

# Fietspadmarkeringen: Het effect van markering op vijf brede fietspaden



Versie 2  
Augustus 2020

Mariëtte Pol - KeuzeWeg  
Michiel Brouwer - Loendersloot Groep  
Alexander Beterams – Loendersloot Groep



## Colofon

|                      |                                                                                                                            |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Titel:               | Fietspadmarkeringen: Het effect van markering op vijf brede fietspaden                                                     |
| Datum:               | Augustus 2020                                                                                                              |
| Versie:              | 2                                                                                                                          |
| Auteurs:             | Mariëtte Pol – KeuzeWeg<br>Michiel Brouwer – Loendersloot Groep<br>Alexander Beterams – Loendersloot groep                 |
| Opdrachtgevers:      | Eric van Dijk – Provincie Utrecht<br>Mathijs Ransijn – Provincie Noord Brabant<br>Willy Sweers – Metropool Regio Rotterdam |
| Uitvoering metingen: | Signco                                                                                                                     |

|                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| KeuzeWeg – Zeist<br><a href="mailto:mpol@keuzeweg.nl">mpol@keuzeweg.nl</a><br><a href="http://www.keuzeweg.nl">www.keuzeweg.nl</a> | Loendersloot Groep – Nijmegen<br><a href="mailto:alexander.beterams@loenderslootgroep.nl">alexander.beterams@loenderslootgroep.nl</a><br><a href="http://www.loenderslootgroep.nl">www.loenderslootgroep.nl</a> |
|                                                 |                                                                                                                             |

## Dankwoord

Bij deze willen de auteurs degenen bedanken die hebben bijgedragen om het project tot een succes te maken. Een speciaal dankwoord gaat daarbij zeker uit naar de wegbeheerders van de gemeenten Loon op Zand, De Bilt, Utrecht, Rotterdam en Waalwijk, die de fietspaden schoongeveegd ter beschikking hebben gesteld.

Ook willen we Signco en in het bijzonder Stijn Goosens danken voor de prettige samenwerking voor het uitvoeren van de metingen.

Natuurlijk danken we ook de provincie Noord-Brabant, provincie Utrecht en Metropoolregio Rotterdam Den Haag (MRDH) voor de opdracht en mogelijkheden om nieuwe markeringen te onderzoeken.

## Inhoudsopgave

|                                                                                               |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Samenvatting .....</b>                                                                     | <b>5</b>  |
| <b>1 Inleiding.....</b>                                                                       | <b>7</b>  |
| 1.1 Aanleiding.....                                                                           | 7         |
| 1.1.1 Fietsveiligheid .....                                                                   | 7         |
| 1.1.2 Markering: effectieve maatregel voor veilige dwarsposities fietspadgebruikers .....     | 8         |
| 1.2 Doel en vraagstelling .....                                                               | 9         |
| 1.3 Scope en gehanteerde definities in het onderzoek.....                                     | 10        |
| 1.3.1 Scope .....                                                                             | 10        |
| 1.3.2 Definities variabelen en relevante doelgroepen .....                                    | 10        |
| 1.4 Leeswijzer .....                                                                          | 11        |
| <b>2 Onderzoeksaanpak .....</b>                                                               | <b>12</b> |
| 2.1 Opzet .....                                                                               | 12        |
| 2.2 Kenmerken van de onderzochte fietspaden .....                                             | 12        |
| 2.3 Onderzoeksmethodiek .....                                                                 | 15        |
| <b>3 Onderzoeksresultaten .....</b>                                                           | <b>16</b> |
| 3.1 Inleiding.....                                                                            | 16        |
| 3.1.1 Kenmerken fietspadgebruikers per fietspad .....                                         | 16        |
| 3.1.2 Dwarsposities in grafieken: verdelingen en kritieke zones .....                         | 16        |
| 3.1.3 Statistische analyses .....                                                             | 17        |
| 3.2 Bevindingen van alle fietspadgebruikers samen .....                                       | 19        |
| 3.3 Solorijders.....                                                                          | 25        |
| 3.4 Twee rijders.....                                                                         | 29        |
| 3.4.1 Duorijders .....                                                                        | 29        |
| 3.4.2 Inhalen .....                                                                           | 33        |
| 3.5 Gebruik van de breedte van het fietspad.....                                              | 34        |
| <b>4 Conclusies &amp; aanbevelingen.....</b>                                                  | <b>35</b> |
| 4.1 Inleiding.....                                                                            | 35        |
| 4.2 Invloed omgevingsfactoren .....                                                           | 35        |
| 4.3 Effect markering en breedte fietspad: Engiszins meer veilige dwarsposities .....          | 35        |
| 4.4 Effect markering in het donker: meer veilige dwarsposities.....                           | 36        |
| 4.5 Effect markering onderlinge afstand duofietsers: Zonder markering meer afstand.....       | 36        |
| 4.6 Effectief gebruik van de breedte van het fietspad .....                                   | 36        |
| 4.7 Aanbevelingen.....                                                                        | 37        |
| 4.8 Conclusies en aanbevelingen per fietspad .....                                            | 38        |
| <b>Literatuurverwijzingen.....</b>                                                            | <b>39</b> |
| <b>Bijlagen .....</b>                                                                         | <b>40</b> |
| Bijlage 1: afbakenen van definities .....                                                     | 40        |
| Bijlage 2: Verdeling alle solorijders.....                                                    | 43        |
| Bijlage 3: Verdeling duorijders bij daglicht en in het donker naar richting en fietspad ..... | 44        |

## Samenvatting

De provincie Utrecht en Noord-Brabant hebben de ambitie om een standaardmarkering voor utilitaire fietspaden te ontwikkelen in een nieuwe richtlijn. Samen met CROW-Fietsberaad hebben ze hiervoor in 2019 een Kennisagenda opgesteld, met daarin een verkenning naar uitgevoerde en beschikbare onderzoeken naar fietspadmarkering. Daarnaast hebben provincie Utrecht, Noord-Brabant en Metropoolregio Rotterdam Den Haag dit onderzoek gestart naar de dwarspositie van fietspadgebruikers op snelfietsroutes en andere utilitaire tweerichtingsfietspaden. De resultaten van dit onderzoek dienen als input voor het opstellen van de nieuwe richtlijn.

Het doel van het onderzoek is om de dwarspositie van de fietspadgebruikers op brede utilitaire tweerichtingsfietspaden met verschillende typen markering van 4 en 4,5m breed te meten. De breedte van het fietspad, het gedrag van solo- en duorijders en de lichtomstandigheden (licht of donker) zijn factoren die in dit onderzoek zijn meegenomen.

In het onderzoek zijn vijf verschillende fietspaden onderzocht; twee fietspaden van circa 4,5m breed en drie van circa 4m breed. Daarbij is zoveel als mogelijk gezocht naar fietspaden met vergelijkbare omstandigheden. Met behulp van een specifieke configuratie van glasvezelkabels is de dwarspositie en snelheid van fietspadgebruikers (in diverse fietscategorieën) gemeten. Met deze meetmethode is 46 dagen (24/7) onafgebroken een meting uitgevoerd.

Bij alle fietspadgebruikers blijkt uit de resultaten van de meting dat bij de fietspaden van 4,5m breed minder in de kritieke zones gefietst wordt, dan op de fietspaden van 4m breed. Hoe fietspadgebruikers zich over de breedte van het fietspad verdelen, is bij de vijf onderzochte fietspaden wisselend en niet eenduidig. Op basis van de dwarspositie ten opzichte van de rijnsnelheid blijkt uit de metingen dat een hogere rijnsnelheid over het algemeen betekent dat de fietser meer in het midden van de eigen rijloper fietst.

Solorijders rijden minder in het midden van de rijloper en minder in de kritische zones in vergelijking met alle fietspadgebruikers. Op de fietspaden met dubbele asmarkering rijden solorijders minder in de kritieke middenzone. In het donker wordt meer in het midden van de rijloper gereden dan bij daglicht. Ondanks de aanwezigheid van kantmarkering wordt niet dicht op de wegrand gefietst. Een duidelijk verschil tussen licht en donker is te vinden in het fietspad zonder markering. Bij donker wordt op het fietspad zonder markering beduidend meer in de kritische zone in het midden van de rijloper en op de verkeerde weghelft gereden dan bij daglicht. Dit verschil wordt niet gevonden op fietspaden met markering. Dit is conform de verwachting dat markering ook in het donker een geleidende functie heeft en daardoor bijdraagt aan een veiliger positie op het fietspad in het donker.

Duorijders hebben meer ruimte nodig dan solorijders. Er wordt dan ook in algemene zin meer in de kritieke zones gereden. Kant- en asmarkering hebben wel een sturende werking, waarbij duorijders bij aanwezigheid van markering meer binnen de markering op de eigen weghelft rijden dan zonder markering. Op de fietspaden van 4,5m met dubbele asmarkering wordt minder in de kritische zone gereden dan op de 4m brede fietspaden. In het donker rijden meer duorijders op het fietspad zonder markering op de verkeerde weghelft dan bij daglicht. Ook op het brede fietspad met de smalle dubbele asmarkering met groene streep lijkt dit het geval te zijn. Gezien het kleine aantal duorijders op dit fietspad is dit geen harde conclusie. Verder is een diffuus beeld te zien in de mate waarin duorijders in het donker in de kritische zones rijden. Op het smalle fietspad met dubbele asmarkering rijden in het donker níet meer duorijders in kritieke zones dan bij daglicht. Terwijl op het brede fietspad met brede dubbele asmarkering en het 'smalle' fietspad met standaard asmarkering duorijders in het donker juist meer in de middenzone rijden en daarbij niet verder uitwaaieren over de andere weghelft in vergelijking met daglicht.

Ook is gekeken naar de onderlinge afstand van duorijders. Hieruit blijkt dat veel duorijders dicht naast elkaar rijden. Aanwezigheid van kant- en asmarkering in combinatie met het niet optimaal

benutten van het rechterdeel van de eigen weghelft lijkt ervoor te zorgen dat duorijders dicht bij elkaar rijden. Bij het fietspad zonder markering houden duorijders meer afstand van elkaar en rijden daarbij meer in kritieke zones.

Op basis van de metingen en de analyse ervan kan geconcludeerd worden dat op een fietspad van 4,5m minder in de kritische zone wordt gefietst. De aanwezigheid van kant- en asmarkering zorgt voor een veiliger dwarspositie van met name solorijders. De dubbele asmarkering levert een positieve bijdrage aan de dwarspositie van duorijders. Daarbij leidt de brede dubbele asmarkering tot grotere afstanden tot de wegas dan de smallere dubbele asmarkering. Ongeacht of kantmarkering wel of niet aanwezig is, wordt in het donker minder dicht bij de wegrand gereden. In het donker rijden op het fietspad zonder markering solorijders meer in de kritieke zone in het midden en op de verkeerde weghelft dan op de andere fietspaden. En rijden in het donker meer solorijders in kritieke zones dan bij daglicht. Dit verschil tussen daglicht en donker van solorijders is op de fietspaden met markering niet gevonden. Duorijders rijden in het donker op het fietspad zonder markering meer op de verkeerde weghelft dan bij daglicht.

Bij het fietspad zonder markering rijden duorijders minder dicht op elkaar dan op de andere fietspaden. De aanwezigheid van een asmarkering en de afstand tot de wegrand lijken hieraan bij te dragen. Kantmarkering blijkt nauwelijks tot geen invloed te hebben op de afstand tot de wegrand. Het lijkt erop dat de omgevingsfactoren hier wel een grote rol in spelen.

Ondanks een zorgvuldige selectie van fietspaden met vergelijkbare omstandigheden, blijken omgevingsfactoren toch een grote invloed te hebben op de dwarspositie van de fietspadgebruikers. Het is aan te bevelen om bij vervolgonderzoeken verschillende typen markering te meten op één onderzoekslocatie, zodat de omgevingsfactoren geen invloed kunnen hebben op de resultaten.

## 1 Inleiding

### 1.1 Aanleiding

Doordat fietspaden steeds drukker worden en de snelheidsverschillen tussen fietspadgebruikers toenemen, komt de verkeersveiligheid op fietspaden steeds meer onder druk te staan. De provincie Utrecht en de provincie Noord-Brabant hebben daarom de ambitie om een standaardmarkering voor (snelle) fietsroutes te ontwikkelen die moet bijdragen aan het verhogen van de verkeersveiligheid. Ook in andere provincies, regio's en gemeenten is de interesse in wegmarkering op utilitaire fietspaden, en in het bijzonder op snelle fietsroutes, groot.

De ambities van de provincies Utrecht en Noord-Brabant (mede namens de provincies Gelderland, Groningen en Drenthe, MRDH, de Clean Tech Regio en gemeente Helmond) is om een standaard te ontwikkelen voor een Nederlandse richtlijn, in samenwerking met het CROW-Fietsberaad. In 2019 is door beide provincies, de bureaus KeuzeWeg en Loendersloot Groep in nauwe samenwerking met CROW-Fietsberaad, een kennisagenda ontwikkeld om te komen tot een richtlijn voor markering voor utilitaire fietspaden (1). In het kader van deze kennisagenda is een verkenning uitgevoerd naar reeds uitgevoerde en beschikbare onderzoeken naar fietspadmarkeringen (2)

In de Kennisagenda zijn vragen opgenomen over relevante kennishiaten omtrent het opstellen van een richtlijn voor fietspadmarkering op tweerichtingsfietspaden. Naast het ontwikkelen van deze Kennisagenda zijn in opdracht van de provincies Utrecht en Noord-Brabant en de MRDH, metingen uitgevoerd naar de dwarspositie van fietspadgebruikers op snelfietsroutes en andere utilitaire tweerichtingsfietspaden. De resultaten van de dwarspositiemetingen worden in dit onderzoeksrapport beschreven en dienen als input voor de te ontwikkelen richtlijn, doordat deze nader inzicht geven in het effect van de verschillende typen markeringen op het gedrag van de fietspadgebruikers.

#### 1.1.1 Fietsveiligheid

De fietsveiligheid in Nederland staat onder druk. In 2018 vielen er volgens cijfers van het SWOV 228 dodelijke fietsslachtoffers (3). Ter vergelijking, in 2014 vielen er nog slechts 185 dodelijke fietsslachtoffers. Daarnaast raakten er in 2018 ook nog eens 13.420 fietsers ernstig gewond in het verkeer (4). Dit zijn gemiddeld 37 ernstig gewonde fietsers per dag.

Volgens de cijfers van het SWOV is ongeveer een derde van de dodelijke verkeersslachtoffers en twee derde van alle ernstige verkeersslachtoffers een fietser. Het opvallende uit deze data is dat ruim de helft van alle ernstige verkeersgewonden wordt veroorzaakt door eenzijdige fietsongevallen. Bij dit soort ongevallen is geen andere partij betrokken. Verder is bij 13% van de ernstige verkeersgewonden onder fietsers sprake van fiets-fiets ongevallen.

Van deze 13% is ongeveer driekwart (circa 1.200 fietsers) betrokken geweest bij een ongeval tussen fietsers in dezelfde richting, bijvoorbeeld doordat sturen in elkaar haken. Bij het resterende kwart was er sprake van een botsing met tegemoetkomende fietsers.

Verschuillende studies hebben aangetoond dat de zichtbaarheid van het wegverloop mede een rol speelt bij een deel van de bermongevallen (en botsing met trottoirbanden), met name bij ouderen. Een goed contrast tussen de verharding en de berm helpt om op veranderingen in het wegverloop te anticiperen en om bij manoeuvres zoals passeerbewegingen op de weg te blijven. Goede en duidelijke markering kan daarom een bijdrage leveren aan het verbeteren van de fietsveiligheid en het terugdringen van het aantal verkeersslachtoffers op de fiets.

#### *Fietsveiligheid en dwarspositie op het fietspad*

In onderzoek naar het vergevingsgezinde fietspad hebben RoyalHaskoningDHV (RHDHV) en Rijksuniversiteit Groningen een onderverdeling gemaakt van het fietspad in veilige en kritieke zones (5). In afbeelding 1.1 zijn de kritieke zones van het fietspad gevisualiseerd.

In het onderzoek onderscheiden wij de volgende zones:

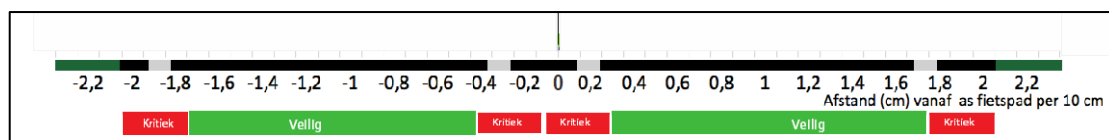
1. Kritieke zone wegrand: 30 cm vanaf wegrand aan beide zijden van het fietspad;

2. Kritieke middenzone van 60 cm:
  - 2\*30 cm rondom de wegas als er geen middenmarkering is;
  - 2\*30 cm vanaf het middelpunt van de asmarkering;
3. Veilige zone: de eigen weghelft tussen de kritieke zone in het midden en de kritieke wegrandzone;
4. Kritieke zone verkeerde weghelft: dat gedeelte op de andere weghelft dat voor de tegenrichting als veilige zone wordt gezien.

Hoewel wij de indeling van kritieke en veilige zones van het fietspad, zoals opgesteld in het kader van het vergevingsgezinde fietspad, grotendeels volgen, hebben wij voor dit onderzoek de kritieke zones verder aangescherpt en aangepast.

Bij de definitie van het vergevingsgezinde fietspad is de **kritieke middenzone** bemeten rondom de wegas. In ons onderzoek is dat ook het geval als er geen markering op het fietspad ligt. Als er echter wel markering ligt dan wordt het midden van de kritieke middenzone bepaald door het middelpunt van de asmarkering. In de praktijk blijkt namelijk dat de asmarkering niet altijd precies in het midden van het fietspad ligt. Aangezien het gaat om de perceptie van de fietspadgebruikers, hanteren wij de kritieke zone die bepaald wordt door de aangebrachte middenmarkering.

In het onderhavige onderzoek onderscheiden we de kritieke zone verkeerde weghelft. Als men hier rijdt is men aan het 'spookfietsen'.



*Afbeelding 1.1: Kritieke en veilige zones van fietspad Utrecht, waarbij het midden van de markering en de kritieke middenzone zich meer links ten opzichte van wegas (0-punt) van het fietspad bevinden.*

### 1.1.2 Markering: effectieve maatregel voor veilige dwarsposities fietspadgebruikers

#### **Verwacht effect markering op veilige dwarspositie fietspadgebruikers**

Uit diverse onderzoeken (2), blijkt de meerwaarde van de combinatie van kant- en asmarkering op tweerichtingsfietspaden. Door de combinatie van kant- en asmarkering rijden meer tweewielers op de veilige weggedeelten (buiten de kritieke zones) van het fietspad.

Kantmarkering helpt fietspadgebruikers in het herkennen van de wegrand en zorgt er, evenals asmarkering, voor dat fietspadgebruikers het wegverloop van het fietspad kunnen zien. Dit vermindert de kans om onverhoopt de berm in (of het trottoir op) te rijden, waardoor de kans op (enkelvoudige) ongevallen afneemt.

De asmarkering scheidt tegemoet rijdende fietspadgebruikers van elkaar en maakt het duidelijk dat er tegenliggers te verwachten zijn op het fietspad. Hiermee draagt asmarkering bij aan het verkleinen van de kans op frontale botsingen tussen fietspadgebruikers.

#### **Verwacht effect dubbele asmarkering**

Met dubbele asmarkering wordt de asmarkering verbreed door twee lijnen, waardoor een middenstrook ontstaat. De functie van deze middenstrook is om de afstand tussen tegenliggers te vergroten. Eerder onderzoek gaf aanleiding te vermoeden dat tweewielers de middenstrook minder gebruiken en dat duo- en triofietsers minder ver uitwaaien over de verkeerde weghelft dan bij fietspaden met enkele asmarkering (2).

Een mogelijk nadeel van de dubbele asmarkering is dat hierdoor vanuit de perceptie van de fietspadgebruikers het fietspad visueel versmalt, waardoor de breedte van het fietspad minder effectief wordt gebruikt. Om die reden is het de vraag of de breedte van het fietspad minder goed wordt benut dan bij enkele asmarkering. In eerder onderzoek vonden fietspadgebruikers de fietspaden met dubbele asmarkering niet smaller ogen dan met enkele asmarkering (6).



### **Verwacht effect markering op veilige dwarsposities in het donker**

Uit diverse onderzoeken (7) blijkt dat er aanwijzingen zijn, maar nog geen harde bewijzen, dat de kant- en asmarkering op fietspaden leidt tot een toename van tweewielers die op de veilige weggedeelten van het fietspad rijden in het donker. In het donker lijkt het zo te zijn dat:

- Fietzers verder van de wegrand fietsen dan bij daglicht;
- Solo- en duofietzers op fietspaden met zowel as- als kantmarkering meer op de veilige weggedeelten fietsen dan fietspaden met alleen asmarkering.
- Solo- en duo fietzers op fietspaden met kantmarkering, meer rechts op het fietspad durven te fietsen (t.o.v. as fietspad). En daardoor minder in de kritieke zones fietsen dan op fietspaden zonder kantmarkering;

### **Effect markering op gebruik van de breedte van het fietspad**

Is er op fietspaden met markering voor fietspadgebruikers die met twee naast elkaar rijden (duorijders) voldoende ruimte voor beiden om op de eigen rijloper te kunnen rijden. Of wordt door de kant- en (dubbele) asmarkering de eigen rijloper hiermee dusdanig versmald, dat twee fietsers naast elkaar niet meer passen?

De idee hierbij is dat duorijders samen op de eigen rijloper minimaal 180cm afstand in beslag moeten kunnen nemen (30cm vanaf wegrand) en 2\*75cm (maximum breedte stuur). Echter wordt de benodigde afstand op het wegdek bepaald door de dwarspositie van het wiel. Dit betekent voor de hiervoor beschreven situatie **minimaal** 145cm beschikbaar dient te zijn (30cm tot wegrand + 2\*37,5cm (afstand wiel-wiel van duorijders) + 25cm onderlinge schuwafstand +15cm afstand tot middenmarkering<sup>12</sup>).

## **1.2 Doel en vraagstelling**

Het doel van het onderzoek is om het effect van verschillende typen markeringen op de dwarspositie van fietspadgebruikers te onderzoeken op brede utilitaire tweerichtingsfietspaden. De onderliggende aanname hierbij is dat de dwarspositie op het fietspad (mede) wordt beïnvloed door de al dan niet aanwezige kant- en asmarkeringen en door de vormgeving van de markeringen (1,2).

In het onderzoek staat de vraag centraal wat het effect van de verschillende typen kant- en asmarkering is op de dwarspositie van fietspadgebruikers op fietspaden van 4,5m en van 4m breed. De volgende factoren zijn in het onderzoek meegenomen:

- Type markering;
- Breedte fietspaden;
- Solo- of duorijders;
- Lichtomstandigheden: daglicht of donker.

Solorijders hebben een andere dwarspositie dan duorijders die naast elkaar fietsen. Duorijders gebruiken immers meer ruimte op het fietspad. Om die reden wordt een onderscheid gemaakt tussen solorijders en duorijders.

De hoofdvraag van het onderzoek luidt:

**Rijden fietspadgebruikers minder in de kritieke zones op fietspaden met dubbele as- en kantmarkering dan op fietspaden met de standaard asmarkering of op fietspaden zonder markering? En geldt dit voor zowel 4,5m als 4m brede fietspaden? En geldt dit voor zowel daglicht als donker?**

Deze onderzoeksvraag is vertaald in de volgende meer specifieke onderzoeksvragen:

1. Rijden fietspadgebruikers op fietspaden met dubbele asmarkering en met kantmarkering minder in de kritieke zones dan op fietspaden:
  - a. met standaard asmarkering zonder kantmarkering?
  - b. zonder as- of kantmarkering?

<sup>1</sup> Bij 15 cm afstand tot middenmarkering, bevindt 23 cm van het stuur (en het lichaam van de fietspadgebruiker) boven de middenmarkering) die in "de Utrechtse" variant totaal 50cm breed is.

<sup>2</sup> In onderzoek naar de effecten van markeringen op 4,5 en 4m brede fietspaden blijkt dat grofweg 20-30% van de duorijders dichter op elkaar rijden dan 75 cm.

- c. En wat is hierbij het effect van de breedte van het fietspad?
2. Rijden fietspadgebruikers op fietspaden met brede dubbele asmarkering minder in de kritieke middenzone dan op fietspaden met smalle dubbele asmarkering?
3. Rijden fietspadgebruikers in het **donker** verder van de wegrand en meer in het midden van het fietspad en in de kritieke middenzone dan bij daglicht?
4. Rijden fietspadgebruikers in het **donker** op fietspaden met asmarkering minder in de kritieke middenzone dan op fietspaden zonder asmarkering?
  - a. En wat is het effect van de dubbele asmarkering?
  - b. En wat is het effect van de breedte van het fietspad hierbij?
5. Rijden fietspadgebruikers in het **donker** op fietspaden met kantmarkering dichter op de wegrand, maar nog wel buiten de kritieke zone, dan op fietspaden zonder kantmarkering?
6. Wat is het effect van de verschillende typen markering en fietspadbreedte op de onderlinge afstand tussen beide duofietzers?

Daarnaast wordt nog ingegaan op de vraag van de Begeleidingscommissie van de Kennisagenda:

7. Wat is het effect van markering op het effectief gebruiken van de breedte van het fietspad?

### 1.3 Scope en gehanteerde definities in het onderzoek

#### 1.3.1 Scope

Het onderzoek richt zich op wegvakken van fietspaden die onderdeel vormen van snelle fietsroutes. Hoewel de focus op snelle fietsroutes ligt, kan de opgedane kennis ook bruikbaar zijn voor andere utilitaire (drukke) fietspaden. Verder richt het onderzoek zich uitsluitend op tweerichtingsfietspaden.

**Snelle fietsroutes** worden in de Ontwerpwijzer fietsverkeer (8) gedefinieerd als regionale hoofdfietsroutes die hoogwaardig zijn ingericht om efficiënte en comfortabele fietsverplaatsingen mogelijk te maken voor snelle fietsers over langere afstanden (tot circa 30 km). Een snelle fietsroute is bedoeld om op regionaal niveau de fiets in reistijd te laten concurreren met de auto. Het is een logische verbinding tussen belangrijke herkomsten en bestemmingen in een gebied.

#### 1.3.2 Definities variabelen en relevante doelgroepen

Om de leesbaarheid van deze rapportage te waarborgen zal eerst een aantal definities worden gegeven van veelgebruikte begrippen. In bijlage 1 wordt de afbakening van de verschillende variabelen nader toegelicht.

##### *Definities variabelen*

###### *Dwarspositie*

Een belangrijke variabele gedurende dit onderzoek is de dwarspositie van een fietspadgebruiker. Het gaat hierbij om de laterale positie en betreft de afstand van de wegrand tot het voorwiel van de fietser in centimeters.

###### *Voertuigtypen*

Op het moderne fietspad is een breed scala aan voertuigen te vinden. Voor de overzichtelijkheid van het onderzoek worden alle voertuigen ingedeeld in drie alomvattende categorieën:

- '(e)-Fietzers': Deze groep bestaat uit fietsers die 25 km/u of minder rijden (al dan niet elektrisch).
- 'Snelle fietsers': Deze groep bestaat uit alle fietsers die sneller rijden dan 25 km/u. Dit zijn met name wielrenners en speedpedelecs, maar kunnen ook elektrische fietsen bevatten waarbij de ondersteuning tot iets boven de 25 km/u gaat of waar de begrenzer is afgehaald.
- 'Brom- en snorfietzers': Zoals de naam al aangeeft wordt er geen onderscheid gemaakt tussen brom- en snorfietzen. De identificatie van deze categorie gebeurt namelijk op basis van de wielbasis.

### *Licht en donker*

Een (sub)doel van dit onderzoek is om de werking van fietspadmarkering in donkere omstandigheden te testen. Hierbij is het belangrijk dat de begrippen 'licht' en 'donker' goed worden afgebakend. De tijdstippen van zonsopgang en -ondergang verschillen per dag en locatie. Daarnaast is er natuurlijk geen plotselinge overgang tussen donkere en licht omstandigheden. Er is immers ook nog sprake van schemer. Om de verschillen tussen dag en nacht goed in kaart te brengen is ervoor gekozen om de onderzoeksresultaten die zijn gemeten in de schemer bij deze analyse niet mee te nemen.

### **Doelgroepen**

Bij het analyseren van de gegevens is onderscheid worden gemaakt in het type fietspadgebruiker. Is er sprake van iemand die in zijn eentje van A naar B rijdt? Of rijdt men samen? En in hoeverre wordt het gedrag van de fietspadgebruiker(s) beïnvloed door derden? In de dataverwerking is een aantal typen fietspadgebruikers bepaald. Deze doelgroepen zijn deels ingegeven door de beschikbare meetmethodiek. Het is op dit moment nog niet mogelijk om meer dan twee fietsers te bemeten. Dus kunnen we ook geen uitspraken doen over groepen fietsers.

### *Solorijder*

Een solorijder rijdt alleen en wordt niet beïnvloed door andere fietsers op de hoofd- of tegenrichting. Dit betekent dat er geen andere fietspadgebruikers in de ruimte voor, achter, naast of op de tegengestelde richting rijden. Met andere woorden, er is sprake van 'freeflow'.

### *Duorijder*

Duorijders zijn twee fietspadgebruikers die gezamenlijk van A naar B fietsen. Hierbij rijden ze naast elkaar, met ongeveer dezelfde snelheid. Ze hebben dus normaal gesproken een kleine volgtijd en een klein snelheidsverschil ten opzichte van elkaar. Op basis van deze kenmerken worden de duorijders uit de vergaarde data onderscheiden. Om er zeker van te zijn dat duorijders hun gedrag niet aanpassen aan andere fietspadgebruikers, wordt ook hier alleen gekeken naar de duo's in freeflow, dus zonder invloed van derden.

### *Inhaalduo*

Bij een inhaalduo is er sprake van een groter snelheidsverschil dan bij duorijders. De volgtijd tussen beide rijders is laag, maar kan hoger liggen dan bij duorijders. Door specifieke selectiecriteria toe te passen kunnen inhaalduo's worden onderscheiden van duorijders. Om er zeker van te zijn dat inhaalduo's hun gedrag niet aanpassen aan andere fietspadgebruikers, wordt ook hier alleen gekeken naar de duo's in freeflow.

## **1.4 Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 wordt beschreven hoe het onderzoek is opgezet en uitgevoerd. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 de resultaten gepresenteerd, waarbij eerst een beschrijving van de kenmerken van de fietspaden en uitgevoerde analyses wordt gegeven (3.1). Vervolgens worden de resultaten gepresenteerd van de doelgroepen alle fietspadgebruikers samen (3.2), solorijders (3.3) en duorijders (3.4). In paragraaf 3.5 wordt nader ingegaan op het effectieve gebruik van de breedte van het fietspad. Tot slot volgen in hoofdstuk 4 de conclusies en aanbevelingen van het onderzoek.

## 2 Onderzoeksaanpak

### 2.1 Opzet

Het onderzoek is uitgevoerd op wegvakken van vijf fietspaden. Hierbij is zoveel mogelijk getracht om fietspaden te selecteren met vergelijkbare omstandigheden, maar met verschillende soorten kant- en asmarkering. Dit is gedaan omdat het gedrag van fietspadgebruikers van diverse factoren afhankelijk is. Om uitspraken te kunnen doen over de invloed van de markering en de breedte van het fietspad is het nodig om de invloed van andere factoren te minimaliseren. Om die reden is bijvoorbeeld gezocht naar fietspaden die langs een N-weg liggen.

De onderzochte fietspaden zijn op te delen in een experimentele groep van fietspaden met dubbele asmarkering in combinatie met kantmarkering (Loon op Zand, De Bilt en Utrecht) en een controlegroep bestaande uit een fietspad met standaard asmarkering (Rotterdam) en een fietspad zonder markering (Waalwijk). De fietspaden Loon op Zand en De Bilt zijn circa 4,5m breed en daarmee onderling vergelijkbaar. De andere fietspaden zijn circa 4m breed.

De metingen vonden plaats van 14 december 2019 tot en met 28 januari 2020 (46 dagen). De foto's, profielen en grafieken komen met elkaar overeen; ze hebben allen dezelfde 'kijkrichting'.

### 2.2 Kenmerken van de onderzochte fietspaden

#### Loop op Zand

- 4,56 meter breed
- Tactiele kantmarkering
- Dubbele asmarkering met groengekleurde lijn in het midden
  - Lengte: 1-2
  - Breedte: 10-10-10
- Rood en egaal wegdek
- langs N-weg
- Brom- en snorfietzers toegestaan
- Eigen verlichting van het fietspad aanwezig.

#### Specifieke kenmerken

- Lantaarnpaal ter hoogte van meetpunt
- Sloot tussen fietspad en N-weg (tegemoet richting).
- Fietspad ligt verhoogd (als op een dijkje) tussen twee wegen. Minder vergevingsgezind aan beide zijden.
- N-weg (autoweg) met maximumsnelheid van 100km/u en 2x2 rijstroken.



Afbeelding 2.1: Kijkrichting noorden (tegemoet)



### De Bilt

- 4,53 meter breed
- Tactiele (DOT) kantmarkering
- Dubbele asmarkering
  - Lengte: 1-2
  - Breedte: 10-30-10
- Grijs wegdek
- Fietspad langs N-weg
- Brom- en snorfietzers toegestaan
- Geen eigen verlichting (N-weg heeft lantaarnpalen in middenberm)

#### Specifieke kenmerken

- Grote afstand tussen berm en kantmarkering (24 en 29 cm)
- Dit betekent ook smallere rijlopers (164) dan theoretisch voorzien (180)
- Hobbelig wegdek bij randen fietspad
- N-weg met maximumsnelheid van 80 km/u en 2x2 rijstroken.



Afbeelding 2.2: Kijkrichting westen (heen)



### Utrecht

- 4 meter breed
- Tactiele kantmarkering
- Dubbele asmarkering
  - Lengte: 1-2
  - Breedte: 10-30-10
- Grijs wegdek
- Fietspad langs N-weg
- Brom- en snorfietzers toegestaan
- Geen eigen fietspadverlichting

#### Specifieke kenmerken:

- Grote afstand (bijna 30 cm) tussen wegrand en kantmarkering (allen heenrichting)
- Dit betekent ook smallere rijlopers (145cm) dan theoretisch voorzien (155cm)
- Dit betekent ook dat het profiel van het fietspad Utrecht is verschoven ten opzichte van de wegas (zie Afbeelding 2.3)
- Enigszins hobbelig wegdek bij randen wegdek.
- N-weg met maximumsnelheid van 80 km/u en 2x2 rijstroken.



Afbeelding 2.3: Kijkrichting westen (heen)



### Rotterdam

- 4 meter breed
  - Scherpe, verhoogde rand met berm
  - Geen kantmarkering
  - Standaard asmarkering Lengte: 0,3 – 2,7)
  - Asmarkering niet in het midden
  - Rood egaal 'Easypath' wegdek
  - Fietspad langs N-weg
  - Brom- en snorfietzers niet toegestaan
  - Geen eigen fietspadverlichting
  - Beide richtingen hebben een paal met bord relatief dicht op het fietspad
  - N-weg met maximumsnelheid van 50 km/u en 2x2 rijstroken.
  - Bromfietzers van fietspad af /op
- Specifieke kenmerken heenrichting (langs N-weg)
- Geen volledige rechtstand
  - Scherpe rand met berm die lager ligt dan fietspad (minder vergevingsgezind)



Afbeelding 2.4: Onder Kijkrichting zuiden (heen); Boven: richting noorden (tegemoet)



### Waalwijk

- 4,2 meter breed
- Geen kant- of asmarkering
- Fietspad langs N-weg en berm
- Fietspad loopt door een park
- Brom- en snorfietzers niet toegestaan
- Wel fietspadverlichting
- Beide zijden vergevingsgezinde berm (lege ruimte en geen hoogteverschil met fietspad en stevig ogende berm)
- Glad egaal wegdek.
- N-weg met maximumsnelheid van 50 km/u, met 1 rijstrook voor rechtdoor en 1 rijstrook voor rechts afslaand verkeer. Nabij kruispunt.



Afbeelding 2.4: Kijkrichting westen (heen)



Tabel 2.1: Overzicht van aantal kenmerken per fietspad

|              | Breedte fietspad<br>cm | Asmarkering                                   | Kantmarkering | Breedte rijloper (cm) |      |
|--------------|------------------------|-----------------------------------------------|---------------|-----------------------|------|
|              |                        |                                               |               | Tegemoet              | Heen |
| Loon op Zand | 456                    | Dubbel (10 cm tussenruimte) met groene streep | Tactiel       | 186                   | 188  |
| De Bilt      | 453                    | Dubbel (30 cm tussenruimte)                   | Tactiel       | 164                   | 164  |
| Utrecht      | 400                    | Dubbel (30 cm tussenruimte)                   | Tactiel       | 144                   | 145  |
| Rotterdam    | 401                    | Standaard                                     | Geen          | 191                   | 200  |
| Waalwijk     | 420                    | Geen                                          | Geen          | 420                   |      |

### 2.3 Onderzoeksmethodiek

De metingen van de dwarsposities zijn uitgevoerd door Signco. Na een verkenning van diverse bedrijven en methoden bleek dat Signco het enige bedrijf is, dat over een langere duur en niet afhankelijk van licht – donker, zoals cameratechnieken en drones, in staat is om alle relevante variabelen betrouwbaar te meten. Met name het betrouwbaar meten van dwarsposities en het meten daarvan in het donker bleek met andere technieken een lastige opgave te zijn.

Met de 24-uurs metingen is data verkregen van:

- Dwarsposities (afstand t.o.v. wegrand);
- Snelheid van fietspadgebruikers;
- Aanwezigheid van andere fietspadgebruikers in dezelfde of tegenovergestelde richting;
- Volgtijden tussen fietspadgebruikers.

De metingen zijn uitgevoerd met een specifieke configuratie van glasvezelkabels. Door deze specifieke configuratie is het mogelijk om, onder andere, de dwarsposities te meten. De glasvezelstrengen komen samen in een meetkast in de berm.

#### **Validatiemetingen**

De beschreven meetmethode is een relatief nieuwe en in Nederland nog onbekende methodiek. Signco heeft voorafgaand aan dit onderzoek de betrouwbaarheid uitvoerig getest. Aanvullend zijn er gedurende dit onderzoek door KeuzeWeg en Loendersloot Groep validatiemetingen uitgevoerd op alle locaties om de betrouwbaarheid van de metingen te verifiëren.

Hiertoe hebben onderzoekers diverse keren over de middenmarkering gereden vanuit beide richtingen. In de door Signco aangeleverde data zijn deze metingen teruggevonden en is vastgesteld of de middenstrepen binnen de marge liggen van de metingen. Deze metingen bevestigden de locaties van de middenstrepen.



### 3 Onderzoeksresultaten

#### 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek gepresenteerd. Alvorens nader in te gaan op de resultaten worden in deze inleidende paragraaf enkele kenmerken van de fietspadgebruikers gegeven en de grafieken en statistische analyses beschreven.

In de daarop volgende paragrafen worden de resultaten van het onderzoek beschreven. Ten eerste van alle fietspadgebruikers samen (paragraaf 3.2), dan uitgesplitst naar solorijders (paragraaf 3.3) en duorijders (paragraaf 3.4).

##### 3.1.1 Kenmerken fietspadgebruikers per fietspad

In tabel 3.1 zijn een aantal kenmerken van de fietspadgebruikers per fietspaden opgenomen. Uit de tabel blijkt dat het fietspad Loon op Zand nog door weinigen wordt gebruikt. En dat fietspaden De Bilt en Utrecht, die in elkaar verlengde liggen, druk zijn. Het verschil tussen de aantallen fietspadgebruikers op deze beide fietspaden is het gevolg van het feit dat op meetlocatie De Bilt 41 in plaats van 46 dagen is gemeten, doordat de glasvezelkabels waren losgeraakt.

*Tabel 3.1: Steekproefgrootte en gemiddelde rijnsnelheden per fietspad van fietspadgebruikers in het onderzoek*

| Aantal                     | Loon op Zand | De Bilt   | Utrecht   | Rotterdam | Waalwijk  |
|----------------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| fietspadgebruikers         | 14.667       | 51.639    | 56.078    | 40.011    | 40.113    |
| Per etmaal                 | 319          | 1.123     | 1.219     | 870       | 872       |
| solorijders                | 12.136       | 36.335    | 38.185    | 26.263    | 28.573    |
| duorijders                 | 924          | 4.890     | 6.380     | 4.651     | 5.089     |
| (e)-fietsers               | 8.710        | 45.132    | 46.479    | 28.396    | 34.116    |
| Snelle fietsers            | 2.389        | 4.114     | 3.741     | 4.700     | 3.031     |
| brom- en snorfietzers      | 3.568        | 2.393     | 5.858     | 6.915     | 2.966     |
| <b>Gemiddelde snelheid</b> |              |           |           |           |           |
| (e)-fietsers               | 19,1 km/u    | 16,9 km/u | 17,4 km/u | 18,3 km/u | 17,8 km/u |
| snelle fietsers            | 32,1 km/u    | 34,3 km/u | 31,4 km/u | 29,9 km/u | 29,6 km/u |
| brom- en snorfietzers      | 36,4 km/u    | 38,0 km/u | 32,3 km/u | 35,3 km/u | 35,2 km/u |

##### 3.1.2 Dwarsposities in grafieken: verdelingen en kritieke zones

In het vervolg van dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek gepresenteerd. Hiertoe hebben we de data verwerkt en geanalyseerd naar de *verdeling* dwarsposities over de breedte van het fietspad en vervolgens naar de verdeling dwarsposities over de *kritieke zones* van het fietspad.

###### *Toelichting grafieken verdeling over het fietspad en over kritieke zones*

Per meetlocatie is de verdeling van fietspadgebruikers in beide rijrichtingen over de breedte van het fietspad in een grafiek gezet. Hiertoe is de breedte van ieder fietspad opgedeeld in stukjes van 10 cm breed. Vervolgens is per 10 cm geanalyseerd hoeveel procent van de fietspadgebruikers over deze 10 centimeter heeft gereden (dwarspositie). De wegas (het midden van het fietspad) is het nulpunt.

In Afbeelding 3.1 op pagina 14 zijn deze grafieken opgenomen van alle metingen (alle fietspadgebruikers, 24 uur per dag, 46 dagen).

In de 'verdelingsgrafieken' wordt met groene staafjes het percentage fietspadgebruikers aangegeven dat in de 'heen richting' rijdt (totaal 100%) en met blauw de 'tegemoet richting'. Op posities waar zowel op de heen- als tegemoet richting wordt gereden, zijn de groene staafjes gestapeld boven op de blauwe staafjes. Stel dat op een positie 0,5% in de heen richting rijdt en 5% in de tegemoet richting. Dan is het onderste en grootste deel van het staafje blauw en met een klein deel groen bovenop.

Onder de grafieken is op de x-as per 0,2m (20 cm) de afstand tot de wegas weergegeven. Zo wordt met het staafje dat boven -0,6 staat, het percentage fietspadgebruikers aangegeven dat 50 tot 60 cm van de wegas rijdt. Ter illustratie: op het fietspad Loon op Zand rijdt hier 6% van de fietspadgebruikers. Onder de x-as is het profiel van de fietspaden opgenomen. Hierbij is te zien dat de



asmarkering niet precies in het midden van de fietspaden ligt. Ook is op het profiel te zien waar de kantmarkering ligt.

Onder het profiel zijn de kritische (en veilige) zones weergegeven. Aandachtspunt hierbij is, dat de groene veilige zone van de ene richting de kritische zone '*verkeerde weghelft*' is van de andere rijrichting.

De verdeling van de fietspadgebruikers in kritieke zones wordt ook in separate grafieken getoond.

### 3.1.3 Statistische analyses

De dwarsposities over de verschillende *kritische* en veilige zones zijn statistisch getoetst met de Chi-kwadraattoets. Met de Chikwadraattoets kan worden geanalyseerd of er een statistisch verband bestaat tussen de verdelingen van variabelen. In het geval van ons onderzoek, tussen de verdeling van dwarsposities op het fietspad enerzijds en het fietspad (pilotlocatie) anderzijds. Uit deze statistische analyses blijkt, dat de percentages fietspadgebruikers dat in de kritieke zones rijdt per fietspad significant van elkaar verschillen ( $p < 0,001$ ). Dit blijkt zo te zijn voor alle onderzochte doelgroepen; alle fietspadgebruikers, alle solorijders en alle duorijders.

Dat de verdelingen over zowel de fietspadbreedtes als over de kritieke zones tussen de fietspaden met Chi-kwadraat significant met elkaar verschillen, is het gevolg van het zeer grote aantal metingen per fietspad. Door de grote steekproefomvang is het kwadraat van (geobserveerde minus verwachte frequenties) groot. Ook als de verschillen tussen geobserveerde en verwachte frequenties relatief klein zijn. Door de grote omvang van de steekproef, tellen de kleine verschillen samen op tot een grote waarde van de toetsingsgrootte Chikwadraat ("*Vele kleintjes maken één grote*").

Met de Chikwadraattoets wordt beoordeeld of er een verschil is tussen verdelingen. Dit geeft nog geen informatie over de sterkte van dit verschil. De sterkte van een verschil wordt berekend met de 'associatiemaat' Cramer's V. Om die reden is na de Chikwadraattoets vervolgens een analyse uitgevoerd met Cramer's V.

## Verdeling dwarsposities alle fietspadgebruikers samen per fietspad

Afbeelding 3.1: Grafieken met procentuele verdeling solorijders over fietspadbreedte per fietspad



## 3.2 Bevindingen van alle fietspadgebruikers samen

### Verdeling over het fietspad

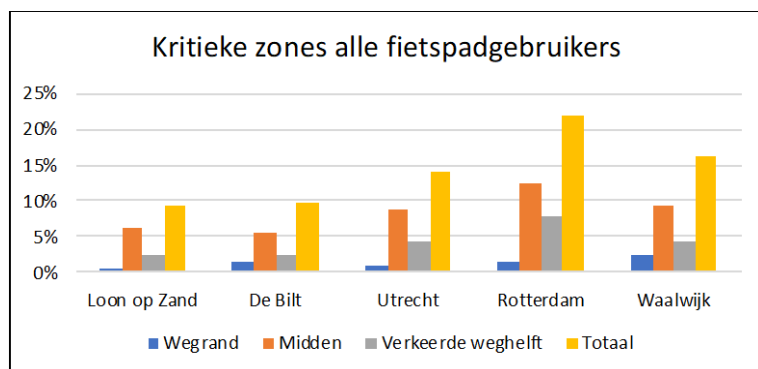
In de grafieken van Afbeelding 3.1 (pagina 18) zijn de verdelingen opgenomen van alle fietspadgebruikers samen inclusief solorijders, duorijders en inhalers. En ook van gebruikers die niet 'freeflow' rijden, met andere woorden waar ook mede fietspadgebruikers in de directe nabijheid zijn, waardoor beide gebruikers invloed op elkaars dwarspositie kunnen hebben. In deze grafieken is te zien dat op de meeste fietspaden de verdelingen van de twee richtingen afwijken van elkaar. Dit geldt voor alle fietspaden met uitzondering van het fietspad in Waalwijk. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat in Waalwijk de omstandigheden aan weerszijden van het fietspad vergelijkbaar zijn (gevonden worden).

Zo is een gelijkmatige brede spreiding van fietspadgebruikers over de breedte van het fietspad te zien in Waalwijk beide richtingen, Loon op Zand-heen, De Bilt-tegemoet, Utrecht-heen en Rotterdam-heen. Op de andere weghelften is juist een meer steile piek-verdeling over de breedte van de weghelft te zien, waar meer gebruikers overheen rijden. Zo is op fietspad Loon op Zand in de tegemoet richting (langs N-weg) te zien dat men op grotere afstand van de wegrand fietst (vanaf 60 cm) dan op de heenrichting (vanaf 40cm). Een mogelijke verklaring hiervoor is de sloot die langs de tegemoet richting ligt. Ook op fietspad De Bilt-heen (langs N-weg) is een steile piek te zien, waarbij men op grotere afstand van de wegrand fietst. Dit kan mogelijk het gevolg zijn van hobbels in het wegdek. Dit patroon is op fietspad Utrecht juist omgekeerd. Terwijl dit wegvak op hetzelfde fietspad op slechts 500 m afstand ligt van het wegvak De Bilt en dezelfde type markering heeft. De kantmarkering (aan de kant van de N-weg) ligt 20 cm verder van de wegrand op het fietspad Utrecht dan op fietspad De Bilt, maar dit leidt niet tot een piekverdeling. Het lijkt er juist op dat de fietspadgebruikers hier meer ruimte zoeken door meer links op het fietspad te fietsen en daarbij meer binnen en rondom de dubbele asmarkering rijden. Het fietspad in Rotterdam ligt iets verhoogd ten opzichte van de berm, waarbij rijrichting Heen een kleine knik heeft, waarbij er naast het fietspad rul zand ligt.

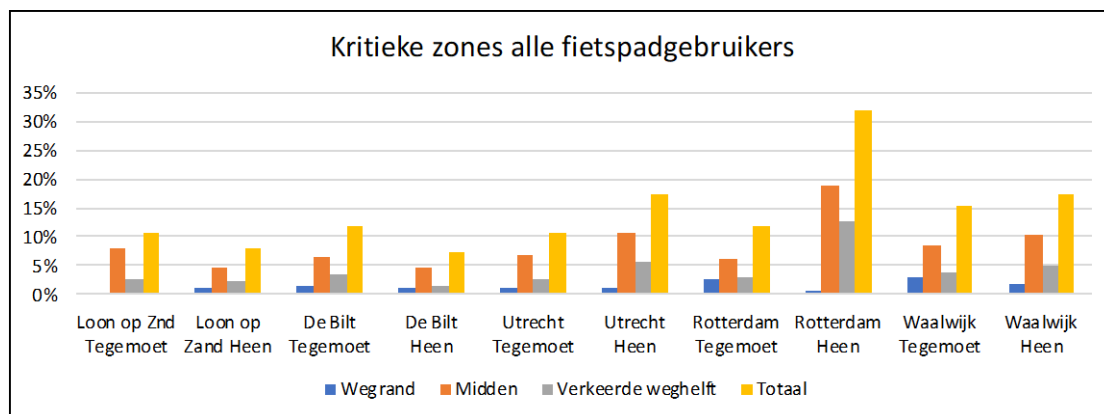
### Kritieke zones

In Afbeelding 3.2a is te zien, dat op de brede fietspaden met dubbele asmarkering (Loon op Zand en De Bilt; 9% en 10%) minder in de kritieke zones wordt gereden dan op de 'smalle' fietspaden (Utrecht, Rotterdam en Waalwijk; 14%, 22% en 16%).

Aangezien we bij de verdelingen zagen dat er grote verschillen zijn tussen de verdelingen per rijrichting binnen een fietspad, zijn ook deze geanalyseerd en in een grafiek weergegeven (zie afbeelding 3.2b). De verdeling over de kritieke zones van Rotterdam-heen wijkt af van de andere rijrichtingen op de 'smalle' fietspaden Utrecht (dubbele as) en Waalwijk (geen markering) en van Rotterdam-tegemoet (standaard as). Ook op het fietspad Utrecht-heen wordt iets meer in de kritieke zones gereden.



Afbeelding 3.2a: Percentages van alle fietspadgebruikers, die in de verschillende kritieke zones rijden per fietspad (boven) en naar richting (onder) (N=202.508)

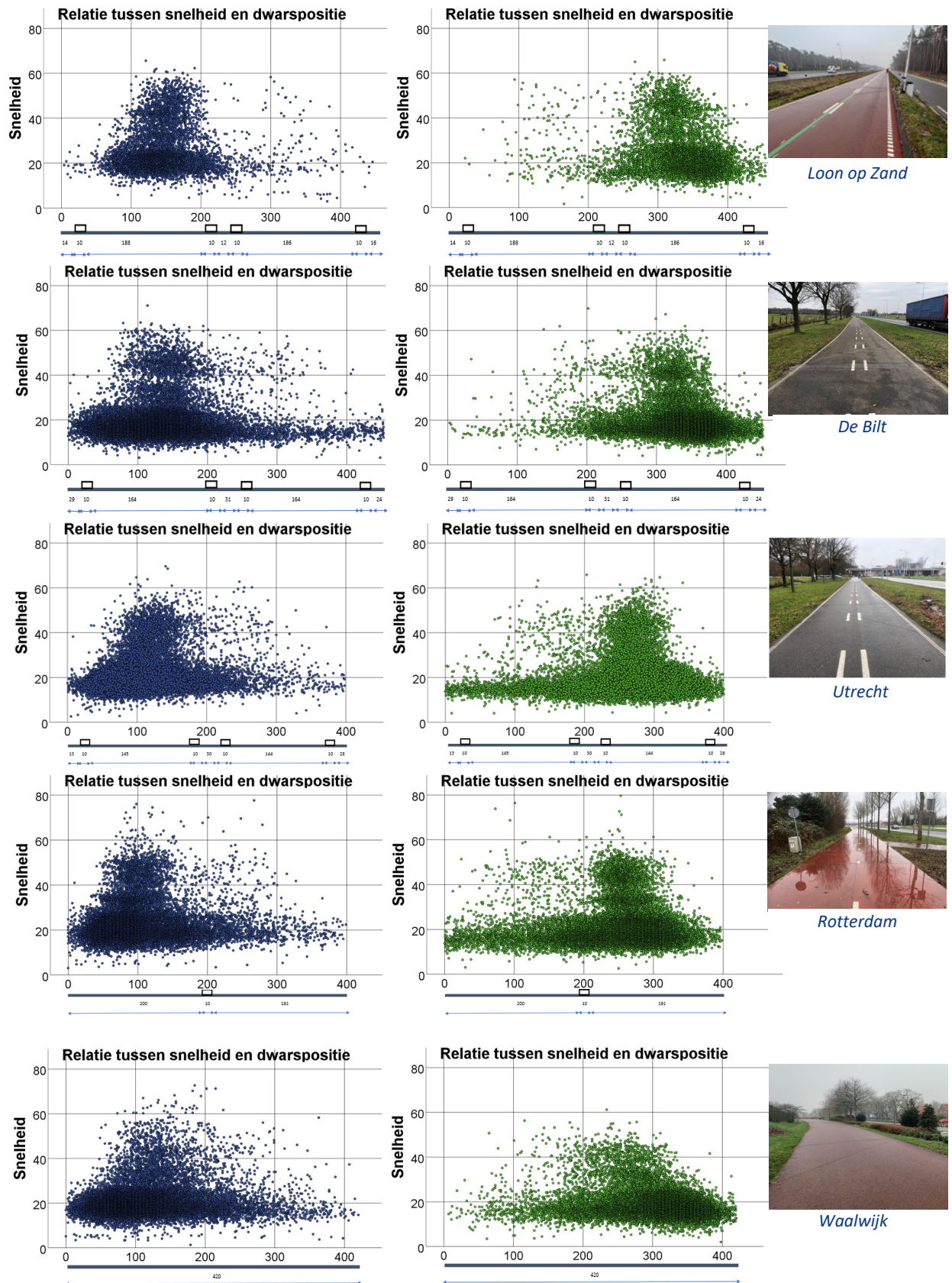


*Afbeelding 3.2b: Percentages van alle fietspadgebruikers, die in de verschillende kritieke zones rijden per fietspad (boven) en naar richting (onder) (N=202.508)*



### Rijsnelheden en dwarsposities alle fietspadgebruikers samen per fietspad

Abbeelding 3.3: Grafieken met relatie tussen snelheid (y-as) en positie op het fietspad



### ***Rijsnelheden en positie op het fietspad***

Uit de analyse van de data blijkt dat er een relatie is tussen de snelheid van fietspadgebruikers en de dwarspositie op het fietspad. Zoals in de afbeelding 3.3 is te zien, rijden fietspadgebruikers over het algemeen meer in het midden van de eigen rijloper wanneer de snelheid toeneemt. Wanneer men niet in de eigen rijloper rijdt, maar in een van de kritieke zones, dan gebeurt dit doorgaans op een lage snelheid.

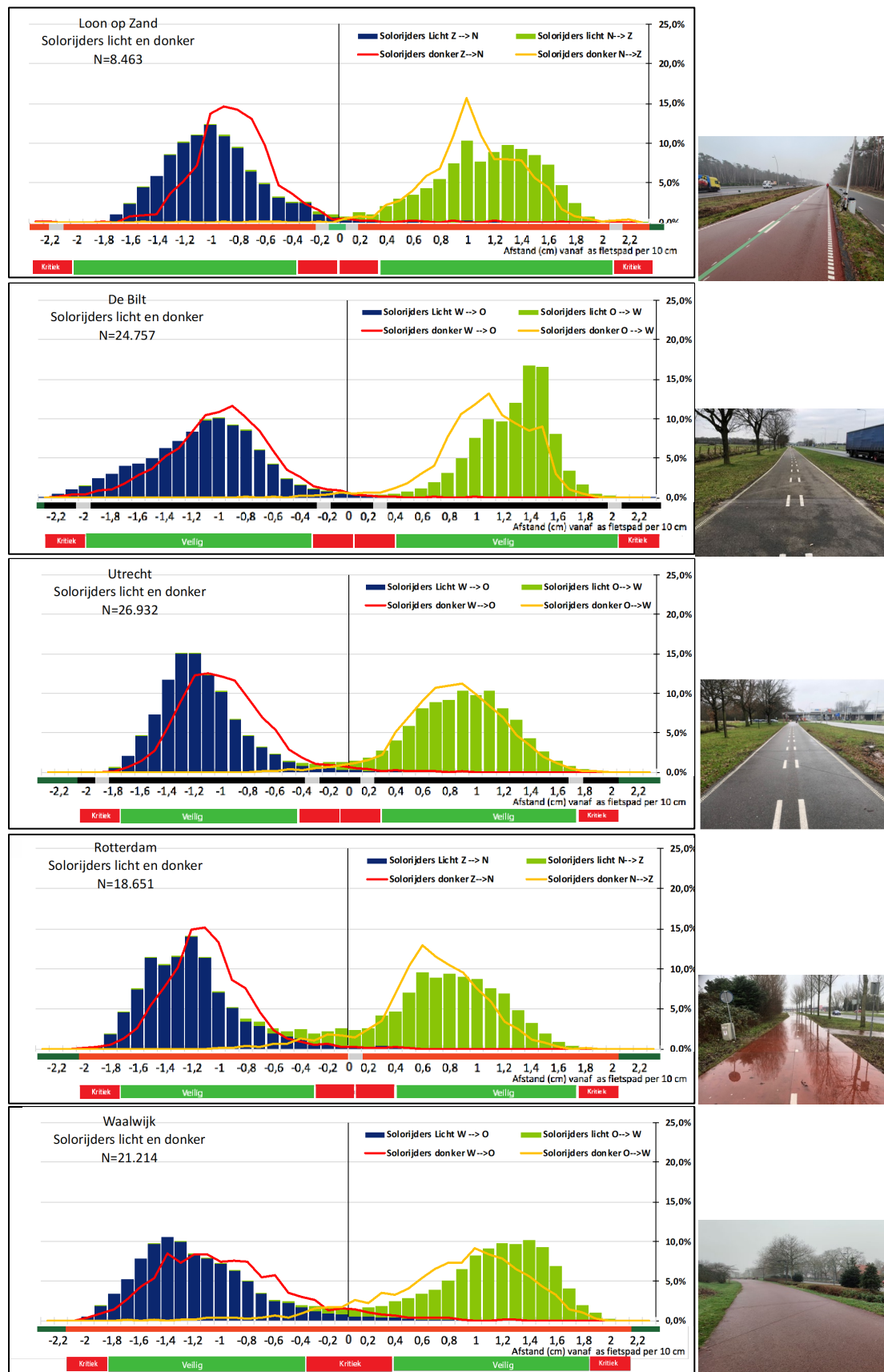
Naast het verband tussen snelheid en dwarspositie geven de figuren ook meer inzicht in de verdeling van fietspadgebruikers en de verschillen die hierin zijn te onderscheiden tussen de fietspaden. Zo is bijvoorbeeld te zien dat bij het fietspad in Rotterdam, met name op de richting 'heen', veel fietspadgebruikers zich op de verkeerde weghelft positioneren. Daarnaast lijkt het gebrek aan markering bij het fietspad in Waalwijk ervoor te zorgen dat fietspadgebruikers erg verdeeld over het fietspad rijden, terwijl bij de andere fietspaden meer structuur te zien is.

Op het fietspad in Waalwijk wordt minder hard gereden dan op de andere fietspaden. Op dit fietspad zijn bromfietzers niet toegestaan. Ook op het fietspad Rotterdam zijn bromfietzers niet toegestaan. Bromfietzers worden vlak voor het meetpunt de rijbaan opgeleid. Uit de hoge rijsnelheden die te zien zijn in de grafieken in afbeelding 3.3 kan echter worden geconcludeerd dat veel bromfietzers toch op het fietspad (blijven) rijden.



## Verdeling dwarsposities solorijders in donker en bij daglicht per fietspad

Afbeelding 3.4: Grafieken met procentuele verdeling solorijders bij daglicht en in donker per fietspad





### 3.3 Solorijders

#### *Verdeling alle solorijders over het fietspad*

In bijlage 2 zijn de grafieken opgenomen van de verdelingen van alle solorijders zonder uitsplitsing naar daglicht - donker. In de grafieken in Afbeelding 3.4 is daarbij nog een ander onderscheid gemaakt tussen solorijders bij daglicht en donker. De solorijders die bij schemer rijden zijn niet in deze grafieken opgenomen, maar wel in die in de bijlage van alle solorijders. De verdelingen van alle solorijders samen lijken veel op de verdelingen van alle fietspadgebruikers samen zoals in de voorgaande paragraaf beschreven. Ook bij solorijders verschillen de verdelingen over het fietspad met elkaar en per rijrichting, en met name die van Rotterdam- tegemoet.

Met andere woorden, als solorijders in freeflow hun eigen dwarspositie kiezen, blijken ze verder van de wegrand te rijden op fietspaden Loon op Zand – tegemoet, De Bilt- heen en Rotterdam- heen. Dit betekent dat externe factoren hun voorkeur voor dwarspositie meer bepalen dan de positie van de al dan niet aanwezige kantmarkering. Mogelijke omgevingsfactoren die ertoe kunnen leiden dat solorijders minder de wegrand opzoeken kunnen worden gezocht in:

**Loon op Zand-tegemoet:** Het fietspad ligt verhoogd (op soort van dijkje), er ligt een sloot langs de tegemoet richting. En wellicht ook de autoweg langs de tegemoet richting.

**De Bilt - heen:** Hobbelig wegdek vlak voor de meetlocatie.

**Rotterdam- heen:** knik in verloop wegrand heenrichting en verhoogde ligging fietspad ten opzichte van de berm met rul zand.

Daarnaast laten de verdelingen van brede fietspaden met dubbele asmarkering zien, dat solorijders op fietspad De Bilt met brede middenstrook, op grotere afstand van de wegas rijden dan op fietspad Loon op Zand waar een smalle dubbele asmarkering met een groene streep ligt.

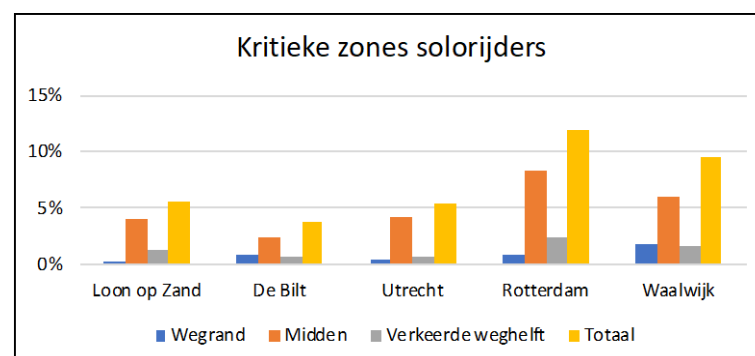
De solorijders rijden minder in het middengebied dan ‘alle fietspadgebruikers samen’. Dit is logisch, aangezien de duorijders, die doorgaans meer rondom het midden van het fietspad rijden nu niet in de grafieken is meegenomen.

### Solorijders in kritieke zones

In afbeelding 3.5 is te zien dat op de beide brede fietspaden Loon op Zand en De Bilt **én** op het 'smalle' fietspad Utrecht (dubbele asmarkering) solorijders even vaak in kritieke zones rijden (gesommeerd 5,5%, 4% en 5%).

Daarnaast lijken solorijders op het fietspad in Utrecht minder vaak in de kritieke zones te rijden dan in Waalwijk. Hoewel het om een minimaal statistisch verschil gaat, is het wel opmerkelijk, aangezien het fietspad in Waalwijk 20 cm breder is dan in Utrecht. M.a.w. op het iets smallere fietspad in Utrecht met kant- en dubbele asmarkering rijden solorijders minder in de kritiek zones dan op het fietspad in Waalwijk zonder markering (gesommeerd 5% versus 9%). In Rotterdam rijdt 12% van de solorijders in een kritieke zone.

Bij nadere analyse blijkt dat solorijders op het fietspad **Loon op Zand** in de tegemoetriching (langs sloot en N-weg) iets meer in de kritieke middenzone rijden dan in de heenrichting (Cramer's  $V = 0,11$ ). Evenals voor alle fietspadgebruikers samen, blijken ook solorijders in Rotterdam op de heenrichting meer in de kritieke zones te rijden dan in de tegemoetriching (Cramer's  $V = 0,26$ ).



Afbeelding 3.5: Mate waarin solorijders in kritieke zones rijden ( $N=141.492$ )

### Donker versus daglicht: Verdeling solorijders over het fietspad

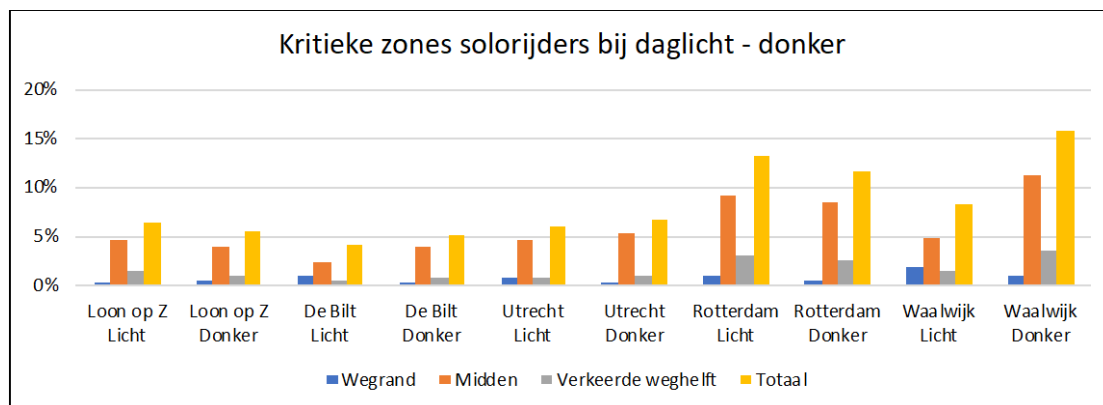
In de grafieken van afbeelding 3.5 is te zien dat solorijders in het donker meer in het midden en verder van de wegrand vandaan rijden dan bij daglicht. Een uitzondering hierop is het fietspad Utrecht, waar solorijders in de heenrichting nauwelijks opschuiven naar het midden. Dit is mogelijk te verklaren doordat zij ook bij daglicht al relatief ver van de wegrand rijden. (Zie ook tabel 3.2).

Op fietspaden met middenmarkering is een relatief steile afname te zien van het percentage solorijders rondom de asmarkering. Op het fietspad Waalwijk loopt dit meer geleidelijk af. We vinden geen bevestiging voor de aanname dat solorijders op fietspaden met kantmarkering dichter op de wegrand 'durven' te fietsen.

### Donker versus daglicht: Kritieke zones solorijders

In afbeelding 3.6 is te zien dat solorijders in het donker op het fietspad in Waalwijk meer in de kritieke middenzone en op de verkeerde weghelft rijden dan bij daglicht. Dit is conform de verwachting bij een fietspad zonder markering.

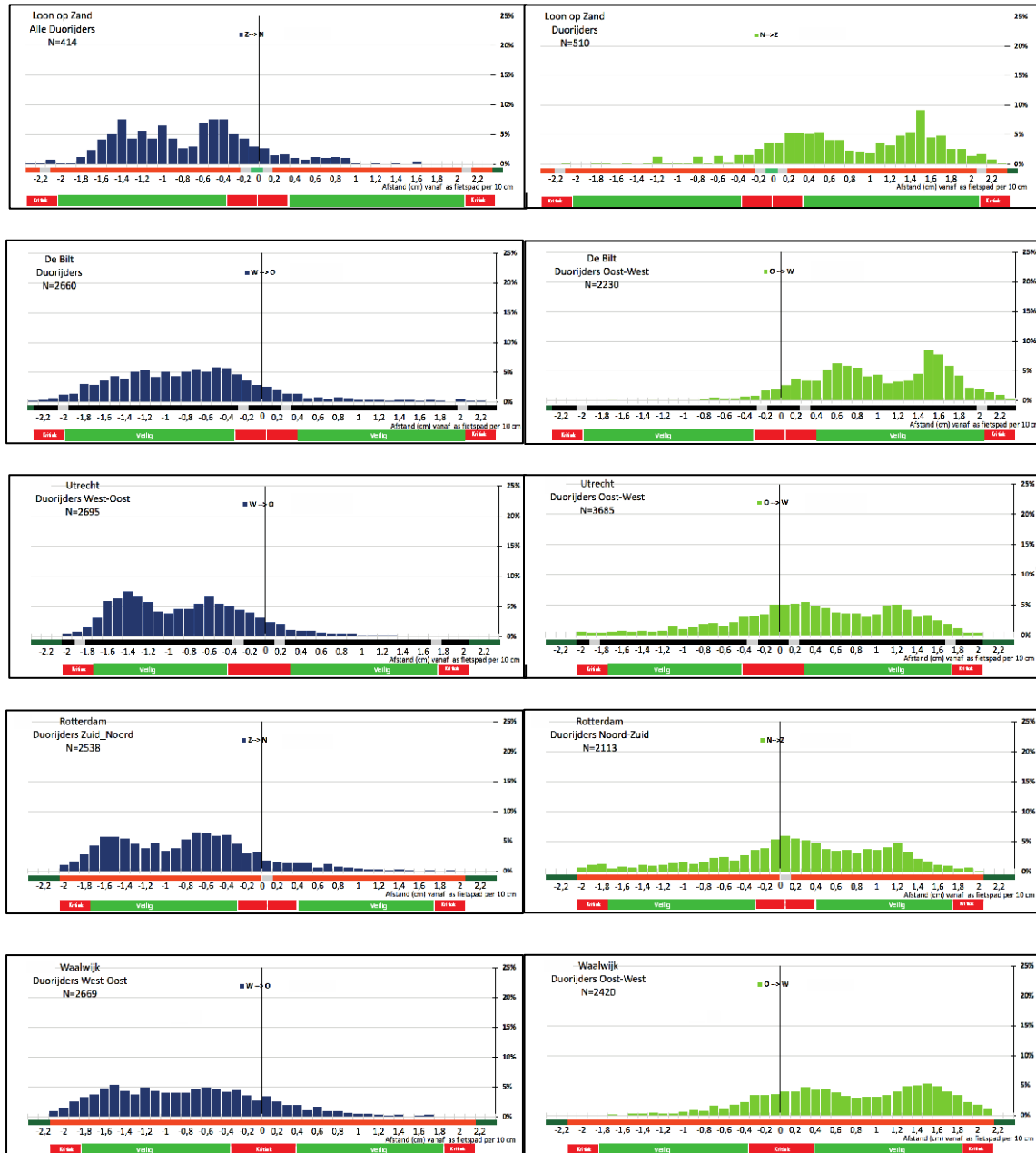
Voor het fietspad Rotterdam werd verwacht dat minder gebruikers in de kritieke wegrandzone rijden in het donker, vanwege het ontbreken van kantmarkering. Dit resultaat wordt niet gevonden. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat er ook weinig gebruikers dicht op de wegrand rijden bij daglicht. Op de brede en 'smalle' fietspaden met kant en dubbele asmarkering (Loon op Zand, De Bilt en Utrecht) is het percentage van fietspadgebruikers dat in de kritieke (midden) zones rijdt bij daglicht versus in het donker vergelijkbaar. Dit is conform de verwachting.



*Afbeelding 3.6: Mate waarin solorijders in kritieke zones rijden bij daglicht en in donker*  
*N=100.017*

## Verdeling dwarsposities duorijders per fietspad

Afbeelding 3.7: Grafieken met procentuele verdeling duorijders per richting per fietspad



### 3.4 Twee rijders

In dit hoofdstuk bespreken we de resultaten van metingen waarbij twee fietspadgebruikers ongeveer tegelijkertijd over het meetpunt reden. Dit kunnen in ons onderzoek fietspadgebruikers zijn die samen rijden (duorijders), dan wel fietspadgebruikers die elkaar inhalen. Tegenliggers worden wel gemeten, maar worden niet in dit onderzoek meegenomen, aangezien deze elkaar dan precies op de meetlocatie elkaar dienen te passeren.

#### 3.4.1 Duorijders

##### *Verdeling duorijders over het fietspad*

In de verdelingen van de duorijders over de fietspadbreedtes in de grafieken van afbeelding 3.7 zien we dat op sommige fietspaden meer steile pieken zijn te zien dan op andere fietspaden. De pieken geven aan waar op het fietspad de meeste duorijders rijden. Het lijkt zo te zijn dat op de fietspaden met asmarkering de pieken steiler zijn dan op het fietspad zonder asmarkering in Waalwijk. Dit duidt erop dat de asmarkering een geleidende invloed heeft op de positie van de duorijders.

Op de brede fietspaden met kant- en dubbele asmarkering (Loon op Zand en De Bilt), is te zien dat linker duorijders met name rechts van de markering (op de eigen weghelft) rijden. Op het 'smalle' fietspad in Utrecht met dubbele asmarkering zien we dat veel duorijders ook tussen de middenlijnen rijden.

Op het fietspad in Waalwijk is een meer homogene verdeling van de duorijders te zien, waarbij aanmerkelijk meer rechter duorijders dicht op de wegrand rijden, wat meer ruimte geeft aan de linker duorijder om ook nog op de eigen weghelft te rijden. Het is opmerkelijk dat rechter duorijders op de andere fietspaden op grote afstand van de wegrand blijven rijden. Dit is ook het geval bij de brede fietspaden. Dit duidt erop dat fietspadgebruikers op de brede fietspaden de extra breedte niet optimaal gebruiken. Zo rijden veel rechter duorijders 50 tot 90 cm vanaf de wegrand op fietspaden Loon op Zand en De Bilt, evenals op het fietspad Waalwijk.

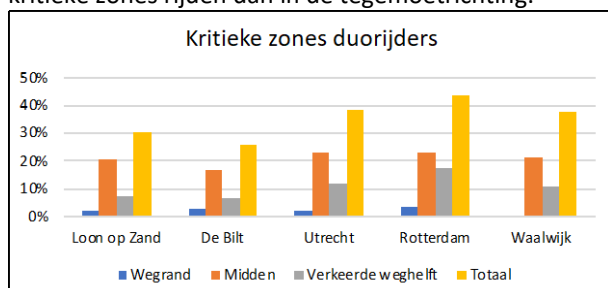
### Kritieke zones

Zoals in afbeeldingen 3.8a en 3.8 is te zien, rijden duorijders meer in de kritieke zones dan solorijders. Dit is een voor de hand liggende bevinding; duorijders nemen immers meer ruimte in beslag dan solorijders. Duorijders rijden vooral meer in kritieke middenzone en op de andere weghelft.

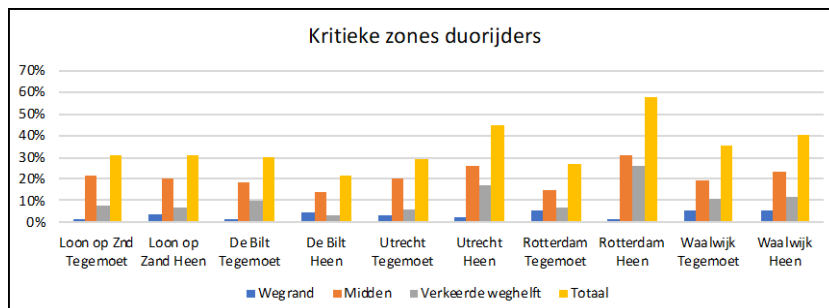
Op de brede fietspaden met dubbele asmarkering rijden duorijders minder in de kritieke zones. Daarbij blijkt dat op het fietspad met de brede middenstrook in De Bilt iets minder in de kritieke zones wordt gereden dan op het fietspad met de smalle middenstrook met groene lijn in Loon op Zand (26% versus 30%). Dit verschil komt op het conto van de heenrichting De Bilt, waar duorijders minder in de kritieke zones rijden dan in de tegemoetrichting.

Zoals we reeds eerder bij andere fietspadgebruikers hebben gezien, rijden duorijders in Rotterdam meer in de kritieke zones dan op de fietspaden Utrecht en Waalwijk (gesommeerd 44%, 38% en 38%). Dit verschil is het gevolg van het grote aantal duorijders in de heenrichting op fietspad Rotterdam dat in de kritieke zones rijden.

Er is geen verschil gevonden tussen de fietspaden Utrecht en Waalwijk in de mate waarin duorijders in kritieke zones rijden. Wel blijkt dat in de heenrichting op het fietspad **Utrecht** meer duorijders in de kritieke zones rijden dan in de tegemoetrichting.



Afbeelding 3.8a: Mate waarin duorijders in de kritieke zones rijden per fietspad en rijrichting



Afbeelding 3.8b: Mate waarin duorijders in de kritieke zones rijden per fietspad en rijrichting

### Donker versus daglicht: Verdeling duorijders over het fietspad

Zoals in tabel 3.2 is te zien, is het aantal duorijders in het donker relatief klein. Met name op het fietspad Loon op Zand, waar 77 duo's zijn gemeten. Hierbij gaat het dan om slechts maximaal 38 fietsparen. Om die reden dienen deze resultaten met de nodige voorzichtigheid te worden geïnterpreteerd.

Tabel 3.2 Aantal duorijders in daglicht en donker per fietspad

|            |        | Loon op Zand | De Bilt | Utrecht | Rotterdam | Waalwijk |
|------------|--------|--------------|---------|---------|-----------|----------|
| Duorijders | Licht  | 705          | 2.573   | 3.546   | 3.513     | 3.022    |
|            | Donker | 77           | 843     | 1.129   | 177       | 978      |
|            | Totaal | 782          | 3.416   | 4.675   | 3.690     | 4.000    |

In bijlage 3 zijn de verdelingen van duorijders bij daglicht en in het donker opgenomen. Uit de verdelingen blijkt, dat met uitzondering van fietspad Utrecht, duorijders in het donker meer naar links opschuiven ten opzichte van daglicht. Dit leidt ertoe dat op het brede fietspad in Loon op Zand met smalle middenstrook (tegemoet) meer duorijders net aan andere kant van de middenstrook rijden.

Terwijl op het brede fietspad De Bilt met brede middenstrook, duorijders juist meer tussen de middenlijnen rijden in het donker.

Op het fietspad in Rotterdam lijkt de linker duorijder zich te richten op het rijden op of rond de middenmarkering

In Waalwijk verdelen de beide duorijders zich meer over het gehele fietspad in het donker.

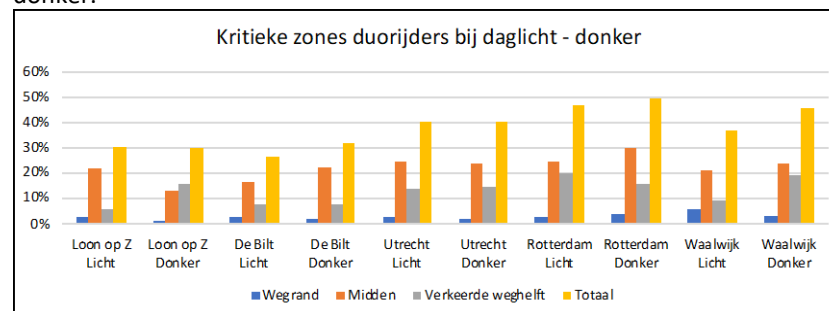
#### **Donker versus daglicht: Kritieke zones duorijders**

De bovenstaande bevindingen worden bevestigd door de mate waarin men in de kritieke zones rijdt (zie afbeelding 3.9). In Loon op Zand *lijken* duorijders minder in de kritieke middenzone en meer op de verkeerde weghelft te rijden. Echter is de steekproefomvang hier dusdanig klein, dat dit resultaat met de nodige voorzichtigheid dient te worden beschouwd.

Op het fietspad in De Bilt rijden meer duorijders in de kritieke middenzone in het donker dan bij daglicht. Een mogelijke verklaring hiervoor is, dat zij in het donker meer geneigd zijn om tussen de dubbele lijnen van de asmarkering te rijden dan op de verkeerde weghelft.

In Waalwijk rijden duorijders meer op de verkeerde weghelft in het donker dan bij daglicht. Op het fietspad Rotterdam rijden in het donker juist meer duorijders in het kritieke midden en minder op de verkeerde weghelft.

Op het fietspad Utrecht zijn er geen verschillen gevonden tussen dwarspositie bij daglicht versus donker.



Afbeelding 3.9: Verdeling duorijders over de verschillende kritieke zones naar daglicht versus donker per fietspad

### Onderlinge afstanden tussen Duurrijders

Naast de vraag of duurrijders meer of minder in kritieke zones rijden, is het ook relevant te weten op welke onderlinge afstand duurrijders rijden.

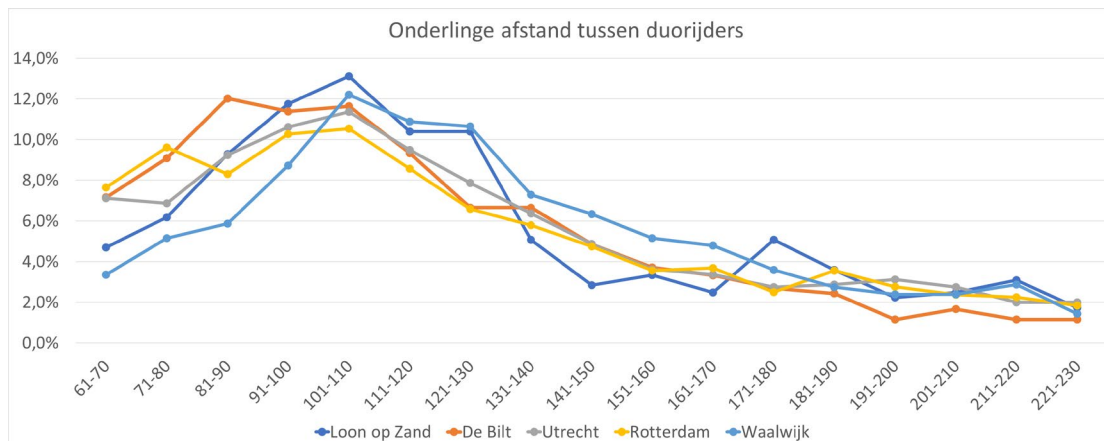
In Afbeelding 3.10 is te zien dat op fietspaden Rotterdam en De Bilt op korte afstand van elkaar wordt gefietst. Tevens is te zien dat duurrijders op het fietspad in Waalwijk (4,2m breed, geen markering) juist minder vaak op korte afstand van elkaar rijden in vergelijking met de andere fietspaden. Op dit fietspad rijdt men juist op grotere afstand van elkaar dan op de andere fietspaden. Ten opzichte van de andere fietspaden rijden meer duurrijders op meer dan 115 cm van elkaar vandaan.

Dit is des te opmerkelijker omdat het fietspad in Waalwijk smaller is dan fietspaden Loon op Zand en De Bilt. Op basis van deze gegevens lijkt de kans op in elkaar hakende fietssturen op het fietspad Waalwijk het kleinst.

Een mogelijke verklaring voor de grotere onderlinge afstanden tussen duurrijders op het fietspad in Waalwijk ten opzichte van andere fietspaden kan zijn, dat op de andere fietspaden op grotere afstand van de wegrand wordt gereden. Hierdoor wordt op deze fietspaden de breedte van het fietspad niet volledig gebruikt (zie bij paragraaf 'Verdelingen duurrijders over het fietspad').

Daarnaast is in Afbeelding 3.10 te zien dat op het brede fietspad De Bilt met brede middenstrook meer duurrijders dichters naast elkaar rijden dan op het brede fietspad met smalle middenstrook Loon op Zand. En zelfs ook iets meer dan op het 'smalle' fietspad Utrecht met brede middenstrook. Dit lijkt erop te duiden dat het minder in kritieke zones rijden op fietspad De Bilt (afbeelding 3.8) leidt tot zeer korte afstanden tussen duurrijders onderling.

Op basis van de bevindingen kan voorzichtig worden geconcludeerd, dat de brede dubbele markering ertoe leidt dat duurrijders op korte afstanden van elkaar rijden. De resultaten van het 'smalle' fietspad Utrecht met brede dubbele asmarkering bevestigt deze conclusie evenwel niet volledig. Uit de verdelingen over het fietspad in afbeelding 3.8 blijkt inderdaad dat op dit Utrechtse fietspad veel duurrijders op de eigen weghelft rijden. En daarbij op relatief korte afstanden van elkaar rijden. Echter in de heenrichting op dit Utrechtse fietspad rijden meer duurrijders in de kritieke middenzone en op de verkeerde weghelft dan in de tegemoetrichting (zie afbeelding 3.8b). En rijden ze daarmee op iets grotere afstanden van elkaar.



Afbeelding 3.10: Onderlinge afstand tussen duurrijders per 10 cm per fietspad



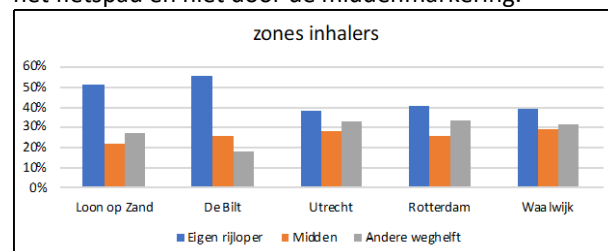
### 3.4.2 Inhalen

Het aantal inhaalmanoeuvres bij de meetlocaties is gering.

In Afbeelding 3.11 is te zien waar de fietspadgebruikers rijden, die nabij het meetpunt aan het inhalen zijn. Uit deze grafieken kunnen we opmaken dat op de brede fietspaden Loon op Zand en De Bilt meer wordt ingehaald op de eigen rijloper (ruim 50%) dan op de smallere fietspaden (circa 40%). Met eigen rijloper bedoelen we in dit verband de eigen weghelft minus de middenzone.

Dit is een hoog percentage. Dit is te verklaren doordat degenen die inhalen maar een beperkte tijd op de maximale afstand (in dwarsrichting) rijdt van degene die hij/zij inhaalt. Aan het begin en aan het eind van de inhaalmanoeuvre rijdt men op nog relatief korte onderlinge afstand van de ingehaalde. Op de brede fietspaden betekent dit dat men nog langer op de eigen weghelft rijdt.

De dwarspositie bij het inhalen van degenen die inhalen, wordt vooral beïnvloed door de breedte van het fietspad en niet door de middenmarkering.



Afbeelding 3.11: Dwarspositie fietspadgebruikers die inhalen naar zone per fietspad (N=1423)

### 3.5 Gebruik van de breedte van het fietspad

In tabel 3.3 is per fietspad gekeken in welke mate de gehele breedte van het fietspad van wegrand tot wegrand wordt benut door duorijders. Hierbij wordt gekeken op welke minimale afstand tot de wegrand 99% fietspadgebruikers rijden (tweede kolom)<sup>3</sup>. In de volgende kolom is de breedte opgenomen van het fietspad wat door 99% van de duorijders wordt gebruikt. Ter illustratie: Zo is in de tabel te zien dat op fietspad Loon op Zand 99% van de duorijders in zowel de tegemoet- als heenrichting op 210 van de wegas rijden (-210 t/m 210 cm; 2<sup>e</sup> kolom) en daarmee 420cm van het fietspad gebruikt (3<sup>e</sup> kolom). Dit is 92% (4<sup>e</sup> kolom) van het fietspad van 456cm (5<sup>e</sup> kolom).

In de eerdere grafieken met de verdelingen blijkt, dat op diverse meetlocaties fietspadgebruikers vrij ver van de wegrand rijden. In tabel 3.2 is daarom gekeken of dit samenhangt met de afstand van de kantmarkering tot de wegrand en of dit samenhangt met de breedte van het gehele fietspad. Zo zien we dat op het fietspad Loon op Zand de kantmarkering op 16cm en 14cm afstand van de wegrand liggen. Vervolgens zien we in de twee laatste kolommen, dat het ruimtebeslag van de wegrand inclusief kantmarkering 6% en 5% is.

*Tabel 3.3: Gebruik fietspadbreedte door duorijders (in 2<sup>e</sup> e kolom staan de dwarsposities waar 99% van de duorijders rijdt. Dit zijn de uiterste posities die door duorijders worden gebruikt.*

|              | Gebruik<br>fietspad 99%<br>duorijders | Effectief<br>gebruik<br>duorijders | Gebruik<br>Duorijders | Breedte<br>fietspad | Kantlijn vanaf<br>wegrand (cm) |      | % Ruimtebeslag<br>wegrand +<br>kantmarkering |      |
|--------------|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------------|------|----------------------------------------------|------|
|              | cm                                    | cm                                 | %                     | cm                  | Tegemoet                       | Heen | Tegemoet                                     | Heen |
| Loon op Zand | -210 t/m 210                          | 420                                | 92%                   | 456                 | 16                             | 14   | 6%                                           | 5%   |
| De Bilt      | -210 t/m 220                          | 430                                | 95%                   | 453                 | 24                             | 29   | 8%                                           | 9%   |
| Utrecht      | -170 t/m 170                          | 340                                | 85%                   | 400                 | 13                             | 28   | 6%                                           | 12%  |
| Rotterdam    | -200 t/m 180                          | 380                                | 93%                   | 401                 | nvt                            | nvt  | 0%                                           | 0%   |
| Waalwijk     | -210 t/m 210                          | 420                                | 100%                  | 420                 | nvt                            | nvt  | 0%                                           | 0%   |

In Tabel 3.3 is te zien dat het fietspad in Waalwijk (4,2m breed, zonder markering) door duorijders in de gehele breedte wordt gebruikt van wegrand tot wegrand. Dit is tegen de verwachting in, omdat werd verondersteld dat door kantmarkering fietspadgebruikers dichter op de wegrand rijden, doordat zij met behulp van de kantmarkering (in het perifere gezichtsveld) de wegrand goed kunnen zien en in de gaten kunnen houden.

Op het fietspad in Utrecht wordt de volledige breedte van het fietspad het minst gebruikt (85%). In die zin dat 99% van de duorijders op 30 cm vanaf de wegrand rijdt. Ook zien we dat op dit fietspad de wegmarkering (afstand wegrand tot binnenkant kantmarkering) 6% en 12% ruimte in beslag neemt van het gehele fietspad. Dit verschil zien we niet terug in uiterste positie van de rechter duorijder; op beide richtingen houdt men 30 cm afstand tot wegrand. Wel hebben we al eerder geconstateerd, dat op het fietspad Utrecht in de heenrichting meer duorijders in de kritieke middenzone en op de verkeerde weghelft rijden dan in de tegemoetrichting.

Uit de tabel 3.2 kunnen we ook opmaken dat de positie van de kantmarkering nauwelijks tot geen invloed heeft op het maximale gebruik van het fietspad door duorijders; er is geen verband tussen afstand kantmarkering tot wegrand en het gebruik van het rechterdeel van de eigen weghelft. Zo neemt op het fietspad Utrecht kantmarkering inclusief afstand tot de wegrand in de tegemoetrichting 6% in beslag en in de heenrichting 12%. Dit verschil in ruimtebeslag zien we niet terug in de maximale breedte dat door duorijders wordt gebruikt. Immers is die op dit fietspad in beide richtingen 170 cm vanaf de wegas.

<sup>3</sup> We kiezen voor 99%, om de enkeling uit te sluiten die zich kennelijk anders gedraagt dan de 99% andere fietspadgebruikers.

## 4 Conclusies & aanbevelingen

### 4.1 Inleiding

Met het onderzoek op vijf fietspaden is het effect van markering op de dwarsposities van fietspadgebruikers onderzocht. De hoofdvraag hierbij is of markering bijdraagt aan (on)bewuste keuzes van fietspadgebruikers voor een meer veilige dwarspositie op het fietspad, en daarmee aan het verbeteren van de verkeersveiligheid.

Alvorens we op basis van de bevindingen de onderzoeksvragen beantwoorden (4.3 t/m 4.6), gaan we eerst in op de grote rol van omgevingsfactoren op dwarsposities (4.2). Tot slot eindigen we dit hoofdstuk met aanbevelingen (4.7 en 4.8)

### 4.2 Invloed omgevingsfactoren

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen hebben we gezocht naar vergelijkbare pilotlocaties. Bij aanvang van het onderzoek, dachten we die ook gevonden te hebben. Uit het onderzoek blijkt echter dat er toch nog diverse omgevingsfactoren een grote invloed hebben op de dwarspositie van fietspadgebruikers.

Zo blijkt op de diverse fietspaden de dwarspositie van fietspadgebruikers in de heenrichting af te wijken van die in de tegemoetkomende richting. Met name het fietspad in Rotterdam (fietspad met standaard asmarkering) wijkt de heenrichting dusdanig af van de tegemoetkomende richting, dat het zeer lastig is om uitspraken te doen over het effect van enkele asmarkering. Het is immers niet duidelijk wat het effect is van de asmarkering ten opzichte van de omgevingsfactoren.

Om die reden worden in de onderstaande paragrafen de effecten van enkele asmarkering op de dwarsposities (vaak) niet meegenomen. In paragraaf 4.8 gaan we nader in op de verschillende omgevingsfactoren die de dwarsposities mogelijk hebben beïnvloed.

### 4.3 Effect markering en breedte fietspad: Enigszins meer veilige dwarsposities

#### 1. Rijden fietspadgebruikers op fietspaden met dubbele asmarkering en met kantmarkering minder in de kritieke zones dan op fietspaden:

##### a. met standaard asmarkering zonder kantmarkering?

Op basis van het onderzoek is deze vraag helaas niet goed te beantwoorden vanwege omgevingseffecten. De dwarsposities op het fietspad met standaard asmarkering, bleek op diverse punten minder positief te zijn dan verwacht. Dit kan (achteraf) grotendeels worden verklaard door de omstandigheden ter plekke van het meetpunt en met name in de heen-richting; het fietspad heeft ter plekke geen volledige rechtstand<sup>4</sup>, er staan aan beide zijden palen naast het fietspad en het fietspad ligt verhoogd ligt ten opzichte van de berm. Dit maakt vergelijking met de andere fietspaden zeer lastig.

##### b. zonder as- of kantmarkering?

Ja, solorijders rijden minder in de kritieke zones op fietspaden met dubbele asmarkering dan zonder markering. Bij duorijders is geen verschil gevonden.

##### c. En wat is hierbij het effect van de breedte van het fietspad?

De breedte van het fietspad heeft een grote invloed op de dwarsposities. Er wordt minder in de kritieke zones gefietst op brede fietspaden.

#### 2. Rijden fietspadgebruikers op fietspaden met brede dubbele asmarkering minder in de kritieke middenzone dan op fietspaden met smalle dubbele asmarkering?

Ja, duorijders rijden minder vaak in kritische zones bij een brede asmarkering.

---

<sup>4</sup> Helaas is in de communicatie tussen de onderzoeksbureaus en het bedrijf dat de metingen uitvoert hier iets misgegaan. Het was immers de bedoeling om op de metingen uit te voeren op rechtstanden en op wegvakken zonder obstakels in de berm.

#### **4.4 Effect markering in het donker: meer veilige dwarsposities**

##### **3. Rijden fietspadgebruikers in het donker verder van de wegrand en meer in het midden van het fietspad en in de kritieke middenzone dan bij daglicht?**

Ja, in vergelijking met daglicht, 'schuiven' fietspadgebruikers in het donker meer richting het midden van het fietspad.

##### **4. Rijden fietspadgebruikers in het donker op fietspaden met asmarkering minder in de kritieke middenzone dan op fietspaden zonder asmarkering?**

Ja, in het donker rijden op het fietspad zonder markering zowel solorijders als duorijders meer in kritische zones dan op de andere fietspaden. Zij rijden in donker meer in de kritische middenzone en waaieren meer uit over de andere weghelft. Opmerkelijk daarbij is dat op de fietspaden mét markering (ook op het wegvak met standaard asmarkering) er geen verschillen in dwarsposities zijn tussen daglicht en donker. Dit is conform de verwachting dat markering een geleidende functie heeft en daardoor bijdraagt aan een veiliger positie op het fietspad in het donker.

##### **a. En wat is het effect van de dubbele asmarkering?**

Er lijkt een licht positief effect te zijn van de brede dubbele asmarkering t.o.v. de dubbele asmarkering met groen streep bij duorijders. Bij de brede asmarkering gaan duorijders meer in het midden rijden (tussen de middenstrepen), terwijl op het fietspad met smalle dubbele asmarkering duorijders meer op de verkeerde weghelft rijden in het donker. Gezien het kleine aantal duorijders in het donker op dit laatste fietspad, dient deze conclusie wel met de nodige voorzichtigheid te worden beschouwd.

##### **b. En wat is het effect van de breedte van het fietspad hierbij?**

Solorijders rijden in het donker op het brede én het smalle fietspad met dubbele asmarkering weinig in de kritieke zones. Het effect van de breedte van het fietspad is voor deze fietspaden minimaal. Daarentegen rijden minder duorijders in het donker op de brede fietspaden in de kritieke zones, dan op de smalle fietspaden.

##### **5. Rijden fietspadgebruikers in het donker op fietspaden met kantmarkering dicht op de wegrand, maar nog wel buiten de kritieke zone, dan op fietspaden zonder kantmarkering?**

Nee, dit effect is niet gevonden. Ook bij daglicht rijden veel fietspadgebruikers al op relatief grote afstand van de wegrand.

#### **4.5 Effect markering onderlinge afstand duofietsers: Zonder markering meer afstand**

##### **6. Wat is het effect van de verschillende typen markering en fietspadbreedte op de onderlinge afstand tussen beide duofietsers?**

Op het 'smalle' fietspad zonder asmarkering rijden minder duorijders dicht op elkaar en juist op grotere afstand van elkaar dan op de andere fietspaden, zelfs in vergelijking met de brede fietspaden. Op het fietspad zonder asmarkering lijken de fietspadgebruikers geen kritieke middenzone te ervaren en rijden zij meer in de kritieke zones.

Op basis van deze bevindingen kan worden geconcludeerd, dat de geleidende werking van asmarkering ertoe kan bijdragen dat duorijders dicht naast elkaar rijden, wat mogelijk de kans op in elkaar hakende sturen vergroot. Daarnaast lijkt het echter zo te zijn, dat als fietspadgebruikers te weinig ruimte op de eigen weghelft ervaren, zij de asmarkering overschrijden en meer in de kritieke zones en op de verkeerde weghelft gaan rijden, wat de kans op conflicten met tegenliggers vergroot.

#### **4.6 Effectief gebruik van de breedte van het fietspad**

##### **7. Wat is het effect van markering op het effectief gebruiken van de breedte van het fietspad?**

Het fietspad zonder markering wordt over de gehele breedte van wegrand tot wegrand gebruikt door fietspadgebruikers.

Bovendien blijkt uit het onderzoek, tegen de verwachting in, dat de kantmarkering nauwelijks tot geen invloed heeft op de afstand tot de wegrand van solo- en duorijders. Zo blijken op dezelfde fietspaden grote verschillen te zijn in de afstand tot de wegrand tussen beide richtingen. Op basis

hiervan concluderen we dat omgevingsfactoren een grote rol spelen op de dwarsposities. Wat het effect van kantmarkering op deze omgevingsfactoren is, is niet uit ons onderzoek op te maken.

Er lijkt een soort 'trade-off' te zijn tussen enerzijds meer veilige dwarsposities op fietspaden met markering, met name in het donker en anderzijds het benutten van de gehele breedte van het fietspad overdag.

#### **4.7 Aanbevelingen**

##### *Kant- en (dubbele) asmarkering om de verkeersveiligheid op kritieke momenten te verhogen*

Markering heeft een positief effect op veilige posities en met name in het donker. Aangenomen wordt dat juist in het donker geleiding van fietspadgebruikers essentieel is voor de verkeersveiligheid. Om die reden is het sterk aan te bevelen om asmarkering aan te brengen. Brede dubbele asmarkering lijkt met name in het donker de verkeersveiligheid verder te verbeteren; solorijders rijden minder in kritieke zones en duorijders rijden meer tussen de middenlijnen en minder op de verkeerde weghelft, wat de kans op frontale botsingen vermindert.

In ons onderzoek konden we het in de literatuur gevonden effect van kantmarkering niet bevestigen. Dit als gevolg dat fietspadgebruikers reeds op grote afstand van de wegrand rijden. Nader onderzoek op (smalle) fietspaden kan mogelijk nader licht schijnen op het effect van kantmarkering.

##### *Vergevingsgezind fietspad*

Omgevingsfactoren hebben een grote invloed op de dwarspositie van fietspadgebruikers. Op basis daarvan concluderen wij dat de wegbeheerder met beheer en onderhoud van fietspaden belangrijk gereedschap in handen waarmee hij, naast markering, de verkeersveiligheid kan verbeteren. Een vergevingsgezind fietspad met veilige bermen en een wegdek met weinig hobbels, draagt bij aan een verkeersveiliger dwarsposities. Zo lijkt de sloot naast het brede fietspad met smalle dubbele asmarkering en de verhoogde ligging van het fietspad een rol te spelen bij de afstand van fietspadgebruikers tot de wegrand. Op de beide fietspaden met brede dubbele asmarkering lijkt het hobbelige wegdek van invloed te zijn geweest op de dwarsposities. En zo lijkt de verhoogde ligging van het fietspad in Rotterdam met in de heenrichting een knik en rul zand naast het fietspad bij te hebben gedragen aan de grotere afstand tot de wegrand.

##### *Aanbrengen markering*

Benut bij het aanbrengen van markering de gehele breedte van het fietspad, en bepaal de gewenste ligging van de as- en kantmarkering. En daarmee tevens de breedte van de rijloper. Zo zijn de rijlopers van zowel fietspad De Bilt als Utrecht aanmerkelijk smaller dan nodig is. De kantmarkering ligt hier ver vanaf de wegrand. Bij het aanbrengen van markering, dient meer aandacht te zijn het gewenste profiel.

Wellicht leidt een niet-vergevingsgezinde berm, zoals een berm met een sloot, tot de keuze om aan die kant de rijloper breder te maken. Om zodoende in te spelen op de behoefte van fietspadgebruikers om afstand tot de wegrand te bewaren bij minder vergevingsgezinde bermen. Hiermee wordt mogelijk de effectiviteit van zowel de markering als het fietspad beter benut.

##### *Vervolgonderzoek: gefaseerd*

Daarnaast wordt aanbevolen om in onderzoeken naar dwarspositie op verschillende fietspaden/ wegvakken zeer kritisch te zijn op de precieze situaties ter plekke, zoals de vergevingsgezindheid van de berm en de conditie van het wegdek.

Een methodologisch betere aanpak is om het onderzoek in fases uit te voeren met meerdere metingen na elkaar op dezelfde locaties, waarbij de configuratie van de markering op het proefvak wordt aangepast. Zo kan het effect van de markering worden onderzocht door een voormeting uit te voeren op fietspaden zonder markering of met standaardmarkering, waarna de nieuwe markering wordt aangebracht, waarna vervolgens een tweede meting plaatsvindt. Op deze wijze zijn de omstandigheden en situatie zoveel mogelijk vergelijkbaar tijdens de verschillende metingen, waarbij de enige verandering de nieuw aangebrachte markering is.

#### *Afstanden tussen duorijders*

Uit het onderzoek blijkt dat op fietspaden met asmarkering duorijders geneigd zijn om dicht naast elkaar te rijden. Opmerkelijk genoeg gebeurt dit juist ook op het brede fietspad met brede dubbele asmarkering. Het is aan te bevelen om nader onderzoek uit te voeren om een kritieke afstand tussen duorijders te bepalen en om nader inzicht te verkrijgen of de breedte van het fietspad en de eigen rijloper ertoe bijdraagt dat duorijders te dicht naast elkaar rijden en dus onvoldoende effectieve ruimte overhouden om naast elkaar te kunnen rijden.

## **4.8 Conclusies en aanbevelingen per fietspad**

### ***Fietspad zonder markering (Waalwijk)***

Het fietspad zonder markering laat gunstiger resultaten zien dan verwacht. Dit is met name het geval bij daglicht. In het donker kiezen meer fietspadgebruikers onveilige kritische zones in het midden en waaieren verder uit op de verkeerde weghelft. Het is op deze locatie de vraag wat het effect is van de gunstige omgevingsfactoren en wat het effect is van het ontbreken van markering. Zo is de berm hier vergevingsgezind; geen hoogteverschillen tussen fietspad en berm, oogt als redelijk overrijdbaar en er zijn geen obstakels (palen of sloot) naast het fietspad en is het fietspad niet hobbeling aan de randen van het wegdek.

Het is interessant om te onderzoeken wat de dwarspositie van gebruikers is na het aanbrengen van markering op het fietspad; Verbeterd markering de verkeersveiligheid (in het donker) en blijft men de breedte van het fietspad optimaal gebruiken?

### ***Fietspad met standaard asmarkering (Rotterdam)***

De dwarsposities op het fietspad met standaard asmarkering, bleek op diverse punten minder positief te zijn dan verwacht. Dit kan (achteraf) grotendeels worden verklaard door de omstandigheden ter plekke van het meetpunt; het fietspad heeft ter plekke geen volledige rechtstand<sup>5</sup>, er staan aan beide zijden palen naast het fietspad en het fietspad ligt verhoogd ligt ten opzichte van de berm (met deels rul zand. Uit eerder onderzoek (9) blijkt dat bij rul zand in de berm fietsers verder van de wegrand rijden.

Het is de vraag wat het effect van de asmarkering op de dwarsposities is. Het is immers niet bekend wat de dwarsposities zouden zijn zonder asmarkering of juist met kantmarkering.

Om die reden wordt aanbevolen om een aanvullende meting uit te voeren op hetzelfde fietspad nabij de huidige locatie, waarbij de omgevingsfactoren gunstiger en meer vergelijkbaar zijn met die van de andere fietspaden. Een extra meting geeft inzicht in het effect van de asmarkering op dwarspositie ten opzichte van de andere fietspaden. Bovendien geeft een extra meting inzicht in het effect van de minder gunstige omstandigheden van het fietspad op de dwarspositie van de gebruikers.

### ***Fietspaden met smalle dubbele asmarkering (Loon op Zand) en brede dubbele asmarkering (De Bilt en Utrecht)***

De smalle dubbele markering heeft een iets minder positief effect op de dwarsposities van duorijders dan de brede dubbele markering. Hier rijden zij bij daglicht iets meer in de kritieke middenzone terwijl zij in het donker iets meer op de verkeerde weghelft lijken te rijden. Dit in tegenstelling tot de duorijders op het fietspad met de brede dubbele markering, waar duorijders in het donker juist meer tussen de middenlijnen rijden in plaats van op de verkeerde weghelft.

Een mogelijke verklaring hiervoor is dat het aanzienlijk makkelijker is om tussen de beide middenstrepen te rijden als deze 30 cm van elkaar liggen, dan als deze 10 cm van elkaar liggen.

De smalle dubbele asmarkering is niet alleen 20 cm smaller dan de brede asmarkering, maar heeft ook een groene streep tussen de witte asstrepen.

Ook de groene streep kan ertoe hebben bijgedragen dat duorijders minder in het midden en meer op de verkeerde weghelft rijden.

---

<sup>5</sup> Helaas is in de communicatie tussen de onderzoeksbureaus en het bedrijf dat de metingen uitvoert hier iets misgegaan. Het was immers de bedoeling om op de metingen uit te voeren op rechtstanden en op wegvakken zonder obstakels in de berm.

## Literatuurverwijzingen

1. Pol, M., A. Beterams, B. Hendriksen, C. Linssen, R. Hulshof en P. Steeneken (2019). Kennisagenda markering op (snelle) fietsroutes. KeuzeWeg en Loendersloot Groep in samenwerking met CROW-Fietsberaad.
2. Pol, M., A. Beterams en C. Linssen (2019) Wegmarkeringen op fietspaden: Inventarisatie kennis en kennisleemtes. Ten behoeve van ontwikkelen Kennisagenda wegmarkering op fietspaden (snelle) fietsroutes i.s.m. CROW. KeuzeWeg & Loendersloot Groep.
3. SWOV (2020). Verkeersdoden in Nederland. SWOV-Factsheet, april 2020. SWOV, Den Haag.
4. SWOV (2019). Ernstig verkeersgewonden in Nederland. SWOV-factsheet, december 2019, Den Haag.
5. RHDHV en Rijksuniversiteit Groningen (2016). Het vergevingsgezinde fietspad: Resultaten in vogelvlucht. Presentatie 31 maart 2016.
6. Pol, M., en B. Hendriksen (2018). Evaluatie nieuwe wegmarkering op de snelfietsroutes: Het effect op beleving en gedrag van weggebruikers. KeuzeWeg & Loendersloot Groep.
7. Van der Linde, M. (2016). De weg vinden in het donker. Een onderzoek naar de effecten van verschillende typen markering op fietspaden in het donker. Hogeschool Windesheim, Zwolle i.s.m. Amersfoort: Royal HaskoningDHV
8. CROW- Fietsberaad (2016) Ontwerpwijzer fietsverkeer, Ede.
9. Velt, E.J. & R. Vonder (2015) Hoe markering de lijn uitzet naar een veiliger fietspad. Hogeschool Windesheim, Zwolle i.s.m. Amersfoort: Royal HaskoningDHV.

## Bijlagen

### Bijlage 1: afbakenen van definities

#### *Voertuigtypen*

Op het moderne fietspad is een breed scala aan voertuigen te vinden. Voor de overzichtelijkheid van het onderzoek worden alle voertuigen ingedeeld in drie alomvattende categorieën:

- '(e)-Fietzers': Deze groep bestaat uit alle fietsers die 25 km/u of minder rijden. Deze categorie bevat dus in principe alle 'normale' fietsers, zowel volwassenen als kinderen, en mensen op een elektrische fiets. Ook bakfietsen vallen in deze categorie. De drempel van 25 km/u is gekozen omdat dit de maximum toegestane snelheid is van een elektrische fiets.
- 'Snelle fietsers': Deze groep bestaat uit alle fietsers die sneller rijden dan 25 km/u. Deze groep bestaat voornamelijk uit speedpedelecs (met toegestane maximumsnelheid van 45 km/u en wielrenners.
- 'Brom- en snorfietsers': Deze groep bestaat uit zowel snorfietsers (met toegestane maximumsnelheid van 25 km/u) als bromfietsers (met toegestane maximumsnelheid van 45 km/u), ongeacht de snelheid waarmee ze rijden. De identificatie van deze categorie gebeurt namelijk op basis van de wielbasis.

#### *Solorijders*

Bij het identificeren van solorijders wordt uitgegaan van de algemeen veilig geachte verkeersmarge van 2 seconden, gebaseerd op een reactietijd van 1 seconde en een remtijd van 1 seconde. Oftewel, wanneer de volgtijd méér dan 2 seconden is, zowel op dezelfde richting als op de tegenrichting, dan wordt het gedrag van deze fietser niet beïnvloed door voorliggers of tegenliggers. Echter, tegelijkertijd moet ook worden uitgesloten dat er een andere fietser net achter of naast deze fietser rijdt. De volgtijd achterligger moet daarom ook boven een bepaalde waarde liggen. Deze is bepaald op 1,5 seconde. Bij een rustige fietssnelheid (15 km/u) komt dit neer op 4 meter afstand. Er zit dan ongeveer 1 fietslengte tussen de fietser en de achterligger. De fietser heeft dan geen last van de achterligger.

Dus, een solofietser moet voldoen aan de volgende kenmerken:

- Volgtijd hoofdrichting meer dan 2 seconden;
- Volgtijd tegenrichting meer dan 2 seconden;
- Volgtijd achterligger meer dan 1,5 seconden.

#### *Duorijder*

Het uitgangspunt voor het bepalen van de volgtijd tussen duorijders is dat deze twee fietspadgebruikers zelden dusdanig ver uit elkaar fietsen dat ze meer dan een wielengte achter of voor hun medefietspadgebruiker rijden. Het voorwiel van een volwassen fiets heeft doorgaans een diameter van ongeveer 71 centimeter (8). Duorijders zullen dus in principe zelden meer dan 71 centimeter voor of achter elkaar rijden. Bij een rustig fietstempo van 14 km/u betekent dit dat de volgtijd tussen duorijders niet meer dan 0,18 seconden is.

Tegelijkertijd moet er sprake zijn van 'freeflow'. In het geval van de duorijders betekent dit dat er geen tegenligger mag zijn die het gedrag van de duorijders beïnvloedt. Net als bij de solorijders wordt de minimale 'volgtijd tegenrichting' bepaald op 2 seconden, op basis van de veilige verkeersmarge.

Het is erg lastig om een uitspraak te doen over het snelheidsverschil tussen duorijders. In principe ligt de snelheid van duorijders op een traject natuurlijk nagenoeg gelijk, maar bij een enkel meetpunt kunnen er kleine verschillen ontstaan. Het gevaar bestaat dat hier een overlap plaatsvindt met de categorie 'inhalers'. Immers, ook wanneer een fietser wordt ingehaald door een andere fietser kan het snelheidsverschil klein zijn. Om de kans op een dergelijke overlap te verkleinen wordt in eerste instantie gekozen voor een klein snelheidsverschil van maximaal 1 km/u. Wanneer blijkt dat er hierdoor te weinig onderzoeksresultaten overblijven om een statistisch significante analyse te kunnen doen, dan kan in een later stadium nog worden gekozen voor een ruimer snelheidsverschil.



Dus, een duorijder moet voldoen aan de volgende kenmerken:

- Volgtijd tegenligger meer dan 2 seconden;
- Volgtijd voorganger minder dan 0,18 seconden;
- Snelheidsverschil voorganger tussen de -1 en 1 km/u;

Of:

- Volgtijd tegenligger meer dan 2 seconden;
- Volgtijd achterligger minder dan 0,18 seconden;
- Snelheidsverschil achterligger tussen de -1 en 1 km/u;

#### *Inhaalduo's:*

Bij inhaal bewegingen is er sprake van een groter snelheidsverschil dan bij duorijders. Ook de volgtijd is laag, maar kan hoger liggen dan bij duorijders. Het is hierbij belangrijk om de beweging van inhalers te analyseren. Een inhaler (persoon A) zal een X-aantal meters voordat het in te halen voertuig (persoon B) wordt bereikt naar links toe bewegen. Op een gegeven moment bereikt persoon A de maximale dwarspositie, en deze houdt persoon A gedurende het inhalen vast. Wanneer persoon A persoon B heeft gepasseerd zal persoon A weer naar de oorspronkelijke positie aan de rechterkant van de weg bewegen.

Het precieze punt waarop persoon A begint met de inhaalactie is moeilijk te bepalen, en is tevens van een hoop factoren afhankelijk (type voertuig, snelheid, gedrag). Echter, het uitgangspunt in dit onderzoek is dat persoon A in ieder geval de maximale dwarspositie heeft bereikt vanaf het punt dat het voorwiel van persoon A ter hoogte komt van het achterwiel van persoon B, en dat deze positie in ieder geval wordt vastgehouden totdat het achterwiel van persoon A ter hoogte is van het voorwiel van persoon B. Tussen deze punten maken de voertuigen van deze personen immers gebruik van dezelfde fysieke ruimte, en zal persoon A de maximale dwarspositie van zijn inhaalmanoeuvre vasthouden.

Oftewel, inhalers bereiken hun maximale dwarspositie wanneer de volgafstand kleiner is dan 1,85 meter (vii) en houden deze vast totdat de volgafstand groter is dan 1,85 meter. Het is moeilijk om hier een volgtijd aan te koppelen, omdat de snelheid van een inhaler erg kan verschillen. Het is plausibel om aan te nemen dat een inhalend voertuig een snelheid heeft van tenminste 15 km/u; bij een lagere snelheid wordt er immers zelden ingehaald. Bij deze snelheid duurt het overbruggen van 1,85 meter 0,44 seconden. Inhalende voertuigen kunnen uiteraard ook een hogere snelheid hebben. In dat geval is de volgtijd korter (want de snelheid is hoger) en vallen deze gevallen ook binnen de scope.

Het is lastig om uitspraken te doen over de snelheidsverschillen tussen de inhaler en de ingehaalde. Er zijn ook geen eerdere onderzoeken gedaan omtrent dit onderwerp. De aanname is dat beide partijen gedurende een inhaalmanoeuvre niet langer dan 5 seconden naast elkaar fietsen. In die 5 seconden moet de inhaler 3,7 meter méér overbruggen dan de ingehaalde (twee fietslengtes), wat neerkomt op een snelheidsverschil van 2,66 km/u. Oftewel, bij inhaalmanoeuvres is het snelheidsverschil groter dan 2,66 km/u.

Ook bij een inhaalduo is het wenselijk dat er geen tegenliggers zijn die het gedrag van de inhaalduo's eventueel zou kunnen beïnvloeden. Net als bij de solorijders en duorijders moet de 'volgtijd tegenrichting' dus minstens 2 seconden bedragen.

Dus, een inhaalduo moet voldoen aan de volgende kenmerken:

- Volgtijd tegenligger meer dan 2 seconden;
- Volgtijd voorganger minder dan 0,44 seconden;
- Snelheidsverschil voorganger meer dan 2,66 km/u óf snelheidsverschil voorganger minder dan -2,66 km/u.

Of:

- Volgtijd tegenligger meer dan 2 seconden;
- Volgtijd achterligger minder dan 0,44 seconden;
- Snelheidsverschil achterligger meer dan 2,66 km/u óf snelheidsverschil achterligger minder dan -2,66 km/u.

### Afbakenen van licht en donker

Onderstaand figuur geeft een goed overzicht van de overgang tussen licht en donker en de verschillende vormen van schemer. Er is sprake van 'donkere omstandigheden' tussen 0:00 uur en het begin van de astronomische schemering, en van het einde van de astronomische schemering tot 23:59 uur. De 'lichte omstandigheden' zijn van zonsopgang tot zonsondergang.

#### Waalwijk - Tijden zonsopgang en zonsondergang op 21 december 2019

|                                                                                            |                                                                                              |                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  Waalwijk |  21-12-2019 |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|

|                                 | Tijd:         | Lengte: |
|---------------------------------|---------------|---------|
| Astronomische ochtendschemering | 06:38 - 07:19 | 40 min. |
| Nautische ochtendschemering     | 07:19 - 08:03 | 43 min. |
| Burgerlijke ochtendschemering   | 08:03 - 08:43 | 40 min. |
| <b>ZONSOPGANG</b>               | <b>08:43</b>  |         |
| Golden hour                     | 08:43 - 09:43 | 59 min. |
| De zon bereikt het hoogste punt | 12:37         |         |
| Golden hour                     | 15:32 - 16:31 | 59 min. |
| <b>ZONSONDERGANG</b>            | <b>16:31</b>  |         |
| Burgerlijke avondschemering     | 16:31 - 17:12 | 40 min. |
| Nautische avondschemering       | 17:12 - 17:55 | 43 min. |
| Astronomische avondschemering   | 17:55 - 18:36 | 40 min. |

| Dag- en nachtlengte op 21 december 2019 :  |                |
|--------------------------------------------|----------------|
| Zon boven de horizon (daglengte)           | 7 uur 48 min.  |
| Zon onder de horizon (nacht en schemering) | 16 uur 11 min. |
| - daarvan astronomische nacht              | 12 uur 2 min.  |

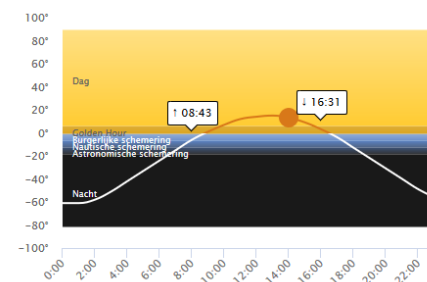
| Verandering van de daglengte in december:            |           |
|------------------------------------------------------|-----------|
| Tussen 1 en 31 december verandert de daglengte met : | 17 min. * |
| - 's ochtends wordt het later licht :                | 23 min. * |
| - 's avonds wordt het later donker :                 | 5 min. *  |

\* Door de afronding kunnen kleine verschillen ontstaan.

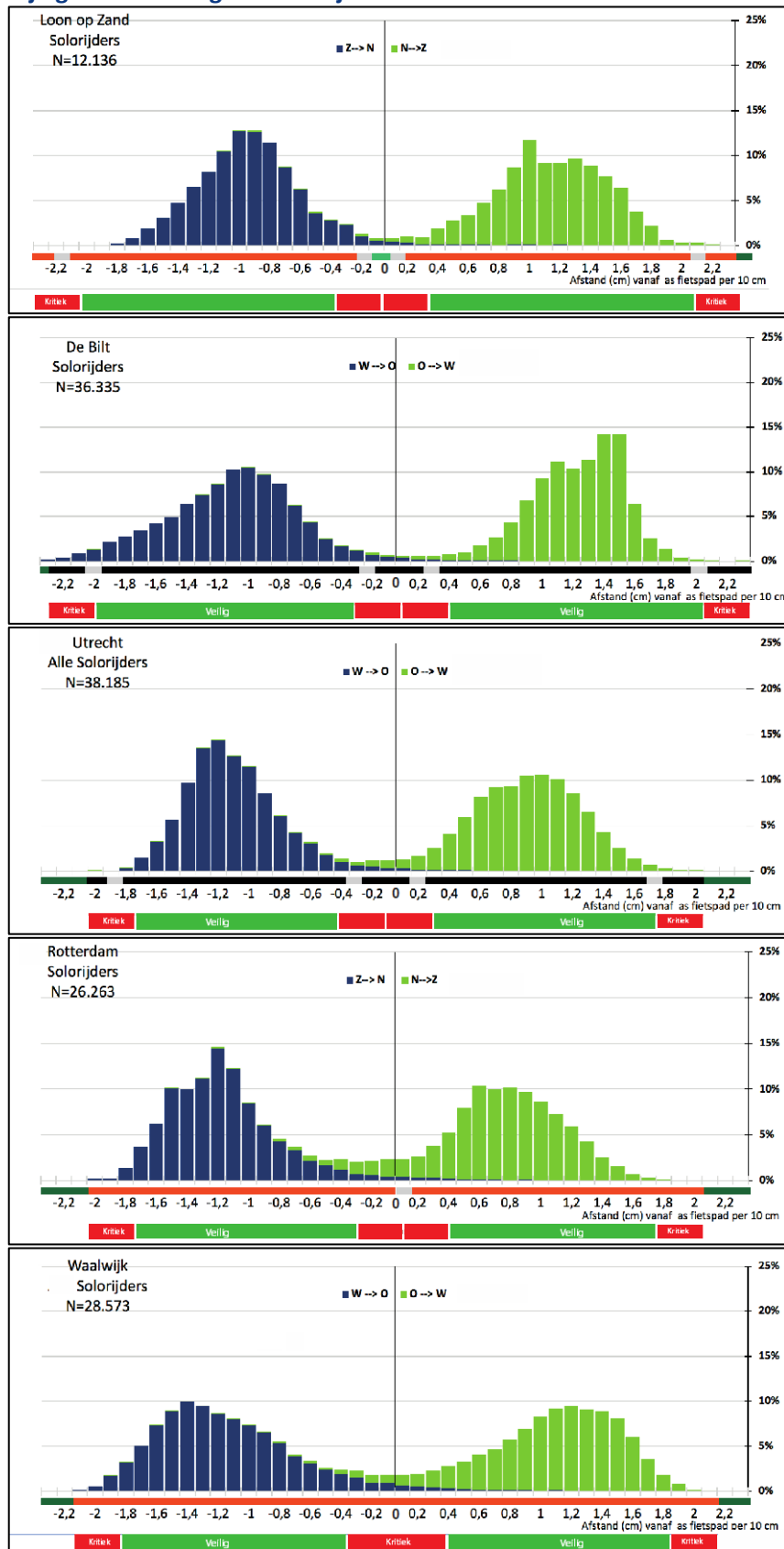
*Figuur X: Tijden zonsopgang, zonsondergang en schemer.*

Vervolgens moet er nog rekening worden gehouden met de dagelijkse en regionale verschillen met betrekking tot de donker-, schemer- en lichttijden. In dit onderzoek wordt ervoor gekozen om in elke week de uitersten te zoeken (de vroegste/laatste zonsopgang en de vroegste/laatste zonsondergang). Op deze manier worden tijdvakken gekozen waarin het de hele week donker dan wel licht is geweest. De zogenaamde 'overloopgebieden' (tijden waarop het bijvoorbeeld op de ene dag in de week officieel 'licht' was, maar het op een andere dag nog schemerde) worden zo niet meegenomen. Door de tijden elke week opnieuw vast te stellen wordt voorkomen dat de overloopgebieden te groot worden en er te veel onderzoeksresultaten buiten de boot vallen.

Ook op regionaal vlak kunnen er verschillen ontstaan. Tussen Oost- en West-Nederland zit bijvoorbeeld ongeveer 6 minuten verschil, en ook tussen Noord- en Zuid-Nederland kan eenzelfde verschil worden waargenomen. De donker-, schemer- en lichttijden worden dus voor elke locatie apart bepaald. Gezien de geringe afstand tussen het fietspad bij de Efteling en het fietspad in Waalwijk zullen hiervoor dezelfde tijden gebruikt worden. Hetzelfde geldt voor de onderzoeklocaties in Utrecht en De Bilt, ook hiervoor zullen dezelfde tijden gebruikt worden.



## Bijlage 2: Verdeling alle solorijders



### Bijlage 3: Verdeling duorijders bij daglicht en in het donker naar richting en fietspad

