



## Nationaal verkeerskundecongres 2016

### De oudere fietser valt, daar kunnen we iets aan doen!

Rosemary Dubbeldam  
Carola Engbers  
Jaap Buurke  
Hans Rietman  
*(Roessingh Research and Development)*

#### **Samenvatting**

Oudere fietsers hebben een hoog risico op letsel als gevolg van een val met de fiets, waarbij geen andere weggebruiker direct betrokken is. Uit ongevalstudies weten we ondertussen veel over de oorzaken en situaties. Echter, over de reden waarom deze situaties nu precies bij ouderen leiden tot een val, is nog weinig bekend. Ook is nog niet onderzocht of aanpassingen aan de fiets de oudere fietser in zijn beperkingen zou kunnen ondersteunen.

Deze studie meet en analyseert het fietsgedrag van ouderen en jongeren en vergelijkt deze met hun cognitieve en fysieke eigenschappen. Verder wordt ingegaan op het bepalen van wensen en behoeften van oudere fietsers en de technologie die daaruit voortkomt. De resultaten tonen aan, dat het mogelijk is om met eenvoudige maatregelen de oudere fietser te ondersteunen in zijn beperkingen. Door de ouderen in een vroeg stadium te betrekken bij het ontwerp, wordt de ondersteunende technologie uiteindelijk goed geaccepteerd.

#### **Trefwoorden**

Fietsveiligheid, ouderen, fysieke en mentale eigenschappen, innovatieve technologie



## 1. INTRODUCTIE

Nederland is een echt fietsland. Helaas brengt fietsen ook enkele risico's met zich mee, waaronder een verhoogd risico op letsel na een val met de fiets voor ouderen: Fietsers van 55 jaar en ouder hebben een twee tot acht maal hoger risico op letsel ten opzichte van jongere fietsers als gevolg van een val met de fiets waarbij geen andere weggebruiker direct betrokken is [Consument en Veiligheid, 2010]. Uit diepgaande ongeval studies weten we ondertussen veel over de ongeval oorzaken zoals een glad wegdek, plotselinge obstakels of onoplettendheid, en ook over of de ongeval situaties zoals langzaam fietsen, links af slaan of remmen [Niska, 2013; Panneman, 2015; Schepers, 2012; Kruier, 2013]. Echter, over de reden waarom deze situaties nu precies bij oudere fietsers leiden tot vallen is nog weinig bekend. Ook is nog niet onderzocht of het mogelijk is de oudere fietser in zijn of haar tekortkomingen te ondersteunen, om op deze manier het risico op een ongeval en letsel te reduceren. Veranderingen in fietsgedrag bij ouderen en hun verhoogd risico op letsel, kunnen het gevolg zijn van fysieke en cognitieve veroudering en of pathologieën. Vaardigheden zoals visus en gehoor, reactie tijd, korte-termijn geheugen en spierkracht nemen af met toenemende leeftijd. Een aantal van deze beperkingen zijn direct gerelateerd aan valrisico tijdens het lopen [Stalenhoef, 2002; van Schoor, 2002] en deze kunnen ook een rol spelen tijdens het fietsen. Oudere fietsers geven zelf aan, dat medische of gezondheidsproblemen de belangrijkste redenen zijn om te stoppen met fietsen [Zeegers, 2010]. Om beter inzicht te krijgen in de ongeval mechanismen, is een beter begrip van de relatie tussen persoonlijke vaardigheden (zowel cognitief als fysiek) en fietsgedrag of fietsbewegingen (kinematica) nodig.

Van de oudere fietsers die medische hulp nodig na een enkelzijdig fiets ongeval, was 22% gevallen tijdens op- of afstappen van de fiets ten opzichte van 8% voor de jongere volwassenen (Niska et al., 2013, Scheiman et al., 2010). Bovendien rapporteerde Kruijer et al. (2013) dat er meer enkelvoudige fietsongevallen optreden tijdens het afstappen (13%) in vergelijking met het afstappen (9%) onder oudere fietsers. Schepers en Klein Woldt (2012) suggereerden dat de fysieke capaciteiten en de op- of afstap methode een rol kunnen spelen. Hagemeister en Tegen-Klebingat (2013) bevestigen dat fysieke vermogen is gerelateerd aan problemen met op- en afstappen, maar niet met val-geschiedenis. Tot nu toe is er weinig bekend over de op- en afstap methoden van jongere en oudere fietsers. Een beter begrip van de op- en afstap methoden en overeenkomstige fiets en fietser bewegingen kunnen worden gebruikt als uitgangspunt in de toekomst ongevalrisico studies en ontwerp van nieuwe fietsen. Uit bovenstaande kunnen we opmaken dat er weinig onderzoek is gedaan of gerapporteerd naar vallen met de fiets waarbij geen letsel is ontstaan. Slechts heel beperkt is onderzoek gedaan naar de beperkingen die oudere fietsers ervaren tijdens het fietsen [Zeegers, 2010] en er is geen onderzoek gevonden die gekeken heeft naar de wensen en behoeften van oudere fietsers in termen van ondersteuning bij kritische of moeilijke handelingen tijdens het fietsen. Inzicht in dergelijke factoren en wensen kunnen in toekomst leiden tot het ontwerp van fiets-ondersteunende systemen.

Zo kan bijvoorbeeld een waarschuwingssysteem op de fiets geïntegreerd worden, door middel van technologie, welke vergelijkbaar is met Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) in de auto. ADAS kan persoonlijke assistentie leveren in een verkeersomgeving [Davidse, 2007]. Echter, het overhandigen van de controle aan een apparaat kan als negatief ervaren worden door de gebruiker [Hoedemaeker, 1998]. Om acceptatie van dergelijke systeem te optimaliseren, moet bij het ontwerp de eindgebruiker in een vroeg stadium betrokken worden [Van der Laan, 1997]. Verder kan toepassing van ADAS een negatief effect hebben op de mentale werkbelasting [Brookhuis, 2008]. Desalniettemin zijn veel positieve voorbeelden introduceren ADAS in auto's gemeld [Brookhuis, 2008; Davidse, 2007]. De lessen van ADAS toepassingen in de auto hebben geleerd, dat het van belang is ADAS systemen voor op de fiets samen met de eindgebruiker te ontwerpen en de effecten op mentale belasting te toetsen.

Er zijn geen echter richtlijnen hoe de veiligheidsprestaties van een fiets getest moeten worden, niet wat betreft de procedure en ook niet wat betreft de grootheden die daarbij gemeten dienen te worden. Een retrospectieve analyse van optredende ongevallen kan op de lange termijn bieden de beste informatie over de veiligheidsprestaties. Op dit moment echter, zou men de prototype fietsen kunnen testen en de ondersteunende systemen evalueren, in een aantal kritieke situaties die verband houden met valrisico,



maar in een veilige omgeving. Vele factoren spelen een rol met betrekking tot valrisico: de fietser, de fiets, de infrastructuur en andere weggebruikers. Kritische ongeval situaties omvatten onder andere op- en afstappen, remmen, bocht nemen naar links of rechts en obstakel vermijden. Dit zijn dan ook de fietstaken die uitgevoerd kunnen worden in een veilige omgeving als het gaat om het evalueren en valideren van balans ondersteunende systemen. Ook kunnen deze taken geïntegreerd worden in een fiets parcours als het gaat om systemen die interactie met overige weggebruikers ondersteunen. Dit artikel bericht over delen van volgende studies: 'Slimme Ondersteunende Fiets (SOFIEs)', een studie uitgevoerd in samenwerking met Universiteit Twente en Indes; en 'Veilig en Bewust op de fiets', een studie uitgevoerd in samenwerking met TNO en de Fietzersbond. Het doel van dit artikel is ten eerste inzicht verkrijgen in de cognitieve en fysieke eigenschappen van de oudere fietser welke mogelijk van invloed zijn op zijn fietsgedrag: de bewegingen van de fiets en van de fietser. Ten tweede, inzicht verkrijgen in de behoeften en wensen van oudere fietsers met betrekking tot ondersteuning. Ten derde, samen met de oudere fietser, dergelijke behoeften en wensen en de inzichten uit de fietsgedrag studie te vertalen naar concrete prototypes, deze te testen op effectiviteit en uiteindelijk te valideren in een zo reëel mogelijke test omgeving. Onderstaand volgt een beschrijving van twee prototypes: de SOFiets, een fiets speciaal ontwikkeld om fietsers te ondersteunen bij op- en afstappen en lage fietssnelheden; en de achteruitkijk-assistent, welke waarschuwt voor naderend verkeer van achteren door middel van een trilling in het zadel. Om bovenstaande doelen te bereiken wordt gebruik gemaakt van een mobiel bewegingsanalyse systeem en van verschillende gebruikersonderzoek methoden.

## 2. METHODE

Het gaat dit artikel te buiten om alle metingen die gedaan zijn binnen de studie SOFIE en Veilig en Bewust op de Fiets te beschrijven. Daarom focussen wij ons op die metingen, die bijdragen aan de doelstelling van dit artikel.

### 2.1 Fietsgedrag van oudere en jongere fietsers

Vijftien gezonde jonge volwassenen tussen 18 en 40 jaar en 33 volwassenen, ouder dan 65 jaar, zijn gevraagd om deel te nemen aan deze fietsstudie. De fietsstudie is goedgekeurd door de Medisch Ethische Commissie Twente, Enschede. De deelnemers hebben schriftelijk toestemming gegeven voor deelname aan fysieke en mentale tests en het uitvoeren van verschillende fietstaken. Een fysiotherapeut was aanwezig en extra ondersteunend personeel was beschikbaar voor die fietsers met een hoog valrisico of onveilige fietsgedrag. De volgende demografische gegevens zijn geregistreerd: geslacht, leeftijd, lichaamsgewicht, lengte, huidige ziekten en het gebruik van medicatie (zelf-gerapporteerd).

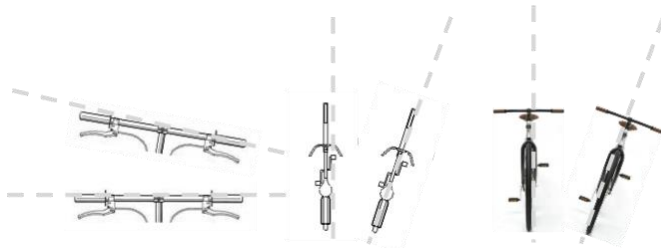
Ter bepaling van de fysieke en mentale capaciteiten van de deelnemers zijn gevalideerde tests uitgevoerd: Berg Balance Scale, hand grijpkracht, korte-termijn geheugen en reactietijd. De deelnemers werd gevraagd om stil te staan met de fiets aan de hand, op te stappen, 300 m rechtdoor te fietsen, te remmen en af te stappen. Rechtdoor fietsen is zowel op comfortabele als langzame fietssnelheid tenminste twee maal herhaald. De fietstaken zijn uitgevoerd op een parkeerplaats om een veilige testomgeving te creëren en de interactie met overig verkeer te vermijden. Een standard damesfiets, geschikt voor alle deelnemers, is gebruikt in alle tests: een TREK L300 BLX low, 50 cm frame grootte (Fig. 1a en b).

Fiets en fietser bewegingen (kinematica) zijn geregistreerd met 10 Inertial Measurement Units (X sense, Fig. 1a) en twee videocamera's (HERO 2, Go-Pro, Inc., USA). FUSION software (LabVIEW) is gebruikt om de bewegingen van het bovenlichaam (zijwaarts), bovenbeen (zijwaarts), stuur en fietsframe (slinger en rollen) te bepalen (Fig. 2). Moore et al. Hebben laten zien dat dit bewegingen zijn die bijdragen aan balanshouden op de fiets [Moore, 2011]. Maximaal waardes en ook de "variatie" in termen van standaard deviatie (SD) bij rechtdoor fietsen, zijn bepaald.





**Figuur 1a.** Bevestiging van de inertiaële sensoren aan de fiets en fietser. **b.** Beschrijven van op- en afstappen: buitenste voet, binnenste voet, ipsilaterale pedaal, contralaterale pedaal en zadel.



**Figuur 2.** Stuurhoek, Slingerhoek en rolhoek van de fiets

Het op- en afstappen is geanalyseerd door middel van de videobeelden: de bewegingen van de linker en rechter voet zijn beschreven en ook het moment van gaan zitten op het zadel (Fig. 1b). Hiermee konden verschillende opstap methoden, geclassificeerd in strategieën, worden bepaald [Dubbeldam, 2015; Straathof, 2014]. Voor de analyse van de fiets en fietsbewegingen zijn eerst onafhankelijke en gepaarde T-test ( $p < 0,05$ ) uitgevoerd om het effect van de fietssnelheid en de leeftijd op de variatie in fiets en fietser bewegingen te bepalen. Ten tweede, is een lineaire regressiemodel gebruikt (coëfficiënt van determinatie) om die factoren, welke de fiets en fietsbewegingen tijdens rechtdoor fietsen bij comfortabele en langzame snelheid voorspellen, te bepalen.

## 2.2 De wensen en behoeften van oudere fietsers

Enquêtes, interviews en focusgroepen zijn uitgevoerd om, onder andere, de wensen en behoeften van oudere fietsers te bepalen. Het PACT [Huis In 't Veld, 2010] en UTAUT model [Venkatesh, 2003] is gebruikt om de enquête te ontwikkelen. De vragen focussen onder andere op demografische gegevens, fietsgebruik en gedrag, klachten en beperkingen, ervaren gevaarlijke situaties en belangrijkheid van waarschuwen in verschillende situaties. De enquêtes zijn verspreid via Fietsscholen van de Fietsersbond en via het internet aan >800 oudere fietsers van 65 jaar en ouder. Vervolgens zijn 30 semigestructureerd interviews gehouden met oudere fietsers om dieper te kunnen ingaan op de thema's uit de enquête. In de enquête was het bijvoorbeeld mogelijk om aan te geven dat men een stijve nek had maar niet of en welke gevolgen dat had voor zijn of haar fietsgedrag en eventuele fiets- of gedragsaanpassingen.



Twee focusgroepen zijn gehouden met elk 7-8 oudere fietsers om inzicht te krijgen in de vorm van technologie die gebruikt zou kunnen worden om de oudere fietser een waarschuwingssignaal te geven: bijvoorbeeld door middel van licht, vibratie of geluid. Verder is er ingegaan op de duur, frequentie en intensiteit van het signaal, het moment van waarschuwen en overige functies.

### 2.3 De ontwikkeling en validatie van SOFiets

Samen met de Universiteit Twente en Indes is een prototype fiets ontwikkeld met als doel om oudere fietsers te ondersteunen. Hiervoor is gebruik gemaakt van gerapporteerde ongevallen studies, computer fietssimulaties (Universiteit Twente) en resultaten uit voorheen beschreven fietsgedrag studie tussen oudere en jongere fietsers. Uiteindelijk zijn drie ondersteunende systemen geïntegreerd op de fiets: automatische zadelhoogte-aanpassing, geoptimaliseerd frame- en wielgeometrie en een weg-rij-hulp. In deze studie worden de 3 ondersteunende fietssystemen integraal gemeten en geanalyseerd [Dubbeldam, 2016b].

De deelnemers zijn geworven via een advertentie in een huis-aan-huis blaadje in Enschede en deze observatie studie is goed gekeurd door de Medisch Ethische Toetsing Commissie Twente. Negen ouderen (65-80 jaar) zijn gevraagd om te fietsen op een 'normale' en 'SOFIE' fiets. De volgende fietstaken zijn tweemaal uitgevoerd: fietsen op comfortabele en lage snelheid, ontwijken van obstakels en op- en afstappen. De bewegingen van fiets en fietser zijn vastgelegd en berekend met behulp van de reeds eerder beschreven tien inertiaële sensoren. Als eerste is een subjectieve analyse gedaan en de deelnemers gevraagd naar hun 'ervaringen' en 'emoties' tijdens het fietsen over de verschillende fietsen en voor de verschillende fietstaken. Op 5-punts Likert schalen van de deelnemers werd gevraagd om te scoren voor aangenaamheid, veiligheid, risico, ergernis en stabiliteit (Ervaring), evenals het vertrouwen, angst, stabiliteit (Emoties). Elke vraag werd gewaardeerd van -2 tot +2, waarbij -2 de meest negatieve ervaring is, 0 is neutraal en +2 de meest positieve ervaring. Ook is de van der Laan acceptatie schaal afgenomen [Van der Laan, 1997]. Deze schaal meet de gebruikers beoordeling op de sub schalen: gebruikersvriendelijkheid en bruikbaarheid. Deze schaal bevat tegenovergestelde items zoals bijvoorbeeld 'plezierig – onplezierig', 'effectief – nutteloos', 'waakzaamheid verhogend – slaapverwekkend', 'goed – slecht'. Op een 5-punt Likert schaal konden deelnemers hun voorkeur aangeven. De resultaten worden gescoord van -2 tot +2.

Vervolgens zijn de verschillen in fiets en fietser bewegingen tussen de normale en SOFIE fiets bestudeerd. Hiervoor zijn niet-parametrische gepaarde t-tests gebruikt (SPSS).

### 2.4 De ontwikkeling en validatie van de Achteruitkijk-assistent

Uit de wensen en behoeften van oudere fietsers blijkt dat een Achteruitkijk-assistent wenselijk is. In eerste instantie zijn experimenten uitgevoerd met een eenvoudig prototype om te kijken hoe de ouderen reageren op waarschuwingssignalen tijdens het fietsen in een veilige, stabiele omgeving [Engbers, 2016a]: Een trilling wordt als beste subjectief beoordeeld en leidde ook tot de minste mentale belasting. Op basis hiervan is een prototype achteruitkijk-assistent voor op de fiets ontwikkeld door TNO (Fig. 3) [de Hair, 2016; Engbers, 2016b]. Dit prototype, welke een trilling geeft in het zadel als de achteruitkijk-assistent achterop komend verkeer herkent, is getest door 20 oudere fietsers in een reële fietsomgeving in Eindhoven. Helaas heeft de fiets een hoog frame, waardoor hij alleen geschikt is voor mensen met een lengte vanaf 170 cm. De deelnemers zijn geworven door een verzoek op de website van de Koninklijke Ouderen Bond, op de website van de gemeente Helmond en op de website van de provincie Noord-Brabant Deze studie is goedgekeurd door de Medisch Ethische Toetsing Commissie Twente en de deelnemers hebben schriftelijk toestemming gegeven tot deelname aan deze observatie studie.



**Figuur 3:** De “intelligente fiets” met de achteruitkijk-assistent: camera achterop de fiets, trillers in het zadel, computer koffer nog achter op voor meetsystemen.

De deelnemers is gevraagd 2 maal een parcours van 7 tot 8 minuten te fietsen op de openbare weg: éénmaal met en éénmaal zonder de achteruitkijk-assistent, waarbij deze volgorde gewisseld is om vermoeidheid of andere effecten te voorkomen. Het parcours was onbekend voor de deelnemers en is uitgezet door middel van rode pijlen, die gevolgd moesten worden. De pijlen hingen soms ver voor het kruispunt dus de fietsers moesten hun aandacht er op gericht houden en ter afleiding waren hingen er ook blauwe pijlen. Een deel van het parcours was afgezet om contact met overige verkeersdeelnemers te vermijden. Op dit stuk weg, een fietspad, werd de fietser ingehaald door een vrijwillige fietser van Veilig Verkeer Nederland. Deze actie is vastgelegd met videocamera's en gescoord door vrijwilligers met behulp van een observatieformulier. Hierbij is gekeken naar snelheidsveranderingen, stuur gedrag, omkijken en koerswijzigingen. Het parcours was zo ingericht, dat dit stuk weg 2 maal gefietst werd. zodat de meting met de achterop komende fietser 2 maal gedaan kon worden per parcours. Voordat de ouderen op de fiets stapten zijn hun balans en achterom kijk capaciteit gemeten en is gevraagd naar leeftijd, medicatie gebruik, problemen tijdens het fietsen Ook hebben de deelnemers thuis een vragenlijst ingevuld. Tussen de twee sessies is gevraagd hoe mentaal belastend de fiets handelingen waren met behulp van de Beoordelingsschaal Subjectieve Mentale inspanning [Zijlstra, 1993]. Deze schaal scoort tussen de 0 bij géén mentale belasting tot 150 bij maximale belasting. Het interview achteraf is opgesteld aan de hand van Technological Acceptance model [Davis, 1986 en 1989]. Tevens is achteraf de acceptatie schaal ingevuld over de achteruitkijk-assistent.

### 3. RESULTATEN

Onderstaand volgt een overzicht van de belangrijkste resultaten over fiets en fietser bewegingen, wensen en behoeften van oudere fietsers in termen van ondersteuning en resultaten van eerste tests met prototypes van de SOFiets en de Achteruit-kijk assistent..

#### 3.1 Fietsgedrag van oudere en jongere fietsers

De jonge fietsers waren tussen 21 jaar en 34 jaar oud. De 33 oudere fietsers waren tussen 65 jaar en 89 jaar oud. Twee van de oudere deelnemers hadden speciale aandacht nodig tijdens het fietstests omdat ze moeite hadden met op- en afstappen van de fiets of wegens instabiliteit tijdens het fietsen. De zelf-gerapporteerde pathologieën en medicatie gebruik waren voornamelijk artrose van verschillende gewrichten, cardiovasculaire stoornissen en bijbehorende medicatie gebruik, Diabetes mellitus, en osteoporose. In tabel 1 volgt een overzicht van de demografische, fysieke en mentale capaciteiten van de deelnemers en de significante verschillen tussen beide groepen (jongeren en ouderen) is aangegeven met een sterretje.



**Tabel 1.** Demografische, fysieke en cognitieve eigenschappen van de deelnemers  
\* Significant verschillend ( $p < 0.05$ ) tussen ouderen en jongeren

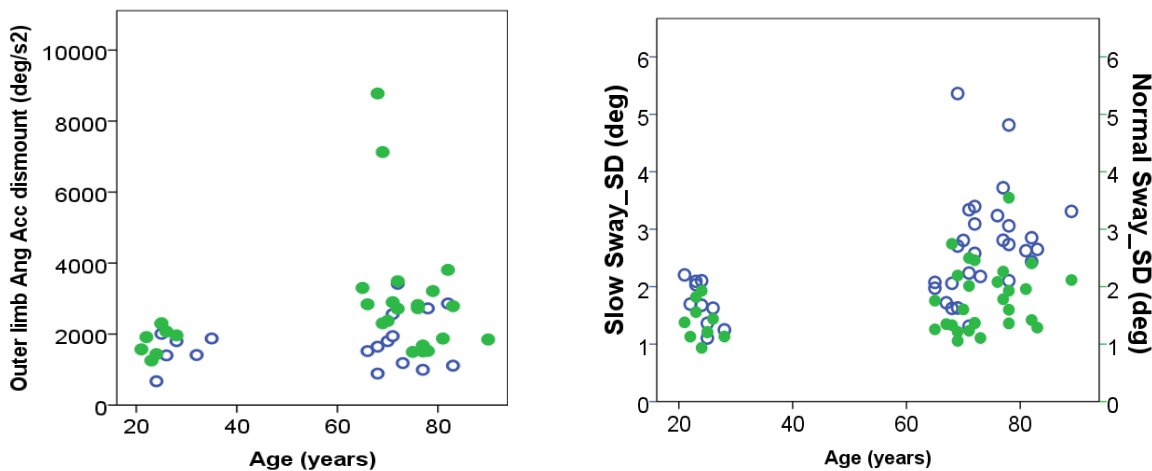
	JONGEREN (N=14)		OUDEREN (N=33)	
	Gemiddelde	SD	Gemiddelde	SD
Leeftijd (jaren) *	26.0	3.7	74.6	6.3
Geslacht (man / vrouw)	6 m / 8 v		12 m / 21 v	
Lengte (m)	1.78	0.07	1.71	0.10
BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) *	23.1	2.8	25.8	2.5
Word_score_15 *	44.2	5.0	24.7	9.2
Berg Balance Scale (BBS) *	56.0	0.0	53.8	3.8
Dual task prestatie *	0.92	0.08	0.77	0.07
Hand greep sterkte (N) *	40.3	9.5	29.4	11.0
Go/No-go reactie tijd (ms) *	412	58	484	83

**Figuur 4.** Verschillende opstap methoden: **a.** Opstappen begint met positioneren van de buitenste voet op de ipsilaterale pedaal, gevolgd door stappen met de binnenste voet en positioneren van de binnenste voet op de contralaterale pedaal (Opstap categorie 1). **b.** Opstappen begint met positioning van de binnenste voet op de contralaterale pedaal, vervolgens starten met trappen met binnenste been en daarna positioneren van de buitenste voet op ipsilaterale pedaal (Opstap categorie 2).



We vonden dat 70% van de jongeren groep koos voor opstap categorie 2, waarbij de binnenste voet wordt opgetild en geplaatst op de contra-laterale pedaal eerst (fig. 4b). Daarentegen koos meer dan 80% van de ouderen groep voor opstap categorie 1, waarbij de buitenste voet als eerste wordt opgetild en geplaatst op het ipsi-laterale pedaal (afb. 4a). Een soortgelijke trend werd gevonden voor de afstap strategieën: het merendeel (84%) van de jongeren groep koos voor afstap strategie 1, waarbij de buitenste voet als eerste van de eerste pedaal wordt getild; en de helft van de ouderen groep stapt af via categorie 2, waarbij de binnenste voet eerst van het pedaal wordt getild.

Wat de fiets en fietsbewegingen betreft, tijdens het op- en afstappen zien we dat de ouderen hogere versnellingen hebben van het bovenlichaam en bovenbeen en dat er ook significante verschillen (40%) zijn tussen mannen en vrouwen (Fig. 5a). Verder bereiken alle fietsers een fietssnelheid van tenminste 5 km/h aan het einde van de opstapfase, dat is wanneer er een harmonische trapbeweging ontstaat. Tijdens het rechtdoor fietsen hadden de oudere fietsers grotere bovenbeenhoek en fietsrolhoek variaties vergeleken met de jongeren voor beide fietssnelheden (comfortabel en langzaam). Alleen bij de lagere fietssnelheid hadden de oudere fietsers meer stuurhoek variaties en hogere hoekversnellingen van het bovenlichaam, het bovenbeen, fietsrolhoek en stuurhoek, vergeleken met de jongeren. Het lineaire regressie model liet zien dat bij comfortabel fietssnelheid, alleen fysieke en cognitieve parameters de fiets rolhoek ( $R^2 = 0,21$ ) beïnvloedden, terwijl de fietsslingerhoek ( $R^2 = 0,22$ ) en de stuurhoek ( $R^2 = 0,41$ ) voornamelijk werden beïnvloed door de fietssnelheid. Bij lagere snelheden, werden echter alle fietsbewegingen (rol-, slinger- en stuurhoek) en ook het bovenlichaam beïnvloed door fietssnelheid en korte-termijn geheugen ( $R^2 0,37-0,58$ ).



**Figuur 5.** Voorbeeld van fiets en fietser als functie van leeftijd en fietssnelheid: **a.** Versnellingen van het buitenste bovenbeen (graden/s<sup>2</sup>), Open rondjes representeren de mannen en de gevulde rondjes representeren de vrouwen. **b.** Variatie (standaard deviatie, SD) in fiets slingerhoek (graden). Open rondjes representeren de langzame fietssnelheid en de gevulde rondjes representeren comfortabele fietssnelheid.

### 3.2 De wensen en behoeften van oudere fietsers

Er zijn 879 enquêtes ingevuld door oudere fietsers met een gemiddelde leeftijd van 72.4 jaar (SD: 5,7; MIN: 65, MAX: 104); Daarvan waren 46% man en 54% vrouw. De meeste deelnemers komen uit de provincie Gelderland, Overijssel en Noord Brabant [de Hair, 2013].

In deze studie ervaart de helft van de deelnemers lichamelijke beperkingen zoals pijnlijke knieën, stijve nek of beperkt uithoudingsvermogen. Iets meer dan één derde van de deelnemers ervaart mentale beperkingen zoals verminderde reactiesnelheid en angst om te vallen. Uit de interviews blijkt dat wanneer ouderen problemen hebben met omkijken, angst om te vallen hebben of een verminderde conditie hebben, zij hun fietsgedrag aanpassen.

Een groot aantal van de deelnemers geeft aan moeite te hebben met bepaalde fiets handelingen zoals het over de schouder kijken en het op- en afstappen. Drukke en onoverzichtelijke punten, zoals een drukke kruising of een rotonde met meerdere op- en afritten, worden ervaren als moeilijke verkeerssituaties: Dit is vooral het geval wanneer men het gevoel heeft dat ze veel tegelijk moeten doen, (oplettend, hand uitsteken, beslissen, verkeer in de gaten houden). Hierdoor verliezen ze het overzicht. Een ander voorbeeld is dat ouderen niet voldoende de verkeersregels beheersen en het niet altijd duidelijk is wie er voorrang heeft.

Gevolg van moeite hebben met bepaalde fiets handelingen of een moeilijke verkeerssituatie zijn fietsgedrag aanpassingen als vaker afstappen of stoppen, beter oplettend, meer geduld hebben, drukte vermijden en lijdt tot het ervaren van angst. Wanneer gevraagd, geven 70-80% van de deelnemers aan advies te wensen voor gevaarlijke locaties, glad wegdek, attenderen op verkeer van achteren en informeren over naderende verkeerssituatie.

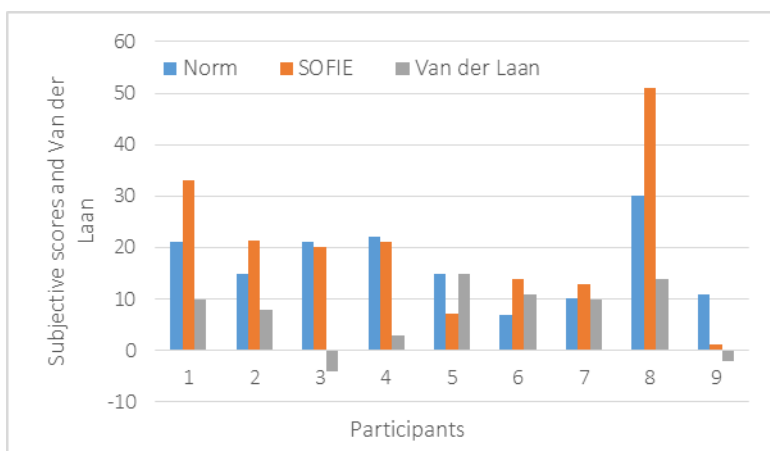
De twee focusgroepen zijn gehouden met in totaal 15 deelnemers (9 vrouwen en 6 mannen). De gemiddelde leeftijd was 73.8 jaar (66-85 jaar). Er was veel variatie in de geprefereerde keuze van het signaal en niet een duidelijke voorkeur. Daarentegen zou iedereen graag de melding op het stuur ontvangen en ontvangt men het liefst meerdere meldingen. Met betrekking tot de achteruitkijk-assistent wilden de meeste deelnemers graag gewaarschuwd worden voor al het verkeer dat achter hun zit, en een aantal alleen voor het verkeer dat ook van het fietspad gebruikt maakt en een enkeling alleen voor auto's en/of vrachtwagens. Tevens werd aangegeven dat het prettig zou zijn als het systeem rekening zou houden met de inrichting van de weg. Vrijwel iedereen zou graag eigen voorkeuren en instellingen aanpassen, zoals de intensiteit van het signaal of het tijdelijk uitschakelen van het systeem of van overbodige functies. Daarnaast werd het combineren met een navigatiesysteem genoemd.





### 3.3 De ontwikkeling en validatie van SOFiets

Vijf mannen en vier vrouwen met een gemiddelde leeftijd van 74 (SD 4; 68-79 jaar) jaar namen deel en konden alle fietsentaken uitvoeren. De ouderen fietsten 16-17 km/h bij comfortabel rechtdoor fietsen en 8-9 km/h bij langzaam rechtdoor fietsen. De fietssnelheid bij de uitwijk tests kon vrij gekozen worden en hing af van de moed en zelf-effectiviteit van de fietser (12-16 km/h). De subjectieve ervaringen laten zien dat 4-5 van de 9 deelnemers positiever waren over de SOFIE fiets in vergelijking met de normale fiets (Fig. 6). Ook gaven 7 van de 9 deelnemers een positieve acceptatie score met een gemiddelde Van der Laan score van 7.2 (SD 6.8), en statistisch significant verschillend van nul, de neutrale score (p 0.013). Twee vrouwelijke deelnemers scoorden negatief door een negatieve score op de gebruikersvriendelijkheid score.



**Figure 6.** Overview of total subjective score for normal (Norm) and SOFie (SOFIE) bicycle (maximum positive experience  $4 \times 16 = 64$  points) and Van der Laan score for SOFIE user-acceptance (maximum negative acceptance -18, neutral 0, maximum positive acceptance +18 points) for each participant and bicycle

De bewegingen van de fiets en fietser zijn bij de verschillende fietstaken significant verschillend:

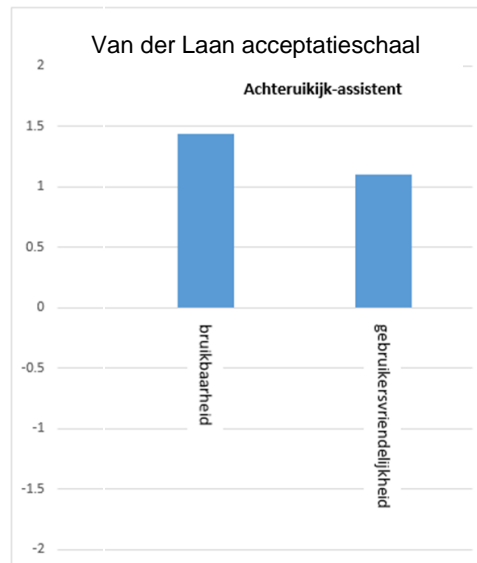
*Op- en afstappen:* Bij het afstappen van de SOFiets is de tijd doorgebracht op één been 2.0 seconden (SD 0.5) en bij afstappen van de normale fiets 2,9 seconden (SD 0.7). Verder hadden de ouderen een hogere maximale fiets rolhoek op de SOFIE fiets, terwijl de maximale fiets stuurhoek lager was dan op de normale fiets. Bovendien is de maximale hoekversnelling voor het bovenlichaam en bovenbeen lager op de SOFIE fiets.

*Rechtdoor fietsen:* Op de SOFIE de fiets vertoonden de deelnemers statistisch significant hogere variabiliteit (qua SD) in vergelijking met de normale fiets voor de fiets rolhoek, rolhoeksnelheid en stuurhoeksnelheid en de stuurhoekversnelling. Daarentegen was de maximale stuurhoek significant lager. Ook de variabiliteit en maximumwaarde van de bovenbeenhoek en hoekversnelling waren lager op de fiets SOFIE vergelijking met normale fiets.

*Uitwijken:* Op de SOFIETS hadden de ouderen minder bovenbeen beweging en lagere maximum waarden voor de laterale versnelling van het bovenlichaam en bovenbeen. De video-analyse toonde aan, dat de SOFIE fiets minder ruimte op de weg benodigde en sneller was in het ontwijken van het obstakel te ontwijken.

### 3.4 De ontwikkeling en validatie van de Achteruitkijk-assistent

De twintig deelnemers zijn allemaal mannen met een gemiddelde leeftijd van 70.7 jaar, de leeftijd varieerde van 65 tot 82 jaar. Met uitzondering van één deelnemer, benoemen allen hun gezondheid als goed tot uitstekend. De andere deelnemer beschrijft zijn eigen gezondheid als matig. De deelnemers scoren goed tot zeer goed op de balanstaak. Slechts 3 deelnemers zijn niet in staat om meer dan 90 graden over hun linker schouder te kijken om een voorwerp achter hen waar te nemen. Nagenoeg alle deelnemers (n = 14) geven aan geen lichamelijke klachten te ervaren die het fietsen hinderen.



**Figuur 7 a.** Inhalen van de deelnemer; **b.** Gemiddelde acceptatieschaal van de achteruitkijk-assistent

Uit de interviews blijkt dat 18 deelnemers de achteruitkijk-assistent als prettig en zinvol ervaren. Twee deelnemers hebben een meer neutrale mening over de achteruitkijk-assistent, omdat ze voor zichzelf geen meerwaarde zien in het systeem of een achterdocht ervaren richting technologie. Als genoemde voordelen wordt gezegd dat men het fijn vindt om te weten wat er achter zich gebeurt ( $n = 12$ ), en/of men vindt het prettig om gewaarschuwd te worden voor verkeer van achteren ( $n = 10$ ).

Er worden ook twijfels geuit bij druk verkeer. Een enkeling respondent benoemt dat hij de achteruitkijk-assistent niet prettig vindt als de deelnemer wel achter hem blijft fietsen, maar niet inhaalt. Alle deelnemers geven aan dat ze de intensiteit van de achteruitkijk-assistent als goed ervaren. De trilling was goed voelbaar en voor de helft van de deelnemers kwam ook de trilling op het juiste moment.

Met betrekking tot mentale werklast ervoeren de meeste deelnemers weinig tot geen verschil tussen het fietsen met of zonder de Achteruitkijk-assistent: Over het algemeen hebben de deelnemers het fietsen op dit parcours als weinig mentaal inspannend ervaren (gemiddelde score  $<25$  van 0-150). Acceptatie van de achteruitkijk-assistent is goed (Fig. 7b): de achteruitkijk-assistent scoort positief op de sub-schalen van bruikbaarheid en gebruikersvriendelijkheid met betrekking tot acceptatie (score tussen -2 en +2).

#### 4. DISCUSSIE

Het doel van deze studie was inzicht verkrijgen in fysieke en cognitieve eigenschappen die van invloed zijn op fietsgedrag van ouderen, de wensen en behoeften van oudere fietsers met betrekking tot ondersteuning van hun beperkingen vast te leggen en uiteindelijk verschillende prototypes te ontwikkelen en te valideren. Uit de resultaten blijkt, dat zowel cognitieve als ook fysieke eigenschappen van invloed zijn op fietssnelheid, stuurgedrag en gedrag ter behoud van balans: bovenbeen en bovenlichaam bewegingen. Ook gebruiken ouderen overwegend andere op- en afstap strategieën dan jongeren. Verder wensen ouderen ondersteuning bij achterom kijken, gevaarlijke locaties en gladheid. Ondersteunende maatregelen als een automatische zadelhoogte of achteruitkijk-assistent worden door oudere fietsers geaccepteerd en positief ervaren bij dagelijkse fietshandelingen.



#### 4.1 Fietsgedrag van oudere en jongere fiets

Fiets snelheid en fysieke en cognitieve eigenschappen zijn in staat om 20-41% tijdens comfortabel fietsen en 20 tot 58% tijdens het langzaam fietsen van de bewegingen van de fiets en fietser te voorspellen. Hoewel significante verschillen in fiets en fietser bewegingen waargenomen zijn tussen jonge en oudere fietsers, zijn deze verschillen relatief klein, vaak minder dan 25%, en het bereik binnen de groepen was groot: de helft van de ouderen groep fietste als de jongere deelnemers. Daarom zou men kunnen afvragen wat de mogelijke redenen zijn voor de twee tot acht keer hoger letsel risico van oudere fietsers na enkelvoudige fietsongevallen [Consument en Veiligheid, 2010]: is dit risico verhoogd als gevolg van meer vallen, of is dit risico hoog als gevolg van de kwetsbaarheid van het gedegenererde lichaam van de oudere fietsers? Aangezien zelf-gerapporteerde vallen niet meegenomen kunnen worden in ongevalanalyse studies, is het moeilijk om de eerste hypothese te toetsen. De resultaten van deze studie geven aan dat leeftijd, in termen van cognitieve en fysieke capaciteiten, een beperkt effect heeft op comfortabel rechtdoor fietsen in termen van fiets(er) bewegingen. Echter, de helft van de enkelvoudige fietsongevallen worden voorafgegaan door een gebeurtenis, zoals een onverwachte object of persoon op de weg, welke een reactie van de fietser vereist. In dergelijke gevallen kan degeneratie van de mentale en fysieke vermogen een cruciale rol in het behoud van evenwicht te spelen. Bovendien is de Nederlandse Consument en Veiligheid meldt dat de meeste enkelvoudige fietsongevallen optreden bij fietsen snelheden lager dan 5 km/h en een aantal studies melden dat 20% van de ongevallen plaatsvinden tijdens het op- of afstappen van de fiets [Kruijer 2013; Schepers, 2012]. Hagemester en Tegen-Klebingat beschrijven dat fysieke capaciteiten niet gerelateerd waren aan 'een fiets ongeluk hebben gehad', maar dat laatste was wel gerelateerd aan problemen met op- en afstappen in een groep Duitse 60 tot 90 jarigen [Hagemester, 2012]. Deze studie laat zien dat er verschillen zijn in opstap en afstap strategie tussen ouderen en jongeren, mannen en vrouwen, welke mogelijk valrisico kunnen beïnvloeden: bijvoorbeeld de bovenbeen versnellingen gemeten bij de afstap methode die ouderen en vrouwen prefereren leidden tot hogere versnellingen dan de andere methoden. Daarom moeten in de toekomst andere fiets handelingen worden bestudeerd en gerelateerd worden aan effecten van cognitieve en fysieke capaciteiten op fiets(er) bewegingen om verder inzicht te verkrijgen in de ongeval mechanismen. Met betrekking tot de tweede hypothese 'een verhoogde kwetsbaarheid van oudere fietsers', lijken de verschillen in verwondingen tussen jongere en oudere fietsers na een enkelvoudige fietsongeval deze kwetsbaarheid te bevestigen: oudere fietsers hebben relatief meer verwondingen aan hun extremiteiten in vergelijking met jongere fietsers die relatief vaker gewond aan het hoofd [Kruijer, 2013]. Verzwakking van botstructuren als gevolg van osteoporose, maar ook verschillen in snelheid tijdens het fietsongeluk zouden de optredende verwondingen kunnen beïnvloeden.

#### 4.2 Wensen en behoeften van oudere fietsers

Uit de enquêtes en interviews blijkt dat oudere fietsers hun gedrag aanpassen als ze lichamelijke of geestelijke beperkingen ervaren. Dat is niet altijd wenselijk: bijvoorbeeld wanneer ouderen niet (goed) kunnen omkijken of als ze mentaal overbelast zijn omdat ze te veel dingen tegelijkertijd moeten doen, stappen ze vaker af wat weer valrisico's met zich meebrengt.

De ouderen zijn goed in staat aan te geven in welke situaties ze graag ondersteuning zouden willen hebben. Deze situaties komen overeen met hun behoefte aan ondersteuning van hun beperkingen: waarschuwen voor verkeer van achteren wanneer men niet goed kan omkijken, informeren bij het naderen van een naderende verkeerssituatie zodat men meer tijd heeft de situatie mentaal te verwerken, of waarschuwen voor gevaarlijke locaties en gladheid bij angst om te vallen of voor een ongeval.

Tijdens de twee focusgroepen bleek dat ouderen moeite hebben met het kunnen voorstellen hoe bepaalde waarschuwingvormen op hen werken tijdens het fietsen. Zo was bijvoorbeeld een trilling niet favoriet, maar deze bleek bij eerste pilot tests juist als beste ervaren te worden. Verder hebben ze voorkeuren over 'wanneer waarschuwen' en de intensiteit van het signaal. Daarom zijn in verdere experimenten de intensiteit en het moment van waarschuwen meegenomen.





### 4.3 Ontwikkeling en validatie van de SOFiets

De SOFIE fiets werd als 'ondersteunend' en comfortabel ervaren en presteerde 'veiliger' dan de normale fiets: De lage instap van het SOFIE frame maakte een snellere op- en afstaptijd mogelijk en leidde tot lagere maximale bovenlichaambewegingen. Door de verstelbare zadelhoogte konden de deelnemers met beide voeten aan de grond tot ze begonnen met trappen. De weg-rij-hulp en aangepaste geometrie verminderde de stuuractiviteit. Tijdens het obstakel vermijden, werden lagere bovenlichaam- en bovenbeenversnellingen geregistreerd. Kortom, de SOFIE fiets was in staat om de ouderen te ondersteunen tijdens diverse fietstaken.

Bovenstaande verbeteringen zouden kunnen resulteren in verlaging van het valrisico. Bijvoorbeeld hebben ouderen minder beenkracht en moeite met balanceren op één been [Berg, 1989], of zijn stijf in knieën en heupen wat het hoog optillen van de voet moeilijk maakt.

De ouderen hadden voldoende tijd om de SOFiets uit te proberen voor de tests en de veiligere opstapmethode aan te leren: met één been door frame stappen, gaan zitten op zadel met twee benen aan de grond en dan pas wegfietzen. Wanneer de deelnemers terugvielen in hun oude fietsgedrag, dan is de test herhaald. Verder waren de deelnemers tussen de 67 en 79 jaar oud en relatief fit. Een oudere en minder fitte groep zou waarschijnlijk tot nog grotere verschillen in fiets- en fietserbewegingen kunnen leiden. Aangezien de SOFiets een prototype is, is het nog niet mogelijk de fiets uit te testen in een reële fietsomgeving. Desondanks zijn de resultaten positief bij fietstaken, die zowel door ouderen als kritisch ervaren worden en welke uit de ongevalstudies als ongevalsituaties bekend zijn [Niska, 2013; Panneman, 2015; Schepers, 2012; Kruier, 2013].

### 4.4 Achteruitkijk-assistent

Tijdens de gebruikerstesten was het goed en zonnig weer. De deelnemers hadden geen probleem het parcours te volgen. Ondanks dat de route vier keer hetzelfde was, bleek dit niet voor iedereen vanzelfsprekend. Door de andere kleur pijlen in de route (die de deelnemers juist niet moesten volgen), bleven ze alert omdat ze wel de verwachting hadden dat ze een ronde een keer de andere pijlen moesten volgen. Maar op een gegeven moment verwachtten ze mogelijk wel een inhalende fietser op het afgezette stuk weg. Er was overig verkeer, wat niet bij de testsituatie hoorde. Desondanks is de testlocatie als rustig ervaren. Voor een goede interpretatie en vergelijking van de resultaten is het essentieel dat alle fietsers een vergelijkbare route afleggen. Daarnaast is het zaak de veiligheid van de deelnemers te waarborgen. Om deze redenen is er bewust voor gekozen om niet een te gevaarlijke en onverwachte situatie te creëren.

Hoewel de resultaten gestructureerd zijn geanalyseerd, blijven de resultaten uit de interviews subjectief en door de onderzoeker geïnterpreteerd. Daarnaast is de insteek van het interview om het zoveel mogelijk open te houden en zoveel mogelijk open gesprek te houden, met een aantal vaste punten als leidraad. Hierbij wordt de input en mening van de deelnemers centraal gesteld en wordt het risico woorden in de mond te leggen over gestuurde informatie te verkrijgen beperkt. Mogelijk hebben de proefpersonen hierdoor een aantal punten niet uit zichzelf benoemd, die wel ter sprake zouden zijn gekomen als ze waren voorgelegd. Verder is het mogelijk dat de proefpersonen in deze studie niet geheel representatief zijn voor de doelgroep in het algemeen: Doordat men zich vrijwillig aanmeldt heeft voor deze studie, zijn zij waarschijnlijk meer geïnteresseerd en geïnformeerd over fietsveiligheid en gebruik van technologie. Deze groep deelnemers stond dan ook positief tot zeer positief tegenover het gebruik van nieuwe technologieën. Tevens is een meer gebalanceerde verdeling tussen mannelijke en vrouwelijke deelnemers wenselijk. Verschillende onderzoeken laten namelijk zien dat vrouwen hun acceptatie van nieuwe technologie heviger op punten zoals gebruikersgemak en subjectieve norm baseren ten opzichte van mannen waarvan de acceptatie zwaarder is gebaseerd op ervaren nuttigheid van een product (Venkatesh, 2000a; Venkatesh, 2000b). Om een duidelijk en specifiek beeld te krijgen van de doelgroep, de attitude tegenover het systeem als een geheel en waar men advies over een eventueel systeem zou vergaren is het meenemen van de interesse en ervaring met technologie, subjectieve norm en identiteit van de proefpersonen in vervolg testen belangrijk.



## 5. CONCLUSIES

Ouderen hebben een hoger risico op letsel na een val met de fiets waarbij geen andere weggebruiker direct betrokken is. Het doel van deze studie was meer inzicht te verkrijgen in de ongeval mechanismen en wensen en behoeften van oudere fietsers. Met deze inzichten zijn ondersteunende prototypes ontwikkeld en gevalideerd. Deze studie laat zien dat fysieke en mentale eigenschappen, maar ook fietssnelheid, van invloed zijn op fiets en fietser bewegingen, vooral tijdens langzaam fietsen. Ook gebruiken ouderen andere op- en afstap strategieën dan jongeren en hebben hierbij hogere versnellingen van bovenlichaam en benen. Verder rapporteren ouderen beperkingen die het fietsen hinderen of waardoor ze hun fietsgedrag aanpassen en ze zijn wensen ondersteuning van juist die beperkingen.

De prototypes SOFIEs en Achteruitkijk-assistent worden door de oudere fietsers als positief ervaren en geaccepteerd. Uit objectieve bewegingsdata blijkt dat de SOFIEs in staat is om ouderen veiliger te laten op- en afstappen en te ondersteunen bij plotselinge koersveranderingen. De achteruitkijk-assistent maakt het mogelijk dat oudere fietsers niet meer schrikken van naderend en inhalend verkeer en de mogelijkheid zou kunnen bieden om niet meer om te hoeven kijken tijdens het fietsen. In conclusie, het is mogelijk om door middel van kwalitatief onderzoek en samenwerking met technologische partners en de ouderen zelf, producten te ontwikkelen die door ouderen geaccepteerd worden en welke mogelijk ongeval risico's verlagen.

## DANKWOORD

Subsidie voor deze onderzoeken komt van: Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Provincie Utrecht, Provincie Limburg, Provincie Noord-Brabant, Ministerie van Economische Zaken. Verder danken wij onze onderzoek partners van de vakgroep Biomechanica van de Universiteit Twente, Indes, TNO en de Fietsersbond voor hun constructieve bijdrage aan bovengenoemde projecten. En natuurlijk een hartelijk dank aan onze oudere fietsers en onze enthousiaste en behulpzame vrijwilligers van Veilig Verkeer Nederland.

## LITERATUURLIJST

- Brookhuis, 2008.
- Consument en Veiligheid, 2010. "Enkelvoudige fietsongevallen bij 55 plussers". Veiligheid NL, Amsterdam, Nederland
- Davis, F.D., 1986. A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-User Information Systems: Theory and Results. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, Sloan School of Management, URI: <http://hdl.handle.net/1721.1/15192>, USA
- de Hair, S., Bax, L., van Dam, E., Engbers, C., Dubbeldam, R., Buurke, J., Kamminga, J., 2016. Veilig & Bewust op de fiets. *Rapportage TNO 2016 R xxxxx*, TNO Helmond, Nederland
- de Hair, S., Versmissen, T., de Goede, M., Kwakkernaat, M., Engbers, C., Dubbeldam, R., Buurke, J., Schaake, L., van Steenhoven, H., Zeegers, T., Dogterom, N., 2013. Veilig & Bewust op de fiets, Specificatie van een feedforward-systeem. *Rapportage TNO 2013 R11959*, TNO Helmond, NL
- Davidse, R., 2007. Assisting the older driver, Intersection design and in-car devices to improve the safety of the older driver. *PhD dissertatie, Rijksuniversiteit Groningen*, Nederland
- Davis, F. D., 1989. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quart*, 13, 319–339.
- Dubbeldam, R., Baten, C.T.M., Straathof, P., Buurke, J.H., Rietman, J.S., 2016. "The different ways to get on and off a bicycle for young and old". *Safety Science, special issue on Cycling safety*, available online
- Dubbeldam, R., Baten, C., Buurke, J.H., Rietman, J.S., 2016. SOFIE, a bicycle that supports older cyclists?. *Under review for publication*



- Engbers, C., Dubbeldam, R., Buurke, J.H., Schaake, L., de Goede, M., Rietman, J.S., de Waard, D., 2016. The acceptance of a potential left-turn assistant for cyclists: two modalities of warnings compared. *Submitted for publication*
- Engbers, C., Dubbeldam, R., de Hair, S., Van Dam, E., Bax, L., Buurke, J.H., Rietman, J.S., 2016. Naturalistic User tests with an intelligent bicycle: evaluations of a rear-view assistant and a front-view assistant. *Proceedings of the 5th International Cycling Safety Conference*, 3-4 November, Bologna
- Hagemester, C. and Tegen-Klebingat, A., 2012. "Cycling habits of older cyclists in Germany". *Proceedings, 1st International Cycling Safety Conference*, 7-8 November 2012, Helmond, Nederland
- Hoedemaeker, M., Andriessen, J. H. T. H., Wiethoff, M., & Brookhuis, K. A., 1998. Effects of driving style on headway preference and acceptance of an adaptive cruise control (ACC). *IATSS Research*, 22, 29 - 36
- Huis in 't Veld, R.M.H.A, Widya, A., Bults, R.G.A., Sandsjö, L, Hermens, H.H., Vollenbroek-Hutten, M.M.R., 2010. A scenario guideline for designing new treatments: a multidisciplinary approach. *Journal Telemedicine Telecare*, 16:302-307
- Kruijer, H., den Hartog, P., Klein-Wolt, K., Panneman, M., Sprik, E., 2013. "Fietsongevallen in Nederland". Veiligheid NL, Amsterdam, Nederland
- Moore, J.K., Kooijman, J.D.G., Schwab, A.L., Hubbard, M., 2011. "Rider motion identification during normal bicycling by means of principle component analysis". *Multibody System Dynamics*, Vol. 25, pp. 225-244
- Niska, A., Gustafsson, S., Nyberg, J., Eriksson, J., 2013. "Single bicycle accidents. Analysis of hospital injury data and interviews". VTI report 779, Linköping, Sweden
- Panneman, M., Klein Wolt, K., 2015. "Fietsongevallen in Zeeland". Veiligheid NL, Postbus 75169, 1070 AD Amsterdam, Nederland
- Schepers, P. and Klein-Wolt, K., 2012. "Single-bicycle crash types and characteristics". *Cycling Research International*, Vol. 2 , pp. 119-135, ISSN 2200-5366
- Stalenhoef, P.A., Diederiks, J.P.M., Knottnerus, J.A., Kester, A.D.M., Crebolder, .H.F.J.M., 2002. "A risk model for the prediction of recurrent falls in community-dwelling elderly: a prospective cohort study". *Journal of Clinical Epidemiology*, Vol. 55, pp. 1088-94
- Straathof, P.T.C., 2014. "Step by step analysis of bicycle mounting and dismounting – strategies and kinematics". Assignment at the Department of Biomedical Engineering, Twente University, Essay number 65966, The Netherlands <<http://essay.utwente.nl/65966>>.
- Van der Laan, J.D., Heino, A. and D. De Waard, D., 1997."A simple procedure for the assessment of acceptance of advanced transport telematics." *Transportation Research Part C*, Vol. 5(1): 1-10
- Van Schoor, N.M., Smit, J.H., Pluijm, S.M.F., Jonker, C., Lips, P., 2002. "Different cognitive functions in relation to falls among older persons. Immediate memory as an independent risk factor for falls". *Journal of Clinical Epidemiology*, Vol. 55, pp. 855-862
- Venkatesh, V., and Morris, M.G., 2000. Why don't men ever stop to ask for directions? Gender, social influence, and their role in technology acceptance and usage behavior. *MIS quarterly*, 115-139.
- Venkatesh, V., Morris, M.G., and Ackerman, P.L., 2000. A longitudinal field investigation of gender differences in individual technology adoption decision-making processes. *Organizational behavior and human decision processes*, Vol. 83(1), 33-60.
- Venkatesh, V., Morris, M.G., Davis, G.B., and Davis, F.D., 2003. User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, Vol. 27 (3), pp. 425-478
- Zeegers, T., 2010. "Ongevallen met oudere fietsers". *Uitgave van de Fietsersbond*, Nederland
- Zijlstra, F.R.H., 1993. "Efficiency in work behavior: A design approach for modern tools." *Phd Thesis*, Delft University of Technology, Delft University Press, Delft, Nederland