SWOV
WETENSCHAPPELIJK
ONDERZOEK VERKEERSVEILIGHEID

Risicofactoren nader onderzocht: 50km/uur-kruispunten

R-2016-17

Risicofactoren nader onderzocht: 50km/uur-kruispunten

Het concept van Safety Performance Indicators (SPI's) nader belicht, risicofactoren bij dodelijke ongevallen en kwantificering van roodlichtnegatie

R-2016-17
Dr. L.T. Aarts, ir. B.J.C. Loenis, dr. ir. A. Dijkstra, N.Y. Deden &
R. Noorloos
Den Haag, 2016
Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

Documentbeschrijving

Rapportnummer:	R-2016-17
Titel:	Risicofactoren nader onderzocht: 50km/uur-kruispunten
Ondertitel:	Het concept van Safety Performance Indicators (SPI's) nader belicht, risicofactoren bij dodelijke ongevallen en kwantificering van roodlichtnegatie
Auteur(s):	Dr. L.T. Aarts, ir. B.J.C. Loenis, dr. ir. A. Dijkstra, N.Y. Deden & R. Noorloos
Projectleider:	Dr. L.T. Aarts
Projectnummer SWOV:	S16.08
Trefwoorden:	Safety, indicator, risk, red light, traffic signal, offence, cross roads, junction, speed, urban area, accident, fatality, data acquisition, quality, analysis (math).
Aantal pagina's:	108 + 29
Uitgave:	SWOV, Den Haag, 2016

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

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV
Postbus 93113
2509 AC Den Haag
Telefoon 070 317 33 33
Telefax 070 320 12 61
E-mail info@swov.nl
Internet www.swov.nl

Samenvatting

Safety Performance Indicators (SPI's) zijn 'prestatie-indicatoren' voor verkeersonveiligheid die betrekking hebben op risicofactoren in het verkeer die door beleidsmakers gebruikt kunnen worden voor proactief verkeersveiligheidsbeleid. Voor een proactief beleid bestaan al verschillende beleidsinstrumenten die steeds meer in de belangstelling staan door de toegenomen interesse van beleidsmakers in een 'risicogestuurde' aanpak. Dat betekent in essentie dat overheden op basis van wetenschappelijke inzichten vooraf maatregelen treffen op plekken en in situaties die potentieel gevaarlijk zijn.

In dit rapport is het begrip 'SPI's' verder onder de loep genomen. Daarbij stonden de volgende vragen centraal:

1. Wat wordt in de literatuur verstaan onder prestatie-indicatoren in het algemeen en SPI's in het bijzonder, en welke conceptuele kaders treffen we daarbij aan?
2. Welke SPI's worden in de literatuur onderscheiden en welke daarvan zijn mogelijk relevant voor de Nederlandse context?
3. Zijn er daarnaast ook nog andere mogelijke SPI's te benoemen?
4. Hoe staat het met de onderbouwing van de SPI's onder punt 2 en 3 en met hun onderlinge relaties?
5. Welke problemen ervaren onderzoekers bij het conceptuele kader van SPI's, en welke problemen ervaren beleidsmakers bij het begrip SPI's?
6. Hoe kan onderzoek bijdragen aan oplossingen voor de geconstateerde problemen?
7. Welke SPI's kiezen we om nader te onderzoeken en onderbouwen, en waarom?
8. Welke van deze factoren vinden we daadwerkelijk terug in ernstige ongevallen op het Nederlandse wegennet?
9. Wat is de kwantitatieve relatie[1] tussen één of meer van deze factoren met het ontstaan van ongevallen en slachtoffers, en welke methoden zijn geschikt om tot een dergelijke kwantificering te komen?

Conceptuele beschouwing van SPI's

Om de eerste zes vragen te beantwoorden, is een literatuuronderzoek gedaan naar prestatie-indicatoren in het algemeen en SPI's in het bijzonder. Daarnaast zijn wetenschappers en beleidsmakers geïnterviewd die al met SPI's bekend zijn of ermee werken: welke problemen ervaren zij met het begrip SPI's en wat zijn volgens hen belangrijke onderzoeksvragen?

Op basis hiervan concluderen we het volgende:

1. Prestatie-indicatoren zijn voor verschillende fasen binnen een systeem te definiëren (invoer, proces, gewenste en ongewenste uitvoer of

[1] Deze kwantitatieve relatie is belangrijk om SPI's uiteindelijk in proactieve beleidsinstrumenten te kunnen gebruiken, bijvoorbeeld om het belang van verschillende risicofactoren tegen elkaar af te kunnen wegen.

resultaten). SPI's zijn daarbinnen een specifiek soort prestatie-indicator, en wel als volgt:

SPI's zijn risicofactoren of operationele condities van het verkeerssysteem die (kunnen) worden gebruikt om de resultaten van verkeersveiligheidsbeleid te meten. Het zijn daarmee een specifiek soort risico-indicatoren of operationele condities van het verkeerssysteem.

SPI's zijn een tussenindicator van verkeersveiligheid, waarbij ongevallen en slachtoffers de eindindicator of het eindresultaat zijn. SPI's worden ook wel aangeduid als 'leading' (voorspellende) indicatoren voor verkeersonveiligheid, waarbij ongevallen en slachtoffers als 'lagging' (volgende) indicatoren worden beschouwd.

2. SPI's die regelmatig in de literatuur worden genoemd, bevinden zicht op de volgende terreinen:
   – kwaliteit van infrastructuur (zoals netwerk, route en kruispunten);
   – gevaarlijk gedrag (zoals rijden onder invloed en snelheid);
   – veiligheidskwaliteit van voertuigen (zoals de leeftijd van een auto);
   – kwaliteit van traumazorg (op zowel korte als lange termijn).

3. Andere mogelijke SPI's zijn:
   – afleiding (bijvoorbeeld door smartphones);
   – lichtvoering en andere manieren van zichtbaarheid;
   – roodlichtnegatie in relatie tot kruispunten met verkeersregelinstallaties (VRI's).

4. De meeste SPI's die in de literatuur worden genoemd, kunnen zowel theoretisch als empirisch worden onderbouwd. In sommige gevallen is de empirische onderbouwing alleen gebaseerd op internationaal onderzoek, soms wordt evidentie (of beter: de hoogte van de gevonden risico's) door onderzoekers in twijfel getrokken (bijvoorbeeld bij rijden onder invloed). Voor een aantal SPI's ontbreekt de empirische evidentie, met name voor de vraag hoezeer de betreffende factor risicoverhogend is (zoals geen lichtvoering en roodlichtnegatie). Bij sommige SPI's is het betreffende gedrag nauwelijks te meten (zoals afleiding en vermoeidheid). Van SPI's op het gebied van infrastructuur is vaak nog onvoldoende duidelijk in welke mate ze (ten opzichte van elkaar of in combinatie met andere factoren) bijdragen aan verkeersonveiligheid.

5. De problemen die onderzoekers en beleidsmakers met SPI's ervaren, hebben inhoudelijk gezien vooral betrekking op:
   – De samenhang tussen risicofactoren of condities waaronder factoren een risicofactor zijn: in welke mate dragen ze bij aan het risico op een ongeval als ze in een bepaalde combinatie met elkaar voorkomen?
   – De gelaagdheid van factoren: in hoeverre beïnvloeden ze elkaar en daarmee uiteindelijk het risico?
   – de maten die geschikt zijn om als SPI te gebruiken: in welke maat of eenheid kan een risicofactor het beste worden uitgedrukt om de relatie met onveiligheid zo goed mogelijk weer te geven?
   – SPI's op één specifiek terrein (bijvoorbeeld gedrag) doorsnijden soms het invloedsdomein van verschillende typen beleidsmakers (in

dit geval wegbeheerders en beleidsmakers die zich expliciet met gedragsbeïnvloeding bezig houden).

6. Onderzoek kan op verschillende manieren bijdragen aan oplossingen voor de hierboven geconstateerde problemen. Ten eerste moeten de geïdentificeerde vraagstukken goed in kaart worden gebracht. Daarbij moeten ook de voorwaarden voor nader onderzoek concreet worden gemaakt. Ten tweede is het belangrijk om iets te doen aan de begripsverwarring van prestatie-indicatoren die zijn gerelateerd aan verschillende fasen van het beleidsproces. Hiervoor doet SWOV een voorstel voor specifiekere naamgeving en definities. Daarbij gaat het vooral om het verschil tussen 'kritische prestatie-indicatoren' voor beleidsacties en -maatregelen enerzijds (KPI's), en prestatie-indicatoren voor verkeersonveiligheid anderzijds (SPI's).

Empirisch onderzoek naar risicofactoren

Om de overige drie onderzoeksvragen te beantwoorden, is een empirisch onderzoek uitgevoerd naar risicofactoren bij dodelijke ongevallen op 50km/uur-kruispunten. Daarbij zijn de 'registratiesets' (formulieren die de politie opmaakt bij een ongeval) van 89 dodelijke ongevallen uit 2012 gescoord (de meest recente bij SWOV beschikbare en bruikbare data). Om te achterhalen welke risicogedragingen veel voorkomen, hebben drie beoordelaars onafhankelijk van elkaar gescoord hoe vaak deze factoren zeker of mogelijk hebben bijgedragen aan het ontstaan of de ernst van het ongeval. Kwaliteitsaspecten van de infrastructuur zijn ook gescoord door een beoordelaar.

Op basis hiervan trekken we de volgende conclusies:

7. Een aantal risicofactoren die we deels terugvinden in de literatuur, kan mogelijk als SPI worden gebruikt op 50km/uur-kruispunten in Nederland. Het gaat deels om algemene risicofactoren (snelheid, rijden onder invloed, afleiding, vermoeidheid, niet (correct) gebruik van beveiligingsmiddelen zoals helm of gordel en lichtvoering of zichtbaarheid bij duisternis), en deels om specifieke risicogedragingen (zoals voorrangverlening en roodlichtnegatie).

8. De volgende vraag was: welke van deze risicofactoren vinden we daadwerkelijk terug in ernstige ongevallen op het Nederlandse wegennet? De beoordelaars vonden de volgende risicogedragingen die een rol speelden bij dodelijke ongevallen op 50km/uur-kruispunten in 2012 (in volgorde van zekere of vermoedelijke bijdrage):
   - Voorrangverlening (in 82% tot 84% van de gevallen zeker of mogelijk van toepassing; in 15% van de gevallen niet van toepassing vanwege de aard van de situatie).
   - Onaangepaste snelheid (in 15% tot 59% van de gevallen zeker of mogelijk aanwezig).
   - Roodlichtnegatie (in 11% tot 16% van de gevallen zeker of mogelijk aanwezig; in 76% van de gevallen niet van toepassing omdat er geen VRI aanwezig was, en in een enkel geval omdat de VRI niet werkte of er geen ander verkeer in de buurt was dat aan het ongeval heeft bijgedragen).

- Rijden onder invloed (in 1% tot 16,4% van de gevallen zeker of mogelijk aanwezig).
- Afleiding (in 1% tot 96% van de gevallen zeker of mogelijk aanwezig, maar de evidentie hiervoor was in vrijwel alle gevallen zeer beperkt).
- Vermoeidheid (in 39% van de gevallen mogelijk aanwezig, maar ook hiervoor is evidentie uiterst mager).

In de onderzochte ongevallen werden de volgende beschermingsfactoren gevonden (in volgorde van vóórkomen):

- Geen of incorrecte helmdracht door tweewielers (in 42% tot 55% van de gevallen heeft dit zeker of mogelijk bijgedragen aan het letsel; in 36% van de gevallen niet van toepassing omdat er geen tweewieler bij het ongeval betrokken was of dodelijk gewond raakte);
- Geen lichtvoering en onvoldoende zichtbaarheid in relatie tot duisternis (in 26% tot 32% van de gevallen zeker of mogelijk aanwezig; in 55% van de gevallen als niet relevant gescoord vanwege de lichtgesteldheid);
- Geen gordeldracht inzittende van gemotoriseerde voertuigen (in 2% tot 6% van de gevallen heeft dit zeker of mogelijk bijgedragen aan het letsel; in 85% van de gevallen niet relevant omdat het dodelijk slachtoffer niet in een voertuig reed waarin een gordel aanwezig is).

Voor drie risicogedragingen waren er in de registratiesets minder duidelijke aanwijzingen te vinden: zichtbaarheid en lichtvoering, afleiding en vermoeidheid. Deze factoren kunnen dan ook niet goed beoordeeld worden (wat niet wil zeggen dat ze geen of een onbelangrijke rol hebben gespeeld).

Een risicofactor uitgelicht: roodlichtnegatie op 50km/uur-kruispunten

9. Voor de laatste onderzoeksvraag hebben we de beoordelingen van dodelijke ongevallen op 50km/uur-kruispunten, in een ‘casus-controlemethode’ vergeleken met roodlichtnegatiemetingen op straat. Daaruit kan met enige voorzichtigheid worden vastgesteld dat roodlichtnegatie op 50km/uur-kruispunten circa 10 tot 15 keer meer risico oplevert over alle vervoerwijzen. Dergelijke kwantificeringen kunnen worden afgewogen tegen de gekwantificeerde kennis van andere risicofactoren, en zo worden gebruikt in proactieve, risicogestuurde beleidsinstrumenten.

Aanbevelingen ten aanzien van gegevens
Bij het onderzoek met registratiesets zijn we tegen een aantal zaken aangelopen die tot de volgende aanbevelingen leiden:

- Bij toekomstig onderzoek met registratiesets is aanvulling vanuit andere bronnen (rechtbankverslagen, mediaberichten, processen-verbaal) aan te bevelen.
- BRON (de registratie van alle ongevallen die door de politie zijn vastgelegd in processen-verbaal en registratiesets) blijkt over een aantal risicogedragingen geen informatie te bevatten (zoals afleiding, vermoeidheid, gebruik van beveiligingsmiddelen en lichtvoering). In een aantal gevallen blijkt uit BRON ook een veel lagere bijdrage van een risicofactor dan uit gerichte analyses. BRON

zou dan ook vollediger kunnen worden gemaakt door expliciet de belangrijkste risicogedragingen (SPI's) te vermelden.
- De politieregistratie zou een waardevolle bijdrage kunnen leveren aan de 'risicogestuurde aanpak' door voortaan standaard de bijdrage van de belangrijkste risicofactoren volgens een vast protocol te scoren bij ernstige ongevallen. Deze kunnen dan gemakkelijker en met meer zekerheid worden opgenomen in BRON.
- Om de infrastructurele situatie te analyseren, (bijvoorbeeld met Google Street View), is het in toekomstig onderzoek aan te bevelen zo veel mogelijk de situatie van dat moment te reconstrueren, bijvoorbeeld door het onderzoek op een recentere periode te betrekken. Daarnaast bieden andere bronnen (zoals beelden van CycloMedia) aanvullende aanknopingspunten.
- Een interessante verdiepingsslag voor zowel risicogedragingen, infrastructurele factoren en eventueel ook andere risicofactoren, zou kunnen plaatsvinden op basis van dieptestudies waarin een bepaalde situatie centraal wordt gesteld. Op basis hiervan kan met nog meer zekerheid worden vastgesteld welke factoren hebben bijgedragen aan het ongeval en ook hoe deze onderling samenhangen.

Aanbevelingen ten aanzien van methoden
In dit onderzoek is de 'casus-controlemethode' vergeleken met het gebruik van 'crash-prediction'-modellen. Beide benaderingen blijken bruikbaar om risicofactoren te kwantificeren en bieden interessante aanvullingen op elkaar. Zo is de casus-controlemethode vooral geschikt om relatief snel vast te stellen in welke mate een risicofactor heeft bijgedragen aan het ontstaan van ongevallen of letsel. Crash-prediction-onderzoek biedt vooral uitkomst als combinaties van factoren gekwantificeerd moeten worden.

Aanbevelingen voor toekomstig onderzoek

Naar aanleiding van dit onderzoek zijn er drie richtingen voor vervolgonderzoek geformuleerd:

1. *Verdere kwantificering van risicofactoren op 50km/uur-kruispunten*
   Het verzamelde materiaal biedt hiervoor nog allerlei aanknopingspunten, maar het kan ook lonen om te kijken of er recentere data beschikbaar zijn en of het onderzoek zich kan richten op meerdere jaren. Ook aanvullingen uit andere databronnen (rechtbankverslagen, mediaberichten, processen-verbaal) zijn daarbij aan te bevelen. Deze aanpak vraagt hoe dan ook om aanvullende metingen op straat, onder dezelfde omstandigheden waarin de ongevallen hebben plaatsgevonden. Daarnaast is het van belang om ook van 50km/uur-kruispunten zonder VRI de infrastructurele kenmerken te inventariseren en de relaties met risicogedrag te onderzoeken.

2. *Verdieping, verbetering en generaliseerbaarheid van gevonden inzichten*
   Om tot een robuustere kwantificering van risicofactoren te komen, en ook om na te gaan in hoeverre de bevindingen generaliseerbaar zijn, bevelen we aan om:
   a. meer en recentere jaren (en eventueel ook andersoortige kruispunten met VRI's) in het onderzoek te betrekken;

b. aanvullende gegevens (rechtbankverslagen, media, processen-verbaal) of gegevens met een betere kwaliteit (dieptestudie) te gebruiken;
c. straatmetingen nog exacter in tijd en plaats te laten aansluiten op de omstandigheden van de betreffende ongevallen;
d. bij de straatmetingen (potentiele) conflictsituaties en niet alleen één verkeersstroom of rijrichting centraal te stellen, zodat ze nog beter vergelijkbaar zijn met de ongevallen.

3. *Met de casus-controlemethode ook andere locaties onderzoeken, bijvoorbeeld provinciale 80km/uur-wegen.*
   Ook hier is behoefte om te komen tot een betere kwantificering van risicofactoren. Daarnaast kunnen dergelijke bevinden worden vergeleken met bevindingen uit crash-prediction-onderzoek om zo de evidentie beter te staven.

Summary

Risk factors examined in more detail: 50 km/h intersections;
A closer look at the concept of Safety Performance Indicators (SPI's) in fatal crashes and quantification of red light running

Safety Performance Indicators (SPI's) are achievement indicators for road safety related to risk factors in traffic that can be used by policymakers for proactive road safety policy. Policy makers show increased interest in road safety assessment instruments for proactive policy making that can be used in a 'risk based' approach. That essentially means that on the basis of scientific insights governments take measures beforehand at locations and in situations that show road safety hazards.

This report takes a closer look at the concept of SPIs. The following research questions needed to be answered:

1. What definitions of performance indicators in general and of SPIs in particular are found in the literature and how can SPI's understood from a conceptual frameworks?
2. Which SPIs are distinguished in the literature and which of these are possibly relevant for the road safety context in the Netherlands?
3. Can other possible SPIs be identified?
4. What is the state of affairs concerning the substantiation of the SPIs under points 2 and 3 and with the relationships between them?
5. What problems do researchers experience with the conceptual framework of SPIs, and what problems do policymakers experience with the concept of SPIs?
6. How can research contribute to solutions for the problems identified?
7. Which SPIs are relevant to further investigate and underpin and why?
8. Which of these factors do we actually find back in serious crashes on roads in the Netherlands?
9. What is the quantitative relationship[2] between one or more of these factors and the occurrence of crashes and casualties, and which methods are suitable for such quantification?

Conceptual discussion of SPIs

A literature study on performance indicators in general and SPIs in particular was carried out to answer the first six questions. In addition, scientists and policymakers were interviewed who are already familiar with SPIs or work with them: what problems do they experience with the concept of SPIs and what, according to them, are important research questions?

This resulted in the following conclusions:

1. Performance indicators can be defined for different phases of a system (input, process, wanted and unwanted output or results). Within these, SPI's are a specific type of performance indicator defined as:

[2] This quantitative relationship is important for eventually being able to use SPIs in proactive policy instruments, for example to weigh the importance of different risk factors against each other.

SPIs are risk factors or operational conditions of the traffic system that are (or can be) used to measure the results of road safety policy. This makes them a specific type of risk indicators or operational conditions of the traffic system.

SPIs are an intermediate indicator of road safety, in which crashes and casualties are the final indicator or the end result. SPIs are also referred to as 'leading' (predictive) indicators for road safety, with crashes and casualties being considered as 'lagging' (next) indicators.

2. SPIs that are regularly mentioned in the literature are found in the following areas:
   – quality of infrastructure (such as network, route and intersections);
   – dangerous behaviour (such as drunk driving and speeding);
   – safety quality of vehicles (such as the age of a car);
   – quality of trauma care (on both short and long term).

3. Other possible SPIs are:
   – distraction (e.g. by smartphone);
   – lighting and other ways of visibility;
   – red light running in relation with signalized intersections.

4. Most SPIs found in the literature can be underpinned both theoretically and empirically. In some cases the empirical underpinning is just based on international research, sometimes the evidence (or better: the quantification of the risks factor) is questioned by researchers (e.g. drunk driving). For a number of SPIs empirical evidence is missing, particularly for the question to what extent a specific factor is risk-increasing (e.g. not lighting and red light running). For some SPIs the behaviour can hardly be measured (e.g. distraction and fatigue). For SPIs concerning infrastructure it is often still insufficiently clear to what extent they (relative to each other or in combination with other factors) contribute to road safety.

5. The problems with SPIs that researchers and policymakers experience are mainly related to:
   – The relationship between risk factors or conditions in which factors are a risk factor: to what extent do they contribute to the risk of a crash if they occur in a particular combination?
   – The layering of factors: in what way do they influence each other and in the end lead to a particular hazard?
   – The measures that can be used as SPIs: in what size or unit can a risk factor best be indicated to express the relationship with road safety as accurately as possible?
   – SPIs in one specific field (e.g. behaviour) sometimes cover the range of influence of different types of policy makers (in this case, road authorities and policy makers that explicitly deal with behavioural influence).

6. Research can contribute to solutions for the problems identified above in several ways. Firstly, the identified issues must be mapped out clearly; the conditions for further investigation should also be made concrete. Secondly, it is important to tackle the confusion about the concepts of performance indicators that are related to different phases of the policy process. To this purpose SWOV has made a proposal for more specific

names and definitions. This applies especially to the difference between ' key performance indicators ' for policy actions and measures on the one hand (KPIs), and performance indicators for road safety on the other (SPIs).

Empirical research of risk factors

An empirical study into the risk factors in fatal crashes at 50 km/h intersections was conducted to answer the remaining three research questions. In the study, the 'registration sets' (forms filled out by the police when a crash occurs) of 89 fatal crashes in 2012 (the most recent data available and usable for SWOV) were scored. To identify the most common risk behaviours, three reviewers independently scored how often these factors certainly or possibly contributed to the occurrence or the severity of the crash. Quality aspects of the infrastructure were also scored by a reviewer.

Based on this, we draw the following conclusions:

7. A number of the risk factors that we partly found in the literature, could potentially be used as an SPI at 50 km/h intersections in the Netherlands. Most of these are general risk factors (speeding, drunk driving, distraction, fatigue, no (correct) use of protection devices such as a helmet or a seatbelt and lighting or visibility in darkness), some factors are specific risk behaviours (e.g. failing to give priority and red light running).

8. The next question was: which of these risk factors do we actually find back in serious road crashes in the Netherlands? The reviewers identified the following risk behaviours that played a role in fatal crashes at 50 km/h intersections in 2012 (in order of definite or possible contribution):
   - Giving priority (in 82% to 84% of the cases definitely or possibly applicable; in 15% of cases not applicable due to the nature of the situation).
   - Inappropriate speed (in 15% to 59% of the cases definitely or possibly present).
   - Red light running (in 11% to 16% of the cases definitely or possibly present; in 76% of cases not applicable because no traffic signals were present, and in some cases because the signals did not operate, or because no other traffic was present that could have contributed to the crash).
   - Drunk driving (in 1% to 16.4% of the cases definitely or possibly present).
   - Distraction (in 1% to 96% of the cases definitely or possibly present, but in nearly all cases evidence was very limited).
   - Fatigue (possibly present in 39% of the cases; here evidence is also very limited).

In the investigated crashes the following protection factors were found (in order of occurrence):
- No or incorrect helmet use by two-wheelers (in 42% to 55% of the cases this has certainly or possibly contributed to the injury; in 36% of cases not applicable because no two-wheeler was involved in the crash or the rider did not sustain fatal injury);

- Not carrying lights and insufficient visibility in relation to darkness (in 26% to 32% of the cases definitely or possibly present; in 55% of cases scored as not relevant because of the light conditions);
- No seatbelt use by occupant of motor vehicles (in 2% to 6% of the cases, this has definitely or possibly contributed to the injury in 85% of the cases this is irrelevant because the fatality was not in a vehicle in which a belt is present).

For three risk behaviours the registration sets contained less obvious clues: visibility and lightning, distraction and fatigue. These factors cannot be assessed properly, which is not to say that they did not play a role or were insignificant.

A risk factor highlighted: red light running on 50 km/h intersections

9. For the final research question we used a case-control method to compare the reviews of fatal crashes at 50 km/h intersections with red light running measurements in the streets. With some caution it can be determined that the risk caused by red light running at 50 km/h intersections is about a factor 10 to 15 times higher for all modes of transport. Such quantifications can be balanced against the quantified knowledge of other risk factors, and can then be used in proactive, risk-based policy instruments.

Recommendations for data
In our study using registration sets we encountered a number of issues that lead to the following recommendations:

- In future research that makes use of registration sets it is recommended to use other sources as a supplement (court reports, media reports, police reports).
- BRON (the registration of all crashes that the police have recorded in reports and registration sets) does not contain any information about a number of risk behaviours (e.g. distraction, fatigue, use of safety devices, the use of lights). For a number of risk factors, the contribution to fatal crashes seems much smaller when BRON is used as a source than more in-depth crash-oriented analyses are performed such as was done in this research. BRON could be made more complete by explicit mention of the most important risk behaviours (SPIs) .
- The police registration could be a valuable contribution to the 'risk-based approach' by from now on scoring the contribution of the main risk factors for serious crashes according to a fixed protocol. These can then more easily and with more certainty be included in BRON.
- For analysis of the infrastructural situation in future research (for example using Google Street View), it is recommended to reconstruct the situation of that time as much as possible, for example by relating the research to a later period. In addition, other resources such as images from CycloMedia[3] offer additional starting points.

[3] Large-scale and systematic visualisation of public roads at street level based on 360° panoramic photographs.

– Another interesting step for risk behaviours, infrastructural factors and possibly also for other risk factors, could be taken on the basis of in-depth studies of a specific situation. On this basis it may be possible to determine with more certainty what factors have contributed to the crash and also how these are interrelated.

Recommendations for methods
In this research the 'case-control method' has been compared with the use of 'crash-prediction' models. Both approaches prove useful to quantify risk factors and provide interesting additions to each other. The case-control method, for instance, is especially suitable to determine relatively quickly to what extent a risk factor has contributed to the occurrence of crashes or injury. Other methods such as crash-prediction research is especially useful when combinations of factors need to be quantified.

Recommendations for future research

As a result of this study three directions for follow-up research have been formulated:

1. *Further quantification of risk factors at 50 km/h intersections*
   The collected material offers many starting points, but it can also be useful to see if more recent data is available, and whether the research can cover several years. The use of additions from other data sources (court reports, media reports, police reports[4]) are also recommended. In any case, this approach requires additional street measurements, under the same conditions in which the crashes occurred. Furthermore, it is important to also take stock of the infrastructural characteristics of 50 km/h intersections without traffic light control and to investigate the relations with risk behaviour.

2. *Enhancement, improvement and generalizability of insights*
   To create a more robust quantification of risk factors, and to also make clear the extent to which the findings are generalizable, we recommend:
   a. to include more years and more recent years and maybe also different types of signalized intersections in the research;
   b. to use additional data (court reports, media, police reports) or higher quality data (in-depth studies);
   c. to adapt time and location of street measurements more precisely to the conditions of the crash;
   d. to focus on potential conflict situations rather than on one traffic flow or driving direction in street measurements, to facilitate better comparison with the crashes.

3. *Use the case-control method to also investigate other location, e.g. provincial 80 km/h roads.*
   It is also necessary to come to a better quantification of risk factors at other locations. In addition, such findings could be compared with findings from crash-prediction-research for better underpinning of the evidence.

[4] These are much more extensive reports than registration sets and contain details of witness reports and forensic evidence.

Inhoud

1. Inleiding 19
1.1. Conceptueel kader 19
1.2. Verdere onderbouwing van risicofactoren 20
1.3. Doel en afbakening van deze studie 21
1.4. Leeswijzer 21

DEEL I: CONCEPTUELE BESCHOUWING 22

2. Prestatie-indicatoren 23
2.1. Introductie op SPI's in de verkeersveiligheid 23
2.1.1. Definities 25
2.1.2. Gebruik van SPI's in de verkeersveiligheid 25
2.2. Prestatie-indicatoren in het algemeen 26
2.2.1. Prestatie-indicatoren binnen en rondom een systeem 26
2.2.2. De ontwerpdriehoek 27
2.2.3. Prestatie-indicatoren op meerdere niveaus 28
2.3. Prestatie-indicatoren verkeersveiligheid nader beschouwd 30
2.4. Mogelijke risicofactoren in Nederland 31
2.4.1. Onderbouwing van risicofactoren 33

3. Begrip en onduidelijkheden over 'SPI's' bij gebruikers van het concept 36
3.1. Ervaren problemen bij het concept van SPI's 36
3.1.1. Directe en indirecte SPI's 36
3.1.2. Onderscheid tussen indicatoren voor risicofactoren versus maatregelen 37
3.1.3. Risicofactoren onder condities 39
3.1.4. Geschikte maten voor SPI's 40
3.2. Openstaande onderzoeksvragen 40
3.2.1. Alcoholgebruik 40
3.2.2. Afleiding 40
3.2.3. Vermoeidheid 40
3.2.4. Roodlichtnegatie 41
3.2.5. Voertuigverlichting gemotoriseerd verkeer en tweewielers 41
3.2.6. Weging van infrastructurele kenmerken 41
3.2.7. Voertuigveiligheid 41
3.2.8. Traumamanagement 42
3.2.9. Verkeersintensiteit 42
3.2.10. Relatie tussen gevoel van onveiligheid en daadwerkelijke onveiligheid. 42
3.2.11. Risicofactoren van specifieke groepen verkeersdeelnemers 43
3.3. Geïdentificeerde vraagstukken in relatie tot proactieve instrumenten 43

DEEL II: EMPIRISCHE STUDIE **45**

4. Inleiding **46**
4.1. Theoretisch kader 46
4.1.1. Een duurzaam veilig uitgangspunt 47
4.1.2. De rol van fouten versus overtredingen 48
4.2. Korte beschrijving van de aanpak van de empirische studie 48

5. Methode **50**
5.1. Ongevallenanalyse 50
5.1.1. Materiaal 50
5.1.2. Scoren van systeemkenmerken 51
5.1.3. Scoren van risicogedragingen 58
5.1.4. Scoring van overige kenmerken 58
5.2. Gedragsmetingen op straat 59
5.2.1. Locatiekeuze 59
5.2.2. Meettijden 59
5.2.3. Aanpak van de metingen 60
5.3. Analyses 60
5.3.1. Analyses van de risicogedragingen 60
5.3.2. Analyses van de infrastructurele kenmerken 61
5.3.3. Exploratieve analyse van de interactie tussen infrastructurele kenmerken en risicogedragingen 61
5.3.4. Kwantificering van het risico van roodlichtnegatie 62

6. Gevonden factoren in dodelijke ongevallen **63**
6.1. Aangetroffen risicogedragingen 63
6.1.1. Overlap tussen factoren 68
6.1.2. Betrouwbaarheid tussen beoordelaars 69
6.1.3. Overtredingen versus fouten 70
6.2. Systeemkenmerken van 50km/uur-kruispunten met dodelijke ongevallen 70
6.2.1. Complexiteitsscore 70
6.2.2. PIARC-score 71
6.2.3. VSGS-score 72
6.2.4. Gecombineerde score 73
6.3. Interactie tussen gedragingen en systeemontwerp 75
6.3.1. Relatie tussen onaangepaste snelheid en kwaliteiten van de infrastructuur 75
6.3.2. Relatie tussen roodlichtnegatie en infrastructurele kwaliteiten 77
6.3.3. Relatie tussen rijden onder invloed als ongevalsoorzaak en kwaliteiten van de infrastructuur 78

7. Een factor uitgelicht: roodlichtnegatie **81**
7.1. Kwantificering van het risico van roodlichtnegatie op 50km/uur-kruispunten 81
7.1.1. Roodlichtnegatie in dodelijke ongevallen 81
7.1.2. Roodlichtnegatie in metingen op straat 83
7.1.3. Risicoberekening van roodlichtnegatie 83
7.2. Detailanalyse van kruispuntontwerp en roodlichtnegatie 84
7.2.1. Situatie 1 84
7.2.2. Situatie 2 86

8. Discussie en conclusies 89
8.1.1. Risicogedragingen bij dodelijke ongevallen op 50km/uur-kruispunten 89
8.1.2. Infrastructurele kenmerken van 50km/uur-kruispunten met dodelijke ongevallen 92
8.1.3. Risicogedragingen in samenhang met infrastructurele kenmerken 92
8.1.4. Een risicofactor uitgelicht: roodlichtnegatie 93
8.2. Beschouwing en aanbevelingen ten aanzien van methodologie en gebruikte gegevens 94
8.2.1. Gebruikte gegevens 94
8.2.2. Vergelijking van methoden 96
8.3. Ideeën voor een vervolg 97

Literatuur 100

Bijlage I: Voorbeelden van prestatie-indicatoren in andere verkeerssystemen 109

Bijlage II: Prestatie-indicatoren op verschillende ruimtelijke niveaus van het verkeerssysteem 114

Bijlage III: Gescoorde gedragsfactoren 123

Bijlage IV: Detailanalyses interbeoordelaarsbetrouwbaarheid 131

Bijlage V: Beoordeling van de infrastructuur 132

1. Inleiding

Nederland behoort op gebied van verkeersveiligheid tot de veiligste landen ter wereld. Er is echter nog steeds ruimte voor verbetering en dus blijven beleidsmakers, kennisinstituten en maatschappelijke organisaties op zoek naar factoren in het verkeer die tot onveiligheid leiden, naar de vraag waar deze factoren zich het meeste voordoen en wat effectieve maatregelen zijn om het negatieve effect van die factoren te verminderen.

Traditioneel worden analyses van ongevallen en ongevalslocaties ingezet om antwoord te krijgen op deze vragen. Met name voor decentrale overheden (provincies, gemeenten en waterschappen) zijn de ongevalsgegevens echter minder goed bruikbaar geworden, enerzijds vanwege successen van eerder beleid, anderzijds vanwege een slechtere registratie van ongevallen sinds medio 2009. Vanuit dit oogpunt is er behoefte aan aanvullende indicatoren om probleempunten te bepalen. Aan deze indicatoren is ook behoefte om onveiligheidsproblemen te kunnen prioriteren en aanknopingspunten te vinden voor maatregelen.

Er zijn voor beleid bruikbare aanvullende indicatoren (risicofactoren in het verkeer) gevonden in zogenoemde Safety Performance Indicatoren, of kortweg SPI's. SPI's zijn 'prestatie-indicatoren' voor verkeersonveiligheid: risicofactoren in het verkeer die een tussenindicatie zijn voor potentieel gevaarlijke situaties.

SPI's kunnen worden gebruikt voor de ontwikkeling van proactieve, 'risicogestuurde' beleidsinstrumenten. De essentie van zo'n risicogestuurde aanpak is dat overheden niet meer wachten met maatregelen treffen totdat er ongevallen zijn gebeurd, maar maatregelen treffen op basis van algemene inzichten over waar zich gevaar bevindt. Dit kan afgeleid worden uit de kenmerken van het verkeerssysteem en het verkeersgedrag die een wetenschappelijk aangetoonde relatie hebben met verkeersonveiligheid.

1.1. Conceptueel kader

Alhoewel uit voorgaande niet blijkt dat het conceptuele kader van SPI's en de 'risicogestuurde aanpak' ter discussie staan, leven hierover wel degelijk vragen bij onderzoekers en beleidsmakers. Zo worden prestatie-indicatoren voor risicofactoren nog wel eens verward met prestatie-indicatoren in termen van maatregelen. Ook constateren sommige betrokkenen dat bijvoorbeeld risicofactoren op het vlak van gedrag, zich op een andere wijze verhouden tot het ontstaan van ongevallen dan bijvoorbeeld risicofactoren binnen het verkeerssysteem zelf, zoals de kwaliteit van de infrastructuur of van voertuigen.

In het eerste deel van dit rapport staan we dan ook stil bij de conceptuele kaders van prestatie-indicatoren en bij vragen en onduidelijkheden hierover. De volgende onderzoeksvragen staan daarbij centraal:

1. Wat wordt in de literatuur verstaan onder prestatie-indicatoren in het algemeen en SPI's in het bijzonder, en welke conceptuele kaders treffen we daarbij aan?

2. Welke SPI's worden in de literatuur onderscheiden en welke daarvan zijn mogelijk relevant voor de Nederlandse context?
3. Zijn er daarnaast ook nog andere mogelijke SPI's te benoemen?
4. Hoe staat het met de onderbouwing de SPI's onder punt 1 en 2 en met hun onderlinge relaties?
5. Welke problemen ervaren onderzoekers bij het conceptuele kader van SPI's en welke problemen ervaren beleidsmakers bij het begrip SPI's?
6. Hoe kan onderzoek bijdragen aan oplossingen voor de geconstateerde problemen?

Uiteindelijk leidt dit tot een conceptueel kader van waaruit we verder werken in het tweede, empirische deel van het rapport.

1.2. Verdere onderbouwing van risicofactoren

Met een proactieve aanpak als uitgangspunt en gebruikmakend van SPI's, zijn er de afgelopen jaren diverse instrumenten ontwikkeld om verkeersveiligheid te kunnen meten (zie voor een overzicht Aarts (2011a) en Aarts et al. (2014). Recent door SWOV ontwikkelde en door diverse overheden toegepaste methoden zijn ProMeV (zie Aarts et al., 2014) en het Safe Cycling Network of CycleRAP (Dijkstra et al., 2015; Wijlhuizen et al., 2014). In deze methoden is kennis over SPI's zo veel mogelijk in een systematische aanpak gebundeld om met name overheden te helpen met het prioriteren van probleemfactoren in het verkeer. Deze instrumenten zijn deels gebaseerd op al wat oudere (en soms alleen buitenlandse) kennis. Ook bevatten de instrumenten nog kennislacunes, bijvoorbeeld op het gebied van kwantificering van kenmerken, en van de mate waarin die kenmerken in combinatie met elkaar samenhangen met het ontstaan van ongevallen en slachtoffers. Deze kennislacunes zijn voorlopig pragmatisch ingevuld. Om zo goed mogelijk de relatie met de werkelijkheid weer te geven, is het belangrijk om ook de kennislacunes zo goed mogelijk te dichten door middel van empirische onderbouwing van veronderstelde risicofactoren. Daarnaast willen we nagaan wat actuele gevaren zijn in het Nederlandse verkeer.

Naast een inhoudelijke aanvulling van de beschikbare kennis, is dit project zodanig opgezet dat het ook in methodisch opzicht een aanvulling vormt op de onderbouwing van proactieve beleidsinstrumenten. De studie maakt gebruik van een zogenoemde casus-controleopzet, die vergeleken met andere methoden die bij SWOV gebruikt worden om risicofactoren te kwantificeren. Bij dit onderzoek gaat dat specifiek om het gebruik van 'crash-prediction'-modellen.

De onderzoeksvragen die in dit tweede, empirische deel centraal staan zijn:
1. Welke SPI's kiezen we om nader te onderzoeken en onderbouwen, en waarom?
2. Welke van deze factoren vinden we daadwerkelijk terug in ernstige ongevallen op het Nederlandse wegennet?
3. Wat is de kwantitatieve relatie[5] tussen één of meer van deze factoren met het ontstaan van ongevallen en slachtoffers anderzijds, en welke methoden zijn geschikt om tot een dergelijke kwantificering te komen?

[5] Deze kwantitatieve relatie is belangrijk om SPI's uiteindelijk in proactieve beleidsinstrumenten te kunnen gebruiken, bijvoorbeeld om het belang van verschillende risicofactoren tegen elkaar af te kunnen wegen.

1.3. Doel en afbakening van deze studie

Het doel van deze studie is om vanuit een conceptueel kader bij te dragen aan de verdere onderbouwing van SPI's. Deze kennis kan uiteindelijk bijdragen aan kennis over actuele risico's in het Nederlandse verkeer en benut worden voor de verdere verbetering van proactieve, risicogestuurde beleidsinstrumenten.

Voor een afbakening van de studie is als eerste besloten om te focussen op de wegen waarop de meeste ongevallen gebeuren in Nederland: 50km/uur- en 80km/uur-wegen. Omdat er naar 80km/uur-wegen al meer onderzoek is gedaan, en omdat de meeste ongevallen op 50km/uur-wegen gebeuren op kruispunten, ligt de focus in dit onderzoek specifiek bij 50km/uur-kruispunten. We hebben ons daarbij beperkt tot wegen die in beheer zijn bij gemeenten.

1.4. Leeswijzer

Dit rapport bestaat uit twee delen. In *Deel I* beschrijven we enkele conceptuele kaders voor prestatie-indicatoren en SPI's in het bijzonder. In *Hoofdstuk 2* gaan we eerst in op de definities en het gebruik van prestatie-indicatoren en SPI's. In *Hoofdstuk 3* bespreken we de onduidelijkheden die gebruikers van het SPI-concept ervaren. Daarnaast kijken we welke risicofactoren om nader onderzoek vragen.

Deel II beschrijft de empirische toetsing van SPI's. Na een korte uiteenzetting van het theoretisch kader dat is gebruikt bij deze empirische studie (*Hoofdstuk 4*) gaan we in op de methode van onderzoek om mogelijke nieuwe SPI's te definiëren *(Hoofdstuk 5*). In *Hoofdstuk 6* bespreken we de gevonden risicofactoren die mogelijk als SPI kunnen worden gebruikt. Daarna wordt één van die factoren nader toegelicht: roodlichtnegatie op 50km/uur-kruispunten (*Hoofdstuk 7*). We sluiten het rapport af met de belangrijkste discussiepunten en conclusies (*Hoofdstuk 8*).

DEEL I: CONCEPTUELE BESCHOUWING

2. Prestatie-indicatoren

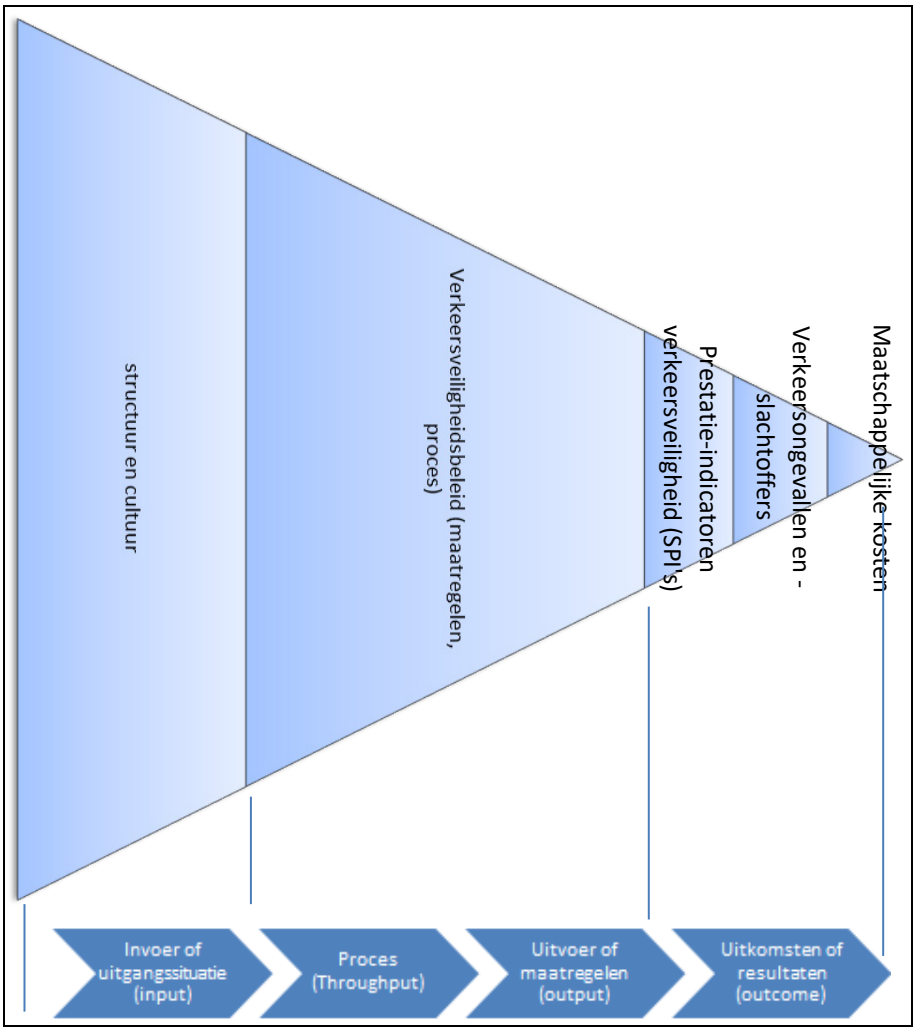
In dit hoofdstuk staan we stil bij de eerste vier onderzoeksvragen uit *Hoofdstuk 1*. De eerste vraag is: wat wordt in de literatuur verstaan onder prestatie-indicatoren in het algemeen en SPI's in het bijzonder, en welke conceptuele kaders treffen we daarbij aan?

Onder een 'conceptueel kader' verstaan we het geheel aan samenhangende begrippen waarbinnen het concept van prestatie-indicatoren of SPI's wordt gebruikt. Op basis van literatuuronderzoek bekijken we wat de belangrijkste definities zijn van prestatie-indicatoren voor verkeersveiligheid, en hoe deze gepositioneerd worden in het beleidsproces. Vervolgens staan we stil bij systeemkundige en verkeerskundige zienswijzen van prestatie-indicatoren, waarbij verschillende soorten prestatie-indicatoren de revue passeren. Omdat prestatie-indicatoren op verschillende niveaus en vanuit verschillende gezichtspunten zijn te duiden, doen we een poging om de terminologie te verduidelijken.

Nadat we de eerste onderzoeksvraag hebben belicht, staan we stil bij de SPI's die in de literatuur worden besproken en die ook relevant kunnen zijn voor de huidige Nederlandse context. Daarna gaan we op zoek naar andere risicofactoren die mogelijk als SPI kunnen worden gebruikt. Tot slot gaan we na wat er al bekend is over de onderbouwing van deze risicofactoren in het algemeen en over de Nederlandse situatie in het bijzonder. De andere onderzoeksvragen van deze conceptuele beschouwing komen aan bod in *Hoofdstuk 3*: welke problemen ervaren de gebruikers van SPI's met dit concept en hoe kan onderzoek bijdragen aan oplossingen voor die problemen?

2.1. Introductie op SPI's in de verkeersveiligheid

Om de in de literatuur gebruikte definities van SPI's optimaal te kunnen begrijpen, is het goed om eerst voor ogen te hebben hoe het beleidsproces kan worden beschreven aan de hand van de keten 'invoer-proces-uitvoer'. *Afbeelding 2.1* geeft dat schematisch weer.



Afbeelding 2.1. *Het beleidsproces beschreven aan de hand van invoer-proces-uitvoer en uitkomst (onder) en de relatie met de (in dit geval gekantelde) verkeersveiligheidspiramide (LTSA, 2000; Koornstra et al., 2001)*.

In de literatuur worden prestatie-indicatoren voor verkeersveiligheid vooral in verband gebracht met het einde van de beleidsketen, namelijk de *resultaten* van maatregelen (uitkomsten of *outcome*; zie bijvoorbeeld ETSC, 2001; Hafen et al., 2005; ISO, 2008; OECD/ITF, 2008; Vägverket, 2008; Tingvall et al., 2010). In het bijzonder worden SPI's voor het wegverkeer vooral gezien als *tussenresultaten* van beleidsmaatregelen die zijn gericht op het voorkomen van ongevallen en slachtoffers. Ze worden ook wel beschreven als *risicofactoren* (ETSC, 2001) of *operationele condities van het verkeerssysteem* (Hafen et al., 2005).

SPI's worden dus veelal gezien als een tussenindicator van verkeersveiligheid, waarbij ongevallen en slachtoffers de eindindicator of het eindresultaat zijn. SPI's worden in de literatuur ook wel aangeduid als 'leading' (voorspellende) indicatoren voor verkeersonveiligheid, waarbij ongevallen en slachtoffers als 'lagging' (volgende) indicatoren worden beschouwd. Overigens komt het onderscheid tussen 'leading' en lagging' oorspronkelijk uit een economische context (zie Mitchel & Burns, 1938) en

zijn wetenschappers het er niet helemaal over eens waar in veiligheidstoepassingen precies de grens tussen beide typen indicatoren ligt.

2.1.1. *Definities*

Om nog iets preciezer aan te duiden wat we onder SPI's verstaan, kijken we naar een aantal gangbare definities in de literatuur. Een daarvan is:

> *SPI's zijn indicatoren van factoren die een sterke causale relatie vertonen met een verhoogde kans op verkeersongevallen en -slachtoffers en die kunnen worden gebruikt in aanvulling op gegevens over ongevallen en slachtoffers of om het proces dat tot ongevallen en slachtoffers leidt beter te begrijpen* (ETSC, 2001).

Een andere regelmatig gebruikte definitie is afkomstig uit het Europese project SafetyNet. Hier worden SPI's beschreven als:

> *Maten of indicatoren voor de operationele condities van het verkeerssysteem die de verkeersveiligheidsprestaties van het systeem beïnvloeden* (Hafen et al., 2005; Gitelman et al., 2007).

Die operationele condities van het verkeerssysteem kunnen gerelateerd zijn aan factoren die een rol spelen vóór het ongeval (ontstaan van het ongeval), tijdens het ongeval (ontstaan van letsel) en zelfs na het ongeval (invloed op de ernst van het letsel en blijvende effecten).

SPI's kunnen bijvoorbeeld worden uitgedrukt als het aandeel van het verkeersvolume dat aan die condities voldoet. Bijvoorbeeld: het aandeel auto-inzittenden dat een gordel draagt, of het aandeel verkeer dat over wegen met minimaal drie kwaliteitssterren rijdt (Tingvall, et al., 2010).

'Prestatie' in het woord 'prestatie-indicator' refereert overigens wel aan het meten van resultaten van een actor. SPI's worden vaak ook wel gelijkgesteld aan *risicofactoren* (ETSC, 2001) of *operationele condities van het verkeerssysteem* (Hafen et al., 2005). Deze zaken combinerend zouden we kunnen stellen dat:

> *SPI's zijn uit risicofactoren of operationele condities van het verkeerssysteem, die (kunnen) worden gebruikt om bijvoorbeeld de resultaten van verkeersveiligheidsbeleid te meten. Het zijn daarmee een specifiek soort risico-indicatoren of operationele condities van het verkeerssysteem zijn*.

Het omgekeerde hoeft daarmee niet te gelden: niet alle risicofactoren zijn per se SPI's, bijvoorbeeld omdat ze een erg klein of een heel specifiek risico representeren dat (vrijwel) in het niet valt of erg zeldzaam is in vergelijking tot andere, grotere risicofactoren.

2.1.2. *Gebruik van SPI's in de verkeersveiligheid*

Het begrip '(Road) Safety Performance Indicators' duikt voor het eerst op in de jaren negentig in de discussie over hoe verkeersveiligheidsbeleid te verbeteren. Zo constateren Rumar en Stenborg (1994) dat het toenmalige Zweedse managementsysteem voor verkeersveiligheidsbeleid te traag en

inaccuraat was. Zij pleitten ervoor om snellere en efficiëntere 'prestatie-indicatoren' te definiëren. In 1999 benadrukt Rumar dat ongevallen weliswaar traditioneel worden gebruikt om de verkeersveiligheid, resterende problemen en effectiviteit van maatregelen aan af te meten, maar dat deze gegevens niet goed het daadwerkelijke probleem weerspiegelen en bovendien relatief zeldzaam zijn (Rumar, 1999).

Zweden gaat als een van de eerste landen expliciet aan de slag met SPI's die zijn gebaseerd op operationele condities van het verkeerssysteem en risicofactoren (Näringsdepartementet, 1999). Op basis van die ervaringen komt het land in de loop der jaren met verbeteringen en de 'management by objectives'-aanpak (Vägverket, 2008): de 'Vision Zero' – de ambitie om naar nul ernstige slachtoffers in het verkeer te streven – wordt met behulp van SPI's vertaald (zie ook *Paragraaf 3.1.3*). Het streven is bijvoorbeeld gericht op nul overtreders van de snelheidslimiet, of nul wegen die minder dan drie kwaliteitssterren hebben. Dit wordt gekoppeld aan actoren die eraan kunnen bijdragen om dit streven werkelijkheid te laten worden, zoals wegbeheerders, politie, verzekeraars en de voertuigindustrie. Regelmatig wordt de voortgang gemonitord en wordt gekeken waar verbeteringen in beleid noodzakelijk zijn om de gestelde doelen te halen (zie bijvoorbeeld Trafikverket, 2012).

In 1997 en 2001 verschijnen OECD-rapporten over prestatie-indicatoren voor de verkeersector met als doel het management van wegbeheerders te verbeteren. Dit is getest aan de hand van vijftien prestatie-indicatoren die op dat moment al gebruikt werden door verschillende wegbeheerders. De OECD (Europese Organisatie voor Samenwerking en Ontwikkeling) constateert dat prestatie-indicatoren pas bruikbaar zijn voor goed management als ze dicht op de producten zitten waarvan beleidsmakers resultaten willen meten. In dat verband constateert de OECD dat het risico om in het verkeer te overlijden, een minder geschikte indicator is voor beleidsmakers dan indicatoren die dichter op de verkeersveiligheids-programma's en hun effectiviteit zitten. Daarbij worden rijsnelheid op verschillende wegtypen, aantal rijders onder invloed en gordeldracht als indicatoren genoemd die beter zouden voldoen.

SPI's worden vervolgens in diverse publicaties gebruikt om verkeersveiligheidsproblemen beter te ontrafelen of gebieden met elkaar te vergelijken (bijvoorbeeld Elvik, 2008; Wegman et al., 2008; Hermans et al. 2009; Tingvall et al., 2010; Bax et al., 2012). Na Zweden verkent ook Nederland of een aanpak op basis van SPI's zinvol is Ministerie van IenM, 2015). De gemeente Amsterdam heeft haar meerjarenplan 2016-2020 gebaseerd op SPI's (Gemeente Amsterdam, 2016).

In de volgende paragraaf gaan we wat breder en conceptueler in op het begrip 'prestatie-indicatoren' en hoe daar vanuit verschillende invalshoeken naar wordt gekeken.

2.2. Prestatie-indicatoren in het algemeen

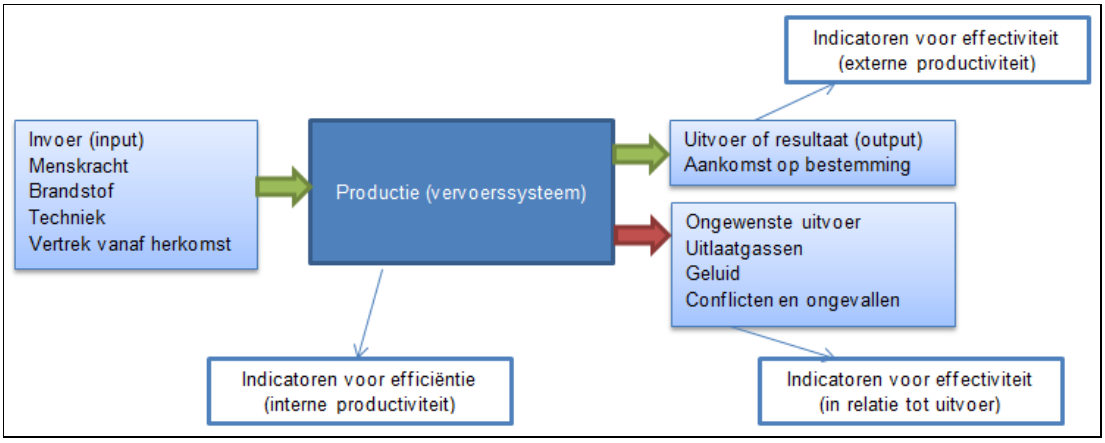
2.2.1. *Prestatie-indicatoren binnen en rondom een systeem*

Afbeelding 2.2 geeft een schematische weergave van een productieproces of een ander systeem met een invoer (input) en een uitvoer of resultaat

(output). Of een dergelijk systeem of proces naar behoren functioneert, blijkt in de eerste plaats uit de aard van de primaire invoer en uitvoer. Zo moet een verkeers- en vervoerssysteem personen en goederen van herkomst naar bestemming transporteren. Als dat daadwerkelijk gebeurt, voldoet het systeem aan de beoogde *functie*. Prestatie-indicatoren van de resultaten van het systeem laten bijvoorbeeld zien hoeveel personen zijn vervoerd, hoeveel voertuigen zijn gebruikt, welke afstanden zijn afgelegd, enzovoort.

Het is denkbaar dat er te veel vervoermiddelen worden ingezet om het vervoer te realiseren. Dan is er sprake van *inefficiëntie,* een vorm van ongewenst functioneren van het systeem. Binnen het systeem zijn verbeteringen mogelijk waardoor dat de uitvoer gelijk blijft. Hoe het systeem van binnen werkt, kan met *interne prestatie-indicatoren* worden nagegaan (interne productiviteit). In dit voorbeeld zijn dat de aantallen personen per voertuig. Congestie is een ander voorbeeld van inefficiëntie. De capaciteit van het systeem (het aanbod) is tijdelijk onvoldoende om aan de vervoersvraag te voldoen. De bijbehorende *interne prestatie-indicator* is filelengte of voertuigdichtheid per locatie.

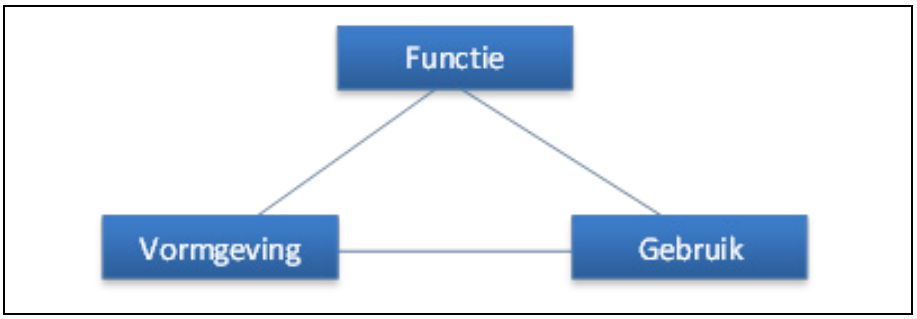
Het systeem kan zowel gewenste als ongewenste resultaten (uitvoer) hebben: externe productiviteit uit te drukken in *externe prestatie-indicatoren*. Een verkeers- en vervoerssysteem genereert naast verplaatste mensen en goederen ook geluidhinder, schadelijke gassen en verkeersonveiligheid als ongewenste resultaten. Ook voor deze resultaten is het wenselijk prestatie-indicatoren te hanteren die zicht geven op de onwenselijke effecten van het systeem.



Afbeelding 2.2. *Afbeelding van invoer en uitvoer van een systeem (volgens de werkwijze van In 't Veld, 1992).*

2.2.2. *De ontwerpdriehoek*

Het (ontwerp van het) productiesysteem en de onderdelen daarvan kunnen in essentie beschreven worden aan de hand van de ontwerpdriehoek Functie – Vormgeving – Gebruik (zie *Afbeelding 2.3*).



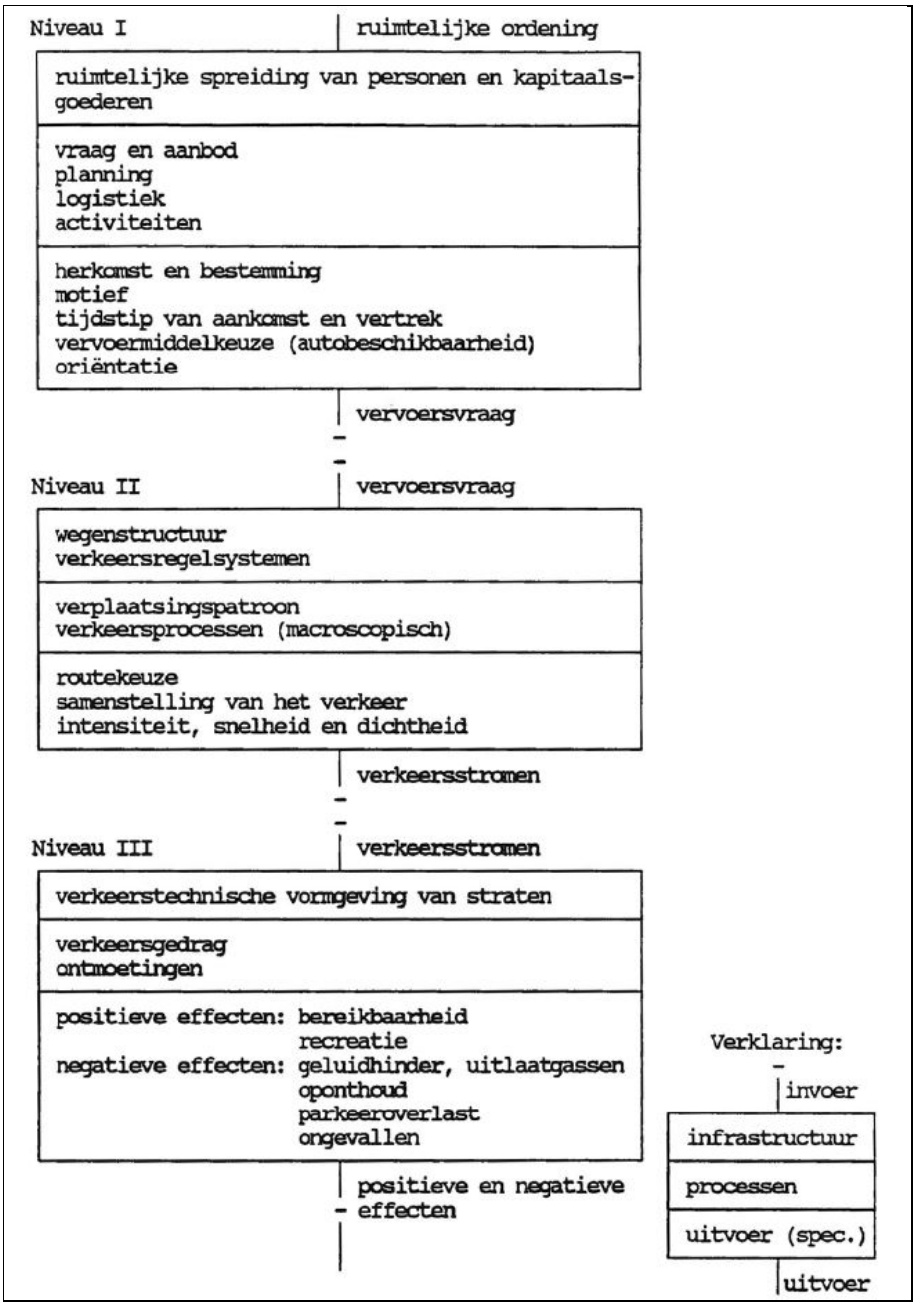
Afbeelding 2.3. *De ontwerpdriehoek (Dijkstra & Twisk, 1991).*

Een systeem is met of vanuit een bepaald doel ontwikkeld: de *functie*. Vervolgens is er gekozen voor een bepaald ontwerp van het systeem: de *vormgeving*. In de praktijk blijkt vervolgens hoe het vormgegeven systeem wordt *gebruikt* en uiteindelijk voorziet in de beoogde functie. Het systeem is doorgaans vormgegeven met het oog op het bedoelde gebruik; het feitelijk gebruik kan daar echter van afwijken. Het feitelijk gebruik kan ook (na verloop van tijd) niet meer overeenkomen met het gestelde doel (functie). Tevens kan de vormgeving niet (meer) passen bij de (oorspronkelijke) functie.

Discrepanties tussen functie, vormgeving en gebruik laten de manco's in een systeem of ontwerp zien. Prestatie-indicatoren gericht op zowel functie, vorm en gebruik en de links daartussen, kunnen helpen om die discrepanties aan het licht te brengen.

2.2.3. *Prestatie-indicatoren op meerdere niveaus*

Naast de beschrijving van het (verkeers)systeem als een eendimensionaal invoer- en uitvoersysteem, kan het verkeerssysteem ook in meerdere lagen worden beschreven (zie *Afbeelding 2.4*) en kan iedere laag gekoppeld worden aan prestatie-indicatoren (zie Bijlage II voor voorbeelden).



Afbeelding 2.4. *Lagenstructuur van het verkeerssysteem (Dijkstra, 1991)*

De eerste laag is de *ruimtelijke spreiding* van activiteiten, waardoor gewenste herkomsten en bestemmingen ontstaan die vervoer genereren. De tweede laag is het *netwerk* van verbindingen (wegen en straten) waarlangs het vervoer in de vorm van verplaatsingen kan plaatsvinden. De derde laag bestaat uit het *verkeer*, dus de ritten van de vervoermiddelen waarmee de verplaatsingen worden gerealiseerd.

Op elke laag zijn prestatie-indicatoren te geven voor zowel de invoer als de uitvoer (zowel gewenst als ongewenst) en de efficiëntie van functioneren (interne productiviteit) van de betreffende laag (zie *Bijlage II*).

Op elke laag is ook de ontwerpdriehoek toe te passen (zie *Afbeelding 2.3*). De afstemming van de lagen en van de driehoeken is zeer complex, omdat er veel actoren een rol spelen, en omdat afstemming lang kan duren en ook niet altijd synchroon loopt tussen de verschillende niveaus. Zo kan er op een bepaald moment de noodzaak gevoeld worden om een verbinding aan te leggen tussen twee kernen met een bepaalde attractiewaarde. De verbinding wordt gepland, uitgewerkt en aangelegd, maar in de tussentijd kan de attractiewaarde van een of beide kernen zijn toe- of afgenomen, of kan er een andere ontwikkeling hebben plaatsgevonden waardoor de verbinding bijvoorbeeld niet goed meer aansluit bij de gewenste vormgeving of gebruik. De invloed van gebruikers in de ontwerpdriehoek van het wegverkeer is relatief groot in vergelijking met andere (verkeers)systemen. De overheid stelt de functies vast en bepaalt samen met marktpartijen en burgers de vormgeving, maar de gebruiker kiest uiteindelijk zijn eigen weg. Tussen de drie hoekpunten van de ontwerpdriehoek zijn tal van discrepanties mogelijk. Prestatie-indicatoren kunnen die discrepanties in beeld brengen, dus voor alle drie de zijden van de ontwerpdriehoek.

2.3. Prestatie-indicatoren verkeersveiligheid nader beschouwd

In de voorgaande paragraaf hebben we gezien dat op diverse procesonderdelen van een systeem (invoer, proces en uitvoer of resultaat) en op diverse niveaus (ruimtelijk, netwerk, verkeer) prestatie-indicatoren te definiëren zijn, al dan niet gelinkt aan verkeersveiligheid. Strikt gesproken kan iedere indicator die een beeld geeft van bepaalde prestaties en processen van een systeem dus als een prestatie-indicator worden aangeduid. Elke prestatie-indicator kan ook op meerdere niveaus en manieren iets over verkeersveiligheid zeggen, zowel direct (ongevallen, slachtoffers) als indirect (risicofactoren, factoren die vooral pragmatisch in verband zijn gebracht met het aantal ongevallen).

In de praktijk kan spraakverwarring ontstaan over de verschillende soorten prestatie-indicatoren en SPI's, al dan niet gerelateerd aan verkeersveiligheid. Om duidelijk onderscheid te maken met prestatie-indicatoren in andere delen van het beleidsproces, zouden we deze ieder een specifiekere aanduiding kunnen geven. Hieronder doen we een aantal suggesties.

- Input: basisindicatoren (INI). Voorbeeld: beschikbaar budget of doelstelling (zie Aarts & Bax, 2015).
- Throughput (proces): procesindicatoren (TPI). Voorbeeld: mate waarin relevante actoren samenwerken, mate waarin beleidsacties worden gebaseerd op een goede probleemanalyse en (kosten)effectiviteitsafwegingen (zie Aarts & Bax, 2015).
- Output (uitvoer): beleidsactie-indicatoren, gericht op de maatregelen die worden uitgevoerd, in de praktijk ook wel aangeduid als kritische prestatie-indicatoren (KPI's; zie bijvoorbeeld OM, 2015). In de verkeersveiligheid kan dit bijvoorbeeld het aandeel aangelegde of uitgevoerde effectieve maatregelen zijn, gerelateerd aan de grootte van het nog resterende probleem (zie Aarts & Bax, 2015).
- Outcome (resultaat):
  - Risicofactorindicatoren (SPI's of RFI's). Veel gebruikte SPI's zijn gevaarlijke gedragingen zoals hoge rijsnelheid, rijden onder invloed,

niet dragen van beveiligingsmiddelen en de kwaliteit van de infrastructuur, voertuigen en traumazorg (zie Hakkert et al., 2007).
- Ongevals- en slachtofferindicatoren (OSI's). Voorbeeld: aantal doden en/of ernstig gewonden per afgelegde afstand, per inwoner of per weglengte.
- Maatschappelijke-kostenindicatoren (MKI's). Voorbeeld: de verkeersveiligheid in Nederland wordt in verband gebracht met maatschappelijke kosten van 14 miljard euro in 2015 (KIM, 2016).

Het moge duidelijk zijn dat dit rapport zich richt op SPI's, dus de tussenindicatoren of risicofactoren. In het volgende hoofdstuk verkennen we hoe een aantal beleidsmakers en wetenschappers die met SPI's werken het concept opvatten en welke problemen zij hierin nog zien. Hierbij komt het bovengenoemde onderscheid van pas.

We gaan eerst nog verder in op mogelijke risicofactoren die binnen de Nederlandse verkeersveiligheidscontext te onderscheiden zijn. Daarbij bespreken we ook wat we al weten over de onderbouwing van de relatie tussen deze factoren en verkeersveiligheid.

2.4. Mogelijke risicofactoren in Nederland

Als we kijken welke risicofactoren (SPI's) in de literatuur te vinden zijn voor wat betreft het Nederlandse verkeer (zie bijvoorbeeld de *Monitor verkeersveiligheid* 2014 en 2015: Weijermars et al., 2014; Duivenvoorden et al., 2015 of de meest recente *Verkeersveiligheidsbalans 2000-2012*; Weijermars et al., 2014), dan valt op dat deze factoren vooral gebaseerd zijn op de indicatoren zoals deze zijn ontwikkeld in het internationale project SafetyNet (Hakkert et al., 2007). Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen factoren in relatie tot infrastructuur, voertuigen, gedrag en traumamanagement. Ook worden de SPI's waarop Zweden de aanpak van 'management by objectives' baseert als inspiratie gebruikt (zie bijvoorbeeld Aarts et al., 2014; Aarts et al., 2015; Aarts, 2014; Aarts & Bax, 2015). *Tabel 2.1* geeft een overzicht van de bij deze bronnen aangetroffen risicofactoren.

	SPI	Monitoring verkeers-veiligheid SWOV (2014/2015)	ProMeV, (2014)	Opschakelrapport (2015)	Benchmarking verkeers-veiligheid
Infrastructuur	Netwerkscore per regio (ProMeV)		X	X	
	Routescore per regio (ProMeV)		X	X	
	Aandeel wegen per Road Protection Score (EuroRAP/ANWB)	X	X	X	
	Duurzaam Veilig-gehalte van wegen (ProMeV)	X	X	X	X
	Score veilige snelheid en geloofwaardige snelheidslimieten (ProMeV)	X	X	X	X
	CycleRAP en vergevingsgezind fietspad	X		X	X
Gedrag	Rijden onder invloed van alcohol, drugs of medicijnen	X		X	X
	Snelheidsgedrag	X	X	X	X
	Gebruik van fietsverlichting	X		X	X
	Gebruik van beveiligingsmiddelen (gordels, kinderzitjes, helmen)	X		X	X
	Afleiding (door mobiele telefoon)	X			
	Vermoeidheid	X			
	Roodlichtnegatie	X	X		(x)
	Emoties	X			
	Volggedrag	X			
Voertuigen	Euro NCAP-score voor inzittenden	X		x	
	Euro NCAP-score voor kinderbescherming	X			
	Aandeel vernieuwing van personenauto's	X			
	Mediaan van de leeftijd van personenauto's	X			
Trauma-zorg	Kwaliteit van traumazorg (van ongeval tot aan het ziekenhuis)	X		X	
	Kwaliteit van langetermijnzorg (in het ziekenhuis)	X			

Tabel 2.1. *Overzicht van in Nederlandse verkeersveiligheidscontext genoemde risicofactoren of SPI's.*

Het overzicht in *Tabel 2.1* dekt een behoorlijk brede lading van wat over het algemeen als relevante risicofactoren voor de verkeersveiligheid worden beschouwd, en in het bijzonder voor de Nederlandse context. Zonder dit overzicht tot in detail te willen aanvullen, zijn er wel enkele aanvullingen of verbredingen denkbaar ten aanzien van de volgende onderwerpen:

– Afleiding kan niet alleen door telefoongebruik worden opgewekt, maar ook door vele andere bronnen.
– Lichtvoering zou breder gedefinieerd kunnen worden als 'zichtbaarheid', omdat je ook op andere manieren zichtbaar kunt zijn in het verkeer (zoals reflecterende kleding voor voetgangers).
– In relatie tot kruispunten kan roodlichtnegatie nog worden aangevuld met voorrangverlening.
– Bovenstaande risicofactoren hebben vooral betrekking op het beïnvloedbare deel van het verkeerssysteem. Hieraan zouden nog factoren zoals het weer kunnen worden toegevoegd.

2.4.1. *Onderbouwing van risicofactoren*

Van de meeste genoemde risicofactoren is ten minste theoretische en veelal ook empirische evidentie dat zij de kans op een ongeval en/of de kans op ernstig letsel vergroten. In het geval van empirische evidentie gaat het deels om Nederlands en deels om internationaal onderzoek. SWOV heeft een aantal jaren geleden een overzicht gemaakt van nog openstaande vraagstukken rond risicofactoren (Mesken, 2012). Door deze kennis te bundelen, krijgen we een indruk van de onderbouwing van de genoemde risicofactoren (zie *Tabel 2.2a t/m c*).

	SPI	Onderbouwing
Infrastructuur	Netwerkscore per regio (ProMeV)	Menging van snelverkeer met langzaam verkeer bij hoge snelheden zorgt voor verhoging van de kans op ernstig letsel (b.v. Rosèn et al., 2011). De netwerkscore deelt wegen in n.a.v. de grootte van kernen die zij verbinden (b.v. Dijkstra, 2010; Weijermars, 2008).
	Routescore per regio (ProMeV)	In modelstudies zijn relaties aangetoond tussen veiligheidscriteria voor routes en verkeersveiligheidsconflicten (Dijkstra, 2011; Dijkstra & Drolenga, 2008).
	Aandeel wegen per Road Protection Score (EuroRAP/ANWB)	De scores zijn gebaseerd op onderdelen waarvan afzonderlijk een relatie met verkeersveiligheid is vastgesteld., zoals: • Aanleg van paralelwegen: 25% reductie in ernstig letsel (Elvik et al., 2009). • Voldoende grote obstakelvrije ruimte (afhankelijk van snelheid): speelt een rol in 42% van de letselongevallen in Nederland buiten de bebouwde kom (Davidse, 2011). • (Semi)verharde bermen: ca. 30% reductie in letselslachtoffers (Newstead & Corben, 2001). • Scheiding van rijrichtingen: 15% reductie in letselslachtoffers door middenberm, 29% reductie door een cable-barrier en 30 tot 43% reductie door een geleiderail (Elvik et al., 2009). • Rotonde: ca. 70% reductie in letselslachtoffers (Elvik et al., 2009; Fortuijn, 2005). • Verhoogd kruisingsvlak: 30% reductie in letselslachtoffers buiten de bebouwde kom, 20% reductie binnen de kom (Schoon, 2000; Fortuijn et al, 2005). • Infrastructurele kenmerken in relatie tot enkelvoudige fietsongevallen zoals: a) randen en paaltjes e.d.: 12%; obstakels langs de weg: 21%; glad wegdek: 18%; hobbels, losse objecten e.d.: 7% (Schepers & Klein Wolt, 2012). • Kruispuntongevallen met fietsers: bij eenrichtingsfietspad treden 50% minder ongevallen op t.o.v. tweerichtingenfietspad; op drietakskruispunt treden 35% minder ongevallen op dan op een viertakskruispunt (Reurings et al., 2012). Naar validatie van onderdelen van ProMeV en het CycleRAP-instrument vindt momenteel verder onderzoek plaats.
	Duurzaam Veilig-gehalte van wegen (ProMeV)	
	Score veilige snelheid en geloofwaardige snelheidslimieten (ProMeV)	
	CycleRAP en vergevingsgezind fietspad	

Tabel 2.2a.*Beknopt overzicht van risicofactoren op het gebied van infrastructuur en hun wetenschappelijke onderbouwing.*

	SPI	Onderbouwing
Gedrag	Rijden onder invloed van alcohol, drugs of medicijnen	Bij ca. 20% van dodelijke slachtoffers is alcohol in het spel (Houwing et al., 2011). Daarnaast is bekend dat het ongevallenrisico stijgt bij een hoger bloedalcoholgehalte (b.v. Blomberg, 2005; Hels, 2011) en dat de kans op letsel toeneemt (Socie et al, 2012).
	Snelheidsgedrag	Ca. 30% van dodelijke ongevallen hangt samen met onaangepaste snelheid (OECD/ECMT, 2006). Hogere gemiddelde snelheid is daarnaast in verband gebracht met een hoger ongevallen- en letselrisico, en hangt ook af van het wegtype (Elvik, 2009). Ook aanvullende maten zoals de spreiding in snelheid en de V85 of V90 zijn interessant (Aarts & Van Schagen, 2006).
	Lichtvoering en zichtbaarheid	• Fiets (nacht-schemering): 17 tot 41% reductie in letselongevallen (fiets-auto-ongevallen; Kuiken & Stoop 2012; Madsen et al., 2013); • Motorvoertuigverlichting overdag (MVO): 3-12% reductie in letselongevallen (Elvik et al, 2003).
	Gebruik van beveiligingsmiddelen (gordels, kinderzitjes, helmen)	• Gordeldracht bespaart 48% doden bij voorpassagiers, 44% bij achterpassagiers (Glassbrenner & Starnes, 2009). • Gebruik van kinderzitjes bespaart 50% doden en 30% ernstig letsel (Schoon & Van Kampen, 1992; Brown et al., 2002). • Motorhelm: 70% reductie in ernstig hoofdletsel en 40% reductie in dodelijk letsel (Liu et al., 2007). • Fietshelm: 2,13 kleinere kans op hersenletsel en 1,73 kleinere kans op hoofdletsel (Elvik, 2011).
	Afleiding	Tussen 0,5 en 9,9 hogere kans op een ongeval, afhankelijk van het type afleiding (Dingus et al., 2016) maar schattingen lopen erg uiteen.
	Vermoeidheid	Prevalentieschattingen bekend (10 -15% van ernstige ongevallen), hoeveel risico verhoogd wordt is niet bekend (SWOV, 2012m).
	Roodlichtnegatie	Prevalentie in ongevallen bekend (BRON) maar niet de mate van risicoverhoging (Mesken, 2014).
	Emoties	Boosheid leidt tot factor 2 risicoverhoging (bijna)ongevallen in rijsimulatorsituatie Deffenbacher, et al., 1994; 2003)
	Volggedrag	Prevalentie van te korte volgafstanden bij kop-staartbotsingen bekend (BRON); de relatie tussen volgtijd, benodigde remweg en tijd die mensen nodig hebben om te reageren zijn bekend (SWOV, 2012n)
	Voorrangverlening	Vooral theoretische evidentie dat geen voorrang verlenen het risico verhoogt.

Tabel 2.2b. *Beknopt overzicht van risicofactoren op het gebied van gedrag en hun wetenschappelijke onderbouwing.*

	SPI	Onderbouwing
Voertuigen	Euro NCAP-score voor inzittenden	Er is bekend hoeveel specifieke systemen aan veiligheid opleveren. Zo bespaart ESC tot 50% letselongevallen (Erke, 2008; Ferguson, 2007). Secundaire veiligheidssystemen worden gebundeld in de Euro NCAP-score. Hogere scores zijn in verband gebracht met een reductie in letselongevallen tot 30% (Lie & Tingval, 2002; De Vries, 2006).
	Euro NCAP-score voor kinderbescherming	
	Aandeel vernieuwing van personenauto's	
	Mediaan van de leeftijd van personenauto's	
Traumazorg	Kwaliteit van traumazorg (van ongeval tot aan het ziekenhuis)	Zorg die binnen 'het gouden uur' aan een patiënt met ernstig letsel wordt geboden, is van groot belang voor het verdere genezingsproces (Lerner & Moscati, 2001). Om dit te realiseren, is in Nederland o.a. de norm dat 97% van de ambulanceritten binnen 15 min. na de melding ter plaatste van het ongeval moet zijn en een slachtoffer binnen 30 min. traumazorg moet kunnen krijgen (b.v. Van den Berg et al., 2014).
	Kwaliteit van lange termijn zorg (in het ziekenhuis)	

Tabel 2.2c. *Beknopt overzicht van risicofactoren op het gebied van voertuigveiligheid en traumazorg en hun wetenschappelijke onderbouwing.*

In het volgende hoofdstuk bespreken we de vragen en onduidelijkheden die gebruikers van het SPI-concept ervaren.

3. Begrip en onduidelijkheden over ‘SPI’s’ bij gebruikers van het concept

In dit hoofdstuk gaan we in op de laatste twee onderzoeksvragen van deze conceptuele beschouwing:

1. Welke problemen ervaren onderzoekers bij het conceptuele kader van SPI’s en welke problemen ervaren beleidsmakers bij het begrip SPI’s?
2. Hoe kan onderzoek bijdragen aan oplossingen voor de geconstateerde problemen?

De eerste vraag is belicht aan de hand van interviews met zes wetenschappers van SWOV die in hun werk met SPI’s te maken hebben[6] en met zes Nederlandse beleidsmakers (nationaal en regionaal)[7]. De interviews werden gehouden door de projectleider tijdens individuele ontmoetingen, waarbij ook een aantal stagiairs aanwezig waren. Tijdens de interviews werd gevraagd naar:

– wat de betrokkenen onder SPI’s verstaan en in hoeverre zij problemen constateren met dit concept;
– in welke zin de geïnterviewde in het werk te maken heeft met SPI’s en welke vraagstukken daarbij naar boven komen.

In de volgende paragrafen schetsen we het beeld dat uit de interviews naar voren komt.

3.1. Ervaren problemen bij het concept van SPI’s

3.1.1. *Directe en indirecte SPI’s*

De relatie tussen bekende risicofactoren (SPI’s) en ongevallen of letsel, speelt zich af op verschillende niveaus. Zo zijn er risicofactoren die een meer directe of actieve invloed hebben op het ontstaan van ongevallen (zoals snelheid of rijden onder invloed), terwijl er ook risicofactoren zijn die meer indirecte of passieve invloed hebben, vooral op het ontstaan van letsel (bijvoorbeeld vergevingsgezinde bermen of gebruik van beveiligingsmiddelen). Daarnaast lijkt er ook een gelaagdheid in de risicofactoren te zitten: als bijvoorbeeld een ongeloofwaardige inrichting van een weg als risicofactor wordt gezien, dan is dat een indirectere risicofactor dan bijvoorbeeld de snelheid die een dergelijke weg oproept. Over de relaties tussen risicofactoren gaan we in de volgende subparagrafen nader in.

[6] Henk Stipdonk (hoofd afdeling Signaleren en wegen waarbij gegevens over ongevallen en onveiligheid centraal staan), Charlotte Bax (projectleider ProMeV), Gert-Jan Wijhuizen (projectleider CycleRap), Wendy Weijermars (projectleider monitor verkeersveiligheid, maakt o.a. gebruik van SPI’s voor zover gegevens aanwezig), Govert Schermers en Atze Dijkstra (beide betrokken bij onderzoek naar SPI’s voor infrastructuur).

[7] Paul Schepers en Yvonne Janssen (Rijkswaterstaat, ontwikkelen VIND op basis van ‘crash-prediction model’-aanpak), Sipke van der Meulen, Cor van der Klaauw en Foppe Koen (resp. provincie Fryslân, Groningen en Drenthe werken een Noordelijke proeftuin uit die zich baseert op de Zweedse aanpak met SPI’s), Wim Serné (Metropoolregio Rotterdam-Den Haag; wil graag met SPI’s aan de slag, vooral CycleRAP).

3.1.2. *Onderscheid tussen indicatoren voor risicofactoren versus maatregelen*

Met name bij de beleidsgerelateerde gebruikers van SPI's blijkt er nogal eens verwarring te bestaan tussen SPI's zoals gedefinieerd door ETSC, dus duidend op risicofactoren in het verkeer (bijvoorbeeld hoge snelheden of gevaarlijke weginrichting), en prestatie-indicatoren in termen van maatregelen (bijvoorbeeld handhavingsinspanningen of infrastructurele maatregelen). Mogelijke redenen voor de verwarring tussen risicofactoren en maatregelen zijn:

– Elementen in het verkeer kunnen zowel risicofactoren bevatten als een bron voor maatregelen zijn. Dit geldt met name voor 'infrastructuur' en 'voertuigveiligheid'.
– Problemen (risicofactoren) en oplossingen (maatregelen) in het verkeer doorsnijden soms het invloedsdomein van beleidsmakers. Zo kan een wegbeheerder iets doen aan een onveilige weg, maar ook met infrastructurele en regelgevende maatregelen een bijdrage leveren aan gevaarlijke gedragingen, maar niet aan alle.

Deze punten manifesteren zich vooral op het terrein van infrastructuur en gedrag. Dat illustreren we hier aan de hand van twee voorbeelden.

Voorbeeld 1: Infrastructuur
Infrastructuur bevat risicofactoren en biedt tegelijkertijd mogelijkheden voor maatregelen. Het verkeer rijdt over de weg en heeft daarbij te maken met de infrastructuur als *status quo*. Het kan zo zijn dat de infrastructuur op dit moment risicofactoren bevat, bijvoorbeeld omdat de inrichting onvoldoende past bij de functie (zie ook de ontwerpdriehoek uit *Paragraaf 2.2.2).* In dit geval spreken we van SPI's.

Een punt dat bij dit voorbeeld ook opvalt, is de relativiteit en onderlinge afhankelijkheid van risicofactoren: een bepaalde situatie kan in het ene geval wel een risicofactor zijn en in het andere geval niet of veel minder. Zo is een obstakelvrije berm van 6 meter wel een risicofactor op een 100km/uur-weg, maar niet op een 50km/uur-weg.

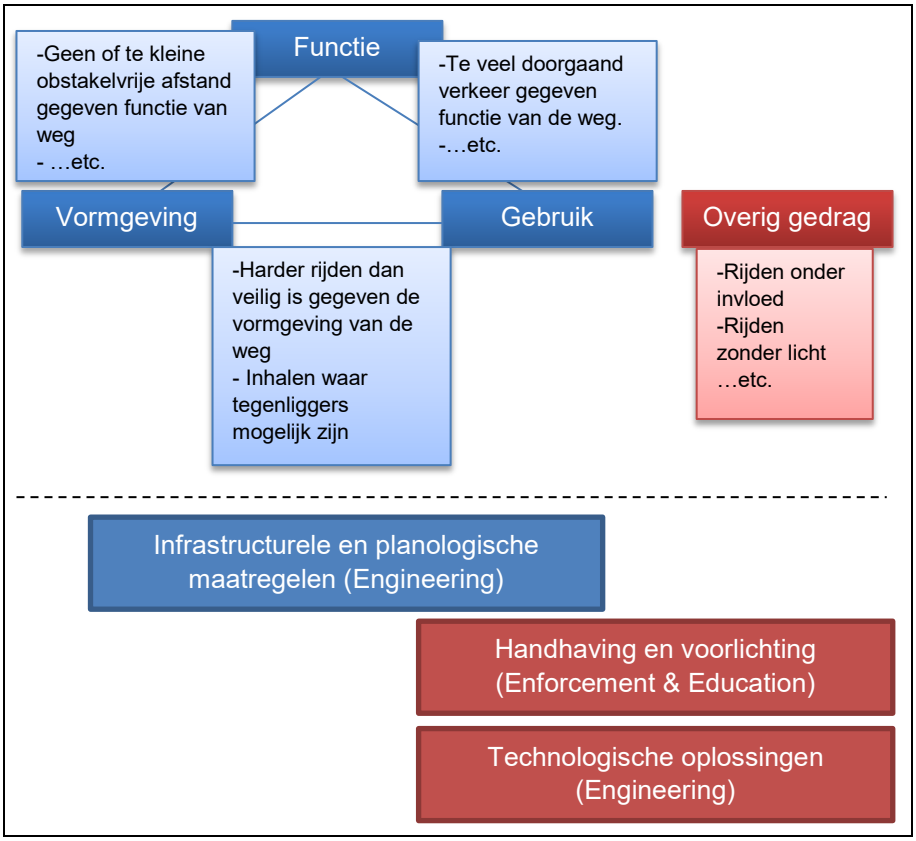
Om risicofactoren in de infrastructuur *op te lossen*, kunnen onder meer infrastructurele maatregelen worden genomen, maar ook maatregelen op gebied van regelgeving (snelheidsregime) of planologische maatregelen (wegennetwerk, bestemmingslocaties). Het betreft hier dan maatregelen die worden getroffen: de kritische prestatie-indicatoren (KPI's), ofwel de *output* zie *Paragraaf 2.3*). Zowel de risicofactor als de oplossing liggen min of meer op het terrein van de wegbeheerder en eventueel ook op die van de planoloog.

Voorbeeld 2: Gedrag
Onveilige gedragingen zoals te hard rijden, rijden onder invloed van psychoactieve stoffen zoals alcohol, rijden zonder verlichting of zonder beveiligingsmiddelen zoals gordel of helm, worden over het algemeen beschouwd als belangrijke risicofactoren in het verkeer en dus als SPI's of RFI's.

De *oplossingen* om dit risicogedrag te verminderen kan – afhankelijk om wat voor gedrag het gaat – gelegen zijn in diverse richtingen. Zo is er heel wat evidentie dat snelheidsgedrag kan worden beïnvloed met infrastructurele

maatregelen en handhaving in combinatie met voorlichting en technologische hulpmiddelen(SWOV, 2012). Alcoholgebruik in het verkeer kan effectief worden tegengegaan en het gebruik van beveiligingsmiddelen kan effectief worden gestimuleerd door regelgeving, handhaving in combinatie met voorlichting en technologie (SWOV, 2011). Infrastructuur, handhaving en begeleidende voorlichting en technologie (de drie E's: Engineering, Enforcement en Education) beschouwen we dus niet als outcome-, resultaat- of risicofactorindicatoren (SPI's), maar als output- of maatregelindicatoren (KPI's). In dit geval liggen risicofactoren en oplossingen op verschillende beleidsterreinen, zoals die van de wegbeheerder en justitie, in samenwerking met de markt.

Rijkswaterstaat is zich bewust van deze verschillen en onderscheidt naast *infrastructuur* (rijkswegen) ook *'gebruik'* (gedrag dat de wegbeheerder kan beïnvloeden zoals snelheid en inhalen) en *'gedrag'* (gedrag dat de wegbeheerder niet (direct) kan beïnvloeden, zoals alcoholgebruik, afleiding en gebruik van beveiligingsmiddelen). Risicofactoren uit de eerste twee genoemde domeinen (infrastructuur en gebruik) vallen wel binnen de invloedssfeer van Rijkswaterstaat, risicofactoren uit het derde domein (gedrag) liggen binnen de invloedssfeer van andere partijen (zie *Afbeelding 3.1*).



Afbeelding 3.1. *Risicofactoren (SPI's: lichte blokken) gerelateerd aan de ontwerpdriehoek en aan het invloedsdomein van een webbeheerder (blauw; overig in rood) op basis van Rijkswaterstaat.*

3.1.3. *Risicofactoren onder condities*

In het voorgaande is het al even aan bod gekomen: de relativiteit en onderlinge afhankelijkheid van risicofactoren, ofwel het feit dat een bepaalde situatie in het ene geval wel een risicofactor is en in het andere geval niet of veel minder. Uit de gesprekken blijkt dat dit als een onderbelicht en als een lastig fenomeen wordt ervaren. Het gaat daarbij enerzijds om de onderlinge afhankelijkheid van risicofactoren (bijvoorbeeld: wanneer is een obstakelvrije berm van 6 meter een risicofactor en wanneer niet? Hoe gevaarlijk is bewust of onbewust te hard rijden?). Anderzijds gaat het om afhankelijkheden van condities (bijvoorbeeld: hoe gevaarlijk is een obstakelvrije berm van 6 meter als er wel of niet geremd wordt door verkeersdeelnemers die in de berm raken).

Vooral voor beleidsmakers is deze relativiteit en onderlinge afhankelijkheid van risicofactoren moeilijk uit te leggen aan politiek bestuurders. Voor met name onderzoekers is duidelijk dat veel van die afhankelijkheden theoretisch relevant, maar lang niet altijd bekend zijn.

Dit heeft ook implicaties voor de weging die risicofactoren ten opzichte van elkaar kunnen hebben. Een dergelijke weging kan door beleidsmakers gebruikt worden om problemen en oplossingen te prioriteren. Een weg waar meerdere risicofactoren worden geconstateerd, is in principe minder erg of onveilig als het om relatief minder zwaarwegende factoren gaat, terwijl een weg met slechts een enkele, maar zeer zwaarwegende risicofactor belangrijker kan zijn om aan te pakken. Ook kan het zo zijn dat het aanpakken van één risicofactor op een weg tegelijkertijd een aantal andere wegneemt. Een weg die bijvoorbeeld qua vormgeving op diverse aspecten niet voldoet aan de functie van die weg, kan door het aanpassen van de snelheidslimiet een aantal probleempunten wegnemen.

Door Tingvall et al. (2010) is al eens een poging gedaan om onderlinge afhankelijkheden tussen SPI's aan te tonen. Het uitganspunt was de Zweedse 'Vision Zero' – de ambitie om naar nul ernstige slachtoffers in het verkeer te streven. De gedachte was dat als je op individuele SPI's naar nul ongewenste situaties streeft, dit zal resulteren in nul verkeersongevallen en -slachtoffers. Risicofactoren zijn echter niet onafhankelijk van elkaar, en het is daarmee niet aannemelijk dat er een een-op-een-relatie bestaat tussen de reductie van risicofactoren en een reductie in ongevallen en slachtoffers. De onderzoekers wilden daar meer over te weten komen en bestudeerden daarvoor dieptestudies van dodelijke ongevallen op nationale wegen in Zweden met en zonder rijrichtingscheiding. Ze keken daarbij naar de aanwezigheid van de risicofactoren: onaangepaste snelheid, rijden onder invloed van alcohol en gordeldracht. De data uit de dieptestudies werden vergeleken met observaties in het verkeer. De onderzoekers vonden dat autobestuurders die hadden gedronken ook vaker te hard reden en hun gordel niet droegen. Deze combinatie van factoren bleek op gescheiden wegen bij 30% van de dodelijke ongevallen het geval te zijn en op ongescheiden wegen bij 50% van de dodelijke ongevallen. Met andere woorden: de risico's van de genoemde gedragingen bleken vaker ernstige consequenties te hebben op wegen met een minder veilige inrichting (ongescheiden rijrichtingen) dan op wegen met een veiligere inrichting.

3.1.4. *Geschikte maten voor SPI's*

Een laatste punt dat in de interviews naar voren kwam, heeft te maken met geschikte maten om risicofactoren mee aan te duiden om begripsverwarring te voorkomen. Gemakshalve worden als risicofactoren bijvoorbeeld 'snelheid' of 'alcohol' genoemd, maar daarmee is nog niet duidelijk wat van die snelheid of alcohol nu de risicomaat betreft. Gaat het bijvoorbeeld om gemiddelde snelheid, of onaangepaste snelheid, of spreiding in snelheid? Het is ook denkbaar dat iedere risicofactor in meer dan één geschikte risicomaat is uit te drukken. Met name vanuit de wetenschappelijke gebruikers is er behoefte aan precisie en ziet men het liefst dat de risicofactoren worden gedefinieerd in de maten waarvan uit onderzoek bekend is dat ze een causale relatie hebben met het ontstaan of de afloop van ongevallen.

3.2. **Openstaande onderzoeksvragen**

Bij een aantal risicofactoren hadden vooral de wetenschappers behoefte aan meer of beter inzicht in de samenhang tussen bepaalde factoren in het verkeer en het ontstaan van ongevallen en letsel. We bespreken hier de genoemde onderwerpen.

3.2.1. *Alcoholgebruik*

Bij sommige onderzoekers bestaat de indruk dat er heel veel meer ongevallen komen door alcoholgebruik dan nu uit cijfers blijkt. Er worden maar weinig alcoholovertreders gepakt bij staandehoudingen. Daarnaast is ook niet goed bekend welk aandeel van het verkeer een bepaald alcoholgehalte in het bloed heeft. Uit onderzoek is bekend dat de mate van risico die verkeersdeelnemers lopen in het verkeer, sterk verschilt voor verschillende bloedalcoholgehaltes. Tevens is er behoefte aan informatie over de mate van risico van verschillende alcoholgehaltes gerelateerd aan de mate van ervarenheid van verkeersdeelnemers.

3.2.2. *Afleiding*

Afleiding is van alle tijden, maar er is de laatste jaren weer meer ophef over vanwege het gebruik van smartphones tijdens het rijden. Het is echter bijzonder lastig om precies de relatie vast te stellen tussen afleiding en verkeersveiligheid. Onderzoek met verschillende methoden toont verschillende relaties aan, ook afhankelijk van het type afleiding waarnaar wordt gekeken (SWOV, 2016.).

3.2.3. *Vermoeidheid*

Net als afleiding is ook vermoeidheid lastig te meten, waardoor we onvoldoende nauwkeurig weten over de relatie met verkeersveiligheid. Vooral met de komst van de 24-uurseconomie voor meer sectoren dan voorheen, is vermoeidheid een toenemend maatschappelijk probleem aan het worden en alleen daarom al relevant om de invloed ervan op verkeersveiligheid te weten.

3.2.4. *Roodlichtnegatie*

Roodlichtnegatie wordt vooral door praktijkmensen als een relevante risicofactor genoemd, maar deze factor ontbreekt in de meeste SPI-lijstjes die een meer wetenschappelijke basis hebben. Als algemene ongevalsoorzaak van bijvoorbeeld dodelijke ongevallen komt roodlichtnegatie niet veel voor (enkele procenten per jaar) en alleen in specifieke verkeerssituaties (alleen bij locaties die zijn uitgerust met een verkeersregelinstallatie (VRI) is het een mogelijke risicofactor). Enkele jaren geleden heeft SWOV gekeken naar welke risicofactoren meer onderzoek gewenst is, en ook roodlichtnegatie kwam daaruit naar voren (Mesken, 2012).

3.2.5. *Voertuigverlichting gemotoriseerd verkeer en tweewielers*

Volgens sommige onderzoekers is het nog onvoldoende duidelijk wat de relatie is tussen lichtvoering (onder verschillende condities) en verkeersveiligheid. Er is wel op verschillende fronten onderzoek naar gedaan (Kuijken & Stoop, 2012; Madsen et al., 2013; zie ook SWOV, 2013 voor een overzicht), maar de resultaten hieruit bieden volgens sommige onderzoekers onvoldoende duidelijkheid.

3.2.6. *Weging van infrastructurele kenmerken*

Risicofactoren in de infrastructuur zijn eigenlijk niet of nauwelijks goed individueel te beschouwen, omdat de mate van risico samenhangt met de andere kenmerken van het wegennet en factoren zoals de snelheidslimiet en het type gebruik. Het gaat hierbij om de onderlinge weging van infrastructurele kenmerken om uiteindelijk in de praktijk prioriteiten te kunnen stellen welke locaties en kenmerken het meest nodig zijn om aan te pakken.

Sommige instrumenten, zoals EuroRAP, ‘crash-prediction-modellen’ passen hiervoor al wegingsfactoren toe, maar die zijn vaak nog onvoldoende afgestemd op de Nederlandse situatie. Nederlandse instrumenten zoals de DV-meter, VSGS (vigerend in ProMeV; zie *Paragraaf 5.1* en *Paragraaf 6.2.3*)) sluiten wel aan bij de Nederlandse context, maar passen (nog) geen wegingsfactoren toe omdat kennis hierover veelal nog ontbreekt. Hetzelfde geldt voor fietsinfrastructuur (CycleRAP). Vraagstukken zitten op het raakvlak tussen wetenschap en praktijk en kunnen worden samengevat als:

- Hoe valide is het internationale onderzoek naar weegfactoren van infrastructurele kenmerken voor de Nederlandse situatie?
- Welke kenmerken die van belang zijn voor verkeersveiligheid zitten nog niet in het bestaande instrumentarium (bijvoorbeeld ProMeV en CycleRAP)? Daarbij gaat het bijvoorbeeld om wegbreedte en kruispunten.
- Binnen de eerder genoemde instrumenten: is het nodig en beter om juist meer details toe te voegen om tot een beter beeld te komen, of kunnen we volstaan met enkele primaire kenmerken met vooral als doel de grootste problemen te prioriteren?

3.2.7. *Voertuigveiligheid*

De kwaliteit van voertuigen als SPI wordt gemeten in termen van ‘EuroNCAP-scores’, die vooral de passieve en ook steeds meer actieve

veiligheid van voertuigen weergeven. Er is echter evidentie dat voertuigcompatibiliteit (de mate waarin voertuigen overeenkomen in massa en bescherming, waardoor de een niet meer in het nadeel is dan de ander in geval van een botsing tussen beide voertuigen) voor de verkeersveiligheid ook een factor van betekenis is (zie bijvoorbeeld Berends, 2009; SWOV, 2010). Hier bestaat alleen nog geen score voor en het zou goed zijn deze te ontwikkelen zodat ook dit als SPI kan worden gebruikt.

3.2.8. *Traumamanagement*

Met name in het internationale project SafetyNet is ook traumamanagement aangemerkt als een SPI (Gitelman et al., 2008). Hiervoor zijn destijds vooral pragmatisch een aantal maten gedefinieerd, maar de onderbouwing van deze maten in relatie tot verkeersveiligheid is niet altijd even sterk of ontbreekt (zoals het 'gouden uur' en de aanrijtijd van hulpdiensten van maximaal 15 minuten). Het is aan te bevelen om goed te onderzoeken welke factoren op het gebied van traumamanagement echt relevant zijn voor letselernst en restletsel.

3.2.9. *Verkeersintensiteit*

Verkeersintensiteit komt niet voor in de lijstjes van SPI's die in de literatuur te vinden zijn, maar toch zijn er volgens sommige onderzoekers argumenten om ook dit als risico-indicator te zien. Er is namelijk een (niet-lineair) verband tussen verkeersintensiteit en ongevallen (Reurings & Janssen, 2007). Maar is het een risicofactor, of vooral een meer indirecte SPI omdat verkeersintensiteit invloed heeft op verkeersgedrag zoals snelheid en inhaalgedrag?

3.2.10. *Relatie tussen gevoel van onveiligheid en daadwerkelijke onveiligheid.*

Nog een factor die genoemd is en eigenlijk tussen risicogedrag en ongevallen in staat, is 'subjectieve verkeersonveiligheid'. Risicovol gedrag (zoals hoge snelheid) of een risicovolle weginrichting (zoals een onoverzichtelijk ingericht kruispunt) kunnen gevoelens van onveiligheid opwekken (zie SWOV, 2012b voor een overzicht) en kunnen daarom mogelijk een eerste indicator zijn dat ergens een potentieel verkeersveiligheidsprobleem aanwezig is. Of er daadwerkelijk een relatie is met objectieve onveiligheid in termen van ongevallen of aanwezigheid van risicofactoren, dient vervolgens wel geverifieerd te worden door objectieve metingen.

Dit werpt bij sommige onderzoekers de vraag op of onveiligheidsgevoel zelf ook een SPI kan zijn en onder welke omstandigheden. Omdat er lang niet altijd een positieve relatie blijkt tussen subjectieve en objectieve veiligheid (op sommige plaatsen waar men zich onveilig voelt, kan geen objectieve onveiligheid worden geconstateerd), is ook een vraag wat het onderscheidend vermogen is van subjectieve verkeersveiligheid als een SPI voor objectieve onveiligheid.

3.2.11. *Risicofactoren van specifieke groepen verkeersdeelnemers*

De meeste risicofactoren hebben vooral betrekking op automobilisten of verkeer in het algemeen, terwijl er ook vervoerwijze-specifieke kenmerken zijn die als SPI gedefinieerd kunnen worden. Daarbij valt te denken aan:

- Gemotoriseerde tweewielers (brom- en snorfietsers, motoren): er zijn allerlei analyses beschikbaar van factoren die een rol spelen bij deze (overigens heterogene) groep (De Craen et al., 2013), maar ook zijn er nog vragen onbeantwoord. Sommige onderzoekers hebben de indruk dat bijvoorbeeld snelheid een belangrijke rol speelt maar dat natuurkundige principes lang niet alle ongevallen met gemotoriseerde tweewielers kunnen verklaren. In aanvulling op eerdere en lopende onderzoeken (zoals MAIDS[8], SaferWheels[9], snorfietsonderzoek Amsterdam: Wijlhuizen et al., 2013), is er behoefte aan meer inzicht in relevante risicofactoren over deze specifieke groepen weggebruikers.
- Fietsers: hierover is met name door het onderzoek van Schepers (2010; 2013) en het diepteonderzoek van SWOV (Davidse et al., 2014) al meer bekend dan voorheen, maar ook hier zijn nog veel openstaande vragen. Zo bieden leeftijdsafhankelijke factoren deels een verklaring voor veel fietsongevallen en letseltypen en ook de rol van infrastructuur is bekend, maar overige risicofactoren bij vooral ongevallen van fietsers zonder betrokkenheid van gemotoriseerd verkeer zijn onbekend. Van de risicofactoren die in eerder onderzoek zijn gevonden, mist in de meeste gevallen een kwantitatieve relatie met verkeersveiligheid: hoe onveilig is een paaltje en onder welke condities? Of: hoe onveilig is een schuine stoeprand ten opzichte van geen randen, en wat is het effect van de hellingshoek daarbij?

3.3. **Geïdentificeerde vraagstukken in relatie tot proactieve instrumenten**

Een van de uiteindelijke doelen van dit onderzoek is om nieuwe of verbeterde inzichten over risicofactoren op te leveren die uiteindelijk bruikbaar zijn binnen risicogestuurde aanpak en de instrumenten die daarvoor worden gebruikt (zie *Hoofdstuk 1*). In *Tabel 3.1* is een kort overzicht gegeven van de vraagstukken uit de interviews die verband houden met die instrumenten.
Daarin is te zien dat de vraagstukken zich vooral bevinden op het onderste verkeersniveau (Niveau III van *Afbeelding 2.4*; zie ook *Bijlage II*) en niet zozeer op netwerkniveau (Niveau II). Op het niveau van ruimtelijke spreiding (Niveau I) zijn de huidige proactieve instrumenten niet actief.

[8] http://www.maids-study.eu/
[9] https://www.swov.nl/NL/Actueel/Nieuws/Nieuws_2015/nieuws_diepteonderzoek.htm

Genoemd onderwerp	In hoeverre houden proactieve instrumenten rekening met deze factor?
Rijden onder invloed van alcohol	Niet gedekt in een specifiek instrument; betreft vooral een gebruikssituatie. Gezien de onderlinge afhankelijkheid van SPI's kan het interessant zijn om op termijn te bekijken hoe invloed van alcohol in Nederland samenhangt met de hoogte van het risico van andere gevaarlijke gedragingen en onveilige infrastructuur.
Afleiding	Niet gedekt in een specifiek instrument; lastig te onderzoeken maar maatschappelijk zeer relevant thema.
Vermoeidheid	Niet gedekt in een specifiek instrument; lastig te onderzoeken maar maatschappelijk zeer relevant thema.
Roodlichtnegatie	Niet gedekt in een specifiek instrument, maar koppeling met infra-SPI's ligt voor de hand omdat het om potentieel gevaarlijk gedrag gaat dat zich alleen kan voordoen in bepaalde infrastructurele situaties (oversteek met VRI-installatie).
Voertuigverlichting	Niet gedekt in een specifiek instrument. Wordt i.r.t. fietsers wel door diverse gemeenten gebruikt als een van de maten voor onveiligheid.
Weging van infrastructurele kenmerken	Reeds verdisconteerd in EuroRAP/RPS (buitenlands) maar nog niet in ProMeV en CycleRAP (NL). Bij SWOV wordt momenteel wel onderzoek gedaan volgens een 'crash-prediction-modelachtige' benadering om hier meer zicht op te krijgen. Ook wordt in het kader van ProMeV-light hier een eerste pragmatische invulling aan gegeven door weging uit het vóórkomen van ongevallen te halen.
Voertuigveiligheid	Zou in Euro NCAP kunnen worden opgenomen, maar daar is momenteel (nog) geen sprake van. Onderwerp is ook relevant voor de veilige inrichting van wegen i.r.t. geslotenverklaring voor verschillende type voertuigen.
Traumamanagement	Niet gedekt in een specifiek instrument. Relevant in relatie tot aandacht voor letselgevolgen.
Verkeersintensiteit	Kan in instrumenten zoals ProMeV worden meegenomen om bevindingen verder te prioriteren. Wordt zo momenteel uitgewerkt in ProMeV-light. Niet in gebruik als specifieke risicofactor.
Subjectieve veiligheid	Niet belegd in een specifiek proactief instrument maar wordt wel gebruikt door diverse overheden, zoals onder andere blijkt uit diverse gemeentelijke beleidsplannen. Overheden kunnen subjectieve onveiligheid wel als signaal benutten dat er mogelijk ook objectieve verkeersveiligheidsproblemen zijn op een bepaalde locatie (vast te stellen door te gaan meten).
Risicofactoren specifieke groepen verkeersdeelnemers	Fiets: Vooral fiets in relatie tot gemotoriseerd verkeer zit momenteel geïntegreerd in instrumenten; fiets zonder gemotoriseerd verkeer zit momenteel vooral in CycleRAP. Dit tweede type ongeval is lastiger te onderzoeken vanwege beperkte registratie. GTW: Behalve in relatie tot overig gemotoriseerd verkeer is er nog geen instrument of onderdeel van instrumenten specifiek gericht op GTW-factoren; in het algemeen kan wel gesteld worden dat het hier om een inherent onveilig vervoermiddel gaat.

Tabel 3.1. *Koppeling van genoemde vraagstukken aan bestaande en gebruikte proactieve beleidsinstrumenten verkeersveiligheid.*

Het volgende deel beschrijft een eerste empirische studie die is uitgevoerd naar verdere onderbouwing van een van de bovengenoemde risicofactoren. Daarbij is het conceptuele raamwerk dat is beschreven in *Deel I* als uitgangspunt genomen en nog iets verder uitgewerkt. Daarnaast is het empirische deel ook een methodische verkenning hoe genoemde risicofactoren verder gekwantificeerd kunnen worden.

DEEL II: EMPIRISCHE STUDIE

4. Inleiding

In *Deel I* beschreven we het conceptuele kader van het begrip 'Safety Performance Indicators' (SPI's) en andere soorten prestatie-indicatoren. Dit tweede deel beschrijft de empirische toetsing. Daarbij staan de volgende vragen centraal:

1. Welke SPI's kiezen we om nader te onderzoeken en onderbouwen, en waarom?
2. Welke risicofactoren vinden we daadwerkelijk terug in ernstige ongevallen op het Nederlandse wegennet?
3. Wat is de kwantitatieve relatie[10] tussen één of meer van deze factoren met het ontstaan van ongevallen en slachtoffers, en welke methoden zijn geschikt om tot een dergelijke kwantificering te komen?

De antwoorden op deze vragen komen voort uit de resultaten van de studie die in de hoofdstukken hierna verder wordt beschreven. We starten echter met een theoretisch kader dat voortbouwt op de conceptuele kaders uit het vorige deel en beschrijven in dit hoofdstuk het uitgevoerde onderzoek in een notendop.

De antwoorden op deze vragen komen voort uit de resultaten van de studie die in de hoofdstukken hierna verder wordt beschreven. We starten echter met een theoretisch kader dat voortbouwt op de conceptuele kaders uit het vorige deel en beschrijven in dit hoofdstuk het uitgevoerde onderzoek in een notendop.

4.1. Theoretisch kader

Als uitgangspunt of SPI-raamwerk redeneren we vanuit het ontstaan van een ongeval of ernstig letsel: wat is de oorzaak van het ongeval of letsel geweest en kan daarmee als *potentiële* risicofactor of SPI (hetzij direct/actief of indirect/passief) worden aangemerkt? Of het daarbij *daadwerkelijk* om een risicofactor gaat, hangt af van het feit of de gevonden factor met 'risicoverhoging' in verband kan worden gebracht. Met andere woorden: komt de betreffende factor vaker voor in ongevallen dan in het 'gewone' verkeer? Als een factor veel voorkomt in ongevallen maar net zo veel in het gewone verkeer, dan zijn de bevindingen vooral een afspiegeling van de blootstelling aan die factor. Stel bijvoorbeeld dat je op 50km/uur-wegen veel ongevallen vindt op wegen waarbij het verkeer niet van elkaar gescheiden is, dan zou dat potentieel als een risicofactor aangemerkt kunnen worden. Als echter blijkt dat in het gewone verkeer, dus los van de ongevallen, ongeveer evenveel verkeer wordt blootgesteld aan 50km/uur-wegen met ongescheiden rijbanen, dan is de conclusie eerder dat het een afspiegeling is van een veelvoorkomende situatie in Nederland. Maar als factoren die we veel terugvinden in ongevallen, veel minder vaak voorkomen in het dagelijkse verkeer, dan kan hieruit worden afgeleid dat de betreffende factor

[10] Deze kwantitatieve relatie is belangrijk om SPI's uiteindelijk in proactieve beleidsinstrumenten te kunnen gebruiken, bijvoorbeeld om het belang van verschillende risicofactoren tegen elkaar af te kunnen wegen.

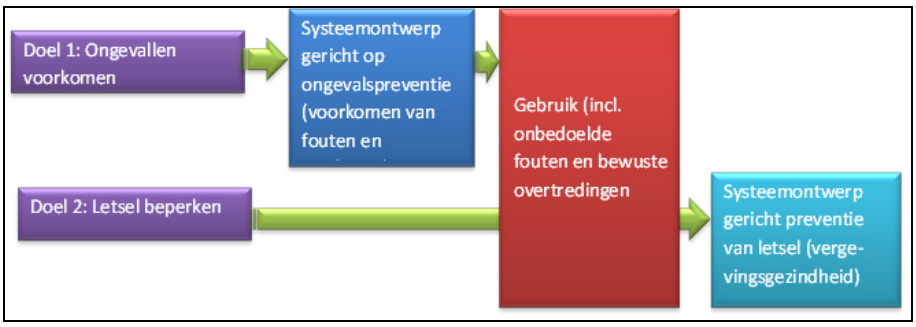
een risicofactor is, of – anders geformuleerd – een factor met een relatief risico groter dan 1.

4.1.1. *Een duurzaam veilig uitgangspunt*

Het voorkómen van ongevallen en letsel is ook het uitgangspunt bij een (duurzaam) veilig verkeerssysteem (Koornstra et al., 1992; Wegman & Aarts, 2005). Om deze doelen te bereiken, wordt de mens als uitgangspunt genomen: de 'mens als maat der dingen'. Dat wil zeggen dat de mens niet alleen fouten maakt en overtredingen begaat waardoor een ongeval kan plaatsvinden (bedreiging van het doel om ongevallen te voorkomen), maar ook dat hij door zijn kwetsbaarheid letsel op kan lopen (bedreiging van het doel om de kans op letsel te reduceren).

Deze doelen worden volgens de Duurzaam Veilig-visie bereikt door het systeem zodanig te ontwerpen dat conflicten zo veel mogelijk worden uitgesloten (homogeniteit), fouten worden voorkomen (herkenbaarheid), overtredingen onaantrekkelijk worden gemaakt (onder andere via homogeniteit en herkenbaarheid, uitgewerkt als geloofwaardigheid) en de kans op letsel wordt beperkt (vergevingsgezindheid). Een functionele indeling van wegen is hierbij de basis (zie ook de ontwerpdriehoek in *Afbeelding 2.3*).

Afbeelding 4.1 laat zien hoe de doelen van een duurzaam veilig wegverkeer hun uitwerking vinden via gebruik van een veilige vormgeving (die samenhangt met de functie van een weg) en gedrag (vergelijk ook het Zwitserse kaas-model van Reason (1990) en het model van Schoon et al. (2011)).



Afbeelding 4.1: *Doelen voor een veilig verkeer en hun samenhang met systeemontwerp en gebruik van het systeem.*

Uitgangspunt is dus dat vanuit een gegeven functionaliteit van het systeem (bijvoorbeeld stromen of uitwisselen van verkeer), de vormgeving van het verkeerssysteem in een bepaalde mate bijdraagt aan het ontstaan of juist voorkomen van ongevallen en/of de ernst van de afloop kan beïnvloeden. Betrekken we deze uitgangspunten op bijvoorbeeld kruispunten binnen de bebouwde kom, dan zijn daarin de volgende inrichtingselementen van belang:

- Functie: uitwisselen.
- Vorm: maakt duidelijk dat er een uitwisselfunctie aankomt en roept lagere snelheden op, bijvoorbeeld door:
    - smallere wegbreedte en maximaal één rijstrook per rijrichting;

    - korte rechtstanden;
    - hoge dichtheid in erfaansluitingen;
    - drempels en plateaus;
    - rotondes;
    - dichte omgeving (bebouwing).
  - Gebruik: verschillende soorten verkeersdeelnemers maken gebruik van dezelfde infrastructuur en passen hun gedrag idealiter aan de mengfunctie van het kruispunt aan (lagere snelheden, voorrang verlenen en dergelijke).

4.1.2. *De rol van fouten versus overtredingen*

Alhoewel het in de vragen die in *Deel I* zijn behandeld niet expliciet aan bod is gekomen, is het ten aanzien van het gebruik interessant om te bezien in hoeverre onbedoeld gebruik zijn oorzaak vindt in onbedoelde fouten dan wel bewuste overtredingen. Dat wil zeggen dat het vertoonde gedrag met een psychologische bril wordt bekeken in plaats van met een juridische bril. Iemand die bijvoorbeeld te hard rijdt, kan dat zowel bewust als onbewust doen. Vanuit een juridisch kader zullen beide situaties als overtreding worden aangemerkt. Vanuit psychologisch oogpunt is alleen het doelbewust te hard rijden een overtreding; het onbedoeld te hard rijden kan gezien worden als een fout. Dit onderscheid is zinvol omdat de oorzaken en dus ook oplossingen heel verschillend van aard zijn. Bij een doelbewuste overtreding is de informatievoorziening over de limiet veel minder relevant dan bijvoorbeeld de aanwezigheid van handhaving. Bij onbedoelde fouten speelt de rol van infrastructuur, informatievoorziening en gedrag van andere weggebruikers een belangrijke rol. Uiteraard is dit per gedraging anders. Bij verkeersdeelname onder invloed van alcohol bijvoorbeeld, is het lastiger voorstelbaar dat dit onbewust en onbedoeld ongewenst gedrag is en speelt de infrastructuur a priori geen rol; overigens wel weer in de vergevingsgezindheid.

4.2. **Korte beschrijving van de aanpak van de empirische studie**

Zoals in *Hoofdstuk 1* al is uitgelegd, is er in dit onderzoek voor gekozen om de aandacht te richten op 50km/uur-kruispunten, omdat hierover nog relatief veel kennis ontbreekt en hier nog veel ongevallen gebeuren. Het hierna beschreven onderzoek is uitgevoerd met de meest recente bij SWOV beschikbare registratiesets (formulieren die de politie opmaakt bij een ongeval) van dodelijke ongevallen op 50km/uur-kruispunten (2012). Het onderzoek richt zich met name op risicofactoren vanuit gedrag en de infrastructuur met het hiervóór geschetste kader als uitgangspunt. Van deze risicofactoren is op basis van vooraf gedefinieerde lijsten met kenmerken nagegaan hoe vaak zij voorkomen en hoe zeker het is dat zij hebben bijgedragen aan het ontstaan of het letsel voorvloeiend uit het ongeval.

In het onderzoek is gekeken naar de volgende gedragingen, gebaseerd op de in *Deel I* genoemde lijst met factoren (zie *Tabel 2.4*):
- onaangepaste snelheid;
- rijden onder invloed van psychoactieve stoffen;
- gebruik van beveiligingsmiddelen (gordel, helm);
- lichtvoering en zichtbaarheid;
- afleiding;
- vermoeidheid;

– voorrangverlening;
– roodlichtnegatie;
– overige gedragingen (te specificeren bij aantreffen).

Van de gedragingen is – om een inschatting te geven van de aard van het gedrag – tevens nagegaan in hoeverre het hierbij ging om bewuste overtredingen dan wel onbedoelde fouten.

Ongevalsoorzaken op het terrein van gedrag zijn beoordeeld door drie beoordelaars, omdat het hierbij deels om subjectieve beoordelingen gaat in hoeverre een bepaalde factor aanwezig en daarbij een risicofactor is geweest

Bij de infrastructuur is ingezoomd op die kenmerken waarvan infrastructurele deskundigen op voorhand menen dat ze relevant zijn om ongevallen te voorkomen. Het betreft:
– complexiteit van het kruispunt;
– overgangsinformatie voorafgaand aan het kruispunt;
– veilige en geloofwaardige snelheidslimieten.
Deze kenmerken zijn exploratief beoordeeld voor de met VRI (verkeersregelinstallatie) uitgeruste kruispunten waarop in 2012 een dodelijk ongeval heeft plaatsgevonden aan de hand van foto's van Google Street View. Dit is vooralsnog uitgevoerd door één beoordelaar.

Exploratief is gekeken of bepaalde risicogedragingen die met de inrichting in verband kunnen worden gebracht, inderdaad vaker voorkwamen in minder veilig ingerichte kruispunten. Al deze resultaten zijn te vinden in *Hoofdstuk 6*.

Een van de beoordeelde risicofactoren – roodlichtnegatie – is vervolgens verder geanalyseerd door de aanwezigheid van deze factor in de dodelijke ongevallen op 50km/uur-kruispunten te vergelijken met het roodlichtnegatiemetingen op straat (casus-controle aanpak). Hieruit is vervolgens een relatief risico berekend. De resultaten van dit onderdeel zijn te vinden in *Hoofdstuk 7*.

Het volgende hoofdstuk gaat eerst in op de technische details van de gebruikte methode.

5. Methode

Dit hoofdstuk geeft de technische details van de gehanteerde aanpak en het gebruikte materiaal weer.

5.1. Ongevallenanalyse

5.1.1. *Materiaal*

In deze studie is gebruik gemaakt van de op moment van onderzoek meest recente ongevalsregistratiesets waartoe SWOV toegang had. Dit bleken de registratiesets van de politie van dodelijke ongevallen in 2012 te zijn. Het betrof 89 ongevallen. Verreweg de meerderheid van de ongevallen betrof een conflict tussen een fietser en een auto (28), op de tweede plaats gevolgd door conflicten tussen een voetganger en een auto (10), en op een gedeelde derde plaats conflicten tussen een fietser en een vrachtwagen (7) of een auto tegen een object (eveneens 7). Het betrof 43 ongevallen op viertakskruispunten, 37 op drietakskruispunten en 9 op rotondes. In de meeste gevallen (64) was het wegdek droog, in de helft van de gevallen was het licht en in de andere gevallen schemerig of donker.

De registratiesets bleken in een aantal gevallen een hele ongevals-beschrijving te bevatten, in een aantal gevallen betrof de inhoud niet meer dan een rapport met datum en locatie van het ongeval, informatie over welke getuigen wanneer zijn gehoord en eventuele latere wijzigingen in de afloop of de afhandeling van het ongeval (een zogenoemd mutatierapport).

Exploratief is bij enkele ongevallen aanvullende informatie gebruikt, vooral uit rechtbankverslagen en op internet gepubliceerde mediaberichten en filmpjes. De mediaberichten betroffen vooral artikelen van lokale kranten. Uit deze artikelen is achtergrondinformatie gehaald van de betrokkenen, zoals type vervoerswijze, of zijn gepubliceerde foto’s gebruikt om beter de ongevalslocatie te kunnen bepalen wanneer dit onvoldoende duidelijk was uit de registratiesets. Gegevens over de ongevalslocatie zijn in een enkel geval ook gehaald uit internetfilmpjes van fotografen of journalisten die ter plaatse van het ongeval opnamen hebben gemaakt. Deze aanvullende informatie is niet meegenomen in de scoring, omdat we in eerste instantie wilden bezien wat het aan informatie oplevert als we alleen gebruikmaken van de registratiesets. In de discussie gaan we wel in op deze extra bronnen.

Voor het inventariseren van de algemene en meer specifieke infrastructurele kenmerken van de ongevalslocatie en aanloop daarvan is gebruik gemaakt van Google Maps en Google Street View. Daarnaast is er waar nodig gebruikgemaakt van andere digitale bronnen om te verifiëren of er tussen de datum van weergave en 2012 specifieke aanpassingen aan de infrastructuur zijn gedaan, zoals wijzigingen in het dwarsprofiel, aanpassing van voorrangsregeling of in de algemene verkeerssituatie.

5.1.2. *Scoren van systeemkenmerken*

De kenmerken van het verkeerssysteem en de mogelijke bijdrage daarvan aan het ongeval, zijn gescoord aan de hand van de volgende instrumenten. Deze zijn deels nog in ontwikkeling, maar zijn wel zo veel mogelijk ontwikkeld op basis van theoretisch plausibele of empirisch onderbouwde relaties met verkeersveiligheid of voor verkeersveiligheid relevant gedrag (zoals snelheid).

- Complexiteitsscore voor kruispunten (ontwikkeld op basis van Dijkstra et al., 2015). De gedachte hierachter is dat bij een complexere vormgeving de kans op een ongeval in principe groter is dan bij een minder complexe vormgeving, omdat verkeersdeelnemers meer potentieel relevante informatie moeten verwerken in de beschikbare tijd.
- PIARC-score voor overgangszones bij kruispunten (PIARC, 2012). Met dit instrument wordt vooral gekeken naar de aanwijzingen en mogelijkheden die worden geboden op de aanvoerende takken van een kruispunt om te anticiperen op de nieuwe aankomende situatie (het kruispunt dus).
- VSGS (instrument voor veilige snelheden en geloofwaardige snelheidslimieten) voor het kruispunt en daarvóór bereden wegvakken (Aarts & Van Nes, 2007; Aarts et al., 2011a). Dit instrument scoort de veiligheid en geloofwaardigheid van de snelheidslimiet op een wegvak en neemt daarbij ook erfaansluitingen en kruispunten mee. Snelheden die niet zijn aangepast aan de situatie en een omgeving die onvoldoende bijdraagt aan het oproepen van gepaste snelheden, zijn in principe gevaarlijker.

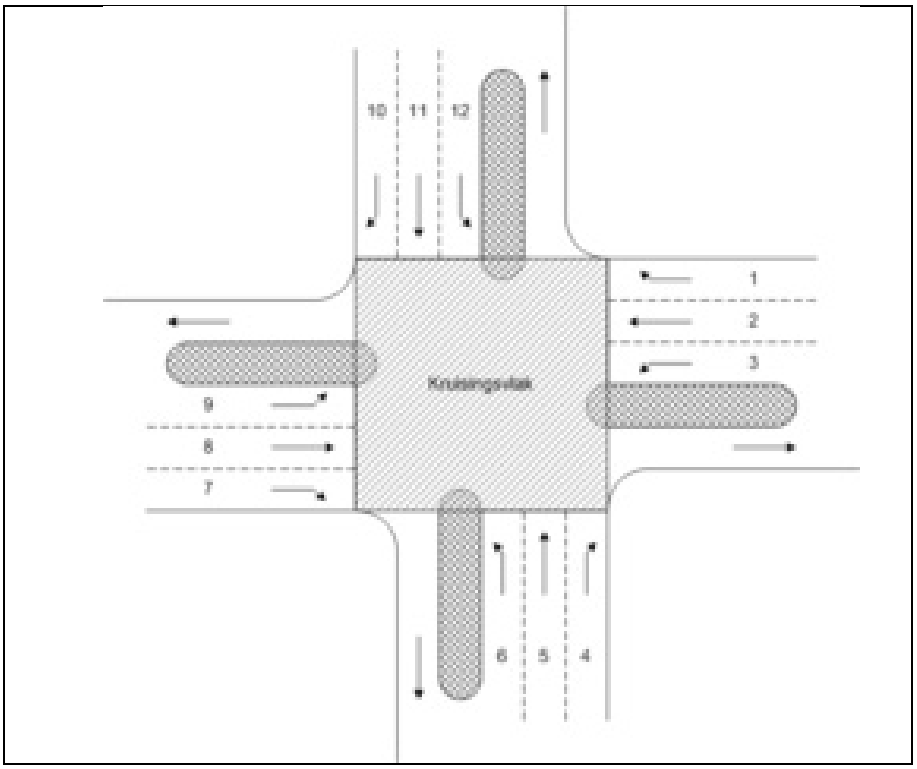
Geen van de methoden is nog gevalideerd, al wordt daar wel aan gewerkt. De zogenoemde RPS-methode is een van de weinige gevalideerde methoden die de veiligheidskwaliteit van infrastructuur scoort, maar deze is niet van toepassing op wegen binnen de bebouwde kom (zie Aarts, 2011a en Aarts et al., 2014 voor overzichten van proactieve methoden). In de volgende subparagrafen gaan we in op de drie methoden die we wel hebben gebruikt.

5.1.2.1. Complexiteitsscore

De complexiteitsscore is gebaseerd op een analyse van voor verkeersveiligheid relevante kenmerken op kruispunten (Dijkstra at al., 2015a). De score is verder ontwikkeld in een nog lopend project waarin SPI's voor infrastructuur worden ontwikkeld en gevalideerd. De complexiteitsscore bekijkt de aan- of afwezigheid van complexe elementen. Een hogere score geeft aan dat een kruispunt complexer is en daardoor hogere eisen stelt aan verkeersdeelnemers (meer informatie te verwerken in korte tijd). Zo wordt de aanwezigheid van opstelvakken bijvoorbeeld in het instrument geassocieerd met een hogere complexiteit, omdat bestuurders moeten beslissen waar ze moeten voorsorteren voor het kruispunt. Een uitgebreidere variant van de complexiteitsscore wordt momenteel toegepast en onderzocht op de relatie met ongevallen in een onderzoek naar infra-SPI's dat gebruik maakt van een 'crash-prediction model'-aanpak.

De complexiteitsscore bestaat uit drie groepen:

1. elementen op het kruisingsvlak (zie *Afbeelding 5.1*);
2. elementen op takken (zie *Afbeelding 5.1*);
3. aard en omvang van het kruispunt.



Afbeelding 5.1. *Schematische weergave van een kruispunt met de elementen 'kruisingsvlak', en 'takken' (bron: wegenwiki).*

Het kruisingsvlak is centraal gelegen op het kruispunt en loopt van stopstreep tot stopstreep. De oversteekvoorzieningen voor voetgangers en fietsers vallen binnen dit vlak.

De complexiteitsscore voor kruispunten omvat in de oorspronkelijk op basis van Dijkstra et al. (2015) ontwikkelde versie 29 kenmerken, maar is voor het doel van deze studie en in overleg met de ontwikkelaar van de score vereenvoudigd tot 12 kenmerken (zie *Tabel 5.1*).

In de oorspronkelijke versie van dit instrument is bij de eerste twee groepen de complexiteitscore de som van de aangetroffen elementen. In de derde groep is er in de oorspronkelijke versie geen totaalscore, maar worden de waarden van de afzonderlijke kenmerken gehanteerd. Voor het huidige onderzoek hebben we van alle elementen toch één totaalscore gemaakt. Voor de kenmerken die in de oorspronkelijke versie apart gescoord werden, is gedefinieerd hoe elk kenmerk bijdraagt aan de complexiteit, waardoor ze opgeteld kunnen worden bij de overige scores. De complexiteitsscore wordt weergegeven als een percentage tussen 0% en 100%. Een hoger percentage betekent dat er meer complicerende kenmerken aanwezig zijn. Bij een score van 100% zijn alle meegenomen kenmerken aanwezig.

Groep	Variabelen	Labels
Elementen op kruisingsvlak	Plateau of punaise	
	Oversteekvoorziening voetganger (zebra of markering)	Ja zebrapad (1); Ja markering (1); Nee (0)
	Oversteekvoorziening fiets (strook of markering op kruisingsvlak)	Ja strook (1); Ja markering (1); Nee (0)
	Oversteekvoorziening OV (strook of markering op kruisingsvlak)	Ja strook (1); Ja markering (1); Nee (0)
	Verhardingssoorten (als er op de rijbanen ten minste twee verschillende zijn)	
	Lengtemarkering voor autoverkeer	
	Gemarkeerde 'eilandjes'	
Elementen op takken	OFOS (opgeblazen fietsopstelstrook)	
	VRI	Ja (1); Nee (0); Niet van toepassing (0)
	Haaientanden	
	Plateau of drempel	
	Bewegwijzering auto	
	Voorrangsborden	
	Bebording anders dan voorrangsborden	
	Voorziening fiets (opvangfietspaden)	
	Verhardingssoorten	
	Midden- en tussenbermen	Ja (1); Nee (0); Niet van toepassing (0)
	Separate bus-/trambaan	Ja (1); Nee (0); Niet van toepassing (0)
	Fietspad/fietsstrook	Ja (1); Nee (0); Niet van toepassing (0)
	Voetpad	
	Rijrichtingscheiding vóór kruisingsvlak	Ja (1); Nee (0); Niet van toepassing (0)
	Opstelstroken	Ja (1); Nee (0); Niet van toepassing (0)
Omvang en aard kruispunt	Breedte per tak	
	Verstoorde rijlijnen	
	Kleinste hoek tussen takken (<90^0)	Ja (1); Nee (0)
	Oversteeklengte (minus midden- en tussenbermen) ter hoogte van stopstreep of rand kruispunt (per tak)	
	Lengte opstelstroken (per tak)	
	Aantal rijstroken (ook voor fiets en bus/tram) (per tak en per richting)	
	Zichtbelemmering (per tak) [1=geen; 2=enigszins; 3=ernstig; 4=niet vast te stellen]	Geen (0); Enigszins (0); Ernstig (1); Niet vast te stellen (0)

Tabel 5.1. *Kenmerken en labels van de complexiteitsscore voor kruispunten. In grijs de kenmerken die niet gebuikt zijn in deze studie (ontwikkeld op basis van Dijkstra et al. 2015).*

5.1.2.2. PIARC overgangsscore

De PIARC-overgangsscore is gebaseerd op een review van goede voorbeelden hoe menselijke factoren worden meegenomen in wegontwerp van de landen Australië, Canada, China, Tsjechië, Frankrijk, Hongarije, Japan, Nederland en Portugal. De score betreft de aan- of afwezigheid van elementen die een weggebruiker een indicatie geven dat hij een kruispunt nadert. Naarmate een score hoger is, zijn er meer signalen die de weggebruiker erop attenderen dat hij een kruispunt nadert. Zo geeft de aanwezigheid van bewegwijzering bijvoorbeeld aan dat er verderop een kruispunt ligt waar de weggebruiker naar dient te handelen.

De drie onderdelen van de PIARC-overgangsscore voor de overgangszone zijn:
1. benodigde tijd om te reageren;
2. aangepaste snelheid en volgen van de rijloper (‘lane tracking’);
3. wegontwerp dat de manoeuvres van de weggebruiker stuurt.

Deze onderdelen zijn te operationaliseren in wegkenmerken. Een overgangszone wordt beoordeeld op de aanwezigheid en/of de aard van de kenmerken (zie *Tabel 5.2*). Sommige kenmerken zijn van belang voor meer dan één van de hierboven genoemde onderdelen. Voor deze studie zijn alleen die kruispunttakken gescoord waar de betrokken verkeersdeelnemers voorafgaand aan het ongeval hebben gereden.

De scores van alle 15 kenmerken worden per kruispunttak opgeteld. Dat levert de totale score voor de overgangszone op. De PIARC-score kent een maximumscore van 17 (100%) en een minimum van 0 (0%). Een hogere score betekent dat er meer kenmerken aanwezig zijn die een indicatie vormen dat een kruispunt nadert. In het vervolg van het onderzoek wordt de PIARC-score opgedeeld in drie categorieën: laag (0% tot 33,3%), middel (33,3% tot 66,7%) en hoog (66,7% tot en met 100%).

Groep van kenmerken	Kenmerk	Labels
Tijd om te reageren	Verlichting	Links of rechts (0,5); beide zijden (1); midden (1); alleen meegenomen indien ongeval 's nachts gebeurde.
	VRI	Wel aanwezig (1); niet aanwezig (0)
	Snelheidsremmers (b.v. drempels)	Wel aanwezig (1); niet aanwezig (0)
	Bewegwijzering	Wel aanwezig (1); niet aanwezig (0)
	Voorrangsregeling	Wel aanwezig (1); niet aanwezig (0)
	Doorzicht (mate waarin het wegverloop te zien is)	Goed (2); matig (1); slecht (0)
Aanpassen snelheid en volgen van de rijloper	Onderscheid verharding	Wel aanwezig (1); niet aanwezig (0)
	Verlichting	Links of rechts (0,5), beide zijden (1), midden (1)
	Richtingaanwijzingen op de rijloper	Wel aanwezig (1); niet aanwezig (0)
Sturen van manoeuvres	Rijrichtingscheiding	Wel aanwezig (1); niet aanwezig (0)
	Lengtemarkering/trottoirbanden	Wel aanwezig (1); niet aanwezig (0)
	Zebra	Wel aanwezig (1); niet aanwezig (0)
	Fietsvoorzieningen	Wel aanwezig (1); niet aanwezig (0)
	Oprijzicht	Goed (2); matig (1); slecht (0)
	Voorzieningen bus/tram	Wel aanwezig (1); niet aanwezig (0)

Tabel 5.2. *Overzicht van een tabel om de aanwezigheid en/of aard van kenmerken in de overgangszone te registreren.*

5.1.2.3. VSGS-score

Het instrument voor veilige snelheid en geloofwaardige snelheidslimieten is gebaseerd op onderzoek naar factoren die van belang zijn voor veiligheid en invloed hebben op snelheidsgedrag (zie bijvoorbeeld Aarts & Van Nes, 2007; Aarts et al., 2011b).

Met het VSGS-instrument kan het volgende worden vastgesteld:
- wat een veilige snelheid is gegeven de inrichting van de weg;
- in hoeverre de huidige snelheid of snelheidslimiet afwijkt van de veilige snelheid;
- in hoeverre de huidige snelheidslimiet geloofwaardig is.

VSGS is gebaseerd op de gedachte dat er onveiligheid ontstaat als snelheidslimiet, weginrichting en typen verkeersdeelnemers op de weg niet goed op elkaar zijn afgestemd. Uitgangspunten hierbij zijn de veilige snelheden zoals onder meer beschreven in Wegman & Aarts (2005; *Tabel 5.3*) en verder uitgewerkt door Aarts en Van Nes (2007). Dit onderdeel van de methode hanteert een 'zwakste schakel'-criterium. Dat wil zeggen dat de snelheid die als veilig wordt beschouwd, wordt bepaald door de minst veilige kenmerken van een weg.

Situatie	Veilige snelheid
Waar snelverkeer mengt met fietsers/voetgangers	30 km/uur
Waar personenauto's elkaar kruisen	50 km/uur
Waar een kans is op frontale aanrijdingen	70 km/uur
Waar geen frontale en zijdelingse aanrijdingen mogelijk zijn	>100 km/uur

Tabel 5.3. *Veilige snelheden zoals beschreven door Wegman & Aarts (2005).*

Variabele veiligheid	Labels
Mogelijke conflicten tussen auto's en onbeschermde verkeersdeelnemers (30)	(Brom)fietsvoorzieningen aanwezig (veilige snelheid hoger dan 30)/afwezig (veilige snelheid is 30)
Kruisingen met mogelijke dwarsconflicten tussen auto's (50)	Soort kruising (gelijkvloers (veilige snelheid is 50) /ongelijkvloers (veilige snelheid hoger dan 50) /rotonde (veilige snelheid wordt min of meer vanzelf door wegontwerp afgedwongen)
Wegen met mogelijke frontale conflicten tussen auto's (70)	Rijrichtingscheiding aanwezig (veilige snelheid is hoger dan 70) /afwezig (veilige snelheid is 70)

Tabel 5.4. *Veiligheidskenmerken van een 50km/uur-weg volgens VSGS.*

Afbeelding 5.2 *Voorbeelden van wegen met veel versnellers.*

Afbeelding 5.3 *Voorbeelden van wegen met veel vertragers.*

Daarnaast checkt de methode de geloofwaardigheid van de snelheidslimiet. Ook dit is een belangrijke kenmerk dat kan bijdragen aan de verkeersveiligheid. De gedachte hierachter is dat weggebruikers zich op een

weg met een geloofwaardige snelheidslimiet gemakkelijker aan de snelheidslimiet zullen houden. Dit deel van de methode is gebaseerd op een optelling van ‘versnellers’ (zie *Afbeelding 5.2*) en ‘vertragers’ (zie *Afbeelding 5.3*) in het wegontwerp die gerelateerd zijn aan de snelheidslimiet.

Variabele geloofwaardigheid	Labels
Openheid wegbeeld	Open (+); half (0); dicht (-)
Rechtstand	Lang (+); matig (0); kort (-)
Aantal rijstroken	Twee (+); één (0)
Rijstrookbreedte	Breed (+); neutraal (0); smal (-)
Wegbreedte	Breed (+); neutraal (0); smal (-)
Aantal erfaansluitingen	Laag (0); middel (-); hoog (-)
Snelheidsremmer	Geen (+); drempel (-); middengeleider (-); verspringing (-); anders (-)
Parkeervoorzieningen	Geen (0); toegestaan (-); vakken op de weg (-); vakken naast de weg (-); verboden (0)
Rijrichtingscheiding	Geen (-); niet overrijdbaar (+); moeilijk overrijdbaar (+); enkele doorgetrokken lijn (0); dubbele doorgetrokken lijn (0); dubbele onderbroken lijn (0); dubbele gevulde asstreep (0); bus/trambaan overrijdbaar (0); bus/trambaan niet overrijdbaar (+); anders (0)
Kantmarkering	Niet gebruikt vanwege weinig tot geen onderscheidingsvermogen
(Brom)fietsvoorzieningen	Geen (-); fietsstrook (-); verplicht fietspad (0); verplicht fiets-bromfietspad (+); onbekend (brom)fietspad (-); aanliggend fietssuggestiestrook (-); aanliggend fietspad (-)

Tabel 5.5. *Geloofwaardigheidskenmerken in het VSGS-instrument die zijn meegenomen in deze studie.*

Per (relevante) tak wordt voor elk kenmerk van de infrastructuur, uiterlijk van de omgeving en de regelgeving op de weg nagegaan of deze een versnellende, neutrale of vertragende uitwerking heeft op de automobilist. Het aantal versnellers en vertragers wordt vervolgens bij elkaar opgeteld, waarna er een totale score per tak uitkomt. Een positieve score (meer versnellers dan vertragers) wil zeggen dat de infrastructuur en omgeving de automobilist kunnen aanzetten tot versnellen. Een negatieve score (meer vertragers dan versnellers) wil zeggen dat de infrastructuur en omgeving de bestuurder kunnen aanzetten tot vertragen. Een open wegbeeld kan bijvoorbeeld een versnellende werking hebben en een dicht wegbeeld kan vertragend werken ten opzichte van de geldende snelheidslimiet.

Tabel 5.5 geeft een overzicht van de geloofwaardigheidskenmerken die in onze studie zijn gecodeerd. De score per kenmerk kan een versnellende (+), neutrale (0) of vertragende (-) werking hebben op de snelheid, en is relatief gescoord ten opzichte van wat als versnellend en vertragend kan worden beschouwd voor de geldende snelheidslimiet. Het aantal versnellers minus het aantal vertragers levert vervolgens de totale score, waarbij een positieve score leidt tot een versnellende werken en een negatieve score leidt tot een vertragende werking.

De VSGS-score kan variëren tussen ‘-8’ en ‘+7’. Scores met een waarde rond de ‘0’ kunnen voor elk kenmerk een neutrale score hebben of een gelijk aantal negatieve en positieve scores hebben.

De VSGS-methode is alleen gescoord op die aanvoerende takken (wegvak) waarop het (auto)verkeer reed dat bij het ongeval betrokken was.

5.1.3. *Scoren van risicogedragingen*

Van ieder ongeval dat is beschreven in de geselecteerde registratiesets, is nagegaan of bepaald risicogedrag of ontbreken van vereiste of mogelijke beschermingsmaatregelen ‘zeker’, ‘mogelijk’, ‘waarschijnlijk niet’ of ‘zeker niet’ heeft bijgedragen aan het ontstaan of dodelijk letsel in het ongeval. Daartoe is voorafgaand aan de scoring een lijst van risicogedragingen opgesteld, gebaseerd op de risicogedragingen die in *Deel I* zijn besproken.

De gedragingen die gescoord zijn betreffen:
- onaangepaste snelheid;
- roodlichtnegatie;
- rijden onder invloed van alcohol of drugs;
- gebruik van beveiligingsmiddelen door tweewielers (helmdracht);
- gordeldracht;
- voorrangverlening;
- zichtbaarheid en lichtvoering;
- afleiding;
- vermoeidheid;
- overige factoren die de beoordelaars opvielen.

Daarnaast is gescoord wat de vermoedelijke psychologische aard was van de risicofactor als die aanwezig was: een onbedoelde fout of een bewuste overtreding. Details ten aanzien van scoring van gedragsfactoren zijn te vinden in *Bijlage III*.

De scoring is individueel uitgevoerd door drie beoordelaars. Van te voren waren scoringsafspraken gemaakt over welke gedragingen op basis van welke aanwijzingen te scoren (zie *Bijlage III*). Tussendoor zaten de beoordelaars geregeld samen om een aantal ongevallen (11% van het totaal) gezamenlijk door te nemen en te checken of iedereen zich scherp aan de afspraken hield. Daarbij kwamen in een aantal gevallen ook meerdere mogelijkheden voor interpretatie van het voorval en of de beschrijving aan het licht, die soms resulteerden in verschillende scores tussen de beoordelaars. Als deze verschillen op logische gronden verdedigbaar waren, dan werden de scores niet hersteld. Vonden de beoordelaars niet goed te onderbouwen afwijkingen, dan werden deze hersteld conform de eerder gemaakte afspraken over de wijze van scoring.

5.1.4. *Scoring van overige kenmerken*

Naast naar infra- en gedragskenmerken keken de beoordelaars ook naar andere kenmerken van de betrokken verkeersdeelnemers, zoals vervoerswijze en leeftijd. Ook werd duidelijk gescoord wie van de betrokkenen overleden was. In een beschrijving werd daarnaast duidelijk gemaakt wie wat gedaan had waardoor het ongeval had plaatsgevonden en/of het letsel was ontstaan.

5.2. Gedragsmetingen op straat

5.2.1. *Locatiekeuze*

Voor een van de ongevalsoorzaken, namelijk roodlichtnegatie, zijn we nagegaan of dit vaker voorkwam bij ongevallen dan in het dagelijkse verkeer. Om in beeld te krijgen hoe vaak roodlichtnegatie voorkomt in het dagelijkse verkeer, zijn gedragsmetingen op straat uitgevoerd. De metingen vonden plaats op twaalf kruispunten, op zes daarvan had in 2012 daadwerkelijk een dodelijk verkeersongeval plaatsgevonden[11]. Het merendeel van deze kruispunten bleek in de Randstad te liggen (Amsterdam, Rotterdam, Den Haag, Utrecht). Om de metingen efficiënt te kunnen uitvoeren zijn de overige zes kruispunten gekozen op basis van overeenkomende inrichtingskenmerken van de ongevalslocaties zoals we die hebben aangetroffen. De kenmerken die daarbij zijn meegenomen zijn de volgende:

- voorzieningen (brom)fietsers;
- voorzieningen voetgangers;
- voorzieningen ov;
- aantal takken.
- bebouwingsdichtheid omgeving.
- rijrichtingscheiding.
- opstelvakken.
- kruispuntdichtheid.
- eenrichtingsverkeer.

5.2.2. *Meettijden*

De metingen vonden plaats op vier verschillende werkdagen waarbij elke dag op drie kruispunten gemeten werd. De metingen vonden plaats op verschillende tijdstippen. Op twee dagen werd er gemeten in de ochtendspits en de vroege middag. Op de andere twee dagen werd er gemeten in de late middag en de avondspits. Idealiter dient er ook ’s nachts gemeten te worden, maar hier werd van afgezien vanwege de lage intensiteiten per meetperiode (zie de volgende paragraaf).

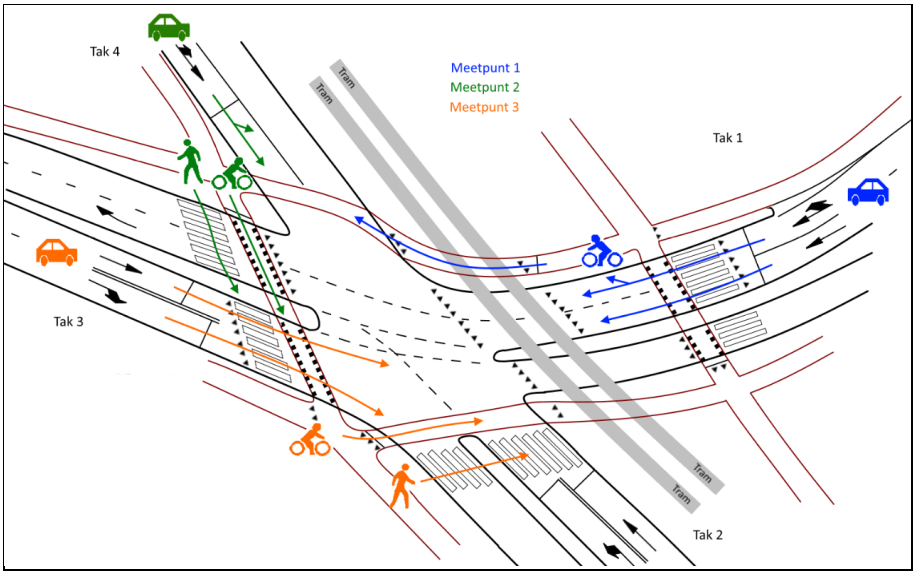
Tijdstip	Aandeel ongevallen	Aandeel in de metingen
00:00-02:59	2,2%	
03:00-05:59	6,7%	
06:00-08:59	12,4%	12,5%
09:00-11:59	19,1%	18,8%
12:00-14:59	16,9%	40,6%
15:00-17:59	27,0%	28,1%
18:00-20:59	10,1%	
21:00-23:59	5,6%	

Tabel 5.6. *Verdeling van het aandeel dodelijke ongevallen op 50km/uur-kruispunten in 2012 over tijdsperiode van de dag en corresponderende periodes waarop metingen op straat zijn gehouden.*

[11] In 2012 vonden 20 dodelijke ongevallen plaats op een 50km/uur-kruispunt uitgerust met een VRI.

5.2.3. *Aanpak van de metingen*

Per kruispunt werden minimaal twee en maximaal drie metingen verricht, afhankelijk van de inrichting van het kruispunt. In de meeste gevallen richtte een enkele meting zich op het verkeer afkomstig van één tak, zoals te zien is in *Afbeelding 5.4*. Bij elke meting werden de verschillende verkeersdeelnemers en richtingen verdeeld over de waarnemers. Het aantal waarnemers hing af van het aantal verkeerslichten per meting. In het geval van meetpunt 1 (blauw) gaat het om één verkeerslicht voor automobilisten en één verkeerslicht voor fietsers. In het geval van meetpunt 3 (oranje) gaat het om twee verkeerslichten voor automobilisten, één verkeerslicht voor fietsers en één verkeerslicht voor voetgangers. De verkeerslichten werden verdeeld over de waarnemers waarbij één waarnemer maximaal twee verkeerslichten kreeg toebedeeld, bijvoorbeeld fietsers en voetgangers of auto's rechtdoor en auto's rechtsaf.



Afbeelding 5.4. *Opzet praktijkmeting per meetpunt.*

Eén meting duurde een half uur waarin per vijf minuten het aantal verkeersdeelnemers, per vervoerswijze en richting, werd genoteerd dat door groen, oranje en rood reed, fietste of liep. Tijdens de meting werd er onderscheid gemaakt tussen auto's, fietsers en voetgangers. Vrachtwagens en bussen werden geteld als een gewone auto. Bromfietsers werden geteld als auto of fietser, afhankelijk van hun positie op de weg. Op de autorijstrook werd de scooter geteld als auto, op het fietspad werd de scooter geteld als fietser. Bij grotere aantallen vrachtwagens, bussen of scooters werden deze apart vermeld op de formulieren. Opvallende gebeurtenissen, zoals bijna-ongevallen of overige overtredingen, werden apart vermeld op de telformulieren.

5.3. **Analyses**

5.3.1. *Analyses van de risicogedragingen*

De geconstateerde risicogedragingen die zijn gescoord, zijn vervolgens ook in combinatie met elkaar beschreven als aandeel van het totaal aantal

ongevallen dat gescoord is. Daarbij zijn de scores van de verschillende beoordelaars als bandbreedte aangehouden voor de mate waarin de betreffende factoren zeker of waarschijnlijk betrokken waren in de dodelijke ongevallen.

Het scoren van risicogedragingen en de zekerheid van de aanwezigheid van deze factoren bevatten een bepaalde mate van subjectiviteit, zeker als de informatie in de registratiesets over de betreffende factor niet of nauwelijks aanwijzingen bevat. Daarom is – naast het gebruik van de verschillen tussen beoordelaars als spreidingsmaat – ook gekeken hoe betrouwbaar hun scores onderling zijn geweest. Hiervoor is gebruikgemaakt van de 'Cronbach's alpha' (een correlatiequotiënt) en een ICC-analyse ('interclass correlation coefficient' (McGraw & Wong, 1996). Bij deze analyses wordt een waarde boven de 0,7 over het algemeen als voldoende betrouwbaar gezien; daaronder is er sprake van te veel willekeur tussen de beoordelaars.

5.3.2. *Analyses van de infrastructurele kenmerken*

De infrastructurele kenmerken zijn om pragmatische redenen alleen gescoord voor 50km/uur-kruispunten die waren uitgerust met VRI's (verkeersregelinstallaties) en waar dus in 2012 een door de politie geregistreerd dodelijk ongeval heeft plaatsgevonden. Dit is gedaan voor 17 van de in totaal 20 locaties. De infrastructurele kenmerken zijn door één beoordelaar gescoord.

Voor de analyse van de infrastructurele kenmerken zijn drie instrumenten gebruikt, de complexiteitsscore, PIARC-methode en de VSGS. Elk instrument heeft zijn eigen kenmerken en labels (zie *Paragraaf 5.1.2*). De detailscores laten zien welke infrastructurele kenmerken aanwezig zijn op de kruispunten waarbij dodelijke ongevallen hebben plaats gevonden.

Daarnaast zijn de scores van de drie instrumenten gekoppeld om te kijken of deze elkaar versterken of afzwakken. Men zou verwachten dat kruispunten met een hoge complexiteit ook een hoge PIARC-score hebben, zodat bestuurders een goed beeld krijgen van het naderende kruispunt en de mogelijke voorsorteeropties en rijrichtingen. Het zelfde geldt voor de combinatie van complexiteit en geloofwaardige snelheid. Hier zou men verwachten dat de infrastructurele kenmerken de snelheid van aankomend verkeer verder proberen te verlagen naar mate de complexiteit van een kruispunt toeneemt.

5.3.3. *Exploratieve analyse van de interactie tussen infrastructurele kenmerken en risicogedragingen*

Voor een aantal gedragingen die volgens de beoordelaars hebben bijgedragen aan het ontstaan van de dodelijke ongevallen in 2012, is nagegaan of er een relatie vastgesteld kon worden met de kenmerken van de infrastructuur die tenminste een theoretisch plausibele relatie met elkaar kunnen hebben. Het gaat om:

– Onaangepaste snelheid met complexiteit, overgangssignalen en geloofwaardigheid van de infrastructuur, met als verwachting dat onaangepaste snelheid als ongevalsoorzaak vaker te vinden zou zijn in situaties die minder complex zijn, minder overgangssignalen bevatten en meer versnellers in het wegontwerp hebben.

– Roodlichtnegatie met de drie infrastructurele kwaliteitsscores, waarbij de verwachting is dat roodlichtnegatie vaker voorkomt in situaties die meer complex zijn, minder overgangssignalen bevatten en meer versnellers in het wegontwerp hebben.
– Rijden onder invloed met de drie infrastructurele kwaliteitsscores, vooral vanuit de gedachte dat het in beschonken toestand in complexere situaties lastiger is om de weg goed te lezen, er daardoor sneller ongevallen gebeuren en de letselernst hoger kan zijn.

Met een zogenoemde χ^{2-} toets is gecheckt of er significante verschillen waren tussen de infrastructurele scores en de (zekere of vermoedelijke) aan- of afwezigheid van risicogedragingen.

5.3.4. *Kwantificering van het risico van roodlichtnegatie*

Voor een van de risicogedragingen hebben we het risico gekwantificeerd. Hierbij is voor een casus-controle-aanpak gekozen waarbij roodlichtnegatie als (mogelijke of waarschijnlijke) ongevalsfactor bij dodelijke ongevallen, wordt afgezet tegen roodlichtnegatie in het vergelijkbare situaties in het dagelijkse verkeer (zelfde type kruispunten, vergelijkbare tijden, vergelijkbaarheid in vervoerswijzen).

Op basis hiervan is het relatieve risico berekend (aandeel van het totaal) van roodlichtnegatie.

	Aantal met risicofactor	**Aantal zonder risicofactor**	**Totaal**
Dodelijke ongevallen op 50km/uur-kruispunten	a	b	**a+b**
Gedragsmetingen op 50km/uur-kruispunten	c	d	**c+d**
Totaal	**a+c**	**b+d**	

Het relatieve risico berekenen we als volgt: a*(c+d)/c*(a+b).

6. Gevonden factoren in dodelijke ongevallen

In het vorige hoofdstuk maakten we een analyse van de registratiesets van dodelijke ongevallen in 2012 op 50km/uur-kruispunten die in beheer zijn bij gemeenten. In dit hoofdstuk bespreken we welke risicofactoren we volgens de vooraf opgestelde lijst hebben kunnen terugvinden en hoe vaak en hoe zeker. We vergelijken dit ook met de factoren die zijn vastgelegd in BRON (de registratie van alle ongevallen die door de politie zijn vastgelegd in processen-verbaal en registratiesets), om zo ook een beeld te krijgen van de mater waarin de gevonden feiten uit de verschillende methoden samenhangen per factor.

Hieronder vatten we voor de verschillende gedragingen samen wat de bevindingen zijn geweest van de drie beoordelaars. Vervolgens gaan we ook in op de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid om te bezien hoe stabiel de bevindingen zijn.

Het hoofdstuk beschrijft daarna de bevindingen ten aanzien van de infrastructurele scores die zijn beoordeeld voor de met VRI's (verkeersregelinstallaties) uitgeruste kruispunten waarop in 2012 een dodelijk ongeval plaatsvond. Als laatste bekijken we welke van de verwachte relaties tussen infrastructurele kenmerken en risicogedragingen we konden vaststellen in de kleine set van locaties waarvan we zowel infrastructurele scores als gedragsscores beschikbaar hadden.

6.1. Aangetroffen risicogedragingen

Onaangepaste snelheid

		Was de snelheid te hoog of te laag voor de situatie?					Total
		Zeker	mogelijk wel	waarschijn-lijk niet	zeker niet	niet van toepassing	
Beoordelaar 1	Aantal	19	38	22	2	0	81
	Aandeel	23,5%	46,9%	27,2%	2,5%	0,0%	
Beoordelaar 2	Aantal	9	40	32	1	2	84
	Aandeel	10,7%	47,6%	38,1%	1,2%	2,4%	
Beoordelaar 3	Aantal	5	16	24	0	0	45
	Aandeel	11,1%	35,6%	53,3%	0,0%	0,0%	
Gemiddelde	**Aantal**	**11**	**31**	**26**	**1**	**1**	
	Aandeel	**15,1%**	**43,4%**	**39,5%**	**1,2%**	**0,8%**	

Tabel 6.1. *Beoordeling van de aanwezigheid van onaangepaste snelheid in de dodelijke ongevallen in 2012 op 50km/uur-kruispunten in beheer van een gemeente.*

Bij de bestudeerde dodelijke ongevallen hebben de beoordelaars in circa 58% (bandbreedte: 47% - 70%) van de gevallen zeker of mogelijk een snelheidsprobleem als een van de aanleidingen van het ongeval geconstateerd. Ter vergelijking: in BRON is in 2012 op deze locaties slechts in 3 (3%) van de gevallen onaangepaste snelheid als probleem geconstateerd.

Roodlichtnegatie

		Was er sprake van roodlichtnegatie bij een van de partijen?					Total
		Zeker	mogelijk wel	waarschijn-lijk niet	zeker niet	niet van toepassing	
Beoordelaar 1	Aantal	9	8	2	4	65	88
	Aandeel	10,2%	9,1%	2,3%	4,5%	73,9%	
Beoordelaar 2	Aantal	9	4	4	3	64	84
	Aandeel	10,7%	4,8%	4,8%	3,6%	76,2%	
Beoordelaar 3	Aantal	5	1	2	2	38	48
	Aandeel	10,4%	2,1%	4,2%	4,2%	79,2%	
Gemiddelde	**Aantal**	**8**	**4**	**3**	**3**	**56**	
	Aandeel	**10,5%**	**5,3%**	**3,7%**	**4,1%**	**76,4%**	

Tabel 6.2. *Beoordeling van de aanwezigheid van roodlichtnegatie in de dodelijke ongevallen in 2012 op 50km/uur-kruispunten in beheer van een gemeente.*

De beoordelaars vinden gemiddeld in circa 16% (bandbreedte 13% - 19%) van de onderzochte dodelijke ongevallen dat roodlichtnegatie zeker of mogelijk een rol speelt bij het ontstaan van het ongeval. In BRON is dat 13%. In gemiddeld een kwart van de ongevallen werd het kruispunt geregeld door een VRI en kon er dus sprake zijn van roodlichtnegatie, in de andere gevallen was dit niet van toepassing. Nemen we van de geanalyseerde kruispunten alleen die kruispunten die geregeld waren met een VRI, dan blijkt dat maar in twee gevallen waarschijnlijk geen sprake was van een bijdrage van roodlichtnegatie aan het ongeval.

Rijden onder invloed van psychoactieve stoffen

		Was een van betrokkenen onder invloed van alcohol of drugs?					Total
		Zeker	mogelijk wel	waarschijn-lijk niet	zeker niet	niet van toepassing	
Beoordelaar 1	Aantal	1	19	51	12	0	83
	Aandeel	1,2%	22,9%	61,4%	14,5%	0,0%	
Beoordelaar 2	Aantal	0	12	62	9	3	86
	Aandeel	0,0%	14,0%	72,1%	10,5%	3,5%	
Beoordelaar 3	Aantal	1	4	35	5	0	45
	Aandeel	2,2%	8,9%	77,8%	11,1%	0,0%	
Gemiddelde	**Aantal**	**1**	**12**	**49**	**9**	**1**	
	Aandeel	**1,1%**	**15,2%**	**70,4%**	**12,0%**	**1,2%**	

Tabel 6.3. *Beoordeling van de invloed van psychoactieve stoffen (alcohol of drugs) aan de dodelijke ongevallen in 2012 op 50km/uur-kruispunten in beheer van een gemeente.*

In 16% (bandbreedte: 11% - 24%) van de onderzochte dodelijke ongevallen hadden de beoordelaars een vermoeden of wisten in een enkel geval zeker dat een van de betrokkenen onder invloed van alcohol en/of drugs was geweest. In BRON is slechts 4% van de ongevallen(4 ongevallen) aangemerkt als alcoholongeval. Drie daarvan betroffen geen ‘Artikel 8-overtreding’ omdat het niet om een automobilist ging.

Helmdracht door tweewielers

		In hoeverre speelde het niet dragen van een helm een rol bij het ontstaan van (dodelijk) letsel?					Total
		Zeker	mogelijk wel	waarschijn-lijk niet	zeker niet	niet van toepassing	
Beoordelaar 1	Aantal	31	18	4	3	32	88
	Aandeel	35,2%	20,5%	4,5%	3,4%	36,4%	
Beoordelaar 2	Aantal	42	2	4	4	32	84
	Aandeel	50,0%	2,4%	4,8%	4,8%	38,1%	
Beoordelaar 3	Aantal	19	8	3	2	16	48
	Aandeel	39,6%	16,7%	6,3%	4,2%	33,3%	
Gemiddelde	**Aantal**	**31**	**9**	**4**	**3**	**27**	
	Aandeel	**41,6%**	**13,2%**	**5,2%**	**4,1%**	**35,9%**	

Tabel 6.4. *Beoordeling van de invloed van helmdracht door tweewielers aan de dodelijke ongevallen in 2012 op 50km/uur-kruispunten in beheer van een gemeente.*

In 55% (bandbreedte: 52% - 56%) van de onderzochte dodelijke ongevallen was er zeker of mogelijk sprake van geen of onvoldoende veilig dragen van een helm door een of meer betrokken en tevens gewond geraakte tweewielers. Dit is gescoord voor alle tweewielers, zowel bromfietsen (voor wie helmdracht verplicht is), snorfietsen en fietsen (voor wie helmdracht niet verplicht is). Uitgangspunt hierbij is het fysieke effect van onbeschermde deelname aan het verkeer waardoor (dodelijk) letsel kan ontstaan. In ongeveer een derde van de dodelijke ongevallen op kruispunten was geen tweewieler betrokken en was de bijdrage van helmdracht niet van toepassing. De scoringen van helmdracht zijn niet te vergelijken met de registratie in BRON omdat daar geen melding wordt gemaakt van helmdracht.

Gordeldracht door inzittende van gemotoriseerde voertuigen

		In hoeverre speelde het niet dragen van een gordel een rol bij het ontstaan van (dodelijk) letsel?					Total
		Zeker	mogelijk wel	waarschijn-lijk niet	zeker niet	niet van toepassing	
Beoordelaar 1	Aantal	0	3	6	1	78	88
	Aandeel	0,0%	3,4%	6,8%	1,1%	88,6%	
Beoordelaar 2	Aantal	1	5	8	1	67	82
	Aandeel	1,2%	6,1%	9,8%	1,2%	81,7%	
Beoordelaar 3	Aantal	2	1	3	1	42	49
	Aandeel	4,1%	2,0%	6,1%	2,0%	85,7%	
Gemiddelde	**Aantal**	**1**	**3**	**6**	**1**	**62**	
	Aandeel	**1,8%**	**3,8%**	**7,6%**	**1,5%**	**85,4%**	

Tabel 6.5. *Beoordeling van de invloed van gordeldracht door inzittenden van gemotoriseerde voertuigen aan de dodelijke ongevallen in 2012 op 50km/uur-kruispunten in beheer van een gemeente.*

In 6% (bandbreedte 3% - 7%) van de onderzochte dodelijke ongevallen zagen de beoordelaars het niet dragen van de gordel als een van de zekere of mogelijke factoren bij het ontstaan van dodelijk letsel. Overigens raakte in ongeveer twee derde van de ongevallen de inzittende van een motorvoertuig niet gewond en was de invloed van gordeldracht op de afloop van het ongeval niet van toepassing. Ook de scoring van gordeldracht is niet te vergelijking met BRON omdat deze risicofactor daar niet wordt gescoord.

Voorrangverlening

		In hoeverre speelde voorrang verlening een rol bij het ontstaan van het ongeval?				Total
		Zeker	mogelijk wel	waarschijn-lijk niet	niet van toepassing	
Beoordelaar 1	Aantal	71	4	1	10	86
	Aandeel	82,6%	4,7%	1,2%	11,6%	
Beoordelaar 2	Aantal	69	2	0	11	82
	Aandeel	84,1%	2,4%	0,0%	13,4%	
Beoordelaar 3	Aantal	37	0	0	10	47
	Aandeel	78,7%	0,0%	0,0%	21,3%	
Gemiddelde	**Aantal**	**59**	**2**	**0**	**10**	
	Aandeel	**81,8%**	**2,4%**	**0,4%**	**15,4%**	

Tabel 6.6. *Beoordeling van de invloed van geen voorrang verlening op de dodelijke ongevallen in 2012 op 50km/uur-kruispunten in beheer van een gemeente.*

De beoordelaars vonden in 84% (bandbreedte 79% - 87%) van de onderzochte dodelijke ongevallen dat geen voorrang verlenen aan een andere partij een rol had gespeeld bij het ontstaan van het ongeval. In circa 15% van de gevallen waren er geen aanwijzingen dat er een andere betrokkene in het spel was geweest en is voorrangverlening als een van de oorzakelijke factoren als ‘niet van toepassing’ gescoord. In BRON zien we dat in 37% van de gevallen voorrangverlening als een van de mogelijke ongevalsoorzaken is gescoord. Daarnaast is volgens BRON in 25% van de gevallen geen doorgang verleend.

Lichtvoering en zichtbaarheid

		In hoeverre speelde lichtvoering of zichtbaarheid een rol bij het ontstaan van het ongeval?					Total
		Zeker	mogelijk wel	waarschijn-lijk niet	zeker niet	niet van toepassing	
Beoordelaar 1	Aantal	0	8	14	1	65	88
	Aandeel	0,0%	9,1%	15,9%	1,1%	73,9%	
Beoordelaar 2	Aantal	0	7	17	0	59	83
	Aandeel	0,0%	8,4%	20,5%	0,0%	71,1%	
Beoordelaar 3	Aantal	37	0	0	0	10	47
	Aandeel	78,7%	0,0%	0,0%	0,0%	21,3%	
Gemiddelde	**Aantal**	**12**	**5**	**10**	**0**	**45**	
	Aandeel	**26,2%**	**5,8%**	**12,1%**	**0,4%**	**55,4%**	

Tabel 6.7. *Beoordeling van de invloed van lichtvoering en zichtbaarheid op de dodelijke ongevallen in 2012 op 50km/uur-kruispunten n in beheer van een gemeente.*

De beoordelaars vertonen grote verschillen in de mate waarin lichtvoering en zichtbaarheid bij nacht zeker of mogelijk een rol heeft gespeeld bij het ontstaan van het ongeval. Meer dan de helft van de ongevallen op 50km/uur-kruispunten vond plaats tijdens daglicht en dus was lichtvoering en zichtbaarheid bij nacht niet van toepassing.

Afleiding

		In hoeverre speelde afleiding een rol bij het ontstaan van het ongeval?				Total
		Zeker	mogelijk wel	waarschijn-lijk niet	niet van toepassing	
Beoordelaar 1	Aantal	3	75	3	0	81
	Aandeel	3,7%	92,6%	3,7%	0,0%	
Beoordelaar 2	Aantal	0	81	1	1	83
	Aandeel	0,0%	97,6%	1,2%	1,2%	
Beoordelaar 3	Aantal	0	41	3	0	44
	Aandeel	0,0%	93,2%	6,8%	0,0%	
Gemiddelde	**Aantal**	**1**	**66**	**2**	**0**	
	Aandeel	**1,2%**	**94,5%**	**3,9%**	**0,4%**	

Tabel 6.8. *Beoordeling van de invloed van afleiding op de dodelijke ongevallen in 2012 op 50km/uur-kruispunten in beheer van een gemeente.*

De beoordelaars vonden gemiddeld in 96% (bandbreedte 93% - 98%) aanwijzingen van een zekere maar vooral mogelijke rol van afleiding bij het ontstaan van dodelijke ongevallen op50km/uur-kruispunten. In maar een zeer beperkt aantal gevallen waren er echt duidelijke aanwijzingen dat afleiding een rol had gespeeld. De vorm van de afleiding was veelal onbekend, in een enkel geval werden er wel aanwijzingen gevonden wat de bron van afleiding was geweest (bijvoorbeeld radio hard, meezingende passagiers). In enkele gevallen werd expliciet het vermoeden gemeld van afleiding door het gebruik van een mobiele telefoon, maar veelal werd hiervoor geen evidentie gevonden (en gerapporteerd). Afleiding wordt in BRON niet als toedracht gerapporteerd en deze scores zijn dan ook niet met de registratie in BRON te vergelijken.

Vermoeidheid

		In hoeverre speelde vermoeidheid een rol bij het ontstaan van het ongeval?			Total
		mogelijk wel	waarschijnlijk niet	niet van toepassing	
Beoordelaar 1	Aantal	23	58	0	81
	Aandeel	28,4%	71,6%	0,0%	
Beoordelaar 2	Aantal	36	45	0	81
	Aandeel	44,4%	55,6%	0,0%	
Beoordelaar 3	Aantal	20	23	1	44
	Aandeel	45,5%	52,3%	2,3%	
Gemiddelde	**Aantal**	**26**	**42**	**0**	
	Aandeel	**39,4%**	**59,8%**	**0,8%**	

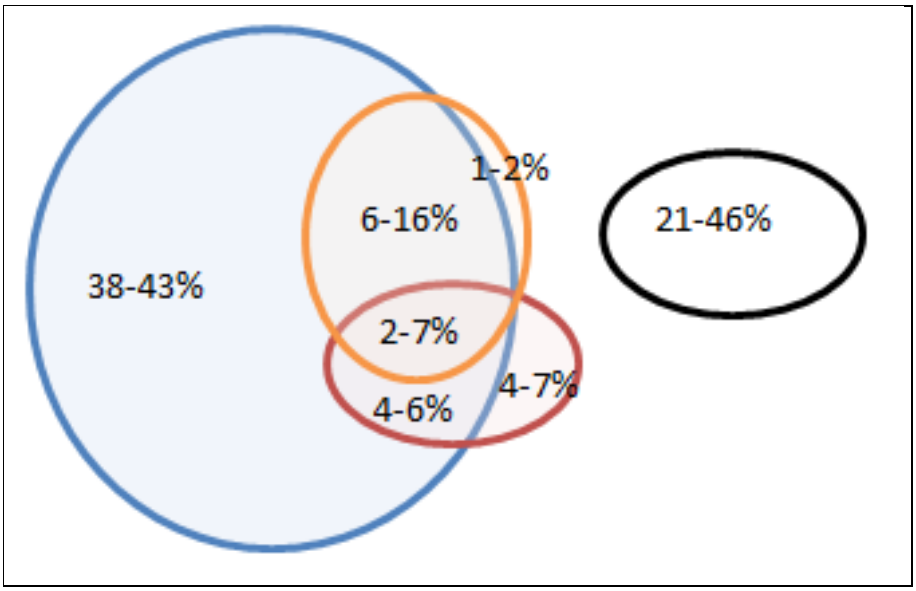
Tabel 6.9. *Beoordeling van de invloed van vermoeidheid aan de dodelijke ongevallen in 2012 op 50km/uur-kruispunten in beheer van een gemeente.*

Nog meer dan bij afleiding was in geen enkel geval met zekerheid vast te stellen of vermoeidheid een rol had gespeeld bij het ontstaan van het dodelijke ongeval op50km/uur-kruispunten. Wel was er in 39% van de gevallen (bandbreedte: 28% - 46%) sprake van een vermoeden dat vermoeidheid (mede) een rol kon hebben gespeeld bij het ontstaan van het ongeval. Ook vermoeidheid wordt niet als toedracht geregistreerd in BRON en is derhalve niet met de scores te vergelijken.

6.1.1. *Overlap tussen factoren*

In *Afbeelding 6.1* is te zien hoe een aantal oorzakelijke factoren bij de dodelijke kruispuntongevallen op 50km/uur-wegen met elkaar samenhangen. Hierbij zijn onaangepaste snelheid, rijden onder invloed en roodlichtnegatie onder de loep genomen. Onaangepaste snelheid is in 51 tot 70% van de gevallen door de beoordelaars als (een van de) zekere of mogelijke oorzaken van het ongeval aangemerkt. Voor rijden onder invloed is dat 15 tot 27% en voor roodlichtnegatie 11 tot 21% van de gevallen.

Wat in de *Afbeelding 6.1* opvalt, is dat onaangepaste snelheid het meest voorkomt van de genoemde oorzaken en ook relatief vaak in combinatie met rijden onder invloed. Rijden onder invloed komt zelden als enige oorzaak voor. Toch zijn ook nog in 21 tot 46% van de gevallen andere oorzaken gevonden en speelden volgens de beoordelaars de genoemde factoren geen rol.



Afbeelding 6.1. *Samenhang tussen oorzaken van dodelijke ongevallen op 50- km/uur-kruispunten in beheer bij gemeenten: onaangepaste snelheid (blauw), rijden onder invloed (oranje), roodlichtnegatie (rood) en overige oorzaken (zwart). De spreiding is afkomstig van de verschillen tussen de beoordelaars.*

6.1.2. *Betrouwbaarheid tussen beoordelaars*

De beoordelingen van de drie beoordelaars over alle gedragsvariabelen samen (alleen niet-besproken ongevallen)[12], blijken een betrouwbaarheid (Cronbach's alpha) te hebben van 0,90. Veelal wordt een grens van 0,70 gehanteerd als een grens voor wat als een goede interbeoordelaarsbetrouwbaarheid kan worden beschouwd. Het 95% betrouwbaarheidsinterval van hoe consistent de beoordelaars scoren, blijkt daarnaast ook boven de waarde van 0,7 te liggen (tussen 0,881 en 0,916).

Zou een van de beoordelaars worden weggelaten (intraclass correlatie coëfficiënt), dan zakt de betrouwbaarheid naar 0,746, wat overigens nog steeds boven de doorgaans gebruikte grens van 0,7 ligt. Ook het 95% betrouwbaarheidsinterval ligt hierbij boven de 0,7 (namelijk tussen 0,704 en 0,784).

We kunnen ook nog kijken naar de verschillen tussen beoordelaars in meer detail (n = 328):

	Gemiddelde score	Spreiding
Beoordelaar 1	3,06	1,522
Beoordelaar 2	3,07	1,511
Beoordelaar 3	2,89	1,529

Tabel 6.10. *Interbeoordelaarsscores.*

Beoordelaar 1 heeft de hoogste gemiddelde score, wat betekent dat deze het meeste 'niet van toepassing' of de niet-aanwezigheid van een factor heeft gescoord. Beoordelaar 2 ligt daar overigens dichtbij. Beoordelaar 3 echter heeft een veel lagere score. Deze beoordelaar heeft minder ongevallen gescoord dan de andere twee. De lagere gemiddelde score kan erop wijzen dat deze beoordelaar vaker heeft gescoord dat de betreffende factor (mogelijke) heeft bijgedragen aan het ongeval. Het kan echter ook zijn dat deze beoordelaar toevallig vooral ongevallen heeft gescoord waarin de betreffende factoren mogelijk of zeker wel van toepassing waren.

De spreiding in scores tussen de beoordelaars blijkt redelijk vergelijkbaar en ligt bij alle drie rond de 1,5 (zie *Tabel 6.10*), al heeft beoordelaar 3 een iets grotere spreiding in scores dan respectievelijk beoordelaar 2 en beoordelaar 1, die de kleinste spreiding heeft.

De interbeoordelaarsbetrouwbaarheid kan ook per factor bekeken worden (zie *Bijlage IV*) om te zien hoe stabiel de verschillende ongevalsfactoren gescoord kunnen worden. Wat opvalt, is dat met name de factoren 'lichtvoering', 'afleiding' en 'vermoeidheid' een lage tot zeer lage interbeoordelaarsbetrouwbaarheid laten zien.

[12] Onaangepaste snelheid, roodlichtnegatie, alcohol en/of drugsgebruik, helmdracht door tweewielers, gordeldracht door automobilisten, voorrang verlening, lichtvoering, afleiding en vermoeidheid.

6.1.3. *Overtredingen versus fouten*

Uit de scores van de beoordelaars blijkt dat er circa twee fouten per dodelijk ongeval op 50km/uur-kruispunten worden waargenomen als zekere of mogelijke oorzaak van het ongeval. Van overtredingen in de zin van ongeoorloofde handelingen die zeker of bewust worden begaan, vinden de beoordelaars er gemiddeld minder dan één per ongeval. Alleen beoordelaar 1 vindt gemiddeld meer dan één overtreding per ongeval, maar altijd nog minder dan het aantal fouten per ongeval.

	Gemiddeld aantal fouten	Gemiddeld aantal overtredingen
Beoordelaar 1	2,04	1,34
Beoordelaar 2	2,68	0,54
Beoordelaar 3	1,96	0,40

Tabel 6.11. *Gemiddeld aantal geconstateerde fouten en overtredingen in dodelijke 50km/uur-kruispuntongevallen in 2012 per beoordelaar.*

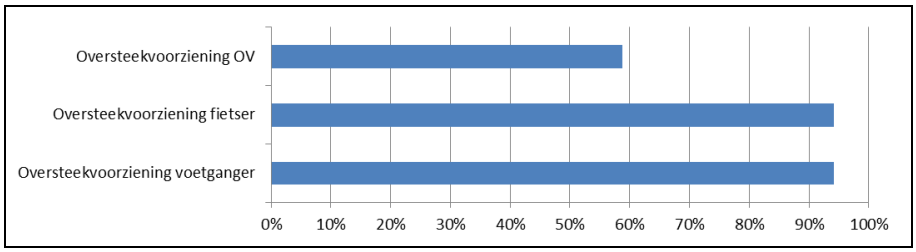
Uit detailanalyses blijkt dat onbedoelde fouten vooral worden teruggevonden bij voorrangverlening en onaangepaste snelheid, bewuste overtredingen vonden de beoordelaars vooral terug bij roodlichtnegatie.

6.2. **Systeemkenmerken van 50km/uur-kruispunten met dodelijke ongevallen**

De analyses met betrekking tot infrastructurele kenmerken zijn in eerste instantie alleen uitgevoerd voor 17 van de 20 50km/uur-kruispunten die met een VRI zijn geregeld.

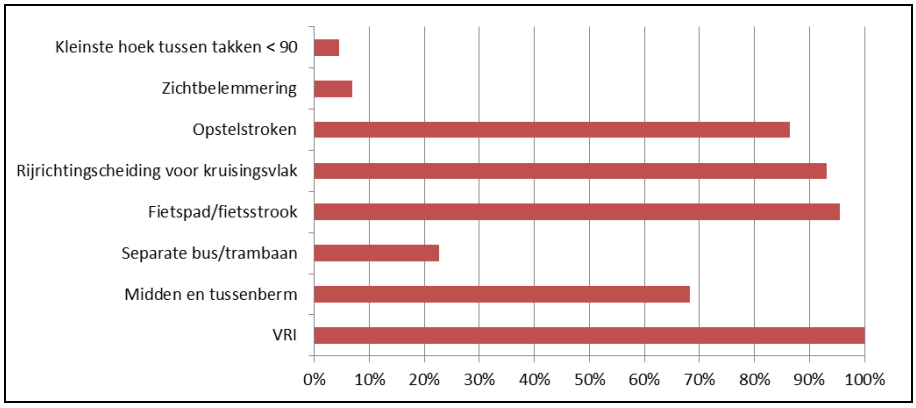
6.2.1. *Complexiteitsscore*

Uit de complexiteitsscore (zie *Paragraaf 5.1.2.1*) is af te leiden dat de meeste VRI-geregelde kruispunten waarop ongevallen hadden plaatsgevonden, gemiddeld tot zeer complex waren. Er waren enkele takken van het kruispunt die minder complex zijn. In de meeste gevallen waren dit de kleine zijtakken van de hoofdrichting waar zich minder verkeer over verplaatst. Tijdens de straatmetingen werd deze hoge mate van complexiteit bevestigd. Op bijna elk kruispunt waren opstelvakken aanwezig en grote stromen langzaam verkeer, die vaak tegelijk groen krijgen met snel verkeer. Daarnaast waren er in de meeste gevallen aparte voorzieningen voor het ov, dat bijna altijd voorrang kreeg. *Afbeelding 6.2* en *Afbeelding 6.3* laten zien in welke mate de verschillende infrastructurele kenmerken voorkomen op het kruisingsvlak en relevante takken.



Afbeelding 6.2. *Elementen op kruisingsvlak (n=17).*

Uit *Afbeelding 6.2* kan afgelezen worden dat er op één kruispunt na altijd oversteekvoorzieningen aanwezig waren voor langzaam verkeer. Voor het ov was dit niet altijd het geval.



Afbeelding 6.3. *Elementen op takken (n = 17).*

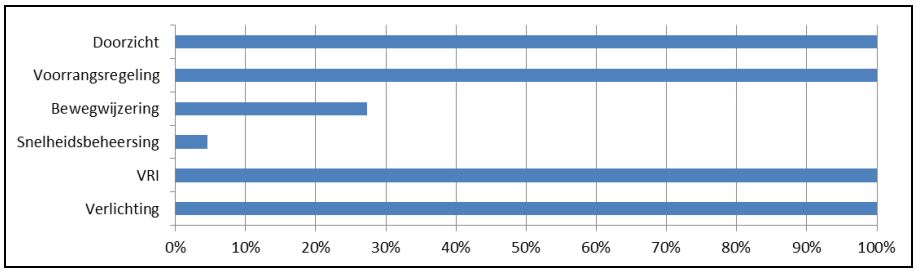
Uit *Afbeelding 6.3* is af te lezen dat sommige kenmerken bijna altijd aanwezig waren en andere bijna nooit.

6.2.2. *PIARC-score*

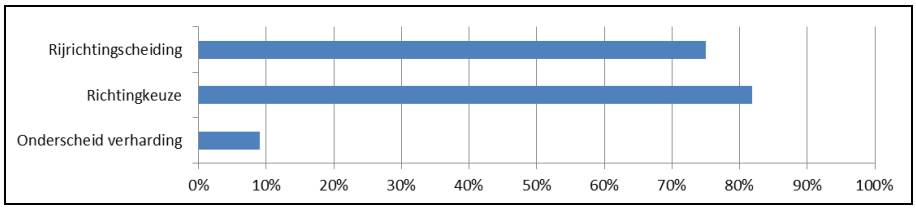
Uit de PIARC-overgangsscore (zie *Paragraaf 5.1.2.2*) is af te leiden dat op het grootste deel van de takken van VRI-kruispunten waar ongevallen hadden plaatsgevonden, diverse signalen aanwezig waren (12 of meer van de 18 kenmerken) waaruit een weggebruiker kan afleiden dat er een kruispunt nadert (score van 67% of hoger). De onderstaande figuren laten zien hoe vaak bepaalde kenmerken zijn aangetroffen op de voor het ongeval relevante takken. Hierbij is de PIARC-score opgedeeld in drie delen:

– tijd om te reageren;
– aanpassen snelheid en *lane-tracking*;
– sturen van manoeuvres.

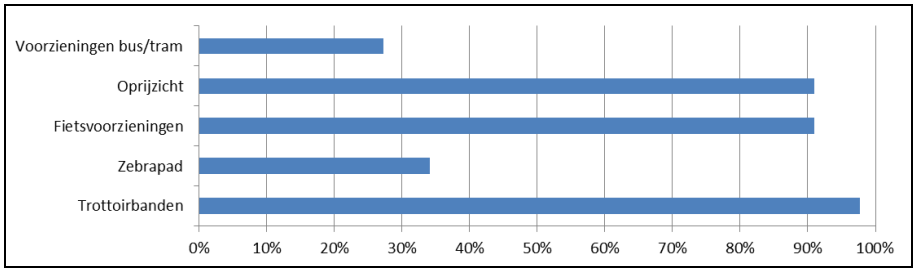
Het ging in totaal om 44 takken op 17 kruispunten. Het grootste deel van de kruispunten heeft 2 of 3 relevante takken. In het geval van 3 relevante takken komen de betrokken vanuit twee verschillende takken en botsen ze op een derde tak. Als niet precies duidelijk was op welke tak de betrokkenen hadden gereden voorafgaand aan het ongeval, dan zijn alle takken (3 of 4) gescoord.



Afbeelding 6.4. *Tijd om te reageren.*



Afbeelding 6.5. *Aanpassen snelheid en lane-tracking.*



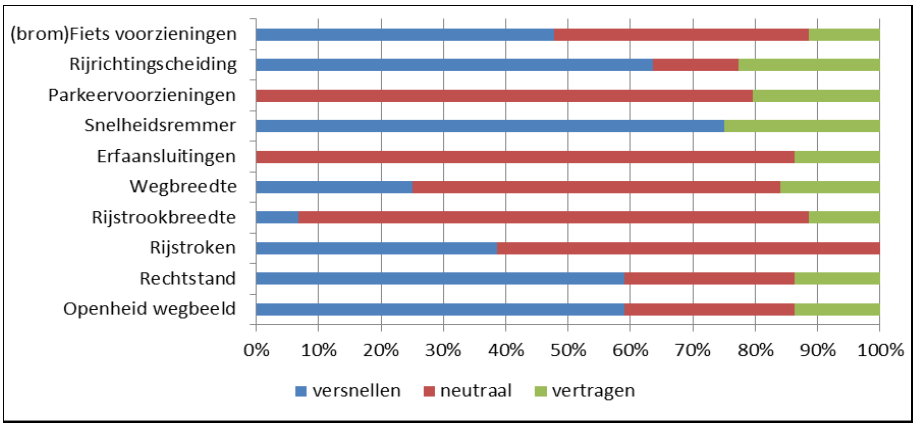
Afbeelding 6.6. *Sturen van manoeuvres.*

Wat opvalt aan de drie figuren is dat kenmerken bijna altijd of bijna nooit voorkomen. Er zijn weinig kenmerken die in de helft van de gevallen voorkomen. Een onderlinge vergelijking van kruispunten zal weinig opleveren aangezien de scores vrijwel gelijk zijn. Wat verder opvalt, is dat het grootste deel van de kenmerken alom aanwezig is op takken en kruispunten.

6.2.3. *VSGS-score*

Het derde instrument, de VSGS-methode, laat zien dat de infrastructurele kenmerken op de meerderheid van de takken optellen tot een versnellend effect (mediaan is een score van +6, zie *Afbeelding 6.7*). Het komt een aantal keren voor dat op aanvoerende wegen met meer vertragers dan versnellers een snelheidslimiet van 30 km/uur geldt. In dit geval gaat het om een kleine zijweg waarbij het logisch en wenselijk is dat deze veel vertragende kenmerken bevat vergeleken met een50km/uur-weg. Tijdens de veldmetingen werd dit beeld bevestigd. Daar observeerde de tellers dat de takken van de hoofdrichting over het algemeen veel versnellers hebben en zagen ze dat er daadwerkelijk relatief en op het oog beoordeeld hard werd gereden. De zijwegen daarentegen bevatten vaker minder versnellers dan de hoofdwegen en de observatoren zagen daar veelal wat lagere snelheden. Wegen die in dichtbebouwde delen van de stad liggen, zijn ook vaker ingericht met meer vertragers of minder versnellers. Er is dan weinig

beschikbare ruimte waardoor kenmerken kleiner gedimensioneerd zijn, denk aan rijstrookbreedte of fietsers op de weg in plaats van op een apart fietspad. In *Afbeelding 6.7* is te zien in welke mate de kenmerken een versnellende, neutrale of vertragende werking hebben op voor het ongeval relevante takken.



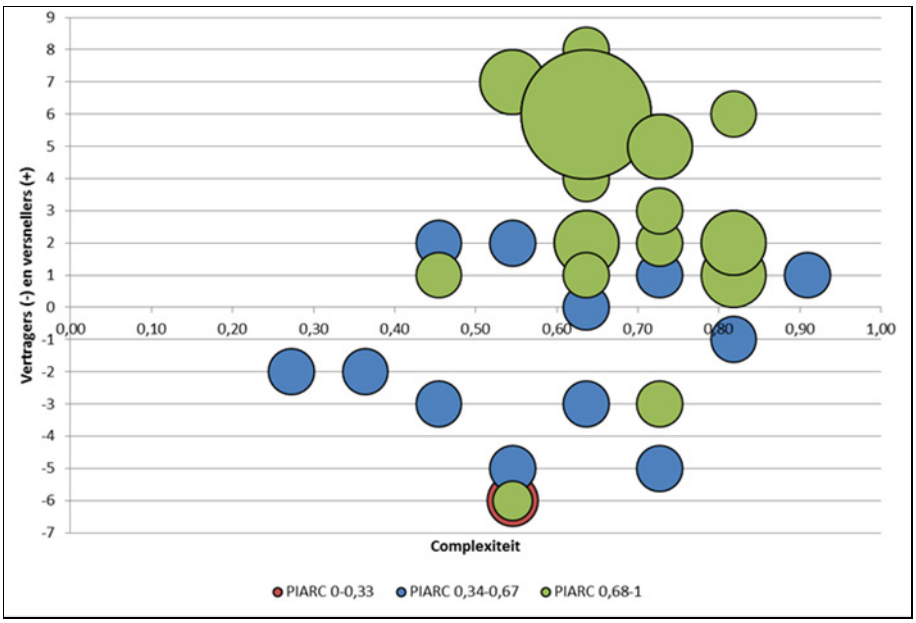
Afbeelding 6.7. *Bijdrage van de verschillende kenmerken als versnellers en vertragers aan de geloofwaardigheid van de snelheidslimiet (onderdeel van de VSGS-score).*

Zoals is te zien in *Afbeelding 6.7* hebben sommige kenmerken in alle gevallen geen versnellende werking (grotere of kleinere dichtheid in erfaansluitingen), altijd óf versnellend óf vertragend (snelheidsremmers aan of afwezig) of geen vertragende werking (bij de VRI-kruispunten werden altijd meerdere rijstroken aangetroffen). Daarnaast valt het op dat er in totaal meer versnellers dan vertragers aanwezig zijn. Het grootste deel van de versnellers wordt geleverd door vijf kenmerken: (brom)fietsvoorzieningen, rijrichtingscheiding, snelheidsremmer, rechtstand en openheid wegbeeld.

6.2.4. *Gecombineerde score*

De scores van de drie instrumenten kunnen samen worden gebruikt om een betere indruk te krijgen van de omvang en aard van het kruispunt en aanliggende takken. In totaal zijn er 44 takken van 17 kruispunten gescoord die (mogelijk) relevant zijn geweest bij de dodelijke ongevallen in 2012. Vanuit een verkeersveiligheidsperspectief zou het wenselijk zijn dat takken die aansluiten op een complex kruispunt worden afgeremd en takken die aansluiten op een minder complex kruispunt in vergelijking minder worden afgeremd. Ook zou het wenselijk zijn dat er meer informatie verstrekt wordt bij het naderen van complexere kruispunten. Idealiter zou een hoge complexiteit gepaard gaan met een hoge PIARC-score en vertragers op de takken. Bij een afname van de complexiteit zou de PIARC-score kunnen dalen en kunnen er minder vertragers aanwezig zijn of wellicht zelfs enkele versnellers. Het andere uiterste zou dan een niet complex kruispunt zijn waarbij de PIARC-score laag is en er versnellers aanwezig zijn. Kijkend naar *Afbeelding 6.8* zou in het ideale geval de gecombineerde score lopen van linksboven (versnellend en niet complex) naar rechtsonder (vertragend en complex) waarbij de PIARC-score evenredig verloopt aan de complexiteit. De resultaten zijn te zien in *Afbeelding 6.8*. Een aantal takken heeft dezelfde VSGS-, complexiteits- en PIARC-score. Takken met dezelfde scores hebben

een groter bol: de combinatie 0,64 complex en +6 VSGS en 0,68-1,00 PIARC komt acht keer voor. Alleen bij de hoge PIARC-waarden komen gelijke scores voor (dat zijn er ook meer).



Afbeelding 6.8. *Grafische weergave van de drie gebruikte methoden (complexiteitsscore, PIARC-overgangsscore en VSGS) om de veiligheidskwaliteit van de VRI-kruispunten te scoren.*

De puntenwolk in *Afbeelding 6.8* vertoont niet het voor verkeersveiligheid wenselijke beeld, want met name de kuispunten met een hogere complexiteitsscore lijken meer versnellers dan vertragers te hebben. Zij lijken ook meer overgangssignalen te hebben, wat overigens niet heel slecht hoeft te zijn voor de verkeersveiligheid. Uit *Afbeelding 6.8* kunnen de volgende gemiddelde scores bepaald worden.

	Gemiddelde	SD
Complexiteit	0,65	0,13
PIARC-overgangsscore	0,70	0,11
Geloofwaardigheid sscore (VSGS)	2,27	3,92

Tabel 6.12. *Gemiddelde en standaarddeviatie van de complexiteitscore, de PIARC-overgangsscore en de geloofwaardigheidsscore uit VSGS*

De puntenwolk van *Afbeelding 6.8* is verder uitgesplitst op basis van de PIARC-score.

	PIARC: 0 - 0,33	PIARC: 0,34 - 0,67	PIARC: 0,68 - 1	Totaal
Aantal takken	1	12	1631	2944
Gem. PIARC-overgangsscore	0,29	0,6	0,75	0,70
Gem. Complexiteitsscore	0,55	0,59	0,67	0,65
Gem. geloofwaardigheidsscore (VSGS)	-6	-1,25	+3,90	+2,27

Tabel 6.13. *Gemiddelde en standaarddeviatie van de drie gebruikte scoringsinstrumenten voor de VRI-kruispunten waarop in 2012 een dodelijk ongeval plaatsvond.*

Er is slechts één tak die een lage (0-0,33) PIARC-overgangsscore heeft, dat wil zeggen dat op deze tak relatief weinig signalen aanwezig waren waaraan het verderop gelegen kruispunt kon worden afgeleid. In dit geval bleek het om een smalle éénrichtingszijweg te gaan die aansloot op een drukke gebiedsontsluitingsweg. Er zijn 12 takken met een PIARC-overgangsscore uit de middencategorie. De gemiddelde scores van de takken in deze categorie liggen onder het totale gemiddelde van de drie totaalscores. Deze groep bestaat vooral uit kruispunten met vergelijkbare takken van drukke gebiedsontsluitingswegen. De overige 16 takken zitten in de hoge (0,68-1) PIARC-overgangsscoregroep en hebben op het eerste gezicht gemiddeld meer aanwijzingen dat er een overgang aankomt (PIARC), een hogere complexiteit en meer versnellers (VSGS) dan de andere wegvakken. Deze groep bestaat voornamelijk uit de grote gebiedsontsluitingswegen.

De met VRI's uitgeruste kruispunten waar in 2012 een dodelijk ongeval plaatsvond, blijken dus over het algemeen redelijk complex te zijn, behoorlijk wat elementen te bevatten die aangeven dat er een overgang aankomt en een versnellend wegbeeld te hebben.

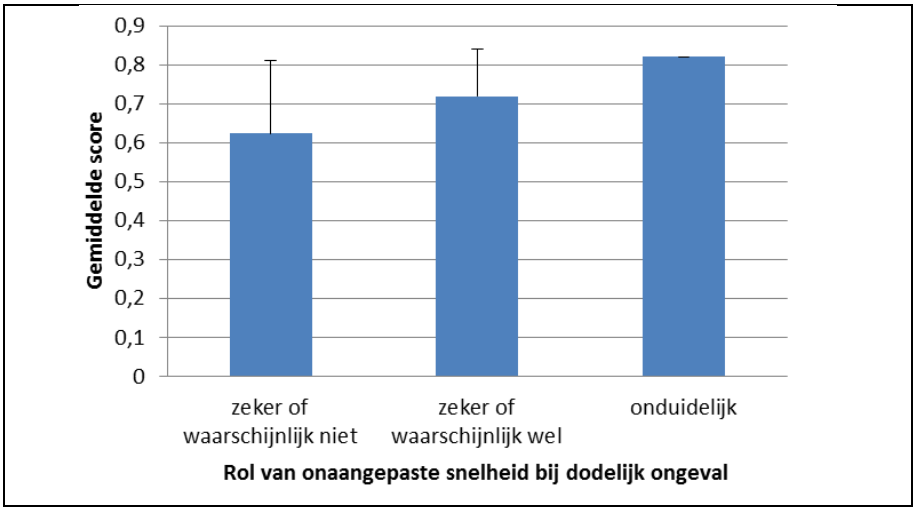
6.3. Interactie tussen gedragingen en systeemontwerp

Voor een aantal gedragingen die volgens de beoordelaars hebben bijgedragen aan het ontstaan van de onderzochte dodelijke ongevallen, is nagegaan of er een relatie was met de kenmerken van de infrastructuur. Er is alleen gekeken naar gedragingen en infrastructurele kenmerken waarvan het theoretisch plausibel is dat ze een relatie met elkaar hebben (zie *Paragraaf 5.3.3*). Omdat alleen van de met VRI uitgeruste kruispunten de infrastructuurscore bekend was, is de analyse beperkt tot dezelfde 17 kruispunten als in *Paragraaf 6.2*.

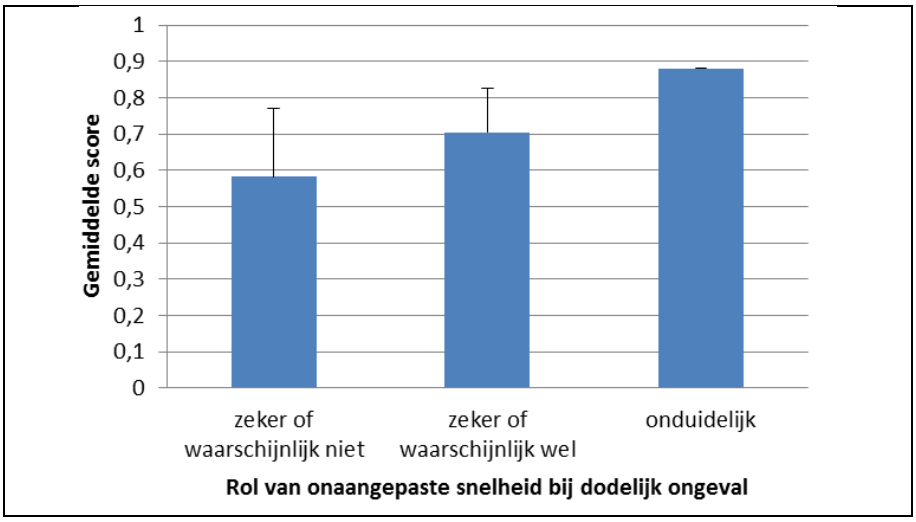
6.3.1. *Relatie tussen onaangepaste snelheid en kwaliteiten van de infrastructuur*

Hieronder is te zien wat de samenhang is tussen de mogelijke of zekere rol van snelheid bij het veroorzaken van een dodelijk ongeval op een 50km/uur VRI-kruispunt in 2012, en respectievelijk de complexiteit van de tak waarop de veroorzaker reed (n = 15; *Afbeelding 6.9*, de duidelijkheid waarmee de overgang naar het kruispunt was gemarkeerd op de tak van de veroorzaker (n = 13; *Afbeelding 6.10*) en de geloofwaardigheid (optelling van remmers en

vertragers) van de tak waarop de veroorzaker reed (alleen gescoord voor gemotoriseerde veroorzakers: n = 9; *Afbeelding 6.11*). Alhoewel er verschillen zichtbaar zijn die erop wijzen dat onaangepaste snelheid vaker als ongevalsoorzaak werd aangetroffen op complexere kruispunten, bij kruispunten met meer overgangssignalen en op kruispunten met meer versnellers dan vertragers, laten de χ^2-toetsen zien dat deze voor geen van de infrastructurele scores significant zijn. Mogelijk hangt dit samen met de kleine aantallen.

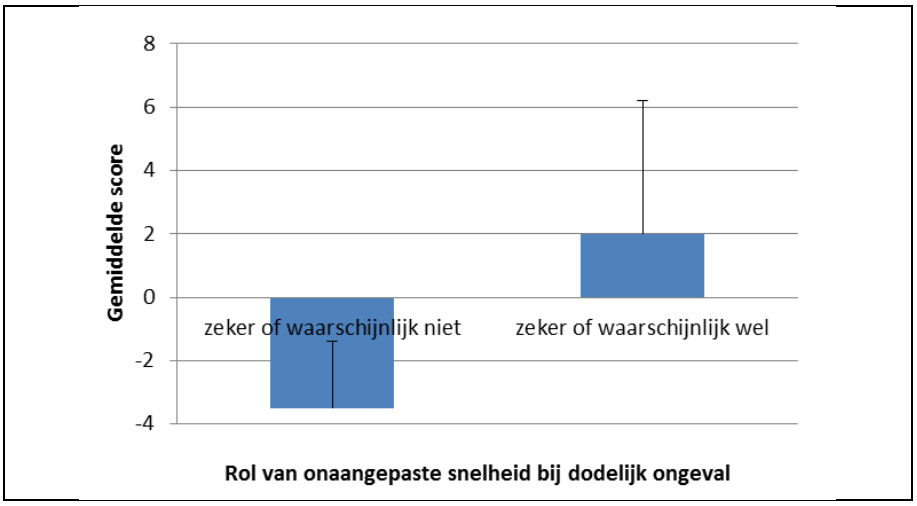


Afbeelding 6.9. *Relatie tussen onaangepaste snelheid als zekere of mogelijke oorzaak bij een dodelijk ongeval en de complexiteitscore van de kruispunttak waar de veroorzaker*[13] *reed.*



Afbeelding 6.10. *Relatie tussen onaangepaste snelheid als zekere of mogelijke toedracht van een dodelijk ongeval en de overgangssignalen (PIARC overgangsscore) van de kruispunttak waar de veroorzaker reed.*

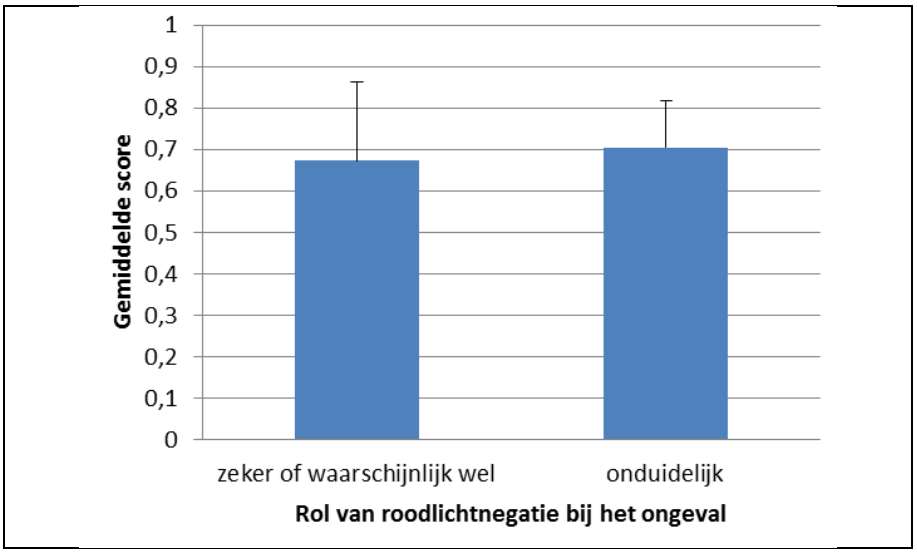
[13] Hiermee wordt niet de juridisch verdachte of veroorzaker bedoeld maar diegene die – blijkend uit het relaas van gebeurtenissen – als veroorzaker kan worden aangemerkt. Hierin zit met name in ongevallen tussen onbeschermde verkeersdeelnemers en gemotoriseerd verkeer nog wel eens een verschil uit bescherming van de onbeschermde verkeersdeelnemer.



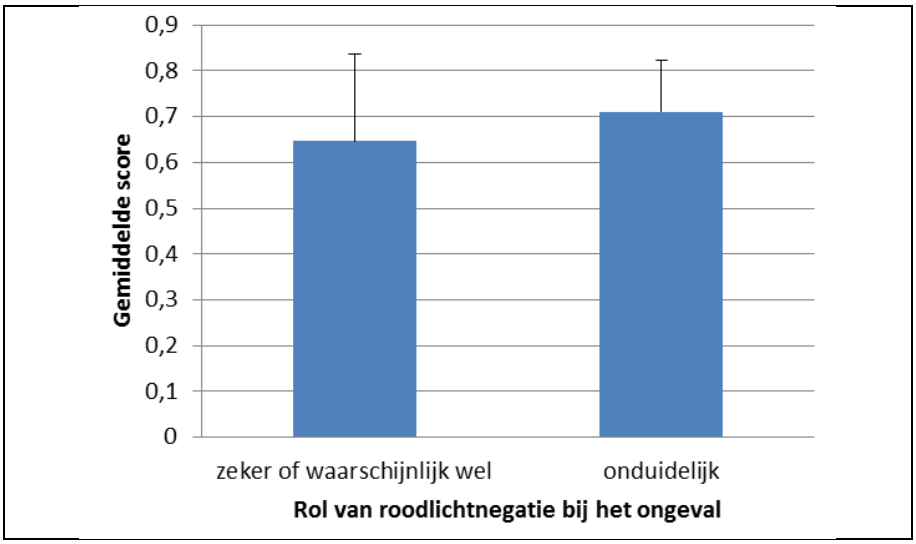
Afbeelding 6.11. *Relatie tussen onaangepaste snelheid als zekere of mogelijke toedracht van een dodelijk ongeval en mate van de geloofwaardigheid (versnellers + en vertragers) van de kruispunttak waar de veroorzaker reed.*

6.3.2. *Relatie tussen roodlichtnegatie en infrastructurele kwaliteiten*

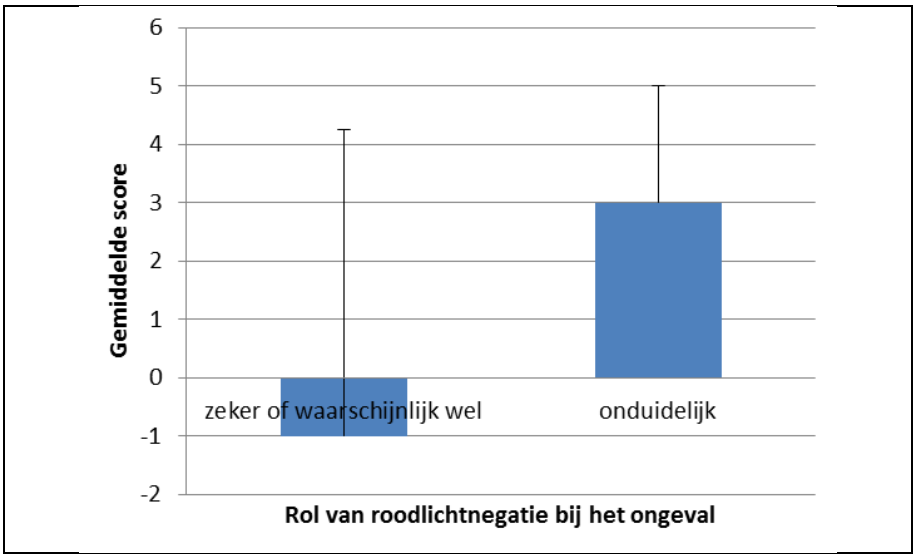
Afbeelding 6.12, *Afbeelding 6.13* en *Afbeelding 6.14* laten zien dat er op de VRI-kruispunten óf sprake was van roodlichtnegatie (n = 8) óf dat het onduidelijk was wat er precies was gebeurd (n = 7). Uit de χ^2-toetsen bleek dat er geen statistisch significante relatie was tussen de drie infrastructurele scores en de rol van roodlichtnegatie bij een ongeval. Met andere woorden: de rol van roodlichtnegatie blijkt geen verband te houden met kenmerken van de infrastructuur.



Afbeelding 6.12. *Relatie tussen roodlichtnegatie als mogelijke of zekere oorzaak van een dodelijk ongeval en de complexiteitscore van de kruispunttak waar de veroorzaker reed.*



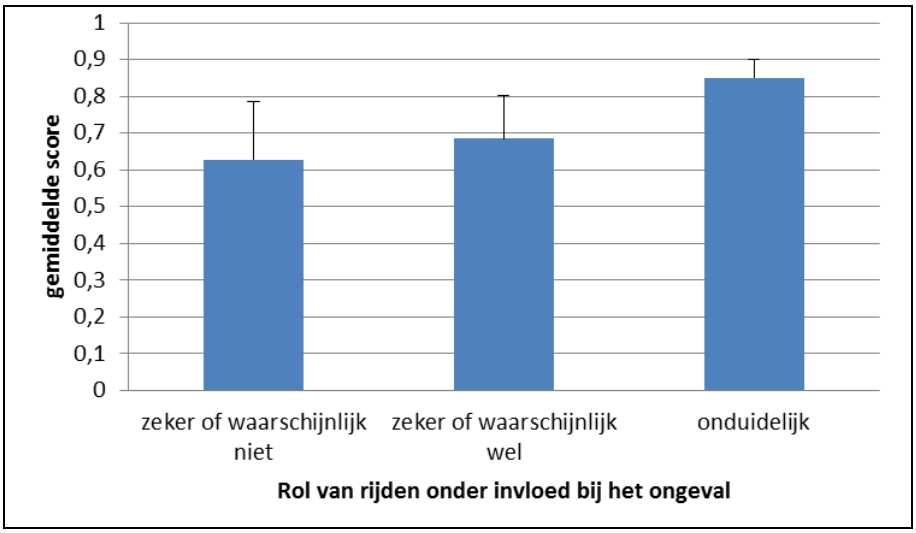
Afbeelding 6.13. *Relatie tussen roodlichtnegatie als mogelijke of zekere toedracht van een dodelijk ongeval en de overgangssignalen (PIARC-overgangsscore) van de kruispunttak waar de veroorzaker reed.*



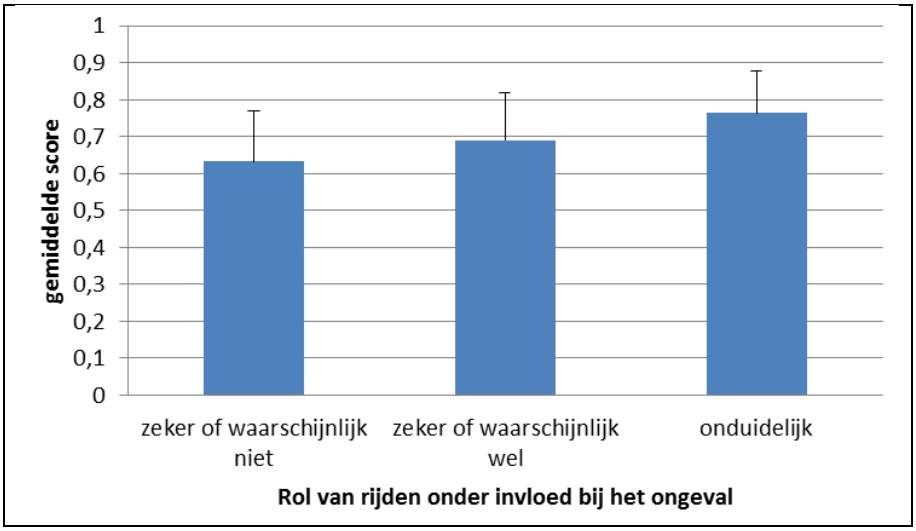
Afbeelding 6.14. *Relatie tussen roodlichtnegatie als mogelijke of zekere toedracht van een dodelijk ongeval en mate van de geloofwaardigheid (versnellers + en vertragers -) van de kruispunttak waar de veroorzaker reed.*

6.3.3. *Relatie tussen rijden onder invloed als ongevalsoorzaak en kwaliteiten van de infrastructuur*

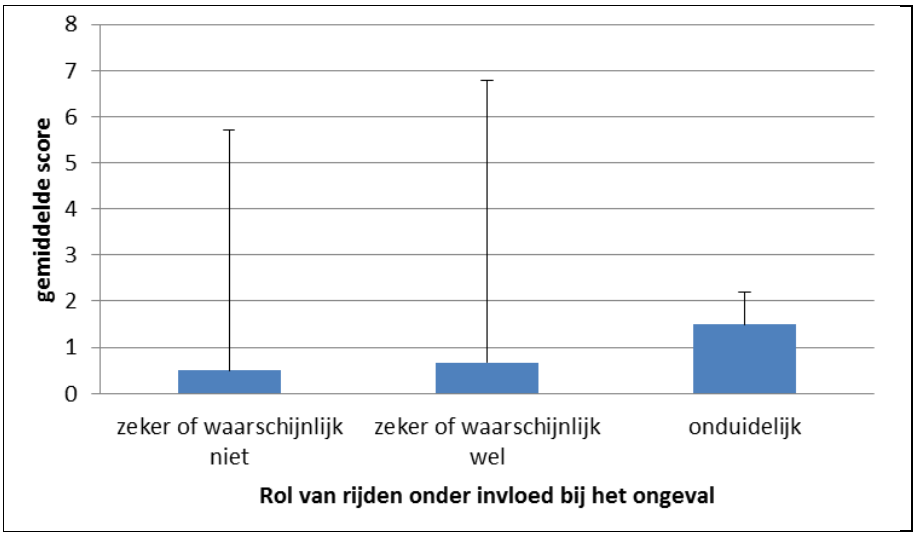
In *Afbeelding 6.15*, *Afbeelding 6.16* en *Afbeelding 6.17* is te zien wat de gemiddelde kwaliteiten van de infrastructuur zijn op de tak van de veroorzaker van het ongeval. De kruispunten waarop een dodelijk ongeval heeft plaatsgevonden waarbij rijden onder invloed zeker of waarschijnlijk (mede) de oorzaak was (n = 4), lijken iets complexer en juist iets meer signalen van de naderende overgang aan te geven dan bij de ongevallen waarbij rijden onder invloed geen rol heeft gespeeld (n = 8). Toch blijken deze verschillen uit de χ^2 – toets niet significant.



Afbeelding 6.15. *Relatie tussen rijden onder invloed als mogelijke of zekere toedracht van een dodelijk ongeval en de complexiteitscore van de kruispunttak waar de veroorzaker reed.*



Afbeelding 6.16. *Relatie tussen rijden onder invloed als mogelijke of zekere toedracht van een dodelijk ongeval en de overgangssignalen (PIARC-overgangsscore) van de kruispunttak waar de veroorzaker reed.*



Afbeelding 6.17. *Relatie tussen rijden onder invloed als mogelijke of zekere oorzaak van een dodelijk ongeval en mate van de geloofwaardigheid (versnellers + en vertragers -) van de kruispunttak waar de veroorzaker reed.*

7. Een factor uitgelicht: roodlichtnegatie

In het vorige hoofdstuk bespraken we de risicofactoren die vaak terugkwamen als mogelijke of zekere oorzaak van dodelijke ongevallen op 50km/uur-kruispunten in 2012. Daarvan hebben we één factor nader onderzocht: roodlichtnegatie. Dat hebben we gedaan door de beoordelingen van de dodelijke ongevallen te vergelijken met metingen op straat. Op die manier is het mogelijk om een relatief risico van roodlichtnegatie te berekenen Dit hoofdstuk gaat in op de resultaten hiervan.

7.1. Kwantificering van het risico van roodlichtnegatie op 50km/uur-kruispunten

7.1.1. *Roodlichtnegatie in dodelijke ongevallen*

In de politieregistraties (BRON) blijft roodlichtnegatie als (mede)oorzaak van dodelijke ongevallen jaarlijks beperkt tot circa 20 (3%). Zo waren er op de 532 geregistreerde dodelijke ongevallen in 2012 21 ongevallen (4%) die (mede) werden veroorzaakt door roodlichtnegatie (volgens registratie in BRON). Anders dan bij factoren zoals rijden onder invloed of snelheid kan roodlichtnegatie niet overal optreden. Het vereist namelijk ten minste een VRI (verkeersregelinstallatie), en die staan meestal op kruispunten, maar niet op alle kruispunten. Als we gaan kijken hoe vaak roodlichtnegatie voorkomt als we de ongevalssituatie verder afpellen (op basis van de geregistreerde cijfers in BRON), dan blijkt het volgende:

- In 2012 vonden 130 dodelijke ongevallen plaats op kruispunten. Hiervan werden 14 ongevallen (11%) geassocieerd met roodlichtnegatie.
- In 2012 vonden 91 dodelijke ongevallen plaats op een kruispunt met een50km/uur-limiet, waarvan de meerderheid (89%) in beheer was bij een gemeente. Volgens BRON werden 12 van deze ongevallen (13%) (mede) veroorzaakt door roodlichtnegatie.

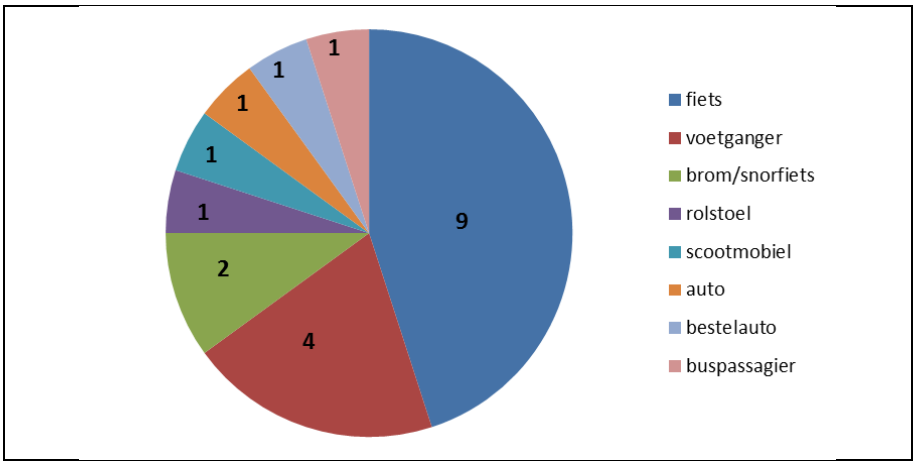
De laatstgenoemde cijfers kunnen we vergelijken met de bevindingen van de beoordelaars die in de registratiesets van diezelfde ongevallen zijn gedoken. Zij vinden vergelijkbare aandelen (13% tot 19%).

Landelijk is niet bekend hoeveel locaties met VRI's zijn uitgerust, dus we kunnen op dat punt geen vergelijkingen maken. Dat kunnen we wel doen voor de geanalyseerde ongevallen. Daaruit blijkt dat een kwart van de 50km/uur-kruispunten waar in 2012 een dodelijk ongeval plaatsvond, was uitgerust met een VRI, en dat bij deze kruispunten tussen de 60% tot 74% van de ongevallen zeker of mogelijk (mede) veroorzaakt werd door roodlichtnegatie.

De 20 geanalyseerde ongevallen op 50km/uur-VRI-kruispunten met dodelijke afloop in 2012, vonden plaats op de volgende tijdstippen (*Tabel 7.1*):

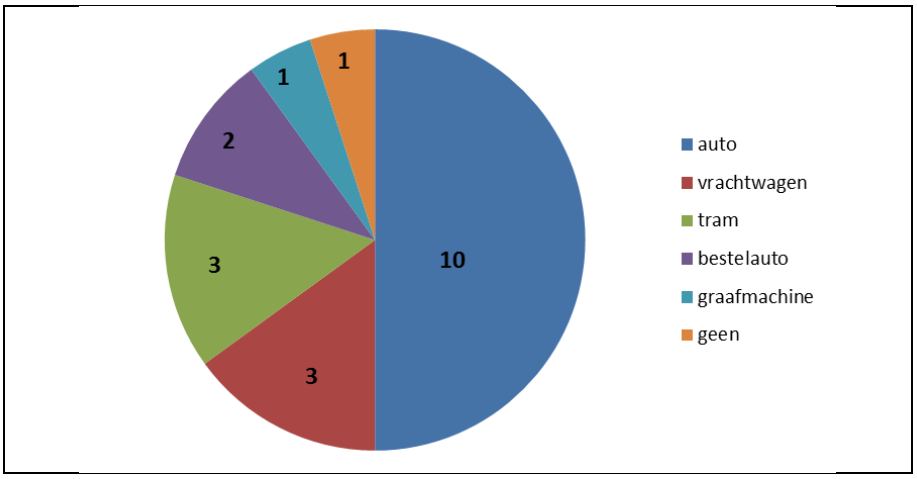
Tijdsperiode	Aantal dodelijke ongevallen in 2012 op 50km/uur-kruispunten met VRI
00:00 en 02:59	1
03:00 en 05:59	1
06:00 en 08:59	3
09:00 en 11:59	3
12:00 en 14:59	2
15:00 en 17:59	3
18:00 en 20:59	3
21:00 en 23:59	4

Tabel 7.1. *Aantal dodelijke ongevallen op 50km/uur-kruispunten met VRI naar tijdsperiode van de dag.*



Afbeelding 7.1. *Vervoerswijze van de verongelukte verkeersdeelnemers in de dodelijke verkeersongevallen in 2012 op 50km/uur-kruispunten met VRI in beheer van een gemeente.*

In 17 van de 20 dodelijke ongevallen ging het om een botsing tussen een lichte en een zware verkeersdeelnemer. Slechts tweemaal betrof het een botsing tussen verkeersdeelnemers met min of meer gelijk gewicht, namelijk een botsing tussen twee auto's. Er was één dodelijk ongeval waarbij het om een eenzijdig ongeval ging; dit betrof een ongeval met een auto.



Afbeelding 7.2. *Vervoerswijze van de tegenpartij van de dodelijk verongelukte verkeersdeelnemer(s) in de dodelijke verkeersongevallen in 2012 op 50km/uur-kruispunten met VRI in beheer van een gemeente.*

7.1.2. *Roodlichtnegatie in metingen op straat*

Uit de metingen op straat (n = 12.634, waarvan 8.478 auto's, 3.107 fietsers en 1.049 voetgangers) blijkt dat er in 5% van de gevallen sprake was van roodlichtnegatie. Alhoewel er enkele incidenten of bijna-ongevallen werden waargenomen, leidde geen van de geobserveerde roodlichtnegaties tot een ongeval, laat staan dat er sprake was van dodelijke afloop.

Kijken we naar de belangrijkste vervoerswijzen, dan bleek uit de straatmetingen de volgende overtredingsaandelen (door rood gereden):

- automobilisten: 1%
- fietsers: 10%
- voetgangers: 23%

7.1.3. *Risicoberekening van roodlichtnegatie*

Tabel 7.2 laat enerzijds het aantal dodelijke ongevallen zien waarbij in 2012 zeker of mogelijk sprake was van roodlichtnegatie, en anderzijds het aantal verkeersdeelnemers dat tijdens straatmetingen in 2016 wel en niet door rood reed op 50km/uur-kruispunten met een VRI. Hieruit is af te leiden dat het relatieve risico van roodlichtnegatie tussen de 9,8 (zeker roodlichtnegatie maar niet in alle gevallen duidelijk wie) en 14,7 (inclusief de gevallen waarin de bijdrage van roodlichtnegatie niet goed kon worden vastgesteld) is. Dat wil zeggen dat bij dodelijke ongevallen op 50km/uur- kruispunten die zijn uitgerust met een VRI, roodlichtnegatie 10 tot 15 keer zo veel voorkomt in dodelijke ongevallen op vergelijkbare momenten en locaties dan in situaties waarin geen dodelijk ongeval plaatsvindt.

Alle verkeer	Roodlichtnegatie	Roodlichtacceptatie	Totaal
Dodelijke ongevallen op 50km/uur-kruispunten met VRI	10-15	10-5	20
Gedragsmetingen op 50km/uur-kruispunten met VRI	644	11990	12634
Totaal	659	12012	12671

Tabel 7.2. *Roodlichtnegatie en roodlichtacceptatie door verkeersdeelnemers tijdens dodelijke ongevallen (2012) en metingen (2016) op 50km/uur-kruispunten met VRI's.*

7.2. Detailanalyse van kruispuntontwerp en roodlichtnegatie

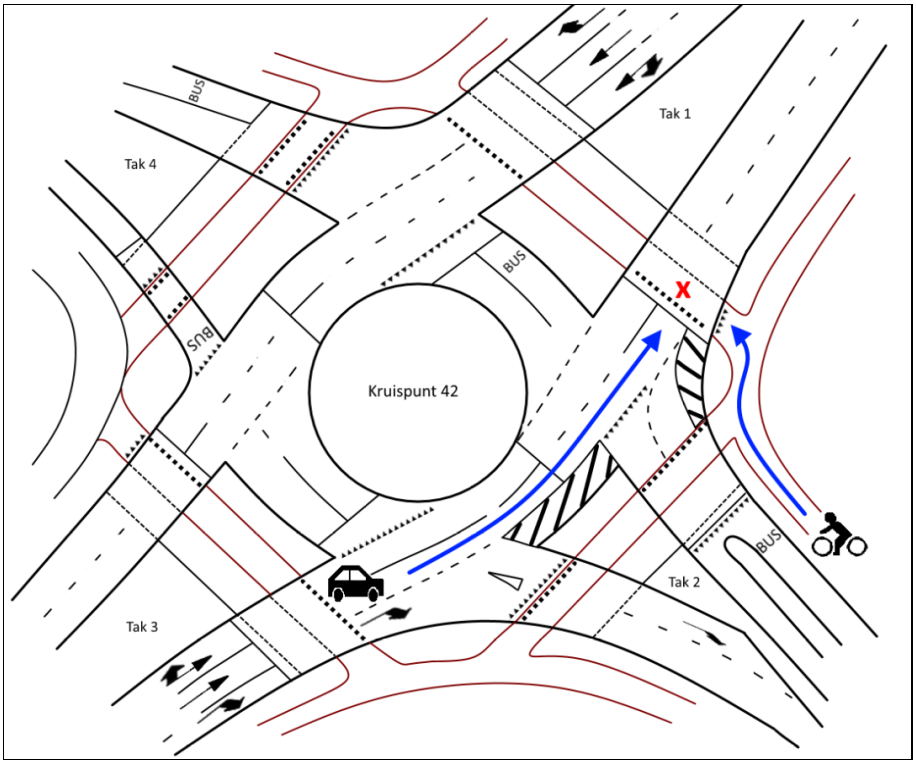
In deze paragraaf gaan we nog wat verder in op de infrastructurele kenmerken en observaties tijdens de straatmetingen van de kruispunten waarop roodlichtnegatie uiteindelijk leidde tot een ongeval. Dit doen we aan de hand van twee situaties en de daarbij behorende complexiteit en geloofwaardigheid, om zo een beeld te geven onder welke condities roodlichtnegatie plaatsvindt en welke inrichtingskenmerken daar mogelijk een rol bij spelen.

7.2.1. *Situatie 1*

Een fietser afkomstig van tak 2 steekt 's nachts het kruispunt over ter hoogte van tak 1. Bij het oprijden van het kruispunt verleent de fietser geen voorrang aan de op de voorrangsweg rijdende auto, afkomstig van tak 3 en gaande in de richting van tak 1. Uit onderzoek is gebleken dat de personenauto harder reed dan de toegestane 50 km/uur. Gedurende de betreffende periode was het droog. Het wegdek was ook droog ten tijde van het ongeval. De wegverlichting brandde ten tijde van het ongeval.

Complexiteit van het kruispunt
Afbeelding 7.3 laat zien dat het betreffende kruispunt een vrij complex kruispunt is. De takken richting het kruispunt hebben een complexiteitsscore tussen de 73% en 82%. Deze score is niet alleen hoog op een schaal van 0 tot 100, maar ook vergeleken met de complexiteit van de overige VRI-kruispunten waarop in 2012 een dodelijk ongeval plaatsvond (65%). Tijdens de straatmeting viel ook de beoordelaars op dat het een complexe situatie betrof. Parallel aan elke tak loopt een fiets- en voetpad waarbij rechtdoor gaand langzaam verkeer tegelijk groen krijgt met afslaand autoverkeer. Er is een aparte busstrook die over het kruispunt loopt van tak 2 naar tak 4. Op de drukke takken 1 en 3 krijgen alle richtingen tegelijk groen, waarbij links afslaand verkeer moet remmen om de bocht om het middeneiland te maken en vervolgens moet stoppen voor de VRI op het kruispunt zelf (de andere hoofdrichting heeft tegelijk groen). Uit de straatobservaties blijkt dat er maar weinig automobilisten zijn die links afslaan, waardoor de gemiddelde snelheid relatief hoog ligt. Als er dan toch iemand links afslaat, gaat dit gepaard met remmen of uitwijken. Het links afslaande verkeer moet vervolgens voor de VRI op het kruispunt wachten op groen licht. Hiervoor is opstelruimte voor twee, hooguit drie personenauto's. Bij hogere aantallen zullen de overige auto's op de rechtdoor gaande rijstrook moeten wachten, waardoor ze de doorgaande weg blokkeren. De verkeersstroom van de hoofdrichting is dusdanig groot vergeleken met de zijtakken dat tak 1 en tak

3 lange groentijden krijgen. Tijdens de straatmeting is meerdere malen opgevallen dat het verkeerslicht op groen bleef, ook al kwam er geen autoverkeer aan in de volgende tien seconden. Ook viel de beoordelaars op dat als er na een seconde of tien geen verkeer over het kruispunt reed de verleiding groot werd om als voetganger of fietser door rood te rijden. Dit kwam dan ook regelmatig voor, zelfs op tak 1 en 3. Er is natuurlijk de mogelijkheid dat er op het laatste moment toch nog een auto het kruispunt op rijdt (door groen).



Afbeelding 7.3. *Situatieschets 1. Rotonde met VRI's.*

Geloofwaardigheid van de snelheidslimiet

Bovengenoemde situatie is in feite uitgerust als een rotonde. Kruispunten die zijn uitgevoerd als rotondes dienen voornamelijk om de snelheid op het kruispunt terug te brengen. Vanwege het grote verkeersvolume dat moet worden verwerkt, is het bovengenoemde kruispunt ruim opgezet, wat ten koste gaat van het snelheidsremmende effect dat een rotonde normaliter beoogt te hebben. De snelheidslimiet op dit kruispunt bedraagt 50 km/uur. Uit de geloofwaardigheidsscore volgt dat de kleine zijtakken 2 en 4 ongeveer neutraal scoren en de snelheidslimiet op deze takken geloofwaardig kan worden beschouwd. De drukke takken 1 en 3 scoren met vijf versnellende kenmerken per tak daarentegen helemaal niet geloofwaardig. Tijdens de straatmetingen is opgevallen dat op deze takken inderdaad relatief hard word gereden. De takken 1 en 3 hebben lang groen, waarbij niet alleen het wachtende autoverkeer het kruispunt kan passeren, maar ook autoverkeer dat komt aanrijden op (te hoge) snelheid. Het grootste deel van het autoverkeer op de hoofdrichting gaat rechtdoor en wordt daarbij fysiek niet afgeremd door de infrastructuur. De wegindeling van de takken heeft een versnellende werking en op het kruispunt blijft deze snelheid behouden. Verkeer dat van de hoofdrichting afslaat, moet wel afremmen. Daarbij is

vooral links afslaan gevaarlijk, aangezien dit verkeer een rijstrook deelt met rechtdoor gaand verkeer.

Groencycli
Tijdens de straatmeting zijn er op dit kruispunt weinig personenauto's door rood gereden op de hoofdrichting. Vanwege de lange groentijden kunnen er heel veel auto's door groen rijden en is er maar één, hooguit twee keer per vijf minuten de mogelijkheid om door rood te rijden. De combinatie van hoge snelheid, de relatief complexe inrichting van het kruispunt en het lange wachten voor het overige verkeer, kunnen tot gevaarlijke situaties leiden.

Roodlichtnegatie-observaties
Als het gaat over autoverkeer, vallen er twee situaties op waarbij roodlichtnegatie voorkomt.

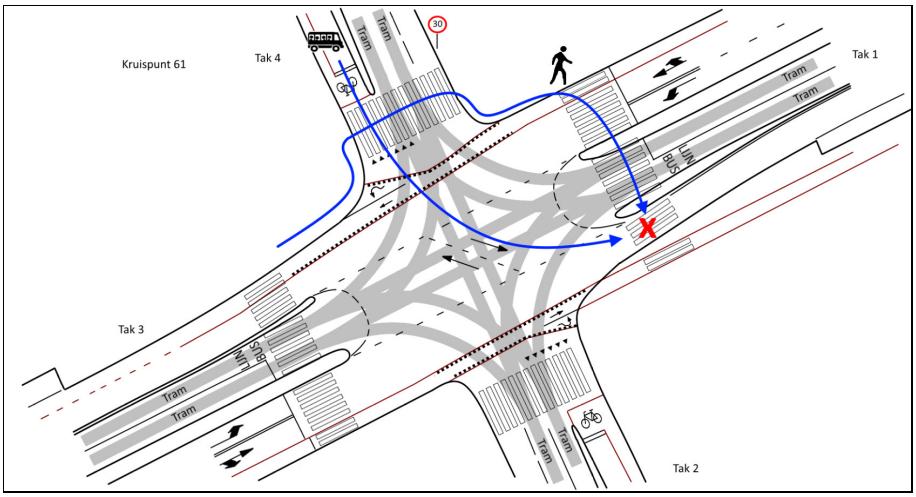
In de eerste situatie gaat het om voertuigen die staan te wachten voor het kruispunt en vanwege de korte groentijd niet meer door groen kunnen rijden. Vaak gaat het hierbij om kleine verkeersstromen die willen afslaan van de hoofdrichting of zijtakken van de hoofdrichting. Vanwege de kleine hoeveelheid verkeer is de groentijd (te) kort en doordat ze kruisen met de hoofdrichting moeten ze vaak lang wachten op groen. Waarschijnlijk is de gedachte bij deze bestuurders dat ze nog snel even door oranje kunnen rijden omdat ze anders een hele cyclus moeten wachten. Hierdoor komt het voor dat voertuigen zelfs door rood rijden. Het gaat hierbij om optrekkende voertuigen met relatief lage snelheden en hoge versnellingen.

De tweede situatie doet zich voornamelijk voor bij verkeersstromen die lange groentijden krijgen. Dit zijn de hoofdrichtingen op grote gebiedsontsluitingswegen die vanwege de grote hoeveelheid verkeer lange groentijden (nodig) hebben. Nadat de wachtende voertuigen zijn opgetrokken, blijft het verkeerslicht groen zodat ook aankomend verkeer nog door groen kan rijden. Dit verkeer is al op snelheid en bij het zien van het groene licht wordt er niet of nauwelijks afgeremd. Aankomend verkeer dat het licht op oranje ziet springen, heeft vaak niet meer de tijd en ruimte om af te remmen waardoor er ook door rood wordt gereden. Daarnaast zijn er bestuurders die deze tijd en ruimte wel hebben maar – zo lijkt het in ieder geval – niet willen afremmen. Deze bestuurders maken een meer bewuste keuze om extra gas te geven en het licht te negeren. Deze laatste situatie kan in principe op elke tak voorkomen, maar als de groentijd korter wordt en de hoeveelheid verkeer minder wordt, is de kans kleiner dat het voorkomt. De observatoren hebben de tweede situatie dan ook vooral waargenomen op drukkere wegen met lange groentijden. Tijdens de straatmetingen kwamen één of beide situaties op elk kruispunt voor, het hier boven beschreven kruispunt is daar slechts een voorbeeld van. Tijdens de straatmetingen is gebleken dat auto's alleen in zeldzame gevallen door rood rijden, terwijl het verkeerslicht al enkele seconden op rood staat.

7.2.2. *Situatie 2*

Na de ochtendspits steekt een voetganger afkomstig van tak 3 de noordelijke tak (tak 4) van het kruispunt over om vervolgens ook de oostelijke tak (tak 1) over te steken ter hoogte van het zebrapad (zie *Afbeelding 7.4*). Tijdens het oversteken wordt de voetganger op het laatste deel van de oversteek aangereden door een taxibusje afkomstig van tak 4.

Het taxibusje had groen licht gekregen waarna deze het kruispunt opreed. Hier moest het busje eerst rechtdoor gaand verkeer van de tegenoverliggende tak (tak 2) voor laten gaan. Toen dit verkeer was gepasseerd vervolgde de bestuurder zijn weg waarbij de voetganger op het zebrapad over het hoofd werd gezien.



Afbeelding 7.4. *Situatieschets 2:*

Complexiteit

Het afgebeelde kruispunt is qua omvang en breedte minder groot dan het vorige kruispunt. Bij dit kruispunt zit de complexiteit in de aanwezige infrastructurele kenmerken voor langzaam verkeer in plaats van snelverkeer. Tak 1 en 4 scoren beiden een 0,73 voor de complexiteit. De complexiteit van het kruispunt is ook de beoordelaars ook opgevallen tijdens de straatmetingen. Dit kruispunt kenmerkt zich door de ligging in een dichtbebouwd gebied, het oprijzicht is voor alle takken slecht en er is meer langzaam verkeer aanwezig dan snelverkeer. Een ander belangrijk kenmerk is de aanwezigheid van meerdere tramlijnen, die een halte hebben in de overgangszone van tak naar kruispunt. Op het kruispunt krijgen meerdere verkeersstromen tegelijk groen. Rechts afslaande auto's krijgen tegelijk groen met rechtdoor gaande fietsers, maar ook tegemoetkomend verkeer krijgt tegelijk groen. Ook al is het verkeerslicht groen, de verkeersdeelnemer moet altijd blijven opletten om niet in botsing te komen met overige verkeersdeelnemers.

Geloofwaardigheid van de snelheidslimiet

Wat betreft de geloofwaardige snelheid hebben beide takken meer vertragers dan versnellers, (score -3 voor tak 1 en -5 voor tak 4). Voor tak 4 is dit een verwachte score, omdat de snelheidslimiet op enkele tientallen meters na het kruispunt verandert naar 30 km/uur. Op tak 1 geldt een snelheidslimiet van 50 km/uur. De gereden snelheid ligt naar inschatting van de beoordelaars lager dan deze limiet vanwege parkeervakken naast de weg, een dicht wegbeeld en een smalle rijstrook. De vertragende werking is hier op zijn plaats gezien de complexiteit op het kruispunt. Tijdens de straatmetingen is het opgevallen dat het autoverkeer lagere snelheden lijkt aan te houden dan is toegestaan. Dit is verklaarbaar door de grote hoeveelheden langzaam verkeer, waarvan een deel bovendien tegelijk groen krijgt.

Roodlichtnegatie
Tijdens de straatmetingen is gebleken dat fietsers en voetgangers vaker door rood licht fietsen en lopen dan het autoverkeer. Waar het autoverkeer alleen het licht negeert nadat het net op oranje of rood is gesprongen, negeren fietsers en voetgangers het licht ook als het al enige tijd op rood staat (gedurende de hele cyclus). De verhouding tussen oranjelichtnegatie en roodlichtnegatie is niet te maken bij fietsers en voetgangers, omdat bij beide geen oranje licht wordt gegeven (enkel een paar seconden knipperend groen). Bij het dodelijk ongeval van 2012 was het niet met zekerheid te zeggen of de voetganger en het taxibusje tegelijk groen hadden.

Langzaam verkeer blijkt in de observaties meer geneigd om onafhankelijk van de verkeersregelcyclus het verkeerslicht te negeren vergeleken met auto's. Langzaam verkeer heeft een kleinere omvang, waardoor zij de oversteek in meerdere delen kunnen maken. Een midden- of tussenberm kan gebruikt worden om halt te houden, met name voor voetgangers, omdat die minder ruimte nodig hebben en makkelijker kunnen manoeuvreren. Zowel op het beschreven kruispunt als op andere vergelijkbare kruispunten is tijdens de straatmetingen gebleken dat veel langzaam verkeer de oversteek in delen maakt. Daar waar de midden- of tussenberm minder breed was, hadden de observatoren de indruk dat roodlichtnegatie minder vaak voorkwam. Andere factoren die een rol lijken te spelen bij roodlichtnegatie van langzaam verkeer, zijn de oversteekafstand en de hoeveelheid autoverkeer op de te kruisen tak. Bij het oversteken van meerdere stroken neemt de benodigde oversteektijd toe, wat het aantal oversteekmogelijkheden kleiner maakt. De hoeveelheid kruisend autoverkeer is van belang in combinatie met de groenlichttijd die het autoverkeer krijgt. Als deze goed op elkaar zijn afgestemd, vallen er weinig gaten die het mogelijk zouden maken om door oranje of rood te lopen of fietsen. Bij te lang groen, terwijl er geen autoverkeer is, zal langzaam verkeer eerder geneigd zijn om over te steken met idee: er komt toch niks aan.

Bovenstaande observaties geven een indruk welke inrichtingskenmerken risicogedrag – in dit geval roodlichtnegatie, maar bijvoorbeeld ook snelheid – kunnen beïnvloeden. Het verdient een meer gestructureerd onderzoek en meer locaties om deze observaties daadwerkelijk met cijfers te kunnen staven.

8. Discussie en conclusies

In dit onderzoek heeft SWOV vanuit het conceptuele kader van een duurzaam veilig verkeerssysteem gekeken naar veel voorkomende risicofactoren die door beleidsmakers als 'Safety Performance Indicator' (SPI) kunnen worden gebruikt in een risicogestuurde aanpak. Het onderzoek heeft zich in dit geval gericht op risicofactoren bij dodelijke ongevallen op 50km/uur-kruispunten in beheer bij gemeenten. Daarbij is gebruikgemaakt van registratiesets van dodelijke ongevallen uit 2012 (het laatst bij SWOV beschikbare en te gebruiken materiaal). De 89 dodelijke ongevallen die hierin zijn beschreven, zijn voor dit onderzoek gescoord door drie beoordelaars. Voor de ongevalskruispunten met een verkeersregelinstallatie (VRI) (n = 20), heeft één beoordelaar de complexiteit, overgangssignalen vóór het kruispunt en geloofwaardigheid van de wegomgeving gescoord op basis van beelden van Google Street View (als de situatie van 2012 niet beschikbaar was, zijn beelden van voor en na 2012 met elkaar vergeleken).

8.1.1. *Risicogedragingen bij dodelijke ongevallen op 50km/uur-kruispunten*

Voor de beoordelingen is vooraf een lijst opgesteld die is gebaseerd op factoren die regelmatig in de literatuur genoemd worden (zie o.a. Aarts et al., 2015; Aarts & Bax, 2015. Bax et al., 2012; Duivenvoorden et al., 2015; Elvik, 2008; Hakkert et al., 2007; Hermans et al. 2009; Rumar, 1999; Tingvall et al., 2010; Wegman et al., 2008; Weijermars et al., 2014; Weijermars et al., 2014). Over deze factoren is in de literatuur veel consensus en we vinden er gedragsfactoren terug zoals snelheid, rijden onder invloed, gebruik van beveiligingsmiddelen en lichtvoering. Afleiding en vermoeidheid worden ook relevant bevonden, maar zijn zeer lastig vast te stellen.

Door met een vooraf opgestelde lijst te werken, konden we gestructureerd nagaan in hoeverre er aanwijzingen te vinden waren voor de aanwezigheid van dergelijke factoren. Deze worden in de registratie door de politie namelijk niet altijd expliciet genoemd en kunnen daardoor over het hoofd worden gezien. Daarnaast konden de beoordelaars aanvullende observaties melden om zo eventuele nieuwe risicofactoren op te sporen.

De mate waarin de risicogedragingen in de geanalyseerd ongevallen zijn aangetroffen, zijn in aflopende volgorde van prevalentie als volgt:

- Voorrangverlening (in 82% tot 84% van de gevallen zeker of mogelijk van toepassing; in 15% van de gevallen gescoord als niet van toepassing vanwege de aard van de situatie).
- Onaangepaste snelheid (in 15% tot 59% van de gevallen zeker of mogelijk aanwezig).
- Roodlichtnegatie (in 11% tot 16% van de gevallen zeker of mogelijk aanwezig; in 76% van de gevallen niet van toepassing omdat er geen VRI aanwezig was en in een enkel geval omdat de VRI niet werkte of er geen ander verkeer in de buurt was dat aan het ongeval heeft bijgedragen).
- Rijden onder invloed (in 1% tot 16% van de gevallen zeker of mogelijk aanwezig).
- Afleiding (in 1% tot 96% van de gevallen zeker of mogelijk aanwezig maar de evidentie hiervoor was in vrijwel alle gevallen zeer beperkt).

– Vermoeidheid (in 39% van de gevallen mogelijk aanwezig maar ook hiervoor is evidentie uiterst mager).

De volgende beschermingsfactoren werden gevonden in deze ongevallen:
– Geen of incorrecte helmdracht door tweewielers (in 42% tot 55% van de gevallen heeft dit zeker of mogelijk bijgedragen aan het letsel; in 36% van de gevallen niet van toepassing omdat er geen tweewieler bij het ongeval betrokken was of dodelijk gewond raakte);
– Geen lichtvoering en slechte zichtbaarheid in relatie tot duisternis (in 26% tot 32% van de gevallen was dit zeker of mogelijk niet in orde; in 55% van de gevallen als niet relevant gescoord vanwege de lichtgesteldheid);
– Geen gordeldracht inzittende van gemotoriseerde voertuigen (in 2% tot 6% van de gevallen heeft dit zeker of mogelijk bijgedragen aan het letsel; in 85% van de gevallen niet relevant omdat het dodelijk slachtoffer geen voertuig bereed waarin een gordel aanwezig is).

Tabel 8.1 vat de bevindingen uit deze studie samen en vergelijkt die met gegevens van dezelfde ongevallen in BRON (de politieregistratie) en met evidentie uit de literatuur. Wat daarbij onder meer opvalt, is dat lang niet alle belangrijke risicofactoren in BRON gecodeerd worden (zoals afleiding, vermoeidheid, lichtvoering en gebruik van beveiligingsmiddelen).

De prevalentie van risicofactoren in (dodelijke) ongevallen blijkt ook niet altijd in de literatuur beschikbaar (voorrang verlenen, lichtvoering of zichtbaarheid bij duisternis en gordeldracht), of er zijn vooral buitenlandse studies die worden aangehaald (snelheid, rijden onder invloed, afleiding, vermoeidheid). Een andere kanttekening is dat de cijfers uit de literatuur niet alleen betrekking hebben op 50km/uur-kruispunten, maar op het gehele verkeer.

De meeste cijfers uit de literatuur en uit deze studie zitten min of meer in dezelfde reikwijdte; de cijfers van BRON wijken voor een aantal risicofactoren naar beneden af (snelheid, rijden onder invloed). Wat verder opvalt, is dat rijden onder invloed in onze studie minder vaak wordt aangetroffen dan in de literatuur. Dat is opmerkelijk, omdat in de interviews met onderzoekers (zie *Hoofdstuk 3*) vermoedens zijn geuit dat dit vaker voor zou komen dan in de literatuur gerapporteerd wordt. De bevindingen zouden verder gevalideerd kunnen worden door deze te vergelijken met cijfers uit meerdere jaren en uit andere bronnen of methoden (bijvoorbeeld processen-verbaal, rechtbankverslagen, nieuwe dieptestudies).

	Prevalentie van risicofactor in (dodelijke) ongevallen volgens literatuur	Risicofactor aanwezig volgens BRON in dodelijke ongevallen 2012 op 50km/uur-kruispunten in beheer bij gemeenten	Mogelijke tot zekere aanwezige factor volgens dit onderzoek in dodelijke ongevallen 2012 op 50km/uur-kruispunten in beheer bij gemeenten
Voorrang verlenen	Prevalentie bij (dodelijke) ongevallen onbekend	37% geen voorrang 25% geen doorgang	82-84%
Snelheid	30% (in SWOV, 2016b)	3%	15-59%
Roodlichtnegatie	3,1% (fietsers; in Mesken et al., 2012); 11% (fietsers: in Van der Meel, 2013)	13%	11-16%
Rijden onder invloed	10-25% (in SWOV, 2016c)	4%	1-16%
Afleiding	5-68% (in SWOV, 2016)	Niet gecodeerd	1-96%
Vermoeidheid	5-25% (in SWOV, 2012c)	Niet gecodeerd	39% mogelijk
Helmdracht tweewielers (incl. fiets en snorfiets)	13-40% (motor, brom/snorfiets; in SWOV, 2010b); 32% (fietsers: SWOV, 2012d)	Niet gecodeerd	42-55%
Lichtvoering en zichtbaarheid bij duisternis	Alleen algemene informatie over prevalentie van geen lichtvoering: 38% (fietsers; in SWOV, 2013b)	Niet gecodeerd	26-32%
Gordeldracht	Alleen informatie over algemene prevalentie van geen gordeldracht: 3-18% (2010: in SWOV, 2012e)	Niet gecodeerd	2-6%

Tabel 8.1. *Samenvatting van bevindingen van prevalentie van risicofactoren volgens deze studie vergeleken met BRON en evidentie uit de (veelal internationale) literatuur.*

De drie beoordelaars waren het in de meeste gevallen eens over de vraag of bepaalde risicogedragingen zeker of vermoedelijk voorkwamen. Voor drie risicogedragingen waren er in de registratiesets minder duidelijke aanwijzingen te vinden: zichtbaarheid en lichtvoering, afleiding en vermoeidheid. Deze factoren konden dan ook niet goed beoordeeld worden (wat niet wil zeggen dat ze geen of een onbelangrijke rol hebben gespeeld). Dat sluit overigens aan bij observaties in andere studies ten aanzien van met name onderzoek naar afleiding (SWOV, 2016) en vermoeidheid (SWOV, 2012c).

Overlap tussen factoren

Net als in het onderzoek van Tingvall et al. (2010) naar risicofactoren in Zweden (zie *Paragraaf 2.1.2* en *Paragraaf 3.1.3*), is ook dit onderzoek gekeken naar de overlap tussen factoren. Zo blijkt onaangepaste snelheid in 2% tot 7% van de gevallen voor te komen in combinatie met gebruik van psychoactieve stoffen en roodlichtnegatie. Toch komt volgens ons onderzoek onaangepaste snelheid nog in circa 40% van de gevallen voor zonder (vermoedelijke) beïnvloeding van psychoactieve stoffen en zonder roodlichtnegatie. In 21% tot 46% van de gevallen is er sprake van andere risicogedragingen dan de drie eerder genoemde.

Behalve dat we ook in deze studie dus vinden dat risicofactoren voor een deel niet onafhankelijk van elkaar zijn, zijn de bevindingen niet goed te vergelijken met de bevindingen van Tingvall et al. (2010). Dat komt onder meer doordat het Zweedse onderzoek zich richt op wegen buiten de bebouwde kom en dit onderzoek juist gericht is op kruispunten binnen de bebouwde kom. De Zweedse onderzoekers gebruiken daarnaast deels anders gedefinieerde indicatoren, zoals snelheid als '30 km/uur over de limiet'. Ook baseren zij hun onderzoek op dieptestudies en relateren het vóórkomen van factoren aan de intensiteiten op verschillende wegtypen. In onze studie is niet voor dieptestudiemateriaal gekozen, omdat we hiervan in Nederland geen dekkend beeld hebben.

8.1.2. *Infrastructurele kenmerken van 50km/uur-kruispunten met dodelijke ongevallen*

De 50km/uur-kruispunten waarop in 2012 dodelijke ongevallen plaatsvonden, hebben een tamelijk hoge mate van complexiteit. De veiligheid op met name dit soort complexe kruispunten kan worden verhoogd door te zorgen voor een goede herkenbaarheid (bijvoorbeeld door het aanbrengen van voldoende overgangssignalen) en geloofwaardige snelheidslimieten. De onderzochte kruispunten bleken in ruime mate vooraf te gaan door diverse overgangssignalen. Wat betreft geloofwaardige snelheidslimieten was het beeld minder gunstig: het merendeel van de infrastructurele kenmerken heeft een versnellend in plaats van vertragend effect.

Een hogere snelheid is niet bevorderlijk voor de verkeersveiligheid (zie SWOV, 2016); een geloofwaardige snelheidslimiet van 50 km/uur op de geanalyseerde wegen zou al veiligheidswinst kunnen betekenen voor het gemotoriseerde verkeer (veilige snelheid voor dwarsconflicten tussen gemotoriseerd verkeer = 50 km/uur; zie Aarts & Van Nes, 2007) en voor conflicten met onbeschermde verkeersdeelnemers. In de geanalyseerde ongevallen zien we namelijk betrekkelijk veel dodelijke conflicten tussen snelverkeer en onbeschermde verkeersdeelnemers. Dit is mede te verwachten vanuit de mobiliteit van deze typen verkeersdeelnemers, die zich vooral voor de onbeschermde verkeersdeelnemers binnen de bebouwde kom concentreert. Ook een veilige inrichting van de infrastructuur draagt hieraan bij.

8.1.3. *Risicogedragingen in samenhang met infrastructurele kenmerken*

In het onderzoek is nagegaan hoe de prevalentie van specifieke risicogedragingen (zoals onaangepaste snelheid, roodlichtnegatie en de consequenties van rijden onder invloed) verband hielden met de infrastructurele kenmerken van de onderzochte 50km/uur-kruispunten. De gegevens suggereren dat onaangepaste snelheid vaker een rol heeft gespeeld op complexere kruispunten, kruispunten met meer overgangssignalen en kruispunten met meer versnellers , maar dit is niet significant. Hierbij spelen in ieder geval de lage aantallen een rol en het is dus niet met zekerheid te zeggen of er daadwerkelijk geen verband is. Bij rijden onder invloed gelden dezelfde bevindingen.

Bij de met VRI's uitgeruste kruispunten blijkt roodlichtnegatie in de meeste gevallen zeker of waarschijnlijk een rol te hebben gespeeld bij dodelijke

ongevallen, en worden alleen al om die reden geen relaties gevonden met de infrastructuur.

Het zou interessant zijn om deze relaties verder te onderzoeken door ook de andere kruispunten te scoren op complexiteit, overgangssignalen en geloofwaardigheid en dat in verband te brengen met de gescoorde risicogedragingen. Het zou ook nuttig zijn om de infrascoringen zelf verder te valideren. Dat kan bijvoorbeeld door te onderzoeken of kruispunten met meer complexiteit, minder overgangssignalen en minder geloofwaardigheid verband houden met meer onveiligheid. Daarnaast is het interessant om te onderzoeken hoe weggebruikers daadwerkelijk meer complexiteit of minder geloofwaardigheid ervaren en hoe dit hun gedrag beïnvloedt.

8.1.4. *Een risicofactor uitgelicht: roodlichtnegatie*

Het vóórkomen van roodlichtnegatie in dodelijke ongevallen in 2012 op 50km/uur-kruispunten met een VRI, is met een casus-controlemethode vergeleken met roodlichtnegatiemetingen op straat. De metingen op straat betroffen voor 50% dezelfde kruispunten als waar in 2012 een dodelijk ongeval had plaatsgevonden. In de overige 50% betrof het een soortgelijk kruispunt als waar in 2012 een dodelijk ongeval had plaatsgevonden. Uit het onderzoek bleek dat roodlichtnegatie op 50km/uur-kruispunten met een VRI ongeveer 10 tot 15 keer vaker voorkomt in dodelijke ongevallen op vergelijkbare momenten en locaties dan in situaties waarbij geen ongevallen gebeuren. Dergelijke cijfers kunnen gebruikt worden om risicofactoren tegen elkaar af te wegen, en om ze vervolgens te gebruiken in instrumenten voor een risicogestuurde aanpak.

Bij deze bevindingen moet wel de nodige voorzichtigheid worden betracht vanwege het materiaal waarop het onderzoek is gebaseerd. Om te beginnen met de ongevallengegevens: hierbij was het niet altijd duidelijk of roodlichtnegatie met zekerheid een rol had gespeeld en of er geen andere factoren in het spel waren. Daarnaast gaat het om een beperkt aantal metingen (20 ongevallen) over slechts één jaar. Bevindingen zouden robuuster worden als in meer ongevallen met meer zekerheid kon worden vastgesteld in hoeverre roodlichtnegatie een rol speelde.

De straatmetingen zijn zo veel mogelijk uitgevoerd op dezelfde of vergelijkbare locaties en tijdstippen als van de ongevallen. Er waren wel een paar kleine verschillen. Zo is voor de helft van de metingen niet exact hetzelfde maar een vergelijkbaar kruispunt gekozen, dat qua mobiliteitspatronen mogelijk afweek van de ongevalslocaties. Ook zijn er geen metingen tijdens de avond en nacht uitgevoerd, een tijdstip waarop er minder verkeer is en ook (veel) minder ongevallen plaatsvonden. Het is echter niet ondenkbaar dat in de nacht het gedrag van mensen anders wordt en zaken als rijden onder invloed en hoge(re) snelheid een rol gaan spelen. Dat zou van invloed kunnen zijn op roodlichtnegatie, waardoor de hoogte van de risicofactor mogelijk naar beneden zou moeten worden bijgesteld. Verder is het interessant om te bekijken in hoeverre de metingen in dit onderzoek overeenkomen met metingen die eerder in de literatuur zijn gerapporteerd. Het meest recente Nederlandse onderzoek (Van der Meel, 2013) kwam uit – afhankelijk van het kruispunt – tussen de 3% en 60% van de fietsers die door rood rijdt. Onze eigen studie zit met gemiddeld 10% aan de onderkant van deze bevindingen. Van der Meel voerde haar onderzoek

uit op 21 verschillende kruispunten zonder ov met voorrang in Den Haag, en baseerde zich op metingen tijdens en iets na de ochtendspits. Zij heeft daarmee zowel in type locaties als tijdstippen en tijdsduur iets ander materiaal. Ook vindt zij in haar studie evidentie voor minder roodlichtnegatie naarmate de oversteekafstand of het verkeersvolume groter is. Andere studies naar roodlichtnegatie komen uit het buitenland en/of zijn soms al decennia oud, maar komen met soortgelijke spreiding in resultaten (zie Van der Meel, 2013).

8.2. Beschouwing en aanbevelingen ten aanzien van methodologie en gebruikte gegevens

Voor deze studie is gebruikgemaakt van registratiesets (formulieren die de politie opmaakt bij een ongeval) en beelden van Google Street View. Vervolgens is met behulp van een casus-controlemethode verder onderzoek gedaan naar de kwantitatieve relatie van één van de gevonden factoren (roodlichtnegatie) met het ontstaan van dodelijke ongevallen. Zowel het gebruikte materiaal als de methodologie worden hieronder kritisch tegen het licht gehouden.

8.2.1. *Gebruikte gegevens*

Naast de metingen op straat zijn de twee belangrijkste bronnen die in dit onderzoek zijn gebruikt:
– registratiesets (in een aantal gevallen niet meer dan mutatiesets);
– Google Street View (voor de infrastructurele metingen).

De registratiesets van dodelijke ongevallen uit 2012 zijn zo goed mogelijk gescoord door drie beoordelaars. Een scoring door meerdere beoordelaars biedt de mogelijkheid om de zekerheid van het resultaat in een bandbreedte aan te geven, omdat de gebruikte scoringstechnieken ontegenzeggelijk subjectieve beoordelingen betreffen. De infrastructurele kenmerken zijn – op basis van beelden van Google Street View – beoordeeld door één beoordelaar. In vervolgonderzoek zou het waardevol kunnen zijn om ook de infrastructuur door meerdere experts te laten beoordelen.

Registratiesets
Voor dit onderzoek waren alleen registratiesets tot en met 2012 beschikbaar. Daar komt bij dat de politieregistratie sinds medio 2009 minder volledig is geworden. In een aantal gevallen is de beschikbare informatie zelfs niet meer dan een mutatieformulier. Voor meer informatie moeten de onderliggende processen-verbaal apart worden opgevraagd bij de Stichting Proces Verbaal. Daardoor is er soms wel erg weinig en in een enkel geval zelfs helemaal geen relevante informatie over factoren die hebben bijgedragen aan het ontstaan of letsel van het ongeval.

Daarnaast zien we dat bij een aantal factoren waarvan in de wetenschappelijke literatuur behoorlijke consensus bestaat over het belang als prestatie-indicator voor verkeersveiligheid, niet structureel aandacht wordt besteed bij de registratie van een ongeval. Zeker met het oog op een de risicogestuurde aanpak is het aan te bevelen om structureel na te gaan of de belangrijkste risicofactoren (SPI's) aan het ongeval of letsel hebben bijgedragen. Dat kan bijvoorbeeld door deze belangrijkste risicofactoren standaard op het registratieformulier te vermelden, en door politiemensen

voor te lichten hoe ze de (mogelijke) bijdrage van deze risicofactoren aan het ongeval kunnen scoren.

Verder blijkt dat sommige aanvullende bronnen, zoals rechtbankverslagen en mediaberichten mogelijk beter zicht bieden op wat er werkelijk is gebeurd. Het verdient aanbeveling om dergelijke bronnen mee te nemen voor meer achtergrondinformatie over het ontstaan van de ongevallen en de omstandigheden van ongevallen. Het betreft hierbij in principe openbare bronnen.

Alternatieve informatiebronnen over ongevalsfactoren
Het gebruik van de tamelijk summiere en blijkbaar lang niet altijd geverifieerde uit registratiesets, roept de vraag op wat alternatieve bronnen kunnen zijn en wat de voor- en nadelen van deze alternatieven zijn. Als alternatieve bronnen kunnen de volgende worden aangeduid:

– *Onderzoek op basis van genoemde factoren in BRON*
  Voor een aantal factoren die gemakkelijk en met zekerheid te scoren zijn, is BRON een geschikte en meer toegankelijke bron dan de individuele registratiesets van ongevallen. Uit een vergelijking tussen de gescoorde factoren en de registraties in BRON is wel gebleken dat in BRON lang niet alle factoren worden benoemd (onder andere het gebruik van beveiligingsmiddelen, vermoeidheid en aandacht). Ook biedt BRON minder zicht op de combinatie van factoren en de context waarin het ongeval is gebeurd.

– *Diepte-onderzoek*
  Diepte-onderzoek is als beste in staat om onderliggende factoren te achterhalen, te meer omdat onderzoekers vlak na het ongeval op een gestructureerde manier, en zonder de betrokkenheid van politie of verzekeraars, kunnen nagaan welke factoren een rol hebben gespeeld. Ook bij deze methode wordt gewerkt volgens een vooraf opgestelde lijst van factoren, die op locatie met de betrokkenen wordt besproken. Het is wel een arbeidsintensieve methode, die zo kostbaar is in tijd dat er binnen een bepaalde tijd maar een beperkte set ongevallen en ongevalstypen bestudeerd kan worden. Gebruik van dieptestudies voor het vaststellen van SPI zou inhoudelijk een flinke verbeteringsslag kunnen betekenen, echter, de dekking en representativiteit van de bestudeerde ongevallen voor geheel Nederland is hierbij wel punt van aandacht (zie bijvoorbeeld OECD/ITF, 2011).

– *Informatie uit vragenlijstonderzoek*
  Een andere, minder directe methode om informatie te verkrijgen, is door mensen te interviewen over hun gedrag en ongevalsbetrokkenheid. Een voordeel van deze methode is dat zowel gedrag als ongevalsbetrokkenheid van dezelfde personen met elkaar kunnen worden verbonden. Deze methode is echter alleen geschikt voor het achterhalen van prevalenties van gedrag en van niet-dodelijke ongevallen. Omdat ongevallen tamelijk zeldzame gebeurtenissen zijn, is ook een behoorlijke steekproef nodig om verbanden te kunnen leggen. Een ander zwak punt van deze methode is dat het om subjectieve gegevens gaat die niet te staven zijn aan objectievere methoden. De informatie is ook afhankelijk van het geheugen van de respondenten en

kan onderhevig zijn aan sociale wenselijkheid, waardoor een vertekend beeld kan ontstaan van de werkelijkheid.

Google Street View
Om de infrastructurele kenmerken van de betreffende kruispunten na te gaan, is in dit onderzoek gebruik gemaakt van Google Street View. Google Street View geeft de situatie weer op een bepaald moment en heeft voor een deel van de Nederlandse wegen van meerdere jaren een foto beschikbaar. Veelal zijn de situaties beschikbaar van 2009/2010 en van 2014, 2015 en 2016, maar niet van 2012. In de situatie waarin meerdere jaren beschikbaar waren, kon op basis van de al dan niet gewijzigde situatie een aanname worden gemaakt van de situatie in 2012. Als de situatie voor en na 2012 gewijzigd was en in situaties waarin alleen een foto van de situatie na 2012 beschikbaar was, kon de situatie dus niet met zekerheid worden vastgesteld. In toekomstig onderzoek is het aan te bevelen om de situatie zo waarheidsgetrouw mogelijk te beschouwen. Bij onderzoek met recentere ongevallen is de kans groter dat hiervan een foto uit het betreffende jaar beschikbaar is. Daarnaast kunnen ook andere bronnen uitkomst bieden, zoals beelden van CycloMedia (driedimensionale GlobeSpotter-foto's van wegen). Overheden en onderzoekers gebruiken dergelijke bronnen nu al om bijvoorbeeld infrastructurele SPI's vast te stellen of om verder te onderzoek te doen (zie bijvoorbeeld Dijkstra et al., 2015b; Wijlhuizen et al. 2014). In de toekomst bieden mogelijk ook open databronnen van overheden zelf uitkomst.

8.2.2. *Vergelijking van methoden*

De vraag hoe gevaarlijke situaties en gedragingen bijdragen aan het ontstaan van ongevallen en letsel, kan uitstekend worden onderzocht met een casus-controlemethode (Porta, 2008). De sterke punten van deze methode zijn dat er met relatief weinig middelen en relatief eenvoudig een beeld verkregen kan worden van de invloed van minder frequent optredende situaties en van situaties die zich niet lenen om in een experimentele context te onderzoeken (zoals ziektes of blootstelling aan andere risico's zoals verkeersonveiligheid). De methode wordt dan ook nogal eens in epidemiologische context toegepast. Nadeel van de methode is dat er – zelfs als er in de controlesituatie zo veel mogelijk factoren vergelijkbaar worden gehouden als in de casussituatie – er altijd ongecontroleerde verschillen kunnen bestaan tussen casus- en controlesituatie die invloed kunnen hebben op de bevindingen.

In onze studie waren niet alle controlesituaties identiek aan de ongevalslocaties en waren ook niet alle tijdstippen van de ongevallen in straatmetingen vertegenwoordigd. Al is in de onderzoeksopzet geprobeerd om deze verschillen tot een minimum te beperken, is het niet uit te sluiten dat ze invloed hebben gehad op de bevindingen. Ook het feit dat de casussituaties in 2012 plaatsvonden terwijl de controlemetingen in 2016 zijn uitgevoerd, betekent dat situaties in de tussenliggende jaren kunnen zijn gewijzigd. Dit zijn dan ook punten die bij een vervolg van de studie ruimte bieden voor verbetering.

Crash-prediction-modellen
Een andere methoden om dergelijke effecten vast te stellen is bijvoorbeeld onderzoek dat gebruik maakt van 'crash-prediction'-modellen. Hierbij worden

de kenmerken van locaties met en zonder ongevallen met elkaar vergeleken en in een regressiemodel (gegeneraliseerd lineair model) gekwantificeerd. Dit is een veel gebruikte techniek, vooral het effect van infrastructurele kenmerken op ongevallen of snelheid te kwantificeren (zie bijvoorbeeld Reurings et al., 2006), die ook bij SWOV wordt toegepast om infrastructurele SPI's verder te definiëren en te kwantificeren. De techniek is wetenschappelijk valide omdat ze gebruik maakt van controlelocaties (locaties zonder ongevallen). De techniek gaat echter gebukt onder het feit dat er veelal te weinig ongevalsgegevens beschikbaar zijn om de invloed van factoren in heel specifieke situaties te kwantificeren. Die specifieke situaties komen doorgaans zo weinig voor, dat er te weinig (ernstige) ongevallen mee in verband kunnen worden gebracht om tot een goed gekwantificeerd model te kunnen komen. Daar komt nog bij dat voor deze methode ook intensiteitsgegevens nodig zijn en deze ontbreken nogal eens. Een voordeel van de methode is dat de invloed van factoren ten opzichte van elkaar geschat kunnen worden. Daarom is de crash-prediction-methode vooral geschikt voor onderzoek naar SPI's die bestaan uit een samenstelling van factoren, zoals bij de verschillende elementen van weginfrastructuur.

De gebruikte casus-controlemethode is net als de crash-prediction-benadering bruikbaar om risicofactoren te kwantificeren, en beide methoden bieden interessante aanvullingen op elkaar. Is de casus-controlemethode vooral geschikt om relatief snel vast te stellen in hoeverre een risicofactor bijdroeg aan het ontstaan van ongevallen of letsel, crash-prediction-modellen bieden vooral uitkomst als combinaties van factoren gekwantificeerd moeten worden. Vergelijkbaarheid van casus en controlelocatie is bij beide methoden wel een aandachtspunt. Daarnaast is bij de crash-prediction-benadering de hoeveelheid 'beschikbare' ongevallen een punt van aandacht.

8.3. Ideeën voor een vervolg

Er zijn diverse ideeën over een vervolg op dit onderzoek. Deze ideeën zijn in drie groepen in te delen:

1. andere risicofactoren op 50km/uur-kruispunten op een zelfde wijze kwantificeren;
2. verdieping, verbetering en generaliseerbaarheid van de in dit onderzoek gevonden factoren en kwantificering;
3. op eenzelfde wijze ook op andere locaties risicofactoren in kaart brengen.

Verdere kwantificering van risicofactoren op 50km/uur-kruispunten
Het verzamelde materiaal biedt nog allerlei aanknopingspunten voor nader onderzoek naar factoren die een rol hebben gespeeld bij de dodelijke ogenvallen op 50km/uur-kruispunten. Dat vraagt in elk geval om aanvullende metingen op straat onder dezelfde condities waaronder ook de ongevallen hebben plaatsgevonden. Als we in 2017 aanvullende straatmetingen doen, zijn we echter wel weer een jaar verder en is het de vraag of die metingen dan nog representatief zijn als controlemateriaal voor feiten die in 2012 plaatsvonden. Daarom is het zinvol om te onderzoeken of er in 2017 recentere ongevalleninformatie toegankelijk is. In dat geval kan die worden aangevuld met andere bronnen zoals rechtbankverslagen en mediaberichten, om een nog beter beeld te krijgen van wat er zich heeft voorgedaan.

Daarnaast is het van belang om de infrastructurele kenmerken van de 50km/uur-kruispunten zonder VRI te inventariseren. Dit is nodig om een beeld te krijgen van alle 50km/uur-kruispunten waarop in 2012 dodelijke ongevallen plaatsvonden. Deze informatie kan dan nogmaals gekoppeld worden aan gedragsfactoren, waardoor we duidelijker krijgen hoe gevaarlijke gedragingen en de inrichtingskenmerken met elkaar verband houden. Idealiter wordt ook dit aangevuld met controlelocaties waarvan gedragingen en infrastructurele inrichting gescoord zijn.

Verdieping, verbetering en generaliseerbaarheid van gevonden inzichten
De kwantificering van roodlichtnegatie zoals in dit onderzoek als voorbeeld is uitgewerkt, kent een aantal beperkingen, die vooral met het gebruikte materiaal te maken hebben. Om tot een robuustere kwantificering van dit (en ook andere risico's) te komen, en om ook na te gaan in hoeverre de bevindingen generaliseerbaar zijn, zien we de volgende aanbevelingen voor verdergaand onderzoek.

Ten eerste zou over meerdere en vooral recentere jaren naar roodlichtnegatie bij 50km/uur-VRI-kruispunten gekeken kunnen worden. Zo kunnen we een beter beeld krijgen van de vraag hoe vaak bepaalde gedragingen zeker of mogelijk voorkwamen voorafgaand aan een dodelijk ongeval op 50km/uur-VRI-kruispunten. Om de generaliseerbaarheid vast te kunnen stellen, zou hierbij tevens gekeken kunnen worden hoe stabiel de bevindingen van jaar tot jaar zijn. Een generaliseerbaarheidsstudie kan worden uitgebreid als het onderzoek zich ook zou richten op risicokwantificering van roodlichtnegatie als bijdragende factor op VRI-locaties met andere kenmerken (oversteekvoorzieningen op wegvakken, kruispunten of wegvakken met VRI met andere snelheidsregimes dan 50 km/uur).

Ten tweede is het aan te bevelen om met aanvullende en betere gegevens na te gaan in hoeverre de betreffende factor aanwezig was voorafgaand aan het ongeval. Bij de beoordeling van registratiesets verdient het aanbeveling om de informatie aan te vullen met informatie uit rechtbankverslagen, mediaberichten en processen-verbaal. Dieptestudie kunnen in dit geval ook uitkomst bieden door in de keuze voor een onderzoeksonderwerp expliciet aandacht te besteden aan de betreffende factor en waar deze zich voor kan doen. Zo kan met meer zekerheid worden vastgesteld in hoeverre een bepaalde risicofactor aanwezig was en onder welke condities. De methode is wel arbeidsintensief en wordt daarom veelal beperkt tot een enkele regio. Daarbij dient wel te worden nagegaan hoe representatief de ongevallen in die regio zijn oor heel Nederland.

Een derde verbetering kan zijn door de straatmetingen en de ongevalssituaties nog beter in locatie en tijd te laten overeenkomen. Zo kunnen we ook zien in hoeverre die inzichten afwijken van inzichten die zijn verkregen door uit efficiëntieoverwegingen te meten op andere locaties en tijdstippen.

Een vierde verbetering om de straatmetingen en de ongevalssituaties nog beter overeen te laten komen, is om bij de straatmetingen potentiële conflictsituaties centraal te stellen en niet alleen één verkeersstroom of één rijrichting. Voor metingen van roodlichtnegatie zou dat betekenen dat per

rood-groencyclus van conflicterende verkeersstromen tegelijkertijd tellingen zouden moeten worden gedaan. Dit vraagt wel om meer beoordelaars.

Op eenzelfde wijze ook andere locaties onderzoeken
Het is mogelijk om met de hier gehanteerde methode ook andere locaties te inventariseren. Zo zijn wegbeheerders bijvoorbeeld nog steeds geïnteresseerd in de prevalentie van risicofactoren op provinciale 80km/uur-wegen, die vooral in beheer zijn bij provinciale wegbeheerders.

In 2017 vindt een vervolg op dit onderzoek plaats en zullen we eerst bepalen welke richting op korte termijn het meeste draagvlak geniet en het meest kansrijk is om tot goede en praktisch bruikbare resultaten te komen. Daarbij zal ook afstemming met andere onderzoeken, zoals ander onderzoek naar risicofactoren of SPI's en diepteonderzoek plaatsvinden.

Literatuur

Aarts, L.T. & Nes, N. van (2007). *Een helpende hand bij snelhedenbeleid gericht op veiligheid en geloofwaardigheid; Eerste aanzet voor een beslissingsondersteunend instrument voor veilige snelheden en geloofwaardige snelheidslimieten*. D-2007-2. SWOV, Leidschendam.

Aarts et al. (2011a). Methoden en instrumenten voor het onderbouwen van verkeersveiligheidsbeleid. Een inventarisatie. R-2011-3. SWOV, Leidschendam.

Aarts, L. et al. (2011b). *Road authority pilot and feasibility study*. Deliverable 3 & 4 of ERASER - Evaluation to Realise a common Approach to Self-explaining European Roads.

Aarts, L. & Bax, C. (2015). *Eerste gemeentelijke benchmarks verkeersveiligheid. Uitwerking en verkenning met een aantal gemeenten*. R-2015-19. SWOV, Den Haag.

Aarts, L.T., Bax, C.A. & Dijkstra, A. (2014). *Proactief meten van verkeersveiligheid – ProMeV. Achtergrond, methoden en onderbouwing van keuzen.* R-2014-10A. SWOV, Den Haag.

Aarts, L. & Schagen, I.N.L.G. van (2006). *Driving speed and the risk of road crashes; A review*. Accident Analysis & Prevention, vol. 38, nr. *2,* p. 215-224.

Anderson, R., Hirsch, R., Trompet, M. & Adeney, W. (2003). *Developing benchmarking methodologies for railway infrastructure management companies.* In: European Transport Conference 2003. Association for European Transport, Straatsburg.

Bax, C., et al. (2012). *Developing a Road Safety Index*. Deliverable 4.9 of the EC FP7 project DaCoTA.

Berends, E. M. (2009). *De invloed van automassa op het letselrisico bij botsingen tussen twee personenauto's. Een kwantitatieve analyse*. R-2009-5. SWOV, Leidschendam.

Berg, M.J. van den et al. (2014). *Zorgbalans 2014. De prestaties van de Nederlandse gezondheidszorg*. RIVM rapport 2014-0038, RIVM, Bilthoven.

Berg, Y. (2013). *Analysis of road safety trends 2012. Management by objectives road safety work towards the 2020 interim targets.* Publication 2013:178. The Swedish Transport Administration, Borlänge.

Berg, Y., Strandroth, J. & Lekander, T. (2009). *Monitoring performance indicators in order to reach Sweden's new road safety target – a progress towards zero.* Paper presented at the 4th IRTAD conference, 16-17 September, Seoul, Korea. p. 327 – 330.

Blomberg, R.D. et al.(2005). *Crash risk of alcohol involved driving: A case-control study*. Dunlap and Associates, Inc., Stamford.

Brown, J., Griffiths, M. & Paine, M. (2002). *Effectiveness of child restraints; The Australian experience.* Research Report RR06/02 for the Australian New Car Assessment Program ANCAP.

Craen, S., et al. (2013). *De veiligheid van gemotoriseerde tweewielers in Nederland; enkele actuele aandachtspunten uitgelicht*. R-2013-15. SWOV, Den Haag.

Davidse, R.J. (red.) (2011). *Bermongevallen: karakteristieken, ongevalsscenario's en mogelijke interventies; Resultaten van een dieptestudie naar bermongevallen op 60- , 70-, 80- en 100km/uur-wegen*. R-2011-24. SWOV, Leidschendam.

Davidse, R., et al. (2014). *Letselongevallen van fietsende 50-plussers. Hoe ontstaan ze en wat kunnen we eraan doen?* R-2014-3. SWOV, Den Haag.

Deffenbacher, J.L., Oetting, E.R. & Lynch, R.S. (1994). *Development of a driving anger scale.* In: Psychological Reports, vol. 74, nr. 1, p. 83-91.

Deffenbacher, J. L., Deffenbacher, D.M., Lynch, R.S. & Richards, T.L. (2003). *Anger, aggression, and risky behavior: a comparison of high and low anger drivers*. In: Behaviour Research and Therapy, vol. 41, nr. 6, p. 701-718.

Dijkstra A. (1991). *Functie en gebruik van de verkeersinfrastructuur: Deel 1: Functie en vormgeving. Verkeerskundige doelstellingen bij en eisen aan het vormgeven van een verkeerstechnisch ontwerp*. R-91-50. SWOV. Leidschendam.

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

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

Dijkstra, A. (2011). *En route to safer roads. How road structure and road classification can affect road safety*. ITC Dissertatie 185. SWOV, Leidschendam.

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

Dijkstra, A., et al. (2015a). *Kruispuntveiligheid ontleed.* Eindrapport. SWOV, Den Haag.

Dijkstra, A., et al. (2015b). *Monitoring van de veiligheidskwaliteit van weginfrastructuur en fietsinfrastructuur. Proefmetingen in een aantal regio's.* R-2015-5, Den Haag.

Dijkstra, A. & Drolenga, H. (2008). *Safety effects of route choice in a road network: Simulation of changing route choice. Research in the framework of the European research programme InSafety*. R-2008-10. SWOV, Leidschendam.

Dingus, T.A., et al. (2016). *Driver crash risk factors and prevalence evaluation using naturalistic driving data*. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America PNAS. doi:10.1073/pnas.1513271113.

Duivenvoorden, C.W.A.E. et al. (2015). *Monitor Beleidsimpuls Verkeersveiligheid 2015; Onderzoeksverantwoording*. R-2015-20A. SWOV, Den Haag.

Elvik, R. (2008). *Road safety management by objectives: a critical analysis of the Norwegian approach.* In: Accident Analyslis & Prevention, vol. 40, nr. 3, p. 1115–1122.

Elvik, R. (2009). *The Power Model of the relationship between speed and road safety: update and new analyses*. TØI Report 1034/2009. Institute of Transport Economics TØI, Oslo.

Elvik, R. (2011). *Publication bias and time-trend bias in meta – analysis of bicycle helmet efficacy: A re-analysis of Attewell, Glase and McFadden, 2001.* In: Accident Analysis & Prevention, vol. 43, nr. 3, p. 1245-1251.

Elvik, R., Christensen, P. & Olsen, S.F. (2003). *Daytime running lights; A systematic review of effects on road safety*. Report 688/2003. Institute of Transport Economics TØI, Oslo.

Elvik, R., et al. (2009). *The handbook of road safety measures*. Second edition. Emerald group, Bingley, UK.

Erke, A. (2008). *Effects of electronic stability control (ESC) on accidents: A review of empirical evidence*. In: Accident Analysis and Prevention, vol. 40, nr. 1, p. 167–173.

ETSC (2001). *Transport safety performance indicators*. European Transport Safety Council, Brussel.

Ferguson, S.A. (2007). *The effectiveness of Electronic Stability Control in reducing real-world crashes: A literature review.* In: Traffic Injury Prevention, vol. 8, nr. 4, p. 329-338.

Fortuijn, L.G.H. (2005). *Veiligheidseffect turborotondes in vergelijking met enkelstrooksrotondes*. In: Verkeerskundige Werkdagen 2005, Ede.

Fortuijn, L.G.H., Carton, P.J. & Feddes, B.J. (2005). *Veiligheidseffect van kruispuntplateaus in gebiedsontsluitingswegen.* In: Verkeerskundige werkdagen 2005, Ede.

Gemeente Amsterdam (2016). *Meerjarenplan verkeersveiligheid 2016-2021*. Gemeente Amsterdam, Amsterdam.

Gitelman, V., Hakkert, S., Hasse, A. & Lerner, M. (2007). *Methodological fundamentals for Safety Performance Indicators.* In: Road Safety Performance Indicators: *Theory*. Deliverable D3.6 of the EU FP6 Project SafetyNet. Brussel.

Gitelman, V. et al. (2008). *Safety Performance Indicators for Trauma Management: Theory Update*. Deliverable D3.11b of the EU FP6 project SafetyNet.

Glassbrenner, D. & Starnes, M. (2009). *Lives saved calculations for seat belts and frontal air bags*. NHTSA Technical Report DOT HS 811 206.

Hafen, K. et al. (2005). *State of the art report on Road Safety Performance Indicators. SafetyNet, Building the European Road Safety Observatory, Workpackage 3, Deliverable D3.1*. European Commission, Directorate-General Transport and Energy, Brussel.

Hakkert, A.S, Gitelman, V. & Vis, M.A. (ed.) (2007). *Road Safety Performance Indicators: Theory*. Deliverable D3.6 of the EU FP6 project SafetyNet.

Hammond, A., Adriaanse, A., Rodenburg, E., Bryant, D. & Woodward, R. (1995). *Environmental indicators: A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development.* World Resources Institute, Washington. D.C.

Hels, T. et al. (2011). *Risk of injury by driving with alcohol and other drugs*. Deliverable 2.3.5. of DRUID Driving under the Influence of Drugs, Alcohol and Medicines. European Commission, Brussels.

Hermans, E. Brijs,, T. Wets, G. & Vanhoof, K. (2009). *Benchmarking road safety Lessons to learn from a data envelopment analysis.* In: Accident Anallysis & Prevention, vol.41 (1) pp. 174–182.

Houwing, S. & Aarts, L. (2015). *Monitoring van het gebruik van alcohol in het verkeer. Eerste bevindingen van de regionale meetnetten*. R-2015-4. SWOV, Den Haag.

Houwing, S. et al. (2011). *Prevalence of alcohol and their psychoactive substances in drivers in general traffic. Part 1: General results; Part 2: Country reports.* Deliverable 2.2.3 of DRUID, Driving Under the Influence of Drugs, Alcohol and Medicines. European Commission, Brussels.

ISO (2008). *Road traffic safety (RTS) management systems – requirements with guidance for use.* In: ISO TC 241/SC N9 Working Document Version 1, ISO TC 241/SC N9. Stockholm, Zweden.

ISO (2012). *ISO 39001:2012. Road traffic safety (RTS) management systems - Requirements with guidance for use*. International Organisation for Standardisation, Genève.

Jonkman, S.N., Gelder P.H.A.J.M. van & Vrijling, J.K. (2003*). An overview of quantitative risk measures for loss of life and economic damage.* In: Journal of Hazardous Materials, A99, pp. 1–30.

KiM (2016). *Mobiliteitsbeeld 2016*. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, Den Haag.

Koornstra et al. (1992). *Iedereen kent wel iemand. Naar een duurzaam veilig wegverkeer*. SWOV, Leidschendam.

Koornstra, M., et al. (2002). *SUNflower: A comparative study of the road safety in Sweden, the United Kingdom and the Netherlands*. SWOV, Leidschendam.

Kuiken, M. & Stoop, J. (2012). *Verbetering van fietsverlichting. Verkenning van beleidsmogelijkheden*. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart, Delft.

Land Transport Safety Authority (LTSA), (2000). *Road Safety Strategy 2010; A Consultation Document.* National Road Safety Committee, LTSA, Wellington.

Lerner, E.B. & Moscati, R.M. (2001). *The Golden Hour: Scientific fact or medical "Urban Legend"?* In: Academic Emergency Medicine, vol. 8, nr. 7, p 758-760.

Lie, A. & Tingvall, C. (2002). *How do Euro NCAP results correlate with real-life injury risks? A paired comparison study of car-to-car crashes.* In: Traffic Injure Preventention, vol.3, nr. 4, p. 288-293.

Liu, B.C. et al. (2007). *Helmets for preventing injury in motorcycle riders.* In: Cochrane Database of Systematic Reviews 2007, nr. 4.

Madsen, J.L.O., Andersen T. & Lahrman H.S. (2013). *Safety effects of permanent running lights for bicyclists: a controlled experiment.* In: Accident Analysis and prevention. vol. 50, p. 820-829.

McGraw, K. O. & S. P. Wong (1996). *Forming inferences about some intraclass correlation coefficients.* In: Psychological Methods, 1:1, p. 30-46.

Meel, E.M. van der (2013). *Red light running by cyclists. Which factors influence the red light running by cyclists?* Mast thesis, TU Delft, Delft

Mesken, J. (ed.) (2012). *Risicoverhogende factoren voor verkeersveiligheid*. *Inventarisatie en selectie voor onderzoek.* D-2012-12. SWOV, Leidschendam.

Ministerie van IenM (2012). *Structuurvisie infrastructuur en ruimte. Nederland concurrerend, bereikbaar, leefbaar en veilig*. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Den Haag.

Ministerie van IenM (2015). *Maatregelen verkeersveiligheid*. Dossiernr. 29 398. Brief van de Minister van Infrastructuur en Milieu. Nr. 478. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Den Haag.

Mitchell, W.C. & Burns, A.F. (1938). *Statistical indicators for cyclical revivals.* National Bureau for Economical Research. Bulletin 69, May, New York.

Näringsdepartementet (1999). *11 punkter för ökad trafiksäkerhet.* Näringsdepartementets Promemoria 1999-04-09. Stockholm, Regeringskansliet.

Newstead, S.V. & Corben, B.F. (2001). *Evaluation of the 1992-1996 Transport Accident Commision funded accident black spot treatment program in Victoria*. Report No. 182. Monash University Accident Research Centre MUARC, Victoria.

NS (2016). *Annual Report 2015*. NS, Utrecht.

OECD/ECMT (2006). *Speed management*. Organisation for Economic Cooperation and Development OECD/European Conference of Ministers of Transport ECMT, Paris.

OECD/ITF (2008). *Towards Zero – Ambitious Road Safety Targets and the Safe System Approach*. OECD, Paris.

OECD/ITF (2011). *Reporting on serious road traffic casualties. Combining and using different data sources to improve understanding of non-fatal road traffic crashes*. OECD, Paris

OM (2015). *Leidraad Handhavingsplan Verkeer 2016-2018*. Openbaar Ministerie, Den Haag.

PIARC (2012). *Human factors in road design. Review of design standards in nine countries.* World Road Association PIARC, Paris.

Porta, M. (ed.), (2008). *A Dictionary of Epidemiology* (5th ed.). New York: Oxford University Press.

ProRail (2015). *Beheerplan 2016*. ProRail, Utrecht.

Reason, J. (1990). *Human error*. Cambridge press.

Reurings, M.C.B. & Janssen, S.T.M.C. (2007). *De relatie tussen verkeersintensiteit en het aantal verkeersongevallen voor verschillende wegtypen. Een overzicht van verkeersmodellen op basis van wegen in het stadsgewest Haaglanden en de provincies Gelderland en Noord-Holland.* R-2006-22. SWOV, Leidschendam.

Reurings, M., Janssen, T., Eenink, R., Elvik, R., et al. (2006). *Accident Prediction Models and Road safety Impact Assessment; a state-of art.* Deliverable D2.1 of the RIPCoRD-ISEREST project. European Commission, Brussels.

Reurings, M.C.B. et al. (2012). *Van fietsongeval naar maatregelen: kennis en hiaten; Inventarisatie ten behoeve van de Nationale Onderzoeksagenda Fietsveiligheid (NOaF*). R-2012-8. SWOV, Leidschendam.

Rosén, E., Stigson, H. & Sander, U. (2011). *Literature review of pedestrian fatality risk as a function of car impact speed.* In: Accident Analysis and Prevention, 43, pp. 25-33.

Rumar, K. (1999). *Transport safety visions, targets and strategies: beyond 2000*. the 1st European Transport Safety Lecture. European Transport Safety Council ETSC, Brussel.

Rumar, K. & Stenborg, L. (1994). *The Swedish National Road Safety Programme; A new approach to road safety work.* Swedish National Road Safety Administration.

Schepers, J.P. (2010). *Fiets-fietsongevallen; botsingen tussen fietsers*. Rijkswaterstaat, Dienst Verkeer en Scheepvaart DVS, Delft.

Schepers, P. (2013). *A safer road environment for cyclists*. Proefschrift Technische Universiteit Delft. SWOV-Dissertatiereeks, Leidschendam

Schepers, P. & Klein Wolt, K., (2012). Single-bicycle crash types and characteristics. *Cycling Research International, 2*, 119-135.

Schoon, C.C. (2000). *Verkeersveiligheidsanalyse van het concept-NVVP. Deel I: Effectiviteit van maatregelen*. D-2000-9 I. SWOV, Leidschendam.

Schoon, C.C., Reurings, M.C.B. & Huijskens, C.G. (2011). *Verkeersveiligheidseffecten in 2020 van maatregelen op het gebied van de veiligheid van personenauto's*. R-2011-18. SWOV, Leidschendam.

Schoon, C.C. & Kampen, L.T.B. van (1992). *Effecten van maatregelen ter bevordering van het gebruik van autogordels en kinderzitjes in personenauto's*. R-92-14. SWOV, Leidschendam.

Socie, E., Duffy, R.E. & Erskine, T. (2012). *Substance use and type and severity of injury among hospitalized trauma cases: Ohio, 2004-2007.* In: Journal of Studies on Alcohol and Drugs, vol. 73, nr. 2, p. 260–267.

Stichting IJkdijk (z.j.). *All-In-One Sensor Validatietoets*. Groningen.

SWOV (2010). *Intelligente Transportsystemen (ITS) en verkeersveiligheid*. SWOV-factsheet, SWOV, Den Haag.

SWOV (2010). *Euro NCAP, een veiligheidsinstrument*. SWOV-factsheet. SWOV, Leidschendam.

SWOV (2010b). *Bromfiets- en motorhelmen*. SWOV-factsheet. SWOV, Leidschendam

SWOV (2011). *Rijden onder invloed van alcohol*. SWOV-factsheet, SWOV, Leidschendam.

SWOV (2012). *Maatregelen voor snelheidsbeheersing*. SWOV-factsheet. SWOV, Leidschendam.

SWOV (2012b). *Subjectieve verkeersonveiligheid*. SWOV-factsheet. SWOV, Leidschendam.

SWOV (2012c). Vermoeidheid: Vermoeidheid in het verkeer: oorzaken en gevolgen. SOWV-factsheet. SWOV, Leidschendam.

SWOV (2012d). *Fietshelmen*. SWOV-factsheet. SWOV, Leidschendam.

SWOV (2012e). *Autogordels, airbags en kinderbeveiligingsmiddelen*. SWOV-factsheet. SWOV, Leidschendam.

SWOV (2012n). *Volgtijd en verkeersveiligheid*. SWOV-factsheet SWOV, Leidschendam.

SWOV (2013). *Motorvoertuigverlichting overdag (MVO)*. SWOV-factsheet. SWOV, Leidschendam.

SWOV (2016). *Afleiding in het verkeer*. SWOV-factsheet. SWOV,Den Haag.

SWOV (2016b). *Snelheid en snelheidsmanagement*. SWOV-factsheet, SWOV, Den Haag.

SWOV (2016c). *Rijden onder invloed van alcohol*. SWOV- factsheet, SWOV, Den Haag.

Tingvall, C. et al.(2010). *The properties of Safety Performance Indicators in target setting, projections and safety design of the road transport system.* In: Accident Analysis and Prevention. Vol. 42, p. 372–376, doi.org/10.1016/j.aap.2009.08.015.

Trafikverket (2012). *Analytic report: Review of Interim Targets and Indicators for Road Safety in 2010–2020* (2012:162). Trafikverket, Borlänge, Zweden.

Vägverket (2008). *Målstyrning av trafiksäkerhetsarbetet - aktörssamverkan mot nya etappmål år 2020*. Vägverket, Borlänge, Zweden.

Veld, J. in ‘t (1992). *Analyse van organisatieproblemen; Een toepassing van denken in systemen en processen*. Stenfert Kroese, Leiden.

Vries, Y.W.R. de (2006). *To what extent does improved vehicle crashworthiness contribute towards a reduction in fatalities and severe injuries?* TNO Report 09.OR.SA.020.1/YdV, TNO Automotive, Delft.

Wegman & Aarts (2005). *Door met Duurzaam Veilig*. SWOV, Leidschendam.

Wegman et al. (2008). *SunflowerNext: Towards a composite road safety performance index*. SWOV, Leidschendam.

Weijermars, W.A.M. (ed.; 2008) *Safety Performance indicators for Roads: Pilots in the Netherlands, Greece, Israel and Portugal*. Deliverable D3.10c of the EU FP6 project SafetyNet.

Wijlhuizen, G. & Aarts, L. (2014) *Monitoring fietsveiligheid. Safety Performance Indicators (SPIs) en een eerste opzet voor een gestructureerd decentraal meetnet*. H-2014-01. SWOV, Den Haag.

Weijermars, W.A.M. & Bos, N. (2014). *Monitor Beleidsimpuls verkeersveiligheid 2013*. R-2014-2. SWOV, Den Haag.

Weijermars, W., Goldenbeld, Ch. & Bijleveld, F. (2014). Monitor Beleidsimpuls Verkeersveiligheid 2014. R-2014-36. SWOV, Den Haag.

Weijermars, W.A.M. Stipdonk, H.L. Aarts, L.T. Bos, N.M. & Wijnen, W. (2014). *Verkeersveiligheidsbalans 2000-2012. Oorzaken en gevolgen van verkeersonveiligheid*. R-2014-24. SWOV, Den Haag.

Wijlhuizen, G.J., Dijkstra, A. & Petegem, J.W.H. van (2014). *Safe Cycling Network. Ontwikkeling van een systeem ter beoordeling van de veiligheid van fietsinfrastructuur.* R-2014-14, SWOV, Den Haag.

Wijlhuizen, G.J., Dijkstra, A., Bos, N.M., Goldenbeld, Ch. & Stipdonk, H.L. (2013). *Educated Guess van gevolgen voor verkeersslachtoffers door maatregel Snorfiets op de rijbaan (SOR) in Amsterdam. Een eerste inschatting van effecten gerelateerd aan verkeersveiligheid.* D-2013-11. SWOV, Den Haag.

Wijnen, W., Mesken, J. & Vis, M.A. (2010). *Effect en kosten van verkeersveiligheidsmaatregelen.* R-2010-09. SWOV, Leidschendam

Bijlage I Voorbeelden van prestatie-indicatoren in andere verkeerssystemen

Deze bijlage bespreekt drie voorbeelden van beleidsdomeinen waarin met prestatie-indicatoren wordt gewerkt en vergelijkt de wijze hoe daarmee wordt omgegaan met die in het wegverkeer.

Voorbeeld uit de milieuhoek

Welke effecten menselijk handelen heeft op het milieu is al tientallen jaren onderwerp van onderzoek. De indicatoren op dit terrein moeten volgens Hammond et al. (1995) aan de volgende kenmerken voldoen:

- De indicatoren moeten een kwantitatief en vereenvoudigd beeld geven van complexe fenomenen
- Ze moeten geschikt zijn voor de beoogde gebruikers,
- Ze moeten relevant zijn uit beleidsoogpunt en
- Ze moeten zoveel mogelijk geaggregeerd om een veelvoud aan indicatoren, en daardoor onbegrip bij de gebruikers te vermijden.Voor elk aspect van het milieu kiest men bij voorkeur voor een *beperkt* aantal indicatoren.

Daarnaast moeten de indicatoren antwoord geven op de volgende vragen:

1. Wat gebeurt er met het milieu en natuurlijke hulpbronnen? Indicatoren beschrijven de toestand en ontwikkelingen van milieu en hulpbronnen (*state indicators*).
2. Waarom gebeurt dit? Indicatoren geven de oorzaken door menselijk handelen weer (*pressure indicators*).
3. Wat doen we er aan? Indicatoren die maatregelen laten zien (*response indicators*).

In onderstaande tabel zijn indicatoren voor verschillende milieuaspecten vermeld.

Issues	Pressure	State	Response
Climate Change	(GHG) emissions	Concentrations	Energy intensity; env. measures
Ozone Depletion	(Halocarbon) emissions; production	(Chlorine) concentrations; O_3 column	Protocol sign.; CFC recovery; Fund contrib'n
Eutrophication	(N,P water, soil) emissions	(N, P, BOD) concentrations	Treatm. connect.; investments/costs
Acidifcation	(SO_x, NO_x, NH_3) emissions	Deposition; concentrations	Investments; sign. agreements
Toxic Contamination	(POC, heavy metal) emissions	(POC, heavy metal) concentrations	Recovery hazardous waste; investments/costs
Urban Env. Quality	(VOC, NO_x, SO_x) emissions	(VOC, NO_x, SO_x) concentrations	Expenditures; transp. policy
Biodiversity	Land conversion; land fragmentation	Species abundance comp. to virgin area	Protected areas
Waste	Waste generation mun'pal, ind. agric.	Soil/groundwater quality	Collection rate; recycling investments/cost
Water Resources	Demand/use intensity resid./ind./agric.	Demand/supply ratio; quality	Expenditures; water pricing; savings policy
Forest Resources	Use intensity	Area degr. forest; use/sustain. growth ratio	Protected area forest, sustain. logging
Fish Resources	Fish catches	Sustainable stocks	Quotas
Soil Degradation	Land use changes	Top soil loss	Rehabilitation/protection
Oceans/Coastal Zones	Emissions; oil spills; depositions	Water quality	Coastal zone managment; ocean protection
Environmental Index	Pressure index	State index	Response index

Source: OECD and UNEP

Tabel BI.1: *Matrix van prestatie-indicatoren in het milieu (Hammond et al., 1995)*

In tegenstelling tot het verkeer is het milieu geen ontworpen systeem, waardoor de ontwerpdriehoek hier niet goed is toe te passen. De systeemindicatoren zoals beschreven door In 't Veld zijn wel te hanteren voor milieuproblemen. Vanuit een probleemdefinitie die de status quo beschrijft en de invloed van menselijk handelen daarbij worden maatregelen getroffen die tot een nieuwe status quo leiden. De indicatoren voor de status-quo zijn nog het beste te vergelijken met indicatoren voor input (als ze aan het begin van het proces worden gebruikt) en output (als resultaat van activiteiten). Er wordt bij deze indicatoren geen expliciet onderscheid gemaakt tussen 'leading' en 'lagging' indicatoren, wellicht omdat 'milieu', anders dan 'verkeersonveiligheid', meer een verzamelterm is voor een breed scala aan uitingsvormen dan dat bij verkeersveiligheid het geval is (ongevallen en slachtoffers). Wel wordt ook in de milieuhoek een expliciete rol toebedeeld aan activiteiten van de mens en de interactie daarvan met de omgeving, dat ook als een systeem wordt gezien. De vergelijking biedt het inzicht dat er zowel overeenkomsten (systeembenadering) als verschillen (niet één eindindicator, geen onderscheid directe en indirecte resultaten) zijn dus het verkeerssysteem en het milieu. Tot nu toe komen er echter geen inzichten uit naar voren die de insteek bij verkeersveiligheid kunnen verrijken.

Voorbeeld uit de waterkering

Op het terrein van waterkering hanteert men de kans op overstroming en de impact die dat heeft. Een situatie (bijvoorbeeld een bepaalde toestand van een dijk) wordt daarbij alleen maatschappelijk acceptabel gevonden als de kans op een overstroming met veel slachtoffers vele malen kleiner is dan een overstroming met weinig slachtoffers (Jonkman et al., 2003). Consequenties van situaties worden in twee grootheden uitgedrukt: slachtoffers en economische schade.

Waterkeringen worden zo ontworpen dat de kans op een overstroming binnen de eerder genoemde 'maatschappelijk acceptabele grenzen valt. Of de waterkering werkt zoals beoogt blijkt pas als de extreem hoge waterstand optreedt waarop de kering is gedimensioneerd. In het project IJKDIJK (Stichting IJkdijk, z.j.) heeft men een dijk experimenteel laten bezwijken. Hieruit is veel kennis opgedaan over de omstandigheden waarin een dijk bezwijkt en heeft men op basis hiervan relevante prestatie-indicatoren kunnen definiëren zoals scheurvorming, ongewenste begroeiing, mate van verzakking, vochtgehalte en afkalving. Deze kennis en de factoren waarin die kennis is uitgedrukt zou kunnen worden beschouwd als SPI's voor waterveiligheid.

Het waterkeringssysteem is (op de duinen na) grotendeels ontworpen. De primaire functie ervan is om het achterland te beschermen tegen overstroming. In veel gevallen heeft een dijk echter ook nog secundaire functies, bijvoorbeeld een verkeersfunctie of (in de duinen) een recreatieve functie. In het ontwerp is daar rekening mee gehouden. De verkeersfunctie kan na de ingebruikname veranderen waardoor de waterkerende functie in het gedrang komt (bijvoorbeeld: te zware belasting waardoor verzakking optreedt). Het ontwerp zal in dat geval aangepast moeten worden. In de gebruiksfase kan blijken dat door veranderde omstandigheden (meer regenwaterafvoer, hogere zeespiegel) het veiligheidsniveau voor wat betreft de waterkering te laag is geworden. Ook dan behoeft het ontwerp aanpassing, mar dan vanuit het oogpunt van een betere waterkering. In de gebruiksfase vindt onderhoud plaats. Het onderhoud zal gericht zijn op de indicatoren voor zowel de primaire waterkerende functie als de secundaire verkeersfunctie en/of recreatieve functie. De secundaire functie(s) kunnen echter op gespannen voet staan met het behoud van de primaire waterkerende functie. Als dit het geval is, zal het bedienen van de secundaire functie worden ingeperkt en zullen indicatoren voor deze secundaire functie mogelijk niet hun optimum bereiken.

In feite lijkt deze situatie zeer op die van het verkeerssysteem zoals we dat hebben geschetst aan de hand van In 't Veld: de primaire functie is het faciliteren van transportbewegingen van herkomst tot bestemming en secundaire functies zijn dat dit onder veilige en leefbare en comfortabele condities gebeurt. Een verschil met het verkeerssysteem is dat de waterkering primair gericht is op het reduceren van bepaalde risico's (namelijk het risico van overstroming), terwijl dit in het verkeerssysteem vooral secundaire doelen zijn. Wat toch interessant is uit de waterkeringsaanpak is de wijze waarop met normstelling voor maatschappelijk acceptabele risico's wordt omgegaan. Wat zijn de risico's van een situatie en hoeveel potentiele slachtoffers en maatschappelijke kosten brengt dat met zich mee. Door dat te koppelen aan de toestand van

het systeem (risico-indicatoren), kan inzichtelijk worden gemaakt wat de consequenties zijn van het in stand houden of juist verbeteren van een bepaalde situatie.

Voorbeeld uit het spoortransport

Het spoorverkeerssysteem is, anders dan het wegverkeerssysteem, meer vanuit veiligheidseisen ontworpen. Dat is historisch zo gegroeid omdat in de beginperiode van de spoorwegen grote ongevallen met veel slachtoffers plaatsvonden; dat werd onacceptabel geacht. Daarnaast is het binnen het spoorverkeer eenvoudiger dan bij het wegverkeer om de veiligheid vooraf in het systeem in te bouwen omdat de spoorwegen centraal worden aangestuurd (treindienstleiding) en de machinisten op een professionele manier de treinen (onder strikte voorwaarden) bedienen.

Binnen het spoorsysteem zijn prestatie-indicatoren vooral gericht op de effectiviteit en de efficiëntie van het systeem. Prestatie-indicatoren voor veiligheid betreffen vooral de frequentie en aard van diverse incidenten zoals door een rood sein rijden, defecte treinen, personen die op of langs het spoor lopen, voertuigen of personen die een overweg kruisen terwijl dat niet is toegestaan enzovoort (Anderson et al., 2003). Deze indicatoren hebben bovendien een sterke relatie met verstoringen en vertragingen van de treindiensten. In het Nederlandse spoorverkeer hanteert men momenteel vooral het aantal slachtoffers als veiligheidsindicator (NS, 2016). Daarnaast krijgt sociale veiligheid momenteel veel aandacht. Spoorbeheerder ProRail alle veiligheidsincidenten en getroffen veiligheidsmaatregelen aan de Inspectie voor Transport en Leefomgeving (ProRail, 2015).

Betrekken we de ontwerpdriehoek van Dijkstra & Twisk (1991) op het spoorsysteem, dan kan gesteld worden dat de vormgeving van de spoorwegen er op gericht is om de vrijheidsgraden tijdens het gebruik zo klein mogelijk te houden. De gebruiker is ondergeschikt gemaakt aan de vorm. Dit heeft bijgedragen aan een hoog veiligheidsniveau. In sommige gevallen, bijvoorbeeld in het metrobedrijf maar ook in internationale treinen, is geheel of vrijwel geheel automatisch rijden ingevoerd. De gebruiker is dan bijna geheel uit beeld: hij is alleen op bepaalde momenten nog een supervisor van het systeem. Daarnaast zijn ook de treindienstleiders nog actief.

Leggen we de relatie met het wegverkeer, dan zien we dat ook daar veel verwacht wordt van een toekomst waarbij de weggebruiker een minder actieve rol heeft in het besturen van de auto en meer taken geautomatiseerd zijn en aan de vormgeving van het systeem is overgelaten (zie bijvoorbeeld SWOV, 2010). Of dat ertoe gaat leiden dat ongevallen en incidenten de enige zinvolle maten zijn om het veiligheidsniveau aan af te lezen, valt te bezien.

Conclusies ten aanzien van prestatie-indicatoren in verschillende systemen

In de milieuwereld is gekozen voor drie typen prestatie-indicatoren: indicatoren die de toestand van het systeem beschrijven, indicatoren die de invloed van de mens op deze toestand beschrijven en indicatoren die beschrijven hoe het systeem daarop reageert. Daardoor wordt inzichtelijk welke maatregelen passen bij de aanpak van een milieuprobleem. De

toestandsindicatoren zijn nog het beste te vergelijken met de indicatoren die we in de verkeersveiligheid als einduitkomst (en ook als beginsituatie) hanteren. Verder is vooral een groot verschil met het verkeerssysteem dat de mens weliswaar invloed heeft op het milieusysteem maar dit niet een door mensen ontworpen systeem betreft waarop bijvoorbeeld de ontwerpdriehoek op van toepassing is. De wijze waarop binnen het milieudomein met prestatie-indicatoren wordt omgegaan, biedt momenteel geen nieuwe inzichten of aanknopingspunten voor het verkeersveiligheidsdomein.

In de waterkeringswereld is er een dringende noodzaak om waterkeringen in stand te houden met als doel om voorbereid te zijn op extreem hoge waterstanden. Verkeerskundige en recreatieve functies zijn daaraan ondergeschikt. De prestatie-indicatoren voor de waterkeringen zijn dan ook in belangrijke mate gerelateerd aan de sterkte van de waterkering en in mindere mate op de verkeersfunctie van dijken. Veiligheid (vanuit waterbeheer) is in dit door mensen ontworpen systeem dus een primaire functie – dit in tegenstelling tot het verkeerssysteem. De ontwerpdriehoek is op meerdere functionaliteiten van toepassing (waterkering, verkeer, recreatie). Ondanks de geconstateerde verschillen is het interessant hoe in het domein van de waterkering met normstelling over wat 'veilig' is en welke risico's 'maatschappelijk acceptabel' zijn wordt gedacht. Dit is een combinatie van de kans op een ongewenst voorval (bijvoorbeeld een overstroming) maal de hoeveelheid slachtoffers dat daarbij te verwachten is. Dit getal moet zo klein mogelijk zijn (kleine kans en/of klein aantal slachtoffers).

In de spoorwereld is veiligheid (verkeersonveiligheid als ongewenst resultaat) een belangrijke ontwerpeis geworden. Omdat de spoorveiligheid al zo veel mogelijk in het ontwerp van het railsysteem zit ingebouwd zijn *interne* prestatie-indicatoren voor veiligheid (leading indicators) wellicht minder nodig; in ieder geval worden ze binnen het Nederlandse spoorverkeer momenteel niet gehanteerd. Verder worden er prestatie-indicatoren gehanteerd die gericht zijn op de effectiviteit en de efficiëntie van het spoorverkeer. Het is vooral interessant om te zien hoe in een systeem als het spoorverkeer met veiligheid wordt omgegaan en het systeem zo inherent mogelijk ontworpen is. Of dit inderdaad met zich meebrengt dat hierdoor 'leading' indicatoren (SPI's) overbodig worden is overigens nog niet gezegd. Er is namelijk ook wat voor te zeggen om ongevallen en incidenten – die in een inherent veilig systeem nóg zeldzamer zullen zijn dan in een systeem zoals het wegverkeer dat minder inherent veilig is – aan te vullen met een aantal nog resterende risico-indicatoren. Daar moet dan wel op voorhand een beeld van bestaan. In een door mensen ontworpen systeem waarbij alle op voorhand te bedenken risico's zijn uitgesloten, is het wellicht wel logisch dat er geen 'leading' indicatoren meer zijn en moeten resterende risico's blijken uit een grondige analyse van de zeldzame ongevallen die dan nog zullen plaatsvinden.

Bijlage II Prestatie-indicatoren op verschillende ruimtelijke niveaus van het verkeerssysteem

Deze bijlage gaat wat dieper in op prestatie-indicatoren die op verschillende ruimtelijke niveau's van het verkeerssysteem gedefinieerd kunnen worden.

Niveau I: Ruimtelijke spreiding van activiteiten

Vervoerbewegingen worden in de eerste plaats beïnvloed door structuren en activiteiten die een bepaalde ruimtelijke spreiding hebben. Dit in de context waarbinnen herkomsten en bestemmingen gedefinieerd kunnen worden, de dominante reismotieven (woon-werk, woon-school, woon-winkel enzovoort), de perioden van vervoer, de beschikbare vervoermiddelen (wel of geen treinstation, wel of geen korte afstanden tussen belangrijke herkomsten en bestemmingen) etc. De belangrijkste verwachte verplaatsingen worden vooral bepaald door de dichtstbij gelegen centrumlocatie (zie bijvoorbeeld FGSV, 1988).).

Op dit niveau is de invloed op verkeersveiligheid indirect. Voorbeelden van indirecte effecten: in het geval van lange verplaatsingen zullen er minder fietsverplaatsingen zijn. Veel verschillende activiteiten in een klein gebied kunnen leiden tot een complexe verkeerssituatie met een mix van veel vervoermiddelen. Bestemmingen voor veel vrachtverkeer kunnen tot ongewenste menging met kwetsbare verkeersdeelnemers leiden.
De 'prestatie-indicatoren en zeker SPI's zijn hier tamelijk algemeen en zelden kwantitatief van aard, zoals de mate van het stedelijk ruimtebeslag in een gebied (zie bijvoorbeeld Provincie Utrecht, 2009). Op dit niveau worden wel de randvoorwaarden en structuren vastgelegd die doorwerken op de lagere niveaus en die bepalend zijn voor de uiteindelijke veiligheidssituatie 'op straat'. Onderzoek naar veiligheidsaspecten van kenmerken op dit niveau is vaak uitgevoerd in samenhang met kenmerken van niveau II.

Niveau II: Netwerk van verbindingen

Door de vervoersvraag ontstaan op het niveau van verbindingen de verkeersstromen. De wegenstructuur is de basis waarop de verkeerstromen kunnen plaatsvinden. De wegenstructuur hangt samen met de ruimtelijke verdeling en de omvang van de woon- en werklocaties (Niveau I). Dit werkt twee kanten op omdat veelal nabij belangrijke wegen en spoorwegen nieuwe locaties worden gesitueerd.

Door routekeuze en de eigenschappen van de gekozen vervoermiddelen (snelheid, aantal) verdeelt het verkeer zich over het wegennet. Soms beïnvloedt men deze verdeling door technische maatregelen zoals dosering (dynamisch verkeersmanagement).

De SPI's op dit niveau zijn gestoeld op wegenstructuur, wegcategorisering, routekeuze, beoogde en feitelijke snelheidsverdeling (per route of per wegvak) en volgtijdverdeling. Prestatie-indicatoren zijn in drie groepen in te delen:

a) Netwerken en wegennetten gerelateerd aan mogelijke conflicten

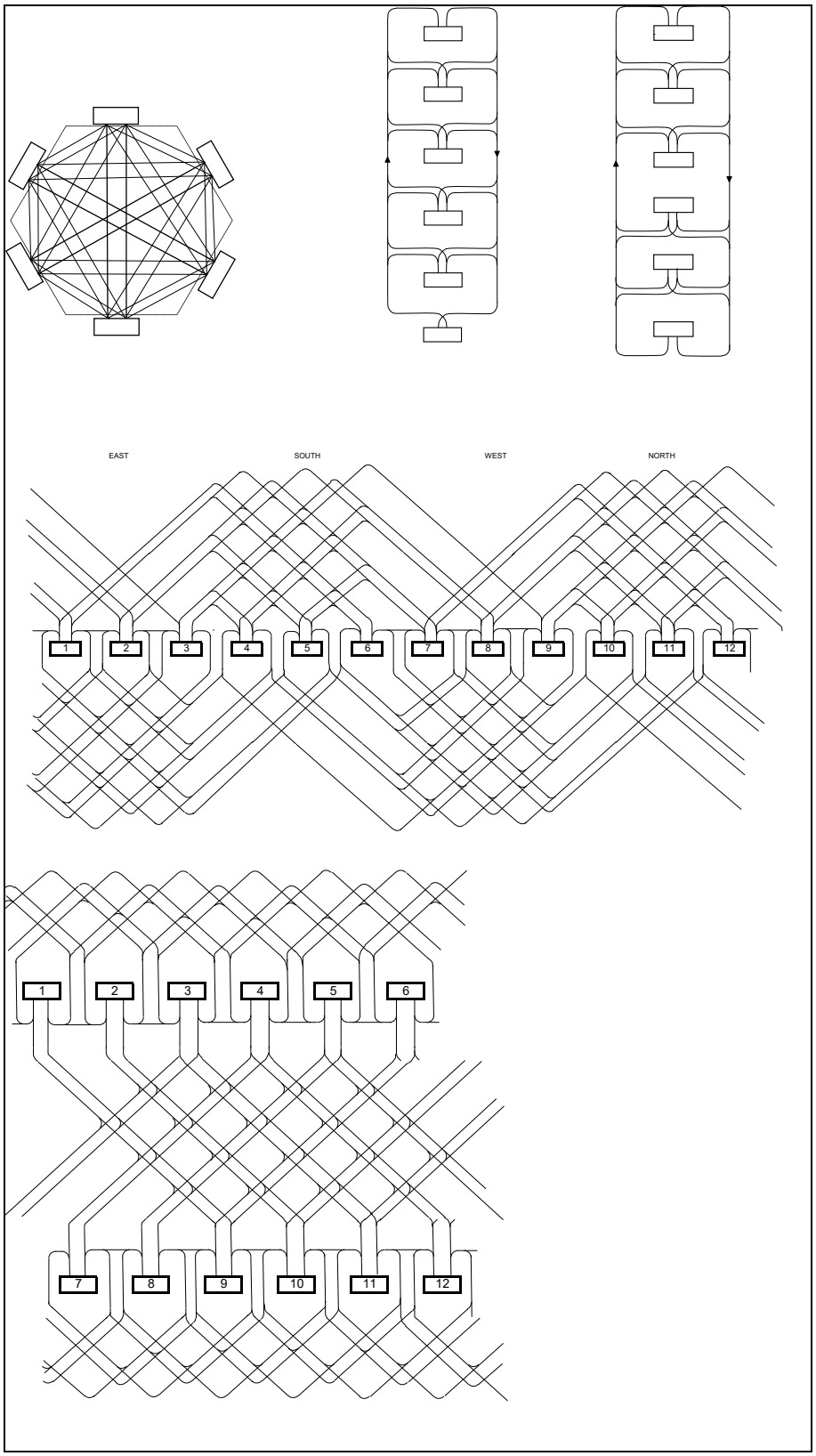
b) Wegenstructuur en verkeerskenmerken gerelateerd aan ongevallencijfers
c) Wegenstructuur en wegcategorisering versus verkeersintensiteiten en/of ongevallencijfers

Hieronder gaan we kort op elk van deze drie groepen in.

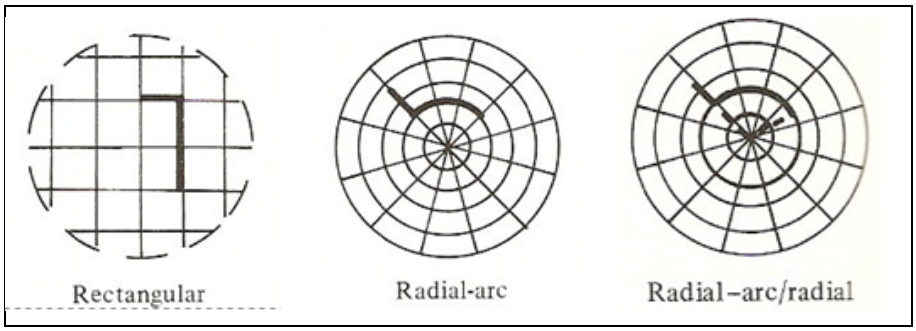
Relatie tussen netwerken en mogelijke conflicten

Voor het beschrijven, analyseren en evalueren van route- of ontsluitingssystemen en van wegennetten of -structuren is een aantal indicatoren en kenmerken beschikbaar. Verscheidene auteurs hebben deze indicatoren toegepast, vaak op theoretische structuren en systemen (Holroyd, 1966, 1968; Bolt, 1983; Vaughan, 1987; Wright et al.,1995; en Marshall, 2005), soms op voorbeelden uit de praktijk (bijvoorbeeld Jansen & Bovy,1974, 1975; Taylor, 2000).

Indicatoren voor het aantal kruisende bewegingen, en de aard daarvan, zijn van belang voor de latere toepassing op de bruikbaarheid van structuren voor een grotere of zelfs optimale verkeersveiligheid. Er zijn voldoende aanwijzingen dat sommige structuren tot minder kruisende bewegingen leiden. De keerzijde hiervan kan een grotere afgelegde afstand zijn, dus een langere blootstelling aan gevaren in het verkeer. In theorie zijn er structuren die zowel een gunstige afgelegde afstand als een geringer aantal kruisingen vertonen. Bij Wright et al. (1995) zijn dat convexe en concentrische polygonen, two one-way corridors en North/South - East/West split (Afbeelding BII.1) en bij Vaughan (1987) en bij Holroyd (1966) zijn dat cirkelvormige structuren met de ontsluitingssystemen radial-arc/radial, radial/arc en rectangular (Afbeelding BII.3) evenals rechthoekige structuren met een circulatiesysteem waarbij voertuigen een afslaande beweging kiezen die het verst van het centrum verwijderd is. In deze structuren zijn alle wegen van gelijke orde en vormgeving. Verandering in orde en/of vormgeving zal de uitkomsten kunnen beïnvloeden.



Afbeelding BII.1. *Structuren bij Wright (1995) met gunstige combinatie van weglengte en aantal kruisende bewegingen.*



Afbeelding BII.2. *Structuren bij Vaughan (1987) met gunstige combinatie van weglengte en aantal kruisende bewegingen.*

Relatie tussen stedelijke en substedelijke structuren met ongevallencijfers

In analyses op structuurniveau hebben onderzoekers diverse variabelen in verband gebracht met het aantal (ernstige) ongevallen: er zijn verscheidene statistische modellen (meestal regressiemodellen) opgesteld die het aantal ongevallen of slachtoffers relateren aan variabelen die gebaseerd zijn op sociaaleconomische, verkeers(structuur)-, en bevolkingsgegevens. De variabelen die een duidelijke samenhang vertonen met de verkeersonveiligheid (zie ook Houwing et al., 2012) zijn:

- snelheidslimiet, verhouding intensiteit-capaciteit, aantal huishoudens, kruispuntdichtheid en weglengte (Hadayeghi et al., 2003);
- het aantal afgelegde kilometers, de weglengte, het aantal kruispunten met VRI, de hoeveelheid bedrijfsterrein en industrieel terrein (in m^2) en het aantal inwoners (Hadayeghi et al., 2007);
- kruispuntdichtheid en weglengte per wegcategorie, bevolkingsdichtheid en aantal werkenden (Ladrón de Guevara et al., 2004);
- verkeersintensiteit, weglengte van hoofdwegen en woonstraten, aantal werknemers en aantal huishoudens zonder auto (Quddus, 2008).

In deze bevindingen komt iedere keer de weglengte, het aantal werknemers of inwoners terug als relevante factor (hoe meer, van deze factoren, hoe meer ongevallen of slachtoffers) en blijken de uitgebreidere modellen (met meer variabelen) tot betere resultaten te leiden (beter het aantal ongevallen te beschrijven of te voorspellen). De onderzoekers hebben echter verschillende sets variabelen gebruikt, waardoor de bevindingen lastig met elkaar vergeleken kunnen worden.

Deze aanpak met statistische modellen kenmerkt zich door de *geringe theoretische basis* over de relatie tussen de variabelen. De keuze van variabelen in een model lijkt in belangrijke mate te worden gedreven door de beschikbaarheid van bepaalde gegevens en in veel mindere mate door inhoudelijke overwegingen. Bovendien is in dit type studies de beschikbaarheid van voldoende gegevens over ongevallen essentieel. De beschikbare (recente) literatuur over dit onderwerp is overigens betrekkelijk gering.

Op grond van bovengenoemde resultaten zouden de volgende factoren op netwerkniveau als SPI's kunnen worden aangeduid, waarbij in het algemeen

is gevonden dat hoe meer van deze factoren aanwezig is in een gebied hoe meer ongevallen:

- aantal werknemers of inwoners;
- weglengte;
- kruispuntdichtheid of aantal VRI-kruispunten.

Overigens dient hierbij wel opgemerkt te worden dat dergelijke indicatoren niet per definitie 'risicofactoren' betreffen in de zin van 'gevaarverhogende' factoren. Het zijn wel indiciatoren die met aantal ongevallen en slachtoffers blijken samen te hangen.

Relatie tussen wegenstructuren, intensiteiten en/of ongevallencijfers

Zowel modelstudies als voor-/nastudies in verschillende landen tonen de relatie aan tussen verschillende wegstructuren (manieren waarop het wegenpatroon is vormgegeven en de mate waarin wegen al dan niet op elkaar aansluiten) en hun invloed op ongevallen (en overigens ook verkeersintensiteiten).

De belangrijkste bevindingen zijn:

1. De laagste ongevallendichtheid is te vinden bij een wegenstructuur die uitsluitend drietakskruispunten bevat maar wel routes dwars door het gebied heen mogelijk maakt (zie bijvoorbeeld Marks, 1957; Janssen & Kraay, 1984). Een structuur met beperkte toegang heeft een iets grotere ongevallendichtheid. De rasterstructuur komt, zoals verwacht, met de hoogste ongevallendichtheid naar voren Lovegrove & Sayed (2006, 2007).
2. De aansluiting op het omliggende wegennet heeft invloed op de aanwezigheid van sluipverkeer in een gebied (zie bijv. Krabbenbos et al., 2002): de aansluitingen in het midden van de zijden bieden de snelste sluiproutes, want hierdoor kan het doorgaand verkeer zonder enige omweg dwars door het gebied rijden (in plaats van er omheen). De aansluitingen op de hoekpunten bieden een even lange route door het gebied als via de randwegen. Een hogere snelheidslimiet op de randwegen maakt het minder aantrekkelijk door een gebied heen te rijden. Een toename van het aantal aansluitrichtingen leidt tot een afname van de ritlengte van het bestemmingsverkeer.
3. Diverse verkeersmaatregelen in een gebied (eenrichtingsverkeer, afsluitingen van een straat of van bepaalde richtingen op een kruispunt, interne zonering, snelheidsremmers) kunnen de weerstand voor doorgaand verkeer zo ver opvoeren dat nauwelijks doorgaand verkeer resteert (zie o.a. Van Minnen, 1999; Gadd, 1997; Skoupil et al., 1983; Janssen & Kraay, 1984). Dit komt de verkeersveiligheid (Janssen, 1991; Pfundt et al., 1979; Engel & Thomsen, 1983) en het milieu in het gebied ten goede. Door deze maatregelen neemt de intensiteit op de randwegen toe. Om de gunstige effecten in het gebied op te laten wegen tegen de verslechteringen op de randweg zijn er specifieke maatregelen op de randwegen nodig voor milieu en verkeersveiligheid.
4. Een regionaal wegennet met een wegcategorisering volgens Duurzaam Veilig leidt tot iets minder slachtoffers (-5%) dan een traditionele wegcategorisering (Dijkstra & Van de Pol, 1991; Poppe,1997). Door het grotere aantal rotondes bij Duurzaam Veilig is het aantal voertuigverliesuren ongeveer 15% lager dan in een traditioneel wegennet (Poppe, 1997).

Op grond van deze resultaten zouden de volgende kenmerken als SPI op netwerkniveau aangemerkt kunnen worden:

- Aandeel drietakskruispunten (van het totale aantal kruispunten)
- Mate van beperkte toegang tot wegenstructuur
- Locatie van aansluitingen van een gebied op het omliggend wegennet
- Mate van weerstand in een gebied (door snelheidsremmers, afsluitingen, eenrichtingsverkeer)

Niveau III: Verkeer(stromen)

Dit is het niveau waarop zich de verkeersbewegingen afspelen. Hier zijn de voor- en nadelen van het verkeer in directe zin merkbaar, zoals enerzijds bereikbaarheid en 'verkeersplezier' (motorrijden) en anderzijds geluidhinder, uitlaatgassen, verkeersonveiligheid en ruimtebeslag.

Dijkstra & Aarts (2014), Wijlhuizen & Aarts (2014), Goldenbeld & Aarts (2013), Houwing & Aarts (2013) en Dijkstra et al. (2015) geven SPI's op dit niveau zoals aard en omvang van ontmoetingen en conflicten, rijsnelheden en rijden onder invloed van alcohol en doen concrete aanbevelingen voor het opzetten van meetnetten om inzicht te krijgen in deze SPIs. Ook samengestelde SPI's voor het ontwerp van de infrastructuur zoals de DV-meter[14] en VSGS[15] fungeren op dit niveau.
Zoals we eerder zagen bij bespreking van de ontwerpdriehoek (§2.1.2) kan er een verschil bestaan tussen beoogd gebruik en feitelijk gebruik. Zo kan een weg zijn ontworpen voor een bepaalde snelheid (blijkend uit bijvoorbeeld ontwerpsnelheid, snelheidslimiet en eventueel de belijning), terwijl deze bij een groot deel van gebruikers ongeloofwaardig overkomt en daardoor hogere snelheden uitlokt dan bedoeld. Ook de hoeveelheid verkeer kan bijvoorbeeld anders zijn dan de functie en/of vormgeving van de weg toelaat.

Tussen functie en vormgeving zien we vooral discrepanties als de vormgeving niet consequent is afgestemd op de gekozen functie. De functie kan bijvoorbeeld door de jaren heen veranderd zijn waardoor de vormgeving niet meer actueel is. De DV-meter toetst de hoofdlijnen van de vormgeving aan de gekozen functie. Discrepantie tussen gebruik en functie is zichtbaar als het feitelijk gebruik anders is dan volgens de functie mag worden verwacht. Bijvoorbeeld een woonstraat die veel meer verkeer moet verwerken dan beoogd omdat er 'ongepland' iets verderop een belangrijke publiekstrekker is geopend en daardoor meer een doorgaande functie krijgt. SPI's voor de discrepantie tussen functie en gebruik ontbreken nog.

Literatuur

Bolt, D. (1983). *Urban form and energy for transportation. A study for Projectbureau IVVS.* Planologisch Studiecentrum TNO, Delft.

Dijkstra, A. (2003). *Kwaliteitsaspecten van duurzaam-veilige weginfrastructuur.* R-2003-10. SWOV, Leidschendam.

[14] Meet het duurzaam veilig-gehalte van een weg: het aandeel kenmerken dat voldoet aan de eisen van een duurzaam veilige weginrichting.
[15] Toetst in hoeverre rijsnelheden en snelheidslimiet veilig zijn en in hoeverre de geldende en veilige snelheidslimiet geloofwaardig zijn.

Dijkstra, A. & Aarts, L. (2014). *Monitoring verkeersinfrastructuur; Handreiking voor een gestructureerd decentraal meetnet*. H-2014-2. SWOV, Den Haag.

Dijkstra, A. & Drolenga, J. (2007). *Verkeersveiligheidsevaluaties van routekeuze.* R-2006-19. SWOV, Leidschendam

Dijkstra, A. & Pol, W.H.M. van de (1991). *Effecten op leefbaarheid: aspect verkeersveiligheid; Studie effecten openstelling ringweg Amsterdam.* Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde, Rotterdam.

Dijkstra, A., Wijlhuizen, G.J. & Aarts, L.T. (2015). *Monitoring van de veiligheidskwaliteit van weginfrastructuur en fietsinfrastructuur. Proefmetingen in een aantal regio's.* R-2015-5. SWOV, Den Haag.

Engel, U. & Thomsen, L.K. (1983). *Trafiksanering på Østerbro; Sammenfatning.* Rådet for Trafiksikkerhedsforskning, Kopenhagen.

FGSV (1988). *Richtlinien für die Anlage von Straßen - RAS. Teil: Leitfaden für die funktionelle Gliederung des Straßennetzes RAS-N*. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV, Köln.

Gadd, M.L. (1997). *Road network planning - towards a comprehensive approach.* In: IPENZ Transactions, Volume 24, No. 1/CE.

Goldenbeld, Ch. & Aarts, L.T. (2013). Monitoring snelheid in het verkeer. Handreiking voor een gestructureerd decentraal meetnet. H-2013-2, SWOV, Leidschendam.

Hadayeghi, A., Shalaby, A.S. & Persaud, B.N. (2003). *Macrolevel accident prediction models for evaluating safety of urban transportation systems*. In: Transportation Research Record 1840, p. 87-95. Transportation Research Board, Washington, D.C.

Hadayeghi, A., Shalaby, A.S. & Persaud, B.N. (2007). *Safety prediction models; Proactive tool for safety evaluation in urban transportation planning applications*. In: Transportation Research Record 2019, p. 225-236. Transportation Research Board, Washington, D.C.

Holroyd E.M. (1966). *Theoretical average journey lenghts in circular towns with various routeing systems. Report 43.* Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne.

Holroyd E.M. (1968). *Routing traffic in a square town to minimize route-crossings.* In: Beiträge zur Theorie des Verkehrsflußes, Referate anläßlich des IV. Internationalen Symposiums über die Theorie des Verkehrsflusses in Karlruhe im Juni 1968, Heft 86, pp 175-183. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Bundesminister für Verkehr, Bonn.

Houwing, S. & Aarts, L.T. (2013). *Monitoring rijden onder invloed van alcohol. Handreiking voor een gestructureerd decentraal meetnet.* H-2013-1. SWOV, Leidschendam.

Houwing, S., Aarts, L.T., Reurings, M.C.B. & Bax, CB. (2012). *Verkennende studie naar regionale verschillen in relatie tot verkeersveiligheid.* R-2012-10. SWOV, Leidschendam.

Jansen, G.R.M. & Bovy, P.H.L. (1974). *An analysis of the size of network models. Memorandum No. RAV/2/74.3.* Institute for Town Planning Research. Delft University of Technology, Delft.

Jansen, G.R.M. & Bovy, P.H.L. (1975). *Urban road network size: some Dutch findings. Memorandum No. RAV/2/75.2.* Institute for Town Planning Research. Delft University of Technology, Delft.

Jansen, G.R.M. & Vuren, T. van (1985). *De externe vervoersrelaties van de vier grote steden in Nederland: een empirische studie.* Instituut voor Stedebouwkundig Onderzoek, Technische Hogeschool Delft.

Janssen, S.T.M.C. (1991). *Road safety in urban districts; Final results of accident studies in the Dutch demonstration projects of the 1970s.* In: Traffic Engineering and Control, Volume 32, Nr. 6, pp. 292-296.

Janssen, S.T.M.C. & Kraay, J.H. (1984). *Demonstratieproject herindeling en herinrichting van stedelijke gebieden (in de gemeenten Eindhoven en Rijswijk); Eindrapport van het onderzoek Verkeersveiligheid.* R 84 29. SWOV, Leidschendam.

Krabbenbos, J., Maarseveen, M.F.A.M. van & Zuidgeest, M.H.P. (2002). *Evaluating access road network structures for built-up areas from a sustainable transport perspective.* In: Sucharov, L.J. & Brebbia, C.A. (eds.), Urban Transport VIII, WIT Press, Southampton, UK.

Ladrón de Guevara, F., Washington, S.P. & Oh, J. (2004). *Forecasting crashes at the planning level; simultaneous negative binomial crash model applied in Tucson, Arizona*. In: Transportation Research Record 1897, p. 191-199. Transportation Research Board, Washington, D.C.

Lovegrove, G.R. & Sayed, T. (2006). *Using macrolevel collision prediction models in road safety planning applications.* In: Transportation Research Record 1950. pp. 73-92. Transportation Research Board, Washington, D.C.

Lovegrove, G.R. & Sayed, T. (2007). *Macrolevel collision prediction models to enhance traditional reactive road safety improvement programs.* In: Transportation Research Record 2019. pp. 65-73. Transportation Research Board, Washington, D.C.

Marks, H. (1957). *Subdividing for traffic safety.* In: Traffic Quarterly, July, p. 308 325.

Marshall S. (2005). *Street & patterns.* Spn Press, London/New York.

Minnen, J. van (1999). *Geschikte grootte van verblijfsgebieden; Een theoretische studie met toetsing aan praktijkervaringen.* R-99-25. SWOV, Leidschendam.

Pfundt et al. (1979). *Großversuch Verkehrsberuhigung in Wohngebieten. Schlußbe¬richt der Beratergruppe.* Der Minister für WMV des Landes Nordrhein-Westfalen. Kirschbaum Verlag. Köln.

Poppe, F. (1997). *Duurzaam-veilig en bereikbaarheid: proefproject Midden-Nederland.* R-97-40. SWOV, Leidschendam.

Provincie Utrecht (2009). *Prestatie-indicatoren voor de programmabegroting 2009. PS2008BEM28 bijlage1*. Provincie Utrecht, Utrecht.

Quddus, M.A. (2008). *Modelling area-wide count outcomes with spatial correlation and heterogeneity; An analysis of London crash data*. In: Accident Analysis and Prevention, vol. 40, p. 1486-1497.

Skoupil, G.; Müller, P. & Topp, H.H. (1983). *Folgen der Verdrängung von Kfz-Verkehr aus verkehrsberuhigten Bereichen und dessen Bündelung auf Randstraßen.* Heft 400. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik. Bundesministerium für Verkehr, Bonn.

Taylor, M.A.P. (2000). *Network modelling of the traffic, environmental and energy effects of lower urban speed limits.* In: Road & Transport Research, Volume 9, No. 4, December, pp.48-57.

Vaughan, R. (1987). *Urban spatial traffic patterns.* Pion Limited, London.

Wijlhuizen, G.J. & Aarts, L. (2014) *Monitoring fietsveiligheid. Safety Performance Indicators (SPIs) en een eerste opzet voor een gestructureerd decentraal meetnet*. H-2014-1. SWOV, Den Haag

Wright, C. Jarrett, D. & Appa, G. (1995). *Spatial aspects of traffic circulation: I. a review of alternative systems.* In: Transportation Research Part B, Volume 29, No. 1, pp. 1-32.

Bijlage III: Gescoorde gedragsfactoren

Deze bijlage presenteert de wijze waarop de gedragsfactoren zijn gescoord in het onderzoek met registratiesets. Hierbij bespreken we eerst een aantal algemene aanwijzingen die aan de beoordelaars is meegegeven, vervolgens bespreken we hoe de individuele gedragingen geïnterpreteerd en gescoord dienden te worden.

Perspectief
Wwe kijken voor de gedragingen naar het *hele ongeval*: welke factoren hebben tijdens het ongeval een rol gespeeld. Mogelijk dat er een combinatie van factoren relevant is. In dat geval worden meerdere factoren gescoord per ongeval.

Zekerheid van vóórkomen
De op voorhand gedefinieerde risicofactoren scoren we in vier klassen van 'zekerheid':

- Zeker: hierbij is een grote mate van zekerheid dat deze factor een rol heeft gespeeld in het ongeval;
- Mogelijk wel: hierbij bestaat het vermoeden dat de factor een rol heeft gespeeld bij het ongeval;
- Waarschijnlijk niet: hierbij bestaat het vermoeden dat de factor niet aanwezig was of geen rol speelde bij het ontstaan van of letsel bij het ongeval;
- Zeker niet: hierbij is een grote mate van zekerheid dat de factor geen rol heeft gespeeld bij het ontstaan of letsel bij het ongeval.

Voorkómen van letsel
Beveiligingsmiddelen kunnen een rol spelen bij het voorkómen van letsel. Daarom worden deze factoren alleen gescoord voor zover ze een rol kunnen hebben gespeeld bij het ontstaan van letsel. Deze worden dus alleen gescoord vanuit het perspectief van het dodelijke slachtoffer.

Bewuste overtredingen en onbedoelde fouten
Een bewuste overtreding of onbedoelde fout wordt alleen gescoord indien er sprake is dat een risicofactor mogelijk of zeker een rol heeft gespeeld bij het ontstaan van het ongeval of letsel. Bij vermoedelijk of zeker niet, wordt dit niet gescoord, er is dan immers zeker of waarschijnlijk geen sprake van deze factor en dus ook niet van een overtreding of fout.

Onaangepaste snelheid

Altijd mogelijk van toepassing.

Zeker wel
Blijkend uit, remsporen, van weg of op verkeerde weghelft raken (bocht), meerdere getuigenverklaringen.
Lep op: kan ook te lage snelheid zijn, bijvoorbeeld bij te traag optrekken waardoor anderen de betreffende verkeersdeelnemer niet meer kunnen ontwijken.

Mogelijk wel
Indien remsporen, van weg of op verkeerde weghelft raken (bocht), getuigenverklaringen elkaar tegenspreken of er maar één enkele aanwijzing is bijvoorbeeld:

- betrokkenen uit de bocht is gevlogen;
- bij vermelding van vermoedelijk te hoge snelheid op het registratieformulier.

Let op: kan ook te lage snelheid zijn, bijvoorbeeld bij te traag optrekken waardoor anderen de betreffende verkeersdeelnemer niet meer kunnen ontwijken.

Waarschijnlijk niet
Geen meldingen of aanwijzingen voor onaangepaste snelheid.

Zeker niet
Als uit de beschrijving duidelijk blijkt dat snelheid geen enkele rol heeft gespeeld (niet te hoog of te laag) en/of als dit expliciet op het formulier wordt gemeld. Bijvoorbeeld iemand die op straat ligt in een 30 zone en wordt overreden door een inparkerende auto of auto waarvan getuigen beweren dat deze rustig reed.

Bewuste overtreding of onbedoelde fout
Beide mogelijk.

- Bewuste overtreding: (veel) te hard rijden.
- Onbedoelde fout: snelheid is beetje onaangepast of andere indicaties waaruit mogelijk een fout of onduidelijkheid over snelheid blijkt, te hard rijden met verkeer mee (b.v. in 60km/uur-zone!), te langzaam rijden e.d.

Roodlichtnegatie

Niet van toepassing indien kruispunt niet met verkeerslichten is uitgerust.

Zeker wel

- Blijkend uit getuigenverklaringen.
- Er vaststond dat een der betrokkene door rood licht gereden moest zijn, maar niet duidelijk was wie van hen zich hieraan schuldig had gemaakt.

Mogelijk wel

- In het registratieformulier het vermoeden wordt geuit dat betrokkene een voor hem of haar rood verkeerslicht heeft genegeerd.
- Indien getuigen elkaar tegenspreken

Waarschijnlijk niet
Geen meldingen of aanwijzingen dat roodlichtnegatie in het spel is op een met VRI-geregeld kruispunt.

Zeker niet
Indien uit de registratieset expliciet blijkt (b.v. getuigenverklaringen) dat geen van de betrokkenen door rood is gereden op een VRI-kruispunt.
Indien geen VRI aanwezig, dan NVT gebruiken!

Bewuste overtreding of onbedoelde fout
Beide mogelijk:

- Bewuste overtreding: roodlichtnegatie in overzichtelijke omgeving en zonder aanleiding voor fout, eventueel in combinatie met andere ongewenste gedragingen zoals hoge snelheid, nog even gas geven.
- Onbedoelde fout: roodlichtnegatie in onoverzichtelijke omgeving (begroeiing voor licht b.v.).

Rijden onder invloed

Altijd mogelijk van toepassing.

Zeker wel

- Op het registratieformulier melding is gemaakt van een daadwerkelijke alcoholovertreding (blaast A).
- Op basis van getuigenverklaringen waaruit bleek dat een verkeersdeelnemer met alcohol op de straat op was gegaan (als bestuurder van voertuig of voetganger).

Mogelijk wel

- Op het registratieformulier melding is gemaakt van alcoholgebruik maar dit onder de als strafbaar gestelde limiet is bevonden in combinatie met op het formulier beschreven gedrag waaruit de invloed van alcohol kan worden afgeleid.
- betrokkene geen volledige controle had over het voertuig
- betrokkene slingerde
- betrokkene om onbekende redenen op de verkeerde weghelft is beland
- betrokkenen van de weg is geraakt
- In een enkel geval is deze beoordeling ook toegekend omdat op het formulier melding werd gemaakt van *vermoedelijk* alcoholgebruik (b.v. dranklucht in auto).

Waarschijnlijk niet
Geen meldingen of aanwijzingen dat alcoholgebruik in het spel is.

Zeker niet
Indien betrokkenen een P blazen. Let op: in dit geval kan er nog steeds alcoholgebruik in het spel zijn, echter is het onder de limiet gebleven.

Bewuste overtreding of onbedoelde fout
Beide mogelijk:

- Bewuste overtreding: aangezien drankgebruik in principe een bewuste activiteit is, coderen we ‘rijden onder invloed’ in principe altijd als bewuste overtreding.
- Onbedoelde fout: wel is het denkbaar dat een verkeersdeelnemer zich niet bewust is van de duur van de beïnvloeding (b.v. ’s avonds gedronken en de volgende dag weer naar het werk en dan nog steeds onder invloed zijn). Als er duidelijk sprake is van onwetendheid hierover en een dergelijke situatie doet zich voor, kan het rijden onder invloed als onbedoelde foute gezien worden.

Niet (correct) gebruik van een helm door tweewielers

Niet van toepassing voor ongevallen waarbij geen tweewielers betrokken zijn.

Zeker wel

- Het registratieformulier van dit geconstateerde feit melding maakte.
- Betrokkene letsel aan het hoofd heeft opgelopen.

Mogelijk wel

- In de registratieset werd vermeld dat de betrokkene vermoedelijk geen helm droeg.
- In geval van een betrokken fietser, waarbij niet gemeld wordt dat deze een helm droeg (default waarde in NL).

Waarschijnlijk niet
Indien er geen aanwijzingen zijn in de registratieset dat helmdracht een rol heeft of kan hebben gespeeld bij het ontstaan van letsel.

Zeker niet
Indien er expliciet melding wordt gemaakt dat betrokkenen geen helm droegen.

Bewuste overtreding en bewuste overtreding niet van toepassing

- Het dragen van een beveiligingsmiddel wordt voorafgegaan door een bewuste handeling en het niet dragen ervan kan dus in principe beschouwd worden als een bewuste overtreding.
- Voor (snor)fietsers is hierbij geen sprake van een bewuste overtreding of onbedoelde fout en hebben we een aparte categorie Bewuste overtreding NVT.

Geen gordeldracht

Niet van toepassing indien de betrokkene die overleden is volgens de wet geen gordel hoefde te dragen of het voertuig zich hier niet voor leende (tweewielers, voetgangers). In een ongeval waarbij een auto een fietser aanrijdt en de fietser is overleden en de automobilist niet, is gordeldracht dus NVT.

Zeker wel

- Het registratieformulier van dit geconstateerde feit melding maakte.
- Betrokkene uit voertuig was geslingerd.

Mogelijk wel

- In de registratieset werd vermeld dat de betrokkene vermoedelijk geen gordel droeg.
- Een betrokkene buiten het voertuig werd gevonden maar niet duidelijk was of hij of zij uit het voertuig geslingerd dan wel zelfstandig uitgekropen was.

Waarschijnlijk niet
Indien er geen aanwijzingen zijn in de registratieset dat gordeldracht een rol heeft gespeeld bij het ontstaan van letsel van auto-inzittenden.

Zeker niet
Indien er expliciet melding wordt gemaakt dat betrokkenen hun gordel droegen.

Bewuste overtreding
Het dragen van een beveiligingsmiddel wordt voorafgegaan door een bewuste handeling en het niet dragen ervan kan dus in principe beschouwd worden als een bewuste overtreding.

Voorrangverlening

Niet van toepassing als het om een ongeval gaat waarbij geen anderen in het spel zijn.

Zeker wel
Indien in de registratieset expliciet melding wordt gemaakt dat ten minste één van de betrokken partijen de ander geen voorrang heeft verleend en/of dit logischerwijs het geval moet zijn geweest omdat voertuigen uit verschillende richtingen kwamen voorafgaand aan het ongeval.

Mogelijk wel
Indien er meer dan één actieve verkeersdeelnemer betrokken is bij het ongeval en het ongeval van dien aard is dat voorrangverlening een rol kan hebben gespeeld maar niet helemaal zeker is, b.v. doordat de verkeerssituatie of de uitgevoerde manoeuvre niet helemaal vaststaat.

Waarschijnlijk niet
Indien 'mogelijk wel' uit de situatie niet is op te maken, maar ook niet met zekerheid kan worden uitgesloten dat voorrangverlening een rol heeft gespeeld.

Zeker niet
Indien in de registratieset expliciet melding wordt gemaakt dat voorrangverlening geen rol heeft gespeeld of in situaties waaruit dit logischerwijs is af te leiden bij situaties met meer dan één actieve verkeersdeelnemer. Bijvoorbeeld iemand die op of vlak vóór een kruispunt wordt aangereden door een achterop komend voertuig.

Bewuste overtreding of onbedoelde fout
Beide mogelijk:

- Bewuste overtreding: indien een van de verkeersdeelnemers door rood is gereden of met te hoge snelheid en zonder te remmen op een kruispunt komt afgereden.
- Onbedoelde fout: alle overige gevallen.

Lichtvoering en zichtbaarheid

Niet van toepassing in situaties waarbij verminderde zichtbaarheid geen probleem is, b.v. overdag, heldere zichtomstandigheden (default, tenzij anders vermeld).

Zeker wel
Een betrokkene die licht had kunnen voeren en geen licht voerde en/of d.m.v. reflectie zijn zichtbaarheid kon verbeteren (vrachtwagencontouren, voetganger) in een situatie waarin hij of zij slecht zichtbaar was (bij schemer, nacht en/of mist) en dit expliciet in de registratieset staat vermeld (geconstateerd door politie of getuigen).

Mogelijk wel
In het registratieformulier wordt vermeld dat een betrokkene mogelijk geen (correct) licht heeft gevoerd en/of niet of moeilijk zichtbaar was en/of met deels defecte verlichting reed.

Waarschijnlijk niet
Indien in de registratieset geen enkele melding wordt gemaakt van lichtvoerings- en/of zichtbaarheidsproblemen.

Zeker niet
Indien expliciet gemeld wordt dat de verlichting van betrokkenen naar behoren werkte.

Bewuste overtreding of onbedoelde fout
Beide mogelijk:

- Bewuste overtreding indien geen licht werd gevoerd in situaties waarbij dit wel had gemoeten (nacht, mist).
- Onbedoelde fout: in tijdelijke situaties (deels kapot licht behalve bij fietsers, zeker bij ouder voertuig waarbij dit niet automatisch wordt gemeld; in tunnels), in situaties waarin verkeersdeelnemers die niet lichtvoeringsplichtig zijn slecht zichtbaar zijn gebleken (bijv. voetganger zonder reflectie in het donker).

Afleiding

Kan altijd van toepassing zijn en als duidelijk is dat er een bepaalde oorzaak van die afleiding was (b.v. telefoongebruik, passagiers of iets anders concreets), dan dient de beoordelaar deze bron te benoemen.

Zeker wel
Als op het registratieformulier afleiding als vaststaand feit wordt vermeld (meestal niet nader omschreven hoe men dit heeft vastgesteld). Meestal kan ook de bron van de afleiding worden aangeduid, zoals handelingen met telefoon handsheld of handsfree (ongeveer net zo gevaarlijk!), onrustige passagiers (kinderen), afleiding door reclame, bediening van navigatie of radio, luide muziek in het voertuig e.d. (vermelden).

Mogelijk wel

- Uit de beschrijving van het ongeval is op te maken dat afleiding mogelijk een rol kon hebben gespeeld, maar dit niet als zodanig op het formulier vermeld stond (beschrijving van de situatie).
- Een der betrokkene jonge kinderen vervoerde en om verder onbekende redenen niet kon remmen.
- De stereo-installatie nog luid aanstond nadat de politie was gearriveerd.
- Bij onverwachte gebeurtenissen zoals slingeren, van de weg raken of wanneer een persoon niet op tijd kon remmen.

- Indien een van de betrokkenen niet keek in de richting van de botspartner ten tijde van het ongeval.

Waarschijnlijk niet
Indien er in de registratieset geen aanwijzingen zijn te vinden die in welke zin dan ook in verband te brengen zijn met mogelijke afleiding die een rol kan hebben gespeeld.

Zeker niet
Indien expliciet gemeld wordt dat betrokkenen hun aandacht bij de weg en bij de situatie hadden.

Bewuste overtreding of onbedoelde fout
Beide mogelijk.

- Bewuste overtreding: indien het om een door de bestuurder zelf en bewust geïnitieerde activiteit gaat (b.v. bellen, ook al werd er gebeld, bedienen van radio of navigatie e.d.)
- Onbedoelde fout: afleiding door externe oorzaken (b.v. plots schreeuwende kinderen op achterbank o.i.d. waardoor weggebruiker onvoldoende in staat was om adequaat te reageren op conflict).

Vermoeidheid

Kan altijd van toepassing zijn.

Zeker wel
Uit getuigenverklaringen blijkt dat een der betrokken bestuurders in slaap is gevallen, b.v. doordat dit is waargenomen door een passagier. Kan aanvullend ook blijken na uitlezen van tachograaf van vrachtwagen.

Mogelijk wel

- Betrokkene rechtdoor is gereden in een bocht
- Betrokkene om verder onverklaarbare rede van de weg is geraakt
- Betrokkene op de weghelft voor het tegemoetkomende verkeer terecht was gekomen.
- Eventueel in combinatie met nachtelijk tijdstip, namiddag (tussen 13:00 en 15:00), eind van de week, en/of langdurige trip.

Waarschijnlijk niet
Indien er geen aanwijzingen zijn die onder ‘mogelijk wel’ vermeld staan.

Zeker niet
Indien uit getuigenverklaringen expliciet blijkt dat betrokkenen geen vermoeidheidsverschijnselen vertoonden en/of uitgerust waren ten tijden van het ongeval. Let op: vroeg in de ochtend of na een dutje kunnen mensen ‘groggy’ zijn en nog niet helemaal wakker.

Bewuste overtreding of onbedoelde fout
Beide mogelijk:

- Bewuste overtreding indien duidelijk is dat de bestuurder signalen van vermoeidheid heeft genegeerd of te lang zonder rust heeft gereden (> 2 uur). Dit kan bijvoorbeeld ook blijken na uitlezen van tachograaf bij vrachtwagenbestuurders.

- Onbedoelde fout: alle overige gevallen, o.a. plots in slaap vallen.

Overig (specificeren)

Open invulveld

Bewuste overtreding of onbedoelde fout
Beide mogelijk:

- Bewuste overtreding: indien uit de beschrijving van de factor valt af te leiden dat het hier vermoedelijk om een bewuste overtreding gaat, bijvoorbeeld ook vanwege combinatie met andere overtredingen van dezelfde verkeersdeelnemer.
- Onbedoelde fout: alle overige aanleidingen.

Bijlage IV: Detailanalyses interbeoordelaarsbetrouwbaarheid

In deze bijlage vermelden we de interbeoordelaarsbetrouwbaarheidsanalyse per gedragsvariabele (Tabel BIV.1).

Ongevalsfactor	Cronbach's alpha	Enkelvoudige intraerclass klassecorrelatie coefficient	95% BI ICC
Onaangepaste snelheid	0,822	0,607	0,727 – 0,757
Roodlichtnegatie	0,893	0,735	0,594 – 0,842
Alcohol- of drugsgebruik	0,785	0,549	0,356– 0, 718
Geen helmdracht tweewielers	0,972	0,920	0,868 – 0,955
Geen gordeldracht	0,931	0,819	0,712 – 0,895
Geen voorrang verleend	0,938	0,834	0,735 – 0,904
Geen licht gevoerd bij duisternis	0,271	0,110	-0,076 – 0,337
Afleiding	0,444	0,211	0,012 – 0,435
Vermoeidheid	0,421	0,195	-0,002 – 0,421

Tabel BIV.1. *Interbeoordelaarsbetrouwbaarheidsscores per individuele variabele. In rood de waarden die onder de normwaarde van 0,7 vallen om als voldoende betrouwbaar te worden beschouwd.*

In onderstaande tabel is te zien hoe de individuele beoordelaars per risicogedraging gescoord hebben. Hoe lager de score, hoe vaker de aanwezigheid van de factor (zeker of mogelijk wel) is gescoord, hoe hoger de score, hoe vaker de factor als afwezig of niet van toepassing is gescoord.

Ongevalsfactor	Beoordelaar 1	Beoordelaar 2	Beoordelaar 3
Onaangepaste snelheid	1,72	2,17	2,44
Roodlichtnegatie	4,49	4,57	4,46
Alcohol- of drugsgebruik	2,89	2,97	2,91
Geen helmdracht tweewielers	2, 87	2,82	2,87
Geen gordeldracht	4,70	4,51	4,57
Geen voorrang verleend	1,76	1,70	1,97
Geen licht gevoerd bij duisternis	4,47	4,28	2,00
Afleiding	2,00	2,00	2,08
Vermoeidheid	2,58	2,56	2,61

Tabel BIV.2. *Gemiddelde scores van de verschillende beoordelaars per risicogedraging.*

Bijlage V: Beoordeling van de infrastructuur

Deze bijlage bevat specificaties van de scoring van de infrastructuur aan de hand van voorbeeldafbeeldingen. Van ieder geloofwaardigheidskenmerk (onderdeel van VSGS) is aangegeven welk wegbeeld een indruk geeft van een vertragend, neutraal of versnellend wegbeeld gegeven een snelheidslimiet van 50 km/uur. De werking van ieder van de inrichtings- en omgevingskenmerken op snelheid is nader toegelicht in bijvoorbeeld Aarts & Van Nes (2007).

Rijstrookbreedte

Een bredere rijstrook zet aan tot hogere snelheden.

Afbeelding BV.3. *Vertragende rijstrookbreedte voor een 50km/uur-weg.*

Afbeelding BV.4. *Neutrale rijstrookbreedte voor een 50km/uur-weg.*

Afbeelding BV.5. *Versnellende rijstrookbreedte voor een 50km/uur-weg.*

Wegbreedte

Een bredere weg zet aan tot hogere snelheid.

Afbeelding BV.6. *Vertragende wegbreedte bij een 50km/uur-weg.*

Afbeelding BV.7. *Neutrale wegbreedte bij een 50km/uur-weg.*

Afbeelding BV.8. *Versnellende wegbreedte bij een 50km/uur-weg.*

Rechtstand

Een langere rechtstand zet aan tot hogere snelheid.

Afbeelding BV.9. *Vertragende rechtstand op een 50km/uur-weg.*

Afbeelding BV.10. *Neutrale rechtstand op een 50km/uur-weg.*

Afbeelding BV.11. *Versnellende rechtstand op een 50km/uur-weg.*

Zichtbelemmering, (oprijzicht)

Minder zichtbelemmering of beter oprijzicht draagt bij aan een hogere snelheid.

Afbeelding BV.12. *Versnellend oprijzicht (geen zichtbelemmering) op een 50km/uur-weg.*

Afbeelding BV.13. *Neutraal oprijzicht (beetje zichtbelemmering) op een 50km/uur-weg.*

Afbeelding BV.14. *Vertragend oprijzicht (grote zichtbelemmering) op een 50km/uur-weg.*

Doorzicht

Beter doorzicht draagt bij aan hogere snelheden.
Vertragend doorzicht zijn we in dit onderzoek niet tegengekomen en hier is derhalve geen voorbeeld van gegeven.

Afbeelding BV.15. *Versnellend doorzicht op een 50km/uur-weg.*

Afbeelding BV.16. *Neutraal doorzicht op een 50km/uur-weg.*

Erfaansluitingen

Een lage dichtheid in erfaansluitingen draagt bij aan een hogere snelheid.

Een hoog aantal erfaansluitingen (vertragende werking) zijn we in dit onderzoek niet tegengekomen en derhalve is hiervan geen voorbeeld gegeven.

Afbeelding BV.17*. Versnellende werking door weinig erfaansluitingen op 50km/uur-weg.*

Afbeelding BV.18*. Neutrale werking door matig aantal erfaansluitingen op 50km/uur-weg.*