Papoutsi, Martinolli, Braun, & Exadaktylos, 2014).

Scaramuzza, Uhr, en Niemann publiceerden in 2015 rapport waarin zij een literatuurstudie over de veiligheid, een ongevallenanalyse, een vragenlijstonderzoek over het fietsgedrag, en een experiment omtrent de snelheidsperceptie uitvoerden van en over fietsers op een elektrische fiets (Scaramuzza, Uhr, & Niemann, 2015). Op basis van hun literatuurstudie concludeerden zij dat fietsers op een elektrische fiets gemiddeld 1-4 km/h sneller fietsen dan conventionele fietsers en dat dit leidt tot meer interacties met andere weggebruikers, bijvoorbeeld in de vorm van meer inhaalmanoeuvres. De onderzoekers vonden geen verschillen in het aantal ongevallen en het aantal en type conflicten tussen conventionele en elektrische fietsers, maar uitspraken over risico konden nog niet gedaan worden omdat betrouwbare getallen omtrent expositie ontbraken. Wel vonden zij dat fietsers op een elektrische fiets gemiddeld ouder waren en vaker bij enkelvoudige ongevallen betrokken waren dan conventionele fietsers. Zij concluderen dan ook dat het relatief hoge aantal ongevallen

meer met de leeftijdssamenstelling van e-fietsers te maken heeft dan het type fiets. Op het gebied van letselernst konden de auteurs geen uitspraken doen vanwege conflicterend bewijs.

Op het gebied van andere weggebruikers concludeerden Scaramuzza, Uhr, en Niemann (2015) dat meervoudige fietsongevallen het vaakst voorkomen met een automobilist als tegenpartij (fiets: 49%; e-fiets: 48%), gevolgd door een andere fietser (fiets: 39%; e-fiets: 30%). Meervoudige ongevallen met elektrische fietsen vonden m.n. plaats op kruisingen en rotondes, waar (kruisend) verkeer geen voorrang verleent aan de e-fietser. Als mogelijke reden gaven zij aan dat e-fietsers te laat herkend worden en/of dat hun snelheid onderschat wordt door andere weggebruikers. Een experiment kon echter niet aantonen dat er een verschil was tussen de snelheidsinschattingen van naderende fietsers op een elektrische of een conventionele fiets. Wel bleek dat de snelheid van een fietser over het algemeen onderschat werd, en dat deze onderschatting groter werd naarmate de fietser sneller rijdt. Ook kan de positie van de observerende partij (andere weggebruiker) t.o.v. de naderende fietser van invloed zijn (Scaramuzza, Uhr, & Niemann, 2015).

Hertach et al. (2018) hebben in 2016 een groot vragenlijstonderzoek uitgevoerd onder 3658 e-fietsers. De deelnemers werden gevraagd naar hun fietsgebruik en of zij enkelvoudige ongevallen hadden meegemaakt. Indien zij een ongeval hadden gehad werden ze gevraagd naar de details hiervan. De gegevens zijn geanalyseerd m.b.v. een stapsgewijze logistische regressieanalyse waarbij gecorrigeerd werd voor factoren als o.a. leeftijd, geslacht, en (een index voor) expositie. De onderzoekers concludeerden dat meer fietsen (exposure index), geslacht (man zijn), en alleen verplicht onderwijs hebben genoten samenhangen met een hoger risico. Daarentegen bleek dat de factoren leeftijd en type fiets geen risicofactoren waren voor een ongeval. De drie meest gerapporteerde oorzaken van een ongeval waren gladheid (51%), te snel rijden voor de situatie (37%), en problemen met balans houden (34%). Een beperking van deze studie is dat de resultaten alleen gelden voor enkelvoudige ongevallen met e-fietsen en/of speed pedelecs. Wel gaf 82% van de participanten aan dat het ongeval ook op een gewone fiets gebeurd zou zijn, en het type fiets dus niet doorslaggevend was (Hertach, Uhr, Niemann, & Cavegn, 2018).

Aangaande andere weggebruikers bleek dat, ondanks dat het enkelvoudige ongevallen betrof, 13% van de participanten aan te geven dat het gedrag van andere weggebruikers wel een rol heeft gespeeld bij het ontstaan van het ongeval (Hertach, Uhr, Niemann, & Cavegn, 2018). Wat die rol precies zou kunnen zijn wordt echter niet gerapporteerd.

Baschera et al. (2019) hebben de incidentie en letselernst van TBI-slachtoffers op een Level 1 traumacentrum in de periode 2010-2015 vergeleken (283 fietsers en 50 e-fietsers). De eerste analyses wezen uit dat e-fietsers een grotere kans hebben op matig of ernstig TBI, vergeleken met conventionele fietsers. Na correctie voor leeftijd en geslacht vonden zij echter geen verschil meer in letselernst. Daarnaast bleek dat de meerderheid van de ongevallen enkelvoudige ongevallen betrof: minder dan 25% van de slachtoffers had een botsing meegemaakt (fiets: 23.8%; e-fiets: 23.3%). Een beperking van dit onderzoek was dat de steekproef ook speed pedelecs bevat. Spörri et al. (2021) hebben eveneens verwondingspatronen en -ernst van slachtoffers op conventionele fietsen ($n = 1141$), elektrische fietsen ($n = 67$), en motorfietsen ($n = 588$) op een level 1 Trauma Centrum in Zwitserland vergeleken, maar dan in de periode 2009-2018. Zij vonden dat de gewonden op elektrische fiets ouder waren dan gewonden op een conventionele fiets of motorfiets. Het verwondingspatroon bleek het meest vergelijkbaar tussen fietsers en e-fietsers. Een beperking is echter wel het relatief lage aantal e-fietsers ($n = 67$), dat bovendien ook speed pedelecs kan bevatten. E-fietsers hadden het laagste aandeel

botsingen: 13%, en dus het hoogste aandeel enkelvoudige ongevallen. Ongevallen van conventionele fietsers bestonden voor 23% uit botsingen (Spörri, et al., 2021).

Berk et al. (2022) hebben 82 patiënten onderzocht die na een fietsongeval in de periode 2017-2018 terecht waren gekomen op een level 2 traumacentrum. Ook binnen deze steeproef bleek de groep fietsers op een elektrische fiets gemiddeld ouder te zijn dan de groep conventionele fietsers. Na correctie voor leeftijd en geslacht bleek dat de fietsers op een elektrische fiets alleen ernstigere verwondingen hadden dan fietsers op een conventionele fiets, al waren dit hoofdzakelijk relatief milde verwondingen. Het grootste aandeel betrof enkelvoudige ongevallen (fiets: 65%, e-fiets: 66%), de minderheid betrof een ongeval met een motorvoertuig (fiets: 24%; e-fiets: 30%; Berk et al., 2022).

4.1.3. Scandinavië

Fyhri et al. (2019) hebben in Noorwegen een vragenlijststudie uitgevoerd naar de ongevalsbetrokkenheid van 7752 fietsers met een conventionele of een elektrische fiets gedurende de periode 2017-2018. De deelnemers werden (o.a.) gevraagd naar hun fietsgebruik (i.e., fietsfrequenties voor verschillende doeleindes; fietsafstand in de afgelopen week; type fiets), of zij een ongeval hadden meegemaakt, de (letsel)gevolgen hiervan, wat voor soort ongeval het was geweest (enkelvoudig of meervoudig), en wat hun eigen rol was in het ontstaan van het ongeval. Hierbij zijn drie verschillende groepen gecontacteerd, die ieder een variatie kreeg van deze vragen. De vragenlijsten zijn geanalyseerd met een logistische regressieanalyse waarbij gecorrigeerd werd voor leeftijd, geslacht, fietstype, en expositie. Opvallend is dat het leeftijdsverschil tussen gebruikers van conventionele en elektrische fietsen relatief klein was (fiets: 47,7 jaar; e-fiets: 49,7 jaar). Leeftijd, geslacht, en expositie bleken allemaal voorspellende factoren te zijn voor de betrokkenheid bij een ongeval. Er werden voornamelijk risico's gevonden voor vrouwen op elektrische fietsen die deze nog maar relatief kort gebruiken (m.a.w.: het was een nieuw vervoersmiddel voor hen). Er werd dan ook geen verhoogd risico voor mannen gevonden. Het zou dus kunnen zijn dat elektrische fietsen alleen gevaarlijker zijn wanneer men deze nog maar kort gebruikt: wellicht is het hogere risico na gewenning voorbij. Over het algemeen vonden de onderzoekers geen effecten van leeftijd, behalve dat jonge mannen wel een verhoogd risico hadden op een ongeval. Wellicht kan dit verschil met Nederland verklaard worden doordat de e-fiets populatie in Noorwegen anders is dan in Nederland (bijvoorbeeld minder oud). Ook werd gevonden dat balansproblemen relatief vaak voorkomen bij e-fietsers (Fyhri, Johansson, & Bjørnskau, 2019).

Eriksson, Niska, en Forsman (2022) hebben het verband tussen letselernst en type ongeval onderzocht o.b.v. fietsongevallen gerapporteerd door de politie of door eerstehulpafdelingen in Zweden, gedurende de periode 2007-2012. Hierbij werd echter geen onderscheid gemaakt tussen fietsers op een conventionele of een elektrische fiets. Ook in dit onderzoek lag de focus op enkelvoudige ongevallen, echter concludeerden de onderzoekers dat 10% van dit type ongeval wel samenhang met een interactie: bijvoorbeeld een fietser die moest uitwijken om een botsing met een andere weggebruiker te voorkomen. Tevens concludeerden zij dat het risico op een enkelvoudig ongeval groter werd naarmate de fietser ouder was. De grootste kans op ernstig of fataal letsel was echter bij ongevallen met een motorvoertuig.

4.2. Conclusies

- Inzichten uit omringende landen tonen een vergelijkbaar beeld met Nederland: slachtoffers van ongevallen met elektrische fietsen zijn ouder en vaker betrokken bij een enkelvoudig ongeval dan conventionele fietsers.
- De uitkomsten omtrent ongevalsrisico's zijn niet eenduidig, maar ook in omringende landen blijken de kenmerken van de fietser, zoals leeftijd, expositie, en geslacht, het ongevalsrisico van de elektrische fiets en de ernst ervan grotendeels te bepalen.
- Na correctie voor persoons gerelateerde factoren wijzen de meeste studies uit dat er geen grote verschillen zijn tussen de ongevallen van conventionele of elektrische fietsers.
- Elektrische fietsen zijn vaker betrokken bij meervoudige ongevallen op kruisingen en rotondes.
- Een verschil met Nederland is dat het grootste aandeel van de meervoudige ongevallen met zowel conventionele als elektrische fietsen plaatsvindt met een automobilist als tegenpartij. Dit verschil wordt waarschijnlijk verklaard door de verschillen in de hoeveelheid fietsverkeer en de inrichting van de infrastructuur (ontvlechting) in Nederland (Schepers, Twisk, Fishman, & Jensen, 2017). Bij het vertalen van resultaten van buitenlandse studies naar Nederland moet dit grote verschil in fietsinfrastructuur altijd voor ogen gehouden worden.

5. Samenvatting en conclusies

De afgelopen drie jaren waren er meer verkeersdoden te betreuren onder conventionele fietsers dan onder fietsers met een elektrische fiets. Het aandeel e-fietsers dat betrokken raakt bij een ongeval is het afgelopen decennium echter sterk toegenomen. Initiële analyses leiden veelal tot de conclusie dat fietsen op een elektrische fiets samengaat met een hoger risico op een (ernstig) ongeval dan fietsen op een conventionele fiets. Het is echter cruciaal dat, tot nu toe, de gebruikersgroepen van beide fietstypen wezenlijk verschillen. Het merendeel van de onderzoeken, zowel in Nederland als in omringende landen, wijst uit dat de slachtoffers van een ongeval op een elektrische fiets significant ouder zijn dan slachtoffers op een conventionele fiets. Dit is in lijn met de verkoopcijfers: sinds de introductie van de elektrische fiets in Nederland zijn het hoofdzakelijk ouderen geweest die dit type fiets hebben aangeschaft en hiermee de meeste afstand hebben afgelegd. Tegelijkertijd hebben ouderen in het bijzonder een verhoogd risico op (ernstig) letsel na een fietsongeval doordat zij fysiek kwetsbaar zijn: een vergelijkbare impact leidt bij ouderen bijvoorbeeld eerder tot botbreuken dan bij jongeren. Bovendien kan het verouderingsproces negatieve effecten hebben op enkele belangrijke vaardigheden die nodig zijn om te fietsen, zoals balans, fysieke kracht, reactiesnelheid, en gezichtsvermogen. Om de risico's van elektrische fietsen goed te duiden is het dus cruciaal om rekening te houden met de kenmerken van de gebruikers en de invloed van deze kenmerken op fietsongevallen. Daarnaast is ook de expositie van belang: hoe meer kilometers men op de fiets aflegt, hoe groter de kans op een ongeval, en op de elektrische fiets worden meer kilometers afgelegd. In die zin wordt het risico van de elektrische fiets dus voor een groot deel bepaald door de “elektrische fietser”.

In het afgelopen decennium zijn meerdere gegevens beschikbaar gekomen over ongevallen met conventionele en elektrische fietsen in Nederland, zowel met een dodelijke afloop als resulterend in behandelingen op de SEH. Hoewel de eerste datasets (uit 2011-2012) nog relatief beperkte informatie bevatten over expositie, bleek, ook hier, uit het merendeel van de analyses dat het initieel berekende hoge aandeel slachtoffers op de SEH met elektrische fietsen (tenminste deels) verklaard wordt door de hoge leeftijd van de gebruikers. Toch zijn de resultaten niet eenduidig: verschillende analysemethoden wijzen uit dat oudere vrouwen bijvoorbeeld een verhoogde kans hadden op een SEH behandeling na een ongeval met een elektrische fiets. Waar leeftijd en geslacht factoren zijn die relatief volledig zijn geïndexeerd, zijn het m.n. de expositiegegevens die in de loop van het decennium nauwkeuriger zijn geworden. Desalniettemin veranderden de conclusies nauwelijks: het verhoogde ongevalsrisico van e-fietsers verdwijnt voor een groot deel na correctie voor leeftijd en expositie, wel blijft er een verhoogd risico op een SEH behandeling voor oudere vrouwen na een ongeval met een elektrische fiets. Over de periode 2019-2021 lijkt, na controle voor expositie, dat het risico op een dodelijk ongeval van ouderen met een elektrische fiets zelfs lager is dan met een conventionele fiets. Hierbij is het echter belangrijk op te merken dat de data een belangrijke onzekerheidsfactor bevatten: het is namelijk onbekend hoeveel elektrische fietsen onjuist als conventionele fietsen zijn aangemerkt. Tegelijkertijd wijst de meest recente studie van VeiligheidNL, die gebruik maakt van data van 13 SEH afdelingen in Nederland, uit dat het risico op een SEH behandeling na een fietsongeval wel hoger is voor e-fietsers dan voor conventionele fietsers. Aanvullende onderverdeling van ongevallen in botsingen met gemotoriseerd of overig verkeer tonen bovendien de relatie tussen ongevalstype en leeftijd: voornamelijk fietsers jonger dan 55 jaar lopen op een e-fiets meer risico op een botsing met gemotoriseerd verkeer dan op een conventionele fiets. Al met al is het dus nog te vroeg om uitspraken te doen over de exacte verhouding van het risico van elektrische fietsen

t.o.v. conventionele fietsen. Wel kan geconcludeerd worden dat het relatief hoge aandeel slachtoffers op een elektrische fiets niet hoofdzakelijk door de elektrische fiets zelf, maar voor een groot deel door de (kwetsbaarheid van) de personen die de e-fiets gebruiken wordt verklaard. M.n. ouderen fietsen vaker en grotere afstanden dankzij een elektrische fiets, en dit zorgt ervoor dat deze kwetsbare groep vaker en langer blootgesteld wordt aan de risico's van het verkeer, waardoor de kans stijgt dat zij door een fietsongeval bijvoorbeeld op de SEH behandeld moeten worden.

Op het gebied van letsel vinden de meeste Nederlandse studies dat er nauwelijks verschillen zijn tussen slachtoffers op een conventionele of een elektrische fiets na correctie voor persoons gerelateerde factoren. Opnieuw verklaart m.n. de factor leeftijd een groot deel van de letselverschillen, en niet het type fiets. Toch zijn er ook uitzonderingen: twee studies op individuele SEH afdelingen in Nederland vonden een hogere kans op meervoudig letsel na een ongeval met een elektrische fiets, ook na correctie voor leeftijd en geslacht. Daartegenover staat dat de meest recente cijfers van VeiligheidNL uitwijzen dat ongevallen met een elektrische fiets resulteren in minder ernstig letsel dan met een conventionele fiets. Al met al kan geconcludeerd worden dat met de huidige gebruikersgroepen, ongevallen met een elektrische fiets niet zonder meer tot ernstiger letsel leiden dan ongevallen met een conventionele fiets.

Het type tegenpartij bij meervoudige ongevallen blijkt niet sterk te verschillen tussen conventionele fietsers en elektrische fietsers. Om het aantal verkeersdoden door ongevallen met andere weggebruikers te verminderen, zal de grootste veiligheidswinst behaald kunnen worden bij (het verbeteren van) interacties tussen (elektrische) fietsers en personenauto's, gevolgd door bestelauto's, vrachtauto's, bussen, en andere fietsers. Op de SEH werden in 2020 evenveel slachtoffers behandeld die waren gebotst met een automobilist als met een andere fietser, en dit gold zowel voor fietsers op een conventionele fiets als op een elektrische fiets.

Bij bovenstaande conclusies is het heel belangrijk op te merken dat risicoanalyses over het algemeen erg gevoelig zijn voor de kwaliteit en de (on)volledigheid van de gebruikte data, de gehanteerde inclusie- en exclusiecriteria, en de afkappunten voor groepsindelingen. De persoons gerelateerde variabelen die in de literatuur worden gehanteerd zijn voornamelijk leeftijd, geslacht, en (hoeveelheid) fietsgebruik, maar ook comorbiditeit, mentale problemen, alcoholgebruik, en ervaring met de (elektrische) fiets zijn variabelen die een rol spelen. Bovendien zijn er nog meer factoren die een rol kunnen spelen, zoals voertuig- en omgevingsvariabelen (bijvoorbeeld motorlocatie, totaalgewicht van de fiets, hoeveelheid motorondersteuning, infrastructuur, drukte, compensatiegedrag, etc.). De verschillen tussen onderzoeken in de manier waarop dergelijke correcties worden toegepast maakt dat studies onderling vaak moeilijk te vergelijken zijn. Hierom is het aan te raden consensus te bereiken over (minimaal) vereiste correctiefactoren en -wijzen om trends en analyses over de tijd beter te kunnen vergelijken.

Wanneer er wordt gekeken naar de typen ongevallen die plaatsvinden, valt het op dat ongevallen met een elektrische fiets veelal vaker enkelvoudig zijn dan ongevallen met een conventionele fiets. Hoewel dit onderlinge verschil lijkt te verminderen in Nederland, blijft het duidelijk dat het merendeel van alle fietsongevallen enkelvoudig is (70%). Dit suggereert dat de invloed van andere weggebruikers relatief beperkt is bij het optreden van fietsongevallen, met uitzondering van ongevallen met een dodelijke afloop. Bovendien blijkt leeftijd een grote rol te spelen en het type ongeval van e-fietsers in grote mate overeen te komen met het type ongeval dat oudere fietsers treft: namelijk vallen bij het op- en afstappen, tegen een obstakel aanfietsen, of in de berm belanden. Gezien het hoge aantal ongevallen met elektrische fietsen,

het hoge aandeel elektrische fietsen onder ouderen, en de huidige (vergrijzende) bevolkingssamenstelling in Nederland, is het aan te raden om prioriteit te geven aan het voorkomen en/of het beperken van de gevolgen van enkelvoudige fietsongevallen in het algemeen, en van oudere fietsers in het bijzonder. De elektrische fiets blijkt namelijk niet per se de oorzaak, maar wel het middel te zijn waarmee veel ongevallen met oudere fietsers plaatsvinden. Vanwege het uitblijven van grote verschillen tussen ongevallen met conventionele en elektrische fietsen, lijkt het op dit moment niet noodzakelijk om maatregelen te nemen die specifiek gericht zijn op de elektrische fiets. Maatregelen die de fietsveiligheid verhogen blijven echter wel zeer noodzakelijk, gezien het hoge aantal ongevallen.

Ondanks het gegeven dat de meeste ongevallen enkelvoudig zijn, is het wel mogelijk dat er specifieke interacties plaatsvinden die vooraf kunnen gaan aan ongevallen met elektrische fietsen die niet in de ongevalsregistratie worden vastgelegd. Uit het literatuuronderzoek blijkt bijvoorbeeld dat men op een elektrische fiets gemiddeld 2-3km/h sneller fietst dan op een conventionele fiets, terwijl veel weggebruikers de indruk krijgen dat de e-fietser minder snel fietst door de ogenschijnlijk lage fysieke inspanning (lage cadans). Dit kan leiden tot conflicten waar verkeersstromen elkaar kruisen, bijvoorbeeld doordat andere weggebruikers (m.n. automobilisten) de weg oversteken terwijl een e-fietser veel sneller nadert dan gedacht. Ter reactie dient een e-fietser dan abrupt te remmen waardoor balansproblemen kunnen ontstaan. Naast aanpassingen aan de infrastructuur en aan de fiets worden het dragen van een helm, aanbieden van training, maatregelen ter bevordering van de herkenning van e-fietsers, ondersteuning van de snelheidsperceptie van andere weggebruikers, en geavanceerde letselpreventie- en/of reductiesystemen op motorvoertuigen worden in de literatuur genoemd als mogelijke maatregelen om de veiligheid van (elektrische) fietsers te vergroten.

Dankwoord

De auteurs willen graag, in willekeurige volgorde, de volgende personen bedanken voor hun waardevolle bijdragen aan dit rapport: Karin Klein Wolt, Otto van Boggelen, Kate de Jager, Pablo Nuñez Velasco, Marjolein Boele-Vos, Liselotte van den Berg, Arend Schwab, Stefanie de Hair-Buijssen, Marco Reijne, Paul Schepers, en Robert Hulshof.

Referenties

- Amundsen, F., & Hyden, C. (1977). Proceedings of the First Workshop on Traffic Conflicts. Oslo/Lund: Institute of Transport Economics / Lund Institute of Technology.
- Baschera, D., Jäger, D., Preda, R., Z'Graggen, W., Raabe, A., Exadaktylos, A., & Hasler, R. (2019). Comparison of the Incidence and Severity of Traumatic Brain Injury Caused by Electrical Bicycle and Bicycle Accidents - A Retrospective Cohort Study From a Swiss Level I Trauma Center. *World Neurosurgery*, *126*, E1023-E1034.
- Berk, T., Halvachizadeh, S., Backup, J., Kalbas, Y., Rauer, T., Zettl, R., . . . Welter, J. (2022). Increased injury severity and hospitalization rates following crashes with e-bikes versus conventional bicycles: an observational cohort study from a regional level II trauma center in Switzerland. *Patient Safety in Surgery*, *16*(11). doi:10.1186/s13037-022-00318-9
- Boele-Vos, M., Van Duijvenvoorde, K., Doumen, M., Duivenvoorden, C., Louwerse, W., & Davidse, R. (2017). Crashes involving cyclists aged 50 and over in the Netherlands: An in-depth study. *Accident Analysis and Prevention*, *105*, 4-10.
- CBS. (2022). *Verkeersdoden 2021: Tabellen over het aantal verkeersdoden in 2021*. Opgeroepen op oktober 12, 2022, van Centraal Bureau voor de Statistiek: https://www.cbs.nl/-/media/_excel/2022/15/verkeersdoden.xlsx
- CBS/ODiN+k. (2022). *Verkeersveiligheidscijfers: Verkeersprestaties*. Opgeroepen op oktober 13, 2022, van SWOV: <https://swov.nl/nl/cijfers/verkeersprestaties>
- Davidse, R., Van Duijvenvoorde, K., Boele, M., Doumen, M., Duivenvoorden, C., & Louwerse, W. (2014a). *Fietsongevallen van 50-plussers: Karakteristieken en ongevalsscenario's van enkelvoudige ongevallen en botsingen met overig langzaam verkeer*. The Hague: SWOV Institute for Road Safety Research.
- Davidse, R., Van Duijvenvoorde, K., Boele, M., Duivenvoorden, C., & Louwerse, W. (2014b). *Fietsongevallen met 50-plussers in Zeeland: hoe ontstaan ze en welke mogelijkheden zijn er om ze te voorkomen?* The Hague: SWOV Institute for Road Safety Research.
- De Geus, B., Ampe, T., Van Cauwenberg, J., Schepers, P., & Meeusen, R. (2023). Odds of self-reported minor cycle crashes with conventional and electric assisted cycles adjusted for cycling frequency in Dutch and Belgian adults a retrospective study. *Accident Analysis and Prevention*, *179*, 106893. doi:10.1016/j.aap.2022.106893
- de Guerre, L., Sadiqi, S., Leenen, L., Oner, C., & van Gaalen, S. (2020). Injuries related to bicycle accidents: an epidemiological study in The Netherlands. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, *46*, 413-418. doi:10.1007/s00068-018-1033-5
- Deublein, M., & Uhr, A. (2020). *E-Bikes in Switzerland - Facts, Actions and Legal Framework*. Bern: FERSE, virtual GA-meeting, 5.-6. Nov. 2020: Focal Point Presentation.
- Dozza, M., & Werneke, J. (2014). Introducing naturalistic cycling data: What factors influence bicyclists' safety in the real world? *Transportation Research Part F*, *24*, 83-91.

- Dozza, M., Piccinini, G. F., & Werneke, J. (2016). Using naturalistic data to assess e-cyclist behavior. *Transportation Research Part F*, *41*, 217-226. doi:10.1016/j.trf.2015.04.003
- Dubbeldam, R., Baten, C., Straathof, P., Buurke, J., & Rietman, J. (2017). The different ways to get on and off a bicycle for young and old. *Safety Science*, *92*, 318-329.
- Eriksson, J., Niska, A., & Forsman, A. (2022). Injured cyclists with focus on single-bicycle crashes and differences in injury severity in Sweden. *Accident Analysis and Prevention*, 106510. doi:10.1016/j.aap.2021.106510
- Fyhri, A., Johansson, O., & Bjørnskau, T. (2019). Gender differences in accident risk with e-bikes - Survey data from Norway. *Accident Analysis and Prevention*, *132*, 105248. doi:10.1016/j.aap.2019.07.024
- Gaster, K., & Gehlert, T. (2022). *Unfallrisiko von Pedelec-Fahrer:innen*. Berlin: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. Unfallforschung der Versicherer.
- Haufe, S., Boeck, H., Häckl, S., Boyen, J., Kück, M., van Rhee, C., . . . Tegtbur, U. (2022). Impact of electrically assisted bicycles on physical activity and traffic accident risk: a prospective observational study. *BMJ Open Sport & Exercise Science*, *8*, e001275. doi:10.1136/bmjsem-2021-001275
- Hertach, P., Uhr, A., Niemann, S., & Cavegn, M. (2018). Characteristics of single-vehicle crashes with e-bikes in Switzerland. *Accident Analysis and Prevention*, *117*, 232-238. doi:10.1016/j.aap.2018.04.021
- Huertas-Leyva, P., Dozza, M., & Baldanzini, N. (2018). Investigating cycling kinematics and braking maneuvers in the real world: e-bikes make cyclists move faster, brake harder, and experience new conflicts. *Transportation Research Part F*, *54*, 211-222. doi:10.1016/j.trf.2018.02.008
- Jelijs, B., Heutink, J., De Waard, D., Brookhuis, K., & Melis-Dankers, B. (2020). How visually impaired cyclists ride regular and pedal electric bicycles. *Transportation Research Part F*, *69*, 251-264. doi:10.1016/j.trf.2020.01.020
- Jenkins, M., Lustosa, L., Chia, V., Wildish, S., Tan, M., Hoornweg, D., . . . Dogra, S. (2022). What do we know about pedal assist E-bikes? A scoping review to inform future directions. *Transport Policy*, *128*, 25-37. doi:10.1016/j.tranpol.2022.09.005
- Kováčsová, N., De Winter, J., Schwab, A., Christoph, M., Twisk, D., & Hagenzieker, M. (2016). Riding performance on a conventional bicycle and a pedelec in low speed exercises: Objective and subjective evaluation of middle-aged and older persons. *Transportation Research Part F*, *42*, 28-43.
- Kruijer, H., Den Hartog, P., Klein Wolt, K., Panneman, M., & Sprik, E. (2012). *Fietsongevallen in Nederland [Bicycle Accidents in The Netherlands]*. Amsterdam: VeiligheidNL.
- Krul, I., Valkenberg, H., Asscherman, S., Stam, C., & Klein Wolt, K. (2022). *Fietsongevallen en snor- / bromfietsongevallen in Nederland: SEH-bezoeken: inzicht in oorzaken, gevolgen en risicogroepen*. Amsterdam: VeiligheidNL.

- Large, D., Harvey, C., Burnett, G., & de Hair-Buijssen, S. (2016). Understanding the cues and characteristics that indicate and affect a cyclist's future path: A focus group study conducted in the UK and Netherlands. *International Cycling Safety Conference 2016; 3-4 November 2016, Bologna, Italy*.
- Lefarth, T., Poos, H., Juhra, C., Wendt, K., & Pieske, O. (2021). Pedelec-Fahrer werden bei Unfällen schwerer verletzt als konventionelle Radfahrer. *Unfallchirurg, 12*, 1000-1006. doi:10.1007/s00113-021-00976-x
- Leyland, L.-A., Spencer, B., Beale, N., Jones, T., & Van Reekum, C. (2019). The effect of cycling on cognitive function and well-being in older adults. *PLOS One*(2), p. e0211779. doi:10.1371/journal.pone.0211779
- Otte, D., & Facius, T. (2016). Accident Situation of Pedelecs and comparison to Conventional Bicycles. *International Cycling Safety Conference 2016, 3-4 November 2016, Bologna, Italy*, 1-15.
- Panwinkler, T., & Holz-Rau, C. (2021). Causes of pedelec (pedal electric cycle) single accidents and their influence on injury severity. *Accident Analysis and Prevention, 154*, 106082. doi:10.1016/j.aap.2021.106082
- Papoutsis, S., Martinolli, L., Braun, C., & Exadaktylos, A. (2014). E-Bike Injuries: Experience from an Urban Emergency Department - A Retrospective Study from Switzerland. *Emergency Medicine International, 850236*. doi:10.1155/2014/250236
- Petzoldt, T., Schleinitz, K., Gehlert, T., & Krems, J. F. (2017). Drivers' gap acceptance in front of approaching bicycles – Effects of bicycle speed and bicycle type. *Safety Science, 92*, 283-289.
- Petzoldt, T., Schleinitz, K., Heilmann, S., & Gehlert, T. (2017). Traffic conflicts and their contextual factors when riding conventional vs. electric bicycles. *Transportation Research Part F, 46*, 477-490. doi:10.1016/j.trf.2016.06.010
- Poos, H., Lefarth, T., Harbers, J., Wendt, K., El Moumni, M., & Reininga, H. (2017). E-bikers raken vaker ernstig gewond na fietsongeval. *Nederlands Tijdschrift voor de Geneeskunde, 161*, D1520.
- Reurings, M., Vlakveld, W., Twisk, D., Dijkstra, I., & Wijnen, W. (2012). *Van fietsongeval naar maatregelen: kennis en hiaten*. Leidschendam: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV. Retrieved januari 10, 2023, from <https://swov.nl/system/files/publication-downloads/r-2012-08.pdf>
- Rijksoverheid. (2022). *Snelheidsmetingen van ongehinderd rijdende fietspadgebruikers pilotmeting 2022 Technische rapportage*. Opgeroepen op januari 10, 2023, van <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2022/11/22/2022229896-4-bijlage-4-rapportage-snelheidsmetingen-fietspadgebruikers-2022>
- Scaramuzza, G., Uhr, A., & Niemann, S. (2015). *E-Bikes im Strassenverkehr - Sicherheitsanalyse*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung.
- Schepers, P., Fishman, E., Den Hertog, P., Klein Wolt, K., & Schwab, A. (2014). The safety of electrically assisted bicycles compared to classic bicycles. *Accident Analysis and Prevention, 73*, 174-180.

- Schepers, P., Klein Wolt, K., & Fishman, E. (2018). *The safety of e-bikes in The Netherlands, No. 2018-02, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)*. Paris: International Transport Forum. doi:10.1787/21de1ffa-en
- Schepers, P., Klein Wolt, K., Helbich, M., & Fishman, E. (2020). Safety of e-bikes compared to conventional bicycles: What role does cyclists' health condition play? *Journal of Transport & Health, 19*, 100961. doi:10.1016/j.jth.2020.100961
- Schepers, P., Twisk, D., Fishman, E., & Jensen, A. (2017). The Dutch road to a high level of cycling safety. *Safety Science, 92*, 264-273. doi:10.1016/j.ssci.2015.06.005
- Schepers, P., Weijermars, W., Boele, M., Dijkstra, I., & Bos, N. (2020). *Oudere fietsers: Ongevallen met oudere fietsers en factoren die daarbij een rol spelen*. Den Haag: SWOV.
- Schleinitz, K., & Petzoldt, T. (2019). Can a unique appearance of e-bikes, coupled with information on their characteristics, influence drivers' gap acceptance? *Traffic Injury Prevention, 20*(sup3), 51-55. doi:10.1080/15389588.2019.1669153
- Schleinitz, K., Petzoldt, T., & Gehlert, T. (2018). Risk compensation? The relationship between helmet use and cycling speed under naturalistic conditions. *Journal of Safety Research, 67*, 165-171. doi:10.1016/j.jsr.2018.10.006
- Schleinitz, K., Petzoldt, T., Franke-Bartholdt, L., Krems, J. F., & Gehlert, T. (2015). Conflict partners and infrastructure use in safety critical events in cycling – Results from a naturalistic cycling study. *Transportation Research Part F, 31*, 99-111.
- Schleinitz, K., Petzoldt, T., Franke-Bartholdt, L., Krems, J. F., & Gehlert, T. (2017). The German Naturalistic Cycling Study - Comparing cycling speed of riders of different e-bikes and conventional bicycles. *Safety Science, 92*, 290-297.
- Schleinitz, K., Petzoldt, T., Krems, J. F., & Gehlert, T. (2016). The influence of speed, cyclists' age, pedaling frequency, and observerage on observers' time to arrival judgments of approaching bicycles and e-bikes. *Accident Analysis and Prevention, 92*, 113-121. doi:https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.03.020
- Scholten, A., Polinder, S., Panneman, M., van Beeck, E., & Haagsma, J. (2015). Incidence and costs of bicycle-related traumatic brain injuries in the Netherlands. *Accident Analysis and Prevention, 81*, 51-60. doi:10.1016/j.aap.2015.04.022
- Spörri, E., Halvachizadeh, S., Gamble, J., Berk, T., Allemann, F., Pape, H.-C., & Rauer, T. (2021). Comparison of Injury Patterns between Electric Bicycle, Bicycle, and Motorcycle Accidents. *Journal of Clinical Medicine, 10*, 3359. doi:10.3390/jcm10153359
- SWOV. (2015). *Factsheet Ouderen in het Verkeer [Factsheet The Elderly in Traffic]*. The Hague: SWOV.
- SWOV. (2022). *QLIK: BRON (Bestand geRegistreerde Ongevallen in Nederland)*. Den Haag: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV. Opgehaald van <https://swov.nl/nl/cijfers/verkeersongevallen>

- Theurel, J., Theurel, A., & Lepers, R. (2012). Physiological and cognitive responses when riding an electrically assisted bicycle versus a classical bicycle. *Ergonomics*, *55*(7), 773-781. doi:10.1080/00140139.2012.671964
- 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 and Prevention*, *105*, 109-116.
- Twisk, D., Stelling, A., Van Gent, P., De Groot, J., & Vlakveld, W. (2021). Speed characteristics of speed pedelecs, pedelecs and conventional bicycles in naturalistic urban and rural traffic conditions. *Accident Analysis and Prevention*, *150*, 105940. doi:10.1016/j.aap.2020.105940
- Valkenberg, H., Nijman, S., Schepers, P., Panneman, M., & Klein Wolt, K. (2017). *Fietsongevallen in Nederland: SEH-behandelingen 2016*. Amsterdam: VeiligheidNL. Opgeroepen op 12 03, 2018, van <https://www.veiligheid.nl/organisatie/actueel/nieuws/rapport-oorzaken-fietsongevallen>
- Van Boggelen, O., Van Oijen, J., & Lankhuijzen, R. (2013). *Fietsberaad Publicatie 24: Feiten over de elektrische fiets*. Utrecht: Fietsberaad.
- Van Cauwenberg, J., Schepers, P., Deforche, B., & De Geus, B. (2019). Differences in life space area between older non-cyclists, conventional cyclists and e-bikers. *Journal of Transport & Health*, *100605*.
- Van der Horst, 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 and Prevention*, pp. 358-368. doi:10.1016/j.aap.2013.04.005
- Van der Zaag, P., Rozema, R., Poos, H., Kleinbergen, J., van Minnen, B., & Reininga, I. (2022). Maxillofacial Fractures in Electric and Conventional Bicycle-Related Accidents. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, *80*, 1361-1370. doi:10.1016/j.joms.2022.03.020
- Van Kampen, L., & Harris, S. (1995). *Verkeersongevallen in Nederland 1992-1993*. Leidschendam: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV. Retrieved januari 10, 2023, from <https://swov.nl/nl/publicatie/verkeersongevallen-nederland-1992-1993>
- Van Schijndel-de Nooij, M., Versmissen, T., Rodarius, C., van Nunen, E., Van den Broek, T., de Hair-Buijssen, S., . . . Van der Veen, J. (2010). *Pre-development of a Vulnerable Road Users (VRU) airbag. Phase 1; preparation*. Helmond: TNO.
- Verbeek, A., de Valk, J., Schakenraad, D., Verbeek, J., & Kroon, A. (2021). E-bike and classic bicycle-related traumatic brain injuries presenting to the emergency department. *Emergency Medicine Journal*, *38*, 279-284. doi:10.1136/emmermed-2019-208811
- Verstappen, E., Vy, D., Janzing, H., Janssen, L., Vos, R., Versteegen, M., & Barten, D. (2021). Bicycle-related injuries in the emergency department: a comparison between E-bikes and conventional bicycles: a prospective observational study. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, *47*, 1853-1860. doi:10.1007/s00068-020-01366-5

- Vlakveld, W. P., Twisk, D., Christoph, M., Boele, M., Sikkema, R., Remy, R., & Schwab, A. L. (2015). Speed choice and mental workload of elderly cyclists on e-bikes in simple and complex traffic situations: A field experiment. *Accident Analysis and Prevention*, *74*, 97-106.
- Weber, T., Scaramuzza, G., & Schmidt, K.-U. (2014). Evaluation of e-bike accidents in Switzerland. *Accident Analysis and Prevention*, *73*, 47-52. doi:10.1016/j.aap.2014.07.020
- Weiss, R., Juhra, C., Wieskötter, B., Weiss, U., Jung, S., & Raschke, M. (2018). How Probable is it That Seniors Using an E-Bike Will Have an Accident? *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*. doi:10.1055/s-0043-120200
- 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.

Bijlage 1a

Aanvullende cijfers SEH behandelingen in 2020 (bron: VeiligheidNL).

Aandeel slachtoffers afgezet tegen aandeel kilometers per type fiets en type ongeval, vergeleken met referentiegroep conventionele fietsers.

0-54 jaar

	Meervoudig: Botsing met motorvoertuig				Meervoudig: Botsing overig verkeer			
	% LIS slt. ALVO	% afst. (km) Controle-groep	Verhouding t.o.v. gewone fiets*		% LIS slt. ALVO	% afst. (km) Controle-groep	Verhouding t.o.v. gewone fiets*	
Gewone fiets	52%	58%	1,00	Gewone fiets	51%	58%	1,00	
Elektrische fiets	27%	22%	1,37	Elektrische fiets	18%	22%	0,93	
Racefiets	17%	12%	1,54	Racefiets	24%	12%	2,27	
Mountainbike	5%	8%	0,70	Mountainbike	7%	8%	1,00	
Totaal	100%	100%		Totaal	100%	100%		

55+ jaar

	Meervoudig: Botsing met motorvoertuig				Meervoudig: Botsing overig verkeer			
	% LIS slt. ALVO	% afst. (km) Controle-groep	Verhouding t.o.v. gewone fiets*		% LIS slt. ALVO	% afst. (km) Controle-groep	Verhouding t.o.v. gewone fiets*	
Gewone fiets	31%	31%	1,00	Gewone fiets	29%	31%	1,00	
Elektrische fiets	54%	58%	0,93	Elektrische fiets	50%	58%	0,93	
Racefiets	13%	8%	1,62	Racefiets	19%	8%	2,59	
Mountainbike	2%	3%	0,67	Mountainbike	2%	3%	0,72	
Totaal	100%	100%		Totaal	100%	100%		

Alle leeftijden

	Meervoudig: Botsing met motorvoertuig				Meervoudig: Botsing overig verkeer			
	% LIS slt. ALVO	% afst. (km) Controle-groep	Verhouding t.o.v. gewone fiets*		% LIS slt. ALVO	% afst. (km) Controle-groep	Verhouding t.o.v. gewone fiets*	
Gewone fiets	44%	47%	1,00	Gewone fiets	39%	47%	1,00	
Elektrische fiets	38%	36%	1,14	Elektrische fiets	35%	36%	1,16	
Racefiets	15%	10%	1,62	Racefiets	22%	10%	2,57	
Mountainbike	4%	6%	0,72	Mountainbike	4%	6%	0,80	
Totaal	100%	100%		Totaal	100%	100%		

* (Aandeel slachtoffer/aandeel km van type fiets) / (Aandeel slachtoffer/aandeel km van gewone fiets)

Afkortingen: LIS = Letsel Informatie Systeem; slt. = slachtoffers, ALVO = Aanvullend LIS Vervolg Onderzoek; afst. = afstand

Aanvullende cijfers SEH behandelingen in 2020 - vervolg (bron: VeiligheidNL).

Aandeel slachtoffers afgezet tegen aandeel kilometers per type fiets en type ongeval, vergeleken met referentiegroep conventionele fietsers.

0-54 jaar

	Enkelvoudig: eenzijdig en botsing met obstakel				Totaal		
	% LIS slt. ALVO	% afst. (km) Controle-groep	Verhouding t.o.v. gewone fiets*		% LIS slt. ALVO	% afst. (km) Controle-groep	Verhouding t.o.v. gewone fiets*
Gewone fiets	47%	58%	1,00	Gewone fiets	48%	58%	1,00
Elektrische fiets	17%	22%	0,96	Elektrische fiets	18%	22%	0,98
Racefiets	11%	12%	1,17	Racefiets	14%	12%	1,38
Mountainbike	25%	8%	3,88	Mountainbike	20%	8%	3,01
Totaal	100%	100%		Totaal	100%	100%	

55+ jaar

	Enkelvoudig: eenzijdig en botsing met obstakel				Totaal		
	% LIS slt. ALVO	% afst. (km) Controle-groep	Verhouding t.o.v. gewone fiets*		% LIS slt. ALVO	% afst. (km) Controle-groep	Verhouding t.o.v. gewone fiets*
Gewone fiets	27%	31%	1,00	Gewone fiets	27%	31%	1,00
Elektrische fiets	58%	58%	1,16	Elektrische fiets	58%	58%	1,15
Racefiets	8%	8%	1,13	Racefiets	9%	8%	1,34
Mountainbike	7%	3%	2,70	Mountainbike	6%	3%	2,30
Totaal	100%	100%		Totaal	100%	100%	

Alle leeftijden

	Enkelvoudig: eenzijdig en botsing met obstakel				Totaal		
	% LIS slt. ALVO	% afst. (km) Controle-groep	Verhouding t.o.v. gewone fiets*		% LIS slt. ALVO	% afst. (km) Controle-groep	Verhouding t.o.v. gewone fiets*
Gewone fiets	38%	47%	1,00	Gewone fiets	35%	47%	1,00
Elektrische fiets	35%	36%	1,21	Elektrische fiets	36%	36%	1,34
Racefiets	10%	10%	1,21	Racefiets	12%	10%	1,61
Mountainbike	17%	6%	3,52	Mountainbike	14%	6%	3,13
Totaal	100%	100%		Totaal	100%	100%	

* (Aandeel slachtoffer/aandeel km van type fiets) / (Aandeel slachtoffer/aandeel km van gewone fiets)

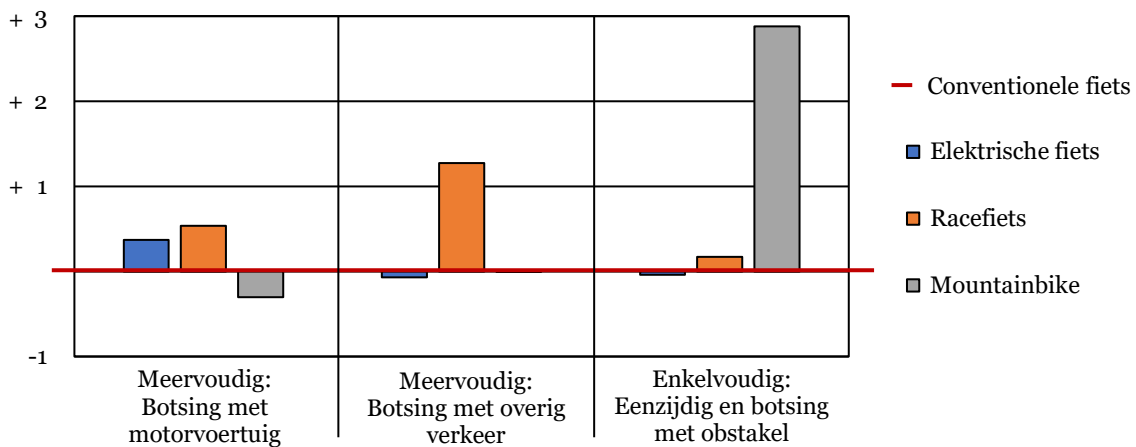
Afkortingen: LIS = Letsel Informatie Systeem; slt. = slachtoffers, ALVO = Aanvullend LIS Vervolg Onderzoek; afst. = afstand

Bijlage 1b

Visuele weergave, per type ongeval, van het aandeel slachtoffers per fietstype (behandeld op de SEH in 2020) gedeeld door het aandeel gereden kilometers van het desbetreffende fietstype (in de controlegroep), afgezet tegen de referentiegroep ‘conventionele fiets’ dat als nulpunt is gedefinieerd (rode lijn). Een waarde boven de rode lijn betekent een verhoging van het aandeel slachtoffers per kilometer ten opzichte van de conventionele fiets, en een waarde beneden de rode lijn een verlaging van dit aandeel. Gegevens zijn afzonderlijk weergegeven voor de leeftijdsgroepen jonger en ouder dan 55 jaar. Voor de volledigheid zijn ongevallen met racefietsen en mountainbikes ook afgebeeld. Bron: VeiligheidNL.

Aandeel slachtoffers afgezet tegen aandeel kilometers per type fiets en type ongeval, ten opzichte van referentiegroep conventionele fiets (rode lijn)

Leeftijd: 0-54 jaar.



Aandeel slachtoffers afgezet tegen aandeel kilometers per type fiets en type ongeval, ten opzichte van referentiegroep conventionele fiets (rode lijn)

Leeftijd: 55+ jaar.

