



# Definitie van 'voldoende veilige' infrastructuur

# Inhoudsopgave

<b>Inleiding</b>	<b>2</b>
<b>Deel I: Voldoende veilige wegen</b>	<b>5</b>
1.1 Wegcategorisering: functie, vormgeving en gebruik	5
1.2 Conflicten tussen verkeersdeelnemers en veilige snelheden	6
1.3 Veiligheidsvoorzieningen (van dwarsprofielen) in het licht van veilige snelheden	7
1.4 Kenmerken van voldoende veilige wegvakken	9
<b>Deel II: Voldoende veilige fietsinfrastructuur</b>	<b>11</b>
2.1 Afbakening tot fietspaden	11
2.2 Ontwerpprincipes voor een 'voldoende veilig' fietspad	11
2.3 Operationalisatie van de ontwerpprincipes	13
<b>Deel III: Voldoende veilige kruispunten</b>	<b>14</b>
3.1 Kruispunten en verkeers(on)veiligheid	14
3.2 Uitwerking van de risico-indicator Veilige kruispunten	18
<b>Slotbeschouwing</b>	<b>22</b>
<b>Bijlagen</b>	
A Onderbouwing definitie veilige fietsinfrastructuur	23
B Literatuur	30

# Inleiding

## Aanleiding en doel

Het [Strategisch Plan Verkeersveiligheid 2030](#) (SPV 2030, Ministerie van IenW et al., 2018) beschrijft een gezamenlijke koers van wegbeheerders en andere verkeersprofessionals om het aantal verkeersslachtoffers drastisch te verminderen. Met als uiteindelijke ambitie: een slachtoffervrij verkeerssysteem in 2050.

In het *Startakkoord Strategisch Plan Verkeersveiligheid 2030* is onder meer afgesproken dat elke regio een [risicoanalyse](#) maakt van het eigen verkeerssysteem. Zo'n risicoanalyse laat zien op welke punten het lokale verkeerssysteem moet worden verbeterd om onveilige situaties te voorkomen. De risico's – de gevaarstelling – binnen het verkeerssysteem zijn uit te drukken in zogeheten [risico-indicatoren of 'Safety Performance Indicators' \(SPI's\)](#): 'indicatoren voor risicofactoren of operationele condities van het verkeerssysteem, die kunnen worden gebruikt om de resultaten van verkeersveiligheidsbeleid te meten en processen die tot ongevallen en letsel leiden te begrijpen' (Aarts, 2018).

Een van de belangrijkste risico-indicatoren is 'Veilige infrastructuur'. Deze kunnen we vervolgens verder uitsplitsen in de risico-indicatoren 'Veilige wegvakken', 'Veilige fietsinfrastructuur' en 'Veilige kruispunten'. Het Kennisnetwerk SPV heeft hiervoor de volgende definities voorgesteld:

- Veilige wegvakken: aandeel gemotoriseerd verkeer over wegvakken die als 'voldoende veilig' worden gekwalificeerd.
- Veilige fietsinfrastructuur: het aandeel fietsers op de fietsinfrastructuur die als 'voldoende veilig' wordt gekwalificeerd.
- Veilige kruispunten: het aandeel verkeersdeelnemers op kruispunten die als 'voldoende veilig' worden gekwalificeerd.

Met 'aandeel verkeer' wordt bedoeld op het aandeel van de op een weg afgewikkelde voertuigkilometers, oftewel de verkeersprestatie (verkeersintensiteit maal lengte).

Het doel van deze notitie is om bij te dragen aan de uitwerking van deze risico-indicatoren door, gegeven de huidige stand van de kennis, voorlopige definities te geven voor wanneer wegvakken, fietsinfrastructuur



en kruispunten als 'voldoende veilig' kunnen worden gekwalificeerd.

### Afbakening

Volgens het SPV moeten risico-indicatoren aan drie eisen voldoen:

- 1 bewezen relatie met verkeersveiligheid;
- 2 goed meetbaar of waarneembaar om ontwikkelingen te kunnen monitoren;
- 3 sterke relatie met te nemen maatregelen.

In deze notitie wordt alleen invulling gegeven aan de eerste eis aan de hand van de huidige stand van de kennis (literatuur en inzichten van verkeersveiligheids-experts). Daarmee komen we tot een voorlopige definitie van wat we beschouwen als 'voldoende veilige' wegvakken, fietsinfrastructuur en kruispunten. Op basis daarvan zullen we in het vervolg van dit project de volgende stappen zetten door steeds meer meetbare indicatoren uit te werken (eis 2), instrumenten te ontwikkelen die wegbeheerders kunnen helpen bij het selecteren en prioriteren van maatregelen en van doelen voor verbetering op deze indicator (eis 3).

Deze notitie laat dus drie kwesties onbesproken: a) de meetbaarheid, b) de vraag welke instrumenten ingezet kunnen worden om de veiligheid van de infrastructuur in kaart te brengen en c) hoe dit in beleidsvorming gebruikt zou moeten worden en welke doelen gesteld kunnen worden.

### Uitgangspunten

- Bij de vormgeving van verkeersinfrastructuur zijn veel verschillende aspecten aan de orde. In deze notitie kijken we met name naar het verkeersveiligheidsaspect, maar in de praktijk is dit niet altijd doorslaggevend bij de uiteindelijke vormgeving. Vanuit verkeersveiligheid gezien is er dan gekozen voor een suboptimale vormgeving. Deze notitie richt zich op een voldoende veilige infrastructuur met een vormgeving die voor de verkeersveiligheid zo optimaal mogelijk is.
- In deze notitie kiezen we voor een voorlopige uitwerking van de definitie waarin een beperkt aantal verkeersvoorzieningen is geselecteerd; er zijn zo min mogelijk afmetingen toegevoegd. Hiermee worden de eerste contouren geschetst van wat een 'voldoende veilige' infrastructuur is.
- Voor de operationalisatie van 'voldoende veilige' wegvakken, fietspaden en kruispunten verwijzen we waar nodig naar de geldende ontwerprichtlijnen. Daarbij kunnen de geschetste 'voldoende veilige' wegvakken, fietspaden en kruispunten (aanzienlijk) afwijken van de huidige vormgeving. Het is aan de beleidsmakers om te bepalen in welke mate en op welke termijn voldoende veilige infrastructuur tot stand zal komen.
- Om het veiligheidsniveau van infrastructuur te kunnen meten op basis van de hier voorgestelde definities, zijn verschillende instrumenten beschikbaar (zoals EuroRAP, CycleRAP, ProMeV of de Veiligheidsindicator (VIND)). In deze notitie maken we geen keuze voor één of meerdere van deze instrumenten.
- Tot slot merken we op dat er met een definitie van 'voldoende veilig' nog geen aanpak voor handen is om te bepalen hoe in het verkeers(veiligheids)beleid prioriteiten toegekend zouden moeten worden aan situaties waar praktijk en definitie van elkaar afwijken.



### Leeswijzer

De inrichting van wegvakken is niet alleen bepalend voor het risico waaraan gemotoriseerd verkeer wordt blootgesteld, maar ook voor het risico van fietsongevallen met motorvoertuigen. Deel I van deze notitie gaat over de definitie van 'voldoende veilige wegvakken' wat betreft ongevallen waarbij motorvoertuigen zijn betrokken. Aangezien daaronder ook ongevallen tussen motorvoertuigen en fietsers vallen, komt in dit deel ook de aanwezigheid van fietspaden aan bod.

Inmiddels is ruim de helft van alle ernstig verkeersgewonden een fietslachtoffer van een ongeval zonder motorvoertuig (Weijermars, 2019). Deel II van deze notitie richt zich daarom op de definitie van 'voldoende veilige fietspaden' voor het risico van fietsongevallen zonder motorvoertuigen. Waar in Deel I onder meer de aanwezigheid van fietspaden aan bod komt, gaat Deel II specifiek over de *inrichting* van fietspaden.

Deel III gaat over een complex onderdeel van de infrastructuur, waar alle soorten verkeer, verkeersdeelnemers en verkeerssituaties kunnen samenkomen: 'voldoende veilige kruispunten'.

We sluiten deze notitie af met een slotbeschouwing.



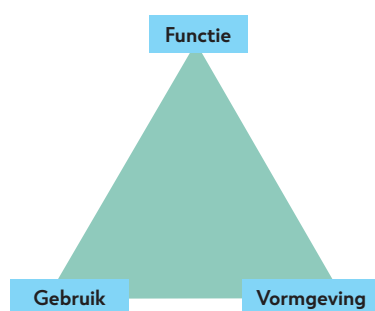
# Deel I: Voldoende veilige wegen

**In dit eerste deel werken we toe naar een verdere uitwerking van de risico-indicator Veilige wegvakken, die vooralsnog wordt gedefinieerd als: 'Het aandeel gemotoriseerd verkeer over wegvakken die als 'voldoende veilig' worden gekwalificeerd'. Hierbij duidt 'het aandeel verkeer' op de verkeersprestatie: hoeveel voertuigkilometers worden afgelegd op een bepaald wegvak (verkeersintensiteit x lengte)?**

## 1.1 Wegcategorisering: functie, vormgeving en gebruik

Of een weg voldoende veilig is, is een samenspel van drie factoren (Janssen, 1991; Dijkstra & Twist, 1991): functie, vormgeving en gebruik.

Dit samenspel van functie, vormgeving en gebruik is schematisch weergegeven in Figuur 1.1.



**Figuur 1.1** Samenspel van functie, vormgeving en gebruik van wegen.

De *functie* hangt af van hoeveel mensen en goederen het gebied in- en uitgaat, de kwaliteit van de leefomgeving, het aantal te verwachten bezoekers en de gewenste verdeling over de vervoersmodi. Aan de hand hiervan kan voor de verkeersvoorzieningen vastgesteld worden waaraan ze moeten voldoen en hoe de verdeling van het verkeer over de verschillende wegen zal moeten zijn. De *vormgeving* van de wegen in het gebied wordt direct afgeleid van de gekozen functies. Het *gebruik* is de verzamelnaam voor het verkeersgedrag dat de gebruikers van het gebied en van de wegen daarin (zullen gaan) vertonen.

In de relatie tussen functie, vormgeving en gebruik doen zich onvolkomenheden voor. Zo kan de vormgeving niet volledig voldoen aan de gestelde eisen en het gebruik kan anders zijn dan de ontwerper heeft bedoeld. Het gewenste beeld (vastgelegd in functionele eisen) wijkt dan dus af van de gerealiseerde situatie (gemanifesteerd door het gebruik). Het gevolg is dat de functionele eisen opnieuw moeten worden geformuleerd en dat de vormgeving daaraan moet worden aangepast. Vervolgens zal moeten blijken of het gewenste gebruik nu wel optreedt.

Een belangrijk middel om de drie genoemde begrippen in de praktijk te hanteren, is de wegcategorisering. Door wegcategorisering leggen planners en vormgevers de functie en vormgeving vast. Daarbij hanteren zij veronderstellingen over het verwachte gebruik.

Voor wegcategorisering zijn de volgende aspecten van belang (Dijkstra, 2010):

- 1 ligging van een weg (binnen of buiten de bebouwde kom of in een overgangsgebied);
- 2 aanwezigheid langs de weg van toegankelijke bebouwing (wel of niet aanwezig);
- 3 invloed van de directe omgeving (geen of gedeeltelijk of groot);
- 4 veel voorkomende verkeerssituaties (in termen van verkeersconflicten zoals afslaan, parkeren, oversteken);
- 5 aard van de omgeving (geen activiteiten of bedrijvigheid of verblijven).

Schematisch ziet dit er als volgt uit:

Binnen of buiten kom	Buiten de bebouwde kom	Overgangsgebied	Bebouwde kom	
<b>Aanwezigheid bebouwing</b>	Geen aanliggende bebouwing		Aanliggende bebouwing (met erftoegang vanaf de weg)	
<b>Invloed van directe omgeving</b>	Geen		Gedeeltelijk	Groot
<b>Voorkomende verkeerssituaties</b>	Alleen verkeer in twee richtingen, eventueel kruisend of overstekend verkeer is afdoende gereguleerd		Oversteken, afslaan en parkeren	Alle manoeuvres, parkeren en spelen
<b>Omgevingsfunctie</b>	Niet relevant, want volledig afgescheiden		Gevarieerd, met name bedrijvigheid	Verblijven

**Tabel 1.1** Categorisering van wegen volgens de komsituatie, aanwezigheid van bebouwing en invloed van de directe omgeving (bron: Dijkstra, 2010).

In Tabel 1.1 zien we dat er buiten de bebouwde kom en in overgangsgebieden in beginsel geen (aaneengesloten) bebouwing is, geen invloed van de directe omgeving, dat er alleen verkeer is in twee richtingen waarbij kruisend of afslaand verkeer is gereguleerd en dat de omgevingsfuncties zijn afgescheiden. Maar in de praktijk zal blijken dat de directe omgeving wel degelijk invloed kan hebben of dat er sprake is van kruisend verkeer. Het is de opgave van de weg-categorisering om te zorgen dat deze ongewenste situaties worden weggenomen, bijvoorbeeld door erfaansluitingen aan te sluiten op een parallelweg. Een alternatief is de wegcategorie aan te passen zodat de genoemde situaties wel mogen voorkomen.

Binnen de bebouwde kom zijn er veel combinaties mogelijk van de genoemde aspecten. De mate van invloed van de directe omgeving (geen, gedeeltelijk of groot) komt overeen met de driedeling van de aspecten verkeerssituaties en omgevingsfunctie.

## 1.2 Conflicten tussen verkeersdeelnemers en veilige snelheden

Wegman & Aarts (2005) hebben voor verschillende conflicttypen bepaald welke snelheid bij een eventuele botsing nog juist niet tot ernstig letsel zal leiden. Hierbij is gebruikgemaakt van kennis uit ongevallenstudies. Zowel op basis van botsproeven tussen voetgangers en motorvoertuigen als op basis van gedachten ontwikkeld in het Zweedse Vision Zero zijn de volgende veilige snelheden bepaald:

Wegtypen in combinatie met toegestane verkeersdeelnemers	Veilige snelheid [km/uur]
Wegen met mogelijke conflicten tussen auto's en onbeschermde verkeersdeelnemers	30
Kruisingen met mogelijke dwarsconflicten tussen auto's	50
Wegen met mogelijke frontale conflicten tussen auto's	70
Wegen waarbij frontale of zijdelingse conflicten met andere verkeersdeelnemers onmogelijk zijn	≥ 100

**Tabel 1.2** Veilige snelheden voor enkele conflicttypen (bron: Wegman & Aarts, 2005).

Hierop voortbouwend zijn voor verschillende conflicttypen veilige snelheden bepaald in situaties waar fietsers, voetgangers en gemotoriseerd verkeer met elkaar in conflict kunnen komen, zie Tabel 1.3.

Conflicteert met (op wegvak GOW, op oversteekpunt of op kruispunt)		Veilige snelheid [km/uur]	Randvoorwaarde of kenmerk
G langs	F dwars	30	
G langs	V dwars		
F langs	G dwars		
G langs	F zelfde richting		
G langs	G tegemoet		Op dezelfde rijstrook of rijloper (geen ruimte voor asmarkering)
G langs	G dwars	50	
G langs	F zelfde richting		Alleen bij aanwezigheid fietspad
G langs	G tegemoet	70	Gescheiden door markering
G langs	G tegemoet	(≥) 80	Fysieke scheiding van rijrichtingen
G langs	G zelfde richting	(≥) 100	

F = fietser; V = voetganger; G = gemotoriseerd voertuig  
(Drie conflicttypen, namelijk F langs vs F dwars, F langs vs V langs en F langs vs V dwars, zijn niet in de tabel opgenomen omdat hier qua snelheidslimiet geen specifieke eisen behoeven te gelden.  
Het conflict G langs - V langs is alleen toegestaan op woonerven.)

**Tabel 1.3** Conflicttypen van motorvoertuigen, fietsers en voetgangers en bijbehorende veilige snelheden voor motorvoertuigen (bron: Dijkstra, 2010).

### 1.3 Veiligheidsvoorzieningen (van dwarsprofielen) in het licht van veilige snelheden

Niet alle aanwezige voorzieningen of situaties op wegvakken van wegen en straten zijn van belang voor verkeersveiligheid. Enkele voorzieningen of situaties zijn dat nadrukkelijk wel (Dijkstra, 2003a; Aarts & Dijkstra, 2018; Dijkstra, 2003b). *Binnen de bebouwde kom* zijn dit (Wijlhuizen et al., 2017):

- Parkeren op of naast de rijbaan: *niet veilig*. Parkerende voertuigen langs de rijbaan leiden tot conflicten met passerende motorvoertuigen en fietsers.
- Fysieke rijrichtingscheiding: *veilig*. Een fysieke rijrichtingscheiding maakt frontale conflicten praktisch onmogelijk.
- Oversteekvoorzieningen op wegvakken: *veilig*. Oversteekvoorzieningen, mits goed uitgevoerd, bieden meer veiligheid voor overstekende voetgangers en fietsers.
- Erfaansluitingen: *niet veilig*. Erfaansluitingen leiden tot conflicten tussen het verkeer op de doorgaande straat en de zijstraat. Alleen erfaansluitingen die zijn uitgevoerd als erftoegangs-weg zijn voldoende veilig.

Over de volgende kwesties is nog geen heldere uitspraak mogelijk wat betreft de effecten op veiligheid:

- ov-baan;
- straat met eenrichtingsverkeer;
- fietsstraat;
- voetgangerszone.

Buiten de bebouwde kom zijn op wegvakken de volgende voorzieningen sterk gerelateerd aan veiligheid (Bax et al., 2017; Schermers & Van Petegem, 2013):

- Fysieke rijrichtingscheiding: *veilig*. Een fysieke rijrichtingscheiding maakt frontale conflicten praktisch onmogelijk.
- Obstakelvrije zone: *veilig*. Een obstakelvrije zone verkleint de kans op botsingen met obstakels.
- Berijdbare berm: *veilig* (inclusief vergevingsgezinde rand tussen rijbaan en berm). Een berijdbare berm zorgt voor het bestuurbaar houden van een voertuig dat van de rijbaan is geraakt.
- Erfaansluitingen: *niet veilig*. Erfaansluitingen leiden tot conflicten tussen het verkeer op de doorgaande straat en de zijstraat. Alleen erfaansluitingen die zijn uitgevoerd als erftoegangsweg zijn voldoende veilig.

De genoemde voorzieningen passen bij de volgende conflicten tussen verkeersdeelnemers:

- tegemoetkomend verkeer: rijrichtingscheiding met markering, fysieke rijrichtingscheiding;
- enkelvoudig: obstakelvrije zone, semi-verharde berm, verharde berm;
- overstekend verkeer op wegvakken en uitritten: drempels of plateaus, oversteekvoorziening, erfaansluiting;
- geparkeerde en parkerende voertuigen: op de rijbaan, vakken langs de rijbaan.

De hiervoor genoemde voorzieningen of situaties hebben elk een zogeheten veilige snelheid; dat is dus de snelheid waarbij een conflict kan worden afgewikkeld zonder tot een ernstig

Conflicttype	Voorziening of situatie	Gesloten-verklaring op hoofdrijbaan	Veilige snelheid (ongeacht de geldende limiet)
Tegemoetkomend verkeer	geen	niet	60 bij weinig verkeer, anders 30
	rijrichtingscheiding met markering	wel	70
	fysieke rijrichtingscheiding	wel	≥ 80
Enkelvoudig	geen	wel	50
	obstakelvrije zone	wel	70
	semi-verharde berm	wel	70
	verharde berm	wel	80
Overstekend verkeer	drempels of plateaus	niet	30; 60 bij weinig verkeer
	oversteekvoorziening	wel	50
	erfaansluiting	wel	50
Geparkeerde voertuigen	op de rijbaan of vakken langs de rijbaan	niet	30

**Tabel 1.4** Wat zijn, gegeven de aanwezige voorzieningen en wel of niet gesloten-verklaring, veilige snelheden op de wegvakken van de hoofdrijbaan? Bron: Aarts & Dijkstra (2018).



ongeval te leiden. Dit betreft dus niet de snelheidslimiet maar de gereden snelheid waarbij de (on)veiligheid nog acceptabel is. Zie ook: [de \(voorlopige\) definitie van de risico-indicator Veilige snelheid](#)

In Tabel 1.4 zijn conflicttypen, voorzieningen of situaties en veilige snelheden met elkaar in verband gebracht. Het betreft conflicten tussen alle voertuigsoorten, dus conflicten tussen motorvoertuigen onderling en conflicten tussen gemotoriseerd verkeer en niet-gemotoriseerd verkeer.

#### 1.4 Kenmerken van voldoende veilige wegvakken

Uit het voorgaande kunnen we concluderen dat een wegvak of straat voldoende veilig is als de aan- of afwezigheid van verkeersvoorzieningen en de aan- of afwezigheid van fietsers, bromfietsers en/of langzaam gemotoriseerd verkeer op de hoofdrijbaan is afgestemd op de feitelijk gereden snelheden van motorvoertuigen.

De informatie in Tabel 1.4 is hieronder uitgesplitst naar snelheidslimieten zoals die voor de verschillende wegcategorieën gelden. In Tabel 1.5a zijn de kenmerken voor voldoende veilige wegvakken binnen de bebouwde kom opgenomen en in Tabel 1.5b de kenmerken voor wegvakken buiten de bebouwde kom.

Binnen bebouwde kom	Maatregelen ter voorkoming van				
	conflicten met tegemoetkomend verkeer	enkelvoudige conflicten	conflicten met overstekend verkeer	conflicten met geparkeerde voertuigen	langsconflicten tussen gemotoriseerd snelverkeer en langzaam verkeer
<b>Snelheidslimiet in km/uur</b>					
<b>30</b>	geen voorziening noodzakelijk	geen voorziening noodzakelijk	drempels of plateaus	parkeren op de rijbaan of vakken langs de rijbaan	mengen van gemotoriseerd snelverkeer en langzaam verkeer
<b>50</b>	rijrichtingscheiding met markering	geen voorziening noodzakelijk	oversteekvoorziening en/of uitritconstructie	niet parkeren op of langs de rijbaan	fietsers op fietspad of parallelweg
<b>70</b>	rijrichtingscheiding met markering	obstakelvrije zone en semi-verharde berm	oversteken en uitritten niet toestaan	niet parkeren op of langs de rijbaan	fietsers en bromfietsers op fiets-/bromfietspad of parallelweg

**Tabel 1.5a** Kenmerken van voldoende veilige wegvakken binnen de bebouwde kom.

Buiten bebouwde kom	Maatregelen ter voorkoming van				
	conflicten met tegemoetkomend verkeer	enkelvoudige conflicten	conflicten met overstekend verkeer	conflicten met geparkeerde voertuigen	langsconflicten tussen gemotoriseerd verkeer en langzaam verkeer
<b>Snelheidslimiet in km/uur</b>					
<b>60 met weinig gemotoriseerd verkeer</b>	geen voorziening noodzakelijk	geen voorziening noodzakelijk	drempels of plateaus	niet parkeren op of langs de rijbaan	mengen van gemotoriseerd snelverkeer en langzaam verkeer
<b>60 met veel gemotoriseerd verkeer</b>	geen voorziening noodzakelijk	geen voorziening noodzakelijk	drempels of plateaus	niet parkeren op of langs de rijbaan	fietsers op fietspad
<b>80</b>	fysieke rijrichtingscheiding	berijdbare berm en obstakelvrije zone	oversteken en uitritten niet toestaan	niet parkeren op of langs de rijbaan	fietsers en bromfietsers op fiets-/bromfietspad of parallelweg

Tabel 1.5b Kenmerken van voldoende veilige wegvakken buiten de bebouwde kom.



## Deel II: Voldoende veilige fietsinfrastructuur

**In dit deel werken we toe naar een verdere uitwerking van de risico-indicator Veilige fietsinfrastructuur, die vooralsnog wordt gedefinieerd als: ‘Het aandeel fietsers over fietsinfrastructuur die als ‘voldoende veilig’ wordt gekwalificeerd’. Hierbij duidt ‘het aandeel fietsers’ op de verkeersprestatie: hoeveel fietskilometers worden afgelegd op bepaalde fietspaden (intensiteit fietsverkeer x lengte)?**

### 2.1 Afbakening tot fietspaden

Ongeveer de helft van alle ernstig verkeersgewonden is slachtoffer van een fietsongeval zonder motorvoertuig (Weijermars, 2019). Daarom werken we in dit tweede deel een definitie uit van ‘voldoende veilig’ fietsinfrastructuur ter preventie van die ongevallen. Hierbij bakenen we het bredere begrip ‘fietsinfrastructuur’ – waar bijvoorbeeld ook fietsstroken en fietsstraten onder kunnen vallen – af tot alleen fietspaden. Daar rijdt immers veel fietsverkeer, en

ruim een derde deel van alle fietsongevallen met letsels waarvoor behandeling op spoedeisende-hulpafdeling nodig is, vindt plaats op een fietspad (Valkenberg et al., 2017)

Tot fietspaden rekenen we in dit deel ook fiets/bromfiets-paden, fietspaden langs wegen en solitaire fietspaden. Verder bakenen we fietspaden – net als wegen in Deel I van deze notitie – ook hier af tot de wegvak-delen van fietspaden, omdat fietsongevallen zonder motorvoertuigen met name daar plaatsvinden. Aangezien er ook fietsongevallen zonder motorvoertuigen op andere locaties dan fietspaden plaatsvinden, bevelen we aan om de indicator in de toekomst verder uit te breiden naar andere door fietsers gebruikte infrastructuur zoals fietsstroken en fietsstraten. Meer achtergronden bij de problematiek van fietsongevallen zonder motorvoertuigen en onderbouwing van de ontwerpprincipes is te vinden in *Bijlage A*.

### 2.2 Ontwerpprincipes voor een ‘voldoende veilig’ fietspad

Of een fietspad voldoende veilig is, is – net als bij wegen – een samenspel van factoren. Kort samengevat is een fietspad ‘voldoende veilig’ als:

- fietsers veilig in balans kunnen blijven zodat ze niet vallen;
- het is voorzien van een vergevingsgezinde rand en berm voor het geval fietsers van het fietspad af raken;
- er voldoende ruimte is om elkaar veilig in te halen en/of tegenliggers te passeren.

In Afbeelding 2.1 zijn de ontwerpprincipes weergegeven waarmee gedefinieerd kan worden in hoeverre een fietspad voldoende veilig is met het oog op het voorkomen van fietsongevallen zonder motorvoertuig. Voor de definiëring van principes is geen onderscheid gemaakt naar soort fietspad, bijvoorbeeld fietspad versus fiets-/bromfietspad, eenrichtings- versus tweerichtingsfietspad, fietspad binnen de bebouwde kom versus buiten de bebouwde kom et cetera. Bij de operationalisatie van een deel van de ontwerpprincipes (in de volgende paragraaf) maken we dat onderscheid wel.



Afbeelding 2.1 Ontwerpprincipes voor een voldoende veilig fietspad.

Hieronder geven een korte toelichting op de ontwerpprincipes uit Afbeelding 2.1.

*1a. Geen obstakels*

Paaltjes en andere obstakels, zoals varkensruggen bij wegversmallingen, verlagen het comfort voor fietsers en zijn een veelvoorkomende oorzaak van enkelvoudige fietsongevallen. Paaltjes en andere obstakels moeten daarom zo veel mogelijk worden vermeden. Alleen als de noodzaak is aangetoond, bijvoorbeeld vanwege een fietsbrug die niet op het gewicht van een motorvoertuig is ontworpen, kunnen paaltjes worden geplaatst (zie CROW-Fietsberaad, 2014).

*1b. Visuele geleiding*

Een substantieel deel van de enkelvoudige fietsongevallen gebeurt doordat een fietser van de weg afraakt en tegen een trottoirband botst of in de berm ten val komt (veiligheidsaspecten in relatie tot de vormgeving van randen en bermen vallen onder ontwerpprincipes 2). Een slecht zichtbaar wegverloop is een van de oorzaken. Met een betere visuele geleiding met bijvoorbeeld kantmarkering kunnen enkelvoudige fietsongevallen worden voorkomen.

In de *Ontwerpwijzer Fietsverkeer* (CROW, 2016) zijn situaties beschreven waarbij markering noodzakelijk is voor de veiligheid van fietsers.

*1c. Voldoende breed*

Fietspaden moeten voldoende breed zijn om mogelijk te maken dat (snor-)fietsers en, in geval van een fiets-/bromfietspad ook bromfietsers, elkaar veilig kunnen inhalen en passeren. Fietsers moeten bovendien veilig naast elkaar kunnen rijden zonder dat hun sturen in elkaar haken. Op fietspaden die niet voldoen aan de minimale breedte-eisen van de *Ontwerpwijzer Fietsverkeer* (CROW, 2016), gebeuren vaker frontale botsingen en raken fietsers vaker van het fietspad (Hoogendoorn, 2017). Meer breedte is wenselijk als de intensiteiten toenemen zodat er vaker ingehaald en gepasseerd wordt. Met het oog op de veiligheid is ook meer breedte nodig in situaties waarin de fietssnelheid lager ligt waardoor de vetergang van fietsers groter is, bijvoorbeeld in scherpe bochten en bij hellingen als maximale hellingspercentages worden overschreden.

*1d. Verharding vlak, stroef, heel en schoon*

Om te voorkomen dat fietsers uit balans raken en

vallen, is het van belang dat de verharding vlak, stroef, heel en schoon is. Bij vlakheid en stroefheid gaat het om het voorkomen van kuilen en hobbels, bijvoorbeeld door een goede fundering ter voorkoming van wortelschade. Met de termen 'heel' en 'samenhang' wordt bedoeld dat scheurvorming moet worden voorkomen. In het hoofdstuk 'Evaluatie en beheer' van de *Ontwerpwijzer Fietsverkeer* (CROW, 2016) wordt aanbevolen om periodiek een globale inspectie op dit type gebreken uit te voeren (ook bermen kunnen daarin meegenomen worden). Voor het ontwikkelen van beleid voor gladheidsbestrijding kunnen gemeenten gebruikmaken van de CROW-Fietsberaadpublicatie *De basis voor effectieve gladheidsbestrijding voor fietsers* (CROW-Fietsberaad, 2013). Naast gladheidsbestrijding in de winter is aandacht nodig voor bladeren in de herfst en afval en zand dat op andere momenten in het jaar op een fietspad aanwezig kan zijn. In Fietsberaadpublicatie 19 is daarnaast aanbevolen om toepassing van materialen met een grote kans op uitglijden bij nat wegdek te vermijden, bijvoorbeeld stelconplaten met stalen randen en tramrails die het fietspad onder een kleine hoek in plaats van nagenoeg haaks kruisen (CROW-Fietsberaad, 2011).

*2a. en 2b. Vergevingsgezinde rand en obstakelvrije berm*

Ook als aan bovengenoemde eisen is voldaan, is het onvermijdelijk dat fietsers door onoplettendheid, een schrikreactie of stuurfout het trottoir of de berm raken. Een substantieel deel van de enkelvoudige fietsongevallen betreft een botsing tegen een trottoirband of val in de berm. Als een fietser van de weg af raakt, kan met een vergevingsgezinde rand en obstakelvrije berm worden voorkomen dat deze ten val komt of tegen een obstakel botst. Daarvan is sprake als er gelegenheid is om te corrigeren en veilig terug te keren op de verharding (Wijlhuizen et al., 2014). Aspecten die een rol spelen zijn de vormgeving van de rand, bijvoorbeeld of het een rechte of schuine trottoirband betreft, en bij een berm of er slechts een klein hoogteverschil is tussen de verharding en berm en of de rand is afgeschuind. Daarnaast is van belang of de berm voldoende breed, obstakelvrij en berijdbaar is.

### 2.3 Operationalisatie van de ontwerpprincipes

Voor operationalisatie van de ontwerpprincipes die we beschreven in de vorige paragraaf, verwijzen we naar ontwerprichtlijnen zoals die onder andere zijn vastgelegd in de *Ontwerpwijzer Fietsverkeer* (CROW, 2016). Bij de operationalisatie worden contextfactoren toegevoegd, bijvoorbeeld de intensiteit van het fietsverkeer, om te bepalen of een fietspad voldoende breed is. Het belang van een verharding die vlak, stroef, heel en schoon is en van een vergevingsgezinde berm, zijn benoemd in onder meer de *Ontwerpwijzer Fietsverkeer* (CROW, 2016), maar daarin is geen expliciete operationele eis benoemd. Voor die kenmerken is gebruikgemaakt van de operationalisatie zoals die is uitgewerkt voor het instrument CycleRAP (Wijlhuizen et al., 2014). Het bestrijden van wintergladheid is nog moeilijker te operationaliseren omdat het is gericht op tijdelijke omstandigheden. Naar voorbeeld van de Zweedse aanpak van Trafikverket (2018) zou dit geoperationaliseerd kunnen worden op basis van de vraag of een gemeente hiervoor beleid heeft ontwikkeld.

In Tabel 2.1 zetten we de geoperationaliseerde ontwerpprincipes voor een voldoende veilig fietspad nog eens op een rij.

Ontwerpprincipes	Operationalisatie
1a Er zijn in principe geen obstakels op het fietspad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoofdstuk 5, Ontwerpwijzer fietsverkeer (CROW, 2016)</li> <li>• Keuzeschema sanering palen op fietspaden (CROW-Fietsberaad, 2014)</li> </ul>
1b Het wegverloop is visueel geleid	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoofdstuk 5, Ontwerpwijzer fietsverkeer (CROW, 2016)</li> </ul>
1c Fietspaden zijn voldoende breed	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoofdstuk 5, Ontwerpwijzer fietsverkeer (CROW, 2016)</li> </ul>
1d De verharding van het fietspad is vlak, stroef, heel en schoon	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoofdstuk 8, Ontwerpwijzer fietsverkeer (CROW, 2016)</li> <li>• Safe Cycling Network: geen scheuren, gaten en hobbels met een grote kans voor fietsers om uit balans te raken en die fietsers over het algemeen proberen te ontwijken (Wijlhuizen et al., 2014)</li> </ul>
2a Fietspaden hebben vergevingsgezinde randen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoofdstuk 6, Veilige inrichting van bermen niet-autosnelwegen (CROW, 2019).</li> <li>• Safe Cycling Network: als een fietser van de verharding af raakt, moet er gelegenheid zijn om te corrigeren en veilig terug te keren op de verharding. Haakse trottoirbanden en verhardingsranden (zoals soms bij beton voorkomen) alsook hoogteverschillen tussen de berm en verharding van meer dan enkele centimeters zijn onvoldoende veilig (Wijlhuizen et al., 2014).</li> </ul>
2b Fietspaden hebben vergevingsgezinde bermen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoofdstuk 7, Ontwerpwijzer fietsverkeer (CROW, 2016)</li> </ul>

Tabel 2.1 Operationalisatie van de ontwerpprincipes voor een voldoende veilig fietspad.

## Deel III: Voldoende veilige kruispunten

**In dit derde deel kijken we naar een complex onderdeel van de infrastructuur, waar alle soorten verkeer, verkeersdeelnemers en verkeerssituaties kunnen samenkomen: kruispunten. Onveilige situaties op kruispunten worden vooral bepaald door het kruispunttype. De keuze voor een kruispunttype hangt meestal af van de benodigde verkeerscapaciteit. Als er eenmaal een kruispunttype gekozen is, ligt de mate van veiligheid ervan nagenoeg vast. De verschillende uitvoeringsvarianten binnen een kruispunttype kunnen nog wel enigszins verschillen in veiligheid.**

### 3.1 Kruispunten en verkeers(on) veiligheid

De ernst en de afloop van botsingen hangen in belangrijke mate af van de rijsnelheid, de massa's van de voertuigen en of deze zijn gemotoriseerd en bescherming bieden. Volgens deze indeling zijn de verkeersdeelnemers in Tabel 3.1 gegroepeerd (Dijkstra, 2014a). Ook de rijrichtingen van conflicterende

verkeersdeelnemers zijn van groot belang voor de ernst en afloop van botsingen die uit deze conflicten kunnen volgen.

De vormgeving van kruispunten is erop gericht om bepaalde combinaties van verkeersdeelnemers niet te laten conflicteren in bepaalde omstandigheden door verkeersvoorzieningen voor te schrijven die dat nagenoeg uitsluiten. Het gaat dan om omstandigheden zoals plaatselijke snelheidsverschillen en een zeker snelheidsniveau.

In Tabel 3.2 zijn vier verschillende conflictgroepen gedefinieerd.

Conflictgroep	Omschrijving	Illustratie
Langsconflicten	In dezelfde richting rijdende voertuigen	
Convergeren Divergeren	In dezelfde richting beginnende of eindigende voertuigen (invoegen of uitvoegen)	
Dwarsconflicten	Haaks op elkaar rijdende voertuigen	
Frontale conflicten	Tegemoetkomende voertuigen	

Tabel 3.2 Verschillende soorten conflictgroepen.

Gegeven een bepaald conflicttype is systematisch nagegaan welke eisen gelden voor welke combinaties van verkeersdeelnemers. Vervolgens zijn tabellen geproduceerd voor de verschillende combinaties. Uit elke combinatie volgen noodzakelijke verkeersvoorzieningen om deze conflicten te kunnen voorkomen of, indien onvermijdelijk, te kunnen beheersen; dit is uitgewerkt in paragraaf 3.2.

		Gemotoriseerd		Niet gemotoriseerd
		Wel beschermd	Niet beschermd	
Massa	Zwaar	Vrachtauto, bus, tram	-	-
	Middelzwaar	Personenauto, bestelauto	Motorfiets	-
	Licht	-	Bromfiets, snorfiets, elektrische fiets	Fiets, voetganger

Tabel 3.1 Verkeersdeelnemers ingedeeld naar 'gemotoriseerd', 'beschermd' en 'massa'.

In de Tabellen 3.3a en 3.3b zijn de aandelen van de verschillende conflicttypen bij ernstige ongevallen gegeven, respectievelijk binnen en buiten de bebouwde kom en uitgesplitst naar snelheidslimiet. De categorie 'overig' bestaat uit verschillende conflicttypen die elk een klein aandeel hebben.

Op kruispunten binnen de bebouwde kom (Tabel 3.3a) domineren de dwarsconflicten, vooral bij de hogere limieten. Bij de limiet 30 km/uur zijn er daarnaast relatief veel overige conflicten.

Limiet	30	50	70	Totaal
<b>Conflicttypen op kruispunten</b>				
Langs	3	4	13	4
Convergeren en divergeren	13	13	7	12
Dwars	40	56	64	55
Frontaal	11	13	5	12
Overig	33	15	12	16
Totaal	100	100	100	100
<i>Aantallen ongevallen</i>	152	2.836	103	3.091
Bewerking van ongevallencijfers uit Wegman & Aarts (2005). <sup>1</sup> Het conflicttype 'overig' bestaat uit enkelvoudige conflicten, conflicten met voetganger en conflicten met parkeren.				

**Tabel 3.3a** Procentuele verdeling van de conflicttypen bij ernstige ongevallen op kruispunten binnen de bebouwde kom met een limiet 30 km/uur, 50 km/uur of 70 km/uur.

Op kruispunten buiten de bebouwde kom zijn de dwarsconflicten op kruisingsvlakken eveneens dominant (Tabel 3.3b). Frontale conflicten hebben bij de limieten 80 km/uur en 60 km/uur een relatief groot aandeel vergeleken met 100km/uur-wegen.

Limiet	60	80	100	Totaal
<b>Conflicttypen op kruispunten</b>				
Langs	3	8	7	8
Convergeren en divergeren	10	8	4	7
Dwars	57	62	65	62
Frontaal	13	13	7	13
Overig	17	10	18	11
Totaal	100	100	100	100
<i>Aantallen ongevallen</i>	30	1.165	57	1.252
Bewerking van ongevallencijfers uit Wegman & Aarts (2005). Het conflicttype 'overig' bestaat uit enkelvoudige conflicten, conflicten met voetganger en conflicten met parkeren.				

**Tabel 3.3b** Procentuele verdeling van de conflicttypen bij ernstige ongevallen op kruispunten buiten de bebouwde kom met een limiet 60 km/uur, 80 km/uur of 100 km/uur.

<sup>1</sup> Dergelijke gegevens over conflicttypen zijn sinds 2009 niet meer af te leiden uit de ongevals-cijfers in BRON. Vandaar dat een oudere referentie is gekozen.

De groep 'overig' in Tabel 3.3b is een restcategorie die bestaat uit verschillende soorten conflicten met ieder een klein aandeel, deze groep wordt verder niet meegenomen.

Bij de uitwerking van de risico-indicator 'Veilige kruispunten' (zie paragraaf 3.2) ligt de focus op de conflicttypen: langs, convergeren/divergeren, dwars en frontaal.

#### Veilige snelheid

Bij de uitwerking van de risico-indicator 'Veilige wegvakken' (Tabel 1.2 in Deel I) zagen we dat op basis van zowel botsproeven als het Zweedse Vision Zero de volgende veilige snelheden per wegtype zijn bepaald:

Wegtypen in combinatie met toegestane verkeersdeelnemers	Veilige snelheid [km/uur]
Wegen met mogelijke conflicten tussen auto's en onbeschermden verkeersdeelnemers	30
Kruisingen met mogelijke dwarsconflicten tussen auto's	50
Wegen met mogelijke frontale conflicten tussen auto's	70
Wegen waarbij frontale of zijdelingse conflicten met andere verkeersdeelnemers onmogelijk zijn	≥100

Tabel 3.4 Veilige snelheden voor enkele conflicttypen (bron: Wegman & Aarts, 2005).

Hierop voortbouwend zijn voor verschillende conflicttypen veilige snelheden bepaald in situaties waar fietsers, voetgangers en gemotoriseerd verkeer met elkaar in conflict kunnen komen; zie Tabel 1.3 en Tabel 3.5.





F of G	F of G conflicteert met F, V, of V op wegvak GOW, op oversteekpunt of op kruispunt	Veilige snelheid [km/uur]	Randvoorwaarde of kenmerk
G langs	F dwars	<b>30</b>	
G langs	V dwars		
F langs	G dwars		
G langs	F zelfde richting		
G langs	G tegemoet		Op dezelfde rijstrook of rijloper (geen ruimte voor asmarkering)
G langs	G dwars	<b>50</b>	
G langs	F zelfde richting		Alleen bij aanwezigheid fietspad
G langs	G tegemoet	<b>70</b>	Gescheiden door markering
G langs	G tegemoet	<b>(≥) 80</b>	Fysieke scheiding van rijrichtingen
G langs	G zelfde richting	<b>(≥) 100</b>	

F = fietser; V = voetganger; G = gemotoriseerd voertuig  
(Drie conflicttypen, namelijk F langs vs F dwars, F langs vs V langs en F langs vs V dwars, zijn niet in de tabel opgenomen omdat hier qua snelheidslimiet geen specifieke eisen behoeven te gelden.  
Het conflict G langs - V langs is alleen toegestaan op woonerven.)

**Tabel 3.5** Conflicttypen van motorvoertuigen, fietsers en voetgangers en bijbehorende veilige snelheden voor motorvoertuigen (bron: Dijkstra, 2010).

Voor dwarsconflicten op kruispunten geldt voor alle combinaties van verkeersdeelnemers de eis van snelheidsreductie. In het geval van dwarsconflicten tussen motorvoertuigen onderling en conflicten tussen motorvoertuigen en niet-beschermde verkeersdeelnemers zijn rotondes of snelheidsremmers de geschikte voorziening.



Operationele eisen	Onderling kruisende categorieën		
	SW100/120 x GOW80	GOW80 x GOW80	GOW80 x GOW50/70
Maximale kruisingssnelheid in km/uur	60	40	30
Markering	Volledig	Volledig	Gedeeltelijk
Indeling kruisingvlak	Voorsorteerstroken	Voorsorteerstroken	Voorsorteerstroken
Rijrichting-scheiding	Ja	Ja	Ja
Verharding, mate van vlakheid	Groot	Groot	Groot
Oversteken (voetgangers)	Niet toegestaan	Niet toegestaan	Alleen op voorziening
Fiets op rijbaan	Nee	Nee	Nee
Bromfiets op rijbaan	Nee	Nee	Alleen op GOW50
Langzaam gemotoriseerd verkeer op rijbaan	Nee	Nee	Alleen op GOW50
Snelheidsremmers	Nee	Ja	Ja
Verlichting	Afstemmen op aansluitende wegvakken		

Bron: SWOV-bewerking (Dijkstra, 2014b) van CROW (1997).

**Tabel 3.6** Operationele DV-eisen voor kruisende wegen en straten (niet alle combinaties van kruisende wegen zijn vermeld)<sup>2</sup>.

#### *Eisen aan vormgeving van kruispunten*

De eisen die Duurzaam Veilig (DV) oorspronkelijk stelde aan kruispunten, zijn niet erg gedetailleerd (zie Tabel 3.6) en betreffen uitsluitend de voorrangsregeling en de eventuele snelheidsremmende maatregelen. Bij de uitwerking van de risico-indicator 'Veilige kruispunten' (zie paragraaf 3.2) is gestreefd naar een concretere beschrijving.

### **3.2 Uitwerking van de risico-indicator Veilige kruispunten**

In de risico-indicator Veilige kruispunten zijn vier kruispunttypen uitgewerkt: enkelstrooksrotonde, kruispunt met voorrangsregel, kruispunt met VRI en kruispunt met voorrang van rechts. Dit zijn veel voorkomende kruispunttypen. Hun plaats binnen de wegategorisering (kruisen van ETW-ETW, GOW-ETW enz.) is onder andere uitgewerkt in SWOV (2022).

De kruispunttypen meerstrooksrotonde, turborotonde en groot verkeersplein zijn hier niet uitgewerkt omdat deze te specifiek zijn voor toepassing van de hier gegeven algemene verkeersvoorzieningen op kruispunten.

<sup>2</sup> In een nieuwere richtlijn van CROW is deze tabel niet meer expliciet opgenomen. De genoemde maatregelen zijn nu verspreid over de verschillende paragrafen in de richtlijn.

	<b>GOW80 x ETW60</b>	<b>GOW50/70 x GOW50/70</b>	<b>GOW50/70 x ETW30</b>	<b>ETW30 x ETW30</b>
	30	30	15	15
	Gedeeltelijk	Gedeeltelijk	Alleen haaien-tanden	Geen
	Voorsorteerstroken op GOW	Voorsorteerstroken	Soms voorsorteerstroken op GOW	Geen voorsorteerstroken
	Ja	Ja	Alleen op GOW	Nee
	Groot	Groot	Matig	Gering
	Ja, mits voorziening op GOW	Alleen op voorziening	Ja, mits voorziening op GOW	Ja
	Alleen op ETW	Nee	Alleen op ETW	Ja
	Alleen op ETW	Alleen op GOW50	Ja, behalve op GOW70	Ja
	Alleen op ETW	Alleen op GOW50	Ja, behalve op GOW70	Ja
	Ja	Ja	Ja	Ja

#### *Algemene kruispuntmaatregelen*

Voor kruispunttypen geldt in het algemeen<sup>3</sup>:

- voldoende zicht (zichtdriehoeken);
- aantal conflictpunten minimaliseren;
- aanvullende voorzieningen in geval van overbelasting van het kruispunt, zoals extra opstelstroken;
- bebording en markering volgens de richtlijnen;
- snelheidsbeperking conform de genoemde voorzieningen in de navolgende tabellen:
  - snelheidsbeperkende maatregelen zijn noodzakelijk wanneer zich op het kruispunt conflictpunten voordoen waarbij de limiet hoger is dan de veilige snelheid van het conflict;
  - oversteekvoorzieningen moeten beveiligd met een snelheidsremmer die een veilige snelheid van het kruisende autoverkeer bewerkstelligt.
- niet parkeren binnen ten minste 10 meter van het kruisingsvlak (Van Petegem & Uijtendewilligen, 2021).

Per kruispunttypen zijn de conflicttypen behandeld van de volgende combinaties van botspartners:

- motorvoertuigen onderling;
- personen- of vrachtauto versus voetganger, fietser of bromfietser.

Andere combinaties van botspartners zijn niet behandeld omdat de combinatie van andere botspartners minder vaak voorkomt of omdat de ernst van de afloop van die conflicten geringer is dan bij de hier genoemde botspartners.

<sup>3</sup> Dijkstra (2014); FHWA (2015); SWOV (2022); Elvik et al. (2009).

De hierna in de tabellen I tot en met IV genoemde snelheidslimieten betreffen de limieten op de voorafgaande wegvakken. Lokale lagere limieten ter plaatse van het kruispunt worden als maatregel beschouwd. Daarbij geldt dat die alleen effectief wordt geacht als deze wordt gecombineerd met (fysieke) snelheidsremmende maatregelen.

In de navolgende tabellen geldt bij een lege cel dat er geen voorziening nodig is.

Conflicttype	Conflict- of botspartners	
	Motorvoertuigen onderling	Personen- of vrachtauto's versus voetganger, fietser of bromfietser
Convergerend of divergerend		<ul style="list-style-type: none"> <li>Voldoende afstand tussen rotondebaan en vrijliggend fietspad en zebrapaden</li> <li>Bij voorkeur geen fietsstrook</li> </ul>
Langsconflicten		Tussenberm
Dwars	<i>niet van toepassing</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oversteekvoorzieningen</li> <li>Bij 70 en 80 km/uur: fietsers moeten voorrang verlenen</li> </ul>
Frontaal, met afslaan	<i>niet van toepassing</i>	<i>niet van toepassing</i>

Tabel I. Verkeersvoorzieningen op een enkelstrooksrotonde.

Conflicttype	Conflict- of botspartners	
	Motorvoertuigen onderling	Personen- of vrachtauto's versus voetganger, fietser of bromfietser
Convergerend of divergerend		Uitbuigen fietspad bij 50, 70 en km/uur
Langsconflicten		Tussenberm bij 50, 70 en 80 km/uur
Dwars	<ul style="list-style-type: none"> <li>Middeneiland</li> <li>Binnen de bebouwde kom op kruispunten van GOW-ETW bij voorkeur een uitritconstructie op de ETW</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Snelheidsremmer op alle takken 50 km/uur of hoger</li> <li>Oversteekvoorzieningen (diverse typen)</li> </ul>
Frontaal, met afslaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Middengeleider</li> <li>Opstelstrook voor linksaf op takken met voorrang</li> </ul>	Snelheidsremmer op alle takken 50 km/uur of hoger

Tabel II. Verkeersvoorzieningen op een kruispunt met voorrangsregel.

Conflicttype	Conflict- of botspartners	
	Motorvoertuigen onderling	Personen- of vrachtauto's versus voetganger, fietser of bromfietser
Convergerend of divergerend		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uitbuigen fietspad bij 50, 70 en 80 km/uur</li> <li>• Bij fietsstrook en 50: OFOS</li> <li>• Conflictvrije regeling voor afslaande motorvoertuigen en rechtdoor gaande fietsers</li> </ul>
Langsconflicten	Zichtbaarheid verkeerslichten optimaliseren	Tussenberm bij 50, 70 en 80 km/uur
Dwars	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Middeneiland</li> <li>• Snelheidsremmers bij 70 en 80 km/uur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oversteekvoorzieningen (diverse typen)</li> <li>• Snelheidsremmer op alle takken 50 km/uur of hoger</li> </ul>
Frontaal, met afslaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Middengeleider</li> <li>• Opstelstrook voor linksaf</li> </ul>	Snelheidsremmer op alle takken 50 km/uur of hoger
Algemeen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geen deelconflicten in de regelinstallatie toelaten</li> </ul>	Groenfase fiets op alle richtingen bij 50 km/uur (conflictvrij voor fietser)

Tabel III. Verkeersvoorzieningen op een kruispunt met VRI.

Conflicttype	Conflict- of botspartners	
	Motorvoertuigen onderling	Personen- of vrachtauto's versus voetganger, fietser of bromfietser
Convergerend of divergerend		
Langsconflicten		
Dwars	Snelheidsremmer bij snelheden 50 en 60 km/uur	Snelheidsremmer bij snelheden 50 en 60 km/uur
Frontaal, met afslaan	Snelheidsremmer bij snelheden 50 en 60 km/uur	Snelheidsremmer bij snelheden 50 km/uur

Tabel IV. Verkeersvoorzieningen op een kruispunt met voorrang van rechts.

## Slotbeschouwing

In deze notitie zijn we op zoek gegaan naar een voorlopige definitie voor wat we kunnen beschouwen als 'voldoende veilige' wegvakken, 'voldoende veilige' fietspaden en 'voldoende veilige' kruispunten. Daarbij zijn we uitgegaan van inzichten uit relevante wetenschappelijke literatuur, aangevuld met inzichten van verkeersveiligheidsexperts. Zoals beschreven in bijvoorbeeld Schermers et al. (2013), is niet voor alle onderdelen van ontwerprichtlijnen wetenschappelijk onderzoek voorhanden, laat staan Nederlands onderzoek of buitenlands onderzoek waarvan voldoende zeker is dat de uitkomsten representatief zijn voor de Nederlandse situatie. Het is daarom aan te bevelen om de komende jaren verder onderzoek te blijven doen en daarmee de invulling van risico-indicatoren te blijven voeden.

Voor Deel II van deze notitie, het deel over fietsinfrastructuur, zou onderzocht kunnen worden in hoeverre het langspanprofiel van hellingen en bochten en de complexiteit van de omgeving een rol spelen bij fietsongevallen en of dit in de definitie van een voldoende veilig fietspad verwerkt kan worden. Bijvoorbeeld: is een bocht te scherp, mede in het licht van eventuele hellingen en aansluitingen (CROW, 2016, Wijlhuizen et al., 2014)? Voor de vraag of deze nuances opgenomen zouden moeten worden in een risico-indicator, zal ook naar meetbaarheid gekeken moeten worden.

Als we kijken naar Deel III over kruispunten, is meer onderzoek nodig naar de aard van de afwikkeling van conflicten tussen voertuigen en fietsers. Hierbij dient de lokale vormgeving mede in ogenschouw te worden genomen. Van ernstige conflicten kan vervolgens worden nagegaan of er een relatie is met ongevallen.

Ook met de huidige kennis en inzichten van verkeersveiligheidsexperts zou de eerste invulling van een definitie van 'voldoende veilig' uitgebreid kunnen worden. Aangezien de meetbaarheid en verwerking in doelen en instrumenten nog moet blijken, is deze eerste stap beperkt tot de voor verkeersveiligheid belangrijkste aspecten. Als deze afgebakende definitie zich in de praktijk kan bewijzen qua meetbaarheid en bruikbaarheid, zou de definitie uitgebreid kunnen worden – voor fietsinfrastructuur bijvoorbeeld met fietsstroken en fietsstraten. Het huidige deel over wegvakken zonder fietsinfrastructuur zou uitgebreid kunnen worden met aspecten die op die wegen van belang zijn om fietsongevallen zonder motorvoertuigen te voorkomen, enzovoort.

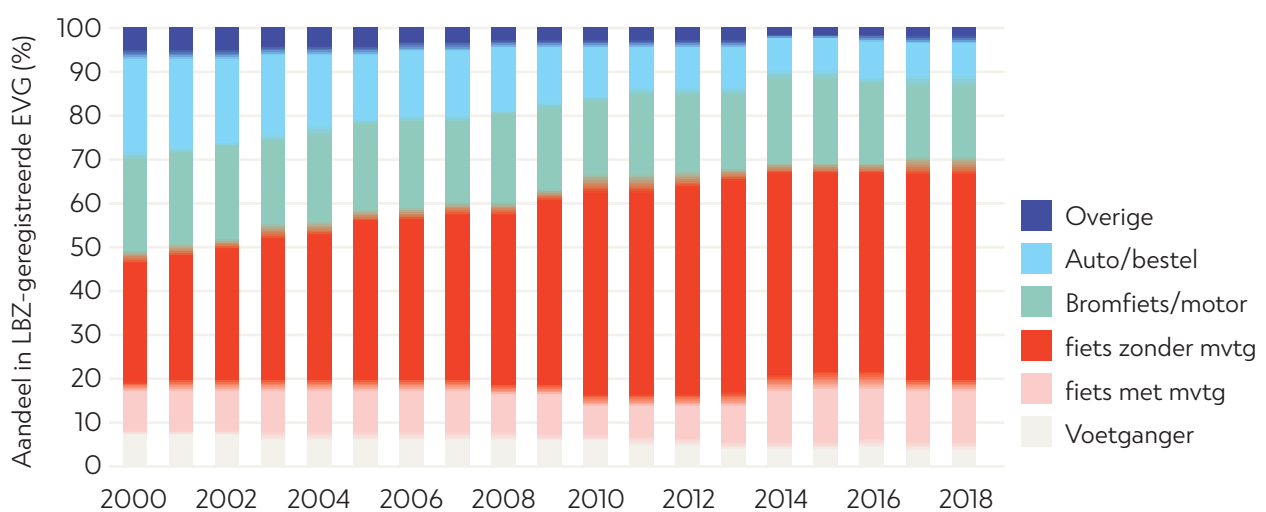
## Bijlage A Onderbouwing definitie veilige fietsinfrastructuur

**In deze bijlage belichten we de fietstaak en onderzoek naar het fietsen en fietsongevallen om te komen tot ontwerpprincipes ter preventie van fietsongevallen zonder motorvoertuigen. Delen van de tekst zijn overgenomen uit de CROW-Fietsberaad publicatie *Bouwstenen voor een comfortabel en vergevingsgezind fietspad* (CROW-Fietsberaad, 2018), omdat hierin ontwerpprincipes ter voorkoming van een enkelvoudige fietsongevallen en botsingen tussen fietsers recent zijn uitgewerkt. Er is een principe toegevoegd voor een onderdeel dat buiten het bereik van die publicatie viel, namelijk voor het risico van uitglijden of uit balans raken door hobbels en kuilen.**

Eerst geven we een inleiding op de omvang en aard van de problematiek van fietsongevallen zonder motorvoertuigen. Daarna gaan we achtereenvolgens in op de rol van andere verkeersdeelnemers bij fietsongevallen zonder motorvoertuigen, obstakels, visuele geleiding, de breedte van fietspaden, de verharding en vergevingsgezinde randen en bermen.

### 1. Inleiding

Het aantal verkeersdoden onder fietsers schommelt sinds 2000 rond de 200 per jaar (SWOV, 2019a). Daarbij gaat het steeds vaker om dodelijke fietsongevallen waar geen motorvoertuig bij betrokken is, circa 100 verkeersdoden per jaar van 2016 t/m 2018 (CBS, 2020; Schepers et al., 2017a). Afbeelding A.1 laat zien dat een steeds groter deel van de ernstig verkeersgewonden fietsers betreft en dat de meeste daarvan slachtoffer van een fietsongeval zonder motorvoertuig zijn. Ongeveer 90% van de laatstgenoemde groep ongevallen betreft enkelvoudige fietsongevallen waarbij geen botsing met een andere weggebruiker plaatsvindt, bijvoorbeeld een val van de fiets door uitglijden of een botsing met een obstakel zoals een trottoirband of paaltje (Schepers et al., 2015). Soms is er geen botsing met een andere verkeersdeelnemer maar speelt een ander wel een rol, bijvoorbeeld als iemand tegen een fietspaaltje botst dat wordt afgedekt door een voorligger (Davidse et al., 2014). Andere fietsongevallen zonder motorvoertuig zijn met name aanrijdingen tussen fietsers en in mindere mate voetgangers.



**Afbeelding A.1** Ontwikkeling van het aantal doden en ernstig gewonden onder fietsers (SWOV, 2019b).

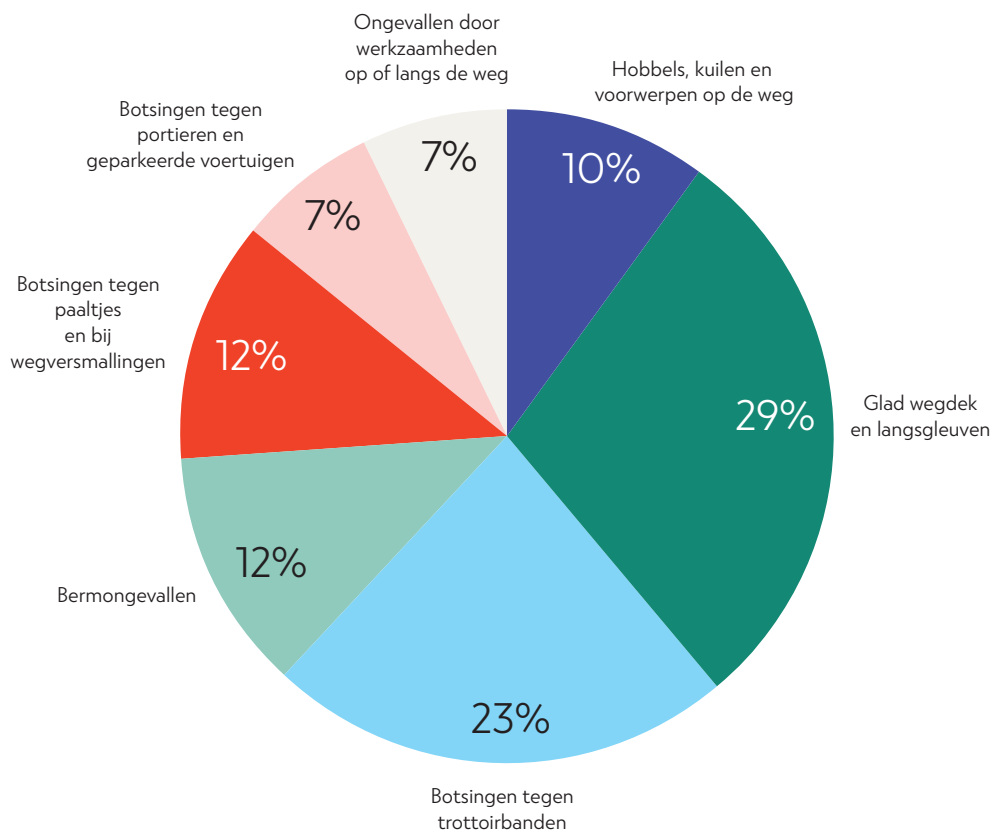
4 De schatting van het aantal verkeersdoden in fietsongevallen zonder motorvoertuigen is op dezelfde wijze als Schepers et al. (2017) gebaseerd op de niet-natuurlijke doodsoorzakenstatistiek die doodsoorzaken van inwoners van Nederland beschrijft. Daardoor bevat deze ook Nederlanders die buiten Nederland om het leven zijn gekomen en worden buitenlanders die in Nederland overlijden gemist. Deze schatting kan daardoor enigszins afwijken van het werkelijke aantal verkeersdoden dat het CBS mede op basis van de niet-natuurlijke doodsoorzakenstatistiek bepaalt

Cijfers van VeiligheidNL over verkeersslachtoffers die op een spoedeisende-hulpafdeling (SEH) van een ziekenhuis zijn behandeld, geven een meer gedetailleerd beeld van slachtoffer door ongevallen tussen verschillende groepen kwetsbare verkeersdeelnemers (Van der Does et al., 2019). Als we kijken naar slachtoffers onder fietsers, brom- en snorfietsers en voetgangers, dan zien we dat er jaarlijks circa 8.700 slachtoffers zijn van botsingen tussen (brom-/snor-) fietsers onderling en circa 1.100 van botsingen tussen voetgangers en (brom-/snor-)fietsers.

De toename van het aantal ernstig gewonden bij enkelvoudig fietsongevallen, komt met name doordat ouderen steeds meer fietsen. Die trend bestaat al enkele decennia en is versterkt door de beschikbaarheid van de elektrische fiets (Harms et al., 2014; Harms en Kansen, 2018). Een andere trend die van belang is voor het gebruik van fietsinfrastructuur, is de toename van het fietsgebruik in grote steden (Harms et al., 2014), waardoor het daar drukker wordt op de fietspaden. Gezien de vergrijzing en verstedelijking is te verwachten dat het belang van een veilige fietsinfrastructuur verder zal toenemen.

### Rol van infrastructuur

Ongeveer de helft van alle enkelvoudige fietsongevallen hangt samen met infrastructuur (CROW-Fietsberaad, 2011; Schepers, 2013). Afbeelding A.2 is afkomstig uit CROW-Fietsberaad-publicatie 19a (*Grip op enkelvoudige ongevallen*) en geeft een overzicht van infrastructuur-gerelateerde enkelvoudige fietsongevallen. Sommige infrastructuurkenmerken kunnen ook een rol spelen bij ongevallen tussen fietsers zoals frontale botsingen, bijvoorbeeld de breedte van fietspaden en of het een eenrichtings- of tweerichtingsfietspad is (Hoogendoorn, 2017). De belangrijkste infrastructuurkenmerken zijn verwerkt in de definitie van voldoende veilig.



**Afbeelding A.2** Overzicht van typen enkelvoudige fietsongevallen gerelateerd aan infrastructuur (CROW-Fietsberaad, 2011).



## Aandacht voor enkelvoudige fietsongevallen in beleid

De aandacht voor kwetsbare verkeersdeelnemers was bij de totstandkoming van de Duurzaam Veilig-visie in de jaren negentig primair gericht op het voorkomen van ongevallen met motorvoertuigen. Tijdens de ontwikkeling van de visie was het probleem van fietsongevallen zonder motorvoertuigen, voor zover al aanwezig, niet duidelijk zichtbaar (Weijermars et al., 2013). Sinds er in het *Strategisch Plan Verkeersveiligheid 2008-2020* (Ministerie van VenW, 2008) voor het eerst nadrukkelijk aandacht werd gevraagd voor het probleem van enkelvoudige fietsongevallen, is er veel onderzoek verricht. Er is meer aandacht voor gekomen in publicaties van CROW, bijvoorbeeld in de nieuwste *Ontwerpwijzer Fietsverkeer* (CROW, 2016). CROW-Fietsberaad heeft afgelopen jaren diverse publicaties uitgebracht die specifiek op dit probleem zijn toegesneden (CROW-Fietsberaad, 2011, 2013, 2014, 2018).

## 2. Rol van andere verkeersdeelnemers bij fietsongevallen zonder motorvoertuigen

Andere fietsers, snorfietsers en bromfietsers spelen een rol bij aanrijdingen tussen fietsers, bijvoorbeeld bij een frontaal ongeval of schampen met een tegenligger, aanrijdingen bij het passeren, vallen na het raken van het voorwiel van een voorligger (vaak in groepen wielrenners) of vallen doordat het stuur in het stuur van een medefietsers haakt (Schepers, 2010; Wijlhuizen & Van Gent, 2014; Valkenberg et al., 2017). Hoewel bij enkelvoudige fietsongevallen niet met een andere verkeersdeelnemers is gebotst, komt het wel regelmatig voor dat interactie met anderen een rol speelt (Valkenberg et al., 2017; Davidse et al., 2014). In een vragenlijstonderzoek onder fietsslachtoffers die werden behandeld op een SEH-afdeling, gaf 17% van de slachtoffers van een enkelvoudig fietsongeval aan dat het ongeval (mede) was ontstaan door het gedrag van een andere verkeersdeelnemer. Te denken valt aan uitwijken voor een ander, of schrikken van een actie van een ander. Davidse et al. (2014) bestudeerden 27 enkelvoudige ongevallen in een diepteonderzoek naar fietsongevallen met ouderen. Voorbeelden van interactie voorafgaand aan de ongevallen waren uitwijken of afremmen voor een andere verkeersdeelnemer, het zicht op een obstakel wordt ontnomen door een voorligger en afleiding door (het gedrag van) een achterligger.

## 3. Obstakels minimaliseren

Door kijk- en koersfouten zijn botsingen met obstakels zoals paaltjes nooit helemaal te voorkomen. Als ontwerpprincipe is daarom geformuleerd om 'het aantal obstakels op en langs de fietsinfrastructuur te minimaliseren'. Volgens CROW (CROW-Fietsberaad, 2014; CROW, 2016) mogen paaltjes alleen worden geplaatst als de noodzaak is aangetoond. De omvang van het eventuele probleem is een belangrijk punt: hoe vaak komt oneigenlijk gebruik van het fietspad voor? Hoeveel fietsers hebben er last van? Oftewel, is het probleem groter dan de nadelen van de paaltjes? Overblijvende obstakels moeten zo opvallend mogelijk worden gemaakt (zie ook het volgende punt over visuele geleiding). Fietspaaltjes vormen altijd een risico.

## 4. Visuele geleiding

Passeren bij hoge snelheden stelt hoge eisen aan de visuele geleiding. Dit is verklaarbaar vanuit theorie en kennis over de visuele waarneming bij de fietstaak (zie voor fietsen bijvoorbeeld Schepers & Den Brinker, 2011 en Fabrik et al., 2012). Hoewel mensen zich er meestal niet van bewust zijn, is de gezichtsscherpte alleen groot in het centrum van het gezichtsveld. Dit deel van het gezichtsveld wordt gebruikt om tegenliggers en obstakels zoals paaltjes en bochten te herkennen waarop geanticipeerd moet worden. In de periferie (randen) van het gezichtsveld is de gezichtsscherpte laag. Daar kunnen alleen grove objecten en structuren met een hoog contrast gezien worden. Tijdens het passeren kan een fietser zijn blik niet op de rand van de verharding richten. Voor de oriëntatie moet de blik voorwaarts gericht blijven terwijl de positie van de randen en een tegenligger in de periferie (randen) van het gezichtsveld zichtbaar blijven. Vooruitkijken is immers nodig omdat er bochten, wegversmallingen en andere obstakels kunnen opdoemen die de fietser moet herkennen. Als fietsers extra aandacht moeten richten op slecht zichtbare randen van het fietspad om het wegverloop waar te nemen, gaat dat dus ten koste van aandacht die nodig is om op mogelijke gevaren te anticiperen. Bij duisternis, zeker bij tegenlicht door tegemoetkomende fietsers of auto's op een parallelle weg, wordt het nog lastiger om het verloop van een fietspad goed waar te nemen als de randen onvoldoende contrast hebben. Vooral op relatief smalle tweerichtingsfietspaden, waar tegenliggers elkaar

moeten passeren, is kantmarkering wenselijk. Dit geldt in nog sterkere mate voor tweerichtingsfietspaden langs onverlichte (provinciale) wegen waar fietsers het contrast tussen het fietspad en de berm minder goed kunnen waarnemen door verblinding van koplampen van auto's op de rijbaan. Om die reden is als ontwerp-principe geformuleerd dat *'het wegverloop visueel geleid wordt, wat inhoudt dat het wegverloop en obstakels in de periferie van het gezichtsveld waargenomen moeten kunnen worden'*.

Met name oudere fietsers en slechtzienden geven aan zich veiliger te voelen wanneer goed zichtbare asmarkering en kantmarkering of een opvallende kantstrook wordt toegepast (Fabriek et al., 2012). Verzwaaarde asmarkering heeft een kanaliserend effect waardoor solo-fietsers wat beter op hun eigen rijstrook blijven (Velt & Vonder, 2015), wat een voordeel kan zijn bij het passeren. In ongevals onderzoek is gevonden dat kritische informatie zoals het wegverloop slecht zichtbaar was op ongevalslocaties (Schepers & Den Brinker, 2011). Daarbij werd zichtbaarheid gedefinieerd conform het tweede ontwerp-principe: de zichtbaarheid kreeg een lage score als het wegverloop niet goed waarneembaar was in de periferie van het gezichtsveld. Ook bij aanrijdingen met obstakels werd een slechte zichtbaarheid van die obstakels vastgesteld, wat duidt op het belang van een goede inleidende ribbelmarkering voor afsluitpaaltjes. In een experimentele studie werd gevonden dat het stuurgedrag verslechtert als het wegverloop en obstakels minder goed zichtbaar zijn (Fabriek et al. 2012).

Eventueel kunnen ook de randen van een route naast duidelijke visuele geleiding nog beter waarneembaar gemaakt worden door materialen te gebruiken die anders aanvoelen of klinken dan de ruimte ernaast. Zo is kantmarkering gemakkelijker waar te nemen als de lijnen voorzien zijn van een voelbaar reliëf.

## 5. Breedte

Het fietspadontwerp moet het mogelijk maken om te passeren en gepasseerd te worden. Daarnaast hebben fietsers ruimte nodig voor het slingeren door de 'vetergang' om in balans te blijven. Een tweewieler heeft de neiging om te vallen, maar bij voldoende snelheid stuurt de fiets vrijwel automatisch in de richting van de val. De contactpunten met de grond

komen daardoor weer onder het zwaartepunt van de fietser. Daarna herhaalt dit proces zich aan de andere kant en zo ontstaat het slingerende patroon van de vetergang (Jones, 1970; Kooijman et al., 2011). Bij een normale snelheid van 18 km/uur is de vetergang circa 40 cm breed en wordt breder bij lagere snelheden, harde wind en in bochten. Bij het passeren moet een fietser anderen ruimte geven en ondertussen zelf op de weg blijven en niet in aanraking komen met trottoirbanden en andere obstakels. De eisen aan die taak zijn hoog door de grote snelheidsverschillen op fietspaden. Zo ligt de gemiddelde kruissnelheid van snorfietsers bijna twee keer zo hoog als van normale fietsers en rijden de 15% snelste snorfietsers bijna drie keer zo snel als de 15% langzaamste fietsers. Ook rijden racefietsen en e-bikes veel sneller dan ouderen en kinderen op fietsen zonder trapondersteuning. Voor het veilig uitvoeren van de balanstak fietsen en een veilige interactie tussen fietsers is *'voldoende ruimte in de breedte'* als ontwerp-principe geformuleerd.

Extra breedte geeft fietsers extra veiligheidsmarge, bijvoorbeeld omdat ze gemiddeld meer afstand tot de berm aanhouden (zie Kader 1 voor onderzoek naar de dwarspositie van fietsers). Hoe breder het fietspad, hoe lager volgens TNO het aantal (ernstige) conflicten is, ondanks het feit dat een breder fietspad een hogere snelheid kan uitlokken en er meer ruimte is voor 'spookfietsers' die clandestien tegen de richting inrijden op een eenrichtingsfietspad (De Goede et al, 2013). Het effect van te weinig breedte is inmiddels ook in ongevals onderzoek vastgesteld. De kans op bermongevallen wordt ruimschoots verdubbeld door een meter minder breedte. De kans dat fietsers vallen doordat hun sturen in elkaar haken, stijgt ook.

## 6. Verharding vlak, stroef, heel en schoon

Van alle aan infrastructuur gerelateerd enkelvoudige fietsongevallen betreft ongeveer 40% uitglijden door glad wegdek of uit balans raken door scheuren, gaten en hobbels. Fietsers glijden uit door wintergladheid en gladde materialen in het wegdek. Voor de uitwerking van beleid voor gladheidsbestrijding in de winter heeft CROW-Fietsberaad (2013) een publicatie geschreven: *De basis voor effectieve gladheidsbestrijding voor fietsers*. Goede maatregelen zijn strooien, ruimen en borstelen bij sneeuw en ijsel, vooral op de hoofd fietsroutes. Ook de rest van het jaar is het zaak bladeren

**Kader 1: Dwarspositie tijdens het fietsen**

Het slingergedrag en de berm-afstand lijken vooral individueel constante factoren te zijn. Met name obstakels, scherpe bochten en het passeren en inhalen van andere fietsers zorgen voor afwijkingen van de stabiele koers. Bij duo-fietsers rijdt de rechterfietsster dicht bij de berm dan de gemiddelde bermafstand van een solo-fietsers. De rechterfietsster van een duo compenseert door minder te slingeren (de standaarddeviatie van de laterale positie daalt met ruim 5 cm) (Westerhuis & De Waard, 2014a). Bij duisternis lijken fietsers meer afstand tot de rand te nemen dan bij daglicht of schemer (dat verschil was enkele centimeters en niet significant in onderzoek van de Rijksuniversiteit Groningen en 10 tot 20 cm in een onderzoek van RoyalHaskoning DHV) (De Waard & Westerhuis, 2016; Van der Linde, 2016). Naarmate een fietspad breder is houden fietsers meer afstand aan tot de rand (Janssen, 2017). Ongeacht de exacte breedte hielden ze in een onderzoek van TNO op relatief brede fietspaden als afstand ongeveer een kwart van de fietspadbreedte aan (De

Goede et al., 2013). Op smalle fietspaden schuiven ze relatief verder naar het midden om voldoende afstand tot de berm te houden, soms bijna op het midden van het pad (Janssen, 2017). Ook voor fietsstroken is gevonden dat fietsers naar links schuiven naarmate de breedte toeneemt maar de grootte van de verschuiving is kleiner, waarschijnlijk omdat fietsers daar geneigd zijn om meer afstand tot passerende motorvoertuigen te houden (Zeegers et al., 2015).

De dwarspositie wordt ook gestuurd door markering en de vormgeving van de rand en de aanwezigheid van asmarkering. Fietsers houden de meeste afstand tot de rand van het fietspad bij verticale trottoirbanden. Bij schuine en a-niveau randen of een zachte berm houden fietsers minder afstand (een verschil van 5 tot 20 cm) (Westerhuis & De Waard, 2014b; Janssen, 2017). Kantmarkering heeft nauwelijks effect op de positie van fietsers op de verharding. Ze rijden na het aanbrengen wel dicht bij de kantmarkering dan

daarvoor langs de berm of de rand (de markering ligt immers op enige afstand van de rand van de verharding), waarschijnlijk door de extra visuele geleiding (De Waard & Westerhuis, 2016). Als de verharding rechts van een opvallende maar op het oog moeilijk overrijdbare strook wordt voorzien, houden fietsers wel meer afstand tot de rand van de verharding (20 cm naar links bij een strook van 30 cm) (De Waard & Westerhuis, 2016). En als de verharding verbreed wordt met een moeilijk overrijdbare strook (betonstrook met ribbels of betonstrook met kunstgras), dan schuiven fietsers naar rechts, maar niet zo ver als de breedte van de extra strook (10 tot 15 cm naar rechts bij een strook van 50 cm) (Westerhuis & De Waard, 2014b). Op een tweerichtingsfietspad gaan fietsers na het aanbrengen van verzwaarde asmarkering verder uit de as rijden, er gaat een kanaliserende werking vanuit (Velt & Vonder, 2015). De effecten van kant- en asmarkering op de laterale positie van fietsers zijn vergelijkbaar met de effecten bij automobilisten.

en dergelijke van de hoofdfietsroutes te vegen en na werkzaamheden dient men zand en split op te ruimen. Voorzieningen die oneffenheden kunnen veroorzaken zijn bijvoorbeeld putten, tramrails en wildroosters (Wijlhuizen et al., 2014). Rond die voorzieningen is extra aandacht nodig om onvlakheid en gladheid te voorkomen. Een extra aandachtspunt bij tramrails is om te voorkomen dat fietsers die onder een klein hoek kruisen omdat dan een wiel makkelijk kan wegslijpen of zelfs klem kan komen te zitten tussen te tramrails (CROW-Fietsberaad, 2011).

Putdeksels en markeringen kunnen eveneens aanleiding zijn voor valpartijen, vooral in bochten als het wegdek nat is. Stelconplaten zijn sterk af te raden waar fietsers rijden. Niet alleen zijn de randen glad, ook verzakken ze meestal waardoor hoogteverschillen ontstaan. Kruisingen met tramrails zijn zo veel mogelijk te vermijden. Kan dat niet, dan zo veel mogelijk haaks laten kruisen. Problemen met hobbels en kuilen zijn dat fietsers uit koers raken en/of uit balans. Dit probleem is te voorkomen door gesloten verharding toe te passen. En aantasting door boom-

wortels is te verminderen door wegdek en beplanting op elkaar af te stemmen en door de keuze van het type fundering. In verband met deze problemen is als ontwerpprincipe geformuleerd *dat de verharding voldoende vlak, stroef, heel en schoon moet zijn*. Met 'heel', ook 'samenhang', wordt gedeut op de afwezigheid van scheuren.

### 7. Vergevingsgezinde randen en bermen

Voldoende ruimte en (visuele) geleiding helpen om fouten te voorkomen. Helaas zal het nooit lukken om fouten helemaal uit te bannen. Circa 35% van de aan infrastructuur gerelateerde enkelvoudige fietsongevallen betreft een botsing tegen een trottoirband of val in de berm of bij het terugsturen uit de berm (zie Afbeelding A.2). Hoe lager en hoe schuiner de trottoirband, hoe kleiner de kans dat een fietser uit balans raakt en ten val komt. Als alleen een visuele scheiding wordt toegepast tussen een fiets- en voetpad is de kans op een val nog kleiner. Ligt er een berm langs het fietspad dan is de aansluiting op de verharding en berijdbaarheid (draagkracht) van de berm bepalend. In een drassige of hobbelige berm kan een fietser makkelijk ten val komen. Ook hier geldt dat de kans om zonder balansverlies terug te sturen groter is naarmate de rand minder schuin en het hoogteverschil tussen de berm en de verharding kleiner is. Bij een hoge en scherpe rand slijpt het voorwiel makkelijk langs de rand en is een val niet meer te voorkomen. Een ander nadeel van hogere en scherpere randen is dat fietsers (en voetgangers) erop kunnen vallen en daardoor letsel oplopen. Vanwege het risico van botsingen tegen trottoirbanden en bermongevallen is als ontwerpprincipe geformuleerd dat fietspaden *vergevingsgezinde randen en bermen* hebben.



**Afbeelding A.3** Voorbeeld van een onvoldoende veilige berm langs een betonverharding

Gemiddeld houden fietsers de meeste afstand aan tot hoge trottoirbanden (Westerhuis & De Waard, 2014b; Janssen, 2017). Helaas is toch bijna een kwart van alle infrastructuur-gerelateerde enkelvoudige fietsongevallen een botsing met een trottoirband. Ook voetgangers raken vaak ernstig gewond doordat ze over trottoirbanden vallen (Schepers et al., 2017b). De vraag bij trottoirbanden is vooral of het middel om voetgangers en fietsers voor elkaar te beschermen niet erger is dan de kwaal. In onderzoek van Janssen (Janssen, 2016, 2017; Janssen et al., 2018) naar het type scheiding tussen het fietspad en trottoir, bleek dat een grote meerderheid van de fietsers niet op voetpaden gaat rijden en voetgangers in gevaar brengen als er alleen een visuele scheiding is. De meeste metingen zijn verricht in 2016 op relatief smalle en drukke fietspaden in Amsterdam (Janssen, 2016). Daarbij was het aandeel fietsers dat over het voetpad uitweek laag (minder dan 1%), ongeacht het type rand. In 2017 zijn metingen verricht op fietspaden in Venlo, Delft, Arnhem en Eindhoven met een schuine rand en visuele scheiding a-niveau (zonder hoogteverschil) (Janssen, 2017). Bij a-niveau weken meer fietsers in deze stedelijke locaties uit over het voetpad (circa 7,5%), terwijl het aandeel laag blijft bij een schuine rand (minder dan 1%). Verder bleek dat fietsers vaker over het voetpad reden in bochten en bij kruispunten. Daarmee sneden ze bochten af en ontweken ze wachtrijen van fietsers voor een verkeerslicht als ze rechtsaf wilden slaan, de 'weg van de minste weerstand'. Opgeteld over alle steden en situaties zijn circa 500 over het trottoir uitwijkende fietsers waargenomen. In geen van die gevallen zijn gevaarlijke situaties geregistreerd. Fietsers die over het voetpad uitwijken, anticiperen kennelijk op voetgangers. Uit focusgroepbijeenkomsten met



**Afbeelding A.4** Voorbeeld van een berm die goed aansluit op de verharding

ouderen blijkt oudere voetgangers zich niet bedreigd voelen door fietsers als een fysieke scheiding ontbreekt (visuele scheiding a-niveau). Andere aspecten, zoals 'rommel op de stoep', de beperkte breedte van de fiets- en voetpaden en de drukte spelen een grotere rol bij het veiligheidsgevoel (Janssen, 2017).

Hoewel beton een duurzame vlakke verharding is, blijkt uit praktijkonderzoek dat de randen vaak weinig vergevingsgezind zijn (Spieard, 2015). Ten eerste is de rand vaak recht en scherp, zie bijvoorbeeld Afbeelding A.3. Ten tweede blijkt de berm vlak langs de verharding minder draagkrachtig te zijn en zijn er grotere hoogteverschillen tussen berm en verharding. Dit komt mede doordat de berm bij aanleg vaak wat lager wordt aangebracht, omdat de berm in de natte periodes uitzet en men wil voorkomen dat de berm hoger komt te liggen in verband met wateroverlast (met kans op opvriazing). Doordat beton geen water doorlaat als het regent, loopt het water rechtstreeks de berm in. Het is aan te bevelen om de rand af te schuinen en langs deze fietspaden een semiverharding toe te passen zodat het water via de semiverharding kan verdwijnen, zie bijvoorbeeld Afbeelding A.4.



## Bijlage B Literatuur

**Aarts, L.T. (2018).** Prestatie-indicatoren voor verkeersveiligheid (SPI's); Overzicht van beschikbare kennis over SPI's als basis voor risicogestuurd beleid; R-2018-19. SWOV, Den Haag.

**Aarts, L. & Dijkstra, A. (2018).** DV3 – Achtergronden en uitwerking van de verkeersveiligheidsvisie; De visie Duurzaam Veilig Wegverkeer voor de periode 2018-2030 onderbouwd. Publicatie R-2018-6B. SWOV, Den Haag.

**Bax, C.A. et al. (2017).** ProMeV Light. Publicatie R-2017-7. SWOV, Den Haag.

**CBS (2020).** Overledenen; doodsoorzaak (uitgebreide lijst), leeftijd, geslacht. Geraadpleegd 9 maart 2020 op <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/7233/table?fromstatweb>

**CROW (1997).** Handboek categorisering wegen op duurzaam veilige basis. Deel 1: (voorlopige) functionele en operationele eisen. Publicatie 116. CROW, Ede.

**CROW (2016).** Ontwerpwijzer fietsverkeer. Publicatie 351. CROW, Ede.

**CROW (2019).** Veilige inrichting van bermen niet-autosnelwegen. CROW, Ede.

**CROW-Fietsberaad (2011).** Grip op enkelvoudige ongevallen; Fietsberaadpublicatie 19a. Fietsberaad, Utrecht.

**CROW-Fietsberaad (2013).** De basis voor effectieve gladheidsbestrijding voor fietsers. Fietsberaad, Utrecht.

**CROW-Fietsberaad (2014).** Keuzeschema sanering palen op fietspaden. Fietsberaad, Utrecht.

**CROW-Fietsberaad (2018).** Bouwstenen voor een comfortabel en vergevingsgezind fietspad. Fietsberaad, Utrecht.

**Davidse, R.J., Duijvenvoorde, K. van, Boele, M.J., Doumen et al. (2014).** Fietsongevallen van 50-plussers: Karakteristieken en ongevalsscenario's van enkelvoudige ongevallen en botsingen met overig langzaam verkeer; R-2014-3A. SWOV, Den Haag.

**Dijkstra, A. (2003a).** Kwaliteitsaspecten van duurzaam veilige weginfrastructuur; Voorstel voor een stelsel van DV-eisen waarin alle DV-principes zijn opgenomen. R-2003-10. SWOV, Leidschendam.

**Dijkstra, A. (2003b).** Infrastructurele verkeersvoorzieningen en hun veiligheidsaspecten. Publicatie D-2003-5. SWOV, Leidschendam.

**Dijkstra, A. (2010).** Welke aanknopingspunten bieden netwerkopbouw en weg categorisering om de verkeersveiligheid te vergroten? Eisen aan een duurzaam-veilig wegennet. R-2010-3. SWOV, Leidschendam.

**Dijkstra, A. (2014a).** Naar meer veiligheid op kruispunten. R-2014-21. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Den Haag.

**Dijkstra, A (2014b).** Enkele aspecten van kruispuntveiligheid. R-2014-21A. SWOV, Den Haag.

**Dijkstra, A. & Twisk, D.A.M. (1991).** Over beheren en manoeuvreren; Een synthese van verkeerskundige en gedragswetenschappelijke inzichten over functie, vormgeving en gebruik van de verkeersinfrastructuur. R-91-54. SWOV, Leidschendam.

**Does, H. van der, Krul, I., Stam, C. & Nijman, S. (2019).** Verkeersongevallen 2017. VeiligheidNL, Amsterdam.

**Elvik, R. Høy, A. Vaa, T. & Sorensen, M. (2009).** The handbook of road safety measures. Second edition. Emerald Group Publishing Ltd, Bingley, UK.

**Fabrick, E., Waard, D. de & Schepers, P. (2012).** Improving the visibility of bicycle infrastructure. *International journal of human factors and ergonomics*, 1(1), 98-115.

**FHWA (2015).** Intersection Safety Strategies. FHWA-SA-15-085. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Washington DC.

**Goede, M. de, Obdeijn, C. & Horst, A.R.A. van der (2013).** Conflicten op fietspaden - fase 2. TNO, Soesterberg.

**Harms, L., Bertolini, L. & Te Brömmelstroet, M. (2014).** Spatial and social variations in cycling patterns in a mature cycling country exploring differences and trends. *Journal of Transport & Health*, 1(4), 232-242.

**Harms, L. & Kansen, M. (2018).** Fietsfeiten. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, Den Haag.

**Hoogendoorn, T. (2017).** The contribution of infrastructure characteristics to bicycle crashes without motor vehicles A quantitative approach using a case-control design. Technische Universiteit Delft, Delft.

**Janssen, B. (2016).** Traffic Safety of Kerbs. Delft University of Technology, Delft.

**Janssen, B. (2017).** Verkeersveiligheid van Trottoirbanden. Rijkswaterstaat, Utrecht.

**Janssen, B., Schepers, P., Farah, H. & Hagenzieker, M. (2018).** Behaviour of cyclists and pedestrians near right angled, sloped and levelled kerb types: Do risks associated to height differences of kerbs weigh up against other factors? *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 18(4).

**Janssen, S.T.M.C. (red.) (1991).** De categorie-indeling van wegen binnen de bebouwde kom; Een neerslag van overwegingen binnen de CROW-werkgroep. R-91-44. SWOV, Leidschendam.

**Jones, D.E.H. (1970).** The stability of the bicycle. *Physics Today* 23 (4), 34-40.

**Kooijman, J.D., Meijaard, J.P., Papadopoulos, J.M., Ruina, A. & Schwab, A.L. (2011).** A bicycle can be self-stable without gyroscopic or caster effects. *Science* 332 (6027), 339-42.

**Linde, M. van der (2016).** De weg vinden in het donker. RHDHV, Amersfoort.

**Ministerie van IenW et al. (2018).** Veilig van deur tot deur. Het Strategisch Plan Verkeersveiligheid 2030: Een gezamenlijke visie op aanpak verkeersveiligheidsbeleid. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Den Haag.

**Ministerie van VenW (2008).** Strategisch Plan Verkeersveiligheid 2008-2020; Van, voor en door iedereen. Den Haag: Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

**Petegem, J.W.H. van & Uijtdewilligen, T. (2021).** Fietsongevallen door parkeervakken langs gebiedsontsluitingswegen. R-2021-32. SWOV, Den Haag.

**Schepers, P. (2010).** Fiets-fietsongevallen; Botsingen tussen fietsers. Rijkswaterstaat, Delft.

**Schepers (2013).** A safer road environment for cyclists. Technische Universiteit Delft, Delft.

**Schepers, P. & Brinker, B. den (2011).** What do cyclists need to see to avoid single-bicycle crashes? *Ergonomics*, 54(4), 315.

**Schermers, G. & Petegem, J.W.H. van (2013).** Veiligheidseisen aan het dwarsprofiel van gebiedsontsluitingswegen met limiet 80 km/uur. Publicatie D-2013-2. SWOV, Leidschendam.

**Schermers, G., Dijkstra, A., Mesken, J. & Baan, D. de (2013).** Richtlijnen voor wegontwerp tegen het licht gehouden. D-2013-5. SWOV, Leidschendam.

**Schepers, P., Agerholm, N., Amoros, E., Benington, R. et al. (2015).** An international review of the frequency of single-bicycle crashes (SBCs) and their relation to bicycle modal share. *Injury prevention*, 21(e1), e138-e143.

**Schepers, P., Stipdonk, H., Methorst, R. & Olivier, J. (2017a).** Bicycle fatalities: trends in crashes with and without motor vehicles in The Netherlands. *Transportation research part F*, 46, 491-499.

**Schepers, P., Brinker, B. den, Methorst, R. & Helbich, M. (2017b).** Pedestrian falls: a review of the literature and future research directions. *Journal of Safety Research*, 62, 227-234.

**Spijerd, R. (2015).** Pilot kwaliteit en draagkracht bermen. RHDHV, Amersfoort.

**SWOV (2019a).** Verkeersveiligheidscijfers: werkelijke aantallen, registratiegraad (Qlik Analytics Platform). Geraadpleegd 9 maart 2020 op <https://swov.nl/nl/cijfers/verkeersongevallen>

**SWOV (2019b).** Ernstig verkeersgewonden in Nederland. SWOV-factsheet, december 2019. SWOV, Den Haag.



**SWOV (2022).** Factsheet Rotondes en andere kruispunten. SWOV, Den Haag.

**Tingvall, C. & Haworth, N. (1999).** Vision Zero: An ethical approach to safety and mobility. In: Proceedings of the 6th ITE International Conference - Road Safety and Traffic Enforcement: Beyond 2000, Melbourne.

**Trafikverket (2018).** Analysis of Road Safety Trends 2018; Management by objectives for road safety work towards the 2020 interim targets. Trafikverket, Borlänge.

**Valkenberg, H., Nijman, S., Schepers, P., Panneman, M. & Klein Wolt, K. (2017).** Fietsongevallen in Nederland; SEH-behandelingen 2016. VeiligheidNL, Amsterdam.

**Velt, E.J. & Vonder, R. (2015).** Hoe markering de lijn uitzet naar een veiliger fietspad. Hogeschool Windesheim, Zwolle.

**Waard, D. de & Westerhuis, F. (2016).** Effecten van diverse typen kantbelijning op fietsgedrag en beleving (bij daglicht en duisternis). Rijksuniversiteit Groningen, Groningen.

**Wegman, F. & Aarts, L. (red.) (2005).** Door met Duurzaam Veilig; Nationale Verkeersveiligheidsverkenning voor 2005-2020. SWOV, Leidschendam.

**Weijermars, W. (2019).** Monitor Verkeersveiligheid 2019; Effectieve maatregelen nodig om het tij te keren; R-2019-22. SWOV, Den Haag.

**Weijermars, W.A.M., Dijkstra, A., Doumen, M.J.A., Stipdonk, H.L., Twisk, D.A.M. & Wegman, F.C.M. (2013).** Duurzaam Veilig, ook voor ernstig verkeersgewonden. SWOV, Den Haag.

**Westerhuis, F. & Waard, D. de (2014a).** Natuurlijk fietsen. Rijksuniversiteit Groningen, Groningen.

**Westerhuis, F. & Waard, D. de (2014b).** Onderzoek naar het effect van ingrepen aan de rand van een fietspad op gedrag, zichtbaarheid & acceptatie. Rijksuniversiteit Groningen, Groningen.

**Wijlhuizen, G.J. & Gent, P. van (2014).** Race- en toerfietsen op de openbare weg; Mogelijkheden om de verkeersveiligheid te verbeteren; R-2014-20. SWOV, Den Haag.

**Wijlhuizen, G.J., Dijkstra, A. & Petegem, J.W.H. van (2014).** Safe Cycling Network; Ontwikkeling van een systeem ter beoordeling van de veiligheid van fietsinfrastructuur. SWOV, Den Haag.

**Wijlhuizen, G.J., Commandeur, J.J.F. & Smit, D. (2017).** Screening kenmerken weginfrastructuur; Beoordeling van veiligheid op basis van gestratificeerde random steekproeftrekking van 25-metersegmenten. Publicatie R-2017-26. SWOV, Den Haag.

**Zeegers, T., Boggelen, O. van, Morsink, P. & Hengeveld, J. (2015).** Evaluatie discussienotitie fiets- en kantstroken; Een praktijkonderzoek op 23 locaties. CROW-Fietsberaad, Ede.

## Colofon

### Uitgave

Kennisnetwerk SPV

### Productnummer

KN SPV 2023-5

### Opmaak

Inpladi bv, Cuijk

### Foto's

Hilbert Krane (pagina 3)  
Shutterstock.com

Mei 2023