Rotondes en andere kruispunten

SWOV-factsheet, juni 2022



SWOV-factsheets bevatten korte en duidelijke antwoorden op de meest gestelde vragen over een specifiek verkeersveiligheidsonderwerp en worden met enige regelmaat geactualiseerd. Zie swov.nl/factsheets voor de meest actuele versie van de factsheets.

Samenvatting

Een kruispunt is een locatie waar wegen kruisen of splitsen en waar verkeer van weg mag verwisselen. Er zijn twee groepen kruispunten: gelijkwaardige en ongelijkwaardige. Bij gelijkwaardige kruispunten hebben bestuurders van rechts voorrang. Kruispunten kunnen verschillende vormen hebben, zoals drie-, vier- en vijftaks kruispunten, en ze kunnen op meerdere manieren ontworpen zijn. Bij een ongelijkwaardig kruispunt is de voorrang geregeld met borden, wegmarkering en/of een verkeersregelinstallatie (VRI).

Ongeveer een derde van de verkeersdoden op Nederlandse wegen valt op kruispunten. Binnen de bebouwde kom is dit bijna de helft en buiten de bebouwde kom iets minder dan een kwart. Onder fietsers en ook brom- en snorfietsers vallen relatief veel verkeersdoden op kruispunten. Een rotonde is de veiligste kruispuntvorm, omdat deze minder conflictpunten, een lagere snelheid en een kleinere impacthoek heeft dan een conventioneel kruispunt. Ook voor fietsers en voetgangers zijn rotondes veiliger dan andere kruispuntvormen, althans in Nederland. Vanuit Duurzaam Veilig worden rotondes aangeraden op punten waar twee gebiedsontsluitingswegen elkaar kruisen. In zijn algemeenheid gaat Duurzaam Veilig ervan uit dat een conflict tussen voertuigen alleen mag optreden bij geringe snelheids- en massaverschillen. Daarom zijn snelheidsremmende maatregelen nabij of op kruispunten vanuit verkeersveiligheidsoogpunt altijd gewenst.

Naast kruispunten zijn er kruisingen, zowel ongelijkvloers als gelijkvloers, maar deze vallen buiten het bestek van deze factsheet. Op ongelijkvloerse kruisingen vindt geen uitwisseling van verkeer plaats en kunnen dus ook geen conflicten optreden die op kruispunten wel kunnen voorkomen. Op gelijkvloerse kruisingen wordt gekruist met faciliteiten voor ander soort verkeer, bijvoorbeeld met openbaar vervoer (zie hiervoor de SWOV-factsheet *Openbaar vervoer en spoorwegovergangen*) of met oversteekvoorzieningen voor voetgangers en fietsers (zie hiervoor de SWOV-factsheet *Infrastructuur voor voetgangers en fietsers*).

1 Wat verstaan we onder een kruispunt?

Een kruispunt is een locatie waar wegen en verkeersstromen elkaar kruisen of splitsen en waar verkeer van weg mag wisselen. Kruispunten zijn er in verschillende vormen en maten: het kenmerk is dat het verkeer elkaar gelijkvloers kruist. Een rotonde is een gelijkvloers kruispunt waar het verkeer in een rondgaande beweging wordt afgewikkeld en waar het verkeer op de rotonde voorrang heeft [1]. Een uitgebreide beschrijving van verschillende kruispunttypen staat in de vraag *Welke typen kruispunten kunnen we onderscheiden?* Een kruising is iets anders dan

een kruispunt. Bij een gelijkvloerse kruising ontmoeten verschillende verkeersstromen elkaar ook, maar hier kan men niet van richting veranderen. Denk hierbij aan een spoorwegovergang of oversteekplaats voor fietsers of voetgangers. Bij ongelijkvloerse kruisingen vinden daarentegen geen ontmoetingen plaats.

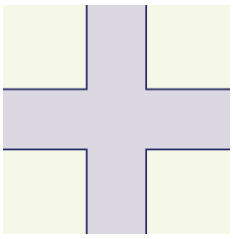
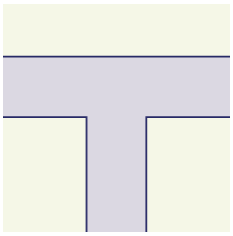
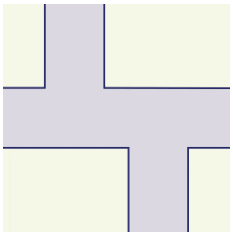
2 Welke typen kruispunten kunnen we onderscheiden?

Kruispunten kunnen onderverdeeld worden op kruispunttype, voorrangsregeling en inrichting.

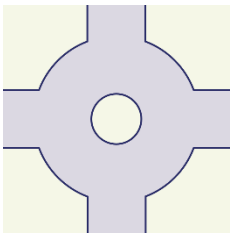
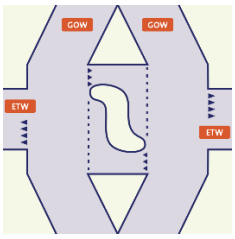
Kruispunten onderscheiden naar kruispunttype

Tabel 1 laat de verschillende kruispunttypen zien.

Tabel 1. Kruispunten onderscheiden naar kruispunttype[1].

Kruispunttype	Beschrijving
	**Viertakskruispunt (+ of X)** Een kruispunt waar twee wegen samenkomen en waarbij uitwisseling tussen beide wegen mogelijk is [2]. De takken kunnen haaks aansluiten (+), of niet haaks (X)
	**Drietakskruispunt (Y of T)** Een kruispunt waar een weg eindigt op een andere weg [1] [3]. Hier komen dus drie wegvakken samen. Dit kan in een T-vorm zijn, een T-kruispunt, of in een Y-vorm, een Y-kruispunt
	**Bajonetkruispunt** Bestaat uit twee drietakskruispunten die tegenover elkaar liggen op een relatief korte afstand. Dit is eigenlijk een variant op een viertakskruispunt. Een bajonetkruispunt mag alleen zo heten wanneer er een relatie is tussen de aangesloten wegen [4]

1. Er bestaan ook verkeerspleinen, maar deze zijn buiten beschouwing gelaten omdat ze maar weinig voorkomen.

Kruispunttype	Beschrijving
	**Rotonde** Dit is een gelijkvloers kruispunt waar het verkeer in rondgaande beweging wordt afgewikkeld. Het verkeer op de rotonde heeft voorrang en de wegen sluiten radiaal aan [1]
	**Voorrangsplein (nieuw kruispunttype)** Een voorrangsplein is een relatief nieuw kruispunttype dat elementen heeft van zowel een rotonde als een voorrangskruispunt. Belangrijk voor een voorrangsplein is dat er een duidelijke hoofdstroom is met een hogere intensiteit, die voorrang heeft op de zijstromen. Dit maakt het verschil met een rotonde. Een uitbuiging in de hoofdrijbaan zorgt voor een snelheidsverlaging op het kruispunt. Verder zorgt een middeneiland ervoor dat het verkeer om elkaar heen draait en de snelheid eveneens afneemt [5].

Kruispunten onderscheiden naar voorrangsregeling

- *Gelijkwaardig*: een kruispunt zonder voorrangsregeling waar bestuurders van rechts voorrang hebben [1].
- *Ongelijkwaardig*: hier zijn twee vormen te onderscheiden:

1. *Voorrangskruispunt:* voorrang geregeld met borden en wegmarkering [1].
2. *Voorrangskruispunt met verkeersregelinstallatie (VRI)*: dit is een bijzondere vorm van een voorrangskruispunt waarbij de doorgang van het verkeer geregeld wordt door verkeerslichten [1].

Kruispunten onderscheiden naar inrichting

- *Met/zonder snelheidsremmers.* Er kan voor snelheidsremmers gekozen worden om een veilige snelheid af te dwingen. Dit gebeurt in de vorm van plateaus, verkeersdrempels of een rotonde [6].
- *Met/zonder aparte fietsvoorzieningen*. Voor elk van de hierboven genoemde kruispunttypen geldt dat deze met of zonder aparte fietsvoorziening voorkomt. Er zijn verschillende fietsvoorzieningen die op conventionele kruispunten binnen de bebouwde kom voorkomen, maar ook bij kruisingen, zoals: vrijliggende (brom)fietspaden, hoofdfietsroutes, solitaire (brom)fietspaden, fietsstraten en fietsstroken. Buiten de bebouwde kom geldt dat vrijliggende (brom)fietspaden op kruispunten voorkomen en dat solitaire (brom)fietspaden en fietswegen een kruising vormen met de hoofdrijbaan (al dan niet ongelijkvloers in de vorm van een tunnel of viaduct) of geïntegreerd worden op het kruispunt van het wegennetwerk [1].
- *Met/zonder aparte voetgangersvoorziening*. Er bestaan verschillende voorzieningen voor voetgangers op kruispunten [1]. Zo zijn er kruispunten met een zebra en kruispunten met een aparte verkeersregelinstallatie (VRI) voor voetgangers. Wanneer er een VRI aanwezig is, bestaat de belijning uit kanalisatiestrepen. Ook zijn er middeneilanden die ervoor zorgen dat er in etappes overgestoken kan worden. Als laatste zijn er voetgangerstunnels en -bruggen

om voetgangers ongelijkvloers en veilig over te laten steken. Deze komen vooral voor bij stroomwegen en soms ook bij gebiedsontsluitingswegen.
- *Met/zonder aparte ov-voorziening*. Kruispunten waar ov-banen het overige wegennet kruisen, zijn normaal gesproken voorrangskruispunten, kruispunten met ov-lichten of met VRI's, of rotondes waar de ov-baan op aansluit. In de meeste situaties wordt geprobeerd het ov zo veel mogelijk voorrangsgerechtigd te laten zijn. Dit heeft te maken met de doorstroming, de regelmaat en de stiptheid die bij het ov verlangd wordt [1].

Ter aanvulling van het bovenstaande lijstje: in de praktijk bestaan er veel varianten op deze kruispunttypen. Hierdoor is er een beperkte uniformiteit van kruispunten. Dit heeft vaak te maken met de verkeerssituatie ter plekke, de kosten en de beschikbare ruimte. Een andere reden hiervoor is dat er in Nederland geen sprake is van formele richtlijnen maar van aanbevelingen, zoals vastgelegd in het 'ASVV 2012'[2] [7] en het 'Handboek Wegontwerp 2013' [8], beiden van CROW.

3 Hoeveel slachtoffers vallen er bij ongevallen op kruisingen?

Ongeveer een derde van alle verkeersdoden valt op kruisingen[3]. Het aandeel verkeersdoden op kruisingen binnen de bebouwde kom (bijna de helft) is hoger dan buiten de bebouwde kom (iets minder dan een kwart). Onder fietsers vallen meer verkeersdoden op kruisingen dan op wegvakken: jaarlijks gemiddeld 54% van het totaal. Een andere opvallende categorie zijn de brom- en snorfietsers: binnen de bebouwde kom gebeurt jaarlijks de helft van alle dodelijke ongevallen op kruisingen. Bij de overige vervoerswijzen is het aandeel dodelijke kruisingsongevallen een stuk kleiner in vergelijking met het aandeel verkeersdoden op wegvakken. Voor het autoverkeer geldt bijvoorbeeld dat gemiddeld maar 19% van de verkeersdoden op kruisingen valt en voor voetgangers is dit gemiddeld 26% (zie *tabel 2* hieronder). In *Tabel 2* is te zien hoeveel doden er gemiddeld per jaar vallen op kruisingen ten opzichte van wegvakken, gemeten over de jaren 2015 – 2019. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen binnen de bebouwde kom en buiten de bebouwde kom, evenals een onderscheid tussen verschillende vervoerswijzen. De tabel laat absolute aantallen en percentages zien.

2. In het najaar van 2021 wordt de nieuwe ASVV verwacht.
3. Er wordt hier over kruisingen gesproken omdat de kwaliteit van de locatieregistratie in BRON lastig te beoordelen is (zie de vraag *Wat verstaan we onder een kruispunt?*). Er kan dus niet altijd met zekerheid gezegd worden of een ongeval op een kruispunt of kruising plaatsvond. 'Kruisingen' omvat beide locaties.

Tabel 2. Het gemiddeld aantal in BRON geregistreerde doden op kruisingen per jaar ten opzichte van wegvakken, gemeten over de periode 2015 – 2019, uitgesplitst naar vervoerswijze en naar binnen en buiten de bebouwde kom. Van 7% van de dodelijke kruisingsongevallen is niet bekend of dit binnen of buiten de bebouwde kom gebeurde. Daarnaast zijn er in werkelijkheid circa 15% meer verkeersdoden dan geregistreerd. Daarvan zijn geen locatiegegevens van bekend, dus ook niet of het ongeval op een kruising of wegvak plaatsvond[4].

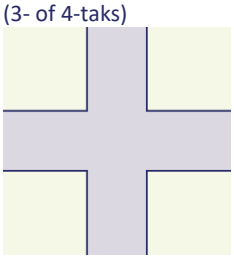
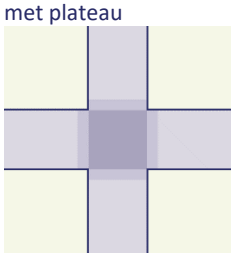
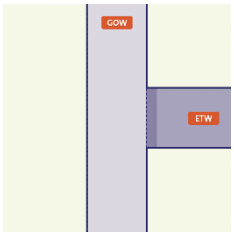
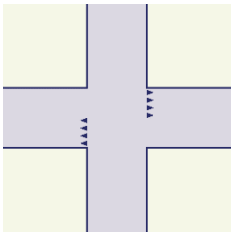
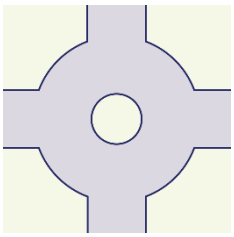
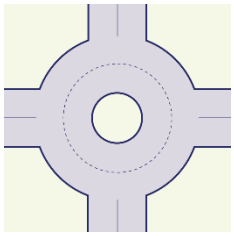
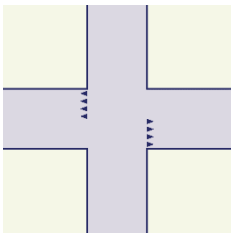
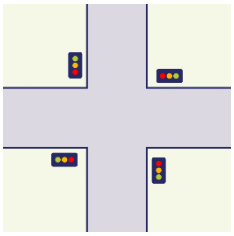
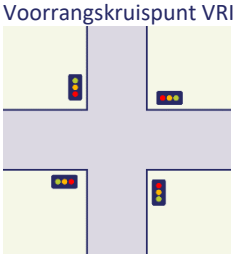
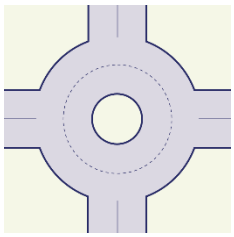
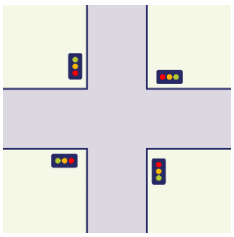
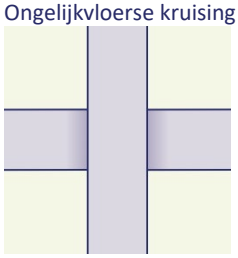
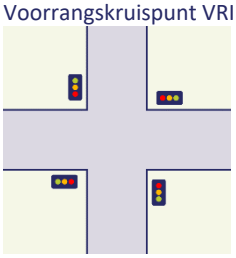
	Totale gemiddelde 2015 - 2019				Binnen de bebouwde kom				Buiten de bebouwde kom			
	Kruising		Wegvak		Kruising		Wegvak		Kruising		Wegvak	
	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%
Totaal	**175**	**31%**	**382**	**69%**	**99**	**48%**	**109**	**52%**	**64**	**22%**	**233**	**78%**
Voetganger	14	26%	39	74%	12	36%	21	64%	1	7%	13	93%
Fiets	76	54%	64	46%	49	60%	33	40%	24	49%	25	51%
Brom- en snorfiets	15	42%	21	58%	10	50%	10	50%	4	31%	9	69%
Motor/scooter	12	27%	33	73%	5	36%	9	64%	6	21%	23	79%
Auto	42	19%	183	81%	13	33%	26	67%	26	16%	138	84%
Vracht- en bestelauto	3	11%	25	89%	1	33%	2	67%	2	9%	21	91%
Overige en anders	12	43%	16	57%	8	50%	8	50%	3	38%	5	63%

4 Wat is het ideale kruispunt volgens Duurzaam Veilig?

Het ideale kruispunttype volgens Duurzaam Veilig is afhankelijk van de wegcategorieën van de kruisende wegen. Zie voor meer informatie over Duurzaam Veilig de SWOV-factsheet *Duurzaam Veilig Wegverkeer*. *Tabel 3* geeft aan welke kruispunten door Duurzaam Veilig aanbevolen worden op welke plek. De aanbevolen kruispunten staan per situatie op volgorde van meest gewenst naar minst gewenst, waarbij veiligheid het uitgangspunt is. Een kanttekening hierbij: Bij 50-50/50-70/70-70 (GOW-GOW)-kruispunten hangt de veiligheid af van de capaciteit van het kruispunt. De capaciteit van een kruispunt heeft te maken met het aantal rijstroken op de takken en de verdeling van het verkeer over deze takken. De tabel gaat uit van een situatie waar het op elk kruispunttype even druk is. Echter, doordat een voorrangskruispunt een lagere capaciteit heeft, kan het bij een hogere verkeersvraag de hoeveelheid verkeer niet goed verwerken. Bij drukke kruispunten is daarom een voorrangskruispunt met verkeersregelinstallatie (VRI) veiliger. De vraag *Welke kruispunttypen zijn het veiligst?* geeft uitleg waarom het ene kruispunttype veiliger is dan het andere.

4. We weten niet of de niet-geregistreerde verkeersdoden vaker op wegvakken of op kruisingen plaatsvonden; dit leidt mogelijk tot een vertekend beeld wanneer we de verdeling baseren op de in BRON geregistreerde aantallen. De onderregistratie is het grootst bij fietsers, die in zijn algemeenheid vaker een ongeval hebben op kruisingen. Enkelvoudige fietsongevallen waar de onderregistratie nog groter is, vinden echter vaker op wegvakken plaats.

Tabel 3. Aanbevolen kruispunttypen per locatie. Bij meerdere mogelijkheden staat het vanuit veiligheidsoogpunt meest gewenste kruispunttype als eerste genoemd. ETW: erftoegangsweg; GOW: gebiedsontsluitingsweg; SW: stroomweg.

BINNEN DE BEBOUWDE KOM			BUITEN DE BEBOUWDE KOM		
Kruispunt tussen	**Aanbevolen kruispunt**		**Kruispunt tussen**	**Aanbevolen kruispunt**	
30-30 (ETW-ETW)	Gelijkwaardig kruispunt (3- of 4-taks)		60-60 (ETW-ETW)	Gelijkwaardig kruispunt met plateau	
30-50 (ETW-GOW)	Kruispunt met uitritconstructie			Voorrangskruispunt	
50-50/ 50-70/ 70-70 (GOW-GOW)*	Enkel- of meerstrooks-rotonde		60-80 (ETW-GOW)	Meerstrooksrotonde	
	Voorrangskruispunt			Voorrangskruispunt VRI	
	Voorrangskruispunt VRI		80-80 (GOW-GOW)	Meerstrooksrotonde	
				Voorrangskruispunt VRI	
			80-100 (GOW-SW)**	Ongelijkvloerse kruising	
				Voorrangskruispunt VRI	

* De aangegeven volgorde gaat uit van vergelijkbare vekeersintensiteiten
** Hoewel deze factsheet alleen over gelijkvloerse kruispunten gaat, is hier toch een ongelijkvloerse kruising opgenomen om aan te geven dat deze de voorkeur verdient op dit wegtype

Het uitgangspunt bij duurzaam veilige kruispunten is dat een conflict tussen voertuigen alleen mag en kan optreden bij geringe snelheids- en massaverschillen [9]. Snelheidsremmende maatregelen nabij of op kruispunten zijn daarom vanuit verkeersveiligheidsoogpunt gewenst. Op kruispunten met gebiedsontsluitingswegen binnen de bebouwde kom waar gemotoriseerd verkeer elkaar kruist, geldt als veilige maximumsnelheid 50 km/uur. In situaties waarbij zwaar

gemotoriseerd verkeer kan kruisen met veel lichtere (brom/snor)fietsers en voetgangers, moet de snelheidsverlaging groter zijn. Zo geldt voor kruispunten met gebiedsontsluitingswegen binnen de bebouwde kom waar voetgangers en fietsers gemotoriseerd verkeer kruisen, als veilige maximumsnelheid 30 km/uur[9]. Een lagere snelheid kan worden afgedwongen door bijvoorbeeld een rotonde, een verkeersdrempel net voor het kruispunt, of een verhoogd kruispuntvlak (plateau). Daarnaast zijn de eisen aan duurzaam veilige kruispunten erop gericht dat bepaalde combinaties van botspartners (bijvoorbeeld vrachtauto's en fietsers) niet meer kunnen conflicteren in bepaalde omstandigheden doordat de aangebrachte verkeersvoorziening dat nagenoeg uitsluit [9]. Vanuit een duurzaam veilig oogpunt worden daarom de volgende kruispuntvoorzieningen aanbevolen (*Tabel 4*):

Tabel 4. Belangrijkste kruispuntvoorzieningen ter voorkoming van veelvoorkomende conflicten of botsingen. Zie de vraag Welke kenmerken beïnvloeden de veiligheid van een kruispunt? voor een uitleg over de conflicttypen en de vraag Hoe kunnen kruispunten veiliger worden gemaakt voor fietsers? voor een uitleg over OFOS en in- en uitbuigen.

Conflict	Conflict- of botspartners		
	Motorvoertuigen onderling	**Voetgangers, fietsers en bromfietsers onderling**	**Personen- of vrachtauto vs. voetganger, fiets of bromfiets**
Convergerende of divergerende conflicten	Rotonde	-	Bij pad en limiet 50 km/uur: in- of uitbuigen Bij VRI: opgeblazen fietsopstelstrook (OFOS)
Dwarsconflicten	Rotonde of snelheidsremmer	Snelheidsremmer	Rotonde of snelheidsremmer
Frontale conflicten, met afslaan	Indien geen rotonde: opstelstrook voor linksaf	-	Tussenberm

In de praktijk wordt de keuze voor een specifieke voorziening vaak bepaald door andere aspecten dan verkeersveiligheid. Bijvoorbeeld de intensiteit, het ruimtegebruik en de kosten.

5 Welke kruispunttypen zijn het veiligst?

Uit onderzoek [9] blijkt dat rotondes de veiligste kruispunttypen zijn. Hieronder staat een lijstje met kruispunttypen in volgorde van meest veilig naar minst veilig[5]:

- *Rotonde*. Rotondes zijn veiliger dan conventionele kruispunten, zo blijkt uit onderzoek waarin ongevalsrisico's op verschillende typen kruispunten met elkaar worden vergeleken [9]. Een recente publicatie [10] komt echter tot andere conclusies en stelt dat er op rotondes juist meer slachtofferongevallen plaatsvinden dan op conventionele kruispunten. Het is niet bekend in hoeverre dit recente resultaat veroorzaakt wordt doordat relatief onveilige kruispunten eerder worden omgebouwd tot rotonde dan relatief veilige kruispunten. Voor- en nastudies, op dezelfde locatie, [11] [12] hebben aangetoond dat het ombouwen van kruispunten naar rotondes leidt tot aanzienlijke slachtofferreducties.

5. Gelijkwaardige kruispunten, dus zonder voorrangsregeling en rechts 'in de voorrang', horen niet in dit rijtje thuis omdat ze een ander toepassingsgebied hebben. Namelijk de verblijfsgebieden (30 en 60km/uur-zones). Ze zijn daarom niet te vergelijken met de kruispunten in dit rijtje.

- *Kruispunt met voorrangsregeling*. De intensiteiten op deze kruispunten zijn vaak lager dan op kruispunten met een verkeersregelinstallatie (VRI). Ook is het ontwerp van een voorrangskruispunt eenvoudiger dan kruispunten met een VRI. Dit zorgt voor minder complexe situaties en daardoor ontstaan er minder ongevallen.
- *Kruispunt met VRI*. Deze kruispunten zijn over het algemeen onveiliger dan de andere kruispunttypen. Dit type kruispunt wordt vaak toegepast wanneer het aantal passerende motorvoertuigen voor andere kruispunttypen te hoog is om te verwerken. Kruispunten met een VRI zijn vaak complex omdat de capaciteit hoger is dan bij andere kruispunten. Dit kan voor meer onveiligheid zorgen. De capaciteit van een kruispunt heeft te maken met het aantal rijstroken op de takken en de verdeling van het verkeer over deze takken

Verder is er recentelijk een nieuw kruispunttype bijgekomen: het voorrangsplein (zie voor een beschrijving de vraag *Welke typen kruispunten kunnen we onderscheiden?*). Het is echter nog te vroeg om dit kruispunttype op te nemen in het bovenstaande lijstje, omdat voorrangspleinen nog niet voldoende zijn geëvalueerd. Er bestaan wel enkele afstudeeronderzoeken naar voorrangspleinen. De algemene conclusie uit deze onderzoeken is, dat een voorrangsplein meer conflictpunten heeft dan een enkelstrooksrotonde. Deze conflictpunten liggen echter wel verder uit elkaar dan op een voorrangskruispunt, de conflicttypen zijn anders dan op andere kruispunttypen en de conflicten vinden plaats op lagere snelheid.

Zie de volgende drie afstudeeronderzoeken voor meer informatie over de veiligheid van voorrangspleinen ‘Het voorrangsplein: een nieuw kruispunttype?’ [13], ‘A comparison between the pleintje, priority intersection & roundabout’ [14] en ‘Voorrangspleinen buiten de bebouwde kom’ [15].

6 Welke eisen zijn er voor het ontwerp van kruispunten?

Er bestaan geen wettelijke eisen voor de vormgeving van verschillende kruispunttypen. Wel zijn er aanbevelingen vanuit Duurzaam Veilig (zie voor een beschrijving de vraag *Wat is het ideale kruispunt volgens Duurzaam Veilig?*) en bestaan er verschillende ontwerpaanbevelingen van CROW:

- Basiskenmerken kruispunten en rotondes (CROW) - Ontwerpaanbevelingen voor kruispunten binnen en buiten de bebouwde kom [1]
- Handboek Wegontwerp (CROW) - Ontwerpaanbevelingen voor kruispunten buiten de bebouwde kom [8]
- ASVV (CROW) - Ontwerpaanbevelingen voor kruispunten binnen de bebouwde kom [7]

Doordat de vormgeving van kruispunten (en ook de vormgeving van wegvakken) niet in de wet is opgenomen, is uniformiteit niet gegarandeerd. Van richtlijnen kan eerder afgeweken worden dan van wettelijke eisen. Dit moet kunnen omdat de situatie overal anders is en het daarom niet mogelijk is om een kruispunt overal precies hetzelfde vorm te geven. Wat verder een rol speelt, zijn de beschikbare ruimte voor een kruispunt en de omgevingskenmerken. Deze zijn van invloed op hoe een kruispunt eruit komt te zien in een bepaalde situatie.

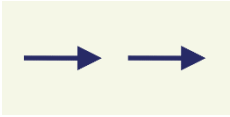
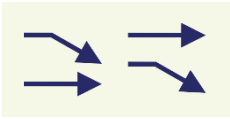
7 Welke kenmerken beïnvloeden de veiligheid van een kruispunt?

Het kruispunttype is als eerste een bepalend kenmerk voor de veiligheid op een kruispunt. Kruispunten met een verkeersregelinstallatie (VRI) zijn door hun capaciteit, hoge verkeersdruk en complexiteit bijvoorbeeld onveiliger ten opzichte van andere kruispunttypen. Dit is ook te lezen bij de vraag *Welke kruispunttypen zijn het veiligst?* Daarnaast zijn er binnen een bepaald kruispunttype een aantal kenmerken die de veiligheid van een kruispunt beïnvloeden:

- het aantal mogelijke conflictpunten;
- de snelheid;
- de massaverschillen tussen elkaar ontmoetende verkeersdeelnemers;
- de hoek van impact;
- de hoeveelheid verkeer, uitgesplitst in het aantal passerende motorvoertuigen en de verhouding van de zijstroom tot de hoofdstroom.

De veiligheid van kruispunten hangt sterk af van het aantal mogelijke conflictpunten. Hoe minder conflictpunten, hoe veiliger het kruispunt. Een conflict tussen voertuigen mag alleen optreden bij beperkte snelheids- en massaverschillen. Hierbij is ook de hoek van impact een belangrijke factor. Deze hoek wordt bepaald door het type conflict. *Tabel 5* laat vier verschillende conflictgroepen zien.

Tabel 5. Vier conflictgroepen [9].

Conflictgroep	Omschrijving	Illustratie
Dwarsconflicten	Haaks op elkaar rijdende voertuigen	
Kop-staartconflicten	In dezelfde richting rijdende voertuigen	
Convergerende of divergerende conflicten	In dezelfde richting beginnende of eindigende voertuigen (invoegen of uitvoegen)	
Frontale conflicten	Tegemoetkomende voertuigen	

Een laatste belangrijk kenmerk is de hoeveelheid verkeer. In het algemeen geldt: hoe meer passerende motorvoertuigen, hoe meer ongevallen. De manier waarop dit meespeelt, is op twee manieren onderzocht. Voor de veiligheid van kruispunten binnen de bebouwde kom is het aantal passerende motorvoertuigen onderzocht [9]. Dit is de som van de zijstroom en de hoofdstroom. Voor de veiligheid van kruispunten buiten de bebouwde kom is de verhouding van de intensiteit

op de zijstroom en de hoofdstroom onderzocht, die sterk in verband staat met het aantal letselongevallen [16].[6]

Zie voor een uitgebreide beschrijving van de kenmerken die de veiligheid van een kruispunt beïnvloeden het SWOV-rapport *Enkele aspecten van kruispuntveiligheid*.

8 Maken verkeerslichten een kruispunt veiliger?

Uit voor- en na-studies blijkt dat kruispunten veiliger worden nadat er verkeerslichten geplaatst zijn [17] [18]. Echter, wanneer kruispunten met verkeerslichten op basis van het aantal letselongevallen vergeleken worden met andere typen kruispunten in dezelfde intensiteitsklassen, dan zijn kruispunten met verkeerslichten juist het onveiligst. Het aantal letselongevallen op kruispunten met verkeerslichten is namelijk hoger dan dat op kruispunten zonder verkeerslichten of op rotondes [9] [19]. Dus na het corrigeren voor intensiteit, wat het risico wordt genoemd, zijn kruispunten met verkeerslichten nog steeds onveiliger.

Ter aanvulling: verkeerslichten (verkeersregelinstallaties of VRI's) worden vaak toegepast wanneer het aantal passerende motorvoertuigen te hoog is om te verwerken door andere kruispunttypen. Dit bevordert de doorstroming.

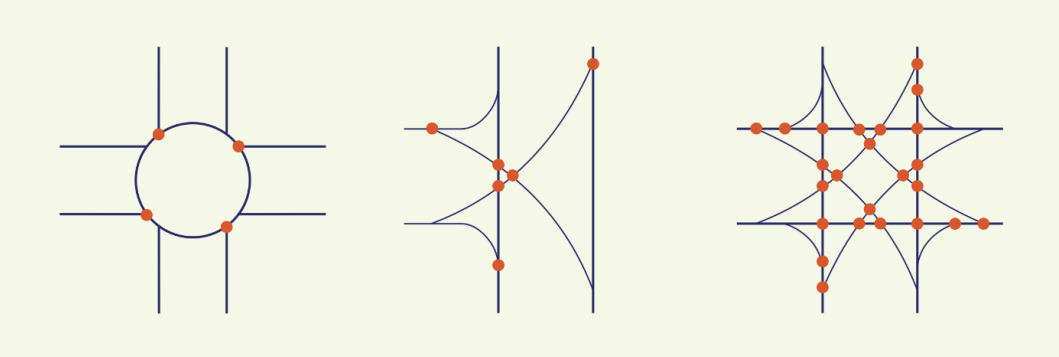
9 Waarom zijn rotondes te verkiezen boven andere kruispunten?

Rotondes zijn de veiligste kruispunttypen door de volgende drie kenmerken:

- rotondes hebben minder conflictpunten dan andere kruispunttypen (zie *Afbeelding 1*);
- de snelheid wordt geremd, vooral wanneer de takken haaks aansluiten op de rotonde;
- de hoek van impact is kleiner.

Rotondes zouden vanuit verkeersveiligheidsoogpunt dus verkozen moeten worden boven andere kruispunttypen. Ten eerste, gekeken naar het aantal conflictpunten, zijn er op een viertaks enkelstrooksrotonde maar 4 conflictpunten, tegenover een viertakskruispunt met 24 conflictpunten [9]. Dit verschil is goed te zien op *Afbeelding 1* hieronder. Een middeneiland zorgt ervoor dat er minder conflicten zijn, omdat het gemotoriseerd verkeer maar in één richting om de rotonde kan. Dit maakt een rotonde minder complex dan andere kruispunttypen.

6. Dit is gebaseerd op bestaande kennis die op deze manier onderzocht is. Het aantal passerende motorvoertuigen is alleen binnen de bebouwde kom onderzocht en de verhouding van de zijstroom tot de hoofdstroom is alleen buiten de bebouwde kom onderzocht. Zowel de hoeveelheid verkeer, als de verdeling ervan, is echter binnen en buiten de bebouwde kom relevant voor de verkeersveiligheid.



Afbeelding 1. Het verschil in conflictpunten tussen rotondes en drie- en viertakskruispunten.

Ten tweede, door de vormgeving van, en de voorrangsregeling op rotondes, zijn alle verkeersstromen genoodzaakt hun snelheid te verlagen, terwijl op veel andere soorten kruispunten dit niet het geval is [20]. De vormgeving met een middeneiland zorgt ervoor dat weggebruikers niet in een rechte lijn over kunnen steken. Samen met takken die haaks op de rotonde aansluiten, zorgt dit voor een snelheidsremmende werking. Er zijn rotondes waar de takken afbuigen of die meerdere rijstroken hebben; hier is de snelheidsremmende werking minder. De voorrangsregeling verlaagt de snelheid doordat weggebruikers die de rotonde op willen, voorrang moeten verlenen aan het verkeer dat al op de rotonde rijdt. Ten derde, de vormgeving van een rotonde draagt er ook aan bij dat de aanrijrichting verschilt van andere kruispunttypen, waardoor de hoek van impact kleiner is. Bepaalde conflicttypen komen daarom niet meer voor op rotondes [21]. Op een rotonde komen meer flankconflicten voor die relatief minder ernstig zijn, terwijl op andere kruispunttypen ook frontale conflicten voor kunnen komen, die juist vaak relatief zeer ernstig zijn.

10 Hoe veilig zijn verschillende vormen van rotondes?

In het lijstje hieronder wordt de veiligheid van enkelstrooksrotondes, meerstrooksrotondes en turborotondes beschreven:

- *Enkelstrooksrotonde*. Viertaks enkelstrooksrotondes zijn veiliger dan viertaks kruispunten. Dit heeft te maken met het lage aantal conflictpunten, de snelheidsbeperking voor alle verkeersstromen en het verschil in aanrijdrichting en de hoek van impact [9].
- *Meerstrooksrotonde*. Deze worden als minder veilig beschouwd dan enkelstrooksrotondes, maar zijn nog steeds veiliger dan andere kruispunttypen [22]. Meerstrooksrotondes zijn minder veilig omdat ze een hoger aantal conflictpunten hebben, complexer zijn en er vaak harder gereden kan worden omdat er een minder scherpe aanrijdrichting is [23].
- *Turborotonde (al dan niet met verhoogde rijstrookscheiding)*. Het verkeersveiligheidseffect van turborotondes is nagenoeg gelijk aan dat van enkelstrooksrotondes, mits gecorrigeerd voor intensiteiten [9]. Het ombouwen van conventionele kruispunten naar enkelstrooksrotondes (68,1% - 78,7% afname in ongevalskans) en het ombouwen van

conventionele kruispunten naar turborotondes (76,1% afname in ongevalskans) leveren ongeveer evenveel verkeersveiligheidswinst op [23] [24].

11 Hoe veilig zijn kruispunten voor fietsers?

Binnen de bebouwde komt valt gemiddeld 60% van de fietsdoden op een kruispunt en buiten de bebouwde kom is dat gemiddeld 49% (in 2015-2019). Conventionele kruispunten zijn in het algemeen onveiliger voor fietsers dan rotondes (zie ook de vraag *Hoe veilig zijn rotondes voor fietsers?*). Kruispunten met separate fietsvoorzieningen zijn wel veiliger dan kruispunten zonder separate fietsvoorzieningen (zie de vraag *Hoe kunnen kruispunten veiliger worden gemaakt voor fietsers?* voor een overzicht van fietsvoorzieningen op kruispunten).

Een andere factor die meespeelt in kruispuntveiligheid voor fietsers, is de dodehoek van met name vrachtauto's. De meeste dodehoekongevallen zijn een 'klassiek' dodehoekongeval: een rechts afslaande vrachtauto en een rechtdoorgaande fietser. Verder komen binnen de bebouwde kom de meeste dodehoekongevallen voor, en dan vooral wanneer de fietser op een vrijliggend fietspad reed [25]. De meeste van deze ongevallen gebeuren op fietspaden die minder dan één meter van de rijbaan liggen. In de helft van de gevallen gebeuren dodehoekongevallen op kruispunten met een VRI.

12 Hoe kunnen kruispunten veiliger worden gemaakt voor fietsers?

Er kunnen verschillende voorzieningen op kruispunten toegepast worden om de veiligheid voor fietsers te verhogen. Dit zijn de belangrijkste:

- *Middeneiland*. Met een middeneiland kunnen fietsers veiliger oversteken, omdat ze in etappes over kunnen steken. Dit is het relevantst op brede en drukke gebiedsontsluitingswegen binnen de bebouwde kom [26].
- *Opgeblazen fietsopstelstrook (OFOS)*. Bij verkeerslichten kunnen fietsers zich zo opstellen, dat zij veiliger en makkelijker linksaf kunnen slaan. Daarnaast zijn ze beter zichtbaar voor gemotoriseerd verkeer omdat ze uit de dodehoek blijven. Een OFOS kan daarom helpen om dodehoekongevallen te voorkomen [25] [27].
- *In- of uitbuiging van het fietspad*. Hierbij buigt het fietspad vlak voor een kruispunt van de hoofdrijbaan af, of juist ernaartoe [25]. Dit draagt bij aan een betere zichtbaarheid van fietsers op een kruispunt en maakt fietsers beter zichtbaar voor het overige verkeer. Voor fietsers langs gebiedsontsluitingswegen binnen de bebouwde kom blijkt dat de kans op een ongeval op een kruispunt met een erftoegangsweg het kleinst is op wegen met een eenrichtingsfietspad dat twee tot vijf meter van de weg ligt [26] [27]. Een grotere afstand zorgt juist voor een toename in ongevallen, al is deze toename minder sterk dan wanneer

gekozen wordt voor een aanliggend fietspad. Voor kruispunten tussen gebiedsontsluitingswegen onderling is niet goed bekend wat het effect van in- en uitbuigen is en wat de ideale afstand is tussen kruispunt en fietspad.
- *Aparte groenfase voor fietsers*. Wanneer fietsers op kruispunten met een VRI een eigen fase hebben om het kruispunt te passeren, zorgt dit voor meer veiligheid [18]. Dit betekent dat gemotoriseerd verkeer rood licht heeft wanneer fietsers groen hebben. Hierdoor kunnen er geen conflicten tussen deze vervoerswijzen ontstaan wanneer er niemand door rood zou rijden.

Voor welke bovengenoemde voorziening gekozen wordt, hangt af van de hoeveelheid passerend verkeer en van de aanwezigheid van fietsvoorzieningen op de aansluitende wegvakken.

13 Hoe veilig zijn rotondes voor fietsers?

Rotondes zijn voor fietsers in het algemeen veel veiliger dan andere kruispunttypen. In Nederland zijn vanaf de jaren ’80 veel kruispunten veranderd in een rotonde, al dan niet met een aparte fietsvoorziening. Er is toen ook onderzoek gedaan naar de effecten hiervan op (brom- en snor)fietsveiligheid. Daaruit bleek dat de vervanging van een gewoon kruispunt door een rotonde leidt tot een daling van 60% in het aantal (brom- en snor)fietsslachtoffers, na correctie van de algemene dalende trend in slachtofferaantallen [12].[7] Meer recent onderzoek in België en Denemarken laat zien dat in die landen het veranderen van kruispunten in rotondes minder gunstig is voor het aantal (ernstige) letselongevallen met fietsers [28] [29]. Deze studies zijn echter lastig te vergelijken met de Nederlandse studies. Zo is het aantal fietsers met name in België lager dan in Nederland en lijkt de snelheid op Deense rotondes iets minder geremd te worden door het wegontwerp dan op Nederlandse rotondes. Het is dus zeer de vraag of de resultaten uit België en Denemarken ook toepasbaar zijn op de Nederlandse situatie.

Er zijn in Nederland tussen rotondes verschillen in de toename in fietsveiligheid bij het ombouwen van kruispunten naar rotondes. De grootte van de daling van het aantal ongevallen hangt samen met het soort fietsvoorziening. *Tabel 6* laat de effecten op het aantal (brom)fietsongevallen zien wanneer kruispunten worden omgebouwd naar rotondes. De tabel maakt onderscheid tussen verschillen in fietsvoorziening in de oude situatie (kruispunt) en de nieuwe situatie (rotonde). Uit de tabel blijkt dat het toepassen van vrijliggende fietspaden op rotondes het meeste effect heeft op het aantal (brom)fietsongevallen (89-100% minder ongevallen dan in de oude kruispuntvorm). Daarnaast blijkt dat het opheffen van de vrijliggende fietspaden uit de oude situatie (kruispunt) het minste effect heeft (13-39% minder ongevallen op de rotonde) [30]. Verder gebeuren op rotondes minder dodehoekongevallen dan op kruispunten. Van alle dodehoekongevallen tussen 2002 en 2006 gebeurde 11% op een rotonde [25].

7. In de aangehaalde referentie is geen onderscheid gemaakt tussen bromfietsers, snorfietsers en fietsers, omdat deze ten tijde van het onderzoek allemaal nog op het fietspad reden. Ze worden daarom samen genoemd. Dit geldt ook voor Tabel 6 en de uitleg daarvan.

Tabel 6. Het effect van het veranderen van een kruispunt naar rotonde op het aantal (brom)fietsongevallen [30].

Fietsvoorziening kruispunt (voor)	Fietsvoorziening rotonde (na)	% afname (brom)fietsongevallen	Aantal onderzochte locaties
Kruispunt zonder fietsvoorziening	Rotonde zonder fietsvoorziening	50%	15
	Rotonde met fietsstrook	54%	35
	Rotonde met vrijliggende fietsvoorziening	100%	8
Kruispunt met fietsstrook	Rotonde met fietsstrook	31%	20
Kruispunt met vrijliggende fietsvoorziening	Rotonde zonder fietsvoorziening	13%	3
	Rotonde met fietsstrook	39%	48
	Rotonde met vrijliggende fietsvoorziening	89%	49
Totaal		55%	178

Wanneer rotondes onderling vergeleken worden en gekeken wordt naar het aantal fietsslachtoffers, dan geldt dat rotondes met vrijliggende fietspaden veiliger zijn dan rotondes zonder fietsvoorziening en rotondes met een fietsstrook. Verder scoren rotondes zonder fietsvoorziening beter dan rotondes met een fietsstrook op het gebied van het aantal fietsslachtoffers [12] [31] [32]. Deze resultaten komen ook terug in buitenlandse studies [28] [29] [33].

Op basis van een recente publicatie [10], waarin geregistreerde slachtofferongevallen op rotondes zijn geanalyseerd, is gesteld dat rotondes minder veilig zouden zijn voor fietsers dan altijd gedacht [34]. Daarnaast komt, in een afstudeeronderzoek [35] waarin het fietsrisico op 7 rotondes in Haarlem is vergeleken met het risico op andere kruispunten, een onverwacht hoger risico voor fietsers naar voren. Op basis van deze onderzoeksresultaten kan echter nog niet geconcludeerd worden dat rotondes minder veilig zijn voor fietsers. Zoals aangegeven in het afstudeeronderzoek, is de gebruikte steekproef van rotondes niet voldoende representatief. In het onderzoek waarin de slachtofferongevallen op rotondes zijn geanalyseerd, is niet gecorrigeerd voor fietsintensiteiten. Op kruispunten met meer fietsverkeer vallen logischerwijs, bij gelijk risico, meer fietsslachtoffers. Een groot voordeel van voor-na studies, zoals in *Tabel 6*, is dat voor deze andere mogelijke factoren wordt gecorrigeerd.

Zie de SWOV-factsheet *Fietsers* voor meer informatie over fietsveiligheid.

14 Zijn fietsers op rotondes veiliger in of uit de voorrang?

Er zijn verschillende SWOV-rapporten en een DTV Consultants-memo verschenen die aantonen dat de veiligheidswinst van een rotonde voor fietsers groter is als zij geen voorrang hebben op rotondes met vrijliggende fietspaden [12] [30] [31] [32]. Dijkstra [12] heeft in 2002 berekend dat

er op jaarbasis naar schatting 52 tot 73 ziekenhuisgewonden minder zouden vallen, wanneer op alle rotondes met vrijliggende fietspaden de fietsers 'uit de voorrang' zijn. Hierbij speelt ook dat rotondes sowieso de veiligste kruispuntoplossing zijn voor fietsers (zie ook de vraag *Hoe veilig zijn rotondes voor fietsers?*).

'Uit de voorrang' wil zeggen dat fietsers voorrang moeten verlenen aan het gemotoriseerde verkeer op de takken van de rotonde, 'in de voorrang' dat het gemotoriseerde verkeer voorrang moet verlenen aan fietsers. Over het algemeen zijn rotondes voor fietsers (in de voorrang en uit de voorrang) zeer veilige kruispunten (zie ook de vraag *Hoe veilig zijn rotondes voor fietsers?*). Er zijn twee mogelijke verklaringen voor waarom rotondes met fietsers in de voorrang onveiliger zijn [12]. Ten eerste kunnen autobestuurders onterecht denken voorrang te hebben boven fietsers. Ten tweede hebben automobilisten die een rotonde op willen, hun aandacht op het gemotoriseerd verkeer dat al op de rotonde rijdt en vinden ze het lastig om ook nog fietsers in de voorrang op een vrijliggend fietspad voorrang te verlenen. Bestuurders moeten hierdoor op een rotonde (te) veel waarnemingen in korte tijd uitvoeren, waardoor fietsers makkelijk over het hoofd gezien worden. Gezien de kwetsbaarheid van fietsers bij een botsing met een motorvoertuig (of gezien het grote verschil in massa tussen fietsers en motorvoertuigen), hebben dit soort ongevallen vaak ernstige gevolgen voor met name de fietser.

Ondanks de conclusie dat fietsers uit de voorrang veiliger zijn op rotondes met vrijliggende fietspaden, dan in de voorrang, beveelt CROW aan om fietsers binnen de bebouwde kom op vrijliggende fietspaden op rotondes wel in de voorrang te laten en buiten de bebouwde kom niet [36]. Deze richtlijn komt voort uit een afweging tussen veiligheid, comfort en doorstroming van fietsers.

15 Hoe veilig zijn kruispunten voor voetgangers?

In de periode 2015-2019 gebeurde gemiddeld 26% van de dodelijke voetgangersongevallen op kruispunten. Er kan ook onderscheid gemaakt worden tussen binnen de bebouwde kom (36%) en buiten de bebouwde kom (7%). In vergelijking met het gemiddelde aandeel fietsers in de dodelijke kruispuntongevallen in dezelfde periode (54%), is dat van voetgangers ongeveer de helft. Dit is ook te zien in *Tabel 2* bij de vraag *Hoeveel slachtoffers vallen er bij ongevallen op kruispunten?*

Hoe veilig een kruispunt is voor voetgangers, hangt onder andere af van het kruispunttype, de aan- of afwezigheid van een verkeersregelinstallatie en de aan- of afwezigheid van een zebrapad.

Kruispunttype

Rotondes zijn over het algemeen een veiligere oplossing voor voetgangers in vergelijking met conventionele kruispunten en kruispunten met een verkeersregelinstallatie (VRI) [37]. Dit heeft te maken met de snelheidsremmende werking van een rotonde, de vereenvoudiging van conflicten en de minimalisering van de conflictruimte [37]. In de regel zijn enkelstrooksrotondes veiliger dan meerstrooksrotondes [38]. Verder blijkt uit verschillende internationale studies dat voetgangers op viertakskruispunten relatief gezien een hoger ongevalsrisico hebben met een ernstigere afloop dan op drietakskruispunten [39]. Zo is voor voetgangers de kans op een fataal

ongeval of met een zware letselernst 10% hoger op viertakskruispunten dan op drietakskruispunten [40].

Verkeersregelinstallatie

Kruispunten met een verkeersregelinstallatie (VRI) zijn vaak veiliger voor voetgangers dan kruispunten zonder VRI. Een VRI zorgt voor minder conflicten tussen voetgangers en gemotoriseerd verkeer door het scheiden in de tijd [41]. Hier moet wel bij gezegd worden dat bij VRI-kruispunten het gemotoriseerd verkeer geneigd kan zijn om de snelheid minder te remmen tijdens de groenfase, wat mogelijk gevaarlijker is voor voetgangers die later in de groenfase beginnen met oversteken en dus gedeeltelijk door rood oversteken. Verder blijft ook het door rood rijden van gemotoriseerd verkeer een groot probleem voor voetgangers. Op kruispunten zonder VRI zou het gemotoriseerd verkeer juist wel de snelheid afremmen, omdat ze beter moeten opletten. Het installeren van VRI's is echter veiliger dan het aanleggen van een zebrapad (zie onder de volgende kop) [41]. Daarnaast kunnen de groenfases voor voetgangers (te) kort zijn of ze zijn tegelijk met de groenfase voor afslaand gemotoriseerd verkeer. Dit zorgt voor complexe situaties, zeker wanneer de over te steken weg uit meerdere rijbanen bestaat [42]. In het algemeen is afslaand verkeer een probleem voor voetgangers op kruispunten (met of zonder VRI), omdat ze vaak over het hoofd gezien worden. Dit is op kruispunten zonder VRI een groter probleem en geldt meer voor linksaf slaand verkeer dan bij rechtsaf slaand verkeer [42].

Zebrapad

Het is niet eenduidig te zeggen of kruispunten met zebrapaden veiliger zijn dan kruispunten zonder zebrapaden [41]. Er zijn studies die vinden dat gemotoriseerd verkeer 30% tot 40% meer voorrang geven aan voetgangers wanneer er een duidelijk zebrapad aanwezig is [43]. Andere studies vinden dit effect juist niet [44]. In een vergelijkingsstudie van Zegeer et al. [45] vonden de auteurs bijvoorbeeld dat op kruispunten zonder VRI en met een zebrapad er geen afname was in voetgangersongevallen. Zij vonden zelfs een toename in voetgangersongevallen wanneer zulke kruispunten door meer dan 12.000 voertuigen per dag gepasseerd worden. Hier moet wel bij gezegd worden dat dit Amerikaanse studies zijn. Nederlandse zebrapaden kunnen afwijken van Amerikaanse zebrapaden, bijvoorbeeld omdat ze in Amerika vaak twee doorgetrokken strepen hanteren als zijnde een zebrapad [42].

Zie voor meer informatie over voetgangersveiligheid de SWOV-factsheet *Voetgangers*.

Publicaties en bronnen

Hieronder vindt u de lijst met referenties uit deze factsheet; alle bronnen zijn in te zien of op te vragen. Via Publicaties vindt u, naast de hier gebruikte bronnen, nog een uitgebreide collectie aan literatuur op het gebied van verkeersveiligheid.

[1]. CROW (2015). *Basiskenmerken kruispunten en rotondes*. Publicatie 315A. CROW Kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.

[2]. Wegenwiki (2009). *Gelijkvloers*. Wegenwiki. Geraadpleegd 21-12-2020 op https://www.wegenwiki.nl/Gelijkvloers.

[3]. Wegenwiki (2015). *Kruispunt*. Wegenwiki. Geraadpleegd 21-12-2020 op https://www.wegenwiki.nl/Kruispunt.

[4]. Wikipedia (2013). *Bajonetkruispunt*. Wikipedia. Geraadpleegd 21-12-2020 op https://nl.wikipedia.org/wiki/Bajonetkruispunt.

[5]. Wegenwiki (2018). *Voorrangsplein*. Wegenwiki. Geraadpleegd 21-12-2020 op https://www.wegenwiki.nl/Voorrangsplein.

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

[7]. CROW-Fietsberaad (2019). *Evaluatie discussienotitie Fietsstraten*. Fietsberaadpublicatie 32. CROW-Fietsberaad, Utrecht.

[8]. CROW (2019). *Handboek wegontwerp 2013: basiscriteria*. CROW, Ede.

[9]. Dijkstra, A. (2014). *Enkele aspecten van kruispuntveiligheid. Rapportage voor het CROW-project Afwegingskader kruispunten*. R-2014-21A. SWOV, Den Haag.

[10]. Donkers, E. (2022). *Is de fietser nog wel veilig op het kruispunt? Verbeter de fietsveiligheid door het verminderen van conflicten op kruispunten*. Paper presented at NVVC, 12 april 2022, Utrecht.

[11]. Churchill, T., Stipdonk, H. & Bijleveld, F. (2010). *Effects of roundabouts on road casualties in the Netherlands*. R-2010-21. SWOV, Leidschendam.

[12]. Dijkstra, A. (2005). *Rotondes met vrijliggende fietspaden ook veilig voor fietsers? Welke voorrangsregeling voor fietsers is veilig op rotondes in de bebouwde kom?* R-2004-14. SWOV, Leidschendam.

[13]. Bout, J. & Olijve, M.J. (2015). *Het voorrangsplein: een nieuw kruispunttype?! Onderzoek naar de verkeersveiligheid en de capaciteit op voorrangspleinen*. Hogeschool Windesheim, Zwolle.

[14]. Leeden, E.P.J. van der (2012). *A comparison between the pleintje, priority intersection & roundabout*. Master thesis. Technische Universiteit Delft, Goudappel Coffeng, Delft.

[15]. Reimink, J. & Wiersum, M. (2018). *Voorrangspleinen buiten de bebouwde kom*. HBO afstudeeronderzoek. Hogeschool Windesheim, Zwolle.

[16]. Janssen, S.T.M.C. (1992). *Veiligheid van ongelijkvloerse kruispunten op enkelbaanswegen. Een verslag van een onderzoek voor de Werkgroep 'Ongelijkvloerse kruispunten enkelbaanswegen' van de Stichting Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water-, en Wegenbouw en de Verkeerstechniek, C.R.O.W*. R-92-35. SWOV, Leidschendam.

[17]. Elvik, R., Høye, A., Vaa, T. & Sørensen, M. (2009). *Traffic control*. In: The handbook of road safety measures [2nd edition]. Emerald Group Publishing Limited, p. 397-541.

[18]. Ziakopoulos, A., Botteghi, G. & Papadimitriou, E. (2017). *Traffic signal installation*. European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Geraadpleegd 10-03-2021 op www.roadsafety-dss.eu.

[19]. Janssen, S.T.M.C. (2004). *Veiligheid op kruisingen van verkeersaders binnen de bebouwde kom. Vergelijking van ongevallenrisico's*. R-2003-36. SWOV, Leidschendam.

[20]. Elvik, R., Høye, A., Vaa, T. & Sørensen, M. (2009). *Road design and road equipment*. In: The handbook of road safety measures [2nd edition]. Emerald Group Publishing Limited, p. 144-333.

[21]. Minnen, J. van (1990). *Ongevallen op rotondes. Vergelijkende studie van de onveiligheid op een aantal locaties waar een kruispunt werd vervangen door een 'nieuwe' rotonde*. R-90-47. SWOV, Leidschendam.

[22]. Wijnen, W., Weijermars, W.A.M. & Bos, N.M. (2013). *Update effectiviteit en kosten van verkeersveiligheidsmaatregelen. Nieuwe schattingen voor elf maatregelen*. D-2013-7. SWOV, Den Haag.

[23]. Fortuijn, L.G.H. (2009). *Turbo roundabouts: Design principles and safety performance*. In: Compendium of papers DVD 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board TRB. Washington D.C.

[24]. Fortuijn, L.G.H. (2013). *Turborotonde en turboplein: ontwerp, capaciteit en veiligheid*. Proefschrift Technische Universiteit Delft. Delft.

[25]. Schoon, C.C., Doumen, M.J.A. & Bruin, D. de (2008). *De toedracht van dodehoekongevallen en maatregelen voor de korte en lange termijn. Een ongevallenanalyse over de jaren 1997-2007, verkeersobservaties en enquêtes onder fietsers en vrachtautochauffeurs*. R-2008-11A. SWOV, Leidschendam.

[26]. Schepers, J.P. & Voorham, J. (2010). *Oversteekongevallen met fietsers. Het effect van infrastructuurkenmerken op voorrangskruispunten*. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Verkeer en Scheepvaars DVS, Delft.

[27]. Boggelen, O. van, Schepers, P., Kroeze, P. & Voet, M. van der (2011). *Samen werken aan een veilige fietsomgeving*. Fietsberaadpublicatie 19. Fietsberaad, Utrecht.

[28]. Daniels, S., Brijs, T., Nuyts, E. & Wets, G. (2009). *Injury crashes with bicyclists at roundabouts: influence of some location characteristics and the design of cycle facilities*. In: Journal of Safety Research, vol. 40, p. 141-148.

[29]. Jensen, S. (2013). *Safety effects of converting intersections to roundabouts*. In: Transportation Research Record, nr. 2389, p. 22-29.

[30]. Minnen, J. van (1995). *Rotondes en voorrangsregelingen*. R-95-58. SWOV, Leidschendam.

[31]. Minnen, J. van (1998). *Rotondes en voorrangsregelingen II. Uniformering voorrangsregeling op oudere pleinen, veiligheid fietsvoorzieningen en tweestrooks rotondes*. R-98-12. SWOV, Leidschendam.

[32]. DTV Consultants (2019). *Verkenning verkeersveiligheid op rotondes in Nederland*. Memo. DTV Consultants, Breda.

[33]. Soteropoulos, A. & Stadlbauer, S. (2017). *Convert junction to roundabout*. European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Geraadpleegd 21-12-2020 op www.roadsafety-dss.eu.

[34]. AD (2022). *'Heilige graal van verkeersveiligheid' blijkt gevaarlijker voor fietsers dan gedacht*. Algemeen Dagblad. Geraadpleegd 03-06-2022 op https://www.ad.nl/auto/heilige-graal-van-verkeersveiligheid-blijkt-gevaarlijker-voor-fietsers-dan-gedacht~a116748a/.

[35]. Bentem, L. van (2022). *The impact of infrastructure design on cycling safety*. Master thesis TU Delft Civil Engineering and Geosciences. Delft University of Technology.

[36]. CROW (2016). *Ontwerpwijzer fietsverkeer*. Publicatie 351. CROW Kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.

[37]. Granà, A. (2011). *An overview of safety effects on pedestrians at modern roundabouts*. In: Brebbia, C.A. & Beriatos, E. (red.), Sustainable Development and Planning V. WIT Transactions on Ecology and the Environment, Southampton, p. 261-272.

[38]. Brude, U. (2000). *What roundabout design provided the highest possible safety?* Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI).

[39]. Soteropoulos, A. & Stadlbauer, S. (2016). *Risk of different junction types*. European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Geraadpleegd 10-03-2021 op www.roadsafety-dss.eu.

[40]. iRAP (2013). *Road attribute risk factors. Intersection type*. International Road Assessment Programme (iRAP).

[41]. Chen, L., Chen, C. & Ewing, R. (2012). *The relative effectiveness of pedestrian safety countermeasures at urban intersections — Lessons from a New York City experience*. Bijdrage aan het Transportation Research Board 91st Annual Meeting, Washington, D.C.

[42]. Federal Highway Administration (2009). *Pedestrian safety at intersections*. FHWA-SA-10-005. Department of Transportation DOT, Federal Highway Administration FHWA, Washington, D.C.

[43]. Nitzburg, M. & Knoblauch, R.L. (2001). *An evaluation of high-visibility crosswalk treatments - Clearwater, Florida*. FHWA-RD-00-105. Federal Highway Administration, McLean.

[44]. Fitzpatrick, K., Turner, S., Brewer, M., Carlson, P., et al. (2006). *Improving pedestrian safety at unsignalized crossings*. Transportation Research Board, Washington, D.C.

[45]. Zegeer, C.V., Stewart, J.R., Huang, H.H., Lagerwey, P.A., et al. (2005). *Safety effects of marked versus unmarked crosswalks at uncontrolled locations: Final report and recommended guidelines*. FHWA–HRT–04–100. Federal Highway Administration's (FHWA), Washington.

Colofon

Overname is toegestaan met bronvermelding:
SWOV (2022). *Rotondes en andere kruispunten*. SWOV-factsheet, juni 2022. SWOV, Den Haag.

URL Bron:
https://www.swov.nl/feiten-cijfers/factsheet/rotondes-en-andere-kruispunten

Thema's
Infrastructuur

Cijfers:

Ongevallen **voorkomen**
Letsel **beperken**
Levens **redden**

SWOV
Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid
Postbus 93113
2509 AC Den Haag
Bezuidenhoutseweg 62
070 – 317 33 33
info@swov.nl
www.swov.nl

@swov_nl / @swov
linkedin.com/company/swov