

**Evaluatie
fietsveiligheid
bij herinrichting van
kruispunten in Den Haag**
Voor-nastudie met
geautomatiseerde
videoanalyse

R-2021-4



Fietsveiligheid door herinrichting van kruispunten in Den Haag

Van alle fietsers die binnen de bebouwde kom in het verkeer overlijden, had 60% een ongeval op een kruispunt; van alle ernstig gewonden onder fietsers binnen de bebouwde kom valt bijna driekwart op een kruispunt. De inrichting van kruispunten zou dus in belangrijke mate kunnen bijdragen aan de verkeersveiligheid van fietsers.

In dit onderzoek is gekeken naar de fietsveiligheid van twee kruispunten in Den Haag die onlangs zijn heringericht. Op beide kruispunten zijn bijvoorbeeld de fietsoversteken 'uitgebogen', dat wil zeggen verder van het kruisingsvlak geplaatst. Het zicht van een afslaande automobilist op een gelijktijdig rechtdoor gaande fietser is daardoor verbeterd. Een andere aanpassing is dat fietsers in bepaalde situaties apart groen licht krijgen, dus zonder dat ze kruisend gemotoriseerd verkeer kunnen tegenkomen dat tegelijkertijd groen heeft.

Voor een indruk van de fietsveiligheid is gekeken naar het aantal gevaarlijke ontmoetingen (conflicten) tussen fietsers en motorvoertuigen: ontmoetingen waarbij ze elkaar 'op een haar na' gemist hebben. Op beide kruispunten zijn voor en na de herinrichting een week lang video-opnamen gemaakt. De videobeelden zijn voor een aantal specifieke manoeuvres en locaties op de kruispunten verwerkt en geanalyseerd met behulp van innovatieve waarnemingssoftware. Hieruit blijkt dat het aantal conflicten tussen fietsen en motorvoertuigen op de geanalyseerde locaties inderdaad is afgenomen: een aanwijzing dat het daar voor fietsers veiliger is geworden. Verder is gebleken dat het mogelijk is om met een geautomatiseerde methode in korte tijd langdurige video-opnamen te analyseren op het aantal conflicten.



1. Inleiding

Het aandeel fietsers onder verkeersdoden is de laatste tien jaren toegenomen, van 25% in 2010 naar 31% (203 omgekomen fietsers) in 2019.¹ Ongeveer 64% van de fietsdoden valt binnen de bebouwde kom en drie op de vijf daarvan (60%) valt op een kruispunt.² Van de fiets-slachtoffers die ernstig gewond raken bij een ongeval met een gemotoriseerd voertuig, viel in 2000-2009 81% binnen de bebouwde kom en bijna driekwart daarvan bij een ongeval op een kruispunt.³

In samenwerking met de gemeente Den Haag is SWOV in 2017 een project gestart om op twee kruispunten binnen de bebouwde kom van Den Haag onderzoek te doen naar de veiligheid van fietsers; met name als het gaat om interacties met motorvoertuigen. Deze kruispunten zijn: Van Alkemadelaan-Wassenaarseweg en Jonckbloetplein, waar de De Genestetlaan en de Gouverneurlaan kruisen. Deze kruispunten zouden in 2018 worden heringericht, met onder andere een aantal infrastructuuradaptaties die de fietsveiligheid zouden kunnen bevorderen. Dat gaf de mogelijkheid om het effect van deze adaptaties op de verkeersveiligheid te onderzoeken met behulp van een voor- en een nastudie.

Opzet onderzoek

Met dit onderzoek willen we nagaan of er aanwijzingen zijn voor een verandering in fietsveiligheid door de herinrichting van de twee kruispunten in Den Haag. Deze herinrichting was er onder andere op gericht om de bewegingen van fietsers en eventueel ook motorvoertuigen over het kruispunt te verleggen. Aangezien de kruispunt-adaptaties waarschijnlijk leiden tot een minder complexe afwikkeling van het verkeer, is een veiligheidseffect aannemelijk. Uit diverse studies is gebleken dat een minder complexe verkeersafwikkeling samenhangt met meer verkeersveiligheid, waarschijnlijk door een grotere voorspelbaarheid bij de interactie tussen fietsers en gemotoriseerd verkeer op kruispunten.⁴

In dit onderzoek zijn voor en na de herinrichting van de betreffende kruispunten video-opnamen gemaakt. Deze videobeelden zijn vervolgens geanalyseerd door voertuigen bij het naderen van het kruispunt daarop te detecteren en te volgen gedurende het passeren van het kruispunt. Aangezien een visuele beoordeling van videobeelden arbeidsintensief is, is in dit onderzoek een geautomatiseerde waarnemingsmethode gebruikt. Voor video-analyse is verschillende innovatieve waarnemingssoftware voorhanden, die deels ook nog in ontwikkeling is. In dit project zijn diverse softwarepakketten geïnventariseerd en is van een vijftal nagegaan welke voldoende betrouwbare gegevens oplevert. De resultaten daarvan zijn te vinden in het uitgebreide achtergrondrapport van deze studie.⁵ Dit korte rapport bevat de resultaten bij gebruik van een van deze methoden.

Leeswijzer

Op de volgende pagina's zullen allereerst de beide kruispunten – voor en na de herinrichting – worden getoond en beschreven. Vervolgens beschrijft *Hoofdstuk 2* de methode van onderzoek, de geautomatiseerde waarnemingsmethode die daarbij is gebruikt en de verwerking en analyse van deze waarnemingen. Dit wordt gevolgd door de belangrijkste bevindingen voor een aantal typische verkeersbewegingen met fietsers voor en na de herinrichting (*Hoofdstuk 3*). *Hoofdstuk 4* tot slot, beschouwt deze resultaten en bevat een aantal conclusies. Een uitgebreide onderzoeksverantwoording is te vinden in het achtergrondrapport.⁵

¹ SWOV (2020). *Verkeersdoden in Nederland*. SWOV-Factsheet, april 2020. SWOV, Den Haag.

² Bestand geRegistreerde Ongevallen in Nederland (BRON), beheerd door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Zie ook SWOV (2021). *Rotondes en andere kruispunten*. SWOV-factsheet, maart 2021. SWOV, Den Haag.

³ Reurings, M.C.B., et al. (2012). *Van fietsongeval naar maatregelen: kennis en hiaten*. R-2012-8. SWOV, Leidschendam. Van ernstig verkeersgewonden zijn sinds 2010 geen precieze onderverdelingen naar ongevalslocatie en vervoerswijze meer te maken.

⁴ Gerstenberger, M. (2015). *Accidents at intersections: Basic analysis of causation and approaches for improvements*. Doctoral dissertation, Technical University of Munich.

Herslund, M.B. & Jørgensen, N.O. (2003). *Looked-but-failed-to-see-errors in traffic*. In: *Accident Analysis & Prevention*, vol. 35, nr. 6, p. 885-891.

Nabavi Niaki, M., et al. (2019). *Is that move safe? Case study of cyclist movements at intersections with cycling discontinuities*. In: *Accident Analysis & Prevention*, vol. 131, p. 239-247.

⁵ Nabavi Niaki, M., et al. (2021). *Bicycle safety before and after the redesign of intersections in The Hague*. R-2021-4A. SWOV, The Hague.

Onderzoekslocatie Van Alkemadelaan-Wassenaarseweg

Afbeelding 1 toont het kruispunt Van Alkemadelaan-Wassenaarseweg voor en na de herinrichting, gezien vanaf het gezichtspunt van de videocamera. De Van Alkemadelaan loopt op de foto's van rechtsonder naar linksboven.

De genummerde markeringen (1-7) geven de locaties en elementen aan die voor de fietsers zijn veranderd. Het gaat om volgende kruispuntaanpassingen:

- Het oude opstelvak voor links afslaande fietsers (1) is uit het kruispuntvlak gehaald en verplaatst naar de fietsoversteek aan de rand van het kruisingsvlak (2). In de voorsituatie hadden de links afslaande fietsers tegelijkertijd groen met rechts afslaande en rechtdoor gaande motorvoertuigen op de Van Alkemadelaan (beide richtingen), en moesten zij zelf

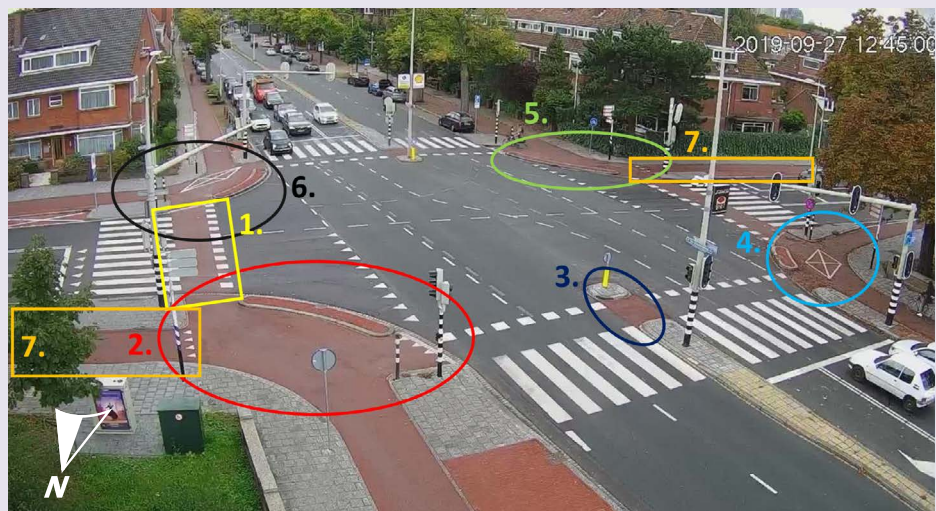
inschatten wanneer zij de Van Alkemadelaan overstaken. In de nasituatie wachten zij voor de tweede oversteek bij het verkeerslicht

- Met de herinrichting is de fietsoversteek (1) over de Wassenaarseweg op grotere afstand aangebracht (uitgebogen) van het kruisingsvlak, ook bij de tegenovergelegen tak.
- Langs de Wassenaarseweg zijn vrijliggende fietspaden aangebracht; fietsers rijden dus niet meer op de rijbaan (4, 6, 7).
- Over de Van Alkemadelaan zijn buiten het kruisingsvlak fietsoversteeken aangebracht (3), waarbij de stopstreep voor fietsers (2, 5) dicht bij de rijbaan is aangebracht en van een verkeerslicht is voorzien.
- De boogstralen voor rechts afslaande motorvoertuigen zijn vergroot (2, 4, 5, 6).

Voor herinrichting



Na herinrichting



Afbeelding 1: Kruispunt Van Alkemadelaan-Wassenaarseweg vóór (december 2017) en ná de herinrichting (september 2019), gezien vanaf het gezichtspunt van de videocamera. De vakken 1 t/m 7 geven die inrichtingselementen voor fietsers weer die bij de herinrichting zijn aangepast. De Van Alkemadelaan loopt in de afbeelding van rechtsonder naar linksboven.

Onderzoekslocatie Jonckbloetplein

Afbeelding 2 toont het kruispunt Jonckbloetplein (De Genestetlaan-Gouverneurlaan) voor en na de herinrichting, gezien vanaf het gezichtspunt van de videocamera. De De Genestetlaan loopt in de foto's van rechtsonder naar linksboven.

De genummerde markeringen (1-5) geven de locaties en elementen aan die voor de fietsers zijn veranderd. Het gaat om de volgende kruispuntaanpassingen:

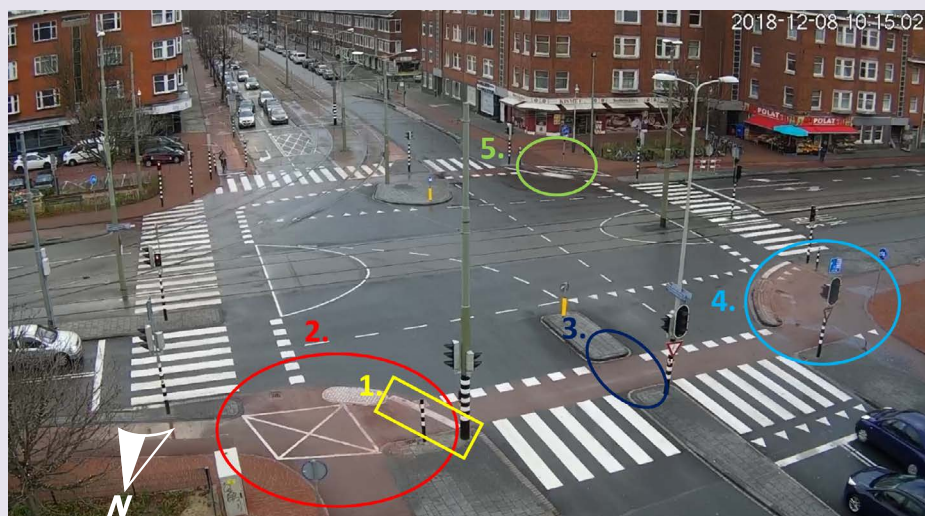
- De stopstrepen voor fietsers (1, 4, 5) zijn dicht bij het kruispuntvlak aangebracht.

- De fietsoversteken over de De Genestetlaan (3) zijn uitgebreid, dat wil zeggen op grotere afstand van het kruispuntvlak aangebracht.
- Links afslaande motorvoertuigen op de De Genestetlaan komend vanuit het noordwesten (vanaf rechtsonder in de afbeelding) wordt in een aparte fase door verkeerslichten geregeld, waardoor er geen deelconflict meer is met tegemoetkomend verkeer.
- De boogstralen voor rechts afslaande motorvoertuigen zijn vergroot (2, 4, 5).

Voor herinrichting



Na herinrichting



Afbeelding 2: Jonckbloetplein – kruispunt De Genestetlaan-Gouverneurlaan – vóór (november 2017) en ná de herinrichting (december 2018), gezien vanaf het gezichtspunt van de videocamera. De vakken 1 t/m 5 geven die inrichtingselementen voor fietsers weer die bij de herinrichting zijn aangepast. De De Genestetlaan loopt in de afbeelding van rechtsonder naar linksboven

2. Methode van onderzoek

Het onderzoek heeft de vorm van een voor-nastudie. Dat wil in dit geval zeggen dat er video-opnamen zijn gemaakt voor- en nadat de kruispunten zijn heringericht. Alle opnamen hebben plaatsgevonden aan het eind van het betreffende jaar (eind september-december), waardoor de omstandigheden per kruispunt, zoals het weer en de verkeersintensiteiten, zo veel mogelijk vergelijkbaar zijn.

De video-opnamen zijn zonder onderbreking gemaakt gedurende zeven dagen. De positie van de camera is identiek in de voor- en nasituatie en het blikveld van de camera is zoals in de *Afbeeldingen 1* en *2* te zien is.

Op basis van de video-opnamen is bijvoorbeeld te bepalen hoeveel voertuigen er passeren en hoe deze over het kruispunt bewegen. Het bekijken en verwerken van deze videobeelden door annoteurs zou een erg arbeidsintensief werk zijn. Om die reden zijn inmiddels verschillende methoden ontwikkeld om dit soort videobeelden volledig geautomatiseerd te verwerken. De essentie van die methoden is dat elk voertuig dat het blikveld van de camera binnenkomt, wordt gedetecteerd en herkend als motorvoertuig of fietser. Vervolgens wordt de (veranderende) positie van dat voertuig in de tijd vastgelegd totdat het voertuig het camerabeeld (hier: het kruispunt) verlaat. Een dergelijke volledig geautomatiseerde methode om de zogeheten 'trajectoriën' of 'rijlijnen' van voertuigen te bepalen is in Nederland nog niet eerder toegepast in verkeersveiligheidsonderzoek op kruispunten.

Methoden voor automatische analyse van videobeelden

De methoden om verkeersdeelnemers op videobeelden automatisch te detecteren en te volgen zijn in twee hoofdgroepen in te delen:⁶

- **'Feature'-detectie.** Bij 'Feature'- of kenmerkdetectie worden alle opvallende onderdelen van objecten/ personen gedetecteerd die contrasteren en bewegen ten opzichte van de statische achtergrond, en wordt hun beweging vastgelegd (trajectorie of rijlijn). Op basis van hun locatie en snelheid worden voertuigen herkend en wordt elk voertuig aan een rijlijn gekoppeld. Nadelen van deze methode zijn dat stilstaande verkeersdeelnemers niet worden gedetecteerd en dat de rijlijn wordt onderbroken zodra een voertuig achter bijvoorbeeld een paal of boom langs rijdt. De methode registreert vanaf dat punt een 'nieuwe' verkeersdeelnemer, wat onder meer tot dubbeltellingen leidt.
- **Objectdetectie.** Objectdetectie maakt gebruik van 'deep learning'-algoritmes aan de hand waarvan verkeersdeelnemers (voertuigen) kunnen worden herkend. In *Afbeelding 3* wordt een voorbeeld gegeven. Voertuigen worden gedetecteerd en krijgen een 'box' (linker foto). In elk volgend beeld wordt de verschuiving van de plaats van die box vastgesteld (rechter foto). Zowel stilstaande verkeersdeelnemers als voertuigen die achter een paal langs rijden blijven bij deze methode 'in beeld'.

Voorbeeld van objectdetectie



Afbeelding 5: Voorbeeld van objectdetectie: detectie van verkeersdeelnemers en het volgen van hun beweging over een kruispunt (foto's TNO).

De resultaten die in dit rapport worden getoond zijn verkregen met de methode van objectdetectie zoals ontwikkeld door softwarebedrijf Brisk Synergies. Voordat deze methode kon worden toegepast, is er een selectie gemaakt van de beelden die daarvoor geschikt waren. We moesten beelden buiten de analyse laten die onvoldoende kwaliteit hadden, bijvoorbeeld vanwege regendruppels op de lens, harde wind waardoor camera licht bewoog, en onvoldoende contrast door onvoldoende licht. Per kruispunt hebben we ongeveer 40 uren aan video-opnamen voor de herinrichting en 40 uren erna met elkaar kunnen vergelijken.

Verzamelde gegevens met automatische videoanalyse

Met de automatische videoanalyse zijn de volgende gegevens bepaald:

- het aantal voertuigen per type (fiets, motorvoertuig) dat het kruispunt passeert;
- de beweging van elk voertuig over het kruispunt (trajectorie of rijlijn);
- het aantal relatief gevaarlijke ontmoetingen tussen fiets en motorvoertuig volgens de zogeheten Post-Encroachment Time (PET). Ontmoetingen met een PET van 2 seconden of minder worden als ‘conflict’ beschouwd (zie kader op de volgende pagina voor meer uitleg).

Deze gegevens zijn geanalyseerd voor een aantal specifieke manoeuvres, ofwel verkeersbewegingen met interacties tussen fietsen en motorvoertuigen, en op locaties van de kruispunten waar daarin veranderingen te verwachten waren. In totaal zijn er zeven verschillende manoeuvres geanalyseerd die exemplarisch zijn; vergelijkbare aanpassingen op een andere locatie (bijvoorbeeld op andere takken) van het kruispunt leveren naar verwachting vergelijkbare resultaten op.

Dit rapport toont de analyseresultaten van vijf van de zeven manoeuvres op de twee kruispunten. De resultaten van alle manoeuvres worden uitgebreider beschreven in het achtergrondrapport.⁷

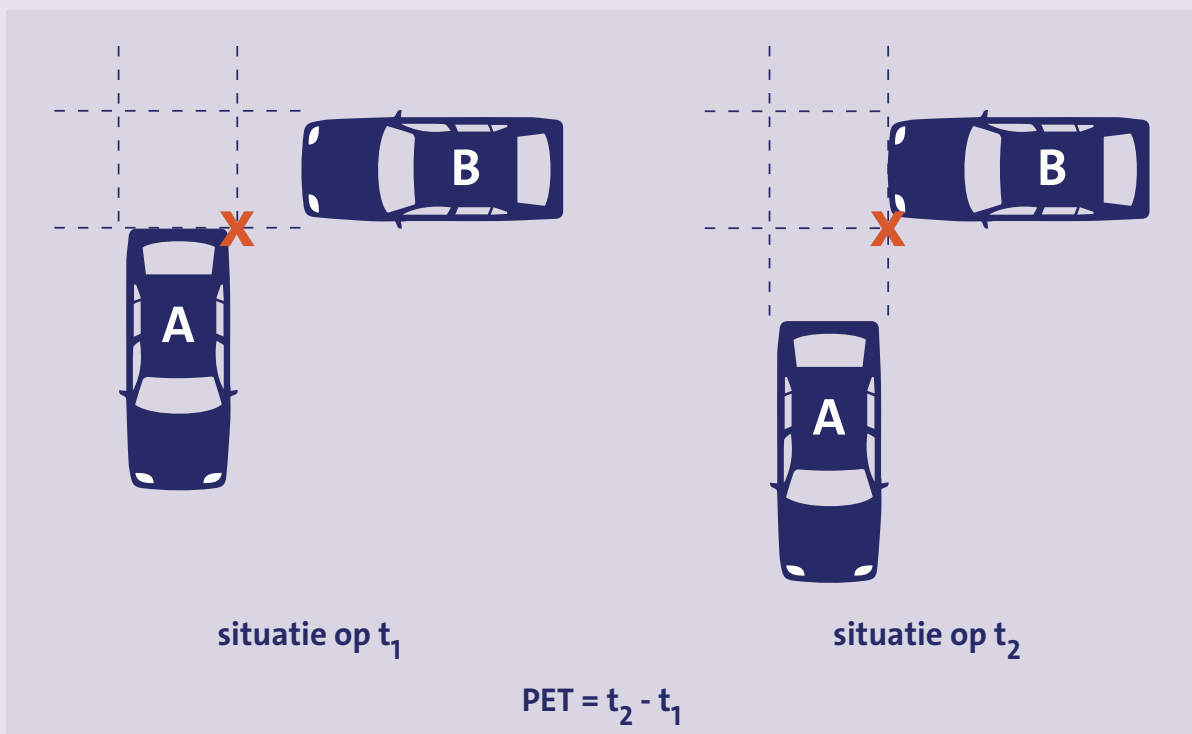


Verkeersconflicten volgens de PET

Wanneer twee weggebruikers elkaar naderen en in botsing zullen raken als ze niet hun koers of snelheid bijstellen, liggen ze zagezegd op 'botskoers'. Wanneer ze elkaar zonder noemenswaardige koers- of snelheidsverandering op een haar na zullen missen, is er strikt gesproken geen sprake van een botskoers. Toch is in dergelijke situaties de kans op botsen reëel aanwezig; een kleine verstoring in het proces had gemakkelijk tot een botsing kunnen leiden. Dergelijke gevaarlijke ontmoetingen noemen we verkeersconflicten. Of er van een conflict sprake is (de mate waarin de twee 'elkaar net missen') kan worden afgemeten aan de zogeheten Post-Encroachment Time of PET (zie *Afbeelding 4*).⁸ De PET is de tijd in seconden tussen het moment dat de eerste weggebruiker de baan van de tweede verlaat en het moment waarop deze laatste de baan van de eerste bereikt. Als de PET gelijk is aan nul, dan is er een botsing. Relatief kleine

waarden van de PET (variërend tussen de nul en twee seconden) zijn relatief ernstige conflicten; waarden groter dan 2 seconden worden niet als verkeersconflict beschouwd.

Op kruispunten kunnen ontmoetingen plaatsvinden tussen gemotoriseerd verkeer en de fietsers. In veel gevallen zijn dat geen aanrijdingen. Voor een beperkt deel van die ontmoetingen gaat het om situaties waarbij de fietser en het motorvoertuig elkaar net niet raken (mede door remmen of uitwijken). Een dergelijke, relatief gevaarlijke, ontmoeting wordt een conflict genoemd als de PET 2 seconden of minder is. Een (meestal klein) deel daarvan eindigt in een botsing met mogelijk ernstig letsel. Het aantal conflicten per 100.000 elkaar kruisende voertuigen wordt gezien als een indicator voor de mate van veiligheid van dat kruispunt.



Afbeelding 4: Illustratie van de Post-Encroachment Time (PET): het aantal seconden tussen het moment dat voertuig 'A' de baan van voertuig 'B' verlaat (t₁, links) en het moment waarop voertuig 'B' de baan van 'A' bereikt (t₂, rechts).⁸ Het conflictpunt is weergegeven met een rood kruis.

⁸ Kraay, J.H. & Horst, A.R.A. van der (1988). *De Nederlandse conflictobservatietechniek "DOCTOR"*. R-88-7. SWOV, Leidschendam.

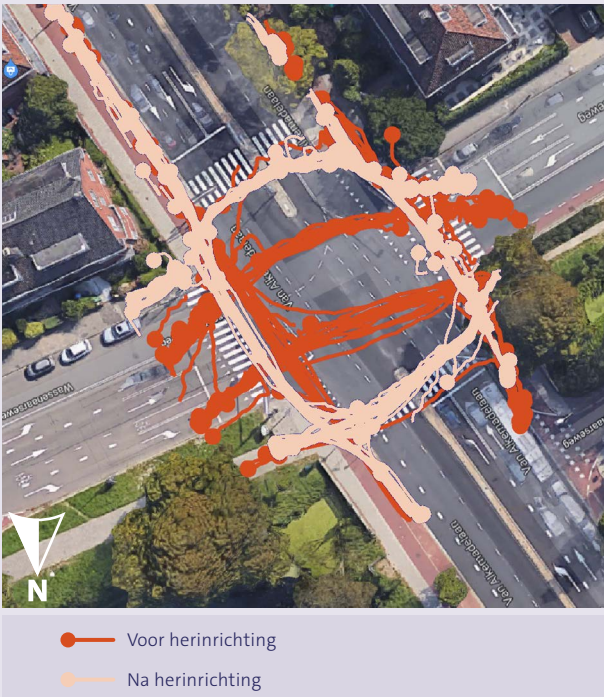
3. Resultaten

Dit hoofdstuk beschrijft een aantal ‘exemplarische’ verkeersmanoeuvres voor en na de herinrichting aan de hand van foto’s met zogeheten trajectoriën: de lijnen van voertuigbeweging. Voor het overzicht zijn deze rijlijnen geprojecteerd op luchtfoto’s uit Street Smart van Cyclo-media, waarop de kruispunten van bovenaf zijn te zien. De aantallen passerende voertuigen en conflicten bij die manoeuvres worden in tabellen getoond. Centraal staat de vraag of het aantal conflicten tussen fietsers en gemotoriseerd verkeer na de herinrichting is gedaald. De ernst van de conflicten is aangegeven in vier categorieën van de PET tussen 0 en 2 seconden. Het aantal conflicten is zowel absoluut weergegeven, als relatief ten opzichte van het aantal mogelijke ontmoetingen.⁹

Uit de videobeelden is niet bepaald wat het totale aantal conflicten op de kruispunten is geweest. Ook de interacties tussen motorvoertuigen onderling zijn hier niet geanalyseerd: in dit rapport richten we ons op de interacties met fietsers.



Fietsbewegingen Van Alkemadelaan-Wassenaarseweg



Afbeelding 5: Gemeten bewegingen van fietsers voor en na de herinrichting. De dichte bolletjes markeren de start en het einde van de detectie. De onderliggende luchtfoto van het kruispunt is de situatie voor de herinrichting (Google, Aerodata International Surveys).

Van Alkemadelaan-Wassenaarseweg

Afbeelding 5 toont de bewegingen van passerende fietsers voor (rood) en na de herinrichting (lichtoranje). Te zien is dat na de herinrichting de bewegingen van de fietsers uniformer zijn, evenals de locaties waar ze oversteken. Op elke tak van het kruispunt steken de fietsers na de herinrichting aan de rand van het kruispuntvlak over. Er zijn geen fietsers meer die over het midden van het kruispuntvlak oversteken, zoals voor de herinrichting nog wel gebeurde. Daarmee is het voorspelbaarder geworden waar motorvoertuigen en fietsers elkaar kunnen ontmoeten, en is de kans dat fietsers en bestuurders van motorvoertuigen elkaar over het hoofd zien waarschijnlijk afgenomen.

Voor drie manoeuvres – waar de herinrichting naar verwachting invloed heeft op ontmoetingen tussen fietsers en motorvoertuigen – is een nadere analyse gedaan. Twee daarvan worden in deze paragraaf besproken. De resultaten voor de derde manoeuvre staan beschreven in het achtergrondrapport.¹⁰

⁹ Als maat voor het aantal mogelijke ontmoetingen is het product genomen van het aantal – bij die manoeuvre – passerende motorvoertuigen en fietsers. Zie ook Hakkert, A.S. & Braimaister, L. (2002). *The uses of exposure and risk in road safety studies*. R-2002-12. SWOV, Leidschendam.

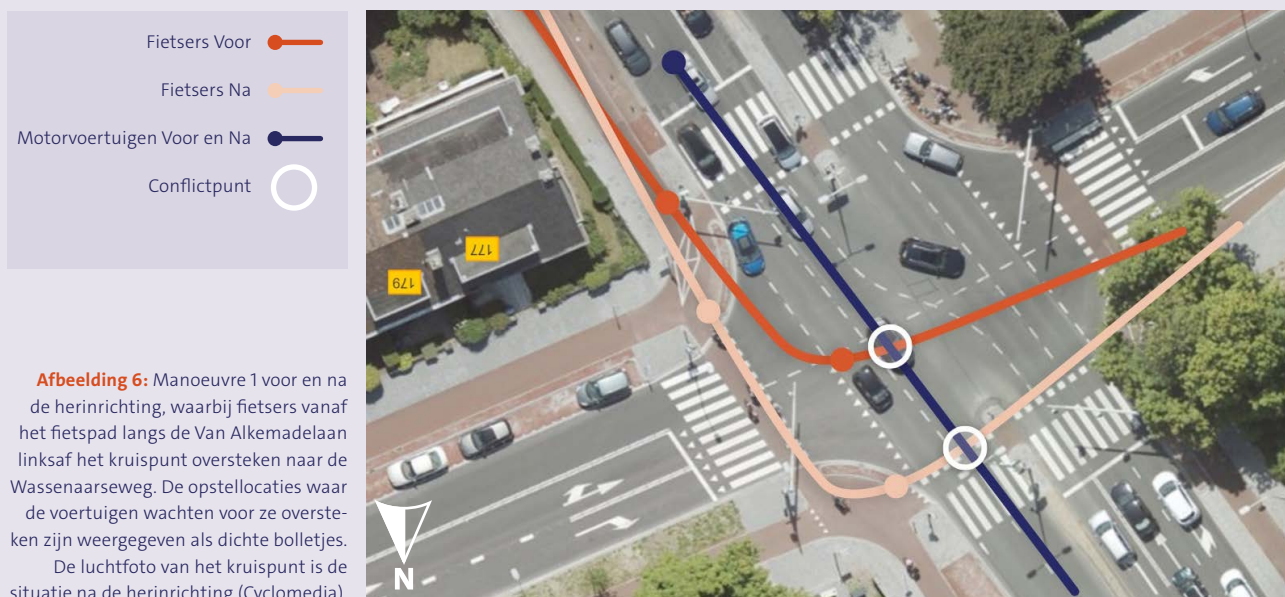
¹⁰ Nabavi Niaki, M., et al. (2021). *Bicycle safety before and after the redesign of intersections in The Hague*. R-2021-4A. SWOV, The Hague.

Manoeuvre 1

In *Afbeelding 6* is de manoeuvre aangegeven waarbij fietsers vanaf het fietspad langs de Van Alkemadeaan linksaf het kruispunt oversteken naar de Wassenaarseweg. De foto van het kruispunt is de situatie na de herinrichting. De blauwe lijn geeft de beweging van het gemotoriseerd verkeer op de Van Alkemadeaan aan, dat zowel voor als na de herinrichting tegelijk groen licht heeft met de fietsers op het vrijliggende fietspad langs de Van Alkemadeaan. De twee andere lijnen (rood-oranje) geven de oversteek van de fietsers voor, respectievelijk na de herinrichting aan.

Voor de herinrichting stellen de fietsers zich halverwege het kruisingsvlak op in een gemarkeerd opstelvak (vak 1 in *Afbeelding 1*), om links af te slaan zodra er geen motorvoertuigen meer langs hen rechtdoor gaan. In de nasituatie steken de fietsers het kruisingsvlak eerst geheel over en stellen ze zich daar bij het fietsverkeerslicht op om de oversteek te maken zodra ze groen licht krijgen. In de lijnen op de foto zijn bolletjes getekend. Deze geven de opstellocaties aan waar de motorvoertuigen of fietsers wachten als er kruisend verkeer is dat voorrang heeft. De witte kringetjes geven de conflictpunten aan: de plaats waar de rijlijnen van fietsers en motorvoertuigen elkaar kruisen. Als gevolg van de herinrichting is dit conflictpunt verschoven naar de rand van het kruispuntvlak.

Manoeuvre 1 – Van Alkemadeaan-Wassenaarseweg



Afbeelding 6: Manoeuvre 1 voor en na de herinrichting, waarbij fietsers vanaf het fietspad langs de Van Alkemadeaan linksaf het kruispunt oversteken naar de Wassenaarseweg. De opstellocaties waar de voertuigen wachten voor ze oversteken zijn weergegeven als dichte bolletjes. De luchtfoto van het kruispunt is de situatie na de herinrichting (Cyclomedia).

Tabel 1: Voor Manoeuvre 1 het aantal passerende fietsers en motorvoertuigen en het aantal conflicten (PET ≤ 2,0 seconden) in vier ernstcategorieën voor en na de herinrichting. Het aantal conflicten is zowel absoluut (N) als relatief weergegeven (per miljoen mogelijke ontmoetingen tussen fietsers en motorvoertuigen).

Herinrichting	Aantal motorvoertuigen	Aantal fietsers	Aantal conflicten, relatief en absoluut (N) per PET-categorie (s)				
			0 – 0,5	0,5 – 1,0	1,0 – 1,5	1,5 – 2,0	Totaal
Voor	19.462	1.826	0,0 (0)	0,03 (1)	0,6 (22)	3,5 (124)	4,1 (147)
Na	18.248	2.705	0,0 (0)	0,02 (1)	0,02 (1)	0,3 (15)	0,3 (17)
Verandering	-6%	+48%	–	-28%	-97%	-91%	-92%

Uit *Tabel 1* blijkt dat in de situatie na de herinrichting het aantal links afslaande fietsers 48% hoger is dan in de situatie daarvoor; het aantal motorvoertuigen is iets lager (6%). Het totaal aantal conflicten ($PET \leq 2$ s) is sterk gedaald (van 147 naar 17 conflicten), ondanks de toegenomen aantallen fietsers. Wanneer we rekening houden met de aantallen passerende motorvoertuigen en fietsers – en daarmee met het aantal mogelijke ontmoetingen – zien we een reductie van 92% in het aantal conflicten.

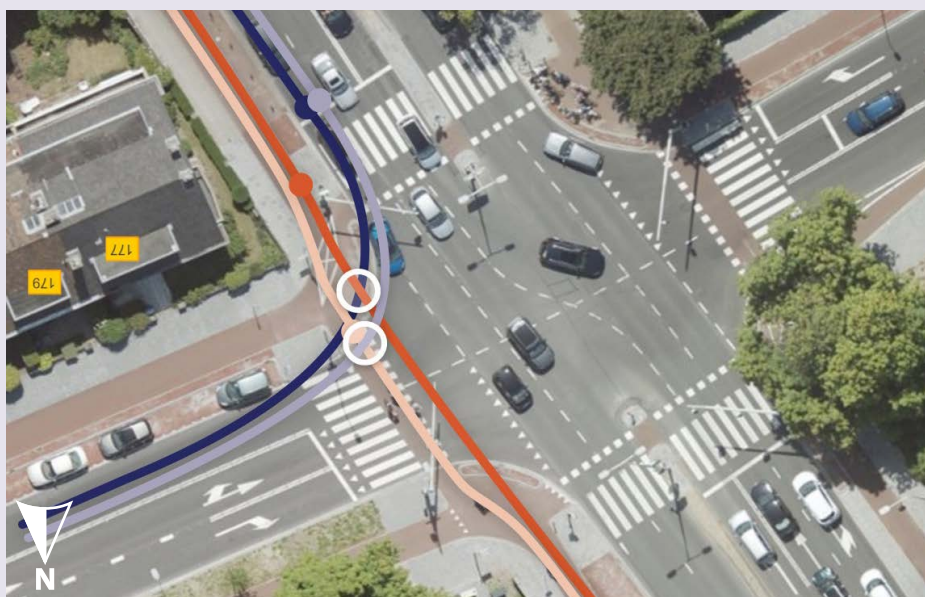
Het feit dat de oversteek van fietsers over de Van Alkemadeaan na de herinrichting met verkeerslichten is geregeld, verklaart waarschijnlijk de sterke daling van het aantal conflicten. Aangezien de fietsers nu in tijd zijn gescheiden van de rechtdoor gaande motorvoertuigen, zullen conflicten alleen mogelijk zijn als er sprake is van roodlichtovertredingen.

Manoeuvre 2

In *Afbeelding 7* is de manoeuvre aangegeven waarbij fietsers langs de Van Alkemadeaan het kruispunt oversteken. De blauwe lijnen geven de beweging van het gemotoriseerde verkeer op de rijbaan aan, dat tegelijkertijd groen licht heeft en bij het rechts afslaan naar de Wassenarseweg de baan van de fietsers kruist.

Na de herinrichting worden de fietsers bij het oversteken verder naar de buitenrand van het kruispuntvlak geleid en maken de motorvoertuigen bij het naar rechts afslaan een ruimere bocht, zoals blijkt uit de rood-oranje rijlijnen. Ook is de stopstreep voor de fietsers dichterbij het kruispuntvlak aangebracht. De fietsers en de naar rechts afslaande motorvoertuigen hebben zowel voor als na de herinrichting tegelijkertijd groen licht. De plaats waar de rijlijnen van fietsers en motorvoertuigen elkaar kruisen (het conflict-

Manoeuvre 2 – Van Alkemadeaan-Wassenarseweg



Afbeelding 7: Manoeuvre 2 voor en na de herinrichting, waarbij fietsers vanaf het fietspad langs de Van Alkemadeaan rechtdoor het kruispunt oversteken en motorvoertuigen – tegelijk met fietsers groen – rechts afslaan. De opstellocaties waar de voertuigen wachten voor voorrangsverkeer zijn weergegeven als dichte bolletjes. De luchtfoto van het kruispunt is de situatie na de herinrichting (Cyclomedia)

Tabel 2: Voor Manoeuvre 2 het aantal passerende fietsers en motorvoertuigen en het aantal conflicten ($PET \leq 2,0$ seconden) in vier ernstcategorieën voor en na de herinrichting. Het aantal conflicten is zowel absoluut (N) als relatief weergegeven (per miljoen mogelijke ontmoetingen tussen fietsers en motorvoertuigen).

Herinrichting	Aantal motorvoertuigen	Aantal fietsers	Aantal conflicten, relatief en absoluut (N) per PET-categorie (s)				
			0 – 0,5	0,5 – 1,0	1,0 – 1,5	1,5 – 2,0	Totaal
Voor	3.716	2.054	0,0 (0)	0,4 (3)	1,8 (14)	9,6 (73)	11,4 (90)
Na	3.503	2.769	0,0 (0)	0,0 (0)	1,4 (14)	6,2 (60)	7,6 (74)
Verandering	-6%	+35%	–	-100%	-21%	-35%	-33%

punt) is na de herinrichting enkele meters verschoven naar de rand van het kruispuntvlak.

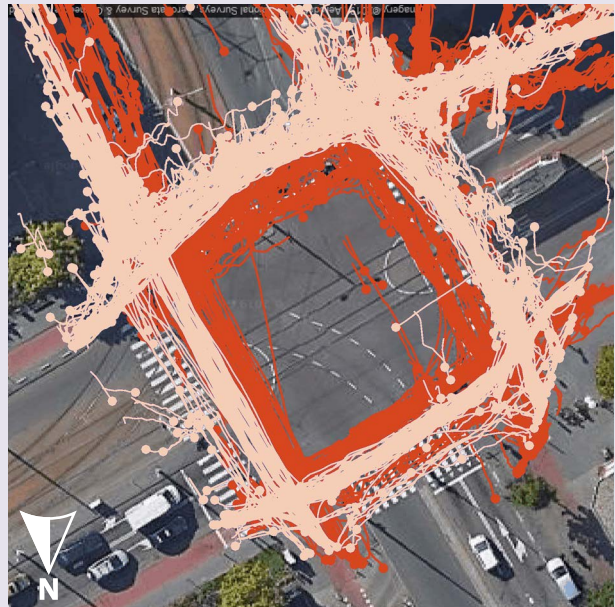
Ook op andere takken van dit kruispunt komt deze manoeuvre voor, maar deze zijn niet verder geanalyseerd omdat daar in grote lijnen dezelfde mechanismen spelen en vergelijkbare resultaten worden verwacht.

Uit *Tabel 2* blijkt dat in de situatie na de herinrichting het aantal rechtdoor gaande fietsers 35% hoger is dan in de situatie daarvoor; het aantal motorvoertuigen is iets lager (6%). Het totaal aantal conflicten ($PET \leq 2$ s) is gedaald van 90 naar 74 conflicten, ondanks de toegenomen aantallen fietsers. Wanneer we rekening houden met de aantallen passerende motorvoertuigen en fietsers zien we een afname in conflicten van 33%.

De wijdere en langere boog die de motorvoertuigen maken voordat ze kruisen met de fietsers, maar ook de grotere afstand tussen motorvoertuigen en wachtende fietsers, kan ertoe hebben geleid dat motorvoertuigen en fietsers elkaar beter opmerken en kunnen anticiperen om kritieke situaties (conflicten) te vermijden.



Fietsbewegingen Jonckbloetplein



- Voor herinrichting
- Na herinrichting

Afbeelding 8: Gemeten bewegingen van fietsers voor en na de herinrichting. De dichte bolletjes markeren de start en het einde van de detectie. De onderliggende luchtfoto van het kruispunt is de situatie voor de herinrichting (Google, Aerodata International Surveys).

Jonckbloetplein

Afbeelding 8 toont de bewegingen van passerende fietsers voor (rood) en na de herinrichting (lichtoranje). Te zien is dat de routes van de fietsers en de locaties van oversteken na de herinrichting verschoven zijn naar de buitenrand van het kruispuntvlak. Deze verschuiving is het directe gevolg van het uitbuigen van de fietsoversteken. Van de manoeuvres die nader zijn geanalyseerd worden er in deze paragraaf drie besproken – die waar de herinrichting naar verwachting invloed heeft op ontmoetingen tussen fietsers en motorvoertuigen. De resultaten voor de vierde manoeuvre staan beschreven in het achtergrondrapport.¹¹

¹¹ Nabavi Niaki, M., et al. (2021). *Bicycle safety before and after the redesign of intersections in The Hague*. R-2021-4A. SWOV, The Hague.

Manoeuvre 3

In *Afbeelding 9* is de manoeuvre aangegeven waarbij fietsers langs de Gouverneurlaan rechtdoor het kruispunt met de De Genestetlaan oversteken. In de situatie voor de herinrichting is de fietsbeweging aangegeven met de rode lijn en het rechts afslaande gemotoriseerde verkeer met de donkerblauwe lijn. Deze hebben tegelijkertijd groen licht.

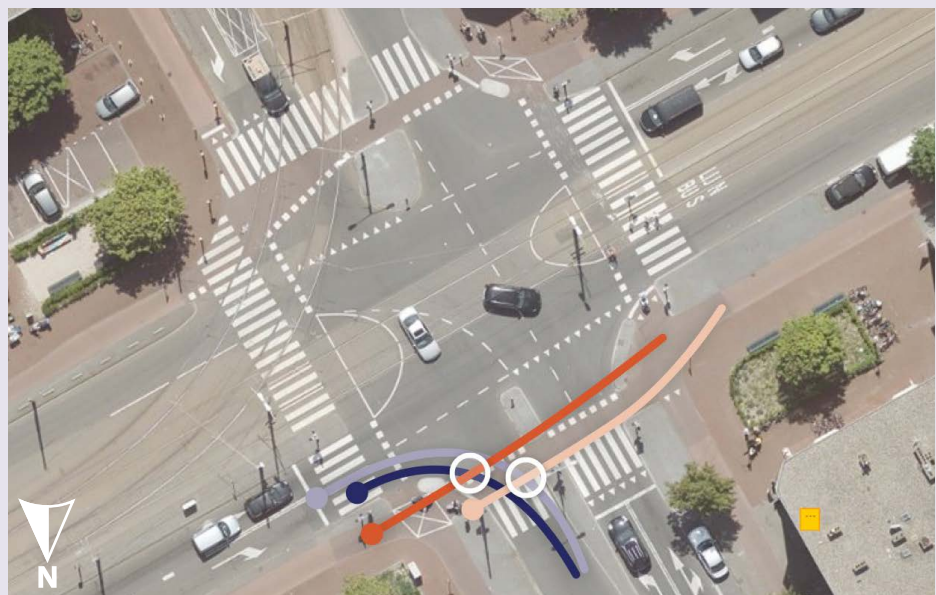
Na de herinrichting worden de fietsers bij het oversteken verder naar de buitenrand van het kruispuntvlak geleid (lichtoranje lijn) en maken de motorvoertuigen bij het rechts afslaan een ruimere bocht, zoals blijkt uit de grijsblauwe rijlijn. Ook is de stopstreep voor de fietsers dichterbij het kruispuntvlak aangebracht. De fietsers en de rechts afslaande motorvoertuigen hebben zowel voor als

na de herinrichting tegelijkertijd groen licht. De plaats waar de rijlijnen van fietsers en motorvoertuigen elkaar kruisen (het conflictpunt) is na de herinrichting enkele meters verschoven naar de rand van het kruispuntvlak.

Ook op andere takken van dit kruispunt komt deze manoeuvre voor, maar deze zijn niet verder geanalyseerd omdat daar in grote lijnen dezelfde mechanismen spelen en vergelijkbare resultaten worden verwacht.

Uit *Tabel 3* blijkt dat in de situatie na de herinrichting het aantal rechtdoor gaande fietsers 45% lager is dan in de situatie daarvoor; het aantal rechts afslaande motorvoertuigen is eveneens lager (42%).

Manoeuvre 3 – Jonckbloetplein



Afbeelding 9: Manoeuvre 3 voor en na de herinrichting, waarbij fietsers vanaf het fietspad langs de Gouverneurlaan rechtdoor het kruispunt oversteken en motorvoertuigen – tegelijk met fietsers groen – rechts afslaan naar de De Genestetlaan. De opstellocaties waar de voertuigen wachten op voorrangsverkeer zijn weergegeven als dichte bolletjes.

De luchtfoto van het kruispunt is de situatie na de herinrichting (Cyclomedia).

Tabel 3: Voor Manoeuvre 3 het aantal passerende fietsers en motorvoertuigen en het aantal conflicten (PET ≤ 2,0 seconden) in vier ernstcategorieën voor en na de herinrichting. Het aantal conflicten is zowel absoluut (N) als relatief weergegeven (per miljoen mogelijke ontmoetingen tussen fietsers en motorvoertuigen).

Herinrichting	Aantal motorvoertuigen	Aantal fietsers	Aantal conflicten, relatief en absoluut (N) per PET-categorie (s)				
			0 – 0,5	0,5 – 1,0	1,0 – 1,5	1,5 – 2,0	Totaal
Voor	6.245	4.598	0,0 (0)	0,1 (3)	1,0 (29)	5,7 (163)	6,8 (195)
Na	3.647	2.546	0,0 (0)	0,2 (2)	0,8 (7)	5,0 (46)	5,9 (55)
Verandering	-42%	-45%	–	+106%	-25%	-13%	-13%

Het totaal aantal conflicten ($PET \leq 2$ s) is gedaald van 195 naar 55 conflicten. Dit komt deels door de afgenomen aantallen passerende motorvoertuigen en fietsers. Wanneer we daarmee rekening houden, zien we een relatief beperkte afname van 13% in het aantal conflicten.

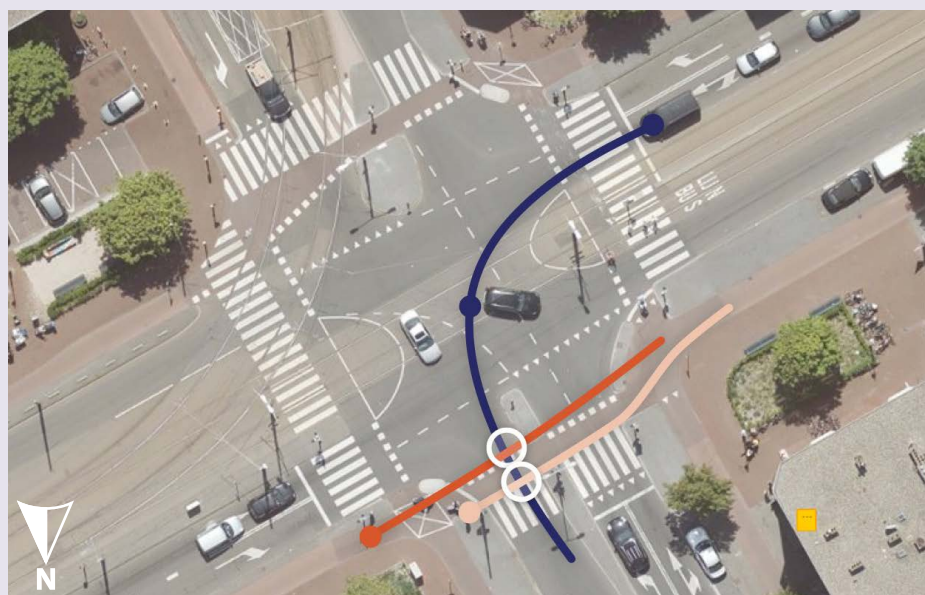
De wijdere en langere boog die de motorvoertuigen maken voordat ze kruisen met de fietsers, maar ook de grotere afstand tussen motorvoertuigen en wachtende fietsers, kan ertoe hebben geleid dat motorvoertuigen en fietsers elkaar beter opmerken en kunnen anticiperen om kritieke situaties (conflicten) te vermijden.

Manoeuvre 4

In *Afbeelding 10* is de manoeuvre aangegeven waarbij fietsers langs de Gouverneurlaan rechtdoor het kruispunt met de De Genestetlaan oversteken. In de situatie voor de herinrichting is de fietsbeweging aangegeven met de rode lijn. De donkerblauwe lijn geeft de beweging aan van het links afslaaende gemotoriseerd verkeer uit tegenovergestelde richting, dat tegelijkertijd groen licht heeft.

Na de herinrichting worden de fietsers bij het oversteken verder naar de buitenrand van het kruispuntvlak geleid (lichtoranje lijn). Ook is de stopstreep voor de fietsers dichterbij het kruispuntvlak aangebracht. De fietsers en de links afslaaende motorvoertuigen hebben zowel voor als na de herinrichting tegelijkertijd groen licht. De plaats waar de rijlijnen van fietsers en motorvoertuigen elkaar kruisen (het conflictpunt) is na de herinrichting enkele meters verschoven naar de buitenrand van het kruispuntvlak.

Manoeuvre 4 – Jonckbloetplein



Afbeelding 10: Manoeuvre 4 voor en na de herinrichting, waarbij fietsers vanaf het fietspad langs de Gouverneurlaan rechtdoor het kruispunt oversteken en motorvoertuigen uit tegenovergestelde richting – tegelijk met fietsers groen – links afslaan naar de De Genestetlaan. De opstelllocaties waar de voertuigen wachten op voorrangsverkeer zijn weergegeven als dichte bolletjes. De luchtfoto van het kruispunt is de situatie na de herinrichting (Cyclomedia).

Tabel 4: Voor Manoeuvre 4 het aantal passerende fietsers en motorvoertuigen en het aantal conflicten ($PET \leq 2,0$ seconden) in vier ernstcategorieën voor en na de herinrichting. Het aantal conflicten is zowel absoluut (N) als relatief weergegeven (per miljoen mogelijke ontmoetingen tussen fietsers en motorvoertuigen).

Herinrichting	Aantal motorvoertuigen	Aantal fietsers	Aantal conflicten, relatief en absoluut (N) per PET-categorie (s)				
			0 – 0,5	0,5 – 1,0	1,0 – 1,5	1,5 – 2,0	Totaal
Voor	2.967	4.598	0,0 (0)	0,0 (0)	0,7 (9)	2,1 (29)	2,8 (38)
Na	1.583	2.546	0,0 (0)	0,0 (0)	0,7 (3)	1,2 (5)	2,0 (8)
Verandering	-47%	-45%	–	–	0%	-42%	-31%

Ook op andere takken van dit kruispunt komt deze manoeuvre voor, maar deze zijn niet verder geanalyseerd omdat daar in grote lijnen dezelfde mechanismen spelen en vergelijkbare resultaten worden verwacht.

Uit *Tabel 4* blijkt dat in de situatie na de herinrichting het aantal rechtdoor gaande fietsers 45% lager is dan in de situatie daarvoor; het aantal links afslaande motorvoertuigen is eveneens lager (47%). Het totaal aantal conflicten ($PET \leq 2$ s) is gedaald van 38 naar 8 conflicten. Dit komt deels doordat er na de herinrichting minder motorvoertuigen en fietsers passeren. Wanneer we hiermee rekening houden, dan zien we dat de conflicten met 31% zijn afgenomen.

De fietsers rijden na de herinrichting niet meer op het kruispuntvlak maar ernaast, waardoor automobilisten

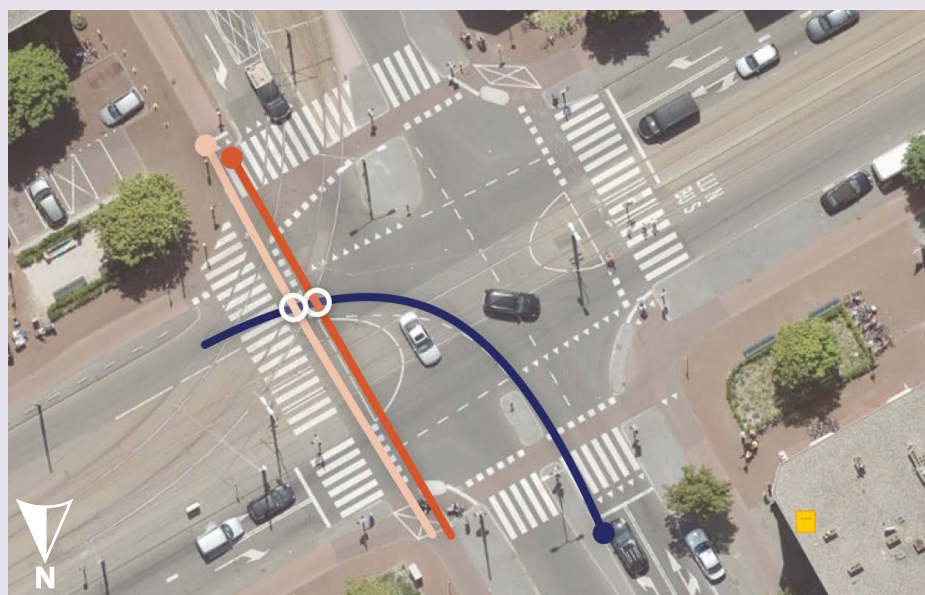
zich eerst op tegemoetkomende motorvoertuigen op het kruispuntvlak kunnen richten en daarna op de fietsers.

Manoeuvre 5

In *Afbeelding 11* is de manoeuvre aangegeven waarbij fietsers langs de De Genestetlaan rechtdoor het kruispunt met de Gouverneurlaan oversteken. In de situatie voor de herinrichting is de fietsbeweging aangegeven met de rode lijn. De donkerblauwe lijn geeft de beweging aan van het gemotoriseerde verkeer uit tegenovergestelde richting, dat voorafgaand aan de herinrichting tegelijkertijd groen licht had bij het links afslaan naar de Gouverneurlaan.

Na de herinrichting worden de fietsers bij het oversteken verder naar de buitenrand van het kruispuntvlak geleid (lichtoranje lijn). Waar ze voor de herinrichting nog tegelijk groen licht hadden met de links afslaande motorvoer-

Manoeuvre 5 – Jonckbloetplein



Afbeelding 11: Manoeuvre 5, waarbij fietsers vanaf het fietspad langs de De Genestetlaan rechtdoor het kruispunt oversteken en motorvoertuigen uit tegenovergestelde richting links afslaan naar de Gouverneurlaan. Voor de herinrichting hebben deze verkeersstromen tegelijk groen licht; na de herinrichting hebben ze elk een eigen fase in de regulering. De opstellocaties waar de voertuigen wachten op voorrangsverkeer zijn weergegeven als dichte bolletjes. De luchtfoto van het kruispunt is de situatie na de herinrichting (Cyclomedia).

Tabel 5: Voor Manoeuvre 5 het aantal passerende fietsers en motorvoertuigen en het aantal conflicten ($PET \leq 2,0$ seconden) in vier ernstcategorieën voor en na de herinrichting. Het aantal conflicten is zowel absoluut (N) als relatief weergegeven (per miljoen mogelijke ontmoetingen tussen fietsers en motorvoertuigen).

Herinrichting	Aantal motorvoertuigen	Aantal fietsers	Aantal conflicten, relatief en absoluut (N) per PET-categorie (s)				
			0 – 0,5	0,5 – 1,0	1,0 – 1,5	1,5 – 2,0	Totaal
Voor	7.214	4.338	0,0 (0)	0,1 (2)	1,2 (36)	2,7 (84)	3,8 (122)
Na	4.151	2.845	0,0 (0)	0,0 (0)	0,2 (2)	0,5 (6)	0,7 (8)
Verandering	-42%	-34%	–	-100%	-85%	-81%	-82%

tuigen uit tegenovergestelde richting, hebben de fietsers na de herinrichting een eigen groenfase in de regeling. De plaats waar de rijlijnen van fietsers en motorvoertuigen elkaar kruisen (conflictspunt) is na de herinrichting enkele meters verschoven naar de buitenrand van het kruispuntvlak.

Uit *Tabel 5* blijkt dat in de situatie na de herinrichting het aantal rechtdoor gaande fietsers 34% lager is dan in de situatie daarvoor; het aantal links afslaande motorvoertuigen uit tegenovergestelde richting is eveneens lager (42%).

Het totaal aantal conflicten ($PET \leq 2$ s) is gedaald van 122 naar 8 conflicten. Dit komt deels door de afgenomen aantallen passerende motorvoertuigen en fietsers, maar ook wanneer we daarmee rekening houden, zien we dat de conflicten met 82% zijn afgenomen.

Het is aannemelijk dat de relatief grote afname in conflicten het gevolg is van de aangepaste regeling van de verkeerslichten. De kans op een ontmoeting tussen fietser en motorvoertuig is door een eigen fase per verkeersstroom sterk verkleind.¹² Ook in Manoeuvre 1 (Wasenaarseweg) is er een sterke conflictafname gevonden (92%) als gevolg van een aangepaste verkeerslichtenregeling. Het is niet aannemelijk dat de kleine verschuiving van het conflictspunt naar de buitenrand van het kruispuntvlak veel bijdraagt aan de afname in verkeersconflicten. Aangezien de rechtdoor gaande fietsstroom en de links afslaande motorvoertuigen nu in tijd gescheiden zijn, zullen conflicten alleen mogelijk zijn als er sprake is van roodlichtovertredingen.



4. Conclusies en discussie

Effecten van kruispuntaanpassingen

Aanpassingen in infrastructuur op twee kruispunten in Den Haag hebben ertoe geleid dat fietsers zich op de beoogde wijze over het kruispunt bewegen. Op het kruispunt Van Alkemadelaan-Wassenaarseweg is het overstekpatroon van fietsers minder complex geworden en wordt er niet meer over het midden van het kruispuntvlak gefietst door fietsers die vanaf de Van Alkemadelaan links afslaan. In de voorsituatie was dit nog wel het geval, waarbij ze gemotoriseerd verkeer uit alle rijrichtingen moesten kruisen. Dit heeft geleid tot een daling van het aantal conflicten, wat erop duidt dat hiermee de verkeersveiligheid verbeterd is.

De grootste reducties in conflicten zijn gevonden in situaties waarbij gelijktijdig groen voor fietsers en motorvoertuigen is vervangen door aparte groenfasen in de regeling. Ook het 'uitbuigen' van de fietsoversteeken, meer naar de buitenrand van het kruispuntvlak, blijkt te kunnen leiden tot een vermindering van het aantal conflicten tussen motorvoertuigen en fietsers. Dit effect is echter minder groot dan werd bereikt met aanpassing van de verkeerlichtenregeling. Daarbij moet wel worden vermeld dat het in de onderzochte situaties ging om een beperkte uitbuiging (ca. 2-3 meter). Het zicht van de bestuurders van motorvoertuigen op de fietsoversteek is daardoor – door de langere draai en daardoor grotere zichthoek – in beperkte mate verbeterd.

Niet alle mogelijk manoeuvres en conflicten die op de kruispunten kunnen optreden zijn geanalyseerd. Gekozen is voor manoeuvres op locaties van de kruispunten waar effecten te verwachten waren en die 'exemplarisch' zijn. Van vergelijkbare aanpassingen op een andere locatie van het kruispunt (bijvoorbeeld op andere takken) worden vooralsnog vergelijkbare effecten verwacht.

Analysemethode

Het is mogelijk gebleken om een indruk te krijgen van veranderingen in de mate van verkeersveiligheid met behulp van automatische waarneming van verkeersstromen en -conflicten op videobeelden. Voor dit soort videoanalyse zijn diverse pakketten met waarnemingssoftware ontwikkeld. De gehanteerde analysemethode van Brisk Synergies is een voorbeeld hiervan. Dergelijke software maakt het mogelijk om langdurige video-opnamen te analyseren zonder de hoge kosten van een visuele beoordeling door annoteurs.




Aangezien deze methoden nog sterk in ontwikkeling zijn, is de verwachting dat ze in toenemende mate geschikt zullen zijn voor gebruik in verkeersveiligheidsonderzoek. Dat kan zoals in deze studie gaan om het evalueren van interventies tussen fietsers en motorvoertuigen op kruispunten. Maar ook is het mogelijk om met een dergelijke methode het verkeersproces te analyseren om te bepalen welke locaties relatief gevaarlijk zijn en in aanmerking komen voor maatregelen.

Een beperking van de geautomatiseerde analyse is vooralsnog dat het niet goed mogelijk is om videobeelden te analyseren die zijn opgenomen onder omstandigheden met weinig licht.

5. Meer informatie

Achterliggend onderzoeksrapport

Nabavi Niaki, M., Dijkstra, A. & Wijlhuizen, G.J. (2021)
Bicycle safety before and after the redesign of intersections in The Hague; Evaluation using automated traffic analysis software. R-2021-4A. SWOV, The Hague.



SWOV-publicaties
zijn te downloaden via
[swov.nl/publicaties](https://www.swov.nl/publicaties)



Colofon

Auteurs



dr. Gert Jan Wijlhuizen



dr. Matin Nabavi Niaki



dr. ir. Atze Dijkstra

Fotografen

Paul Voorham, Voorburg
Peter de Graaff, Katwijk

De foto's in dit rapport zijn bedoeld als illustratie.
Afgebeelde personen hebben geen directe relatie
met beschreven situaties.

© 2021

SWOV – Instituut voor Wetenschappelijk

Onderzoek Verkeersveiligheid

Postbus 93113, 2509 AC Den Haag

Bezuidenhoutseweg 62, 2594 AW Den Haag

T +31 70 3173 333

E info@swov.nl

I www.swov.nl

t @swov_nl / @swov

in linkedin.com/company/swov

Dit onderzoek is mede mogelijk gemaakt door
het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
en de gemeente Den Haag.

De informatie in deze publicatie is openbaar.
Overname is toegestaan met bronvermelding.

Ongevallen **voorkomen**

Letsel **beperken**

Levens **redden**